



**ERZURUM İLİNDE ANA TOPLU TAŞIMA  
SİSTEMİ İÇİN ALTERNATİFLERİN  
KARŞILAŞTIRILMALI ANALİZİ**

**Samatar Abib İBRAHİM**

**Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Ulaştırma Bilim Dalı  
Prof. Dr. Ahmet TORTUM**

**2018**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ERZURUM İLİNDE ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ İÇİN  
ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMALI ANALİZİ**

**Samatar Abib İBRAHİM**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
Ulaştırma Bilim Dalı**

**ERZURUM  
2018**

**Her hakkı saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

ERZURUM İLİNDE ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ İÇİN  
ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMALI ANALİZİ.

Prof. Dr. Ahmet TORTUM danışmanlığında, Samatar Abib IBRAHİM tarafından hazırlanan bu çalışma, 12/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı – Ulaştırma Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (3./3.)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Ahmet TORTUM

İmza :

Üye : Dr. Öğr.Üyesi. M.Yasin ÇODUR

İmza :

Üye : Dr. Öğr.Üyesi. Ahmet ATALAY

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 12/07/2018 Tarih ve 28/35 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN  
Enstitü Müdürü

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ERZURUM İLİNDE ANA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ İÇİN ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMALI ANALİZİ

Samatar Abib İBRAHİM

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Ulaştırma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TORTUM

Bu çalışmada, Erzurum şehrinde mevcut olan toplu taşıma sistemini kullanmak için toplu taşıma kullanıcılarının memnuniyetini etkileyen faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. 2030 yılında Erzurum'da ana toplu taşıma sistemlerini seçmek için alternatiflerin karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışmada şehrin üç ilçesinde şehirde yaşayanlar ile yüz yüze anket çalışmaları ile veriler elde edilmiştir. %95'lik bir güven seviyesiyle 1000 örnek sayısı alınmıştır. Toplu taşıma sisteminde 16 faktörün önemi ifade edilmiştir, fakat anket katılımcıları kentte mevcut olan toplu taşıma sisteminden daha az memnun olduklarını belirtmişlerdir. Toplu taşıma hizmetlerinin geliştirilmesinde en büyük alanları incelemek için *IPA* yöntemi kullanılmıştır. *LİSREL* ve *AMOS* programlarını kullanarak *YEM* modeli kurulmuştur ve verilerinin analizi yapılmıştır. Modelde, hizmet, konfor ve personeli içeren faktörlerin geliştirilmesiyle toplu taşıma sistemlerinin yolcu sayısının artırılabilmesi gösterilmiştir. Şehirde nüfus arttıkça sürdürülebilir hareket imkânı sağlayan ve iklim değişikliklerini azaltan yeni toplu taşıma türü gerekmektedir. Önerilen Metrobüs ve HRS'nin karşılaştırılması, HRS uygulanmasının 2030'da daha çok tercih edildiğini ortaya koymuştur. %65,3 anket katılımcıları HRS'nin uygulanmasını tercih ederken, kalan %34,7'si Metrobüs sistemini seçmişlerdir. Yatırım maliyetleri konusunda, Metrobüs ve HRS sistemlerinin sırasıyla 127,797,611,52 € ve 162,843,126,65 € oldukları tahmin edilmiştir. Metrobüs proje sistemi uygulanmasının ilk beş yılı boyunca HRS sistemlerinden daha az maliyetli olacağı belirtilmiştir. Ancak HRS sistemi çevresel olarak sürdürülebilir bir ulaşım seçeneği olarak kabul edilmiştir. Hedeflenen yıllar için, HRS %91,77 oranında karbon azaltımı sağlayabileceğine ve Metrobüs için %33,33 oranında karbonu azaltacağı düşünülmüştür. Özel araba bağımlılık durumlarını azaltmak için özel otomobillerden yeni toplu taşıma sistemlerine geçiş yapanlar araştırılmıştır. HRS sistemi uygulandığı takdirde özel otomobillerden HRS sisteme geçiş yapanların %25,64 oranında olacağı tahmin edilmiştir. Metrobüs sistemi uygulandığı zaman da, özel otomobillerden Metrobüs sistemine geçiş yapanların %15,06 oranında olacağı öngörülmüştür.

**2018, 138 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Toplu taşıma sistemleri, Metrobüs, Hafif raylı sistem (HRS), *IPA* yöntemi, *YEM* yöntemi, Karbon emisyonu, İklim değişiklikleri.

## ABSTRACT

Master Thesis.

### A COMPARATIVE ANALYSIS OF ALTERNATIVES FOR THE SELECTION OF MAIN PUBLIC TRANSPORT SYSTEM IN ERZURUM.

Samatar Abib IBRAHIM  
Atatürk University

Institute of Science.  
Faculty of Engineering.  
Department of Transportation.

Supervisor: Prof.Dr Ahmet TORTUM

In this study, we examined the determination of factors influencing the satisfaction of public transport users for the use of current public transport system in Erzurum city. A primary data was obtained through face-to-face questionnaire surveys conducted with city residents in three districts of Erzurum city. An estimated sample size of 1000 with a 95% significant confidence level was taken. Interviewees expressed the importance of 16 factors but indicated that they are less satisfied with the current public transport system operating in the city. **IPA** method was used to study greatest areas for public transport services improvement. Again, **SEM** Model was established for data analysis using **Lisrel** and **AMOS** programs. The model showed that by improving service, comfort and personal factors would enhance ridership and increase public transport use. For a population increase in the city, a new type of transport system is needed to provide sustainable mobility and reduce climate change. Comparison of proposed BRT and LRT systems revealed that LRT system is more preferred to be implemented in 2030. **65.3%** of survey participants preferred the implementation of LRT system comparing to **34.7%** of BRT system preferences. The investment costs for both BRT and LRT systems are estimated to be **127,797,611,52€** and **162,843,126,65€** respectively. BRT system appears to be less expensive to build and operate than LRT systems for the first five years of project implementation. LRT system is considered environmentally a sustainable transit option. For targeted years, LRT system can provide **91.77%** of carbon reduction comparing to **33.33%** of carbon emission reduction for BRT system. The model shift from private cars was also studied to predict the reduction of car dependency situations. **25.64%** of private car users want to shift from private cars to LRT system if implemented in the city for the target year comparing to **15.06%** of predicted model shift to BRT system.

**2018, 138 pages**

**Keywords:** Public transport systems, BRT, LRT, Customer satisfaction, IPA method, SEM method, Lisrel, Amos, Carbon emission reduction, Climate changes, Investment cost.

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmalarımda manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen, sabırla bilgilerini paylaőan ve sıkılmadan hem dinleyen hem anlatan tez danıőmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet TORTUM'a gönülden teşekkür ediyorum. Ayrıca tezim jüri değerli hocalarıma Dr. Öğr.yesi M.Yasin ODUR ve Dr.Öğr.yesi Ahmet ATALAY sonsuz teőekkürü bir borç bilirim ve desteklerinden ötürü minnettirim.

Tez alıőması devam ettiği süresinde bana destek olan sevgili eőim Fetiya'ya minnettirim. Sürekli desteği ve cesareti unutulmaz.

Yaptığım araştırma anketlerimde her türlü yardımını esirgemeyen, zaman harcayan, emek veren, Fatih ÇOŞKUN ve mühendislik fakültesindeki diğer arkadaőlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca tüm hayatım boyunca arkamda duran ve tez çalışması boyunca da manevi desteklerini esirgemeyen aileme, arkadaőlarıma, bana eğitim fırsatı sağlayan Türkiye Cumhuriyeti'ne ve Türkiye'de yaőamım boyunca desteğini benden esirgemeyen (YTB)'e sonsuz teőekkürü bir borç bilirim.

Beni yetiőtirdikleri ve bu seviyeme gelmemde gösterdikleri sabır ve destek için sevgili Anneme ve kardeőlerime őükranlarımı sunarım. Her zaman benim için dua eden anneme, Fatouma Geulleh MOHAMED'e sonsuz saygı ve teőekkürü bir borç bilirim.

**Samatar Abib IBRAHIM**

**Haziran, 2018**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Nüfus Artışı ve Kentleşme .....	4
1.2. Araştırma Problemleri .....	4
1.3. Araştırma Amacı .....	5
1.4. Araştırma Soruları .....	6
1.5. Çalışma Alanı .....	7
1.6. Araştırma Kapsamı.....	7
1.7. Önerilen Raylı Sistem Hatlarının İncelenmesi .....	8
1.7.1. Önerilen güzergâh Omurga-1 Hattı .....	8
1.7.2. Önerilen Güzergâh Omurga-2 Hattı .....	9
1.8. Toplu Taşımacılık Tarihi (Hafif Raylı Taşımacılık) .....	10
1.8.1. 18. Yüzyıl .....	11
1.8.2. 19. Yüzyıl .....	11
1.8.3 20.Yüzyıl .....	12
1.9. Hafif Raylı Sistem .....	14
1.9.1. Hafif Raylı Sistem (HRS) ve Tramvay Sistemlerinin Kullanımında Küresel Artış .....	14
1.9.2. Türkiye'deki Şehirlerin HRS Sistem Açısından Değerlendirilmesi.....	16
1.9.3. Hafif Raylı Sistem Maliyeti Ve Yolcu Taşıma Kapasitesi.....	18
1.9.4. HRS Sistemlerin Çevresel Etkileri .....	19
1.9.5. Erzurum İçin Önerilen 2030 Yılında Toplu Taşıma Sistemi .....	20
1.10. Metrobüslerin Gelişim Tarihi .....	20
1.10.1. Metrobüs Sistemlerine Genel Bakış .....	21

1.10.2. Metrobüs Sistemlerinin Gelişimi.....	22
1.10.3. Uluslararası Metrobüs Sistemi İşletmeleri .....	23
1.10.3.a. İstanbul Metrobüs Sistemi .....	24
1.10.3.b. İstanbul'daki Metrobüs Ve Tramvay (T1) Yolcu Taşıma Kapasitelerinin Karşılaştırılması .....	26
1.10.3.c. Brezilya, Curitiba Metrobüs Sistemi .....	27
1.10.3.ç. Kolombiya, Bogota Metrobüs Sistemi .....	27
1.10.3.d. Çin, Bejin Metrobüs Sistemi .....	28
1.10.3.e. Hindistan, Ahmedabad Metrobüs Sistemi .....	29
1.10.3.f. İran Tahran Metrobüs Sistemi.....	29
1.10.3.g. Avustralya, Brisbane Metrobüs Sistemi.....	29
1.10.3.ğ. Afrika Ülkelerinde Metrobüs Sistemi .....	30
1.10.4. Metrobüs Yolcu Taşıma Kapasitesi .....	31
1.10.5. Metrobüs'ün Hareketlilik Açısından Faydaları.....	33
1.10.6. Metrobüs'ün Çevresel Etkisi .....	34
1.10.7. Metrobüs Sisteminin Maliyet Kazancı .....	34
1.11. HRS ve Metrobüs Sistemleri Mod Kayması Etkisi.....	35
1.12. Toplu Taşımada Kaliteli Hizmet Nitelikleri.....	37
1.12.1. Güvenilirlik .....	37
1.12.2. Sıklık .....	37
1.12.3. Ücretlendirme .....	38
1.12.4. Hız .....	38
1.12.5. Ulaşılabilirlik.....	39
1.12.6. Konfor .....	40
1.13. Müşteri Memnuniyeti ve Toplu Taşıma Sistemleri Tercihi .....	40
<b>2. LİTERATÜR TARAMASI .....</b>	<b>42</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>60</b>
3.1. Materyal.....	60
3.1.1. Çalışma Alanı: Erzurum Kenti .....	61
3.1.2. Erzurum Kentsel Ulaşımı .....	61
3.2. Yöntem .....	62
3.2.1 Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM).....	64



3.2.2 Önem-Performans Analizi (IPA) Yöntemi.....	64
3.3. Anket Tasarımı .....	65
3.4. Örneklem Metodu.....	66
3.5. Anket Örnek Tasarımı .....	67
3.5.1. Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi .....	69
3.5.2. Güven Aralığı Hesaplanması.....	70
3.6. Araştırma Kapsamı.....	72
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>73</b>
4.1. Anket Çalışmalarının Sonuçları .....	73
4.1.1. Anket Katılımcılarının Demografik Özellikleri .....	73
4.1.2. Anket Katılımcılarının Sosyo-Ekonomik Özellikleri.....	75
4.1.3. Şehirde Yolculuk Ve Hareketlilik .....	77
4.2. Verilerin Analizi (Önem ve Memnuniyet Faktörleri) .....	77
4.2.1. Yolcu Faktörlerinin Önem Düzeyi .....	79
4.2.2. Yolcu Faktörlerinin Memnuniyet Düzeyi .....	79
4.2.3. Toplu Taşıma Sistemi İçin Tek Yönlü Varyans Analiz Testi (One-Way Anova).....	80
4.2.4. Bağımsız Örneklem T Testi Kategorileri Arasındaki Ortalamaların Karşılaştırılması (Özel Araba Sahipleri Ve Sahip Olmayanlar) .....	81
4.3 Önem-Performans Analizi (IPA)Yöntemi.....	87
4.4. Yapısal Eşitlik Modeli.....	92
4.4.1. Memnuniyet Faktörleri İçin Açıklayıcı Faktör Analizi.....	92
4.4.2. Hipotez .....	93
4.4.3. YEM Genel Yapı Modellemesi.....	94
4.4.4. Tüm Anket Katılımcılar İçin Ölçüm Modeli.....	95
4.4.6. Tüm Katılımcılar İçin Örtük Ve Gizli Model .....	99
4.4.7. Model İçin Uygunluk Testinin İyiliği .....	99
4.5. Toplu Taşıma Sistemlerinin Model Seçimleri.....	100
4.5.1. Özel Araba Kullanıcıları Tarafından Önerilen Toplu Taşıma Türü Seçimi...	105
4.5.2. Özel Arabalardan Toplu Taşıma Sistemine Geçiş .....	105
4.5.3. Mod Seçim Analizi (Metrobüs Ve Hafif Raylı Sistemlerin Görüntüleri).....	107
4.6. Maliyet Karşılaştırılması: BRT ve HRS Sistemleri .....	110

4.7. Senaryo 1: Hafif Raylı Sistem (HRS) .....	111
4.8. Senaryo 2: Metrobüs (BRT).....	114
4.9. Karbon Emisyon Azaltmanın Karşılaştırılması (BRT ve HRS).....	119
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>122</b>
5.1. Sonuçlar.....	122
5.2. Öneriler.....	127
KAYNAKLAR .....	129
EKLER.....	136
EK 1.....	136
ÖZGEÇMİŞ .....	139

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

BRT	Metrobüs (Bus Rapid Transit)
CO <sub>2</sub>	Karbon
DEFF	Örnekleme tasarım etkisi (Survey Design Effect).
EUAP	Erzurum Ulaşım Ana Planı
G.A	Güven aralığı
GHG	Green house gaz emission ( Sera gazı emisyonu)
HRS	Hafif raylı sistem
IEA	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IPA	Importance-Performance Analysis.
K.B	Kritik Bölgesi
KWH	Kilo watt hour ( Kilo watt/Saat).
LRTA	Light rail transit association (Hafif raylı sistemi birliği).
MNL	Multinomial logit Model
Özardur	Özel araba durdurmak isteyenler
S.H	Standart hatta
SD	Serbest Derecesi (Degree of freedom: df)
SEM	Structural equation modeling
Sig	Anlamlılık (P değeri).
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu.
UITP	Uluslararası toplu taşıma birliği (International Union of Public transport)
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development ( Birleşmiş Milletler Ticaret ve kalkınma konferansı)
WUP	World Urbanization Prospect.
YEM	Yapısal Eşitlik Modellemesi (Structural Equation Modelling)
YSA	Yapay Sinir Ağı
ZeEUS	Zero emission Urban Bus System (Sıfır emisyon kentsel otobüs sistemi)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Erzurum haritası, Erzurum.....	7
Şekil 1.2. Erzurum kent içi raylı sistem güzergahı ve istasyon yerleri.....	9
Şekil 1.3. Erzurum kent içi Raylı sistem güzergahı ve istasyon yerleri. ....	10
Şekil 1.4. 1910'lardan bir "Wagon 2990" .....	13
Şekil 1.5. Fransa, Strazburg'daki modern HRS "Euro tramvayı" .....	13
Şekil 1.6. Ükelere göre tramvay sistemi kullanımı (5'ten fazla tramvay sistemine sahip ülkeler temel alınmıştır).....	15
Şekil 1.7. Ükelere göre hafif raylı sistem kullanımı. (2 ve 2'den fazla HRS sistemine sahip ülkeler temel alınmıştır).....	15
Şekil 1.8. Araştırma kapsamında incelenen Türkiye'deki HRS'lerin toplam performans puanları .....	17
Şekil 1.9. Dünya genelinde Metrobüs ve otobüs yolu sistemlerindeki artış. Metrobüs Sistemlerinin toplumsal, çevresel ve ekonomik etkileri raporu .....	23
Şekil 1.10. İstanbul büyükşehirde Metrobüs öncesi ve sonrası koridor görüntüsü .....	25
Şekil 1.11. İstanbul'daki günlük Metrobüs ve şehir içi raylı sistem yolcu taşıma kapasiteleri .....	26
Şekil 1.12. Lagos Metrobüs sistemi.....	30
Şekil 1.13. Bazı Afrika ülkelerinde metrobüs ile yolcu taşıma kapasitesi.....	31
Şekil 1.14. Metrobüs günlük yolcu taşıma kapasitesi.....	32
Şekil 1.15. Metrobüslerin kilometre başına günlük yolcu taşıma kapasitesi.....	32
Şekil 2.1 Her 1,000 kişi için özel araç sahipliği. ....	44
Şekil 2.2. Demiryolu hatları ve her 1,000 kişi için günlük ortalama yolcu taşıma kapasitesi .....	44
Şekil 2.3. Toplu taşıma Modlarının %'lik dilimleri.....	45
Şekil 2.4. Kilometre başına toplam altyapı maliyeti (2006 milyon ABD doları) .....	47
Şekil 3.1. Erzurum kentinde yolculukların araç türlerine göre dağılım.....	62
Şekil 3.2. IPA yönteminde çeyrekler (Kadranlar) .....	65
Şekil 4.1. Cinsiyet dağılımı.....	73
Şekil 4.2. Toplu taşıma sistemlerinin düzenli olarak kullanılmasının incelenmesi .....	75

<b>Şekil 4.3.</b> Anket katılımcılarının özel araba sahipliği .....	76
<b>Şekil 4.4.</b> Şehirde kullanılan ulaşım türü .....	77
<b>Şekil 4.5.</b> Çeyrek başına dağıtılan ve gösteren hizmet kalitesi faktörleri.....	90
<b>Şekil 4.6.</b> Hizmet kalitesi faktörlerinin güven aralıklarının tanıtımı .....	91
<b>Şekil 4.7.</b> Tüm katılımcılar için önerilen model .....	96
<b>Şekil 4.8.</b> Memnuniyet göstergeleri için hizmet kalitesinin doğrulayıcı faktör analizi ..	97
<b>Şekil 4.9.</b> Anket katılımcıları tarafından tercih edilen Toplu taşıma sistemi .....	101
<b>Şekil 4.10.</b> Cinsiyete göre önerilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi .....	102
<b>Şekil 4.11.</b> Anket katılımcıların Metrobüs sistemi tercih seviyesi .....	103
<b>Şekil 4.12.</b> Anket katılımcıların Hafif raylı sistemi tercih seviyesi .....	103
<b>Şekil 4.13.</b> Metrobüs Citaro G görüntüsü .....	115

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Küresel metrobüs verileri (2017) Küresel Metrobüs Verileri Web Sitesi ..	24
Çizelge 1.2. Farklı toplu taşıma sistemlerinin maliyetleri .....	35
Çizelge 1.3. Araç trafiğinden bazı seçilmiş toplu taşıma sistemlerine mod kaymaları ..	36
Çizelge 3.1. Erzurum ili nüfus projeksiyonları .....	61
Çizelge 3.2. Her bölge için dikkate alınan örnek büyüklüğü sayısı.....	71
Çizelge 4.1. Yaş dağılımı.....	74
Çizelge 4.2. Personel aylık toplam gelir dağılımı .....	75
Çizelge 4.3. Meslek dağılımı .....	76
Çizelge 4.4. Anket katılımcıları tarafından derecelendirmiş önem faktörleri .....	78
Çizelge 4.5. Anket katılımcıları tarafından derecelendirmiş memnuniyet faktörleri .....	78
Çizelge 4.6. Tek yönlü Anova t-testi .....	80
Çizelge 4.7. Kategorize gruplarda önem düzeyi ortalamaların karşılaştırılması bağımsız örneklem t testi (özel araba sahipleri ve sahip olmayanlar) .....	83
Çizelge 4.8. Kategorize gruplarda memnuniyet düzeyi ortalamaların karşılaştırılması bağımsız örneklem t testi (özel araba sahipleri ve sahip olmayanlar) .....	85
Çizelge 4.9. Hizmet kalitesi faktörlerinin önem düzeyi .....	87
Çizelge 4.10. Hizmet kalitesi faktörlerinin memnuniyet düzeyi. ....	89
Çizelge 4.11. Geliştirilmesi gereken hizmet kalitesi faktörleri.....	91
Çizelge 4.12. Gizli değişkenleri ile hizmet göstergelerinin kalitesinin Temel Bileşen analizi, yükleme oluşturma.....	93
Çizelge 4.13. Ölçüm modeli için tahminler. ....	98
Çizelge 4.14. Uyum iyiliği endeksleri .....	100
Çizelge 4.15. Toplu taşıma seçiminde yaş gruplarının tanımı .....	104
Çizelge 4.16. Toplu taşıma seçiminde gelir düzeyi gruplarının tanımı. ....	104
Çizelge 4.17. Özel araba sahiplerinin önerilen toplu taşıma sistem seçimi.....	105
Çizelge 4.18. Özel araba kullanımı, toplu taşıma sistemlerine geçiş.....	106
Çizelge 4.19. Lojistik modelini kullanarak parametre tahmini sonuçları (yaş gruplarına göre önerilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi).....	108

<b>Çizelge 4.20.</b> Lojistik modelini kullanarak parametre tahmini sonuçları (gelir düzeyi gruplarına göre önerilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi) .....	109
<b>Çizelge 4.21.</b> Parametre tahminleri için logit modeli kullanılması (özel araba kullanımını durdurma ve Önerilen toplu taşıma sistemi tercihi).....	109
<b>Çizelge 4.22.</b> 2030 yılı için tahmin edilen yıllık toplam araç-km değerleri (Senaryo 1: HRS).....	112
<b>Çizelge 4.23.</b> Tahmin edilen toplam personel giderleri (Senaryo 1: HRS) .....	113
<b>Çizelge 4.24.</b> Toplam araç enerji tüketiminin giderleri (Senaryo 1: HRS).....	113
<b>Çizelge 4.25.</b> Araçlarının bakım maliyeti (Senaryo 1: HRS) .....	113
<b>Çizelge 4.26.</b> Hat bakım maliyeti (Senaryo 1: HRS).....	114
<b>Çizelge 4.27.</b> Toplam araç fiyatları ve işletme giderleri (Senaryo 1: HRS).....	114
<b>Çizelge 4.28.</b> Mercedes Citaro G özellikleri (Koçabaş 2007) .....	115
<b>Çizelge 4.29.</b> 2030 yılı için tahmin edilen yıllık toplam araç-km değerleri (Senaryo 2: BRT).....	116
<b>Çizelge 4.30.</b> Tahmin edilen toplam personel giderleri (Senaryo 2: BRT) .....	117
<b>Çizelge 4.31.</b> Toplam araç enerji tüketiminin giderleri (Senaryo 2: BRT).....	118
<b>Çizelge 4.32.</b> Toplam araç bakım maliyetleri (Senaryo 1: BRT) .....	118
<b>Çizelge 4.33.</b> Yol bakım-onarım giderleri (Senaryo 2: BRT) .....	119
<b>Çizelge 4.34.</b> Toplam araç fiyatları ve işletme giderleri (Senaryo 2: BRT).....	119
<b>Çizelge 4.35.</b> Normal otobüs için karbon emisyonu hesaplamaları (ilk beş yıllar için projeksiyonları).....	120
<b>Çizelge 4.36.</b> Metrobüs için karbon emisyonu hesaplamaları (ilk beş yıllar için) .....	121
<b>Çizelge 4.37.</b> LRT için karbon emisyonu hesaplamaları (ilk 5 yıllar için) .....	121

## 1. GİRİŞ

Türkiye’de uzun zamandır kentleşme, kırdan kente göç, kentlerde mekânsal ve sayısal artış yaşanmaktadır. Kentlerde nüfusun artması ve göçün etkisi ile, aynı zamanda özel otomobil sayısının artması, uygun ve yeni toplu taşıma sistemlerinin uygulanmasını gerektirmektedir. Kentçi ulaşımın düzenlenmesi için en uygun yeni toplu taşıma sistemlerinin planlaması gerekmektedir. Özellikle nüfusu yoğun olan şehirlerde özel araba sayısının artması durumunda, trafik tıkanıklığı, hava kirliliği ve fazla enerji tüketimini azaltmak için, uyumlu ve uygun toplu taşıma sistemlerinin planlaması halk için gerekmektedir. Erzurum kentinde nüfus artmakta ve 2030’da ulaşım talebi tahmininde yeni toplu taşıma talepleri ortaya çıkmaktadır. Konfor, yolculuk süresi, hizmetin güvenilirliği ve trafik tıkanıklığını azaltma bakımından kullanıcıların memnuniyetlerini artırmak için toplu taşıma hareketliliğinin verimliliğinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Toplu taşımayı geliştirme projesi kapsamında pek çok ülke şu anda ulaştırma sistemi türlerini en yeni teknolojileri Metrobüs ve hafif raylı sistem (BRT, HRS) ile birlikte uygulamaya odaklanmaktadır.

Ulaşım politikası, şehrin gelişimini etkileyen faktörlerden biridir. Kentsel nüfus arttıkça, kent merkezlerinde ulaşım sorunlarının belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Toplu taşımayı geliştiren politika temelli çözümlere, çevreyi korumak ve trafik sıklığı sorunlarını azaltmak için son derecede ihtiyaç duyulmaktadır. Nüfus artışı büyük şehirlerde uygun bir toplu taşıma sisteminde ve sürdürülebilir bir ulaşım sisteminde ihtiyaca neden olmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin pek çok şehri büyüyor. Kentsel nüfus artıyor, insan faaliyetleri ve kırsal alanlardan göç artıyor, bu büyümenin sonuçlarına bağlı olarak yolculuk talebi artıyor. Aynı zamanda ve aynı miktarda yolculuk talebi artışı ile ulaştırma sistemleri ve altyapı genişletmesi zorunluluğu oluşuyor. Etkin ulaşım sisteminin yönetimini uygulamak, yolculuk talep yönetim önlemlerini uygulamak zordur. Bu durum, olumsuz sonuçlara yol açmaktadır, mesela Kentsel tıkanıklık, artan enerji tüketimi, sera gazı (GHG) ve kirletici emisyon (Huzayyin and Salem 2013).



Özel otomobil sahipliği ve metropol alanlarındaki nüfus artışı nedeniyle, günümüzde bütün dünyadaki toplu taşıma sektöründe sorunlar yaşanmaktadır. Büyüyen şehirler için yeni ve uygun toplu taşıma sistem türleri araştırılmaktadır. Ulaştırma sektörü, yakıt kullanılan mevcut toplu taşıma türleri gelecekteki toplum ve çevre üzerinde büyük bir etkiye sahip olmaya devam edecektir. Uluslararası Enerji Ajansına (IEA) göre , 2020'de ulaştırma sektörünün petrol tüketiminin yarısından fazlasına sahip olacağını ve bunun küresel enerji kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun yaklaşık yüzde 25'ine neden olacağı tahmin edilmiştir (IEA 2002). Bununla birlikte, 2030 yılına kadar yaşanan büyük nüfus artışının özellikle kentsel alanlarda gerçekleşmesi beklenmektedir (IEA 2002). Sürdürülebilir ulaşım sistemleri, yakıt tüketiminin ve emisyonların azaltmasını hedeflemektedir. Özel otomobillerden yeni toplu taşımaya geçiş yapmak sürdürülebilir bir ulaşım hareketliliği sağlayabilmektedir. Büyük şehirlerde trafik tıkanıklığı artığından, birçok insan bisiklet ve yürüyüş gibi diğer sürdürülebilir ulaşım türlerini kullanmaktadır. Günümüzde, özellikle metropol şehirlerde verimli ulaşım hareketlerini sağlamak için Metrobüs (BRT) ve HRS daha fazla kullanılmaktadır.

Uygun ulaşım sistemleri seçeneklerini inceleyerek metropol alanlarında ve büyüyen şehirlerde trafik tıkanıklığını azaltmak için en iyi çözüm olarak yeni toplu taşıma sistemleri planlanmaktadır. Dünyada yapılan ulaşım çalışmalarında, en az enerji harcayan ve en düşük yatırım maliyeti rakamlarına sahip olan ulaşım sistemleri dikkate alınmıştır. Çevre dostu toplu taşıma sistemleri uygulanmaları şehirlerdeki artan trafik tıkanıklığına ve sera gazının azaltılmasına alternatif bir çözüm olarak metropol alanlar için önerilmiştir. Büyük şehirlerde nüfus artışı, toplu taşıma hizmetlerini artırmak ve yolculara daha iyi hizmet vermek için yeni ulaşım planlarının sağlanması gerekmektedir. Hizmet kalitesi; yolculuk bilgileri, temizlik, güvenilirlik ve güvenlik gibi alanlara odaklanarak toplu taşıma sistemlerinin kullanımının artmasını sağlayabilmektedir. Erzurum için 2030'da önerilen hafif raylı sistemi ile uygun olan başka ulaşım sistemlerini karşılaştırmak ve değerlendirme konusunda analizi yapılmaktadır. Sistemlerin kullanılabilir halde, kalite, verimli, düşük maliyeti ve kentte yaşayanlar için en çok tercih edilen toplu taşıma sistemi şehir için önerilecektir.

Büyük şehirlerde yaşayan insan sayısı ve kırsal kesimden kentsel bölgelere gerçekleşen göç arttıkça, trafik sıkışıklığı ve atmosferik kirlilik yoğunlaşmakta ve şehir insanların hayatı gittikçe daha da kötüleşmektedir. Yerel ve ulusal makamlar, sürdürülebilir hareketliliği hedeflerine ulaşmak için toplu taşımacılık sektörlerine odaklanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde; kentsel nüfusun yanı sıra otomobil kullanımı ve bireysel araç sahipliğindeki ani artışlar, kentsel ulaşım sorunlarına yol açmaktadır. Bu ülkelerdeki şehirlerin birçoğu, kentsel hareketliliğinde uygun standartların yakalanması konusunda sorunlar yaşamaktadır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin kentsel bölgelerindeki artan yolcular ve yolculuk talepleri, yeni ulaşım politikalarının karar oluşturmasını zorunlu kılmış ve alternatif toplu taşıma şekilleri için planlar yapmalarını sağlamıştır. Metropol bölgelerde, kentsel nüfus önemli ölçüde artmaktadır ve bu durum, trafik tıkanıklığını hafifleterek sürdürülebilir hareketlilik sağlayan, çevre dostu toplu taşıma sistemlerine ihtiyaç duyulmasına sebep olmaktadır. Ulaşım politikalarına yön veren makamlar arasında, söz konusu toplu taşıma sistemlerinden hangisinin kullanımının veya seçilmesinin daha uygun olacağına ilişkin çeşitli tartışmalar yaşanmaktadır. Bazı politikacılara göre, hafif raylı sistem (HRS), Metrobüs sisteme göre daha çok yolcu kapasitesine sahiptir. Hafif raylı sistem, daha yüksek hızlı, sorunsuz ve konforlu bir sürüş sunarken, yolcuların trafik sıkışıklığından korunmasını sağlamaktadır. Metrobüs sistemi de ayrılmış bir yol üzerinde çalışarak trafik tıkanıklığına karşı koruma sağlamaktadır. Birçok çalışmada, Metrobüs sistemler hafif raylı sistemleri ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edildiğini HRS sistemlerden daha hızlı olduğunu göstermiştir (Levinson *et al.* 2003; Hidalgo 2009).

Bazı yazarlar, HRS sisteminin Metrobüs sisteminden daha iyi bir kamu imajına sahip olduğunu düşünmüşler, ancak bu hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler arasında farklılık gösterebileceğini belirtmiştir. Hensher *et al.* 2015, HRS'nin görüntüsü şartlandırmanın yolcular üzerinde oluşturduğu güçlü hissiyattan dolayı, yolcuların taşıma modu tercihini etkilediğine ve günümüzde daha sık tercih edilen Metrobüs sisteminin, HRS ile eş ve hatta daha iyi özelliklere sahip olmasına rağmen tercih edilmediğine dikkat çekmiştir. Hensher and Waters (1994) ile Tirachini *et al.* 2010'na

göre, taşıma sektöründeki araştırmacıların hafif raylı ve Metrobüs taşıma sistemlerinin fayda ve maliyetlerine yönelik tartışmaları on yıllardır devam etmektedir. Hensher and Waters (1994), HRS sistemlerin birçoğunun uygulama ve işletme safhalarının geniş ödenekler gerektirdiğini, öte yandan Metrobüs sistemlerinin ekonomik açıdan daha uygulanabilir olduğunu ifade etmiştir. HRS ve Metrobüs sistemlerine ilişkin tartışmalar durmaksızın sürerken; konuyla ilgili akademik çalışmalar, özellikle yüksek nüfus yoğunluğuna sahip kentsel bölgelerde her iki sistemin de açıkça faydalı olduğunu vurgulamaya devam etmektedir.

### **1.1. Nüfus Artışı ve Kentleşme**

Birleşmiş Milletler Dünya Kentleşme Beklentileri'ne göre WUP (2014), günümüzde küreselleşen ve birbirine bağlı dünyada, dünya nüfusunun yarısından fazlası (54%), kentsel alanlarda yaşamaktadır. Önümüzdeki on yılda, küresel nüfusun büyüklüğü ve mekânsal dağılımı üzerinde daha da köklü değişiklikler getirilecektir. Devam eden kentleşme ve dünya nüfusunun genel büyümesinin, 2050'ye kadar kentsel nüfusa 2,5 milyar insanın katılması ve bu artışın yüzde 90'ının Asya ve Afrika'da yoğunlaşması bekleniyor. Aynı zamanda, kentsel alanlarda yaşayan dünya nüfusunun oranı 2050 yılına kadar yüzde 66'ya yükselecek. Dünya Kentleşme Geleceği raporunda 500,000 ila 1 milyon nüfus arasında 731 şehir büyüyor. Erzurum kenti için, 2030 yılında kentte yaşayan 877,790 kişinin olacağı tahmin edilmiştir (EUAP, 2012).

### **1.2. Araştırma Problemleri**

Şehirler modern bir ekonominin ve toplu ulaşım sisteminin kritik bir rol oynadığı verimli merkezlerdir. Toplu taşıma altyapısının geliştirilmesi ve güncellenmesi hükümet için en karmaşık ve kapsamlı yatırım kararlarından biridir. Daha iyi toplu taşıma ve ulaşım altyapısı, kullanıcılar için fayda sağlamakta ve kentsel trafik tıkanıklığı ve iklim değişikliğini yönetmeye yardımcı olmaktadır. Çoğu şehirlerde, şehir nüfusundaki büyümeye tepki olarak toplu taşıma ağını genişletmek ve sonuçta trafik tıkanıklığının azaltılmasını istemektedir (Hensher and Mulley 2014). Gelişmekte olan dünya

şehirlerinde hareketlilik, yolculuk ihtiyacını çok aşan yolculuk talebiyle karakterize edilmektedir (Dünya Bankası 2002). Motorlu taşımacılığın düzenli kullanımına, gelişmekte olan kentsel nüfusun gücü yetmez. Bu nedenle, bir kentin hareketliliğini artırmak için alternatif ve uygun fiyatlı bir ulaşım sistemi türü gereklidir. Kent nüfusunu tatmin ve ikna edebilen, trafik tıkanıklığını azaltan ve çevreyi korumaya yardımcı olan bir toplu taşıma sisteminin türü her zaman büyük bir arzudur.

Hızlı nüfus artışı ve şehirdeki genişletme çalışmaları ile, Erzurum'un ulaştırma sektörünün güncellenmesi gerekmektedir. Toplu taşıma alanlarının arasındaki boşluk nedeniyle, uygun ve sürdürülebilir ulaşım sisteminin sağlanmasını sürekli genişletmek gerekmektedir. Şehirde mevcut toplu taşıma sisteminin ve gelecekteki yeni sistemlerin (BRT ve HRS) beklenen performans değerlendirmesini yapıp, yeni sistemlerin tasarımı için değerli bilgileri sağlamak gerekmektedir.

### **1.3. Araştırma Amacı**

Bu çalışmada, mevcut toplu taşıma sisteminin hizmet kalitesini araştırmak ve Erzurum şehri için en uygun ve çevre dostu olan yeni toplu taşıma sistemini öngörmek ve önermek amacıyla 2030 yılı için yapılan bir araştırmadır. Dünyadaki en son kullanılan ulaşım sistemi türlerinin karşılaştırılması şehir için yapılmaktadır. Karşılaştırmada, ekonomik, çevresel, hizmet kalitesi ve kapasitesi sektörleri, kişilerin en çok tercih edilen ulaşım sisteminin üzerine kurulmaktadır.

Çalışmanın genel amacı, mevcut toplu taşıma sisteminin kalitesini araştırmak ve kentsel nüfus için toplu taşıma sisteminin hedeflenen alternatifini, karşılaştırılabilir iki toplu taşıma türlerinin alternatiflerinden daha iyi önermek için öngörülen yolculuk talebini kullanmaktadır. İlk maliyet, işletme maliyeti ve mevcut sistemlere uyma, yolculuk talebi veya toplu taşımayı kullanacak yolcu sayısı gibi toplu taşıma sisteminin seçimini etkileyen pek çok faktörlere odaklanmaktadır. Kentlerimizde uygun bir toplu taşıma sisteminin seçimi kritik bir duruma geliyor. Bunun için, büyüyen şehirlerde ortaya çıkan ulaşım sistemi problemlerini çözmek için yakın gelecek için bir yolculuk talebinin

analizi düzenlenmeli ve değerlendirilmelidir. 2030 yılı yolculuk talep modeli Erzurum Büyükşehir Belediyesi tarafından incelenmiş ve önerilmiştir. Bu araştırmada yeni toplu taşıma sisteminin uygun bir seçimine odaklanıp dikkatle araştırılmaktadır. Çalışmanın temel amacı, 2030 yılında önerilmiş yeni toplu taşıma sistemlerini başka sistemle karşılaştırmak, şehirdeki halkın en çok tercih edilen toplu taşıma türüne daha yatkın olduğunun belirlenmesi için bir anket yapılmaktadır. 2030 yılında, trafik tıkanıklığını hafifletmek ve şehirdeki iklim değişikliği sorunlarını azaltmak için, iki karşılaştırılabilir toplu taşıma türlerini (BRT ve HRS) şehir için değerlendirerek birisinin uygulanışı seçilmelidir. Çalışmanın özel amaçları aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

- a. Erzurum'un kentsel alanındaki trafik tıkanıklığı, yolculuk karakteristikleri ve çevre kirliliği nedenlerinin temel durumunu değerlendirmek.
- b. Çok sayıdaki faktörü göz önüne alarak, toplu taşıma sistemleri birbiriyle karşılaştırılmaktadır.
- c. Erzurum için 2030 hedef yılında ulaşım sistemi kullanıcılarının verilerini tahmin etmek için oluşturulan taşıma modeli kullanılmaktadır.
- d. Karşılaştırılabilir iki toplu taşıma sisteminin alternatifleri değerlendirilerek ve karşılaştırarak tüm sistemlerin genel değerlendirilmesi yapılmaktadır.
- e. Toplu taşıma sisteminin en çok tercih edilen alternatifi, farklı kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesi ve yolculuk talebi tahmininin bir sonucu olarak sunulmaktadır.

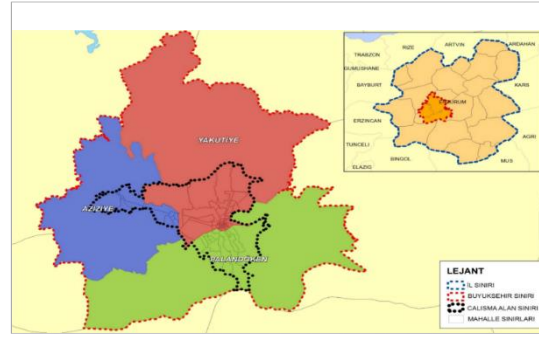
#### **1.4. Araştırma Soruları**

Erzurum Belediyesi, 2030 yılında kent için Hafif raylı sistem uygulamayı planlamış ancak bu toplu taşıma sisteminin, hedeflenen yıl için toplu taşıma kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamayacağı değerlendirilmektedir. Buna ek olarak, daha iyi bir ulaşım sistemi türü seçmek için farklı alternatifler karşılaştırılmaktadır. Bu araştırmanın ana soruları aşağıdaki gibi olmaktadır:

- a. Mevcut toplu taşıma sistemi, 2030 yılı için Erzurum kentinde yaşayan insanların yolculuk taleplerini karşılayabilir mi?
- b. BRT / HRS toplu taşıma sistemleri şehirdeki tüm nüfus gruplarına kaliteli hizmet ve adil erişim sağlayabilir mi?
- c. Alternatif toplu taşıma türlerinden (BRT veya HRS) hangisi en çok tercih edilir ve 2030 yılında Erzurum'da uygulanabilir?

### 1.5. Çalışma Alanı

Erzurum Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan bir şehirdir. Deniz seviyesinden 1757 metre yüksekliğinde bulunmaktadır. 2000 yılındaki nüfus sayımında Erzurum nüfusu 361.235 2030 yılında ise (EUAP 2012) tahmin edilen nüfusu 877,790 olarak tahmin edilmektedir. 2015 nüfus sayımında Erzurum ilinde yaklaşık 762,321 olan bu sayı, 2030 yılında şehirde ve çevresinde yaşayan insanlar için daha iyi toplu taşıma sistemlerine ihtiyaç duyarak daha fazla artmaktadır.



Şekil 1.1. Erzurum haritası, Erzurum (EUAP 2012)

### 1.6. Araştırma Kapsamı

Bu tez beş bölüm ve kaynaklardan oluşmaktadır. Birinci bölümde, Kentsel ulaşım kısa bir şekilde açıklanmış ve ardından dünyada en çok kullanılan toplu taşıma sistemlerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde, literatür taraması, dünyadaki toplu taşıma sistemlerinin kullanılması ve gelişiminin bir özeti verilmektedir. Bugünlerde

dünyada kullanılan en yeni teknolojik toplu taşıma araçlarının özellikleri hakkında kısa bilgiler verilmektedir. Ayrıca, dünyada büyüyen şehirlerde yaygın olarak kullanılan Metrobüs ve HRS'in işlevselliğine ve gelişimine odaklanmaktadır. Daha sonra, üçüncü bölümde, kullanılacak metodoloji hakkında bilgiler verilmiş araştırmada hedeflenen sonuca ulaşmak için kullanılacak yöntem açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ise, bulgular ve tartışma yapılmakta araştırmanın bulunan sonuçlarının detayları verilmektedir. Elde edilen sonuçlar analiz yapılarak 2030 yılında Erzurum kentinde en uygun ve en çok tercih edilen toplu taşıma sisteminin türü önerilmekte ve uygulanması amaçlanmaktadır. Beşinci bölümde, sonuçlar ve öneriler açıklanmış ve detaylı bir şekilde verilmiştir.

## **1.7. Önerilen Raylı Sistem Hatlarının İncelenmesi**

Bu çalışmada, 2030 yılında HRS sisteminin uygulanması ya da uygulanmaması için şehirde önerilen Raylı sistem hatlarına odaklanmaktadır. Bu çalışma, önerilen hatlar için iki alternatif uygun taşıma sistemini karşılaştırarak hedef yıl için en uygun alternatif toplu taşıma sistemini seçmektedir.

### **1.7.1. Önerilen güzergâh Omurga-1 Hattı**

Raylı sistem hattı için öngörülen güzergâh, TCDD Erzurum Garı'ndan başlayarak, Yakutiye ilçesi Atatürk Mahallesi sınırı içinde kalan Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi önüne kadar gelip Çat Yolu'na paralel olarak Depo Sahası'na kadar devam etmektedir. Güzergâhın toplam uzunluğu 10,961,729 m'dir (Erzurum Raporlar,2012). Önerilen Raylı Sistem Hattı, Erzurum şehri için hem sosyal hem ekonomik açıdan büyük etkisi olan Atatürk Üniversitesi Merkez Kampüsü içinden geçmektedir. Planlanan raylı sistem hattı TCDD Erzurum Garı tarafındaki İstasyon-1'den Yakutiye ilçesindeki Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde en son istasyon olan İstasyon-10'a kadar yaklaşık 7,804 metre uzunluğundadır. Hastaneye devam eden hat Çat Yolu'na paralel devam ederek yaklaşık 11 km Depo Sahası'nda son bulmaktadır.







**Şekil 1.3.** Erzurum kent içi Raylı sistem güzergahı ve istasyon yerleri (Omurge-2 Hattı).  
Kaynak: EUAP, 2012

### 1.8. Toplu Taşımacılık Tarihi (Hafif Raylı Taşımacılık)

Atların çektiği vagonların tarihi, insanların şehirlere göçmeye başladığı ve şehirlerin giderek büyüdüğü 18.yüzyıla dayanmaktadır. İnsanlar, atlar tarafından çekilen vagonları taşıma ve ulaşım amacıyla kullanmışlardır. İnsanların bir kısmı, kendilerine ait atlara, vagonlara ve sürücülere sahip iken diğerleri bunlara sahip değillerdi. Atların çektiği vagonlarla seyahat etmek isteyen insanların sayısı giderek artıyor ancak bu insanların çoğunluğu at veya vagon sahibi olmak istemiyordu. Böylelikle, şehirlerde ulaşım ihtiyacı ortaya çıktı. İlk örnekleri, Kara Avrupası'nda ortaya çıkan hafif raylı ulaşım sistemleri, kendilerine ayrılmış alanlarda (düz rota) seyretmek üzere geliştirilmiş cadde tramvayları biçimindeydi. Bu konseptin en iyi uygulandığı yerlerden biri İsveç'in Götteborg şehri olmuştur. Götteborg'da 15 sene boyunca cadde tramvayları olarak şehrin birçok yerine uzatılan hatlar zaman içerisinde yerini yüksek performanslı tramvay filolarına bırakmıştır. Bu bağlamda, gerek toplu taşıma sistemlerinin kullanımının teşviki gerekse ana meydanlarda tramvaylara öncelik verilmesi için trafikte bazı kısıtlamalar uygulanmıştır.

### 1.8.1. 18. Yüzyıl

Başlarda at arabalarıyla başlayan taşımacılık ve ulaştırma, büyük şirketlerin birçok insanın aynı rotalarda seyahat ettiğini fark etmesi ile birlikte büyük vagonların kullanıldığı toplu taşımacılığa dönüşmüştür. Böylece, daha fazla insan taşınırken aynı zamanda maliyette azalmıştır. Bu tür araçlar, 1798 gibi erken bir tarihten itibaren Londra civarında faaliyet göstermeye başlamıştır. Öte yandan, bu tür araçların şehir içinde kullanımı ilk olarak Fransa'da gerçekleşmiştir (Mulle 1994). Ancak, ilk kez karşılaşılan bir sorun ortaya çıkmıştı, vagonların aldığı insan sayısı arttıkça daha fazla ata ihtiyaç duyuluyordu, dolayısıyla kapasiteyi arttırıcı yeni bir çözüm bulunmalıydı. O dönemde, çelik rayların üzerinde giden çelikten yapılmış vagon tekerleklerinin sürtünmeyi önemli ölçüde azalttığı oldukça iyi biliniyordu. Demiryolu taşımacılığı bir süredir kullanımdaydı ve demiryolu teknolojisi zaten mevcuttu. Böylece, şehirlere raylar döşendi ve atlar çelik tekerlekli vagonları çekmeye başladılar ve ortaya atların çektiği tramvaylar çıktı.

### 1.8.2. 19. Yüzyıl

1832'de New York'ta açılan ilk atlı "sokak demiryolu" hattı Harlem'den Aşağı Manhattan'a kadar uzanıyordu. Birkaç yıl sonra, diğer şehirlerde de kurulan bu atlı tramvay sistemi neredeyse yirmi yıl faaliyet gösterdi. 1852'de New York'taki ilk yivli demiryolu at tramvayı açıldı ve kurucusu bir Fransız mühendis Alphonse Loubat idi. Loubat, Avrupa'nın ilk atlı tramvayını Paris'te açtı, ancak bu tramvay 1860'ların sonuna kadar düzgün bir şekilde çalışmadı. Taşımacılık sektörünü geliştirme konusunda sınırlamalar ve sorunlar yaşanıyordu. Atlar istikrarlı değildi, bakım ve beslenmeleri pahalı oluyordu. Atların hastalıklara karşı duyarlılığı, binlerce atın öldüğü 1872'de, vagonların başka bir araç tarafından çekilmesi gerektiğini çarpıcı bir biçimde gösterdi. İngiltere'de 1821-1840 yılları arasında buharlı motorları kullanmaya yönelik bazı girişimler oldu ancak buharlı motorlar şehir içi ulaşım ve çevre için uygun değildi. Buharlı tramvay çok gürültülü, yavaş ve ağırdı. Aynı rotada çalışan atlı tramvaylardan sadece bir miktar yolcu çekebildi ve bu durum ticari bir başarısızlık oldu. Alternatif bir

güç kaynağı bulmak için yapılan diğer girişimlerin hiçbiri başarılı olamadı. Werner Von Siemens, Gramme, Brush, Pacinotti *et al.* 1870'lerde dinamo ve elektrik motorlarını geliştirdi. Bu, elektrikli raylı araçlar için bir dönüm noktasıydı. Siemens firması Siemens ve Halske 1879 yılında Berlin Ticaret Fuarı'na elektrikli bir demiryolu inşa etti. İki yıl sonra aynı firmanın geliştirdiği dünyanın ilk elektrikli tramvay hattı Berlin yakınlarındaki Lichterfelde'de açıldı. Benzer bir demiryolu, 1883'de Brighton'da (İngiltere) açıldı. Çoğu Amerikan şehirde, tramvay elektrifikasyonu daha doğrudan bir gelişim göstermişti. Kullanılan teknoloji havai kablolardı. Birçok taşıma şirketi, yetersiz güvenlik yönetmeliklerine sahip tramvay sistemleri kurmaya başladı. Washington, Boston, Philadelphia ve New York gibi daha eski şehirler, Avrupa'da olduğu gibi, tramvay sistemlerine ilişkin daha güçlü yönetmelikler çıkarmıştı. Örneğin, Philadelphia'da taşıma şirketi, tramvayın geçtiği tüm sokakların bakımını yapmakla yükümlüydü. Avrupa'da tramvay sistemlerinin planlanması bir hükümet meselesiydi. Elektrikli tramvayın, artan seyahat hızı ve indirimli tarifeler gibi olumlu sosyal faydalar sunduğu kabul edilmiştir (Vuchic 1998).

### **1.8.3 20.Yüzyıl**

20. yüzyılın başlarında, büyük ve orta büyüklükteki şehirlerin birçoğunda tramvaylar kullanılmaya başlanmıştı. Tipik bir tramvay vagonu; 2 akslı ve 10 metreye kadar varabilen kısa ahşap-gövdesi ile I. Dünya Savaşı'ndan sonra en yaygın modeliydi. Bu modellerin yerini, yavaş yavaş 12 ila 16 metre uzunluğundaki 4-akslı vagonlar aldı ve bu sistemler 1920'lerde büyük kentlerdeki çoğu transit sisteminin hâkimi durumuna gelmiştir. Yolcu taşıma kapasitesinin artmasıyla tramvaylar şehirci ulaşımda önemli roller üstlense de şirketler sürekli mali başarı elde etmekte zorlandılar. Bunun nedeni düşük tarifelerdi. İşletme ve bakım maliyetinin artması, sonraki yıllarda çözülecek birçok soruna neden oldu. 1930'ların başında özel otomobillerin, tramvaylarla rekabet edebilir hale gelmesi, yolcu taşımacılığını etkiledi. Sokaklarda trafik tıkanıklıkları oluşmaya başladı ve tramvayların karışık trafikte araba ve otobüslerle rekabeti zora girdi. Çünkü ivme kazanmaları zaman alıyordu. Ancak, geliştirilmiş teknoloji ile otomobillere karşı mücadelelerini sürdürebildiler.



**Şekil 1.4.** 1910'lardan bir "Wagon 2990" (Anonymous 2017b)



**Şekil 1.5.** Fransa, Strazburg'daki modern HRS "Euro tramvayı"

İkinci Dünya Savaşı'ndan birkaç yıl sonra otomobiller daha popüler hale geldi ve şehirlerdeki trafik tıkanıklığı daha da arttı. Bu dönemde tramvaylar eski moda ve etkisiz kabul edildi. Dönüşüm hızla başlamıştı ve insanlar otomobillere bağımlı hale geldiler. Dünyada tramvay sistemlerini koruyan sadece birkaç şehir kalmıştı, bunların bazıları Amerika Birleşik Devletleri'nde ve birçoğu Almanya'da bulunuyordu. Trafik sıkışıklığı sorunları nedeniyle yetkililer, politikacılar ve şehir planlamacıları kentsel bölgelere büyük ilgi gösterdi. Şehirler, tramvay sistemlerini Hafif Raylı Sistemler olarak muhafaza ettiler ve geliştirdiler. Günümüzde dünyanın dört bir yanında çok sayıda hafif raylı sistem bulunmaktadır (Gunnarsson and Lofgren 2001).

## 1.9. Hafif Raylı Sistem

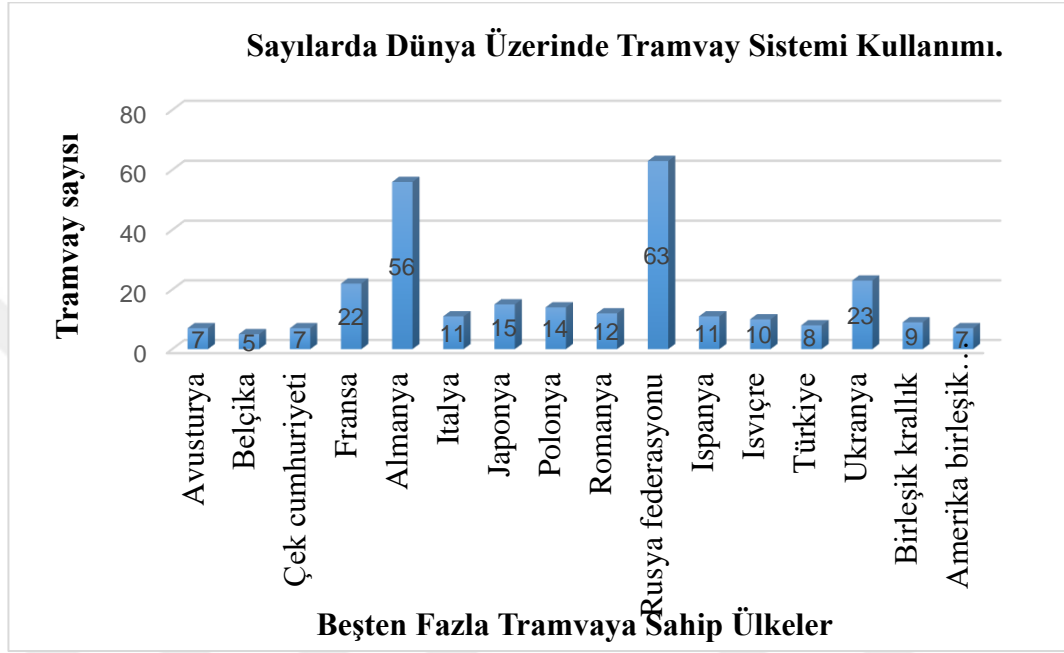
Hafif raylı sistemler, eski tramvay sistemlerinin modernizasyonu ile ortaya çıkmıştır. Dünyadaki gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bulunan pek çok şehrin kentsel kalkınma stratejilerinde popüler birer araç haline gelmiştir. Zayıf sosyo-ekonomik getirilerine rağmen, hafif raylı sistemlerin inşası devam etmektedir (Olesen and Lassen 2016). Hafif raylı sistemler, katı bir kavram değil, aksine diğer toplu taşıma sistemleri gibi davranabilen esnek bir taşıma türüdür. HRS'nin inşaatı, şehirdeki bir otobüs sistemi ile karşılaştırıldığında daha pahalıdır ancak belirli bir kapasitede işletme açısından daha ucuz olabilir. HRS, kentsel alanlarda daha iyi yolcu taşıma kapasitesi sunar, ayrıca daha keyifli ve güvenli olduğu gibi daha az gürültüye neden olur. Gelişmiş ülkelerin öncülük ettiği HRS kullanımı, giderek tüm dünyaya yayılmıştır. Günümüzde hafif raylı sistem, daha iyi bir toplu taşıma hedefiyle dünya üzerindeki birçok şehirde kullanılmaktadır.

### 1.9.1. Hafif Raylı Sistem (HRS) ve Tramvay Sistemlerinin Kullanımında Küresel Artış

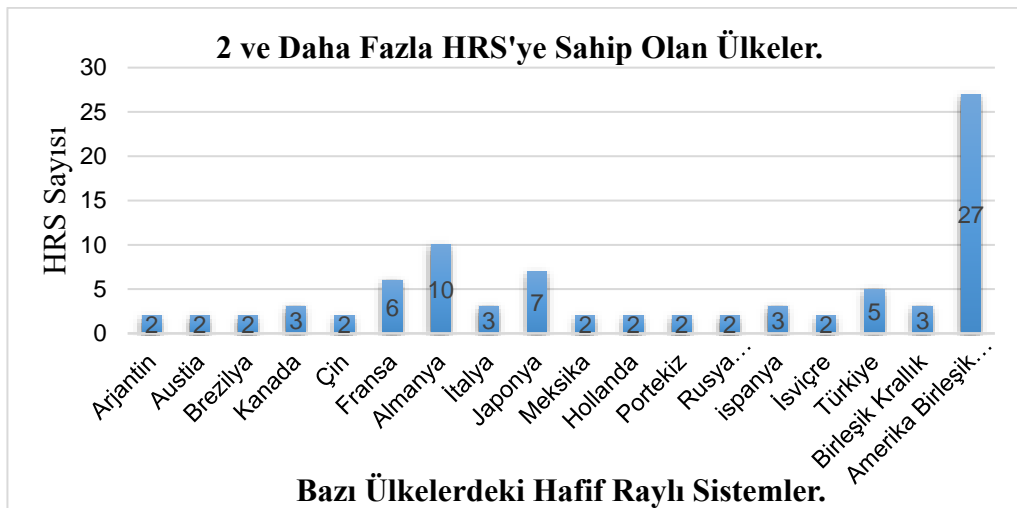
Hafif raylı taşımacılık modları, eski tramvay sistemlerinin modernize edilmiş halidir. Tramvaylar, çoğunlukla gelişmiş ülkelerdeki büyük şehirlerin yanı sıra gelişmekte olan ülkelerin birkaç şehrinde, 1900'lerin başlarında oldukça popülerdi. Tramvaylar daha sonra modernize edilmiş ve yirminci yüzyılın son yarısında esnekliğe sahip bir ara sistem olarak yeniden işletilmeye başladı. Yeni toplu taşıma modları, yolcuların ulaşım için daha az ücret ödemesini sağlıyordu. Ancak inşaatların nispeten aşırı maliyetli oluşu göz önüne alındığında, genellikle zengin şehirlerde ve yüksek gelirli yakın bölgelerde kurulu bulunuyordu (Dünya Bankası 2002'a).

Hafif Raylı Sistem Transit Birliği (LRTA) verilerine göre, hâlihazırda dünyada 28 adedi inşaat aşamasında ve 21 adedi planlama aşamasında olmak üzere 342 tramvay sistemi mevcutken, 4 sistem ise askıya alınmıştır. Ayrıca, birlik verilerine göre, dünyadaki hafif raylı sistem kullanımı şu şekildedir; dünyada, 11 adedi inşaat aşamasında ve 9 adedi planlama aşamasında olmak üzere 94 adet HRS işletilmektedir. Dünya üzerindeki tramvay sistemlerini inceleyen Şekil 2.3'den de anlaşılacağı üzere; Rusya Federasyonu,

ülkedeki 63 sistem ile dünyanın en çok tramvay sistemine sahip ülkesi iken Almanya 56 tramvay sistemi ile ikinci sırada, Ukrayna ise 23 tramvay sistemi ile üçüncü ülke konumundadır.



**Şekil 1.6.** Ülkelere göre tramvay sistemi kullanımı (5'ten fazla tramvay sistemine sahip ülkeler temel alınmıştır). LRTA (Anonymous 2017b)



**Şekil 1.7.** Ülkelere göre hafif raylı sistem kullanımı. (2 ve 2'den fazla HRS sistemine sahip ülkeler temel alınmıştır). LRTA (Anonymous 2017b)

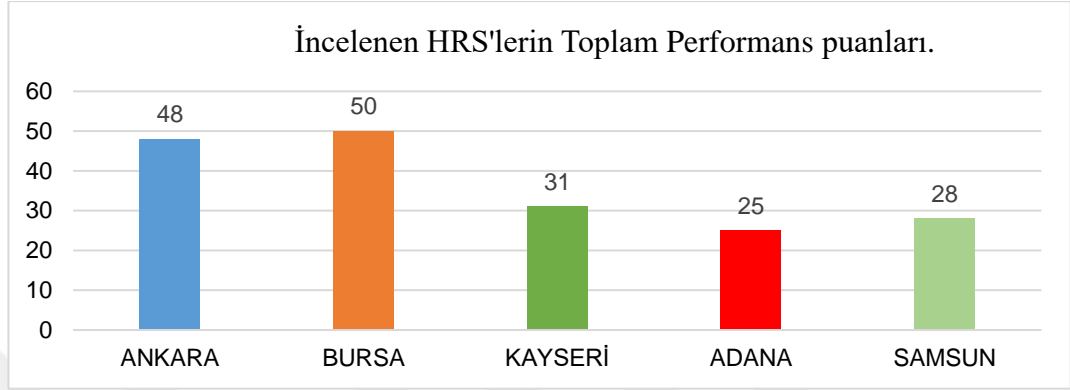
Şekil 2.4'deki, LRTA'daki verilerine göre, Amerika Birleşik Devletleri 27 HRS modu ile HRS sistemlere sahip olma açısından ilk sırada yer alırken, Almanya, 10 HRS modu ile ikinci sırayı, Japonya 7 HRS modu ile üçüncü sırayı ve Türkiye ise 5 HRS modu ile beşinci sırayı almıştır.

### 1.9.2. Türkiye'deki Şehirlerin HRS Sistem Açısından Değerlendirilmesi

Kentsel raylı sistemlere, özellikle de Türkiye'deki büyükşehirlerde bulunan hafif raylı sistemler başta olmak üzere büyük yatırımlar yapılmıştır. Hafif raylı sistem ve tramvay sırasıyla 1988 ve 1992'de İstanbul'da faaliyete geçmiştir. Başkent Ankara'da ise hafif raylı sistem ve metro (yeraltı treni) sırasıyla 1996 ve 1997'de açılmıştır. 1999 yılında Antalya'da küçük bir hafif raylı sistem işletmeye alınmıştır. Türkiye'nin üçüncü büyük şehri olan İzmir'de ise 2000 yılında hafif raylı sistem işletilmeye başlanmıştır (Babalik 2000). Adana, Bursa ve Kayseri'de açılan ve şimdi faal olan diğer sistemler de mevcuttur.

Günümüzün kentsel yapısında, insanların seyahat etme taleplerine cevap veren, daha konforlu ve hızlı toplu taşıma sistemlerine duyulan ihtiyaç önemli bir boyuta ulaşmış ve akademik çalışmaların odak noktası haline gelmiştir. Hafif raylı taşımacılık dünyadaki en güvenilir ulaşım türlerinden biri olarak kabul edildiğinden, büyükşehirlerdeki kullanımı giderek artmaktadır. Türkiye'de, hâlihazırda faaliyet gösteren birçok hafif raylı taşımacılık sistemi bulunmaktadır. Bu HRS'lerin kurulmasından sonra, bazılarının öngörülen yolcu talebi ve performanstan çok daha düşük bir verimlilik gösterdiği ortaya çıkmış, böylece HRS'lerin ulaştırma alanındaki yerine ilişkin değerli geribildirimler elde edilmiştir (Vitosoglu *et al.* 2014) tarafından Türkiye'nin beş ayrı şehrindeki beş HRS'nin performans skorları üzerine yapılan bir araştırmada, Bursa HRS'nin en verimli sistem olduğu ortaya çıkmıştır. Yazarların, elde ettiği şaşırtıcı bulgulardan birisi de, gelecekte inşa edilmesi planlanan ve metroya entegre edilmesi düşünülen Adana HRS'nin incelenen sistemler arasında performans açısından en düşük olanıdır. Bunun nedeni, trenler arası takip zamanının (15 dakika), demiryolu taşımacılık sisteminin

verimli çalışabilmesi açısından çok uzun olmasıdır. Araştırma kapsamında incelenilen HRS sistemlere ait toplam performans puanları Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



**Şekil 1.8.** Araştırma kapsamında incelenen Türkiye'deki HRS'lerin toplam performans puanları (Vitosoğlu *et al.* 2014).

Demiryolu taşımacılığı yatırımları, diğer toplu taşıma modlarına kıyasla daha yüksek maliyetli yatırım gerektirdiğinden, performansları yatırımlarından doğan beklentileri karşılamalıdır. Türkiye'de, şehir içi demiryolu taşımacılığı sistemleri inşaatlarına yönelik giderek artan bir yatırım olsa da bu yatırımların performanslarıyla ilgili çok az çalışma yapılmaktadır (Özgür 2011). Yatırım beklentilerini, elde edilen fiili sonuçlarla karşılaştıran araştırmacı, hâlihazırda demiryolu sistemleri işletilen şehirler arasından örnek bir çalışma grubu seçmiştir. Bu grup; İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa'daki HRS sistemlerden oluşmaktadır. Araştırmacı, söz konusu sistemlerin inşa edilmeden önce ne gibi yatırım beklentilerinin olduğuna dair veya anılan sistemlerin inşa edilmesinden sonra bu beklentilerin karşılanıp karşılanmadığına dair açık bir bilgiye ulaşamamıştır. Araştırmacı, çalışmalarında, söz konusu sistemlerin yatırım beklentilerini karşılamakta zayıf performans gösterdiğini; örneğin, uygulama maliyetlerinin tahmini bütçeyi aştığını ve yolcu taşıma kapasitesinin öngörülenden az olduğunu vurgulamıştır. Seçilen HRS sistemleri araştıran yazar, Bursa HRS'nin tahmini maliyeti %22 aştığını, İzmir Hafif Raylı Metro sisteminin tahmini maliyeti %104 ile ikiye katladığını belirtmiş; Ankaray içinse gerçek maliyetin, öngörülenin %7 altında olduğunu ve bunun sistemin planlanan bütçe dâhilinde yapıldığını gösterdiğini ifade etmiştir.



### 1.9.3. Hafif Raylı Sistem Maliyeti Ve Yolcu Taşıma Kapasitesi

Hafif Raylı Sistemlerin maliyetleri ve yolcu taşıma kapasiteleri hususunda literatürdeki en önemli çalışmalardan birisi de Pickrell'in (1990) çalışmasıdır. Pickrell, "Şehirçi Raylı Taşıma Projeleri: Tahmini ve Gerçek Maliyet ve Yolcu Sayıları Karşılaştırılması" isimli araştırmasında, on farklı raylı taşıma projesinin tahmini maliyetlerini ve yolcu taşıma kapasitelerini, gerçekleri ile karşılaştırarak değerlendirmiştir. Pickrell çalışmasında, yolcu taşıma kapasitelerinin gereğinden fazla, inşaat maliyetlerinin ise gereğinden düşük tahmin edildiğini ve bu hataların süreklilik arz ettiğini gözlemlemiştir. Yazara göre, incelediği hiçbir Amerikan sisteminde isabetli bir tahmin yapılamamış, tahmin edilen değerler hatalı çıkmıştır. Pickrell, sadece Portland ve Sacramento hafif raylı sistemlerinin tahmini yolcu taşıma kapasitelerini arttırdığını belirtmiştir. Pickrell, ayrıca, tahmini inşaat maliyetleri ve süresinde de gereğinden fazla ya da düşük tahminlerden doğan bazı hataların oluşabileceğini ifade etmiştir (s.32).

HRS'lerin kilometre/mil başına maliyeti, ülkeden ülkeye ve hatta şehirden şehire önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Flyvbjerg *et al.* 2008). Örneğin, Avustralya'nın başkenti Canberra'da km başına tahmini maliyet 58 ila 70 Milyon \$ iken Gold Coast bölgesinde 18 ila 22 Milyon \$, Sydney'de 15 Milyon \$ ve Manchester, İngiltere'de ise 24 Milyon \$'dır. Tüm bu rakamların maliyet tahminlerine dayandığını ve HRS sistemlere ait fizibilite çalışmalarını desteklemek üzere kullanıldıklarını belirtmek gerekmektedir. HRS'lerin km veya mil başına ne kadara mâl olduğuna dair genel kullanıma açık bir çalışma bulunmamaktadır. Her bir HRS projesi kendine has özelliklere ve gereksinimlere sahiptir ve tüm bunlar; jeoteknik şartlardan tünel açma gereksinimine, istasyon sayısından tesislerin konumlarına, yol geçiş üstünlüğünden özel sektörün katılımına kadar farklı birçok unsuru içerir. 58 farklı raylı taşıma projesinden toplanan verilerin istatistiksel analizi, ortalama fiyat aşımının %45 olduğunu ortaya çıkarmıştır (Flyvbjerg *et al.* 2002). Love *et al.* 2017 tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, Avustralya'da bir yüklenici firma tarafından inşaatı tamamlanarak teslim edilen 16 adet hafif raylı taşıma projesi maliyet performansları açısından incelenmiş, gerçek maliyetlerinin taraflar arasında daha önceden mutabık kalınmış sözleşme bedelinden ortalama %23 daha yüksek olduğu ortaya çıkarılmıştır.

#### 1.9.4. HRS Sistemlerin Çevresel Etkileri

Hafif raylı taşıma sistemleri, Dünyamızı iklim değişikliğinin etkilerinden koruyan önemli bir ulaşım sistemidir. Dünyadaki sera gazı salınım oranlarının önemli ölçüde düşürülmesine katkı sağlayan HRS sistemler, birçok büyükşehirde inşa edilip işletmeye alınmıştır. Kişi başına düşen sera gazı salınımının yüksek olduğu büyükşehirlerde oluşan hava kirliliğini azaltma ihtiyacı, çevre dostu yeni toplu taşıma sistemlerine öncelik verilmesini sağlamıştır. Aktif taşımayı (yürüyüş ve bisiklet) destekleyen ve yeni modern şehiriçi toplu taşıma altyapılarının küresel çapta yaygınlaşmasını hedefleyen orta (2030'a kadar) ve uzun vadeli (2050 ve sonrası) bütünleştirilmiş kentsel planlamalar, özel araçlardan toplu ve aktif taşımalara doğru bir taşıma modu değişimine neden olabilir. Bu mod değişimleri, şehiriçi taşımaların sebep olduğu sera gazı salınım yoğunluğunu 2050 itibarıyla %20 ile %50 oranında azaltma potansiyeline sahiptir (Simon *et al.* 2015).

Avustralya'nın başkenti Canberra'nın elektrik ihtiyacının %90'ının yenilenebilir enerji kaynaklarından tedarik edilmesi planlanırken hükümet ise sıfır salımlı HRS işletilmesi için bu elektriğin %10'una ihtiyaç duymaktadır (Corbell 2015). Steffen *et al.* 2015 tarafından yapılan bir araştırmada ise, Canberra'da 2021 yılına kadar yapılması öngörülen modern HRS projesi ile şehrin sera gazı salınımının önemli ölçüde azalacağı ortaya çıkarılmıştır. Yazarlar, yeni toplu taşıma sistemiyle, yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilen elektriğin HRS sistemlere güç sağlamak için kullanılacağını, bunun yanı sıra HRS istasyonlarına aktif taşıma (yürüyüş ve bisiklet) ile ulaşılacağını, böylelikle sera gazı salınımının tahminen %18 ile %30 oranında azalacağını belirtmiştir. Yazarlar ayrıca, HRS sistemlerin dolaylı etkileri düşünüldüğünde, sera gazı salınımındaki azalmanın %30'dan daha fazla olabileceğini açıklamıştır.

Büyükşehirler için uygun toplu taşıma modları planlayan araştırmacılar, hafif raylı taşımacılığın çevresel etki analizlerine ilişkin çalışmalara öncelik vermektedir. Bazı araştırmacılar, şehir içi raylı taşıma (ŞRT) sistemlerini, kentsel ekolojik çevrenin önemli

bir bileşeni olarak görmektedir. Yeşil ulaşım sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olan ŞRT sistemlerin büyükşehirlerde uygulanması hem sera gazı salınımlarını hem de özel araç kullanımını azaltarak enerji tasarrufuna ve kentsel ekolojik çevrenin gelişmesine katkıda bulunabilir. Shang and Zhang 2013 tarafından Çin’de ŞRT kullanımının sera gazı salınımını azaltması üzerine yapılan bir araştırmada, ŞRT kullanımının teşvikinin emisyon oranlarının düşürülmesine katkıda bulunduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada, Çin’in bazı büyükşehirleri incelenmiş ve Pekin’de kurulacak bir ŞRT sisteminin HC (hidrokarbon) miktarını 1,036,733 ton, CO (karbon monoksit) miktarını 85,827 ton ve NOx (nitrojen azot oksit) miktarını 326.295 ton azaltacağını ve ayrıca yıllık 8,56 milyar Yuan (1,29 milyar \$) tasarruf sağlanacağını göstermiştir.

#### **1.9.5. Erzurum İçin Önerilen 2030 Yılında Toplu Taşıma Sistemi**

Erzurum’da, 2030 yılı itibariyle HRS kurulması planlanmaktadır. Çalışmamda, 2030 yılı içerisinde bitirilmesi önerilen Erzurum HRS’si ile rekabet edebilecek alternatif bir toplu taşıma türünün olup olmadığı hususu açıklığa kavuşturulacaktır. Erzurum nüfusundan toplanan veriler ve iki alternatif sistemin (Metrobüs ve HRS) genel bir karşılaştırması, Erzurum için hangi toplu taşıma modunun en uygun alternatif olduğunu ortaya çıkaracaktır.

#### **1.10. Metrobüslerin Gelişim Tarihi**

Otobüsle hızlı taşıma sistemi (Metrobüs) kavramı ilk defa 1937 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nin Chicago kentinde ortaya çıksa da sadece planlama aşamasında kalmış ve uygulamaya geçilmemiştir. Her ne kadar öncesinde küçük çaplı projelerde öngörülse de Metrobüslerin geniş çaplı ilk kullanımı 1974’te Brezilya’nın Curitiba şehrinde uygulanmaya başlamıştır. Curitiba’daki Metrobüs sisteminin toplu taşımada başarılı olması, benzer sistemlerin geliştirilmesi ve uygulanması hususunda diğer birçok şehire ilham kaynağı olmuştur. 1970’lerde, Metrobüs sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması sadece Kuzey ve Güney Amerika ülkeleri ile sınırlıyken, 1990’lı yılların sonlarına doğru Metrobüs sistemleri cazibe kazanarak, Dünya üzerindeki pek çok

şehirden uygulanmaya başlamıştır. Ekvador'un başkenti Quito'da 1996 yılında, ABD'nin Los Angeles şehrinde 1999 yılında ve Kolombiya'nın başkenti Bogotá'da 2000 yılında yeni Metrobüs sistemleri hizmete sokulmuştur. 2000 yılı itibarıyla Kolombiya'nın başkenti Bogotá'da işletmeye alınan teknoloji harikası Trans Milenio Metrobüs projesi tüm Dünya'da büyük bir ilgi uyandırmıştır. Yolcuların seyahat süreleri, ulaşım ücretleri, ekolojik çevre, trafik kazaları ve Bogotá'nın kentsel gelişimi üzerinde önemli etkileri olan Metrobüs, sürdürülebilir taşıma modlarının iyi bir örneği olmuştur (Rosenthal 2009).

### **1.10.1. Metrobüs Sistemlerine Genel Bakış**

Otobüsle hızlı taşıma sistemi (Metrobüs), kentsel raylı sistemlerle (hafif ve ağır demiryolu) kıyaslanabilir bir kapasite ve hız sağlayan, yüksek kaliteli ve etkili bir toplu taşıma modudur. Şehir içi ulaşım hususunda karar verici otoriteler, Metrobüs sistemlerine odaklanarak, bu sisteme geçişin maliyetini, performansını ve diğer etkilerini kavramıştır. Metrobüs sistemlerinin; ekonomik, çevresel ve toplumsal etkileri üzerine birçok akademik çalışma da yapılmıştır. Metrobüsler, klasik tarzdaki şehir içi belediye otobüslerine kıyasla yolcuların seyahat ve durakta bekleme sürelerini azaltan yanı sıra yolcuların güvenliğini arttıran ve seyahat deneyimlerini iyileştiren yüksek hizmet kalitesi sağlamaktadır (Diaz *et al.* 2004).

Otobüsle hızlı taşıma sisteminin (Metrobüs), hem gelişmekte olan ülkelerde hem de gelişmiş ülkelerde şehir içi Metrobüs koridorları vasıtasıyla yolcu taşıma kapasitesini artırarak etkili ve yeterli toplu taşıma imkânı sağladığı kanıtlanmıştır. Metrobüs sisteminin başarısı, kısıtlı altyapıyla yüksek kalitede toplu taşıma hizmeti sunma kabiliyetinin yanı sıra yatırım sermayesi ve işletme giderlerinin nispeten daha düşük olmasına dayanmaktadır. Bu sistemi, normal konvansiyonel otobüslerden ayıran hız, kapasite, güvenilirlik, erişilebilirlik ve operasyonel emniyet gibi çeşitli özelliklere sahip olmasıdır. Yüksek hız ve konforlu seyahat gibi unsurlar, Metrobüs sisteminin taşımacılık hizmetlerinde üstün performans göstermesini garanti altına alır. Metrobüsler, özel araçlara ve diğer toplu taşıma sistemlerine kıyasla gidiş-geliş hızında

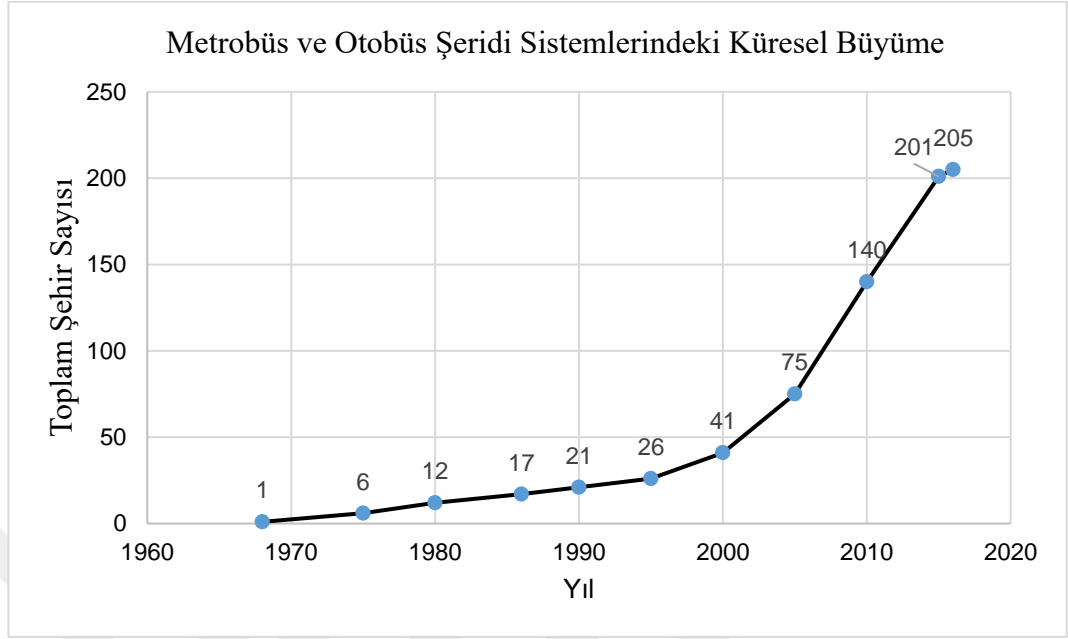
ve seyahat kalitesinde rekabet gücüne sahiptir. Metrobüsler, özel araçların kullanımının azaltılmasına ve yollardaki trafik baskısının hafifletilmesine yardımcı olan bir taşıma modeli olarak kabul edilmektedir.

Büyükşehirlerde yaşayıp her gün işe gidip gelen kişiler için yüksek hız, rahatlık, güvenilirlik ve düşük maliyet gibi özellikleriyle müşteri odaklı toplu taşıma modları oldukça caziptir. Bu gereksinimlerin tümünü karşılayan Metrobüs sistemleri, tüm dünyada giderek daha da fazla yaygınlaşmaktadır. Benzer kapasiteye ve hizmet seviyesine sahip diğer taşıma modlarına kıyasla daha düşük yatırım maliyeti gerektirmesi, Metrobüs sistemlerini büyükşehirlerdeki topluluklar için daha cazip hale getirmektedir.

#### **1.10.2. Metrobüs Sistemlerinin Gelişimi**

Metrobüslerin geniş çaplı ilk kullanımı 1974'te Brezilya'nın Curitiba şehrinde başlamıştır. Projenin başarısı, Latin Amerika'daki birçok diğer toplu taşıma projesine ilham kaynağı olmuş ve zaman içerisinde dünyaya yayılmıştır. Otobüsle hızlı taşıma sisteminin (Metrobüs) kullanımı, her gün işe gidip gelen kişilere sağladığı avantajların keşfinden sonra daha da artmış ve dünya çapında günlük toplu taşıma kullanıcılarının sempatisini ve memnuniyetini kazanmıştır.

Geride bıraktığımız 20 yılda Metrobüs sistemlerine verilen önem artmıştır. Şekil 2.10'da dünya üzerindeki Metrobüs sistemleri sayısının zamanla artışı gösterilmektedir. Küresel Metrobüs verilerine göre, 1992-2001 yılları arasında sadece 23 şehir yeni Metrobüs veya Otobüs şeridi sistemini uygularken, 2009'dan 2016'ya kadar geçen 10 yıl içerisinde Metrobüs sistemini uygulayan şehirlerin sayısı önemli ölçüde artarak, 2016 itibarıyla 164 şehre ulaşmıştır.



**Şekil 1.9.** Dünya genelinde Metrobüs ve otobüs yolu sistemlerindeki artış. Metrobüs Sistemlerinin toplumsal, çevresel ve ekonomik etkileri raporu (Robin king *et al.* 2016).

### 1.10.3. Uluslararası Metrobüs Sistemi İşletmeleri

Başta büyükşehirlerin kalabalık ilçelerinde yaşayıp her gün işlerine veya okullarına gidip gelen toplu taşıma kullanıcıları olmak üzere, küresel boyutta birçok kullanıcı tarafından performansı ve sağladığı hizmet açısından beğenilen Metrobüs sistemleri, dünya çapında yaygınlaşmıştır. Metrobüs ve Hafif Raylı Sistemlere yönelik tartışmalarda henüz bir sonuca ulaşılamasa da, kalabalık şehirler için düzgün bir ulaşım olanağı sunan bu yeni sistemin (Metrobüs) dünya üzerindeki birçok şehirde inşa edilmesi ve uygulamaya geçirilmesi hâlihazırda devam etmektedir. Metrobüsler, büyükşehirlerdeki topluluklar arasında oldukça popüler olan bir diğer toplu taşıma modu HRS'nin en büyük rakibi konumuna gelmiştir. Aşağıdaki Çizelge 2.1'de, Metrobüs sistemlerinin dünya çapında kullanımları gösterilmektedir. Toplamda 164 şehirde kurulan, 4810km uzunluğundaki Metrobüs sistemlerinde günde 32,044,915 yolcu taşınmaktadır.

**Çizelge 1.1.** Küresel metrobüs verileri (2017) Küresel Metrobüs Verileri Web Sitesi (Anonymous 2017c)

Bölge	Günlük Yolcu Sayısı	Şehir Sayısı	Sistemin Uzunluğu (km)
Afrika	468,178	4	117
Asya	9,293,372	42	1,579
Avrupa	1,566,580	44	813
Latin Amerika	19,470,072	54	1,757
Kuzey Amerika	810,513	16	448
Okyanusya	436,200	4	96
<b>Toplam</b>	<b>32,044,915</b>	<b>164</b>	<b>4810</b>

### 1.10.3.a. İstanbul Metrobüs Sistemi

Alpkokin and Ergun'e göre (2012), otobüsle hızlı taşıma sistemi (Metrobüs), İstanbul şehiriçi ulaşım politikaları için oldukça büyük öneme sahiptir. İstanbul, dünya üzerinde Metrobüs projesinin uygulandığı ve başlatıldığı şehirler arasındadır. İstanbul Metrobüsü, eşsiz yapısıyla iki kıtayı (Avrupa ve Asya) birbirine bağlar, İstanbul'un Avrupa ve Anadolu yakaları arasında çalışır. İstanbul Metrobüsü hem siyasi otoriteler hem de halk tarafından benimsenmiştir. Günümüzde, iki kıta arasında çok sayıda yolcu taşıyan İstanbul Metrobüsü, kayda değer sayıda özel araç sahibinin toplu taşıma sistemlerine kaymasını sağlamıştır. İstanbul, 1970'lerde otobüslere özel şeritlerin açıldığı ilk şehirlerden biridir (Vuchic 2002) (Alpkokin and Ergun 2012). 1979 yılında, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından otobüslere tahsis edilen 6,5 km uzunluğundaki özel şerit, yolcu sayısını 110,000'den 180,000'e çıkarmıştır. Daha sonra, 2007 yılında, bu özel otobüs şeritlerine, planlama kapsamında yeni Metrobüs ağı dahil edilmiştir. Yazarlara göre, İstanbul'da 1,000 kişi başına düşen özel araç sayısı 1980'de 43 iken, 2007'de 134'e yükselmiştir.

İstanbul Metrobüs sistemi, düşük inşaat maliyetinin güzel bir örneğidir; tüm sistemin inşaatı kilometre başına yaklaşık 5.5 Milyon \$'a mal olmuştur (Wright 2003). Tüm Metrobüs koridoru boyunca ortalama işletim hızı saatte 40km'dir, bu işletme hızı,

İstanbul Metrobüsünü dünyadaki en hızlı işleyen Metrobüs sistemleri arasına sokmuştur.

Kasım 2011 itibariyle, maksimum yolcu taşıma kapasitesi günlük 620,000'e ulaşmıştır. Kalabalık saatlerde taşınan maksimum yolcu sayısı her iki yönde saatte 62,000'i aşmaktadır (sabah saat 8 ile 9 arası). İstanbul Metrobüs sistemi ile Cakarta Metrobüs ağını karşılaştıran yazar, İstanbul'daki özel araç sahiplerinin %9'unun ve Cakarta'daki özel araç sahiplerinin ise %14'ünün Metrobüs kullanmaya başladığını ve Metrobüs kullanıcılarının %10'unun özel araç sahibi olduğunu belirtmiştir. Yazar, ayrıca, 2009 yılında yapılan bir anket çalışması ile Metrobüs kullanıcılarının yarısının aynı seyahat süresi ve bilet ücretine rağmen Metrobüsü diğer toplu taşıma sistemlerine (Metro, Tramvay, vb) tercih ettiklerinin ortaya çıktığını söylemiştir. Bunlara ek olarak, yazar, Metrobüs kullanımıyla günlük yakıt tüketiminde 242 bin litre tasarruf elde edildiğini (özel araçlardan, toplu taşımaya geçildiği için) ve bu durumun karbon salınımının düşürülmesine yardım ettiğini ifade etmiştir. Bugün, 52 km uzunluğa erişen İstanbul Metrobüs sisteminde günlük 750 bin yolcu taşınmaktadır ve yolcu sayısının zirve yaptığı saatlerde, saat başı 156 otobüs işlemektedir (Anonymous 2017c).



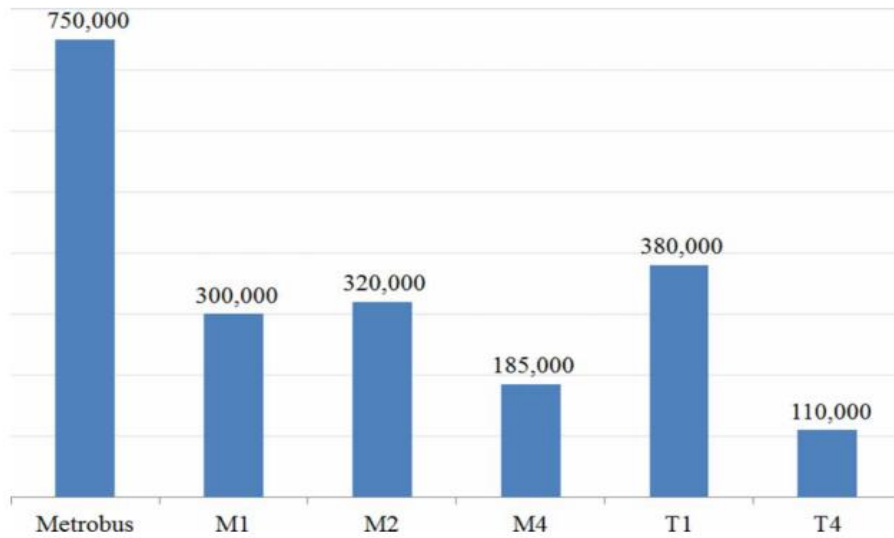
**Şekil 1.10.** İstanbul büyükşehirde Metrobüs öncesi ve sonrası koridor görüntüsü  
Alpkokin *et al.* 2012



### 1.10.3.b. İstanbul'daki Metrobüs Ve Tramvay (T1) Yolcu Taşıma Kapasitelerinin Karşılaştırılması

İstanbul Metrobüs sistemi 7/24 hizmet verdiği için İstanbul'da yaşayan düzenli toplu taşıma kullanıcıları için oldukça caziptir. Diğer toplu taşıma servisleri ile karşılaştırıldığında, İstanbul Metrobüsü gerek hızı gerekse güzergahı ve Merkezi İşyeri Bölgelerine sağladığı doğrudan erişim ile yolcular için oldukça çekicidir. Şekil 2.12'de gösterildiği gibi 7/24 çalışan İstanbul Metrobüsü'nün günlük yolcu taşıma kapasitesi 750,000 iken günde 14 saat işleyen İstanbul Şehiriçi Tramvayının günlük yolcu taşıma kapasitesi 380,000'dir. Ancak, yazarlara göre, iki sistemin günlük yolcu taşıma sayıları km başına karşılaştırıldığında Metrobüs ile 14,815 ve Tramvay (T1) ile 20879 yolcu taşındığı anlaşılmıştır.

İnsanların taşıma modu tercihleri birçok farklı unsura bağlıdır. Bu unsurlar, günlük toplu taşıma kullanıcılarının memnuniyeti ve taşıma modu tercihleri için belirleyici niteliktedir. Şehiriçi ulaşımda, HRS veya Metrobüs tercihi gerek siyasi otoritelerin gerekse araştırmacıların üzerinde tartışmaya devam ettiği bir konudur.



**Şekil 1.11.** İstanbul'daki günlük Metrobüs ve şehir içi raylı sistem yolcu taşıma kapasiteleri (Babalik-sutcliffe and Cengiz 2015)

### **1.10.3.c. Brezilya, Curitiba Metrobüs Sistemi**

Brezilya, en eski ve en gelişmiş Metrobüs sistemine (RIT sistemi) sahiptir. Bu sistem, ilk olarak 1974 yılında Curitiba şehrinde kurulmuştur. Uygun fiyatı ve kapsama alanı ile Dünya üzerinde en çok kullanılan toplu taşıma sistemlerinden biridir. 90 saniyede bir otobüsün kalktığı sistemde, saatte 67 otobüs hareket eder. Sistemin etkin bir şekilde çalışması, halk arasındaki popülerliğini ve kullanımını arttırmıştır. Araştırmacılara göre, Curitiba'lı günlük toplu taşıma kullanıcılarının %70'i Metrobüs'ü tercih etmektedir ve bu kişilerin %28'i daha önce işlerine giderken özel araç kullandıklarını belirtmiştir.

### **1.10.3.ç. Kolombiya, Bogota Metrobüs Sistemi**

Kolombiya'nın başkenti Bogota'da bulunan TransMilenio Metrobüs sistemi Aralık 2000 itibariyle halkın hizmetine sunulmuştur. Brezilya'nın Curitiba şehrinde bulunan Metrobüs sisteminin temel alınmasıyla kurulan TransMilenio, toplamda 112,9 km uzunluğa sahiptir. Mayıs 2007 itibariyle, TransMilenio'daki otobüslerin yolcu taşıma kapasitesi 270'e çıkarılmıştır. Mayıs 2010 itibariyle TransMilenio ana koridorları üzerinde 1,500 Metrobüs dolaşımında bulunmaktadır. Bunun dışında, ana koridorların ulaşamadığı çeşitli noktalarda bulunan yolcuları Metrobüs duraklarına ulaştırmakla görevli (ana koridorları besleyici) 410 normal otobüs bulunmaktadır.

Dünya üzerinde en bilinen Metrobüs sistemlerinden biri olan TransMilenio, Kolombiya'nın başkenti Bogotá'da 2000 yılında hizmete alınmıştır. TransMilenio; kendisine özgü otobüs yolları, körüklü otobüsleri, gelişmiş istasyonları, akıllı kartlı ücret toplama sistemi (akbil), ileri kontrol sistemi ve ekonomik bilet fiyatlarıyla kaliteli bir Metrobüs sistemidir. Seyahat sürelerinin kısılması, yolcu memnuniyeti, yolcu taşıma kapasitesi, kaza oranları ve sera gazı salınımının azaltılması ve devlet desteksiz işletme gibi konularda etkileyici sonuçlar elde etmiştir (Cain *et al.* 2007). Bugün itibariyle, 112,9 km uzunluğundaki etapta günde 2,213,236 yolcuya hizmet veren TransMilenio, Bogota şehrinin ulaşım sektöründeki performansı oldukça memnuniyet vericidir. Bununla beraber, en kalabalık saatlerde, saat başı 320 yolcunun kalktığı

TransMilenio, kalabalık saatlerde kaldırılan otobüs sayısı bakımından, dünya üzerinde Santiago ve Brisbane Metrobüs sistemlerinden sonra üçüncü sırada gelmektedir (Anonymous 2017c).

#### **1.10.3.d. Çin, Bejin Metrobüs Sistemi**

Özel araç sahipliğindeki artış, Çin'deki ulaşım üzerinde açık bir hakimiyet elde etmiş ve bu durum büyükşehirlerde trafik sıkışıklığına sebep olmuştur. Halkın gelirinin artmasıyla araba fiyatları daha uygun hale gelmiş ve insanların günlük yolculuklarını etkin ve konforlu kılacak özel araçlara hücum etmesi büyükşehirleri motorlu araçlarla donatmıştır. Büyükşehirlerin motorize hale gelmesi, kentsel yapı üzerinde mekânsal değişikliklere sebep olmakla kalmamış, hava giderek daha da kirlenirken, yollardaki trafik karmaşası iyice artmıştır. Dünyanın en kalabalık ülkesinde yaşanan bu sorunun çözümü için yeni toplu taşıma sistemlerine geçiş savunulmuş ve geliştirilmiştir.

2001-2004 yılları arasında elde edilen verilere göre, Çin'deki toplu taşıma araçlarının sayısı 3 yılda %30 oranında artmıştır. Trafik sıkışıklığının artmasıyla, şehir planlamaları kapsamında yüksek kaliteli ulaşım hizmeti sunacak ve yolcuların ilgileri çekilerek yeni toplu taşıma sistemleri inşaa edilmiş ve işletmeye alınmıştır. Metrobüs kavramının Çin'e ulaşması 20.Yüzyıl'ın sonunda olmuştur. Çin'deki şehirlerin yüksek nüfus yoğunlukları göz önüne alındığında, günümüzde halen trafik karmaşasını hafifletecek ve sürdürülebilir mobilitayı sağlayacak taşıma modlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çin'deki en eski ayrılmış otobüs yolu, 1999'da Güneybatı Çin'de bulunan merkezi bir şehir olan Kunming şehrinde inşa edilmiştir. Metrobüsler olmadan yaklaşık 5 km boyunca çalışan normal otobüs transitleri için özel bir şeritti. 2004'te, Çin'deki ilk tam Metrobüs yolu Pekin Şehri'nin Güney-merkez ekseninde uygulandı. Yol uzunluğu, Pekin'de 3 ilçeyi geçen ve 16 istasyonun 15 istasyonunu kapsayan 15,8 km'lik bir uzunluk ile başladı. Tasarlanan çalışma hızı saatte 30-35 km idi ve şerit kapasitesi günde 215,000 yolcudan oluşuyordu.

Günümüzde sistem, Pekin'deki birçok ilçeyi kapsayan 74.50 km'lik bir yola çıktı ve günde 305.000 yolcu kapasitesine kadar ulaştı (Anonymous 2017c). Çin'de Metrobüs sistemleri oldukça ilerlemiştir. Şu ana kadar 10 şehirde Metrobüs sistemleri inşaa edilmiş ve işletmeye alınmıştır: Bunlar; Kunming (1999'da yapılan ayrılmış otobüs yolu, 2007'de Metrobüs yoluna yükseltildi), Pekin (2004'de açıldı), Hangzhou (2006), Dalian (2008), Changzhou (2008), Jinan (2008), Chongqing (2008), Xiamen (2008), Zhengzhou (2009), Hefei (2010) ve Guangzhou (2010).

#### **1.10.3.e. Hindistan, Ahmedabad Metrobüs Sistemi**

Ahmedabad kentinde yeni bir Metrobüs sistemi kuruldu ve uygulandı. Sistemin uzunluğu, günlük 130,000 yolcu kapasitesi ile yaklaşık 82,00 km'dir. Yeni toplu taşıma modu, şehirde trafik tıkanıklığını azaltmasının yanı sıra sürdürülebilir hareketliliğinin gelişmesine yardımcı oldu. Bu sistem, müşterilerin memnuniyetini de kazanmıştır. Ayrıca Delhi'de de bir Metrobüs sistemi uygulanmıştır. Bu sistemin inşaaası 2006 yılında başlatılmış ve 2008 yılında tamamlanmıştır. Delhi Metrobüs sistemi, ayrılmış bir şeritte çalışmaktadır. Sistem esnek yapısıyla, mevcut otobüs güzergahlarına ve hareket düzenlerine uyarlabilir özelliğe sahiptir. Otobüs durakları birbirlerine ortalama 500 m mesafededir.

#### **1.10.3.f. İran Tahran Metrobüs Sistemi**

Tahran Metrobüsü, şehirdeki trafik sıkışıklığını çözmek için resmi olarak 2008 yılında açıldı. Küresel Metrobüs verilerine göre, sistemin koridor uzunluğu 129,9 km ve yolcu kapasitesi günde 2,000,000'dur.

#### **1.10.3.g. Avustralya, Brisbane Metrobüs Sistemi**

Brisbane Metrobüs sistemi 1990'ların ortasında geliştirildi ve inşaa edildi. Queensland demiryolu ağının genişletilmesi üzerine bir otobüs sistemi yapılması önerildi. Bu

Sistem, 28 km'lik üç koridordan oluşur. Küresel Metrobüs verilerine göre, günlük yolcu kapasitesi 35,800'dür.

### 1.10.3.ğ. Afrika Ülkelerinde Metrobüs Sistemi

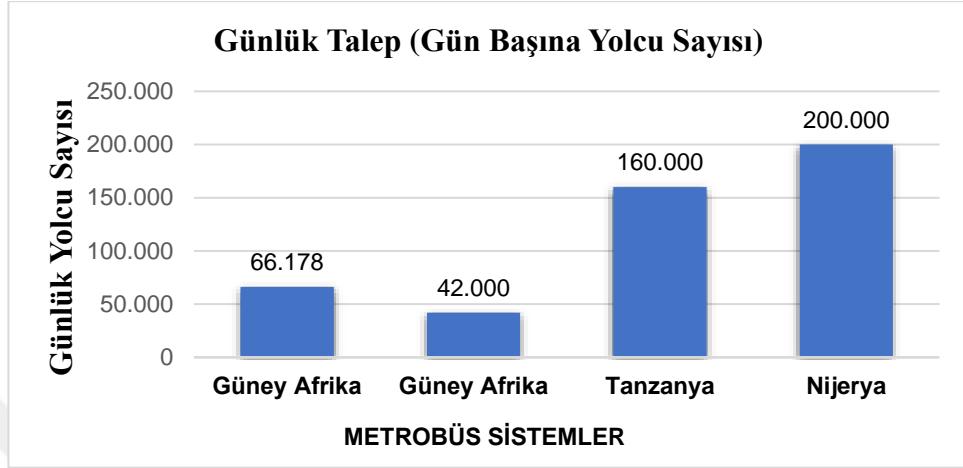
Afrika'daki ilk Metrobüs sistemi 2008'de Nijerya Lagos'da açılmıştır. 22 km uzunluğundaki Lagos Metrobüs sistemi üzerinde 26 durak ve 3 terminal bulunmaktadır, ayrılmış şeritler üzerinde işleyen otobüs sayısı ise 220'dir. Metrobüs hizmetini sunan iki operatör vardır; bunlardan birincisi Lagos eyalet hükümetinin sahip olduğu bir varlık yönetimi şirketi olan LAGBUS, ikincisi ise NURTW Kooperatifidir. Günlük taşınan yolcu sayısı, 200 bine ulaşmaktadır. Ayrıca, otobüs başına, günlük ortalama otobüs durağına ulaşma süresi, durakta bekleme süresi ve ortalama yolculuk süresi sırasıyla 5, 15 ve 55 dakikadır ve şehirde 22.5 milyonun üzerinde yolcu bulunmaktadır.



**Şekil 1.12.** Lagos Metrobüs sistemi (Anonymous 2017e)

2010 FIFA Dünya Kupasına ev sahipliği yapan Güney Afrika, turnuva boyunca yüksek kaliteli bir ulaşım hizmeti sunulması amacıyla ReaVaya sisteminin ilk etabını 2009'da Johannesburg'da hizmete sokmuştur. Taşımacılık hizmetini iyileştirmek adına ön ödemeli platform seviyesinde biniş istasyonlarına sahip tam ayrılmış otobüs yolları kullanılan 43,5 km'lik sistemde günlük 42,000 yolcu taşınmaktadır (Ulaştırma ve Kalkınma Politikası Enstitüsü 2007; Walters 2008). CapeTown'daki Metrobüs sisteminin günlük yolcu taşıma kapasitesi ise 66,178'dir. Tanzanya'nın başkenti

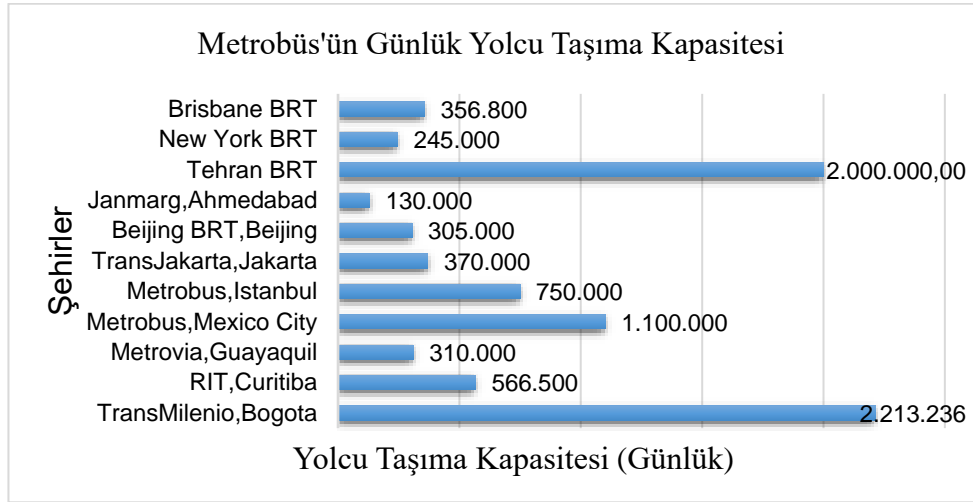
Darüsselam'daki çevre dostu Metrobüs sistemi 21,1 km uzunluğunda olup günde 160,000 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir.



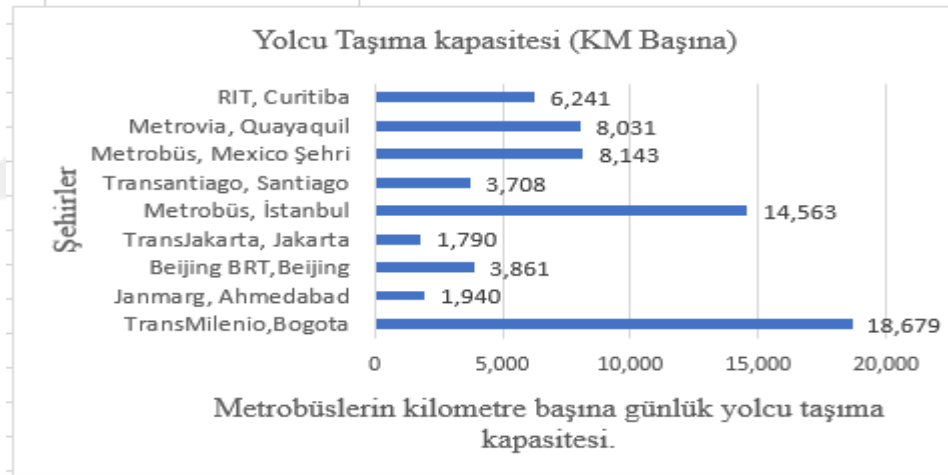
**Şekil 1.13.** Bazı Afrika ülkelerinde metrobüs ile yolcu taşıma kapasitesi (Anonymous 2017c)

#### 1.10.4. Metrobüs Yolcu Taşıma Kapasitesi

(Thilakarathne 2011)'e göre, genellikle Metrobüs sisteminin uygulandığı koridorlar, yolcu sayısındaki artışla bağlantılıdır. Yolcu sayısı, taşıma modu seçiminin açık bir göstergesidir. Metrobüs sistemine yönelik talep, paralel toplu taşıma modlarından geçiş yapan yolcu sayısının artmasıyla ve özel araçların kullanımından vazgeçerek Metrobüs kullanmaya başlayan yeni yolcularla birlikte giderek artmaktadır. Aşağıdaki Şekil 2.15'de, bahsedilen şehirlerdeki her Metrobüs sisteminin yolcu taşıma kapasitesi açıklanmaktadır. Burada en yüksek yolcu taşıma kapasitesinin günde 2,213,216 yolcu ile Bogota'da olduğu görülmektedir. Yolcu taşıma kapasitesi açısından sırasıyla Tahran, Mexico City ve Curitiba günlük 2,000,000 , 1,100,000 ve 750,000 yolcu ile 2. 3. ve 4. sıradadır.



**Şekil 1.14.** Metrobüs günlük yolcu taşıma kapasitesi (Anonymous 2017c)



**Şekil 1.15.** Metrobüslerin kilometre başına günlük yolcu taşıma kapasitesi

Kaynak: (Babalik *et al.* 2015)

(Babalik *et al.* 2015), sistemlerin uzunluğu ve kapsamındaki farklılıkları görmek için, birkaç Metrobüs sisteminin kilometre başına günlük yolcu taşıma kapasitesini ölçüp ve analiz etmiştir. Analize göre, Bogota Metrobüs sistemi en iyi performansı sergilerken, İstanbul Metrobüsü, diğer sistemlere kıyasla kilometre başına taşıdığı olağanüstü sayıda yolcu ile ikinci sıradadır (Şekil 2.16).

Metrobüs, diğer modern toplu taşıma türlerine kıyasla yolculuk süresini azaltmada daha iyi konumdaysa birçok yolcu çekebilmektedir (Ingvardson & Nielsen 2017). Çeşitli Metrobüs sistemlerinin yolcu taşıma kapasitelerinin etkilerinin hesaplanmasına değinen yazarlar, en büyük artışın İstanbul Metrobüsü'nde elde edildiğini belirtmiştir. Neredeyse tamamen ayrılmış yollardan oluşan bir altyapıya sahip olan İstanbul Metrobüsü seyahat süresinin %65 azalmasını sağladı ve yolcu sayısını %150 arttırdı (Yazici *et al.* 2013).

#### **1.10.5. Metrobüs'ün Hareketlilik Açısından Faydaları**

Metrobüs sistemi, seyahat süresini önemli ölçüde azaltıp, yüksek kaliteli bir seyahat konforu sunarak özel araç kullanımından toplu taşımaya geçişleri sağlayabileceğini göstermiştir. Metrobüs sisteminin uygulandığı bölgelerdeki sürdürülebilir hareketliliğin geliştirilmesi ile BRT sistemi, daha önce başka ulaşım modlarını kullanan yolcuları kendine çekmeyi başarmıştır.

Vincent *et al.* (2012) Brisbane Güneydoğu Metrobüs sisteminin genel seyahat sürelerini %70 oranında azalttığını açıklamıştır. Mexico City'deki Metrobüs sistemi seyahat zamanından %40 oranında tasarruf sağlamıştır (Molina 2010). Callaghan and Vincent (2007), Los Angeles'taki Turuncu Hattın açılışından bu yana, sabahın en kalabalık saatlerinde güneye giden trafik akışının yaklaşık %7 oranında arttığını bildirmiştir. Aynı şekilde, akşamın en kalabalık saatlerinde kuzeye giden trafik akışı %6 artmıştır. Tiwari and Jain (2012) zaman tasarrufunun Yeni Delhi Metrobüs koridorundaki ayrı yolcu grupları arasında tutarlı olmadığını belirtmiştir. Fark taşıma modu seçimine ve seyahat mesafesine bağlıdır. Otobüs kullanıcıları için seyahat süresinde %33,33'lük bir azalma bulunmaktadır. Ayrıca, koridor boyunca özel araç kullanımı, seyahat süresinde %14'lük bir artışa neden olmaktadır. Aracın doluluk derecesine göre toplam seyahat süresinde %19,7 oranında tasarruf sağlanmaktadır.



### **1.10.6. Metrobüs'ün Çevresel Etkisi**

Diğer başarılı ulaşım hizmetleri gibi Metrobüs de, ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliği etkisinin azaltılmasında önemli bir role sahiptir. Çevre dostu olarak gösterilen faktörlerin, esasen özel araç kullanıcılarından Metrobüs model paydaki kaymadan kaynaklanan Metrobüs koridorundaki araç sayısındaki azalma olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, alternatif yakıtların, tahrik sisteminin ve kirlenici emisyon kontrollerinin seçimi genellikle Metrobüs sistemleri tarafından kullanılmaktadır (FTA 2004). Günümüzde elektrikli otobüs uygulaması odak noktası haline gelmiştir ve üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bazı gelişmiş şehirlerde elektrikli otobüs kullanımına başlanmıştır ancak geniş çapta tam olarak uygulanmamıştır.

Raporlanmış iyileştirme düzeyi model kayma yüzdeleri, trafik iyileştirmeleri ve hem toplu taşıma kullanıcıları hem de genel trafik için seyahat sürelerindeki tasarrufları içeren birçok faktöre bağlıdır. Ayrıca, Metrobüs işlemleri için kullanılan araç türünü ve kirliliğe maruz kalma süresinde azalmanın kapsamını içermektedir.

### **1.10.7. Metrobüs Sisteminin Maliyet Kazancı**

Metrobüs sistemi, diğer toplu taşımalarla karşılaştırıldığında kilometre başına daha düşük bir sermaye yatırımı gereklidir (FTA 2004). Levinson ve diğerlerine göre (2003'a), Metrobüs, önemli kullanıcı ve operatör faydalarıyla yüksek kaliteli ulaşım hizmeti sunmanın uygun maliyetli bir yoludur. Bu uygun maliyet niteliği sayesinde, Metrobüs, özellikle raylı ulaşımı karşılayamayacak, bütçe açısından kısıtlı şehirler için cazip ve uygun fiyatlı bir ulaşım alternatifi haline gelmiştir. Metrobüs sisteminin genel sermaye ve işletme maliyetlerinin tipik olarak bir HRS'den daha düşük olduğu bildirilmiştir. Sadece yolcu sayısı ve çalışma hızları, bazı durumlarda 'Hafif Raylı Sistem' ile karşılaştırılabilir (Deng and Nelson 2011). Benzer bir hat inşasında, bir metrobüs sistemi tipik olarak bir HRS'den 4 ila 20 kat daha az ve bir metro sisteminden ise 10 ila 100 kat daha az maliyetlidir.

**Çizelge 1.2.** Farklı toplu taşıma sistemlerinin maliyetleri

Tür	Metrobüs	HRS	METRO
Ortalama sermaye maliyeti (Mil başına 2,000 milyon ABD doları)	13.46	34.7	168.51
Ortalama işletme maliyeti (Mil başına gelir için 2,000 milyon ABD Doları)	4.73	12.22	8.54

Kaynak: Deng and Nelson 2011

### 1.11. HRS ve Metrobüs Sistemleri Mod Kayması Etkisi

Artan trafik ve mod kayması etkisi, yeni toplu taşıma sistemlerini uygularken yolcu sayısında artışa neden olmaktadır. Birkaç yerde, yeni sistemin daha önce diğer kamusal modları kullanan kullanıcıları cezbediği gözlemlenmiştir. Büyükşehir bölgelerindeki trafik tıkanıklığını hafifletmek ve sürdürülebilir çevre dostu ulaşım sistemlerini teşvik etmeye odaklanmak için otomobillerden mod kayması oldukça önemli olarak kabul edilmektedir. Aşağıda Çizelge 2.3'de, otomobillerden çeşitli toplu taşıma sistemlerine mod kaymaları listelenmiştir. Sistemler, diğer ulaşım modlarından önemli mod kaymalarında bir artış olduğunu göstermiştir. Örneğin, Kopenhag ve İstanbul'da özellikle otobüslerden (Vuk 2005; Yazıcı *et al.* 2013), Utrecht'de bisikletlerden (Finn *et al.* 2011) ve Stokholm'de metrodan bir kayma olmuştur (Finn *et al.* 2011).

Örneğin, Sheffield Super tram'ın yolcularının %22'si eski araç kullanıcılarından oluşmaktadır. HRS'nin pazar payı %17 ile karşılaştırıldığında, mod kayması sadece %4 civarındaydı. San Diego Trolley'de ise, 1981'de ilk hattın açılmasından sonra yolcuların %30'u eski araç kullanıcılarıydı. 1990'da aynı hafif ray sisteminde ikinci hattın açılmasından sonra, pay %50 olarak tahmin edilmekteydi (Lee and Senior 2013). Bahsedilmeye değer bir başka örnek ise, yeni ve ayrılmış bir koridor üzerinde kurulan Los Angeles Orange Line için %19 mod değişikliği elde edilmesiydi.

Diğer yandan, Angers'teki HRS için, muhtemelen HRS mevcut otobüs hatlarına kıyasla yolculuk süresini azaltmadığından, araç trafiğinden buraya önemli bir kayma elde edilememiştir. Bunun yerine, HRS merkezi kentsel alanları yüksek sınıf bir kamusal ulaşım moduna bağlamak için uygulanmıştır (Olesen 2014). Genel olarak, bulgular hem

Metrobüs hem de HRS'lerin, eski araç kullanıcıları da dâhil olmak üzere diğer ulaşım modlarından kullanıcıları çekmek için yeterince yüksek bir çekicilik sağladığını göstermektedir.

**Çizelge 1.3.** Araç trafiğinden bazı seçilmiş toplu taşıma sistemlerine mod kaymaları (Ingvardson and Nielsen 2017)

Sistem	Mod kayması <sup>1</sup>	Kaynak
Metrobüs (İstanbul)	%4–9	Yazici ve diğerleri (2013), Alpkokin ve Ergün (2012)
Stombuss (Mavi otobüsler) (Metrobüs, Stockholm)	%5	Finn ve diğerleri (2011)
Trans-Val-de-Marne (Metrobüs, Paris)	%8	Finn ve diğerleri (2011)
Metrobüs Line 1 (Metrobüs, Beijing)	%12	Deng ve Nelson (2013)
Jokeri line (Metrobüs, Helsinki)	%12	Finn ve diğerleri (2011)
TransJakarta (Metrobüs, Jakarta)	%14	Ernst (2005)
Bus-VAO (Metrobüs, Madrid)	%15	Finn ve diğerleri (2011)
QBC – Malahide koridoru (Metrobüs, Dublin)	%17	O'Mahony (2002)
Angers Tramway (HRS, Angers)	%0	Olesen (2014)
Kent Thameside (Metrobüs, Kent)	%19	Deng ve Nelson (2011)
Güney Miami-Dade Busway (Metrobüs, Miami)	%21	Ulusal METROBÜS Enstitüsü (2003)
Nantes BHLS (Metrobüs, Nantes)	%29	Rabuel (2010)
O-Bahn (Metrobüs, Adelaide)	%40	Currie ve Sarvi (2012)
Midland Metro (HRS, Birmingham)	%13	Harper ve Bird (2000)
Nantes LRT (HRS, Nantes)	%17–37	Lee ve Senior (2013)
Metrolink (HRS, Manchester)	%21	Knowles (1996)
Sheffield Super tram (HRS, Sheffield)	%22	Lee ve Senior (2013)
Blue Line (HRS, San Diego)	%30 <sup>2</sup>	Lee ve Senior (2013)
Orange Line (HRS, San Diego)	%50	Lee ve Senior (2013)
Ort. 14 Avrupa sistemleri (HRS)	%11	Hass-Klau, Crampton, Biereth ve Deutsch (2003)

<sup>1</sup> Önceden otomobille seyahat eden yolcuların oranı.

<sup>2</sup> Seyahat araştırmalarının dayalı yolculuklar için mod kayması

## 1.12. Toplu Taşımada Kaliteli Hizmet Nitelikleri

Toplu taşımanın kalitesi, ulaşım politikası yapıcıları tarafından oldukça dikkat edilen bir konudur. Toplu taşıma kullanımını artıracak göstergeler incelenmiş ve toplu taşıma sisteminin iyileştirilmesi için önerilmiştir. Bu göstergelerin iyileştirmeleri, toplu taşıma yolcularının toplu taşıma kullanımına yönelmesini sağlayabilir.

### 1.12.1. Güvenilirlik

Güvenilirlik, gerçek hizmetin hat tarifesine ne kadar yakın olduğunu tanımlamaktadır. Toplu taşıma kalitesini belirlemede önemli niteliklerden biridir. Almanya çapında 11 şehirde yapılan bir çalışmada (Brog and Erl 2008), bölgelerdeki toplu taşıma hızını ve güvenilirliğini artırmak için mevcut otobüs hizmetlerinin yerini alacak yeni demiryolu hatları inşa edilmiştir. Tüm iyileştirmeler 11 şehirde yılda toplam 1 milyondan fazla yolcu sayısı ile, kişi başına 15 ila 38 toplu taşıma seferi artışı sağlamıştır.

Hensher *et al.* (2010) Tyne ve Wear şehirlerinde, Birleşik Krallık'ta 40 yeni 'Süperoute' otobüs hatlarının etkilerini araştırmıştır. Çalışmanın ana odak noktası, hat dakikliğini geliştirmek için otobüs yollarına ve duraklarına öncelik sağlanması üzerine olmuştur. Sonuçlar, ilk 2 yılda rutin yolcu sayısında %40 oranında bir artış olduğunu gösterirken, bu artış yukarı doğru eğilimine devam etmiştir, diğer hatlarda ise durgunluk yaşanmıştır. İyileştirme tedbirlerinin aynı zamanda hat sıklığı ve araç konforu üzerinde yoğunlaştığı da vurgulanmaktadır; bu nedenle, yolcu sayısındaki artış, tamamen güvenilirlik ile ilişkilendirilemez.

### 1.12.2. Sıklık

Sıklık belirli bir süre boyunca bir hizmetin kaç defa çalıştığını tanımlamaktadır. Dünya çapında 26 Metrobüs üzerinde yapılan bir çalışmada, Levinson *et al.* 2003, sıklığın, tüm gün boyunca iyi hizmet sunmayı amaçlayan Metrobüs programlarının %75'nin çoğunlukla hedeflediği bir kalite niteliği olduğuna katılmaktadırlar. Tüm örnekler, yolcu

sayısında %38 ila %76 arasında bir artış göstermiştir. Etkileyici bir şekilde, 40,000'in üzerinde günlük yolcu sayısı ile Los Angeles Metro Hızlı otobüs hizmeti yaklaşık %30'luk bir artış sağlamıştır; bunun üçte biri deneyimsiz kullanıcılar olan yolcular tarafından sağlanmıştır (yeni ulaşım kullanıcıları). Vancouver'da, hafta içi yolcu sayısı 26,000'lik bir sefere, 8,000 yeni yolcu eklenmiştir; bunların %20'si daha önce özel araç kullanıcılarıydı ve %5'i ise yeni yolculuk yapıyorlardı. Walker and Donovan 2007, Avustralya şehirlerindeki 20 otobüs hattındaki sıklık iyileştirme çalışmalarında rutin yolcu sayısının, 12 ay sonra %36 oranında arttığını tespit etmiştir. Ayrıca 35 ay sonra ise %50'nin biraz üzerine çıkarak kalıcı ve sürekli olarak arttığının kanıtını bulmuştur. Friman 2004 ise, toplu taşıma hizmeti sıklığı arttıkça müşteri memnuniyetinin azaldığını tespit etmiştir. Yazar bunun, iyileştirmenin uygulanması sırasında aksaklıklardan kaynaklandığını ve müşteriler arasında olumsuz eleştirilerde bir artışa neden olduğundan bahsetmiştir. Hizmetin istikrar kazanmasıyla birlikte daha uzun bir süre zarfında, müşteri memnuniyetinde olumlu bir dönüşüm olduğu görülebilmektedir.

### **1.12.3. Ücretlendirme**

Ücretlendirme, seyahatin parasal maliyeti anlamına gelmektedir. Ücretsiz veya düşük bir ücretli yolculuklar için toplu taşıma kullanmasını artırabilir. Perone and Volinski 2003, Austin Teksas, ABD'de orta büyüklükte bir ulaşım hizmetinde sunulan ücretsiz toplu taşıma hizmetleri çalışmalarında, ücretsiz biletlerin %75 oranında yolcu sayısında artışı teşvik ettiğini tespit etmişlerdir. Ücret promosyonlarının, toplu taşıma yolcu sayısındaki artışı teşvik etmede etkili olduğu belirtilmektedir. Yolcu tarafından karşılanan ücretin miktarı ve seyahat maliyeti memnuniyeti, müşterinin sosyo-ekonomik özelliklerine bağlıdır.

### **1.12.4. Hız**

Hız, belirtilen noktalar arasında seyahat etmek için harcanan zaman olarak tanımlanmaktadır. Toplu taşıma hizmetlerinin algılanan kalitesi ile birlikte müşteri memnuniyetini etkileyen önemli bir faktördür. Bir raylı hizmet iyileştirmesi, New York

merkezindeki istasyonlar ile dışarıda kalan alanlar arasında gidiş-geliş seyahat süresini 15 dakika azaltmıştır (ABD Federal Ulaşım İdaresi 2010b). Yolcu sayısı bir yıl içinde %24,5 artmıştır ve bu hafta içi ortalama 2,000 sefer sayısı artışına denk gelmektedir. Pucher *et al.* 2005'e göre, Seul'de şehirdeki toplu taşıma araçlarının hızını arttırmayı amaçlayan öncelikli otobüs hatlarının uygulamaya geçirilmesi ortalama toplu taşıma hızını 11 km/s'den 22 km/s'e çıkarmıştır. Araştırma, toplam otobüs kullanımının aylık karşılaştırmalarının günlük 700,000'den fazla ekstra otobüs yolcusunun, günlük yolcu sayısı ortalaması yaklaşık 4 milyon yolcu gösterdiğini ortaya çıkarırken metro kullanımı sabit kaldığını göstermiştir. Pucher *et al.* 2005, Los Angeles Metro Orange Line Metrobüs sistemindeki çalışmalarında, sistemin tasarımındaki ana fikrin, seyahat bekleme sürelerini en aza indirmek olduğuna dikkat çekmişlerdir. Bölgedeki tüm ulaşım modlarında yolcu sayısı artarken, Orange Line'in yolcu sayısının, raylı sistemlerin iki katından fazla ve otobüslerden neredeyse üç kat fazla arttığı görülmüştür.

#### **1.12.5. Ulaşılabilirlik**

Ulaşılabilirlik, toplu taşımacılığın mümkün olduğunca çok sayıda kişi için makul bir şekilde erişilebilir olma derecesini tanımlanmaktadır. Yolcu sayısındaki artış, toplu taşımacılığın geliştirilmesinde ana faktördür. Chien and Qin 2004, toplu taşımada ulaşılabilirliğin ortak belirleyicisinin, toplu taşıma düğüm noktalarının (otobüs durakları) hat boyunca yoğunluğu ve yerleri olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, varsayımsal üç millik bir otobüs yolunda optimum toplu taşıma düğüm noktalarını modellemek için yaptıkları çalışmada, toplu taşıma duraklarının optimum sayısının ve yerlerinin yol uzunluğuyla değil, kullanıcıların zaman değerlendirmesi, düğüm noktasına ulaşma hızı ve talebi ile belirlendiğini bulmuşlardır. Toplu taşımanın iyileştirilmesi konusunda olmasa da Bogota, Kolombiya'da bir Metrobüs sisteminin ulaşılabilirlik değeri üzerine yapılan bir çalışmada Rodriguez and Targa 2004, Metrobüs istasyonlarına 5 dakika daha yakın konumda bulunan mülklerin kira bedeli teklifinde %6,8 ila %9,3 arasında prim aldığını tespit etmişlerdir. Bu, potansiyel yolcuların toplu taşıma hizmetlerinde ulaşılabilirliği önemli bir kalite olarak değerlendirdiklerini ve toplu taşıma kullanıcıları için ulaşım süresindeki 5 dakikalık bir

artışın önemli olduğunu göstermektedir. Yakınlardaki bir toplu taşıma istasyonuna ulaşılabilir olması, müşterinin ikamet yeri seçiminde oldukça büyük bir etkiye sahiptir.

### **1.12.6. Konfor**

Konfor; yolculuğun koltuklara erişim, gürültü seviyeleri, havalandırma açısından ne kadar rahat olduğudur. Taşımacılık tedarikçileri, araç veya istasyonlar için daha iyi standartlar sağlayarak, konfor niteliklerini geliştirmektedirler. Konfor, yolcular tarafından bir hizmeti kullanmada en olumlu etkenlerden biri olarak vurgulanmaktadır.

Chicago Ulaşım Otoritenin toplu taşıma hizmetlerindeki müşteri odaklı iyileştirmelere ilişkin Foote'un 2004 çalışmasında, sürekli bir düşüş döneminin ardından, sonuçlar 5 yıl içerisinde yolcu sayısında %5 (veya yılda 15 milyon sefer) artış olduğunu göstermiştir. Araç temizliği, güvenlik ve şikâyetlerin daha dikkatli ele alınması gibi konforla ilgili konularda iyileştirmeler yoğunlaştırılmıştır.

### **1.13. Müşteri Memnuniyeti ve Toplu Taşıma Sistemleri Tercihi**

Ulaşım modunu seçerken müşteri davranışları hakkında çok iyi bir geçmiş bilgiye sahip olmak, ulaşım çalışmaları ve politikalar sektörünün önemli bir konusudur. Müşterilerin ulaşım sistemi kalitesi olarak kabul ettikleri ve yansıtılmış göstergelerin ne anlama geldiğinin cevabı, toplum gelişiminin farklı seviyelerinden, farklı sosyo-ekonomik nüfus kategorilerinden ve ulaşım sisteminin kendisinden farklılık göstermektedir. Bazı az gelişmiş toplumlar için, ulaşım sistemi kalitesinin en önemli göstergesi hala kapasitelerin (altyapı, toplu taşıma hatları, demiryolları, vb.) varlığıdır. Yolcuların istediği ulaşım sistemi hizmetinin kalitesini belirleyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu parametreler seyahat süresi, güvenilirlik, konfor, güvenlik, seyahat masrafları (ücretler), çevresel etki, ulaşılabilirlik vb. içermektedir. Ulaşım modunu seçerken müşterileri etkileyen başlıca faktörlerden biri, kullanıcının seyahat masraflarıdır. Bu faktör, gelişmekte olan düşük gelirli nüfus için, gelişmiş ülkelerdeki gelir düzeyinin yüksek olduğu nüfusa kıyasla oldukça önemlidir. Gelişmekte olan ve düşük gelir grubundaki

nüfus, bu faktörün memnuniyet etkileri için çok önemli olduğunu düşünmektedir. Hizmetlerle müşteri memnuniyetinin ölçülmesi ve anlaşılması geliştirilmiştir. Hizmet kalitesi, toplu taşıma hizmetini tanımlayan bir dizi unsurlarla veya niteliklerle ilişkilidir.





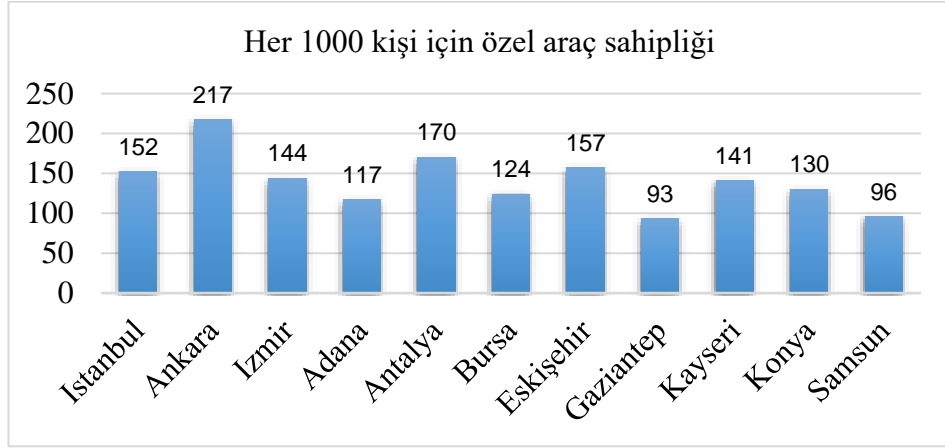
## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Alpkokin *et al.* (2016) tarafından yapılan bir araştırma ise Türkiye'deki planlama ve maliyet sorunlarının HRS ve tramvay geliştirmelerini geciktirdiği veya kullanımlarını engellediği sonucuna ulaşmıştır. 2015 yılı itibariyle, Türkiye'deki 81 şehir arasında kentsel demiryolu taşımacılığı sistemine sahip olan sadece 11 şehir bulunmaktadır (bkz. Şekil 2.6). Türkiye'de kentsel demiryolu taşımacılığı sistemine sahip şehirler arasında bulunan ancak Türkiye dışında pek bilinmeyen 8 şehri ziyaret ederek istatistiksel veri toplayan araştırmacılar, bu 8 şehre ulaşırma alanındaki akademik araştırmalarda fazla yer verilmediğini vurgulamıştır. Ayrıca, araştırmacılar, başarılı politikacıların, uyguladıkları reform ve değişikliklerde halkın desteğini alabilmek için genellikle en sevdikleri altyapı projesini göz önüne sürdüklerini belirtmiştir. İnceledikleri şehirlere ait yolcu taşıma kapasitelerini hesaplayan yazarlar, orta büyüklükteki dört şehirde (Bursa, Eskişehir, Kayseri, Konya) günlük 100,000'den fazla yolcu taşındığını, geri kalan şehirlerde ise günlük yolcu sayısının 50,000'den az olduğunu belirtmiştir. İstanbul, Ankara ve İzmir haricinde incelenen sekiz şehir arasında, Eskişehir, 1,000 yolcu başına 147'lik oranla en yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip iken Bursa 1,000 yolcu başına 92'lik oran ile ikinci sırayı almıştır. Gaziantep ve Adana içinse bu oranlar sırasıyla 1,000 yolcu başına 31 ve 12'dir. Bu oranlar, incelenen sekiz şehir arasında en düşük olanlarıdır (Şekil 2.2). Ancak Bursa, kentsel demiryolu yolcu taşımacılığında, günlük toplamda en yüksek yolcu taşıma rekorunu elinde bulundurmaya devam etmektedir (Tramvaylar da dâhil olmak üzere günlük 252,000 şehir içi yolcu). Araştırmacılara göre, Eskişehir ve Bursa'daki HRS sistemler planlama ve uygulama açısından iyi birer örnektir. İncelenen sekiz şehirden altısında özel araç sahiplerinin sayısı neredeyse İstanbul ve İzmir'deki kadar yüksektir (Şekil 2.1).

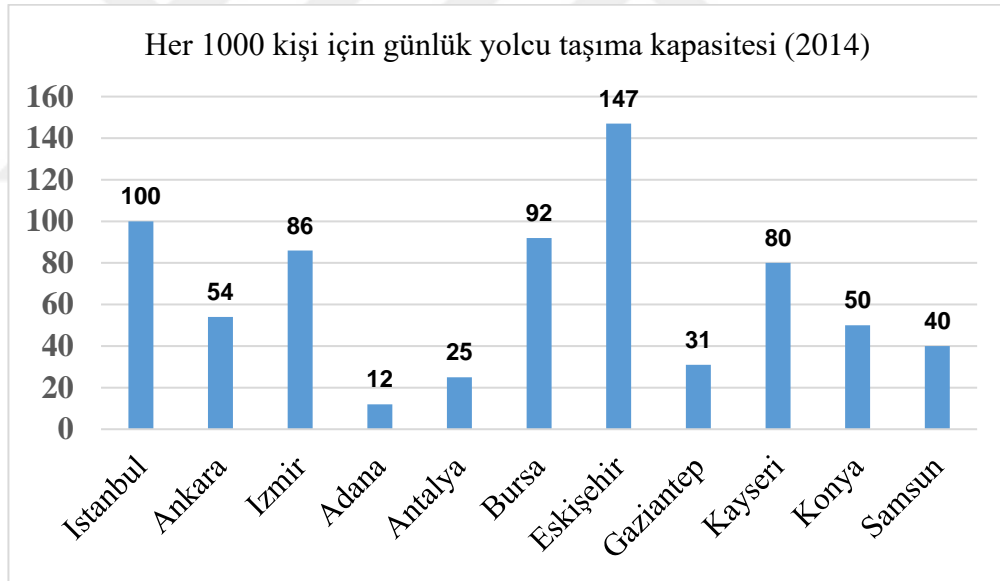
Alpkokin *et al.* (2016) Gaziantep HRS'nin, düşük kapasitesinden dolayı yüksek yolcu talebini karşılayamadığını gözlemlemiştir. Belediye otobüslerinden, özel halk otobüslerinden ve dolmuşlardan oluşan karayolu temelli toplu taşıma sistemleri, %95'lik yüksek payıyla hâlihazırda toplu taşımacılık sektörünün hâkimidir (Şekil 2.3). Şehir içi raylı sisteminin HRS şeklinde tasarlandığı Adana'daki sistemin her iki yönde saatlik

yolcu taşıma kapasitesi 38,000'dir. Bununla birlikte, Adana HRS'sinin günlük taşıdığı yolcu sayısının 27,000 olduğu ve en kalabalık saatlerde bile her iki yönde 3,000'den az yolcu taşıdığı gözlemlenmiştir. Yazarlara göre, inşaat aşamasında öngörülemeyen bu sonuçlardan dolayı, tasarlanan yolcu taşıma kapasitesi ile gözlemlenen yolcu taşıma kapasitesi arasında derin bir uçurum oluşmuştur (bir saatte maksimum yolcu taşıma kapasitesi).

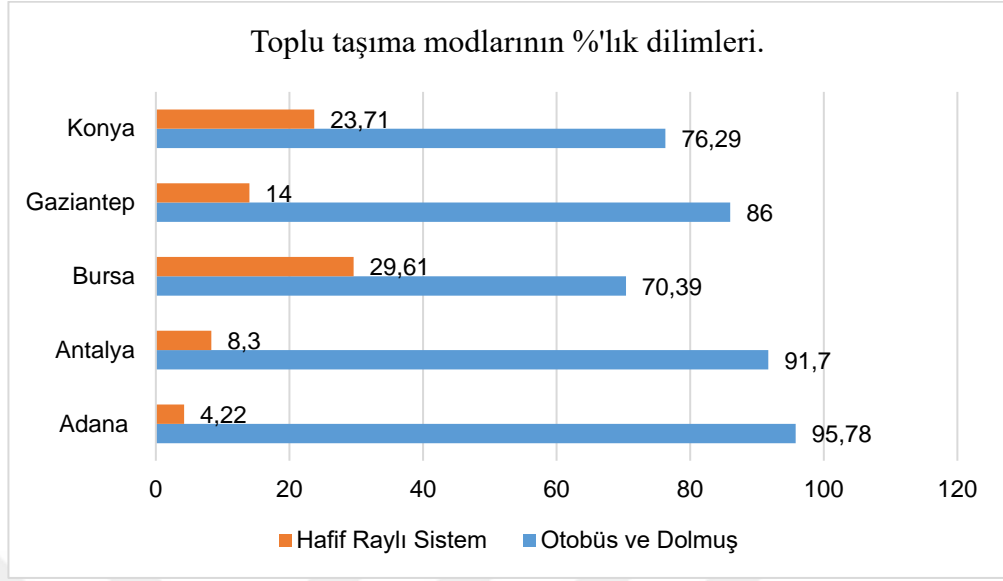
Söz konusu şehirlerdeki raylı taşıma sistemlerinin inşaat maliyetlerini inceleyen yazarlar, çoğunlukla tahmini inşaat bütçesinin aşıldığını ve gerçek inşaat maliyetlerinin oldukça yüksek olduğunu gözlemiştir. Bursa HRS inşaatının ikinci ayağını ele alacak olursak; 98 Milyon \$'lık tahmini maliyet, inşaat tamamlandığında toplamda 111 Milyon \$'a ulaşmıştır. Öte yandan, başlangıç maliyeti 330 Milyon \$ olması öngörülen Adana HRS sistem ise, tahmini bütçeyi %62 oranında aşarak 535 Milyon \$'a mal olmuştur. Bu bağlamda, yazarlar; yolcu taleplerinin, inşaat süresi ve maliyetlerinin yanı sıra fizibilite çalışmalarının detaylı ve uygun bir şekilde yapılmadığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca yazarlar, nüfusları bakımından Türkiye'nin sırasıyla 15. 16. ve 25. şehirleri olan Kayseri, Samsun ve Eskişehir'in, şehir içi raylı taşıma sistemlerini gerektirecek nüfus büyüklüğüne sahip olmadıklarını belirtmiştir. Yine yazarlara göre, operasyonel performansın beklentileri karşılayamayacak kadar düşük olmasının nedenlerinden bir diğeri ise HRS güzergâh ve istasyon konumlarının maliyetleri ve çeşitli sorunları azaltacak şekilde belirlenememesidir. Son olarak, yazarlar, uygun şekilde planlanan güzergâh ve istasyon konumlarının, fahiş inşaat maliyetlerini önleyebileceğini vurgulamıştır.



Şekil 2.1 Her 1,000 kişi için özel araç sahipliği (Anonymous 2017d; Alpkokin *et al.* 2016).



Şekil 2.2. Demiryolu hatları ve her 1,000 kişi için günlük ortalama yolcu taşıma kapasitesi (2014) (Alpkokin *et al.* 2016)



**Şekil 2.3.** Toplu taşıma Modlarının %'lık dilimleri  
(Mavi: Otobüs ve Dolmuş, Turuncu: Demiryolu) (Alpkokin *et al.* 2016).

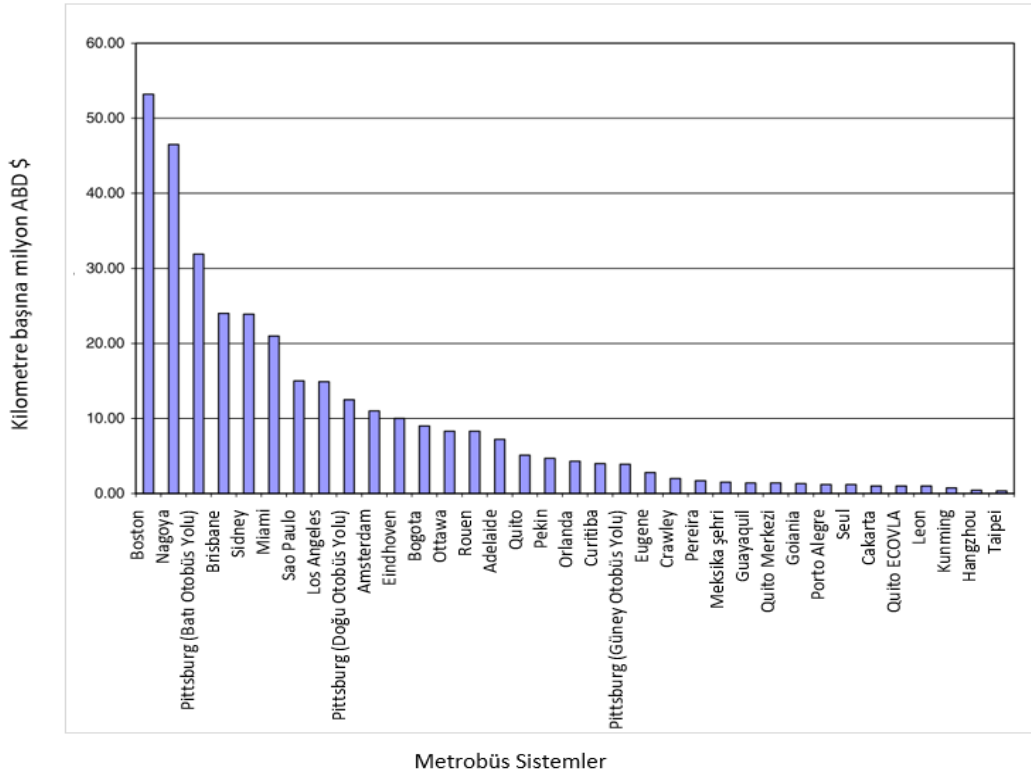
Vincent, Delmont ve Hughes (2012), México City, Meksika, Guangzhou, Çin ve Bogota, Kolombiya'yı içeren birçok Metrobüs sisteminin çevresel faydalarını incelemişlerdir. Bir Metrobüs sisteminin uygulanmasından önceki verilere kıyasla %61,8 CO<sub>2</sub> azalması ve dizel yakıt tüketiminde %50 azalma görüldüğünü kaydetmişlerdir.

Wöhrnschimmel *et al.* (2008), rutin yolcuların karbon monoksit (CO), parçacıklı madde (PM) ve benzine maruz kalmasını analiz etmiştir. Veriler, sabah seferi sırasında otobüsler ve minibüslerin içindeki kirleticilerin ölçümü yapılırken Meksika'da 20 kilometrelik bir koridor boyunca Metrobüs sisteminin uygulanmasından önce ve sonra toplanmıştır. Sonuçlar, karbon (%25-45), benzin (%54-69) ve PM<sub>2.5</sub>'da (%20-30) önemli oranda azalma göstermiştir.

Nugroho *et al.* (2011), Jakarta, Endonezya'daki ulaşım koridorlarının yakınındaki yol kenarındaki ikincil kirleticilerin yoğunluğu üzerindeki Metrobüs etkisini hesaplamışlardır. Analiz, 2005 yılında TransJakarta Metrobüs koridorlarının yakınında bulunan beş sürekli çevre hava kalitesi izleme istasyonunda toplanan saha verilerine dayanmaktadır. Metrobüs sisteminin uygulanmasının ve işletilmesinin ve ürettiği model

kaymanın, ozonda bulunan PM10 gibi hızla bozulan kirletici maddeler üzerinde daha büyük bir etkisi olduğu bulunmuştur.

Hidalgo *et al.* (2008), Latin Amerika ve Asya şehirlerinde 11 seçilmiş Metrobüs sisteminin sermaye maliyetinin kilometre başına 1,35 milyon ABD doları ile 8,2 milyon ABD doları arasında değişim gösterdiğini kaydetmiştir. Hensher and Golob 2008, dünya çapında Metrobüs sistemlerinin uygulanması ile ilgili altyapı maliyetlerinin bir özetini yayınlamıştır. Yazarlar, altyapı maliyetlerinin, Boston'da kilometre başına 53,2 milyon ABD doları gibi aşırı maliyetlere ve Taipei'de kilometre başına 0,35 milyon ABD doları gibi düşük maliyetlere sahip olduğunu ve büyük ölçüde farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Bu geniş maliyet aralığı malzemelerin, iş gücünün ve arazi edinimi maliyetlerinin yanı sıra sistemlerin inşa edildiği ve uygulandığı farklı yıllardan kaynaklanmaktadır. Maliyetler ayrıca istasyon tasarımı, teknolojik özellikler dahil olmak üzere trafik akışından ayrılma derecesi gibi özelliklere de bağlıdır. Yazarlar, Metrobüs sistemlerini inşa ederken, terminal sayısı, kavşaklar ve üstgeçitlerin daha yüksek maliyetli altyapılarla bağlantılı olan en etkili tasarım unsurları olduğu sonucuna varmışlardır. Aynı araştırmada, yazarlar maliyet varyasyonlarının sistematik olarak ülke veya kıtaya göre değişmediğine açıklık getirmişlerdir. En masraflı 7. Metrobüs sisteminin Sao Paulo, Brezilya'da olduğunu ve en masraflı 12. Metrobüs sisteminin de Bogota, Kolombiya'da olduğunu gözlemlemişlerdir. Her iki ulaşım modu sistemi de Latin Amerika'dadır (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4.** Kilometre başına toplam altyapı maliyeti (2006 milyon ABD doları)  
Kaynak: Hensher and Golob 2008

Gelişmekte olan ülkelerde her zaman sınırlı bir kaynak bulunduğundan, yüksek maliyete sahip bir projenin uygulanmasında her zaman bir çatışma ve eleştiri vardır. Gelişmekte olan ülkelerde kalkınma projeleri yatırımı için daha derin çalışmalar ve uygun düşünceler gerekli olmaktadır. Bazı yatırım projeleri, gelişmekte olan ülkelerdeki öncelikli projelerle karşılaştırıldığında eleştirileri karşılamaktadır. Pakistan Lahor'da uygulanan Metrobüs sistemi, okul inşaatı ve sağlık hizmetleri projeleri gibi öncelikli projelere yatırım yapılmadığı yönündeki eleştirileri karşılamış, ancak nihayetinde yolcular daha yüksek kullanım kapasitesini ve çekiciliğini kazanmıştır. Büyük müthiş projelerin uygulanmasında daima bir siyasi tartışma vardır. Tartışma genelde, planlanan bir projeye muhalif olanlar ve halktan gelmektedir (Ahmed 2017).

Parasuraman *et al.* (1985), ürünlerde ve hizmette kalitenin sağlanmasının 1980'lerin önemli bir meselesi haline geldiğini vurgulamıştır. O dönemde, hizmet kalitesi büyük ölçüde tanımlanmamış ve keşfedilmemişti. Berry *et al.* 1990, "müşterilerin hizmet kalitesinin yegâne yargıçıları" olduklarını ve pek çok araştırmacıların bu teoriyi desteklediklerini ortaya koymuşlardır. Dolayısıyla, hizmet kalitesi müşterinin bakış açısına göre ölçülüyorsa, ulaşım kalitesi de hizmetin özelliklerini belirten her nitelik hakkında yolcuların algıladıklarına dayanmaktadır. Kalite değerlendirmeleri, (Gotlieb *et al.* 1994) araştırmaları da dâhil olmak üzere daha önceki araştırmacılar tarafından kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Sağlanan bir hizmetin başarısı, sağlanan hizmet kalitesi ile tüketiciyi ne kadar iyi memnun ettiğine göre belirlenmektedir, çünkü artan memnuniyet seviyesi, müşterilere yönelik çok sayıda sorunların önlenmesi ve azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

Prioni and Hensher (2000), Yeni Güney Galler'de (Avustralya) bazı özel otobüs operatörlerinin yolcularına Sanal Tercih deneyi uygulanmıştır. Bu deneyde, görüşülen kullanıcılar, bazı hizmet kalitesi nitelikleri ile karakterize edilen, üç seviyede değişen bazı alternatif hizmetler arasından seçim yapmıştır. Seçim verileri, bir MNL modelini kalibre etmek için kullanılmıştır. Model tahmini ile her bir hizmet niteliğinin genel hizmet kalitesi üzerindeki önemi değerlendirilmiştir. Her seçim alternatifinin yararlılığı bir hizmet kalite endeksini (SQI) temsil etmektedir. Bu veriler, kullanıcılar arasında gözlemlenen ve gözlenmeyen heterojenliği araştırmak için Hensher (2001) tarafından önerilen karışık logit modellerinin kalibre edilmesi için kullanılmıştır. İç içe geçmiş bir logit modeli Hensher ve diğerleri (2003) tarafından otobüs operatörleri içindeki ve arasındaki hizmet kalitesi seviyelerini karşılaştırmak için önerilmiştir.

Beirão and Cabral (2007) yolcuların ulaşım konusundaki tutumlarını daha iyi anlamak ve toplu taşıma hizmet kalitesinin algılamalarını araştırmak için toplu taşıma kullanıcılarının ve araç sürücüleri üzerine yaptıkları niteliksel çalışmanın sonuçlarını sunmuşlardır. Bu çalışma, toplu taşıma ve araç kullanıcılarının düzenli ve ara sıra kullanıcıları da dâhil olmak üzere halktan kişilerle yapılan 24 detaylı görüşme üzerine yoğunlaşmıştır. Bu niteliksel çalışma, mod seçimini etkileyen bazı temel etkenleri ve toplu taşıma kullanımındaki motivasyonları ve engelleri incelemek de dâhil olmak üzere

olumlu ve olumsuz olarak etkileyen başlıca etkenleri vurgulamıştır. Önemli bulgular, toplu taşıma kullanımını artırmak için hizmetin müşterilerin ihtiyaç duyduğu hizmet seviyelerini karşılayacak şekilde tasarlanması gerektiğini ve bunun sonucunda potansiyel kullanıcıların ilgisini çektiğini göstermektedir.

Eboli and Mazzulla (2008'a) tarafından yapılan bir araştırmada, Cosenza'da (Güney İtalya) bir şehir içi otobüs hizmetinin yolcularına Sanal Tercih deneyi uygulanmıştır. Bu araştırmanın temel amacı, toplu taşımada hizmet kalitesini ölçmek için Sanal tercih deneyinin optimum tasarımını araştırmaktır. Toplanmış seçim verileri, MNL modellerinin kalibrasyonunda kullanılmıştır. Eboli ve Mazzulla'nın çalışmasında (2008b), bireylerin hizmet kalitesi hakkındaki algılamalarındaki heterojenlik üzerine araştırma yapmak için karma logit modelleri önerilmiştir.

Tyrinopoulos and Antoniou (2008), önem ve memnuniyet oranlarının ayrı olarak kullanıldığı bir metodoloji önermiştir. Metodoloji, kullanıcıların davranışlarının değişkenliğini ve farklı ulaşım sistemlerinin kullanımından memnuniyet düzeylerini analiz etmek için iki farklı istatistiksel yöntemin uygulanmasını içerir: Bunlar faktör analizi ve sıralı logit modellemesidir. Bu metodoloji, Yunanistan'daki beş farklı ulaşım sistemine uygulanmıştır ve toplu taşıma operatörleri ve politika yapıcılar için, ulaşım sistemi kullanıcılarının davranışlarını ve seçimlerini etkileyen temel faktörleri daha iyi anlamalarını sağlayacak tavsiyeler geliştirmektedir. Araştırmaya katılanlardan 23 seçilmiş niteliği iki kritere göre değerlendirmeleri istenmiştir. Bu kriterler; toplu taşıma hizmetine (önem) göre niteliklerin onlar için ne kadar önemli olduğu ve bu niteliğe göre söz konusu toplu taşıma hizmetini nasıl sıralayacaklarıdır (memnuniyet). İlk soru dizisinden toplanan veriler, faktör analizi için bir girdi olarak kullanılırken, ikinci veri dizisi, sıralı logit modelleri için girdi olarak kullanılmıştır. Faktör analizinin amacı, katılımcıların algıladıkları esas gözlenmeyen faktörleri ayırt etmeye ve tanımlamaya çalışmaktır.

Uygun ve etkili ulaşım stratejileri tasarlamak için, pek çok taşıma şirketi, kullanıcıların hizmetler hakkındaki algılarını her zaman belirli sıklıklarla izlemektedir. Bu algılar



genellikle hedef alanlarda yapılan müşteri memnuniyeti araştırmaları ile ölçülmektedir. Araştırmalardan toplanan veriler, küresel hizmet kalitesi ve gelişimi hakkında yararlı bilgiler sağlayan endeksler geliştirmek için kullanılmaktadırlar. Ulaşım politikası yapıcıları ve operatörleri, yalnızca kalite nitelikleri ile ilgili algıları bilmekle kalmaz, aynı zamanda verilen hizmetin küresel değerlendirmesinde hangi niteliklerin en yüksek etkiye sahip olduğunu da belirlemek istemektedirler. Faal şirketler, çoğunlukla müşterilerin her bir niteliği bir önem ölçęü üzerinden derecelendirmesini istemek suretiyle bir yöntem kullanmaktadırlar.

Önceki çalışmalar, yolcuların, hizmetin daha önceden dikkate almadıkları bazı niteliklerini düşünmeye teşvik edildikleri zaman, hizmet hakkındaki küresel değerlendirmelerini etkileyen faktörlerin değişebileceklerini göstermiştir. Dell'Olio *et al.* 2010, yolculardan, hizmetin özelliklerini belirten nitelikler hakkında derinlemesine düşünmeleri istendiğinde, hizmet hakkındaki genel değerlendirmelerini değiştirebileceklerini göstermiştir. Araştırmada, otobüs kullanıcılarının toplu taşıma hizmetlerinin kalitesini nasıl algıladıkları değerlendirilmiştir. Deney, yolcuların önceden dikkate almamış olabileceği bazı temel sistem değişkenlerinin önemi hakkında düşünmesinin öncesi ve sonrası olmak üzere hizmet kalitesinin genel bir değerlendirmesini karşılaştırmıştır. Hem otobüslerde hem de otobüs duraklarında kalite araştırması yapılmıştır ve sıralı Probit modelleri kullanılarak genel hizmet kalitesi değişkenlerle ilişkilendirilmiştir. İlk ve ikinci değerlendirme arasındaki sonuç farkları, araştırmaya katılan kişilerin yaklaşık %35'inin puanlarını ilk değerlendirmelerine göre olumlu veya olumsuz olarak değiştirdiğini göstermektedir. Bu, dikkate alınan kullanıcının kategorisinden (cinsiyet, yaş, gelir) bağımsızdı. İkinci değerlendirmelerinde puanlarını artıran katılımcıların sayısı, puanlarını azaltmış olan katılımcıların sayısından her zaman daha fazlaydı; bu, kullanıcıların ilk değerlendirmelerinde olumsuz faktörlere daha fazla odaklandıkları anlamına gelmektedir. İlk değerlendirmede bağımlı değişken olan ve katılımcıların toplam nüfusunu göz önüne alan modeller arasında en yüksek ağırlıklı değişkenlerin hizmet güvenilirliği (%27,6), bekleme süresi (%23,8) ve konfor (%17,1) olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, ikinci değerlendirmenin bağımlı değişken olduğu modellere bakıldığında değişmektedir. Katılımcıların genel nüfusu göz önüne

alındığında daha fazla ağırlığı olan değişkenlerin; hizmet güvenilirliği (%27,2), bekleme süresi (%18,6) ve sürücünün kibarlığı (%17,9) olduğu gözükmektedir.

Lai and Chen (2011) davranışsal niyetleri vurgulamış ve davranışsal yolcu niyetleri ile bunları etkileyen birçok faktör arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Buldukları sonuçlar, araç güvenliği, tesis temizliği ve şikâyetlerle ilgilenilmesi gibi hizmet niteliklerinin davranışsal yolcu niyetleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Dell'Olio *et al.* 2011, bir toplu taşıma sisteminin kullanıcıları tarafından arzulanan hizmet kalitesini incelerken, kullanıcıların günlük deneyimlerini yansıtmadığı için arzulanan kalitenin algılanan kaliteden farklı olduğunu altını çizmişlerdir. Araştırmalarının sonuçlarında, bekleme süresi, temizlik ve konfor gibi hizmet nitelikleri, kullanıcıların en çok değer verdiği toplu taşıma değişkenleri olarak gösterilmektedir; ancak değer biçildikleri derece, kullanıcı kategorisine göre değişiklik göstermektedir. Belgrad'daki yazarlar tarafından yapılan araştırmada, şoförün kibarlığı, otobüsün doluluğu ve yolculuk süresi gibi değişkenlerin genel olarak daha az ağırlığı olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmanın amacı, ulaşım sistemi hizmet kalitesini kullanıcılara ve potansiyel kullanıcıların algılarına göre nasıl geliştirileceği üzerine odaklanmıştır.

Toplu taşıma alanına ve müşteri memnuniyeti araştırmalarına dayalı olarak, müşteri memnuniyetini ve ulaşım hizmet kalitesini incelemek için çoğunlukla kullanılan önemli yaklaşımlar şunlardır: Regresyon Analizi (Dell'Olio *et al.* 2010; Tyrinopoulos and Antoniou, 2008; Weinstein, 2000), Temel Bileşen Analizi (PCA) (örneğin Lai and Chen, 2010), Doğrulayıcı Faktör Analizi (CFA) (örneğin, Kim and Lee 2011) veya Yapısal Eşitlik Modelleri (YEM) gibi faktör analizine dayanan yöntemlerdir (örnek olarak Stuart *et al.* 2000; Karlaftis *et al.* 2001; Ngatia *et al.* 2010; Eboli and Mazzulla 2012; Javid *et al.* 2013; De Oña *et al.* 2013; Das *et al.* 2017).

Rojo *et al.* (2012), Burgos (İspanya) eyaletindeki şehirlerarası otobüs hizmetlerine yönelik memnuniyet araştırmaları üzerine yapılan bir araştırma için, günlük yolculukların sayısına ilişkin yolculuk süresindeki iyileştirmelere, şehirlerarası otobüs

kullananlar tarafından araba kullanıcıları veya raylı sistem kullanıcılarına kıyasla daha az değer verildiğini keşfetmişlerdir. Otobüs türü ve özellikleri, seyahat edilen mesafenin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir ve bu değişken için çok küçük değerler verilmektedir. Seyahat maliyeti, ulaşım modunun hangisinin seçileceğinde kullanışlı bulunmuştur, ancak en önemli değişken yolculuk zamanıdır. Uzun mesafeli yolculuklar haricinde otobüsün özelliklerine çok az değer verilmektedir. Maliyet, seçilen yol üzerindeki günlük yolculuk sayısı gibi diğer değişkenler yalnızca model seçiminde bir etkiye sahip olmakla birlikte hizmet imajını iyileştirmemektedirler. Tanrıverdi *et al.* 2012, 2011 yılında Marmaray projesinin muhtemel sonuçlarını araştıran ve bölgenin sakinleri tarafından projenin kabul edilebilirliğini değerlendiren bir araştırma yapmışlardır. Planlanmış bir denemenin, seyahat süresi, seyahat masrafı ve konfor olmak üzere üç niteliği araştırılmıştır. 20-60 yaşları arasındaki katılımcıların neredeyse %80'inin gelecekteki yolculuk tercihleri olarak Marmaray Projesini seçtiği açık bir şekilde görülmektedir. Aslında, bu grup rutin yolcuları temsil etmektedir ve Marmaray Projesini günlük ulaşım araçları olarak kullanabilirler. Katılımcıların çoğunun orta gelir grubuna mensup olduğu görülmektedir. Bu grup, tercihlerini etkileyen en önemli faktörler seyahat masrafları ve seyahat süresi olan öğrenciler ve işçilerden oluşmaktadır ve doğal olarak Marmaray projesinin yolculuk masrafları ve süresi diğer seçeneklerden daha düşüktür. Bu çalışma, ulaşım modu seçiminde seyahat masrafı ve seyahat süresi gibi niteliklerin çok önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Taşımacılık sektörü, özellikle yoğun ve kentsel alanlarda özel motorlu araç kullananlara ilişkin sürdürülebilir kalkınma açısından önemli bir meseleyi ortaya koymaktadır. Bisiklet kullanımı ve yürüme ile birlikte etkili toplu taşıma genellikle, özel araç kullanımına yönelik sürdürülebilir alternatifler olarak kabul görmektedirler. Redman *et al.* 2013, niteliksel sistematik bir incelemenin yardımıyla, hizmet güvenilirliği ve sıklığının genel olarak önemli toplu taşıma nitelikleri olmalarına rağmen, araç kullanıcılarını teşvik etmek için en etkili niteliklerin büyük ölçüde duygusal olduğu ve bireysel algılamalar, motivasyonlar ve bağlamlarla ilişkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Özellikle arabası olan, ancak belirli bir bölgede toplu taşıma kullanmayı seçen yolcular, toplu taşıma hizmetinin algılanan niteliklerine (daha az kalabalık, gelişmiş güvenlik, daha iyi istasyonlar ve daha iyi kullanıcı bilgileri, pazarlama ve

tanıtım) fiziksel niteliklere (daha yüksek hız, sıklık ve güvenilirlik) göre daha duyarlı olabilirler. Yazarlar, toplu taşıma değerlendirme yöntemlerini tasarlarlarken algılanan niteliklere daha fazla önem verilmesi gerektiğini önermektedirler. Özellikle araç kullanıcıları için cazip olan hizmet niteliklerine önem verilmelidir. Sonuç olarak, bunlar, toplu taşıma hizmetlerinin duygusal ve sembolik değerlere sahip olduğunun algılanmasını sağlayacaktır. Ayrıca, toplu taşıma hizmetlerinin hizmet kalitesini artırarak özel araç kullanıcılarını cezbetme potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Taşımacılık hizmet kalitesi servisine ilişkin araştırmalar devam etmektedir ve müşteri memnuniyeti niteliklerine daha fazla ağırlık verilmektedir.

Maraglino *et al.* (2014), kullanıcı tarafından algılanan kaliteyi etkileyen ana değişkenlerin incelenmesi yoluyla bir toplu taşıma sisteminin kalitesinin iyileştirilmesi hakkındaki araştırmalarında, İspanyol şehri Santander'de otobüs hizmet kalitesini modellemek için kullanıcı algılama verileri ile desteklenen bir metodoloji hazırlamışlardır. Modeller, kullanıcıların, bir Sıralı Probit Model aracılığıyla ortalama algılarını dikkate alarak tüm farklı nitelikleri değerlendiren ve kullanıcıların algıladıkları toplu taşıma kalitesini incelemek üzere kalibre edilmiş ve oluşturulmuştur. Toplanan veriler, farklı değişkenlerin geçerliliğini kontrol etmek için analiz edilip modellenmektedir. Esas sonuçlar, kullanıcıların, daha net bir bilgi sağlanması ve şikâyetlerine dikkat edilmesi de dâhil olmak üzere iyileştirilmiş ulaşım bağlantı ağları için daha yüksek ücretler ödemeye istekli olduklarını göstermektedir. Dört farklı yılda yapılan bir araştırma, işçilerin ve haftada 5 ila 30 kez otobüs kullananların bilet ücretine, şoför davranışına, müşteriye dikkat edilmesine, monitörlerde görüntülenen bilgilere ve sunulan hizmetlere (örneğin tarifeler, sıklık) kayda değer ölçüde değer verdiği ortaya konulmuştur. Diğer bir araştırmada, Domenico *et al.* 2014, yerel bağlamda toplu taşımacılık hizmetlerinin kalitesi ile ilgili olarak yolcu memnuniyetini etkileyebilecek gözlenebilir ve gözlemlenemeyen faktörleri araştırmışlardır. İncelenen faktörler, konfor ve temizlik, hizmetin ulaşılabilirliği, bilginin mevcudiyeti, hizmet organizasyonu, personelin davranışı, denetmenlerin davranışı ve maliyettir. Memnun kalmayan müşterilerin çoğunlukla özel araçları olmadığı için otobüs hizmetini okula, üniversiteye veya işe gitmek için kullanan öğrenciler ve kadınlar olduğu kaydedilmiştir. Bu müşteriler otobüs varış sürelerinde güvenilirliğin çok düşük olduğunu

belirtmektedirler. Oldukça memnuniyetsiz müşteriler, memnuniyetsizdirler (çoğunlukla kadınlar, özel araç sahibi olmayan öğrenciler) ancak keyfi veya kişisel amaçlar için otobüs hizmetini kullanmaktadırlar. Çok değişkenli analizde bilet masraflarının azaltılmış önemi bir miktar şüphe uyandırmaktadır, ancak bunun sebebi, toplu taşıma yolcuları arasındaki finansal kaynak farklılıklarının ortak etkisi ve diğer şehirlere kıyasla Bari şehrindeki şehir içi ulaşım ücretlerinin oldukça düşük olmasından kaynaklanıyor olabilir. Daha az finansal kaynağa sahip olan müşteriler genellikle özel tarifelerden (öğrenciler ve yaşlılar) yararlanırlar. Buna ek olarak, yolcular bilet masraflarının sağlanan ve alınan hizmet kalitesiyle hiçbir ilgisi olmadığını düşünebilirler. Algılanan seyahat maliyetinin değerlendirilmesi, incelenen hedef grubun sosyo-ekonomik kriterlerine bağlıdır. Aksine, düşük seyahat masrafı, gelişmekte olan ülkeler için özellikle önemli bir faktördür, Javid *et al.* 2013, örnek olay olarak Lahor'da bir vagon hizmetini alarak, farklı ulaşım modu kullanıcılarının toplu taşıma araçları hakkındaki kullanıcı memnuniyeti ve tercihlerini incelemiştir. Bu konuda bir anket çalışması yapılmış ve rutin yolcuların memnuniyetinin, vagon hizmetinin sembolik ve işlevsel faktörlerinin iyileştirilmesi ile olumlu bir ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Toplu taşıma modlarıyla rutin yolcuların memnuniyetinin, sembolik ve işlevsel faktörlerin imajları iyileştirilerek geliştirilebileceğini bulmuşlardır. Maliyet ve zaman faktörleri, rutin yolcuların memnuniyeti ve tercihleri üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Makul seyahat masrafları ve seyahat süresinin iyileştirilmesi mevcut toplu taşıma kullanıcılarının korunmasına yardımcı olmaktadır ve rutin yolcuların memnuniyetini artırmaktadır.

Noor *et al.* (2014), Kota Kinabalu, Malezya'da bir şehir içi otobüs hizmetini araştırarak, halk otobüslerinin 24 parametresinden oluşan bir araştırma yapmışlardır. Çalışma sırasında, halk otobüsleri hizmet memnuniyeti niteliklerinin konfor, ulaşılabilirlik ve güvenlik olmak üzere üç boyutunu geliştirmişlerdir. 2030 yılı için şehrin yapı planı ve vizyonu, şehirde yaşayan insanlar için etkili toplu taşıma imkânı sağlayacak bir vizyon olduğunu göstermektedir. Çalışmanın sonuçları, katılımcılara göre beş en yüksek ortalama puana sahip niteliklerin: Terminallerde kendini güvende hissetme, indirimli otobüs kartları, düşük bilet ücretleri, otobüslerin iyi durumda olması ve yakınlarda bir otobüs durağının mevcudiyeti olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu çalışma, sürücünün

disiplininin toplu taşıma hizmetlerinde güvenlik eksikliğinin başlıca nedeni olmadığını ve güvenlik eksikliklerinin otobüse binerken ışıklandırma altyapısının bulunmaması ve otobüsün sıkışık olması nedeniyle ortaya çıktığını göstermiştir. Toplu taşıma müşteri memnuniyeti sektöründe ilave araştırmalar yapılmıştır. Mouwen (2015), Hollanda'daki toplu taşıma ile ilgili müşteri memnuniyetinin etmenlerini incelemiştir. Toplu taşımacılık hizmetlerinin 15 niteliği ile birlikte kullanıcı memnuniyetinin bir fonksiyonu olarak bir genel memnuniyet modeli oluşturulmuştur. Bu model, zamanında performans, seyahat hızı ve hizmet sıklığının en önemli etmenler olduğunu ve bunları şoförün kişisel davranışı ve aracın düzenli olmasının takip ettiğini göstermiştir. Hizmet sıklığının artırılması ve yeni araçların faaliyete geçirilmesinin, yaşlı insanların (65 yaşından büyük) daha memnun kalmasına yol açacağı önerilmiştir. Kentleşmenin, memnuniyetin ve nitelik seviyesinin önemini belirleyen önemli bir etken olduğu da eklenmiştir.

Garrido *et al.* (2014) tarafından yapılan bir araştırmada, toplu taşıma sisteminin yolcuları tarafından algılanan hizmet kalitesini analiz etmek için Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılmıştır. YSA modeli, 2007 yılında Granada otobüs kent ulaşım sisteminde yapılan bir Müşteri Memnuniyeti Anketinde toplanan veriler kullanılarak geliştirilmiştir. Daha sonra, niteliklerin görece katkısını belirlemek için üç farklı yöntem kullanılmıştır. En son olarak, hizmet kalitesini ve memnuniyetini etkileyen sonuçlara istatistiksel bir analiz uygulanmıştır. Tüm yöntemlerin, sıklığın hizmet kalitesindeki en etkili nitelik olduğuna ve hız, bilgi ve yakınlık gibi diğer niteliklerin de önemli olduğuna katıldığı gözlenmiştir. Sıralama pozisyonları, sıklık, hız, bilgi ve yakınlığın, algılanan hizmet kalitesini değerlendirmede kullanıcıların en önemli nitelikleri olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte dakiklik, güvenlik ve nezaket de yararlı nitelikler olarak kabul edilmektedirler. Bunlara rağmen, temizlik ve ulaşılabilirlik en az önemli nitelikler olarak kabul edilmişlerdir. Jain *et al.* 2014'e göre, Delhi'nin dokuz bölgesinden bir katmanlı rasgele örnekleme tekniği kullanılarak yaklaşık 50 konumdan Ocak 2013 ile Temmuz 2013 arasında dağıtılan ve toplanan bir anketin sonuçları; şehir içi yolcuları özel araçlardan toplu taşımaya geçmeye teşvik etmek için en önemli kriter olarak güvenliğin (toplamın %36'sı) ardından güvenilirliğin (%27), maliyetin (%21) ve konforun (%16) geldiğini göstermiştir. Yukarıdaki dört kritere dayanarak, programa

bağlılık, daha sık gelmesi, daha az seyahat süresi, konfor ve güvenlik nedenlerinden dolayı rutin yolcuların otobüsler ve diğer toplu taşıma modlarına kıyasla Delhi metro servislerinden daha memnun oldukları bulunmuştur. Seyahat maliyeti önemli kriterlerden biri olarak görülmediğinden dolayı, rutin yolcuların daha iyi toplu taşıma hizmeti için daha fazla para ödemeye razı oldukları görülmektedir. Ayrıca sonuçlar, etkin bir toplu taşıma sistemi sağlamak için yukarıdaki kriterlerin veya hizmetlerin dikkate alınması durumunda, rutin yolcuların %96'sının toplu taşıma araçlarına geçiş yapmaya istekli olduklarını göstermiştir. Güvenilirlik, konfor ve maliyet gibi diğer toplu taşıma özelliklerine göre güvenliğin, rutin yolcular için en yüksek önceliğe sahip olduğu görülmüştür. Özel araçların dışında, veri toplama sırasında toplanan yolcu algılamalarına göre Delhi metrosunun, güvenli, güvenilir ve rahat olan tek ulaşım modu olduğu tespit edilmiştir.

Tatmin edici hizmet kalitesinin belirlenmesi, seyahat talebi ve seyahat davranışı bilgilerini gerektirmektedir. Grujičić *et al.* 2014, ulaşım sistemi kullanıcılarının (toplu taşıma kullanıcıları ve kullanıcı olmayanlar) bakış açılarından asgari yatırım ile hizmet kalitesinin seviyesini artırmak için öncelikle üzerinde durulması gereken toplu taşıma sisteminin hizmet kalitesi unsurlarını belirlemek için bir araştırma yapmıştır. Önem Tercih Analizi (IPA) kullanımını içeren bir metodoloji kullanılmıştır ve hizmet kalitesinin kullanıcı algılamasını belirlemek için sanal tercih analizi (SPA) ile geliştirilmiştir. Yazarlar, toplu taşıma kullanıcılarından ve yolculardan 24 unsur değerlendirilmelerini ve puanlamasını istemiştir. Araştırmada hem IPA hem de SP analiz sonuçlarının çakışmasını analiz ederken, özel araç kullanıcılarının toplu taşıma kullanıcılarına kayması konusunda araç unsurlarından havalandırma ve temizliğin, dikkat edilmesi gereken en yüksek puanlı ve en önemli unsurlar arasında yer aldığı bulunmuştur. Metodoloji, bu iki unsurun iyileştirilmesinin, kullanıcıların memnuniyet düzeyini ve toplu taşımacılık sisteminin kalitesinin iyileştirilmesi izlenimini artıracak ve bunun çok sayıda özel araç kullanıcısının toplu taşıma kullanmaya başlamasını sağlayacağını göstermiştir.

Morton *et al.* (2016), İskoçya'da yeni müşteriler çekmek ve mevcut müşterileri ve politikaları korumak için stratejiler geliştirmeyi amaçlayan bir anket yapmıştır. Bu

anket, bir dizi hizmet yönlerini içeren 11 maddelik fikir ölçeği biçimindedir. Faktör analizi kullanılmış ve otobüs hizmetlerinin algılanan kalitesine yönelik tutumlarla ilişkili üç gizli yapı belirlenmiştir. Otobüs hizmetinin algılanan rahatlığının, otobüs hizmetinden duyulan algılanan memnuniyet üzerinde belirgin bir açıklayıcı etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu, hizmet sıklığı, mevcudiyet, güvenilirlik ve istikrardaki iyileştirmelerin mevcut yolcular arasında algılanan memnuniyeti artıracaklarını göstermektedir. Rahatlık, önemli derecede büyük bir katsayı (Beta: 1.415) göstermiştir; bu, otobüs sıklığının, ulaşılabilirliğin, güvenilirliğin ve istikrarın müşteri algılamalarının memnuniyet değerlendirmelerinde esas olduğunu göstermiştir. Modelde hâlâ önemli olmakla birlikte, geri kalan hizmet kalitesi yapıları daha küçük model katsayıları (Beta: 0.278; 0.176) göstermiştir; bu da kabin ortam kalitesinin algılanışlarının ve otobüs hizmetlerinin kullanım kolaylığının müşteri memnuniyet değerlendirmelerinde ikincil konular olduğunu ortaya koymaktadır. Seyahat ile seyahatten memnuniyet arasındaki bağlantıları araştıran önceki çalışmaların çoğu, seyahat özelliklerinin (örneğin seyahat modu seçimi, seyahat süresi, hizmet düzeyi, vb.) seyahatten memnuniyet üzerinde odaklanmıştır. Ancak az sayıda araştırma, ulaşım politikaları için iki önemli faktör olan yapılı çevrenin veya seyahat tutumlarının rolünü incelemiştir.

Xi'an, Çin'de yapılan yakın tarihli bir ankette elde edilen verileri kullanarak, yapılı çevrenin, seyahat tutumlarının ve seyahat özelliklerinin yolcuların memnuniyeti üzerindeki görece etkilerini niceliksel olarak araştırmayı amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir (Ye and Titheridge 2016). Veriler yapısal eşleştirme modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Model sonuçları, ulaşım modu seçimi, sıkışıklık ve ulaşım hizmet seviyesi gibi yolculuk özelliklerinin, direkt olarak seyahat memnuniyetini etkilediğini göstermiştir. Bu tutumların seyahat memnuniyeti konusunda doğrudan ve dolaylı etkileri vardır, yapılı çevrenin ise yalnızca yolculuk özelliklerini etkilemek yoluyla seyahat memnuniyeti üzerinde dolaylı etkileri bulunmaktadır. Araştırmalarında, seyahat için yolculuk modu seçiminde, bisiklet kullanıcılarının ve yayaların en yüksek seviyede seyahat memnuniyetine sahip olduklarını bulmuşlardır. Sıkışıklık seviyesinin, seyahat memnuniyet düzeyini belirleyen seyahat özellikleri arasında güçlü bir faktör olduğu bulunmuştur.



Toplu taşımacılığın kullanılmasının teşvik edilmesinin birçok ülkede önemli bir politika hedefi olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle toplu taşıma, mevcut kullanıcıların taleplerini karşılayan kalite seviyesini sunmalı ve en önemlisi, potansiyel kullanıcıların isteklerini karşılamalıdır (Mahmoud and Hine 2016). Bir çalışma hem mevcut hem de potansiyel kullanıcıların algılamaları üzerindeki otobüs hizmetinin algılanan kalitesinin etkisini araştırmıştır. 29 otobüs göstergesinin (bağımsız) algılanan kalitesi ve kullanıcıların genel otobüs hizmetine yönelik algılarının (bağımlı) arasındaki ilişkilerin niceliğini belirtmek amacıyla ikili lojistik regresyon modeli kullanılarak İngiltere'de Belfast şehrinde dağıtılan 512 anketten veriler toplanmıştır. 11 önemli göstergenin genel otobüs hizmetine (bağımlı) yönelik kayda değer bir etkisi olduğu bildirilmiştir. 11 önemli göstergenin kullanıcı algılamaları üzerinde kayda değer bir etkisi olduğu bildirilmiştir. Çalışma, hizmet kalitesini artıracak bir isteğin mevcut olması durumunda, önemli olan 11 göstergelyi tespit etmiştir. Bu göstergelerin, hizmet sıklığı, hizmet güvenilirliği, bekleme ve aktarma süresi, duraklar ve istasyonlarda güvenlik, otobüsün konforu, aylık/sezonzuk indirimli biletlerin mevcudiyeti, durak ve istasyon bilgileri, otobüs ücreti, aktarma ihtiyacı, otobüs durağı konumu ve park ve binış hizmetinin mevcudiyeti oldukları tespit edilmiştir.

Yeni toplu taşımacılığın geliştirilmesiyle ve uygun kentsel hareketlilik ortamları için, Metrobüs ve hafif raylı ulaşım sistemleri gibi yeni toplu taşıma sistemleri insanları kendine çekmiştir. Aynı zamanda, yeni toplu taşıma sistemlerine yakın mülklerin arazi değeri ve albenisi artmış ve düzelmiştir. Metrobüs, kentsel hareketlilik için uygun maliyetli bir ulaşım sistemi olarak ortaya çıkmıştır. Toplu taşımanın nispeten yeni bir biçimi olarak, yüksek kaliteli bir ulaşım hizmeti sunma ve arazi gelişimini teşvik etme potansiyeli henüz büyük oranda keşfedilmemiş bir durumdadır. Beijing Southern Axis BRT Line 1'deki metrobüs algılamasını incelemek için zorunlu ve keyfi kullanıcılar arasında bir anket düzenlemişlerdir (Deng and Nelson 2012). Çalışma, bu Metrobüs sistemini bir örnek çalışma olarak kullanıp, metrobüs hizmetlerine yönelik kamusal tutumu ve katılımcıların metrobüs istasyonlarına yakın yaşama algısını araştırmıştır. 525 ankete verilen cevaplardan bir veri seti toplanmıştır ve istatistiksel teknikler kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, metrobüsün, yolcular arasında büyük bir

popülerlik kazandığını ve yerleşim mülkiyetinin cazipliğine olumlu bir etki yaptığını göstermiştir.

Yolcuların %85,5'i Metrobüs hizmetinin genel memnuniyetini 'çok memnun' veya 'memnun' olarak değerlendirmiştir; zorunlu kullanıcıların keyfi kullanıcılara göre Metrobüs hizmetinin güvenilirliği, konforu, temizliği ve genel memnuniyeti bakımından daha memnun oldukları ortaya çıkmıştır. Tüm katılımcılardan gelen şikayetlerin ağırlıklı olarak aşırı sıkışıklık sorunları hakkında olduğu ve daha fazla Metrobüs hattının uygulamaya geçirilmesi ve Metro ağına entegre edilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Yeni sistem, zorunlu kullanıcılardan gelen yolcuların %14'ünü kendine çekmiştir (Bu rutin yolcular alternatif bir araca sahip olmalarına rağmen Metrobüs sistemini kullanmaktadırlar). Araştırma, 2005 yılı Aralık ayında BRT birinci hattının tam olarak faaliyete geçirilmesinden sonra katılımcıların büyük bir çoğunluğunun (%46,1) Metrobüs istasyonlarının yakınında bir yere taşındıklarını ve Metrobüs koridoruna yakınlığın seyahat masraflarını ve süresini azaltabileceğini ve Metrobüs yakınlarındaki mülklerin cazipliğinin önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, Erzurum kentinde toplu taşıma sisteminin kalite iyileştirmesi, kullanıcı tarafından algılanan kaliteyi etkileyen 16 ana değişken incelenmiştir. Kentteki mevcuttaki toplu taşıma sistemi ile müşteri memnuniyetinin analizi için yapısal eşitlik modellemesi ve Önemi performans yöntemi kullanılmıştır. Hensher and Mulley 2014'e göre, iki alternatif toplu taşıma sistemlerinin türleri (BRT ve HRS) arasında seçim hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde farklıdır. Yazarlar, gelişmiş ülkelerde, HRS'i tercih edilmekte ve gelişmekte olan ülkelerde tersine güçlü bir tercih olduğunu belirtilmişler. Bu çalışmada, bu varsayımın doğru olup olmadığını bulmak ve bu seçim hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde sabit olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, 2030 yılında şehir için seçilen en uygun ve en çok tercih edilen toplu taşıma sistemini ortaya koymaktadır. Gelişmiş ülkeler için, şehirlerde HRS'inin uygulanmasında kısıtlamalar yoktur, ancak proje finansmanı için büyük kaynak eksikliğinden dolayı gelişmekte olan ülkeler için, çalışmada orta ölçekli bir Erzurum kentine uygun en az ve en ucuz toplu taşıma projesine odaklanmaktadır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Etkili toplu taşıma, büyükşehir ve metropol şehirlerinde taşımacılık sektörünü geliştirmek için gereklidir. Gelişmekte olan şehirlerin çoğunda toplu taşıma, özellikle hizmetlerin yürüme ve bisiklet süresinin çok ötesinde olduğundan istihdam, eğitim ve kamu hizmetlerine erişmek için en çok kullanılan sistem ve yöntemdir. Gelişmekte olan şehirlerdeki toplu taşıma hizmetlerinin mevcut durumu, nüfusun gerçek hareketlilik ihtiyaçlarına iyi hizmet etmemektedir. Buna ek olarak, gelişmekte olan şehirlerin nüfusu artıyor ve toplu taşıma hizmetleri de güvenilmez, rahatsız edici ve yüksek kaza oranlarına sahip olmaktadır. Büyük şehirlerde nüfusun daha geniş ulaşım ihtiyaçlarını karşılayan bir ulaşım sistemi çok talep görmektedir.

Dünyadaki pek çok şehir, gittikçe artan büyükşehir hareketliliğini artırmak ve trafik tıkanıklığını hafifletmek için yeni toplu taşıma sistemlerinin uygulamasını planlıyor. Bu kentlerde çevre dostu olan ulaşım sistem modlarına ulaşmak ve büyük kentlerdeki yaşamı uyumlu hale getirmek için yeni alternatif ulaşım sistemleri inşa edilmelidir. Hızlı Metrobüs veya Hafif Raylı Sistemi uygulama tartışması ekonomik, çevre sisteminin kullanım oranı ve seçim mod çalışma alanlarına dayalı çeşitli yönlerde odaklanarak devam etmektedir. Bazı araştırmacılar için, hafif raylı sistem transitlerinin kentsel alanlarda uygulanması daha uygun görülürken bazıları Hafif Raylı Sistemi ile rekabet edebilecek Metrobüs sistemini önermektedir. Diğer yeni toplu taşıma sistemi modlarına kıyasla yolculuk süresi azalmaları önemli ölçüde yüksekse, Metrobüsün birçok yolcu çekebileceği belirtilmiştir (Ingvardson and Nielsen 2017).

Bu çalışmada Erzurum şehrinde bir anket yürütülmektedir. Anket, esas olarak, 2030 yılında şehre uygun iki alternatif toplu taşıma sisteminden birinin seçim sergisine odaklanmaktadır. Anket katılımcılarına iki alternatif toplu taşıma sistemi sunulacak ve 2030 hedef yılı için şehirde uygulanacak tercih edilenleri seçmeleri isteniyor.

### 3.1.1 Çalışma Alanı: Erzurum Kenti

Çalışmada Erzurum Kenti üzerinde bir toplu taşıma sisteminin çalışması olduğu belirlenmiştir. Şehir nüfusu artmakta ve 2030 yılı için tahmin edilen nüfus 877,990 kişi civarındadır (EUAP 2012). Toplu taşıma sistemlerini kullanan insanlar arttıkça, hedeflenen yıl için sürdürülebilir ulaşım sisteminin uygulanmasını gerektirmektedir. Mevcut toplu taşıma modu, 2030'daki yolculuk talebini karşılamak için yeterli ve güvenilir olmayacaktır. Ekonominin iyileşmesinden kaynaklanan gelir artışı, kişisel araç kullanımının artmasıyla birlikte özel araç kullanımına büyük ihtiyaç duyuracaktır. Bunun sonucu olarak kent çevreyi olumsuz etkileyecektir. Şehrin özel otomobil kullanımından kaynaklanan çevresel etkiyi azaltmak için şehrin ihtiyaç duyduğu yolculuk talep kapasitesini karşılaması için yeni toplu taşıma türleri önerilmektedir. Çalışmada, büyükşehir belediyesinden öngörülen ve önerilen yeni toplu taşıma modunu, çevreye, ekonomi açısından, kullanım kapasitesi ve müşterinin mod seçiminde rekabet edebilecek başka toplu taşıma türü ile karşılaştırmaktır.

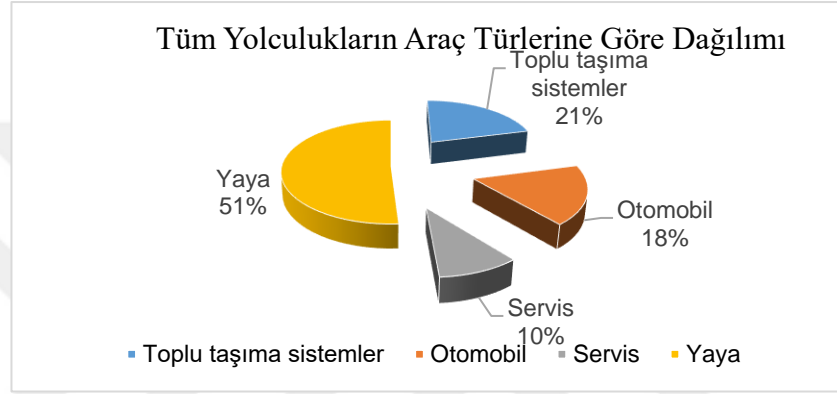
**Çizelge 3.1.** Erzurum ili nüfus projeksiyonları (TUIK ve EUAP 2012)

Yıl	Nüfus	Kaynak
2012	361,036	EUAP
2016	786,659	TUIK
2023	797,241	TUIK
2030	877,990	EUAP

### 3.1.2. Erzurum Kentsel Ulaşımı

2012 yılında Erzurum kentinde yapılan bir anket, Minibüs (Dolmuş) ve normal toplu taşıma sistemlerini içeren, toplu taşıma modu kullanım payının %21 olduğunu ortaya koymuştur. Özel araç modu kullanım payı%18 iken hizmet araç modu payı %10 olarak kaydedilmiştir. Yürüme modu paylaşımı da %51 olarak gösterilmiştir. (Erzurum raporları, EUAP ve Boğaziçi Şirketi). Erzurum kentindeki mevcut toplu taşıma sistemi, 2030 yılında tahmin edilen nüfus büyüklüğünde uygun hareket kabiliyeti sağlamak için

yeterli olmayacaktır. Bir ülkedeki ekonomik kalkınmanın neden olduğu nüfus büyüklüğü ve gelir düzeyindeki artış, insanlar tarafından sıkça kullanılan toplu taşıma kalitesini doğrudan etkileyecektir. Erzurum kentinde, 2030'da hane halkı için öngörülen gelir düzeyi yaklaşık 2,085,00 TL olacaktır (Erzurum Raporlar, 2012). Gelişmiş ülkelerdeki hane halklarının gelir düzeyleri, kullanılan toplu taşıma sistemlerinin kalitesi ile güçlü bir ilişki içindedir (Kanyama *et al.* 2005).



**Şekil 3.1.** Erzurum kentinde yolculukların araç türlerine göre dağılım (Erzurum raporlar 2012)

### 3.2. Yöntem

Büyük nüfus artışının devam ettiği metropol şehirlerindeki toplu taşıma sisteminin kalitesinin artırılması önemli bir yere sahiptir. Çalışma, genel yolcu memnuniyetini etkileyen toplu taşıma hizmet niteliklerine ve gelişmekte olan ülkelerdeki yolcu sayısını artırmak amacına odaklanmaktadır. Temel hedef, çoğunlukla müşterilerin memnuniyetini ve önemini belirleyen yolculuk özelliklerini keşfetmek ve tanımlamaktır. Bununla birlikte, iki alternatif toplu taşıma sistemlerinden birisini seçerek, müşterilerinin seçilen, en çok tercih edilen ve en uygun olabilecek türü kent için 2030 yılında yolcuların talebini karşılayacak birisini belirlemektedir. Aynı zamanda, banliyölerin tercih seçimini ve 2030 yılı hedefi için şehirdeki seyahat talebini karşılamak için uygun olabilecek iki alternatif toplu taşıma sisteminden birini seçebiliriz.

Mevcut toplu taşıma sistemi hizmet kalitesini değerlendirmek için, hedef yıl içinde müşterilerin tercih edilen toplu taşıma modunu araştırmak ve toplanan verileri analiz etmek için SPSS programı kullanılmıştır. Belirtilen memnuniyet seviyesi kullanılarak, yapısal eşitlik modelleme teknikleri (*YEM*) ile etkisini ölçmek ve yolcuların toplu taşıma sistemleri hizmet kalitesi ve genel sistem performansı ile memnuniyetini belirleyen yolculuk faktörlerinin değerlendirildiği bir model geliştirildi.

Yükselen ve artan Metrobüsün önemi, son 20 yılda, farklı özelliklere ve başarı seviyelerine sahip olan toplu taşıma türünün dünyada uygulanmasına neden olmuştur. Şehirlerde hareketlilik açısından, Metrobüs olumlu tepki gördü ve dünyadaki müşterilerin çekilmesini sağladı. Bu araştırmada, metropoliten alanlarda sıklıkla kullanılan Metrobüs ve Hafif Raylı sistemler karşılaştırılmıştır. Her bir ulaştırma sistemi modunun ekonomik maliyeti ile ilgili karşılaştırmalı analiz sunulmalı ve tartışılmalıdır. Bu zamanlarda, büyük şehirlerin çoğu sıfır karbon emisyon olan toplu taşıma sistemlerinin uygulanması planlanmaktadır. Her toplu taşıma sisteminin çevresel etkisi, mod seçim analiz aşamasında iyi ve somut bir karar almak için yeniden karşılaştırılacaktır. Araştırmada son olarak, şehirdeki toplu taşıma sistemlerinde müşterilerinin en çok tercih ettiği toplu taşıma türü ve ekonomik açıdan en uygun olan, çevre dostu olan araçlar Erzurum şehri için seçilmelidir.

Yolcular tarafından en uygun ve en çok tercih edilen toplu taşıma mod seçimini bulmak için bir anket ve çalışma analizi gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, müşterilerin toplu taşıma sistemi kullanılmasını yansıtan temel nitelikleri keşfetmek için, müşterinin ulaşım modu seçimini ve şehirdeki mevcut toplu taşıma sistemine duyulan memnuniyet oranlarını araştırmaktadır. Ayrıca, bu çalışma, kentin 2030 yılında incelenen toplu taşıma sistemlerinin türleri için çevresel etkileri değerlendirmesi üzerine odaklanmaktadır. Bununla birlikte, 2030 yılı için yeni toplu taşıma modu uygulandığında, şehirdeki özel araçların kullanımından geçiş yapan toplu taşıma modu paylaşımının tahmin edilen yüzdede oranını araştırmaktadır.

### 3.2.1 Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM)

Temel olarak bireyin yolculuk davranışı, yolculuk etkenleri olarak adlandırılabilir çeşitli gizli değişkenler (latent variables) üzerindeki tercihlerine bağlıdır. Bu gizli değişken faktörleri, diğer gözlenen değişkenlerine de bağlıdır. Toplu taşıma kullanımının genel olarak memnuniyeti, insanların hizmet kalitesi, konfor ve kişisel gibi yolculuk faktörlerine olan algılarına bağlıdır. Bu faktörleri analiz etmek için, Yapısal Eşitlik Modelleme teknikleri yaygın olarak yararlı ve uygun görülmektedir (Arbuckle *et al.* 1995). YEM teknikleri, birçok araştırmacı tarafından müşteri memnuniyeti analizi için yaygın olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada geliştirilen modelin, hizmet faktörleri arasındaki ilişkiyi araştırmak ve ulaştırma hizmetlerini geliştirebilecek uygun faktörleri belirlemek için ulaşım planlama sektörü ve diğer ilgili kurumlar için kullanılabilirliğini belirtmek önemlidir. Geliştirilmiş ulaşım hizmetleri, daha fazla insanın ilgi çekmesini sağlar. Buna ek olarak, trafik sıkışıklığını azaltır ve özel araç kullanıcıları tarafından toplu taşıma sistemlerinin kullanımına geçerek hava kirliliğindeki artışı azaltır.

Bu kullanılacak yöntemin amacı, Erzurum şehirdeki mevcut olan toplu taşıma sistemi için memnuniyet düzeyini analiz etmek ve araştırmaktır. Değerlendirmede, hizmet kalitesi, konfor ve personel faktörlerden oluşan genel memnuniyet analizine dayanmaktadır. Yapısal Eşitlik Modeli, yolculuk özelliklerinin değerlendirme teknikleri ve korelasyonları için geliştirilmiştir.

### 3.2.2 Önem-Performans Analizi (IPA) Yöntemi

Önem-Performans Analizi (IPA), ürün ve hizmetlerin ana nitelikleri üzerinde müşteri memnuniyeti algılamasının analizini içeren araştırma tekniklerinin ayrılmaz bir parçasıdır (Martilla and James 1977). IPA metodu ile sağlanan göstergeler, ihtimal gelişmelerin belirlenmesi için çok yararlıdır. IPA yöntemi, iyileştirme gerektiren hizmet kalitesinin temel unsurlarını belirlemek için kullanılır. Bu yöntemin ana hedefi iyileştirmenin tüm sistemin memnuniyetini artırmak için en büyük etkiye sahip olacağı alanları bulmaktır (Yang *et al.* 2011).

IPA yöntemi, yolcuların seçim yaparken kullandığı iki kriteri karşılaştırarak güçlü ve zayıf yönleri belirtir. İlk ölçütler niteliklerin önemi ile ilgilidir ve ikincisi toplu taşıma sistemlerinin hizmetlerinde sağlanan memnuniyet nitelikleri ile ilgilidir. IPA yöntemini kullanarak, toplu taşıma sistemi kullanıcılarının en önemli parametreleri ve onların memnuniyet oranlarının düşük olduğu parametrelerin belirlenmesi de mümkündür.

Şekil 3.2'e göre, IPA, dört Çeyrek oluşturan koordinat sisteminde (x eksenı önemi, y eksenı memnuniyeti) iki boyutlu matris olarak sunulmaktadır. Matrisin hücreleri, önem ve memnuniyet değerlendirilmesinin ortalama değerleri ile tanımlanmaktadır. Daha sonra iki çizgi, iki eksene paralel olarak tanımlanır (Önem eksenleri ve memnuniyet eksenleri).

Memnuniyet	Yüksek memnuniyet	<b>ÇII</b> Daha fazla odaklama yok	<b>ÇI</b> İyi çalışmaya devam et
	Düşük memnuniyet	<b>ÇIII</b> Düşük öncelikli	<b>ÇIV</b> Buraya odaklayın
		Az önemli	Çok önemli
		<b>Önem</b>	

**Şekil 3.2.** IPA yönteminde çeyrekler (Kadranlar)

Çeyrekler şu şekilde adlandırılır: ÇI İyi çalışmaya devam etmek, ÇII Daha fazla odaklanmamak, ÇIII Düşük öncelikli, ÇIV Burada odaklayın.

### 3.3. Anket Tasarımı

Anket, bireysel sosyo-ekonomik özelliklerin, çoğunlukla toplu taşıma modu tercihinin, toplu taşıma sistemlerinin hizmet kalitesi niteliklerinin memnuniyet oranlarının



belirlenmesi için tasarlanmıştır. Anket, sosyo-ekonomik özelliklerle ilgili değişkenlerden oluşmaktadır. Anket üç ana bölüme ayrılmıştır. İlk bölüm; cinsiyet, yaş, gelir, meslek, toplu taşıma modu kullanımı, toplu taşıma sisteminin düzenli kullanımı ile ilgili verileri toplamak üzere tasarlanmıştır. İkinci bölüm; yolcunun kentteki mevcut toplu taşıma sistemini algılamasına daha fazla odaklanmıştır. Mevcut toplu taşıma modlarının hizmet kalitesi, nitelikleri, önem ve memnuniyet oranlarının belirlenmesi şeklindedir. Kentten gelen mevcut toplu taşıma türlerinden 16 hizmet kalitesi niteliğinin belirlenmesi istendi. Üçüncü bölümde, 2030 yılı hedefi için Erzurum kentinde iki alternatif toplu taşıma modundan biri olan görüntü seçimi gösterildi. Yolcuların tercih ettiği toplu taşıma sisteminin görüntüsünü seçmeleri bekleniyordu. Ayrıca tercih seviyelerini, en az tercih edilen seviyeden başlayarak dört puanla değerlendirmeleri istendi. Bu çalışma aynı zamanda, özel otomobil kullanıcısının toplu taşıma araçlarına geçiş konusundaki istekliliğini araştırmaktadır (EK 1).

### 3.4. Örneklem Metodu

Bu araştırmada yapılan anket popülasyonu, şehirdeki yaşayanlar, toplu taşıma sisteminde düzenli olarak ya da sık sık kullanıcılardan toplanıp hesaplanmaktadır. Gerekli bilgileri toplamak için bir sayım yapmak her zaman kolay uygulanabilir bir seçenek değildir. Bu nedenle, bir örnek anket yapmak daha da arzu edilir. Pürüzsüz adımlarla toplanan etkin verileri elde etmek için örneklem alma yöntemine gereken önem verilmektedir. Nüfustan yeterli ve mantıksal örneklem büyüklüğü elde etmek için iki örneklem tekniği kullanılabilir. Olasılık Olmayan Örneklem ve Olasılık Örneklemesi (Franklin *et al.* 2003), olasılık olmayan örneklem, popülasyon birimlerini seçmek için rasgele olmayan yöntem kullanarak bir örnek seçmenin hızlı, kolay ve ucuz yolunu sağlar. Popülasyonun temsili örneklemine sağlamaz ve büyük yanlılık yaratabilir. Olasılık örneklemesi ise, olasılıksız örneklemeye göre daha karmaşık, zaman alıcı ve maliyetlidir. Bir popülasyondaki birimlerin rastgele seçilme olasılığına dayanarak seçilmesini ve dolayısıyla herhangi bir seçim yanlılığının önlenmesini içermektedir. Dolayısıyla, numuneden alınan sonuçların popülasyona genelleştirilmesi ve örneklem hatasının tahminleri ile birlikte güvenilir parametreler tahminleri üretilmesi mümkündür. Yukarıdaki tekniklerden, olasılık örneklem tekniği, bu araştırmada,

örneklemeyle ilgili gözlemlere dayalı olarak nüfus hakkında güvenilir bir çıkarım yapılmasına izin veren temsili bir örnek sağlamak için benimsenmiştir.

Anket yapılacak etkili bir örneklem büyüklüğünü sağlamak ve sürdürmek için bu çalışmada, anket popülasyonu coğrafi konut alanına dayalı homojen tabakalara bölünmüş kümeleme örneklem yöntemi kullanılmaktadır. Bağımsız, basit rastgele örnekler her ilçeden değiştirilmeksizin ve tekrar alınmayacak gibi seçilir. Bu, mümkün olan her büyüklükteki örneğin (n), anketin nüfusundan (N) seçilme şansı eşit olup, araştırmanın örneklem büyüklüğü Erzurumun üç ilçesinden nüfus büyüklüğü oranlarına göre anket toplanmaktadır (Yakutiye, Palandöken, Aziziye).

### 3.5. Anket Örnek Tasarımı

Anket araştırması, yolcuların yolcu seçim türünün tercihlerini ve kentteki mevcut toplu taşıma sistemi için memnuniyet oranlarını ölçmek için hazırlanmıştır. Bu araştırmanın hedeflenen nüfus, Erzurum ilinde toplu taşıma kullanıcılarının toplam sayısı olarak belirlenmiştir. Üç ilçede yaşayan halka yönelik yapılan bir araştırmadır (Yakutiye, Palandöken ve Aziziye).

Taahhüt yoluyla, %95 güvenilirlik aralığı ulaşımın örneklem anketinde sıklıkla varsayılmaktadır. Bu, tekrarlanan örnekleme anketinin %5 hata içinde olduğu anlamına gelmektedir. Anketin örneklem büyüklüğü, kentteki nüfus büyüklüğüne göre seçilmiştir. Özellikle, genel olarak düzenli ya da bazen toplu taşıma sistemlerinin kullanıcıları için örnek sayısı alınmıştır. Anket için, gerekli en az örneklem sayısını hesaplamak için aşağıdaki denklemler kullanılmıştır:

$$n = \frac{z^2 pq}{e^2} \quad (3.1)$$

Burada n = Kabul edilen örnekleme büyüklüğü (En az).

$Z^2$  = Güven aralığı (%95 güven aralığının için, z: 1.96).

P = Nüfusun oranı (örnekleme oranı).

q = 1-P

e = Örnekleme hatası (duyarlılık) (e: 0.05).

%95 güven aralığı ve düzeyinde çift yönlü güven aralığında standart normal değişken için Tablo değeri  $Z_{0,025} = 1.96$ . Örnekleme hatası = 0.05 ve yığın varyansı bilinmediğinden  $\sigma^2 = pq = 0.5*0.5 = 0.25$  olarak alındığında örneklem büyüklüğü aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2} = 384$$

Minimum örneklem büyüklüğünün yaklaşık olarak aynı sonuçların üstünde olup olmadığını kontrol etmek için başka bir denklem kullanılmıştır. Burada, (Johnson and Wichern 2007; Tyrinopoulos and Antinov 2008) tarafından kullanılan bir denklem, örnekleme sayısı belirlenmesi için göz önüne alınmaktadır.

$$\text{örneklem.büyükülüğü} = \text{nüf} \cdot \left[ \frac{1 + (\text{nüf} - 1) * d^2}{p(1 - p) * z^2} \right]^{-1} \quad (3.2)$$

Burada: nüf, nüfus büyüklüğüdür. Bu durumda toplu taşıma sistemlerinin ortalama günlük yolculuk oranı düşünüldü. p bir seçim seçme olasılığını ifade eden ondalık bir değerdir; d güven seviyesinin ortalama örnek hatası;  $z\alpha / 2$ , 100 (1- $\alpha$ ) % güven aralığına sahip Z değeridir (%95 güven aralığın için Z=1.96).

Sorularım için var olan bir önceki örnek yok, p için temsil eden 0.5 değeri kullanıldı. d için 0.05 değeri kullanıldı. Nüfusun örneklem büyüklüğü, şehirdeki toplu taşıma kullanıcıları olarak kabul edilmektedir. Erzurum'da yaşayan nüfusun yaklaşık 46%'sı toplu taşıma kullanıcıları ve 2017 yılı için kentteki nüfus sayısı 417,385 kişi olarak tespit edilmiştir (TÜİK). Yani yaklaşık 191,997 kişi düzenli olarak ve ara sıra günlük

toplu taşıma araçlarını kullanıyor demektir. Dolayısıyla, yukarıdaki denkleme uygulayarak örnekleme büyüklüğünün belirlenmesi aşağıdaki gibi bulmaktadır.

$$\text{örneklem.büyüklüğü} = 191,997.1 * \left[ \frac{1 + (191,997.1 - 1) * 0.05^2}{0.5(1 - 0.5) * 1.96^2} \right]^{-1} = 383.36$$

En düşük örneklem sayısı **383** olarak belirlenmiştir. Örneklem hatasını azaltmak amacıyla ve yapılacak anketin mantıksal güvenilirliğini kazanmak için örnek büyüklüğü kentteki üç ilçeye göre arttırılmalıdır.

### 3.5.1. Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi

Örneklem büyüklüğünün belirlenmesi, anket tahminlerinin kesinliği için çok önemlidir. (Richardson *et al.* 1995) göre, anket için gereken doğruluk ne kadar büyük olursa, örnekleme sayısının artmasına ihtiyaç olacak demektir. Örneklem büyüklüğü arttıkça örnekleme varyansı azalır. Uygun örnekleme büyüklüğünün, anket tahminlerinin arzulan keskinliğine, aşağıdakilerden daha fazlasıyla ifade edildiğine de dikkat edilmelidir: Kabul edilen standart hata, Örneklem hatası ve değişim katsayısıdır.

Anket tahminleri için kabul edilen örnekleme hatasının payı dikkate alınarak uygun doğruluk seviyesine karar vermek önemlidir. Anket tahminlerinin hassasiyetini etkileyen bir faktör örnekleme stratejisidir. Belirli bir doğruluk düzeyini sağlamak için gereken örnekleme büyüklüğü, tasarım etkisi (DEFF) ile çarpılmalıdır. Genelde DEFF, kullanılan örnekleme stratejisine dayanarak örneklem büyüklüğünü ayarlamak için kullanılan bir faktördür. Çoğunlukla basit bir rastgele örnekleme tasarımı için DEFF = 1, Tabakalı bir örnek tasarımı için DEFF ≤ 1 ve bir küme örnek tasarımı için DEFF ≥ 1'dir. Tasarım etkisinin değerine karar vermek, kümeleşmenin örnekleme varyansı üzerindeki etkisi hakkında önceden bilgi eksikliğinden dolayı kolay bir iş değildir. Bu durumda, en azından 2 tasarım etkisi kullanılabilir ve yüksek derecede kümeleşmiş tasarımın tasarım etkisi, 6 ila 7'ye kadar çıkabilir (Ahmed 2013).

Bu çalışmada DEFF tahmini bulunmadığından dolayı,  $DEFF > 1$ 'in (DEFF değerinin 2,5 olarak kullanılır) daha tutucu ve örnek büyüklüğü tahmini üretme etkisi olmalıdır. Şimdi örneklem tasarımının etkisi için örneklem büyüklüğünü ayarlayarak,  $n_2$ :

$$n_2 = DEFF \times n_1 \quad (3.3)$$

$$n_2 = 2.5 \times 384 = 960.$$

Bir anket cevaplama oranının %96 olduğu tahmin edilmektedir. Örnekleme anketi daha sonra son örnekleme büyüklüğünü belirlemek için ayarlanmıştır,  $n$ :

$$n = \frac{n_2}{r} \quad (3.4)$$

$$n = \frac{960}{0.960} = 1000$$

### 3.5.2. Güven Aralığı Hesaplanması.

1000 Örnekleme sayısını almak için güven aralığını hesaplamak gerekmektedir.  $\hat{P}$  Oranın  $p$ 'nin nokta tahmincisi olduğundan, tahminlerken oluşan  $\hat{P}$  hatasını  $E = |P - p|$  şeklinde tanımlayabiliriz. Bu hatanın  $p \cdot m_{z_{0.95}} * \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$  'dan küçük olduğunu yaklaşık 100 (1-a) % güvenle söyleyebiliriz (Özhan *et al.* 2017). Anket çalışmalarında,  $\hat{P} = 0.50$  örneklem oranının,  $P$  gerçek oranından 0.03099 değerini aşmayan miktarda farklı olduğunu %95 güvenle söyleyebiliriz.  $P$  örneklem oranının hakkında yaklaşık 95 % güven aralığı şöyledir:

$$p \cdot m_{z_{0.95}} * \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (3.5)$$

P örneklem oranı hatasının 0.469 ve 0.531 olduğunu belirlenmiştir.

E tahminlerin hatası,  $E = z_{0,95} * \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$  olduğunu belirleyerek ve P değeri 0,50 olarak, gerekli örneklem büyüklüğünü aşağıdaki gibi buluruz.

$$n = \frac{z^2 pq}{e^2} = \frac{1.96^2 * 0.50 * 0.50}{0.03099^2} = 1000.02$$

Güven seviyesinin artırılması için örnekleme hatası 0.03 alınmış ve toplam örneklem büyüklüğünün 1000 kişi olduğu tahmin edilmektedir. Anket şehirdeki üç ilçeden toplanacak ve her ilçeden toplanan her anketin kısmi sayısı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Her bölge için dikkate alınan örnek büyüklüğü sayısı.

İlçe	Nüfus	Toplan nüfus yüzdesi %	Örnekleme sayısı*
Aziziye	57,092	13.68	140
Palandoken	168,430	40.35	400
Yakutiye	191,863	45.97	460
<b>Total</b>	<b>417,385</b>	<b>100%</b>	<b>1000</b>

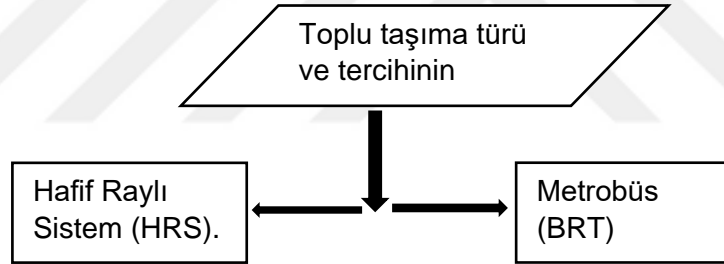
Kaynak: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt sistemi (ADNKS) sonuçları 2016. TÜİK. \* Örneklem büyüklüğü tüm ilçelerin nüfus sayısına göre dağıtılmıştır.

### 3.6. Araştırma Kapsamı

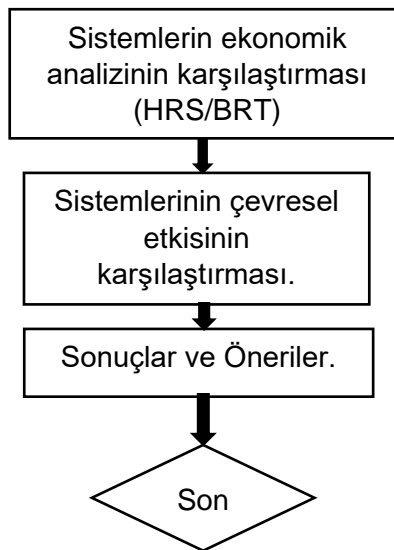
A. Toplu taşıma sistemlerinin önemi ve memnuniyet faktörleri araştırması.



B. 2030 yılında Yolcularının önerilen toplu taşıma sistemlerinin modu ve mod tercih seviyesi.



C. Önerilen Toplu Taşıma Modlarının, 2030 yılı için karşılaştırılması.



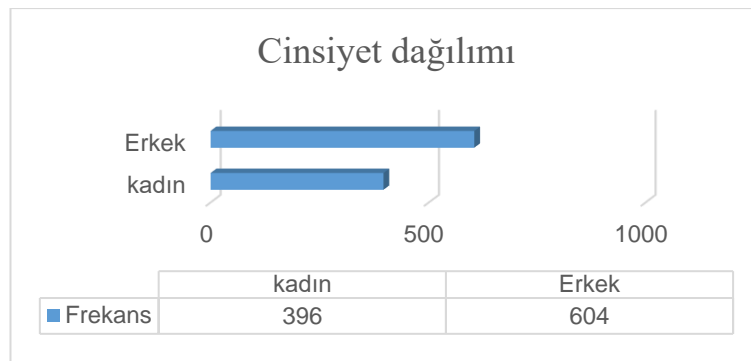
## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Anket Çalışmalarının Sonuçları

Erzurum ilinde, nüfus bakımından kentin oluşturduğu üç ilçede toplam nüfustan rastgele olarak seçilmiştir (N=1,000). Her ilçenin nüfus sayısı metodoloji bölümünde gösterilmiştir. Anketin tasarımı için 0.05 güven aralığı ile %95'lik bir güven seviyesi alınmıştır. Anket 10 sorundan oluşmaktadır. Hazırlanan anket verilerin toplanması 10 Ekim-15 Aralık 2017 tarihleri arasında Erzurum şehrinde yapılmış ve toplanmıştır. Bu anketin toplanması yaklaşık iki ay sürmüştür. Anket örneklemin sosyo-demografik bilgileri Şekil 4.1'de sunulmuştur.

#### 4.1.1. Anket Katılımcılarının Demografik Özellikleri

Anket çalışmalarının demografik özellikleri yaş grupları, cinsiyet ve toplu taşıma sistemlerinin düzenli kullanılması durumu ve değişkenleri ile incelenmiştir. Örneklem çalışmalarından kadın ve erkeklerin frekansı sırasıyla 396 ve 604 olarak tespit edilmiştir. Bu anketin çalışmasının %39,4'ü Kadın, %60,4'ünü de Erkek oldukları görülmüştür.



**Şekil 4.1.** Cinsiyet dağılımı

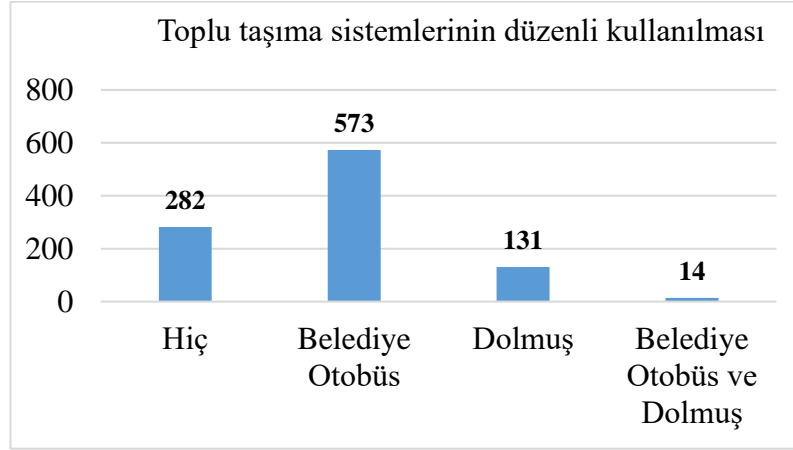


Çizelge (4.1)'de gösterildiği gibi yaş gruplarına göre anket katılımcıları yaş aralıklarının yüzdesi 15-19 (%14,2), 20-29 (%43,3), 30-39 (%23,6), 40-49 (%10,5), 50-59 (%4,9), 40-69 (%2,9), 70 ve üzerinde (%0,6) olduklarını tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Yaş dağılımı

<b>Yaş Grubu</b>	<b>Frekans</b>	<b>Yüzde</b>
15-19	142	14.2
20-29	433	43.3
30-39	236	23.6
40-49	105	10.5
50-59	49	4.9
60-69	29	2.9
+70	6	0.6
<b>Toplam</b>	<b>1000</b>	<b>100.0</b>

Yaş verilerine göre anket katılımcılarının çoğu 15-40 yaş arasındadır. Bu yaş, toplu taşıma sistemlerinin planlanması için aktif yaş olduğunu gösteriyor. Daha fazla insanın yaşlanması arttıkça yolcu davranışları ve hareketlilik de değişir. Yaşlı insanlar çok az toplu taşıma sistemleri kullanmakta ve genellikle evlerinde kalmaktadır. Bu çalışmada, anket katılımcılarının çoğu, daha gelişmiş bir toplu taşıma sisteminin çalışmaları için aktif kullanıcıları temsil ederek düşünülmüştür. Ankete verilerden, çoğu anket katılımcısının %57,3 oranında toplu taşıma sistemlerini düzenli olarak kullandığı, %28,2'sinin hiç kullanmadığı, %13,1'inin dolmuş kullanılmakta ve %1,4'ünün de belediye ya da dolmuş kullanıcısı olduğu görülmüştür (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2.** Toplu taşıma sistemlerinin düzenli olarak kullanılmasının incelenmesi

#### 4.1.2. Anket Katılımcılarının Sosyo-Ekonomik Özellikleri

Anket katılımcılarının sosyo-ekonomik özellikleri personel aylık gelir düzeyi, meslek dağılımı ve özel araba sahipliği değişkenleri ile incelenmiştir.

**Çizelge 4.2.** Personel aylık toplam gelir dağılımı

Gelir düzeyi	Frekans	Yüzde
OTL-500TL	263	26.3
500TL-1000TL	133	13.3
1000TL-1500TL	147	14.7
1500TL-2000TL	154	15.4
2000TL-3000TL	198	19.8
3000TL-5000TL	84	8.4
5000TL ve üzere	21	2.1
<b>Toplam</b>	<b>1000</b>	<b>100.0</b>

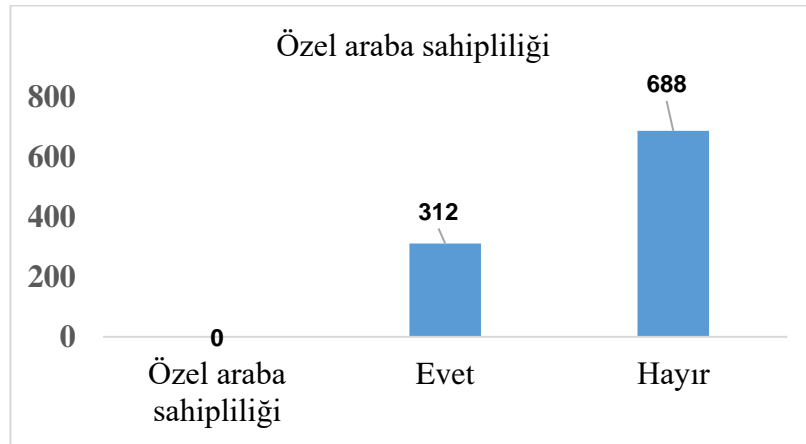
Anket katılımcılarının %26,3'ünün gelir düzeyi (Personel) 500 TL'nin altında, %13,3'ünün 500 TL-1,000 TL arasında, %14,7'si nin 1,000 TL-1,500 TL arasında çıkmıştır. Ayrıca katılımcılarının %15,4'ünün 1,500 TL-2,000 TL arasında, %19,8'nin 2,000 TL-3,000 TL arasında bir gelir düzeyi olduğu bulunmuştur. Kalan %8,4'ünün 3000 TL-5,000 TL arasında, kalan %2,1'nin de 5,000 TL ve üzeri bir gelir düzeyinde oldukları bulunmuştur (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.3.** Meslek dağılımı

Meslek	Frekans	Yüzde
Öğrenci	413	41.3
Devlet Çalışanı	132	13.2
Özel sektör Çalışanı	256	25.6
Ev hanımı	82	8.2
Emekli	55	5.5
Başka	62	6.2
Toplam	1000	100.0

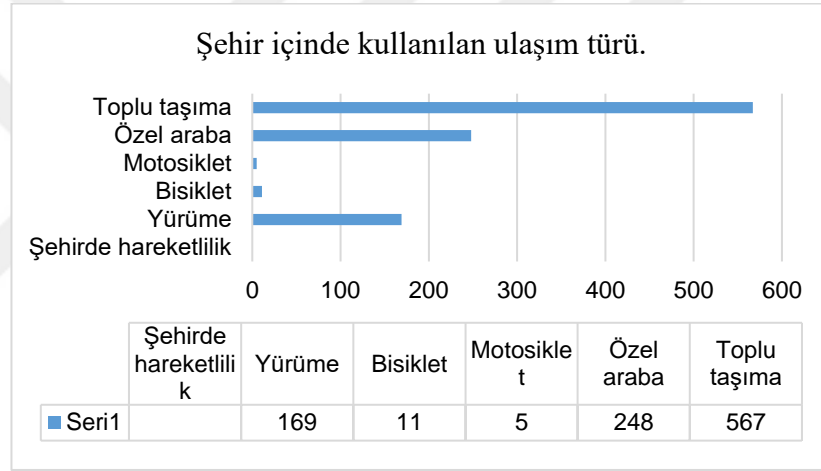
Kaynak: 2017 orijinal Anket verilerin hesapları

Aylık gelire göre, verilen verileri referans olarak anket katılımcılarının çoğunu 1,000TL ile 3,000TL arasında ortalama bir geliri olduğu bulunmuştur. Gelir toplu taşıma sistemlerinin kullanımını artırmak için önemli bir rol olduğunu belirtilmiştir. Düşük yolculuk ücreti, yolcu sayısını artırarak yolcuların ilgi çekmesini sağlamak için önemli bir faktördür. Anket katılımcılarının en büyük grubunu %41,3 ile öğrenciler oluşturmaktadır. Meslek gruplarında ikinci büyük grubu %25,6 ile özel sektör çalışanları oluşturmaktadır, %13,2 ile devlet çalışanları oluşturmaktadır. Anket katılımcıların %32,2'sinin özel araba kullanmakta, %68,8'sinin özel araba sahibi olmadıkları bulunmuştur. Şekil 4.3'de özel arabalar sahibi olanlar ve olmayan katılımcıları gösterilmektedir.

**Şekil 4.3.** Anket katılımcılarının özel araba sahipliliği

#### 4.1.3. Şehirde Yolculuk Ve Hareketlilik

Anket sonuçlarına göre, anket katılımcılarına şehirdeki mahallelerin birisine gitmek için hangi ulaşım türünü kullandıkları sorulmuştur. Anket katılımcılarının %17'sinin yürüyerek, %56,7'sinin toplu taşıma sistemini kullandığı, %25'nin özel araba, %1'inin bisiklet ve %0,5'i motosiklet kullandıklarını belirtmiştir (Şekil 4.4). Anket sonuçlarına göre, %56,7'sinin toplu taşıma kullanıcıları olduğu görülmektedir. Bu veriler, şehir için daha iyi bir toplu taşıma sisteminin planlanmasını teşvik etmektedir. Şehrin hareketliliği arttıkça verimli bir ulaşım sistemi türüne duyulan ihtiyaç artmaktadır.



**Şekil 4.4.** Şehirde kullanılan ulaşım türü

Kaynak: 2017 orijinal anket hesapları

#### 4.2. Verilerin Analizi (Önem ve Memnuniyet Faktörleri)

Hizmet kalitesi faktörlerinin analizi, anket katılımcıları tarafından değerlendirilmiştir. Derecelendirmiş faktörleri önem ve memnuniyet faktörlerini içermektedir. Toplu taşıma sistemi kullanıcıları ve kullanıcı olmayanlardan analiz edilen memnuniyet ve önem seviyesinin ortalama değeri, hizmet kalitesi faktörlerinin varyansları üst ve alt limitleri tanımlayan güven aralıkları Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de verilmiştir. Tahmin edilen güven seviyesi %95 olarak kabul edilmiştir. Yapılan çalışma, mevcut toplu taşıma sistemi için yolcu faktörlerinin önemini ve memnuniyet oranlarını belirleyen bir ölçeği analiz etmiştir.

**Çizelge 4.4.** Anket katılımcıları tarafından derecelendirmiş önem faktörleri

Kod	Hizmet kalitesi faktörleri	Derecelendirilmiş önem faktörleri			
		Ortalama	Varyans	Güven aralığı	
DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havalarından koruma)	4.6510	0.666	4.6004	4.7016
AT	Aracının temizliği.	4.5050	0.761	4.4509	4.5591
KID	Klima/Isıtıcı durumu	4.6090	0.601	4.5609	4.6571
KOK	Koltuk Konforu	4.3860	0,816	4.3300	4.4420
KOV	Toplu taşımada Koltuk varlığı.	4.4680	0.812	4.4121	4.5239
AFD	Aracın fiziksel durumu	4.3000	1.035	4.2369	4.3631
KAD	Kalabalık durumu	4.4560	1.019	4.3934	4.5186
TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans).	4.5350	0.824	4.4787	4.5913
YÜ	Yolculuk ücreti.	4.5300	0.994	4.4681	4.5919
PED	Personel davranışı.	4.4600	0.931	4.4001	4.5199
YOH	Yolculuk hızı	4.3640	0.922	4.3044	4.4236
BES	Bekleme süresi.	4.4590	0.905	4.4000	4.5180
DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik.	4.5140	0.889	4.4555	4.5725
TTD	Toplu taşıma dakikliği.	4.4830	0.776	4.4283	4.5377
YSG	Yolculuk süresinin güvenilirliği.	4.4900	0.847	4.4329	4.5471
ODBH	Bilgilendirme hizmetleri (Otobüs duraklarında servis bilgileri).	4.4380	0.987	4.3763	4.4997

**Çizelge 4.5.** Anket katılımcıları tarafından derecelendirmiş memnuniyet faktörleri

Kod	Hizmet kalitesi faktörleri	Derecelendirilmiş memnuniyet faktörleri			
		Ortalama	Varyans	Güven aralığı	
DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havalarından koruma)	2.4980	1.1714	2.4168	2.5792
AT	Aracının temizliği.	2.7930	1.536	2.7161	2.8699
KID	Klima/Isıtıcı durumu	3.2110	1.650	3.1313	3.3907
KOK	Koltuk Konforu	2.7980	1.479	2.7225	2.8735
KOV	Toplu taşımada Koltuk varlığı.	2.6680	1.579	2.5900	2.7460
AFD	Aracın fiziksel durumu	2.8340	1.422	2.7600	2.9080
KAD	Kalabalık durumu	2.1210	1.550	2.0437	2.1983
TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans).	2.6340	1.608	2.5553	2.7127

**Çizelge 4.5.** (devam)

YÜ	Yolculuk ücreti.	2.4220	1.696	2.3412	2.5028
PED	Personel davranışı.	2.6240	1.684	2.5435	2.7045
YOH	Yolculuk hızı	2.8200	1.519	2.7435	2.8965
BES	Bekleme süresi.	2.5640	1.519	2.4875	2.6405
DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik.	2.6150	1.743	2.5331	2.6969
TTD	Toplu taşıma dakikliği.	2.6800	1.627	2.6008	2.7592
YSG	Yolculuk süresinin güvenilirliği.	2.7400	1.552	2.6627	2.8173
ODBH	Bilgilendirme hizmetleri (Otobüs duraklarında servis bilgileri).	2.3900	1.798	2.3068	2.4732

#### 4.2.1. Yolcu Faktörlerinin Önem Düzeyi

Anket çalışması, Erzurum şehrinde mevcut olan toplu taşıma sistemi faktörlerinin önemini ve memnuniyet oranlarını analiz etmek için yapılmıştır. Anket katılımcıları, hizmet kalitesinin önemini ölçerek hizmetle ilgili algılarını 4,30 ile 4,65 arasında ortalama bir oranda ifade etmişlerdir. Anket sonuçlarda sağlanan tüm toplu taşıma hizmet faktörlerinin önemlerini ölçme durumunda, anket katılımcılarının önem seviyelerinde ortalama 4,4780 değerine vermişlerdir. Yani araştırmada verilmiş bütün önem faktörlerinin önemli oldukları anket katılımcıları tarafından bildirilmiştir.

#### 4.2.2. Yolcu Faktörlerinin Memnuniyet Düzeyi

Çalışmada, anket katılımcılarının şehirdeki faaliyet gösteren mevcut toplu taşıma sistemlerinden pek memnun olmadıkları görülmüştür. Tüm hizmet memnuniyeti faktörlerine ortalama 2,50 puan verilmiştir. Sadece Otobüslerdeki klima durumunun faktörü 3,20 puandır. Anket katılımcıları otobüslerdeki klima durumundan biraz memnun olduklarını ifade etmişlerdir.

Yüksek memnuniyet her zaman toplu taşıma sistemlerinin yüksek kullanımını getiriyor. Şehirde yapılan anketin sonuçlarını analiz eden görüşmeciler, 5 üzerinden 2,5 ile

memnuniyet seviyelerini ifade etmişlerdir. Anket katılımcıları şehirdeki faaliyet gösteren mevcut toplu taşıma sisteminden az memnun olduklarını söylemişlerdir. Fakat, Isıtma durumu faktöründen orta dereceli memnun olduklarını anlatmışlardır. Bu faktörü 5 puan üzerinden değerlendirilerek 3,20 puan vermişlerdir ve değerlendirilmiş faktörlerden en yüksek puan veren bu faktördür. Erzurum kenti kış mevsiminde çok soğuk olması nedeniyle, şehirde faaliyet gösteren otobüslerde Isıtıcı koşullarının sağlanması çok önemlidir.

#### 4.2.3. Toplu Taşıma Sistemi İçin Tek Yönlü Varyans Analiz Testi (One-Way Anova)

ANOVA, grup varyans analiziyle örneklerin heterojenlerini belirlemek için iki veya daha fazla örnekleri karşılaştırmak için kullanılan istatistiksel bir testtir (Sweis *et al.* 2013). Tek yönlü ANOVA, en az üç grubun arasında (F dağılımını kullanarak) karşılaştırmak için yaygın olarak kullanılır. Ankette, her bir toplu taşıma sistemi faktörü için, yanıt verenlerin algıları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek için, yanıt yönlü bir ANOVA analizi yapılmıştır. ANOVA analizinin sonuçları Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Tek yönlü Anova t-testi

Kod	Değişkenler	Cinsiyet		Yaş	
		Önem (anlamlılık)	Memnuniyet Anlamlılık	Önem (anlamlılık)	Memnuniyet Anlamlılık
DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma)	0.800	0.528	0.354	0.008
AT	Aracının temizliği.	0.266	0.834	0.844	0.066
KID	Klima/Isıtıcı durumu	0.749	0.784	0.383	0.150
KOK	Koltuk Konforu	0.194	0.633	0.752	0.512
KOV	Toplu taşımada Koltuk varlığı.	0.650	0.425	0.336	0.126
AFD	Aracın fiziksel durumu	0.316	0.275	0.520	0.592
KAD	Kalabalık durumu	0.151	0.720	0.471	0.000
TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans).	0.196	0.242	0.031	0.139
YÜ	Yolculuk ücreti.	0.554	0.026	0.177	0.000

**Çizelge 4.6.** (devam)

YOH	Yolculuk hızı	0.584	0.486	0.012	0.251
PED	Personel davranışı.	0.797	0.622	0.074	0.002
BES	Bekleme süresi.	0.646	0.507	0.000	0.015
DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik.	0.124	0.195	0.652	0.639
TTD	Toplu taşıma dakikliği.	0.699	0.229	0.521	0.114
YSG	Yolculuk süresinin güvenilirliği.	0.360	0.919	0.375	0.164
ODBH	Bilgilendirme hizmetleri (Otobüs duraklarında servis bilgileri).	0.163	0.611	0.118	0.027

ANOVA analizi sonuçları, toplumsal cinsiyet grubuna göre, toplu taşıma sistemlerinin kullanıcıları ve düzenli kullanıcı olmayanların, ankette sunulan tüm toplu taşıma faktörlerinin önemini hep birlikte kabul ettiklerini ortaya koymaktadır (P değeri>0.05). Diğer yandan, mevcut toplu taşıma sistemi faktörlerinin memnuniyet oranlarına göre, anket görüşmecileri arasında anlamlı bir fark yoktur (P değeri>0.05). Yaş gruplarına göre, anket görüşmecileri aşağıdaki faktörlere göre önem derecesine (P değeri <0.05) uyuşmamışlardır: Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans), yolculuk hızı ve bekleme süresi. Bazı insanlar bunu kendileri için çok önemli faktörler olarak görürken, diğerleri toplu taşıma sistemlerini kullanmayanlar için çok önemli değil. Yaş gruplarına göre, Toplu taşıma faktörlerinin memnuniyet oranları açısından, anket katılımcıları aşağıdaki faktörlere katılmamıştır (P değeri <0.05). Bu faktörler: Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma), aracının temizliği, kalabalık durumu, yolculuk ücreti, personel davranışı, bekleme süresi ve otobüs ve istasyonlarda servis bilgileri.

#### 4.2.4. Bağımsız Örneklem T Testi Kategorileri Arasındaki Ortalamaların Karşılaştırılması (Özel Araba Sahipleri Ve Sahip Olmayanlar)

Hem özel araba sahibi olanlar hem de sahip olmayanların ortalamaları karşılaştırılmaktadır. Her iki kategorinin ortalamaları aşağıdaki denklemde verildiği gibi eşit olduğu hipotezinde varsayılmıştır.

$$H_0 = \mu_{\text{Özel-araba-sahipleri}} = \mu_{\text{Özel-araba-sahibi-olmayanlar}}$$

$$H_a = \mu_{\text{Özel-araba-sahipleri}} \neq \mu_{\text{Özel-araba-sahibi-olmayanlar}}$$



Kategorize edilmiş gruplar arasında (özel araba sahipleri ve sahip olmayanlar) ortalamaların eşit olduğu varsayılmıştır. Yukarıdaki hipotezin kabul edilmesi durumunda, veri analizi yapmak için SPSS programı kullanılmıştır. Bağımsız bir örneklem t testi, fark varyansının varlığında ( $P$  değeri=0.007 <0.05) yolculuk hızı faktörü hariç faktörlerinin eşit olmadıklarını gösteren hiçbir ispat olmadığını ortaya koymuştur. Bu değişken için varyans farkının mevcut olduğunu gösteren hipotezi kabul ediyoruz (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7'den bağımsız örneklem t testinin sonuçları, Aracın temizliği, toplu taşımada geliş sıklığı, yolculuk ücreti ve bekleme süresi ile ilgili test istatistiklerinin  $P$  değerleri 0.024, 0.005, 0.001, 0.002 olarak gösterilmiştir. Bu değerler 0.05'ten küçük olduğu için, yukarıdaki değişkenler için her iki kategorinin ortalamaları eşit olduğu varsayılmış hipotezi reddediyoruz.

Yukarıda bahsedilen değişkenler arasında ortalama farkın varlığını gösteren alternatif hipotezi kabul ediyoruz. Test istatistikleri, Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma) faktörlerinde ortalama memnuniyet düzeyi, özel araba sahipleri için ( $M=2.5705$ ,  $SD=1.3255$ ), özel araba sahibi olmayanlardan ( $M=2.4651$ ,  $SD=1.3011$ ) daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Tüm kalan değişkenlerin verilerini görmek için Çizelge 4.7'e bakınız.

Çizelge 4.8'de tekrar toplu taşıma sistemlerinin önem düzeyi için bağımsız örneklem t testi gerçekleştirilmiştir. Faktörlerinin eşit olmadıklarını gösteren hiçbir ispat olmadığını ortaya koymuştur, fakat değişkenler farklılıklarının kabul edildiği faktörler: Duraklarda özellikler ve koruma, Toplu taşıma geliş sıklığı, Yolculuk ücreti, Bekleme süresi ve Aracın temizliği olarak bulunmuştur ( $P$  değeri <0.05). Test istatistikleri, duraklardaki özelliklerinin ortalama önem düzeyini, özel araba sahipleri için ( $M=4.6730$ ,  $SD=0.7794$ ), özel araba sahibi olmayanlardan ( $M=4.6026$ ,  $SD=0.8907$ ) daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

**Çizelge 4.7.** Kategorize gruplarda önem düzeyi ortalamaların karşılaştırılması bağımsız örneklem t testi (özel araba sahipleri ve sahip olmayanlar)

Kod	Değişkenler		Özel araba sahipliliği				
			S	Orta.	Stand.H	t	Anlamlılık (P)
DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma	Evet	312	2.5705	1.3255	1.180	0.238
		Hayır	688	2.4651	1.3011		
AT	Aracın temizliği.	Evet	312	2.8494	1.2081	0.968	0.333
		Hayır	688	2.7674	1.2531		
KID	Klima/Isıtıcı durumu	Evet	312	3.1474	1.2695	-1.054	0.292
		Hayır	688	3.2398	1.2912		
KOK	Koltuk Konforu	Evet	312	2.8686	1.1916	1.237	0.217
		No	688	2.7660	1.2264		
KOV	Toplu taşımada Koltuk varlığı.	Evet	312	2.6987	1.2573	0.520	0.603
		Hayır	688	2.6541	1.2571		
AFD	Aracın fiziksel durumu	Evet	312	2.8397	1.1425	0.103	0.918
		Hayır	688	2.8314	1.2151		
KAD	Kalabalık durumu	Evet	312	2.2532	1.2868	2.266	0.024
		Hayır	688	2.0610	1.2217		
TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans).	Evet	312	2.8013	1.3173	2.819	0.005

Çizelge 4.7. (devam)

YÜ	Yolculuk ücreti.	Hayır	688	2.5581	1.2384		
		Evet	312	2.6859	1.2896	4.354	0.000
PED	Personel davranışı.	Hayır	688	2.3023	1.2910		
		Evet	312	2.7051	1.3357	1.332	0.183
YOH	Yolculuk hızı	Hayır	688	2.5872	1.2795		
		Evet	312	2.7788	1.2952	-0.692	0.490
BES	Bekleme süresi.	Hayır	688	2.8387	1.2035		
		Evet	312	2.7404	1.2679	3.060	0.002
DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik	Hayır	688	2.4840	1.2088		
		Evet	312	2.5737	1.3058	-0.666	0.506
TTD	Toplu taşıma dakikliği.	Hayır	688	2.6337	1.3269		
		Evet	312	2.6859	1.2695	0.098	0.922
YSG	Yolculuk süresinin güvenilirliği.	Hayır	688	2.6773	1.2793		
		Evet	312	2.7756	1.2607	0.609	0.543
ODBH	Bilgilendirme hizmetleri (Otobüs duraklarında servis bilgileri).	Hayır	688	2.7238	1.2395		
		Evet	312	2.5032	1.3226	1.800	0.072
		Hayır	688	2.3387	1.3468		

**Çizelge 4.8.** Kategorize gruplarda memnuniyet düzeyi ortalamaların karşılaştırılması bağımsız örneklem t testi (özel araba sahipleri ve sahip olmayanlar)

Kod	Değişkenler		Özel araba sahipliliği				
			S	Orta.	Stand.H	t	Anlamlılık .(P)
DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma	Evet	312	4.6026	0.8907	-1.203	0.230
		Hayır	688	4.6730	.77948		
AT	Aracın temizliği.	Evet	312	4.4487	.95759	-1.303	0.193
		Hayır	688	4.5305	.83007		
KID	Klima/Isıtıcı durumu	Evet	312	4.5865	.77680	-0.617	0.537
		Hayır	688	4.6192	.77462		
KOK	Koltuk Konforu	Evet	312	4.4263	.88993	0.950	0.343
		No	688	4.3677	.90925		
KOV	Toplu taşımada Koltuk varlığı.	Evet	312	4.4712	.87064	0.075	0.941
		Hayır	688	4.4666	.91505		
AFD	Aracın fiziksel durumu	Evet	312	4.2821	1.0225	-0.376	0.707
		Hayır	688	4.3081	1.0157		
KAD	Kalabalık durumu	Evet	312	4.4006	1.0315	-1.168	0.243
		Hayır	688	4.4811	.99909		
TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans).	Evet	312	4.4551	.94779	-1.830	0.068

Çizelge 4.8. (devam)

		Hayır	688	4.5712	.88700		
YÜ	Yolculuk ücreti.	Evet	312	4.4135	1.0603	-2.407	0.016
		Hayır	688	4.5828	.96313		
PED	Personel davranışı.	Evet	312	4.4487	.93722	-0.249	0.804
		Hayır	688	4.4651	.97804		
YOH	Yolculuk hızı	Evet	312	4.2949	.98031	-1.534	0.125
		Hayır	688	4.3953	.95034		
BES	Bekleme süresi.	Evet	312	4.3237	1.0337	-2.894	0.004
		Hayır	688	4.5203	.90584		
DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik	Evet	312	4.4904	.93515	-0.533	0.594
		Hayır	688	4.5247	.94659		
TTD	Toplu taşıma dakikliği.	Evet	312	4.4263	.92536	-1.371	0.171
		Hayır	688	4.5087	.85987		
YSG	Yolculuk süresinin güvenilirliği.	Evet	312	4.4583	.93427	-0.733	0.464
		Hayır	688	4.5044	.91406		
ODBH	Bilgilendirme hizmetleri (Otobüs duraklarında servis bilgileri).	Evet	312	4.3750	.96085	-1.351	0.177
		Hayır	688	4.4666	1.0074		

### 4.3 Önem-Performans Analizi (IPA)Yöntemi

Bu yöntemdeki kullanılacak çeyrekler arasındaki sınırları bölüm 3'te açıklanmıştır. Ankette görüşülen kişilerden toplanan hem memnuniyet hem de önem düzeyi tahminlerinin ortalama değerlerinden bulunmuştur. Görüşülen kişiler tarafından tahmin edilen faktörlerin önem ve memnuniyet derecesi Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmektedir. Güven aralıkları, nüfus parametrelerinin muhtemel aralığını gösterir. Uygulamada, güven aralıkları tipik olarak %95 güven seviyesi olarak belirtilir. IPA yöntemini daha etkili hale getirmek için, koordinatlardaki servis kalitesi faktörlerinin yerini görmek için %95'lik güven aralığı kullanılır. IPA ile bütünleşmiş uyumluluk aralıkları, kullanılan örneklem büyüklüğüne dayanan güçlü ve zayıf yönleri belirlemeye yardımcı olmaktadır.

**Çizelge 4.9.** Hizmet kalitesi faktörlerinin önem düzeyi

Sıra No	Kod	Önem dereceleri belirleyen katılımcı sayısı	Önem düzeyi					Önem
			1	2	3	4	5	
1	DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma)	19	14	63	105	799	4.6510
2	AT	Aracının temizliği.	17	22	87	187	687	4.5050
3	KID	Klima/Isıtıcı durumu	12	14	67	167	740	4.6090
4	KOK	Koltuk Konforu	15	25	124	231	605	4.3860
5	KOV	Toplu taşımada Koltuk varlığı.	16	37	74	209	664	4.4680
6	AFD	Aracın fiziksel durumu	35	29	115	243	578	4.3000
7	KAD	Kalabalık durumu	38	26	79	156	701	4.4560
8	TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans).	26	20	71	159	724	4.5350
9	YÜ	Yolculuk ücreti.	41	22	60	120	757	4.5300
10	PED	Personel davranışı.	27	28	95	158	692	4.4600
11	YOH	Yolculuk hızı	24	27	120	219	610	4.3640
12	BES	Bekleme süresi.	28	25	85	184	678	4.4590
13	DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik.	29	22	79	146	724	4.5140
14	TTD	Toplu taşıma dakikliği.	20	18	89	205	668	4.4830
15	YSG	Yolculuk süresinin güvenilirliği.	21	27	91	163	698	4.4900
16	ODBH	Bilgilendirme hizmetleri (Otobüs duraklarında servis bilgileri).	31	33	85	169	682	4.4380

Güven aralığı hesaplaması için şu denklem kullanılmıştır (Özkan *et al.* 2017):

$$\bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4.1)$$

$T_{\alpha/2}$ 'nin güven seviyesine bağlı olduğu yerde. %95 güven seviyesinde ve 1000 örneklem ile, T dağılım tablosundan 1.96 olarak verilir. X örneklem ortalaması, S örneklem ortalamasının standart sapması, n örneklem büyüklüğüdür. Güven aralığı oluşturulduktan sonra öncelikle iyileştirilmesi ve toplu taşıma sisteminin kullanıcıları olmayanları etkileyen hizmet kalitesi faktörleri belirlenir. Şekil 4.6 için güven aralıkları şöyle verilir:

$$\bar{X} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}} = 4.5 \pm 1.96 * \frac{0.87123}{\sqrt{1000}} = 4.5 \pm 0.0539 = (4.4460, 4.5539) \quad (4.2)$$

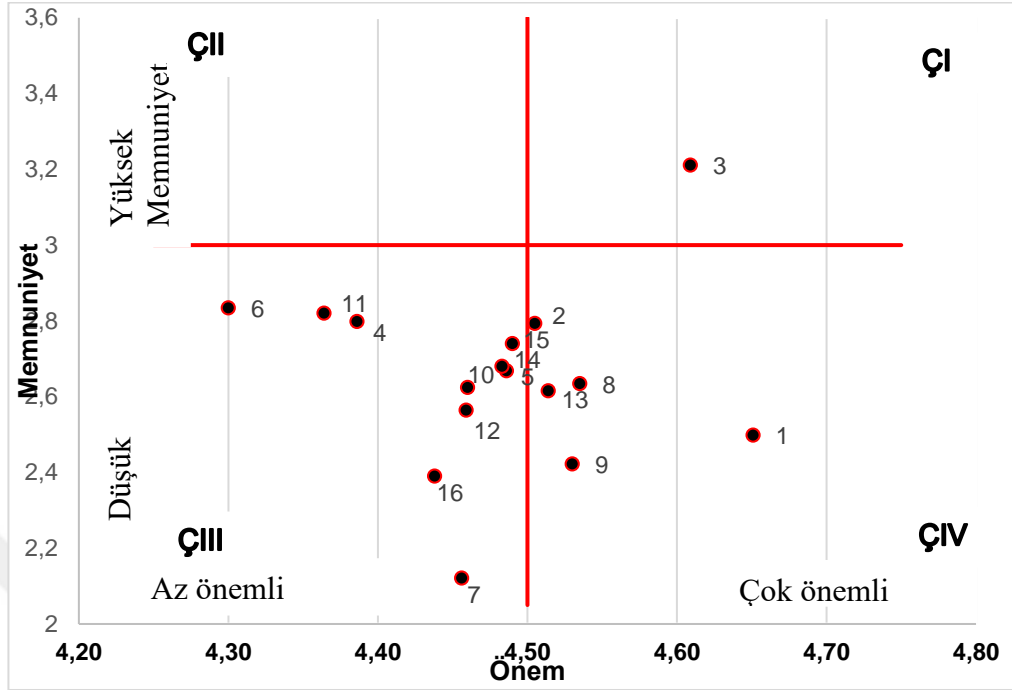
$$\bar{X} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{\sqrt{n}} = 3 \pm 1.96 * \frac{1.20}{\sqrt{1000}} = 3 \pm 0.0744 = (2.9256, 3.0744) \quad (4.3)$$

**Çizelge 4.10.** Hizmet kalitesi faktörlerinin memnuniyet düzeyi.

S	Kod	Memnuniyet derecelerini belirleyen katılımcı sayısı Memnuniyet düzeyi	Memnuniyet derecelerini belirleyen katılımcı sayısı					Mem.
			1	2	3	4	5	
1	DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma)	296	243	230	129	102	2.4980
2	AT	Aracının temizliği.	183	225	326	148	118	2.7930
3	KID	Klima/Isıtıcı durumu	116	195	249	242	198	3.2110
4	KOK	Koltuk Konforu	184	203	349	159	105	2.7980
5	KOV	Toplu taşımada Koltuk varlığı.	222	243	281	153	101	2.6680
6	AFD	Aracın fiziksel durumu	169	197	368	163	103	2.8340
7	KAD	Kalabalık durumu	444	201	212	76	67	2.1210
8	TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans).	246	220	283	156	95	2.6340
9	YÜ	Yolculuk ücreti.	329	224	235	120	92	2.4220
10	PED	Personel davranışı.	266	200	280	152	102	2.6240
11	YOH	Yolculuk hızı	183	205	332	169	111	2.8260
12	BES	Bekleme süresi.	246	252	276	144	82	2.5640
13	DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik.	266	224	254	141	115	2.6150
14	TTD	Toplu taşıma dakikliği.	230	228	280	156	106	2.6800
15	YSG	Yolculuk süresinin güvenilirliği.	206	212	327	146	109	2.7400
16	ODBH	Bilgilendirme hizmetleri (Otobüs duraklarında servis bilgileri).	348	234	209	98	111	2.3900

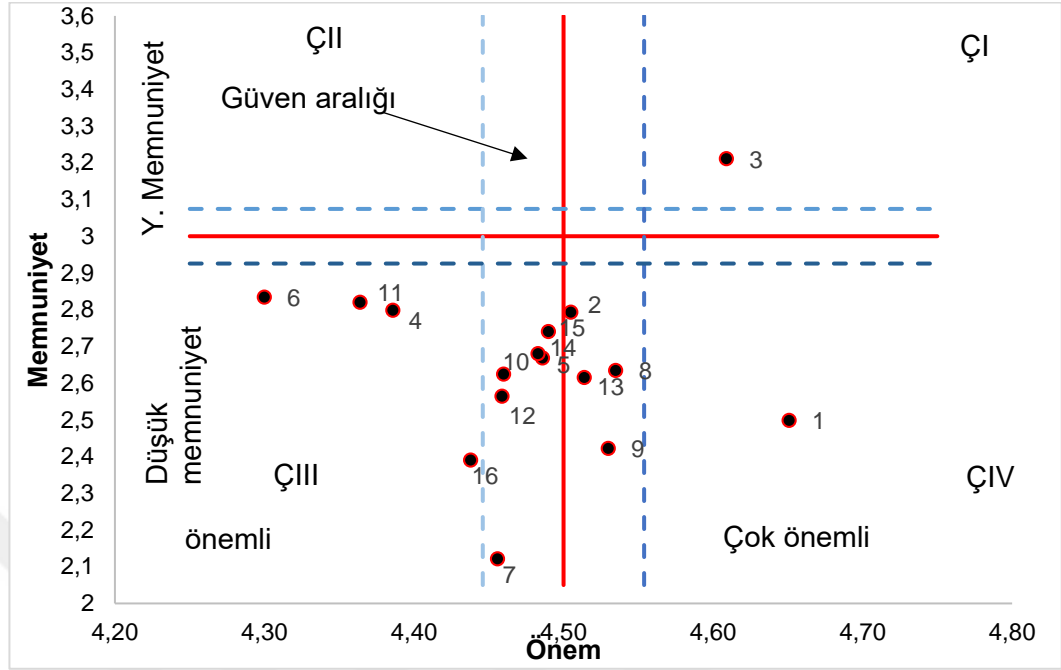
Hizmet kalitesi faktörleri 1'den 16'ya kadar olan rakamlarla ifade edilmiştir. Hizmet kalitesi faktörlerinin sayıları Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'dan alınmıştır. Çizelge 4.11, çok önemli olarak sınıflandırılmış ve müşteri memnuniyetinin düşük olduğu hizmet kalitesi faktörlerini göstermektedir (Sağ alt kadranda , çeyrek ÇIV). Müşteri memnuniyetindeki en büyük gelişme, çeyrek ÇIV'de bulunan hizmet kalitesi faktörlerinin geliştirilmesiyle sağlanabilir.





Şekil 4.5. Çeyrek başına dağıtılan ve gösteren hizmet kalitesi faktörleri

Öncelikli önem hizmet kalitesi faktörlerini seçmede bir hatayı önlemek için güven aralığı tanıtılmıştır. Güven aralığı %95 olarak uygulanır ve uygulama sonuçları Şekil 4.6'de gösterilmiştir. Güven aralığında olan hizmet kalitesi faktörleri Şekil 4.6'de gösterilmiştir. Yeni bir anket örneği yapılırsa, bu faktörlerin bir kısmı komşu ve bitişik kadrarlardan birinde bulunabilir. Çeyrek QIV'ye geçme potansiyeline sahip olan faktörler, 5 (Toplu taşıma koltuk varlığı), 7 (Kalabalık durumu), 10 (Personel Davranışı), 12 (Bekleme Süresi), 14 (Toplu taşıma dakikliği), 15 (Yolculuk süresinin güvenilirliği) olarak belirlenmiştir. Bunların faktörleri güven aralığı alanında yerlerinden dolayı geçme potansiyeline sahip olmaktadır. İstasyonlardaki sığınma ve koruma ilgili hizmet kalitesi faktörü (1), %95 olasılıkla çeyrek dördte kalacaktır. Bu çalışmanın analizine göre, eğer karar vericiler toplu taşıma kullanıcılarının memnuniyet seviyesini iyileştirmek istiyorsa öncelikle İstasyonlardaki sığınma ve koruma ilgili hizmet faktörü üzerinde çalışmalıdırlar. Bu soru, belirlenen toplu taşıma hizmetinin kalite faktörlerinin iyileştirilmesinin, tüm ulaştırma sisteminin stratejik hedeflerine katkıda bulunup bulunmayacağını göstermektedir.



**Şekil 4.6.** Hizmet kalitesi faktörlerinin güven aralıklarının tanıtımı

Toplu taşıma sistemlerine sunulan hizmet kalitesinin iyileştirilmesi hem mevcut sistem kullanıcılarını koruyabilir hem de yeni toplu taşıma sistemi kullanıcılarının ilgi çekmesi sağlanabilir. Özel araba sahibi olanlar tarafından toplu taşıma sistemini kullanma kararı, ulaşım sistemlerinde yüksek hizmet kalitesinin sağlanmasına bağlıdır. Çizelge 4.11’de, toplu taşıma sistemi kullanıcıları için yüksek öneme ve düşük memnuniyet düzeylerine sahip olan faktörlerini göstermektedir. Bu faktörler, toplu taşıma sistemlerinin daha iyi kullanılması ve sistemdeki kullanılan yolcuları artırmak için iyileştirmeye ihtiyaç duymaktadır.

**Çizelge 4.11.** Geliştirilmesi gereken hizmet kalitesi faktörleri

S	Kod	Hizmet kalitesi faktörler
1	DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma)
2	AT	Aracının temizliği
8	TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans)
9	YÜ	Yolculuk ücreti
13	DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik.

#### 4.4. Yapısal Eşitlik Modeli

YEM tekniği, farklı araştırma alanlarında ve müşteri memnuniyeti analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ulaştırma alanında, birçok araştırmacı toplu taşıma sistemleri kullanımının yolcu memnuniyet oranlarını araştırmak için toplu taşıma çalışmalarını araştırmada kullanmıştır. Yıllar boyunca, LISREL (Joreskog *et al.* 2001) ve AMOS (Arbuckle *et al.* 1995) gibi farklı yazılım paketleri hızlı bir şekilde geliştirilmiştir. Bu bağlamlarda SEM tekniklerinin kullanımını ve uygulamasını büyük ölçüde mümkün kılmıştır. SEM tekniği iki ana bölümden oluşmaktadır: (a) Gizli değişkenleri modeli , içsel ve dışsal gizli değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklayan ve bu değişkenler arasındaki etkilerin hem yolunun hem de mukavemetinin doğrudan değerlendirilmesini sağlayan bir örtük değişken modelidir. (b) Gizli ve gözlenen değişkenler arasındaki korelasyonu çizen ölçüm modelidir. Yukarıda tarif edilen her iki model de bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklayan temel denklemlerden oluşmaktadır (Bollen 1989).

##### 4.4.1. Memnuniyet Faktörleri İçin Açıklayıcı Faktör Analizi

Bir Keşif Faktör Analizi (EFA) içerdiği gizli yapıları tanımlamak için servis göstergesinin kalitesi üzerinde gerçekleştirilir. Bu faktör, hata şartları arasında eş varyasyonların eklenip eklenmeyeceğini düşünmek için hesaplanan bir prensibi kullanır. Hooper *et al.* 2008 tarafından tanımlanan model uyum indeksleri, parça hatası terimleri arasındaki eş varyansa izin vermenin analizin uygunluğunu iyileştirme derecesini göstermek için kullanılmıştır. Tanımlanan yapıların birbiriyle ilişkili olmasını sağlamak için doğrudan oblimin rotasyonuna sahip bir Temel Bileşen Analizi (PCA) kullanılmaktadır (Field, 2009). Ölçek teşhisleri ayrıca, Kaiser Meyer Olkin (KMO) örnekleme yeterliliği testi, Bartlett'in küresellik testi ve Cronbach's alpha (a) iç tutarlılık testi ile hesaplanmıştır. Sonra, faktörleri analizinin sonuçları, AMOS ve Lisrel Programları kullanılarak bir Doğrulayıcı Faktör Analizinde (CFA) değerlendirilmiştir. Doğrulayıcı Faktör Analizin sonuçları Çizelge 4.12'de sunulmuş olup, aşağıda verilmiş çizelge sonuçlar hizmet ölçüm kalitesinde üç gizli değişken (Latent variables) yapının

bulduğunu gösterir. Bu yapıların her biri, 0.4'den fazla bir yapı yüklemesi, ölçeğinde açıkladığı toplam varyans (TV) ve Cronbach'ın iç tutarlılık alfa ölçüsüne ( $\alpha$ ) sahip olan fikir beyanları ile tanımlanır.

**Çizelge 4.12.** Gizli değişkenleri ile hizmet göstergelerinin kalitesinin Temel Bileşen analizi, yükleme oluşturma (KMO: 0.927, Bartlett'in: 5026.221, p-değeri: 0.000).

Kod	Memnuniyet faktörleri	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
	Hizmet kalitesi: Hizmet Alfa=0.834 TV=37.44			
BES	Bekleme süresi	<b>0.722</b>	0.058	0.242
TTD	Toplu taşıma dakikliği	<b>0.711</b>	0.266	0.098
YÜ	Yolculuk ücreti	<b>0.641</b>	0.108	0.129
TTGS	Toplu taşıma geliş sıklığı (Frekans)	<b>0.615</b>	0.057	0.330
YOH	Yolculuk hızı	<b>0.606</b>	0.226	0.205
PED	Personel davranışı	<b>0.583</b>	0.318	0.149
YSG	Yolculuk süresinin güvenilirliği.	<b>0.569</b>	0.446	0.076
ODBH	Bilgilendirme hizmetleri (Otobüs ve duraklarında servis bilgileri).	<b>0.429</b>	0.264	0.236
	Hizmet kalitesi: Konfor Alfa=0.741 TV=44.92			
KID	Klima/Isıtıcı durumu	0.176	<b>0.764</b>	0.033
AT	Aracının temizliği.	0.143	<b>0.707</b>	0.322
KOK	Koltuk Konforu	0.151	<b>0.555</b>	0.467
DEG	Duraklarda emniyet ve güvenlik.	0.464	<b>0.520</b>	0.068
DÖZ	Duraktaki özellikler (Soğuk havadan koruma)	0.364	<b>0.371</b>	0.196
	Hizmet kalitesi: Kişisel Alfa=0.637 TV=51.18			
KOV	Toplu taşımada Koltuk varlığı.	0.206	0.209	<b>0.734</b>
KAD	Kalabalık durumu	0.408	-0.51	<b>0.665</b>
AFD	Aracın fiziksel durumu	0.131	0.341	<b>0.611</b>

#### 4.4.2. Hipotez

Bu bölümde geliştirilen model, mevcut otobüs hizmetinin kullanıcının memnuniyeti üzerindeki etkisini tahmin etmektedir. Model aşağıdaki iki hipotez ile test edilmiştir.

- Memnuniyet hizmet kalitesinin tüm 16 yolculuk değişkenleriyle hizmet, Konfor ve personel ( kişisel) gibi hizmet kalitesi faktörleri olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.7).

- Genel memnuniyet, Hizmet Kalitesi, Konfor ve personel değişkenleri olarak ifade edilebilir (Şekil 4.7).

Model verilerin tahminleri Erzurum şehrinde 2017 Ekim ayı ortasından Aralık ayı ortasına kadar yapılan bir anket ile toplanmıştır.

#### 4.4.3. YEM Genel Yapı Modellemesi

Bu çalışmada tahmin edilen *YEM* Modeli (Şekil 4.7)'de gösterilmiştir. Bu model için gözlenen değişkenler, toplu taşıma algılanan hizmet kalitesinin 16 göstergelidir. Bunların göstergeler anketinde bir ile beş arasında derecelendirilmiştir. Göstergeler anketinde ölçülen beş ölçekle temsil edilmektedir. Varsayılan gizli değişkenler, gözlemlenmemiş kalite yönleridir. Gizli değişkenler ana bileşen analizi şeklinde sunulmuştur. Analiz için, özdeğerden büyük veya bire eşit olan toplam üç faktör dikkate alınmıştır. Tanımlanmış örtük değişkenler arasında:

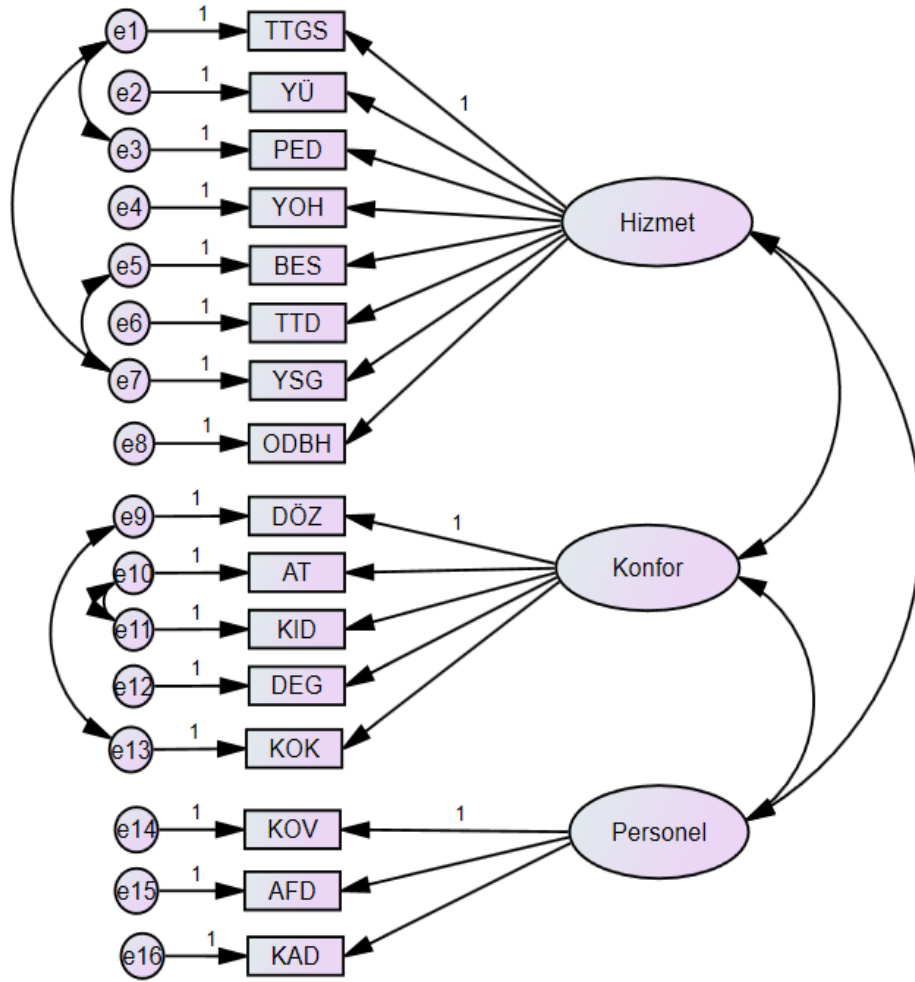
- **Hizmet** : Toplu taşıma geliş sıklığı (TTGS), Yolculuk ücreti (YÜ), Yolculuk hızı (YOH), Bekleme süresi (BES), Toplu taşıma dakikliği (TTD), Yolculuk süresinin güvenilirliği (YSG), Personel davranışı (PED), Otobüs ve otobüs duraklarında bilgilendirme hizmetleri (ODBH).
- **Konfor**: Aracın temizliği (AT), Klıma/ısıtma durumu (KID), Koltuk konforu (KOK), Duraklarda emniyet ve güvenlik (DEG), Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma) (DÖZ).
- **Personel (Kişisel)**: Toplu taşımada koltuk varlığı (KOV), Aracın fiziksel durumu (AFD), Kalabalık durumu (KAD).

Üç tanımlanmış dışsal gizli değişkenleri içsel gizli değişkenlerle ilişkilendirmek için, genel toplam memnuniyet örtük değişkeni kullanılmıştır.

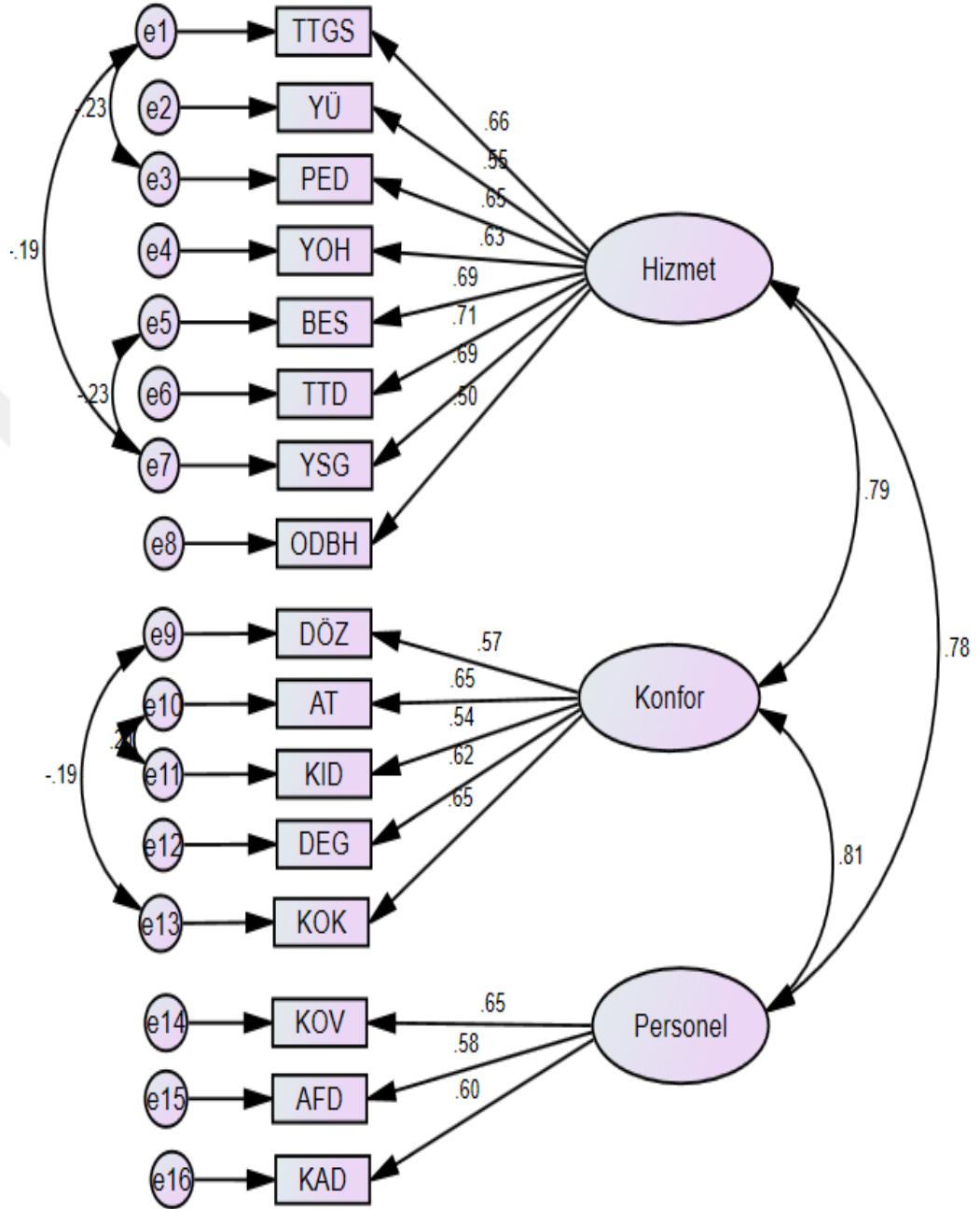
#### 4.4.4. Tüm Anket Katılımcılar İçin Ölçüm Modeli

Doğru bir model elde etmek için çeşitli modeller yapılmıştır. Yapılan modellerden kabul edilen model aşağıdakileri içermektedir:

- Gözlemlenen içsel değişkenler: Toplu taşıma geliş sıklığı (TTGS), Yolculuk ücreti (YÜ), Yolculuk hızı (YOH), Bekleme süresi (BES), Toplu taşıma dakikliği (TTD), Yolculuk süresinin güvenilirliği (YSG), Personel davranışı (PED), Otobüs ve otobüs duraklarında bilgilendirme hizmetleri (ODBH), Aracın temizliği (AT), Klıma/ısıtma durumu (KID), Koltuk konforu (KOK), Duraklarda emniyet ve güvenlik (DEG), Duraktaki özellikler (Soğuk havalardan koruma) (DÖZ), Toplu taşımada Koltuk varlığı (KOV), Aracın fiziksel durumu (AFD), Kalabalık durumu (KAD).
- Gözlemlenmemiş dışsal değişkenler: Hizmet, Konfor ve Personel gibi olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.7. Tüm katılımcılar için önerilen model (Ölçümler ve gizli Model)



**Şekil 4.8.** Memnuniyet göstergeleri için hizmet kalitesinin doğrulayıcı faktör analizi ( $\chi^2$ : 377.039; df = 96; GFI: 0.954; AGFI: 0.934; CFI: 0.943; RMSEA: 0.054).

Çizelge 4.13, gözlemlenen ve gözlemlenmemiş değişkenler arasındaki tüm ve tam korelasyon için ölçüm çıktı modelinin tahminlerini vermektedir.



Çizelge 4.13. Ölçüm modeli için tahminler.

Gözlenen değişkenler	Gizli değişkenler	Tahmin	St. Tahmin	S. Hatta	K. B	P	Hata
TTGS	Hizmet	1	0.66			*	0.92
YÜ	Hizmet	0.86	0.55	0.057	15.27	*	1.18
PED	Hizmet	1.01	0.65	0.064	15.90	*	0.98
YOH	Hizmet	0.94	0.63	0.055	17.07	*	0.91
BES	Hizmet	1.02	0.69	0.056	18.07	*	0.80
TTD	Hizmet	1.08	0.71	0.058	18.66	*	0.82
YSG	Hizmet	1.04	0.69	0.061	17.08	*	0.80
ODBH	Hizmet	0.80	0.50	0.051	13.94	*	1.35
DÖZ	Konfor	1	0.57			*	1.17
AT	Konfor	1.00	0.65	0.075	14.46	*	0.88
KID	Konfor	0.93	0.54	0.073	12.71	*	1.17
DEG	Konfor	1.10	0.62	0.078	14.06	*	1.08
KOK	Konfor	1.07	0.65	0.079	13.57	*	0.85
KOV	Kişisel	1	0.65			*	0.91
AFD	Kişisel	0.85	0.58	0.059	14.43	*	0.94
KAD	Kişisel	0.91	0.60	0.062	14.65	*	1.00

**Hizmet Kalitesi (HK)**

HK = 0.66 *(Toplu taşıma geliş sıklığı) + 0.92,	R <sup>2</sup> = 0.430
HK = 0.55 *(Yolculuk ücreti) + 1.18,	R <sup>2</sup> = 0.305
HK = 0.65*(Personel davranışı) +0.98,	R <sup>2</sup> = 0.419
HK = 0.63 *(Yolculuk hızı) +0.91	R <sup>2</sup> = 0.398
HK = 0.69 *(Bekleme süresi) +0.80,	R <sup>2</sup> = 0.472
HK = 0.71 *(Toplu taşıma dakikliği) +0.82	R <sup>2</sup> = 0.498
HK = 0.69* (Yolculuk süresinin güvenilirliği) +0.80,	R <sup>2</sup> = 0.483
HK = 0.50*(Bilgilendirme hizmetleri) +1.35	R <sup>2</sup> = 0.246

**Konfor (K).**

K = 0.57*(Duraklarda özellikler) +1.17	R <sup>2</sup> = 0.319
K = 0.65*(Aracının temizliği) +0.88	R <sup>2</sup> = 0.424
K = 0,54*(Klima/ısıtıcı durumu) +1.17	R <sup>2</sup> = 0.288
K = 0.62*(Duraklarda emniyet ve güvenlik) +1.08	R <sup>2</sup> = 0.379
K = 0.65*(Koltuk konforu) +0.85	R <sup>2</sup> = 0.424

**Kişisel (Personel).**

P = 0.65*(Toplu taşımada koltuk varlığı) +0.91	R <sup>2</sup> = 0.422
P = 0.58*(Aracının fiziksel durumu) +0.94,	R <sup>2</sup> = 0.340
P = 0.60*(Kalabalık durumu) +1.00,	R <sup>2</sup> = 0.354

#### 4.4.6. Tüm Katılımcılar İçin Örtük Ve Gizli Model

Tüm katılımcıların örtük modeli, hizmet kalitesi, konfor ve kişisel olan faktörlere karşılık gelmektedir. Tüm bu üç faktör, genel olarak toplu taşıma sistemi kullanımının memnuniyeti getireceği düşünülmüştür ve kabul edilmiştir. Genel memnuniyet aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\text{Genel Memnuniyet} = 0,69 * (\text{Hizmet}) + 0,55 * (\text{Konfor}) + 0,67 * (\text{Kişisel}) \quad (4.4)$$

Yukarıdaki bu denklemden genel memnuniyet, hizmet kalitesi, konfor ve kişisel faktörlerden olumlu yönde etkilenir. Onların  $\beta$  değerleri sırasıyla 0,69, 0,55 ve 0,67 olarak bulunmuştur. Bu, yukarıdaki faktörlerden birindeki artışın toplu taşımacılığın genel memnuniyetinde olumlu ve kabul edilebilir bir artışa yol açacağını göstermektedir. Genel memnuniyet, örtük değişkenlerin (Hizmet, Konfor ve Kişisel) artışıyla artmaktadır. Sonuç olarak bu artış, şehirdeki toplu taşıma sistemlerinde bir yolcu artışına yol açacaktır ve daha çok yolcularını ilgi çekmesini sağlayacaktır.

#### 4.4.7. Model İçin Uygunluk Testinin İyiliği

Bu modeldeki testin sonuçları ve elde edilen endeks değerleri, yani GFA, AGFI ve CFI, aşağıdaki Çizelge 4.14'de gösterildiği gibidir. Gözlenen endekslerin çoğu, modelin izin verilen değerleriyle sınırlandırıldıkları için standart değerlere dayanarak kabul edilebilir önem seviyelerini göstermektedir. RMR ve RMSEA indeksleri, düşük ve kabul edilebilir aralıkta olduğu için anlamlı ve önemli bir istatistiksel seviye göstermektedir. Model, Erzurum şehrinde sunulan toplu taşıma hizmetini iyileştirmekle birlikte gelişmekte olan yönlerin araştırılmasında kullanılmak üzere uygun olabilmektedir.

**Çizelge 4.14.** Uyum iyiliği endeksleri

No	Uyum ölçütleri	Ölçme modelinin sonuçları	Kabul edilen uyum
1	Ki kare/ serbest derecesi	3.927	$\leq 5.00$
2	Uyum iyiliği indeksi (GFI)	0.954	$\geq 0.90$
3	Düzeltilmiş Uyum iyiliği indeksi (AGFI)	0.934	$\geq 0.90$
4	Karşılaştırılmalı uyum indeksi (CFI)	0.943	$\geq 0.90$
5	Temel ortalama kare kalıntı (RMR)	0.062	$\leq 0.10$
6	Temel ortalama kare hatası (RMSEA)	0.054	$\leq 0.08$

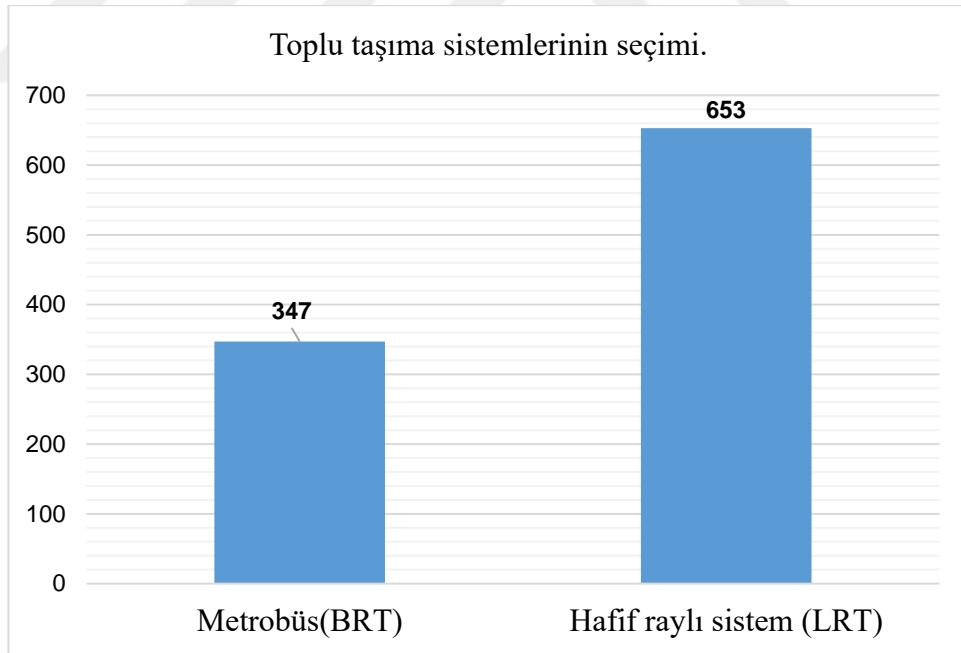
#### 4.5. Toplu Taşıma Sistemlerinin Model Seçimleri

Şehirler, etkili bir toplu taşıma sisteminin kritik bir rol oynadığı modern ekonomilerin üretken merkezleri olarak kabul edilmektedir. Erzurum ili için, tercih edilen toplu taşıma sistemi türünü seçmek üzere anket katılımcılarına iki benzer yeni toplu taşıma türü sunulmaktadır. Katılımcılara, toplu taşıma sistemlerinin iki alternatif görüntüsünden birinin seçilmesi önerilmiştir. Her bir sistem için hizmet kalitesi özelliklerine göre model seçim analizi incelenmiş, fakat model tercihi ve seçimine olan bağlantı belirlenememiştir. Mulley *et al.* 2014'in çalışmalarından önce, fiziksel araç görüntülerinin deneysel tasarımın bir parçası olarak kullanıldığını bildiren bir çalışma yoktur.

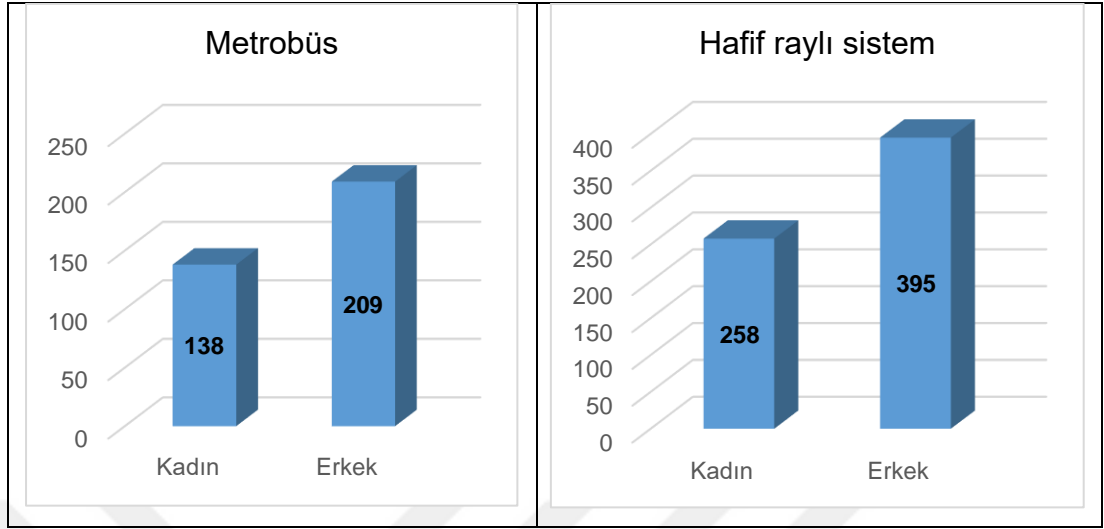
Hem toplu taşıma kullanıcıları hem de kullanıcı olmayanlar için fiziksel imajı, tercihlerin oluşumu üzerinde güçlü bir etken olarak görülmektedir. Anket katılımcıları tarafından seçilen en çok tercih edilen ulaşım sistemi görüntüsünü belirlemek için Erzurum ilinde yapılan çalışmalarda metrobüs ve HRS görüntüsü ve modelleri üzerinde bir inceleme derecelendirilmiştir. Metrobüs ve HRS görüntülendiği ankette sağlıklı bir değerlendirmek için özel bir şerit kullanılmıştır (Ek 1). Manzara, diğer şeritlerde trafik ve istasyonların düzeni sabit olarak tutulmuştur. Veriler, bireylerin iki tasarım görüntüsünü, metrobüs ve hafif raylı sistemleri puanladıkça anket katılımcılarından toplanmıştır. Katılımcılara metrobüs ve hafif raylı sistemler ile ilgili iki ifade

gösterilmiş, ayrıca en çok tercih edilen ve en az tercih edilen ifadeleri belirtmeleri istenmiştir. Görüntüleri sabit bir imaj olarak gösterilmiştir (Ek A), sonunda anket katılımcıları onların tercih edilen toplu taşıma sistemini seçip derecenlendirmişlerdir.

Toplanan verilerin analizinden anket katılımcılarının %34,7'si metrobüs sistemini seçmişken , %5.3'ü hafif raylı sistemi seçmişlerdir (Şekil 4.8). Toplu taşıma sistemini seçmesi ve tercih etmesi, her iki sistem için başka açıklamalara başvurmadan görüntüye bağlıdır. Her iki toplu taşıma görüntüsü tercihleri göz önüne alındığında, hafif raylı sistemin Metrobüs sistemine göre daha çok tercih edildiği bulunmuştur. Bu, katılımcıların metrobüs sistemini seçmek yerine HRS sistemini seçebilecekleri deneysel bir araştırmanın odaklama noktasıdır. Ki Kare testi, farklı görüntülerin seçiminde cinsiyet grupları arasında anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur [ $X^2(1) = 0.06$  p-değeri =  $0.946 > 0.05$ ].

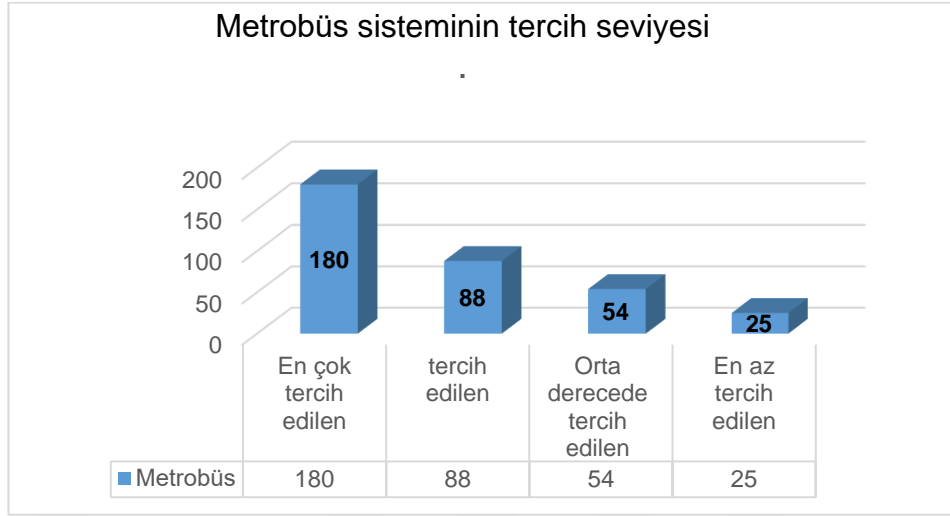


**Şekil 4.9.** Anket katılımcıları tarafından tercih edilen Toplu taşıma sistemi

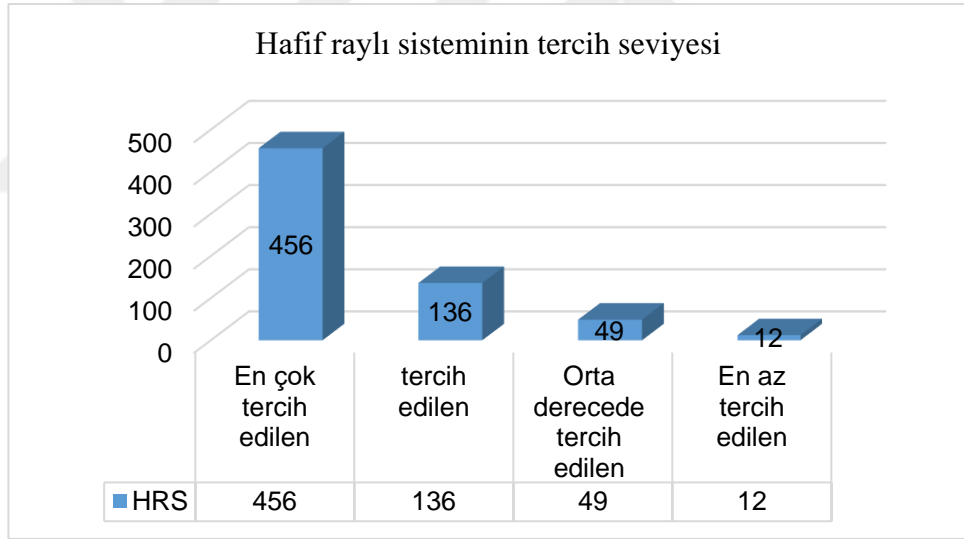


**Şekil 4.10.** Cinsiyete göre önerilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi

Hensher and Mulley 2014'e göre, iki alternatif toplu taşıma sistemlerinin türleri arasında seçim hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde farklıdır. Yazar, gelişmiş ülkelerde, HRS sistemi güçlü bir tercih oldukça gelişmekte olan ülkelerde tersine olduğunu belirtmiştir. Türkiye, 2016 yılında gayri safi yurtiçi hasıla artış hızının %3.2'sini oluşturan bir ülke olarak gelişmekte olan ülkelere biri olduğunu dikkate alınmıştır (UNCTAD, 2016). Türkiye'yi gelişmekte olan bir ülke olarak kabul edildiğinde, bulguların yazarın bulduğu sonuçlarla örtüşmemektedir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde hafif raylı sisteminin eşit tercih edildiği görülmektedir. Türkiye'deki ve özellikle Erzurum şehrindeki metrobüs ve HRS sistemlerinin seçiminin karşılaştırılmasında, HRS sistemi güçlü bir tercih vardır.



**Şekil 4.11.** Anket katılımcıların Metrobüs sistemi tercih seviyesi



**Şekil 4.12.** Anket katılımcıların Hafif raylı sistemi tercih seviyesi.

Cinsiyet gruplarına göre, Metrobüs sistemi seçiminde %13,8'i kadın, %20,9'u erkektir. Ayrıca Hafif raylı sistemi seçiminde %25,8'i kadın, %39,5'i erkektir. Anket katılımcılarının çoğunun, tercih edilen sistem için HRS sistemini seçtiğini açıklamaktadır (Şekil 4.9). Anket katılımcılarından tercih ettikleri sistemi dört farklı oranla değerlendirmeleri istenmiştir. Metrobüs görüntüsü en çok tercih edilen sayı 180 iken, Hafif raylı sisteminin görüntüsü en çok tercih edilen sayı 456 olarak saptanmıştır.

Bulunmuş değerler Erzurum kentinde Hafif raylı sisteminin uygulanmasına yönelik ve güçlü bir tercih vermektedir.

**Çizelge 4.15.** Toplu taşıma seçiminde yaş gruplarının tanımı

Kod	Yaş	Metrobüs	HRS
1	15-19	43	99
2	20-29	147	286
3	30-39	81	155
4	40-49	47	58
5	50-59	14	35
6	60-69	12	17
7	+70	3	3
	Toplam	347	653

Toplu taşıma sistemlerinin aktif kullanıcıları, genç ve orta yaşlardakilerdir. İnsanlar yaşlandıkça, onların toplu taşıma sistemlerini düzenli kullanılması azalmaktadır. Bu nedenle, bu araştırmanın hedef grubu, katılımcıların çoğunun 15 ila 39 yaşları arasında olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.15'te, yaş gruplarına göre hem Metrobüs hem de HRS sistemlerinin seçimini açıklamaktadır.

**Çizelge 4.16.** Toplu taşıma seçiminde gelir düzeyi gruplarının tanımı.

Kod	Gelir	Metrobüs	HRS
1	0TL-500TL	76	187
2	501TL-1000TL	46	87
3	1001TL-1500TL	62	85
4	1501TL-2000TL	56	98
5	2001TL-3000TL	74	124
6	3001TL-5000TL	23	61
7	5000TL ve üzeri	10	11
	Toplam	347	653

Gelir, toplu taşıma kullanımının artırılmasında iyi bir rol oynamaktadır. Yolculuk süresi ve yolculuk ücreti ulaşım sistemlerinin kullanımını etkilemektedir. Daha yüksek gelir düzeyi, yolculuk masraflarından daha az şikayet edebileceği anlamına gelmektedir.

Toplu taşıma politikaları planlanırken, toplu taşıma sistemi kullanıcıları için gelir durumu odaklanılarak dikkate alınmaktadır. (Çizelge 4.16), gelir düzeyi gruplarına göre metrobüs ve hafif raylı sistemlerin seçimi verilmektedir. Oluşan bir anketin karşılaştırılması sonucunda, önerilen her iki sistemin tercihlerini, HRS sistem metrobüse göre daha yüksek bir tercih olduğunu ortaya koymuştur. 653 anket katılımcıları hafif raylı sistemi seçerken ve tercih ederken sadece 347 kalan anket katılımcıları metrobüs sistemi seçmişler ve tercih etmişlerdir. Bu sonuçlar hedef yıl için şehirdeki uygulanacak toplu taşıma sistemi türü hafif raylı sistem olarak güçlü bir tercih olduğunu göstermiştir.

#### 4.5.1. Özel Araba Kullanıcıları Tarafından Önerilen Toplu Taşıma Türü Seçimi

Çizelge 4.17'e göre, Erzurum ilinde yapılan anketten, özel araba sahibi olan 312 anket katılımcısından 116'sı Metrobüs sistemini seçerken ve tercih ederken, diğer 196 katılımcı hafif raylı sistemi tercih edip uygulanmasını seçmişlerdir. Özel araba sahiplerinin %62,8'i hafif raylı sistemi uygulanmasını tercih etmişler, fakat %37,2'si Metrobüs sisteminin inşa edilmesini tercih etmişlerdir.

**Çizelge 4.17.** Özel araba sahiplerinin önerilen toplu taşıma sistem seçimi.

		(Metrobüs)	(HRS)	Toplam
Özel arabanız var mı?	Hayır	231	457	688
	Evet	116	196	312
Toplam		347	653	1000

#### 4.5.2. Özel Arabalardan Toplu Taşıma Sistemine Geçiş

Anket çalışması toplu taşıma sistemlerinin özel araba kullanımından geçiş modele odaklanmıştır. Anket katılımcılarının %31,2'si özel araç kullanmaktadır. Ulaşım avantajlarından biri, toplu taşıma sistemlerinin kullanımının artırılması ve özel araba sahiplerinden bir model geçiş elde etmektir. Hem Metrobüs hem de HRS sistemlerinin olumlu imaja sahip olmaları, şehirdeki özel araba sayısını azaltması ve kentte yaşayanlar için sürdürülebilir toplu taşıma hareketliliği sağlanmaktadır. Ayrıca, gaz



emisyollarını ve çevre etkilerini azaltmaktadır. Çizelge 4.18, Metrobüs ve hafif raylı sistemleri seçmek için hem özel aracı bırakmak isteyenler hem de onu kullanılmaya devam etmek isteyenler ayrıntılı olarak incelenmektedir. Özel arabalara sahip olan anket katılımcılarının sayısının değerlendirilmesi ve hedef yıl için kentte yeni toplu taşıma sisteminin uygulanması halinde özel araba durdurmak isteyenlerin , HRS sisteminin uygulanmasını isteyenler metrobüs sistemine göre iki katta eşit olduğu tespit edilmiştir. Anket çalışmalarından 127 katılımcı özel araba kullanımını durdurmak istemekte, hafif raylı sistemini uygulanırsa, özel araba kullanılmasını durdurmak isteyenlerin ise 80 kişi oldukları bulunmuştur. Metrobüs sistemi uygulanmasında, 47 kişinin özel araba kullanımını durduracakları tahmin edilmiştir.

Şehirde yeni bir toplu taşıma sistem türü uygulandığında, özel araba kullanımından bu sisteme geçiş tahminleri %40,7 olarak bulunmuştur. Bu değer iki sistem için genel tahmini açıklamaktadır. Her iki sistemin de şehirde uygulanması, önemli ölçüde özel araba kullanıcılarını azaltılabilir fakat azaltacak yüzdesi bir sistemden diğerine farklılık göstermektedir. Anket katılımcılarından toplanan verilere göre, eğer şehirde HRS sistemi uygulanırsa, özel araba kullanıcılarının %25.64'ü otomobillerden modern toplu taşıma sistemine geçiş yapacaktır. Şehirde Metrobüs sistemi uygulandığında, özel araba kullanıcılarının %15.06'sı özel araba kullanımından modern toplu taşıma sistemi kullanımına geçecektir. Bu modal geçiş çevre etkinlikler ve şehirdeki trafik sıkışıklığını azaltabilir. Ayrıca toplu taşıma kullanımını artırabilir ve kentte sürdürülebilir hareketlilik sağlayabilir.

**Çizelge 4.18.** Özel araba kullanımı, toplu taşıma sistemlerine geçiş

	Metrobüs	HRS	Toplam
Evet	47	80	127
Hayır	69	116	185
<b>Toplam</b>	<b>116</b>	<b>196</b>	<b>312</b>

#### 4.5.3. Mod Seçim Analizi (Metrobüs Ve Hafif Raylı Sistemlerin Görüntüleri)

Katılımcıların seçimleri iki imajın her birinin tercihi üzerindeki etki kaynağını belirlemek ve araştırmak için SPSS programı kullanılarak toplanan anket için çok terimli lojit modeli geliştirilmiş ve analiz edilmiştir. Çizelge 4.19’de, birinci yaş grubu diğer yaş gruplarına göre Metrobüs sistem görüntüsünü seçmekten hafif raylı sistemini seçmek için 2,302 kat daha fazladır. Ayrıca, beşinci grup üyeleri kalan diğer yaş gruplarına göre, Metrobüs sistemini seçmekten hafif raylı sistemi seçmek için 2,500 kat daha fazladır. Yaş, her bir görüntü için tercih edilmesinde istatistiksel olarak önemli bir sosyo-ekonomik etkidir. Yaş durumu bir sayıda arttıkça, hafif raylı sistemini tercih etme olasılığı artmaktadır. Bu olasılık, metrobüs sistemine göre hafif raylı sistem seçiminde belirli bir artış oranı ile artar.

Çizelge 4.20’de SPSS programının kullanımı ile lojit modelinin sonuçlarını açıklamaktadır. Sonuçlar, anket katılımcıları tarafından hafif raylı sistemin metrobüs sistemine kıyasla yüksek bir şekilde tercih edildiğini göstermektedir. Gelirin de her bir görüntü için tercih üzerinde önemli bir etkisi vardır. Gelir Grubu 1 üyeleri, hedef yıl için tercih ettikleri ulaşım modu için Metrobüs görüntüsünden hafif raylı sistem görüntüsünü tercih edenlerden 2.237 kat daha fazladır. Ayrıca, gelir grubu 6’da tercih edilen toplu taşıma türü karşılaştırıldığında, hafif raylı sistem görüntüsünün seçilmesi metrobüs sistem görüntüsüne göre 2.411 kat daha fazladır. Gelir, istatistiksel olarak her bir görüntü için tercih üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Gelir durumu bir sayıda arttıkça, HRS sistem görüntüsünü tercih etme olasılığı artar ve Metrobüs görüntüsü için tersi olmaktadır. Metrobüs görüntüsüne göre hafif raylı sistem görüntüsünü seçmek için bu olasılık, gelirdeki artışla artırılmaktadır.

**Çizelge 4.19.** Lojit modelini kullanarak parametre tahmini sonuçları (yaş gruplarına göre önerilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi)

Tercih edilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi <sup>a</sup>		B	S.H	SD	Sig.	Exp(B)	%95 G. A	
							Alt	Üst
HRS	Sınırlar	.000	.816	1	1.000			
	[Yaş=1.00]	.834	.837	1	.319	2.302	.447	11.867
	[Yaş=2.00]	.666	.823	1	.419	1.946	.388	9.759
	[Yaş=3.00]	.649	.828	1	.433	1.914	.378	9.696
	[Yaş=4.00]	.210	.840	1	.802	1.234	.238	6.399
	[Yaş=5.00]	.916	.876	1	.295	2.500	.449	13.907
	[Yaş=6.00]	.348	.899	1	.699	1.417	.243	8.256
	[Yaş=7.00]	0 <sup>b</sup>	.	0	.	.	.	.

a. Referans kategorisi: Metrobüs (BRT).

b. Bu parametre sıfır olduğundan, sıfır olarak ayarlanmıştır.

Anket katılımcılarının özel araba sahibi olduklarını ve bırakmayı tercih ettikleri ulaşım modlarına göre odaklanmak istediği toplu taşıma modunu belirlemek çok önemlidir. 2030 hedef yılı için kentte yeni toplu taşıma sistemi uygulandığında, özel arabalara sahip olan ve önerilen toplu taşıma modlarına bir geçiş model yapmaya hazır olan anket katılımcılarının sayısına odaklanmaktadır. Çalışmada, seçilen iki toplu taşıma modlarından seçilen toplu taşıma sistem görüntüsünü daha ayrıntılı olarak incelenmektedir. Çizelge 4.17, hedef yıl için kentte hafif raylı sistem uygulanırsa, özel araba kullanıcılarının %25'i toplu taşıma sistemine geçecektir. Ayrıca, eğer şehirde metrobüs sistemi uygulanırsa, özel araba kullanıcılarının %15'i yeni toplu taşıma sisteme geçecektir.

**Çizelge 4.20.** Lojit modelini kullanarak parametre tahmini sonuçları (gelir düzeyi gruplarına göre önerilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi)

Tercih edilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi <sup>a</sup>	B	S. H	SD	Sig.	Exp(B)	%95 G. A	
						Alt	Üst
HRS Sınırlar	.095	.437	1	.827			
[Gelir=1.00]	.805	.458	1	.079	2.237	.912	5.485
[Gelir =2.00]	.542	.473	1	.252	1.719	.680	4.349
[Gelir =3.00]	.220	.468	1	.638	1.246	.498	3.117
[Gelir =4.00]	.464	.468	1	.321	1.591	.636	3.981
[Gelir =5.00]	.421	.461	1	.361	1.523	.617	3.760
[Gelir =6.00]	.880	.501	1	.079	2.411	.904	6.434
[Gelir =7.00]	0 <sup>b</sup>	.	0	.	.	.	.

a. Referans kategorisi: Metrobüs (BRT).

b. Bu parametre sıfır olduğundan, sıfır olarak ayarlanmıştır.

Çizelge 4.21’de özel araba sahibi olanların, sahip olmayanlara kıyasla, Metrobüs sistem görüntüsünden hafif raylı sistem görüntüsünü seçmek için 1.177 kat daha fazla oldukları bulunmuştur. Ayrıca, şehir merkezinde modern toplu taşıma sistemi uygulanıyorsa, özel araba kullanmayı bırakan ve kullanmayı durdurmak istemeyen grupların arasında, özel araba kullanmayı durdurmak isteyenler diğer gruptan hafif raylı sistemi seçmek için 1.012 daha fazladır. Hafif raylı sistemi tercih ederek şehirde hedef yıl için bu sistem uygulanmasını seçmişlerdir.

**Çizelge 4.21.** Parametre tahminleri için logit modeli kullanılması (özel araba kullanımı durdurma ve Önerilen toplu taşıma sistemi tercihi)

Tercih edilen toplu taşıma sistemlerinin seçimi <sup>a</sup>	B	S. H	SD	Sig.	Exp(B)	%95 G. A	
						Alt	Üst
HRS Sınırları	.519	.152	1	.001			
[Özardur=0.00]	.163	.172	1	.344	1.177	.840	1.649
[Özardur=1.00]	.012	.239	1	.959	1.012	.634	1.616
[Özardur=2.00]	0 <sup>b</sup>	.	0	.	.	.	.

a. Referans kategorisi: Metrobüs (BRT).

b. Bu parametre sıfır olduğundan, sıfır olarak ayarlanmıştır.

#### 4.6. Maliyet Karşılaştırılması: BRT ve HRS Sistemleri

BRT ve HRS sistemlerinin maliyet karşılaştırılması incelenmiştir. Bu sistemlerin maliyet durumları incelenerek kent için en uygun olan ulaşım sisteminin ne olması gerektiği yönünde yardımcı olmuştur. Erzurum şehrinde BRT sisteminin uygulanmasını göz önüne alarak ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından alınmış veriler, BRT sisteminin İstanbul şehrinde uygulanması hem altyapı hem de donanım için kilometrede 8,9 milyon dolara mâl olmuştur (Hidalgo and Carrigan 2010; Yazici *et al.* 2013). Erzurum kentinde önerilen bir BRT sistemi için bu veriler referans alınarak, önerilen 17,7 km'lik iki koridor için proje yatırım maliyetinin şu şekilde olduğu tahmin edilebilir:

$$17,7\text{km} * 8,9 \$ \text{ m / km} = 157,53 \text{ milyon dolar.}$$

Tahmin edilmiş genel yatırım maliyeti 157,53 milyon dolar (127,797,611,52 €) olarak hesaplanmıştır. İstasyonlar ve depo alanları için yapılan inşaat maliyeti, her iki sistemi de dikkate alarak sabit tutulmaktadır. Her sistemde araçlar ve koridor inşaat maliyeti için yatırımın maliyeti ancak BRT sistemi için bir yol ve HRS sistemi için bir raylı sistem düşünülürse fark olabilir.

Kentsel raylı maliyetleri, projeye arazi satın almak ve jeolojik açıdan zorlu bir kentsel alanda yeraltı tünelleri veya raylı projelerine ihtiyaç duyulması gibi nedenlerle projeler arasında değişkenlik gösterebilir. Önerilmiş bir HRS sistemi için, sorunsuz bir zemini göz önüne alarak ve proje için yer altı ve yer üstü inşaat gereksinimlerini yok sayarak, kentsel raylı projesi için kilometre başına toplam yatırım maliyeti Samsun şehrindeki raylı sistem projesinin maliyetinden tahmin edilmiştir. Samsun HRS projesi için yatırım maliyetinin kilometrede 11,34 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir (Vitosoğlu vd 2014). Bu tahmin edilmiş değeri göz önüne alarak ve Erzurum kenti için önerilmiş bir HRS sisteminin hesaplanmasında, 17,7 km uzunluğundaki iki koridor için tahmin edilmiş HRS sistem yatırım maliyeti şu şekilde verilebilir:

$$17,7\text{km} * 11,34 \$ \text{ m / km} = 200,718 \text{ milyon dolar.}$$

Tahmin edilmiş genel yatırım maliyeti, €162,843,126,65'a eşit olan 200,718 milyon dolar olarak hesaplanmıştır. Her iki sistemin inşaat masraflarını karşılaştırdığımızda, BRT sisteminin uygulanmasının HRS sisteminden daha ucuza mal olacağını görülmüştür. BRT sistemi için bu düşük inşaat maliyetinin oranı, şehirdeki hedef yıl için maliyeti düşük, sürdürülebilir bir toplu taşıma sistemi olarak düşünülmüştür ve inşa edilmesi desteklenip teşvik edebilir.

2017'de kentte yapılan bir ankete göre, HRS sistemi yaygın olarak seçilmiş ve çoğunlukla şehirde hedef yıl için uygulanacak bir toplu taşıma sistemi olarak tercih edilmiştir. Toplu taşıma kullanıcılarının toplu taşıma türündeki temel arzusuna odaklanmakta, bu sistemin uygulanması BRT sistemine kıyasla birçok insanı çekebilir ve kullanıcılarının sayılarını artırabilir. Halkın kullanmak istediği toplu taşıma sistemi türü için halkın arzusunu ve seçimlerini gerçekleştirmek için son derece önemlidir. Yüksek inşaat maliyetinden bağımsız olarak, HRS sistemi daha çok kullanıcı kazanabilir ve kullanıcı sayısını artırabilir. Sistemlerin ikisi de kentin tamamına verimli hizmetler sağlayabilmekte ve kentin büyüklüğünü, imajını ve kalitesini arttırmaya katkıda bulunmaktadır. Her iki sistemin maliyet karşılaştırmasını daha ayrıntılı olarak incelemek için, HRS ve BRT sistemleri iki senaryo gibi karşılaştırılmakta ve analiz edilmektedir. Özellikle araç fiyatları ve ilk beş yıllar için işletme maliyetleri.

#### **4.7. Senaryo 1: Hafif Raylı Sistem (HRS)**

(Çizelge 4.22) Erzurum kenti 2030 yılı hedefi için HRS kullanması önerilmiştir. Erzurum Büyükşehir Belediyesinin verilerine göre, Omurga 1 hat her araç yolculuğu için 3,33 dakika aralığında planlanmıştır. Ayrıca, Omurga 2 hat için 5,45 dakika aralığında her araç yolculuğunda tahmin edilmiştir. Çalışma saatlerinde iki yönde geçen araç sayısı hesaplanarak araçların yıllık yolculuk kilometresi 1,763,680 km olacağı öngörülmüştür. Bu toplam yıllık kilometre, araçların işletme maliyetlerini hesaplamak için bir temel olarak alınmıştır.

**Çizelge 4.22.** 2030 yıl için tahmin edilen yıllık toplam araç-km değerleri (Senaryo 1: HRS).

	Sıklık (Dk.)	1 saat 2 yönde geçen araç toplam	Sistemin günlük çalışma süresi (saat).	Hat uzunluğu (km)	Günlük toplam araç km	Yıllık toplam araç km
<b>Omurga 1 Hattı</b>						
2030 Doruk saat	3.33	36	4	7.9	1,137,6	415,224
2030 Normal saat	10	12	12	7.9	1,137,6	415,224
2030 Geçe saat	15	8	2	7.9	126,4	46,136
<b>Toplam</b>						<b>876,584</b>
<b>Omurga 2 Hattı</b>						
2030 Doruk saat	5.45	22	4	9.8	862,4	314,776
2030 Normal saat	10	12	12	9.8	1,411,2	515,088
2030 Geçe saat	15	8	2	9.8	156,8	57232
<b>Toplam</b>						<b>887,096</b>
<b>Genel Toplam</b>						<b>1,763,680</b>

Çizelge 4.23'te toplam tahmin edilen personel giderleri gösterilmiştir. HRS sistemi için toplam ihtiyaç olacak personel sayısı 175 olarak hesaplanmıştır. Çalışabilecek bütün personel giderleri aylık ortalama 1,500 Avro/kişi olacağı tahmin edilmiştir (Erzurum raporlar 012). 2030-2034 yılların arasında toplam personel giderleri €15,750,000,00 olarak tahmin edilmiş ve hesaplanmıştır.

Toplu taşıma sistemi için enerji tüketiminin giderlerini hesaplayarak belediye raporlarına göre, önerilmiş araçların km başına enerji harcama değerinde 3 kwh olacağı hesaplanmış ve her bir aracın km başına harcadığı enerji değeri 0,33 Avro olacağı alınmıştır. Çizelge 4.24'de toplam araç enerji tüketiminin giderleri gösterilmiştir ve ilk beş yıllar için € 9,587,364,48 olacağı tahmin edilmiştir.

**Çizelge 4.23.** Tahmin edilen toplam personel giderleri (Senaryo 1: HRS)

Görev	Toplam ihtiyaç kişi	Toplam personel giderleri (Avro)
Toplam alınacak personel sayısı (EUAP, 2012)	175	
Birim personel giderleri (Avro/ay. Kişi)		1,500
Toplam personel giderleri (yıllık)		18,000
Toplam personel giderleri (2030-2034)		<b>€ 15,750,000.00</b>

**Çizelge 4.24.** Toplam araç enerji tüketiminin giderleri (Senaryo 1: HRS)

Yıllar	Yıllık toplam araç km	Enerji tüketim fiyatı KWS/km	Enerji birim fiyatı Avro/KWS	Toplam enerji giderleri (Avro)
2030	1,763,680	3 <sup>1</sup>	0.330 <sup>2</sup>	1,746,043,2
2031	1,763,680	3	0.347	1,835,990,88
2032	1,763,680	3	0.36	1,904,774,4
2033	1,763,680	3	0.378	2,000,013,12
2034	1,763,680	3	0.397	2,100,542,88
				<b>€ 9,587,364,48</b>

1 Araçlar km başına 3 KWS enerji harcamaktadır (Erzurum raporlar, 2012).

2 Her bir aracın km başına harcadığı enerji değeri 0.33Avro olarak alınmıştır ve bu değeri her yıl %5 oranında artacağı kabul edilmiştir (Erzurum raporlar, 2012).

Çizelge 4.25'te araçların bakım maliyeti gösterilmektedir. Bu tabloda, ortalama bakım maliyeti 0.13 avro/araç.km olarak alınmıştır (Dündar 2016). Ortalama bakım maliyetinin faktörü ile araçların yıllık km'leri çarpılarak toplam bakım maliyeti €1,146,392,00 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 4.25.** Araçlarının bakım maliyeti (Senaryo 1: HRS)

Araçlarının yıllık km	Ortalama bakım maliyeti Avro/ araç.km	Toplam bakım maliyeti Avro.
1,763,680	0.13	€ 229,278,40
1,763,680	0.13	€ 229,278,40
1,763,680	0.13	€ 229,278,40
1,763,680	0.13	€ 229,278,40
1,763,680	0.13	€ 229,278,40
		<b>€1,146,392,,00</b>



Çizelge 4.26'da HRS sisteminin hat bakım maliyetinde Erzurum kentindeki toplam öngörölmüş hatlarından tahmin edilen maliyeti €1,597,719 olarak gösterilmiştir (Erzurum raporlar,2012). Benim çalışmada bu değeri 2030-2034 yılları arasında tahmin ederek €7,988,595 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.27'te toplam araç fiyatları ve işletme giderleri öngörölmüş yıllarda gösterilmiştir. Hafif raylı sisteminin çalıştığı ilk beş yıllar için toplam giderleri odaklanarak €124,472,351,48 olarak tahmin edilmiştir. Hesaplanmış bu toplu taşıma türü diğer alternatif toplu taşıma sistem ile karşılaştırıp en uygun ve maliyet olarak düşük olan toplu taşıma modu gösterilmektedir.

**Çizelge 4.26.** Hat bakım maliyeti (Senaryo 1: HRS)

Hatlar	Toplam yıllık bakım maliyeti (Avro)
Öngörölmüş Omurga 1 Hattı (Erzurum raporlar,2012)	215,675
Öngörölmüş Omurga 2 Hattı (Erzurum raporlar,2012)	1,382,044
Toplam (hatlar 1 ve 2)	1,597,719
Toplam Tahmin edilen hat bakım maliyeti (2030-2034)	<b>7,988,595</b>

**Çizelge 4.27.** Toplam araç fiyatları ve işletme giderleri (Senaryo 1: HRS)

Yıllar	Açıklama	Toplam maliyeti (Avro)
2030-2034	Toplam araç enerji giderleri	€ 9,587,364,48
2030-2034	Toplam araç fiyatları (30 araçlar)	€ 90,000,000,00
2030-2034	Toplam personel giderleri	€ 15,750,000,00
2030-2034	Toplam hat bakım-onarım giderleri	€ 7,988,595,00
2030-2034	Araçların bakım maliyetleri	€ 1,146,392,00
	Toplam	<b>€ 124,472,351,48</b>

#### 4.8. Senaryo 2: Metrobüs (BRT)

Raylı sisteme alternatif olarak Metrobüs Mercedes Citaro G araçların kullanılması öngörölmüştür. Mercedes Citaro G araçların toplam yolcu kapasitesi 160 kişidir. Bu toplu taşıma sistemi için Euro IV dizel motor ve doğalgaz ile çalışan motor seçenekleri tasarlanmış ve yakıt tüketiminin azalması sağlanmıştır. Araçların modern, konforlu,

rahat ve çevre dostu olduğundan bahsedilmiştir. Aracın özellikleri ve görüntüleri aşağıdaki Çizelge 4.28 ve Şekil 4.13’de verilmiştir.



**Şekil 4.13.** Metrobüs Citaro G görüntüsü

**Çizelge 4.28.** Mercedes Citaro G özellikleri (Koçabaş 2007)

Uzunluk (m)	17,94
Genişlik (m)	2,55
Yükseklik (m)	3.01-3.08
Oturan yolcu kapasitesi	42
Ayakta yolcu kapasitesi (4 kişi/m <sup>2</sup> )	118
Toplam yolcu kapasitesi	160
Motor Türü	Euro IV Dizel, doğalgaz
Fiyatı (Euro) <sup>1</sup>	323214

<sup>1</sup> Tahmin edilmiş 1 adet Mercedes Citaro G Metrobüs fiyatı \$0.4m =€323,214 olarak alınmış ve hesaplanmıştır. Raylı sistemde 30 adet ve 42 metre uzunluğunda 414 yolcu

taşıma kapasitesine sahip 4 parçalı raylı sistem aracı olacağı öngörülmüştür (Erzurum raporları 2012). Gereken alınacak Metrobüs sayısı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Omurga 1 Hat için tahmin edilen Metrobüs sayısı} = 19 * \frac{414 \text{kişi} / \text{HRS}}{160 \text{kişi} / \text{BRT}} = 49.16 \approx 49$$

$$\text{Omurga 2 Hat için tahmin edilen Metrobüs sayısı} = 11 * \frac{414 \text{kişi} / \text{HRS}}{160 \text{kişi} / \text{BRT}} = 28.49 \approx 29$$

İki hattının toplam gereken Metrobüs sayısı 78 adet olduğu öngörülmüştür. Omurga 1 ve 2 hatları için yıllık toplam araç kilometre 1,813,248 km olduğu tahmin edilmiştir (Çizelge 4.29).

**Çizelge 4.29.** 2030 yıl için tahmin edilen yıllık toplam araç-km değerleri (Senaryo 2: BRT).

	Sıklık (dk)	1 saat 2 yönde geçen araç toplam	Sistemin günlük çalışma süresi (saat).	Hat uzunluğu (km)	Günlük toplam araç km	Yıllık toplam araç km
<b>Omurga 1 Hattı</b>						
2030 Doruk saat	3.00	40	4	7.9	1264	461,360
2030 Normal saat	10	12	12	7.9	1137.6	415,224
2030 Geçe saat	15	8	2	7.9	126.4	46,136
<b>Toplam</b>						<b>922,720</b>
<b>Omurga 2 Hattı</b>						
2030 Doruk saat	5.00	24	4	9.8	940.8	343,392
2030 Normal saat	10	12	12	9.8	1411.2	515,088
2030 Geçe saat	15	8	2	9.8	156.8	57,232
<b>Toplam</b>						<b>915,712</b>
<b>Genel Toplam</b>						<b>1,838,432</b>

Çizelge 4.30'da gördüğü gibi tahmin edilen personel giderleri hesaplarken, uygulanacak Metrobüs sistem, Erzurum'da yaklaşık 252 kişiye iş imkanları sağlanması öngörülmüştür. Tahmin edilen ilk beş yıllar için toplam personel giderlerinin €22,680,000,00 olduğu hesaplanmıştır. Çizelge 4.31'de Metrobüs araç enerji tüketiminin giderleri gösterilmiştir. Mercedes Citaro G araç dizel doğalgaz kullanarak 0.2 litre / 100 km yakıt tüketimi tahmin edilmiştir. İhtiyaç olacak Metrobüs adet sayısının 78 adet olduğu tahmin ederek, toplam araç fiyatları hesaplanmıştır. Yapılan bir araştırmada, öngörülmüş 1 adet Mercedes Citaro G araç fiyatı 0.40\$ milyon olarak gösterilmiştir (Nureddin Kocabaş 2007). Bu çalışmada 1 adet bu tipteki Metrobüsün yaklaşık €323,214 olduğu tahmin edilmiştir. Toplam olarak 78 adet aracın fiyatı  $[(78*323,214) = € 25,210,692,00]$  olarak tahmin edilmiş ve gösterilmiştir.

**Çizelge 4.30.** Tahmin edilen toplam personel giderleri (Senaryo 2: BRT)

Görev	Normal gereken Personel (kişi)	Toplam ihtiyaç kişi	Toplam personel giderleri (Avro)
Şoför (araç sayısına göre)	78*2	156	
23 istasyonlar (güvenlik)	23*2	46	
Temizlik personel	10*1	10	
İnşaat bakım ve onarım personeli	10*1	10	
İdare Personel (yönetici, teknik, satın alma, muhasebe)	30*1	30	
Toplam		252	
Birim personel giderleri (Avro/ay. Kişi)			1,500
Toplam personel giderleri (yıllık)			18,000
Toplam personel giderleri (2030-2034)			<b>€ 22,680,000,00</b>

**Çizelge 4.31.** Toplam araç enerji tüketimin giderleri (Senaryo 2: BRT)

Yıllar	Yıllık toplam araç km	Yakıt tüketim L/100km	Yakıt birim fiyatı Avro/litre	Toplam yakıt giderleri (Avro)
2030	1,838,432	0.2	1.1	404,455,04
2031	1,838,432	0.2	1.1	404,455,04
2032	1,838,432	0.2	1.1	404,455,04
2033	1,838,432	0.2	1.1	404,455,04
2034	1,838,432	0.2	1.1	404,455,04
				<b>€ 2,022,275.20</b>

Metrobüslerin tahmin edilen işletme maliyetleri malzeme, mazot, yağ ve diğer gibi hesaplanmıştır ve 0,104\$ olarak gösterilmiştir (Nureddin Kocabaş,2007). Bu çalışmada dolar değeri avro olarak hesaplanmış ve €00834 olarak alınmıştır. Çizelge 4.32’de toplam araç yıllık kilometrenin ortalama araç bakım maliyetleri gösterilerek 2030-2034 yılları için araç bakım maliyetleri hesaplanmıştır ve €766,626,14 olduğu bulunmuştur.

**Çizelge 4.32.** Toplam araç bakım maliyetleri (Senaryo 1: BRT)

Yıllar	Yıllık araç km	Ortalama bakım araç maliyetleri Avro/km.	Toplam araç bakım maliyetleri
2030	1,838,432	0.0834	€153,325,23
2031	1,838,432	0.0834	€153,325,23
2032	1,838,432	0.0834	€153,325,23
2033	1,838,432	0.0834	€153,325,23
2034	1,838,432	0.0834	€153,325,23
			<b>€ 766,626,14</b>

Karayolu bakım-onarım tahmin edilen işletme maliyetleri \$0.09375/taşıt-km olarak alınmıştır ve bu değer çalışmada avro olarak değerlendirilmiştir (\$0.09375= €0.0757 (Koçabaş 2007). Çizelge 4.32’de hesaplanmış ilk beş yıldaki toplam yol bakım-onarım işletme maliyetleri gösterilmiştir. Birim işletme maliyeti alındığı yol bakım-onarım giderleri her yıl için %10 artış göstermiştir.

**Çizelge 4.33.** Yol bakım-onarım giderleri (Senaryo 2: BRT)

Yıllar	Yıllık toplam araç km	Yol bakım-onarım giderleri Avro/km	Toplam yol bakım-onarım giderleri (Avro)
2030	1,838,432	0.0757	139,169,3024
2031	1,838,432	0.0833	153,141,3856
2032	1,838,432	0.0916	168,400,3712
2033	1,838,432	0.101	185,681,632
2034	1,838,432	0.111	204,065,952
			<b>€ 850,458,64</b>

Çizelge 4.34 Metrobüs araçlarının toplam maliyetini ve işletme maliyetini göstermektedir. Hedeflenen yıllar için sabit 78 adet Metrobüs araç kullanıldığında, tahmin edilecek işletme maliyeti € 51,530,051,99 olarak öngörülmüştür. Bu tahmin edilmiş işletme maliyetleri daha sonra Erzurum'da öngörülmüş HRS'nin gerekli olacak işletme maliyetlerini hedeflenen yıllar için ile karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 4.34.** Toplam araç fiyatları ve işletme giderleri (Senaryo 2: BRT).

Yıllar	Açıklama	Toplam maliyeti (Avro)
2030-2034	Toplam araç enerji giderleri	€ 2,022,275.20
2030-2034	Toplam araç fiyatları (78 araçlar)	€ 25,210,692.00
2030-2034	Toplam personel giderleri	€ 22,680,000.00
2030-2034	Toplam yol bakım-onarım giderleri	€ 850,458.64
2030-2034	Araçların bakım maliyetleri	€ 766,626.14
	<b>Toplam</b>	<b>€ 51,530,051.99</b>

Araçların yatırım, proje işletme ve bakım maliyetlerine bakıldığında, hızlı Metrobüs uygulanmasının HRS uygulanmasına göre daha düşük mâliyetli olacağı bulunmuştur.

#### 4.9. Karbon Emisyon Azaltmanın Karşılaştırılması (BRT ve HRS)

Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da öngörülen yıllar için hesaplanmış yolcunun mesafesine kullanılmakta ve normal otobüs 0.30litre / km yakıt verimliliği faktörü varsayıldığında, öngörülen ve hesaplanmış karbon emisyon miktarı 6987.88 ton CO<sub>2</sub> olacağı tahmin edilmiştir. Bu karbon emisyonlarının miktar değeri Hızlı Metrobüse kıyasla, hedef yıllar

için yakıt tüketiminin 0.20/km olduğu varsayıldığında, yayılan karbon miktarı 4,658,59 ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. Bu karbon emisyonu miktarını, aynı hedef yıllar için normal otobüsle karşılaştırarak koridor üzerinde 2,329,29 ton CO<sub>2</sub> azaltmasını sağlayacağı öngörülmüştür. Sonuç olarak hızlı Metrobüs sistem yaklaşık %33,33 oranında karbon emisyonlarını azaltacağı tahmin edilmiştir. Toplu taşıma sektöründe yapılan benzer çalışmalar göz önüne alındığında, karbon emisyonunun temizlenmesi maliyeti 247 Avro/ton CO<sub>2</sub> olarak alınmıştır (Erzurum raporlar,2012). Karbon emisyonlarının ve enerji tasarruflarının azaltılmasından sağlanan faydaların öngörülen yıllar için 575,335 Avro olacağı tahmin edilmiştir.

**Çizelge 4.35.** Normal otobüs için karbon emisyonu hesaplamaları (ilk beş yıllar için projeksiyonları)

Yıllar	Yıllık yolcu km	Yakıt verimliliği faktörü litre/km <sup>1</sup>	Emisyon faktörü Kgco <sub>2</sub> /litre <sup>2</sup>	Toplam emisyon tonCO <sub>2</sub>
2030	1,838,432	0.3	2,534	1,397,58
2031	1,838,432	0.3	2,534	1,397,58
2032	1,838,432	0.3	2,534	1,397,58
2033	1,838,432	0.3	2,534	1,397,58
2034	1,838,432	0.3	2,534	1,397,58
				<b>6,987,88</b>

<sup>1</sup>Normal otobüs için kilometre başına tahmini tüketilen yakıt miktarı.

<sup>2</sup>Şükrü YILMAZ, 2012. Dizel yakıt için tahmin edilmiş emisyon faktörü (2.534kgco<sub>2</sub>/ km).

Hafif raylı sistem uygulanmasından itibaren ilk beş yıllar için öngörülen karbon emisyon miktarları gösterilmiştir. HRS sistemini ilk beş yıllar için koridorda tahmin edilen bir normal dizel motorlu çalışan otobüsü ile karşılaştırırken HRS sistemi hem karbon emisyonunu önemli ölçüde azaltabileceğini hem de daha yüksek enerji tasarrufu sağlayabileceği bulunmuştur (Çizelge 4.37).

HRS'nin uygulanmasından kaynaklanan karbon azaltımı 6,412,43 ton CO<sub>2</sub> olarak tahmin edilmekte olup, hedeflenen yıllar için koridor üzerinde normal otobüsle karşılaştırarak, HRS sistem %91,77 karbon emisyonu azaltmasını sağlayacak gibi düşünülmüştür). Karbon emisyonlarının ve enerji tasarruflarının azaltılmasından sağlanan faydaların öngörülen yıllar için 1,583,871 Avro olacağı tahmin edilmiştir.

**Çizelge 4.36.** Metrobüs için karbon emisyonu hesaplamaları (ilk beş yıllar için)

Yıllar	Yıllık yolcu km	Yakıt verimliliği faktörü litre/km <sup>1</sup>	Emisyon faktörü Kgco2/litre <sup>2</sup>	Toplam emisyon tonCO <sub>2</sub>
2030	1,838,432	0.2	2,534	931,72
2031	1,838,432	0.2	2,534	931,72
2032	1,838,432	0.2	2,534	931,72
2033	1,838,432	0.2	2,534	931,72
2034	1,838,432	0.2	2,534	931,72
				<b>4,658,59</b>

**Çizelge 4.37.** LRT için karbon emisyonu hesaplamaları (ilk 5 yıllar için)

Yıllar	Yıllık yolcu km	Yakıt verimliliği faktörü Kgco2/litre <sup>1</sup>	Toplam emisyon tonCO <sub>2</sub>
2030	1,763,680	0.0000544	95,94
2031	1,763,680	0.0000544	95,94
2032	1,763,680	0.0000544	95,94
2033	1,763,680	0.0000544	95,94
2034	1,763,680	0.0000544	95,94
			<b>479,72</b>

\*Erzurum raporlarından alınmış ve tahmin edilmiş emisyon faktörü (0.0544kgco<sub>2</sub>).

Metrobüs sistemi ile karşılaştırıldığında enerji maliyetlerinden bağımsız olarak, HRS sistemi çevre dostu olarak bulunmuştur. İklim değişikliği çabaları göz önüne alındığında, bu sistemi şehir için karbon emisyonunun azaltılmasına ve kentte sorunsuz hareketliliğin sağlanmasına yardımcı olabilecek alternatif bir toplu taşıma modu olarak belirlenmiştir.



## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Toplu taşıma sistemleri sıkışık olan metropol bölgelerde hareketliliği artırmak ve trafik tıkanıklığını gidermek ve azaltmak için önemlidir. Bu nedenle, toplu taşıma sistemleri dünyadaki şehirler için toplu taşıma ağlarının en verimli şekilde artırılmasını araştırmaktadır. Metrobüs ve hafif raylı sistem hem büyük şehirlerde hem de toplu taşıma kullanıcıları için mükemmel hizmetler sağlamaktadır. Anket çalışması, Erzurum kentinde mevcut olan toplu taşıma sistemi özelliklerinin önemini ve memnuniyet oranlarını analiz etmek için araştırılmıştır. Anket katılımcıları, hizmet kalitesinin önemini ölçerek hizmetle ilgili algılarını 4,30 ile 4,65 arasında ortalama bir oranda ifade etmişlerdir. Anket sonuçlarda sağlanan tüm toplu taşıma hizmet faktörlerinin önemlerini ölçme durumunda, anket katılımcıları önem seviyelerinde ortalama 4,4780 değerini vermişlerdir.

Yapılan anket çalışmasında toplu taşımada yüksek memnuniyeti, toplu taşıma sistemlerinin kullanılmasını artırıp yolcuların ilgi çekmesini sağlamaktadır. Çalışmada, anket katılımcıları şehirdeki faaliyet gösteren mevcut toplu taşıma sistemlerinden pek memnun olmadıkları görülmüştür. Tüm hizmet memnuniyetinin faktörlerine ortalama 2,50 puan verilmiştir. Sadece Otobüslerdeki klima durumunun faktörüne 3,20 puan verilmiştir.

Toplu taşıma sisteminin hizmet kalitesi araştırmasını ve iyileştirmesini en fazla etkilenebileceği alanların incelenmesinde Önem-Performans yöntemi (IPA) kullanılmıştır. Metod analizinde çok önemli olan ve geliştirilmesi gereken hizmet kalitesinin faktörleri bulunmuştur. Bunların faktörler ,duraklarda özellikler, araçların temizliği, toplu taşıma geliş sıklığı, yolculuk ücreti, duraklarda emniyet ve güvenlik gibi belirlenmiştir.

Hizmet kalitesinin memnuniyet ölçümünü analiz etmek için yapısal eşitlik modellemesi yöntemi (YEM) kullanılmıştır. Verilerin analizini yapmak için Lisrel ve Amos programlarını kullanarak bir model elde edilmiştir. Bu model hizmet kalitesi faktörleri arasındaki bağımlı ilişkileri tahmin etmek için kullanılmıştır. Modelde, hizmet, konfor ve personel içeren faktörlerin iyileştirilmesiyle birlikte toplu taşıma sistemlerini iyileştirebileceği ve yolcu sayısını artırabileceği gösterilmiştir.

Toplu taşıma sistemlerinin fiziksel görüntüsü (imaj) toplu taşıma sisteminin kullanıcıları ve kullanıcı olmayanlar için tercihlerin oluşumu üzerinde bir etki olarak değerlendirilmiştir. Anket katılımcıları tarafından seçilen ve en çok tercih edilen toplu taşıma sistemini belirlemek için Erzurum ilinden toplanmış verileri kullanılmıştır. Bu anketteki katılımcılara, toplu taşıma sistemlerinin iki alternatif görüntüsünden (imajlar) birini seçmeleri söylenmiştir. Katılımcılar, fiziksel görüntüyü ayrı olarak görmüş ve sunulan iki farklı toplu taşıma sistemini seçmişlerdir. İmaj sabit görüntüsü olarak sunulmuş ve katılımcılar onların tercih edilen toplu taşıma sisteminin imajını seçip derecelendirmişlerdir. Erzurum kentinden toplanmış anket verilerinden anket katılanların %34,7'si BRT sistemini seçerken, %65,3'ü HRS sistemini seçip inşa edilmesini tercih etmişler. 1000 örnekten oluşan bir anket ile kentteki önerilen iki sistemin tercihleri karşılaştırılmıştır. Sistemler karşılaştırılarak anket katılımcılar şehirdeki hedef yıl için uygulanacak HRS sistemini çoğunlukla tercih ettikleri görülmüştür. 653 anket katılımcısı HRS sisteminin uygulanmasını tercih ederken, geri kalan 347 anket katılımcısı Metrobüs uygulanmasını tercih etmişlerdir. 2030 Hedef yıl için, Erzurum şehrinde HRS sisteminin uygulanması için güçlü bir tercihin bulunduğunu göstermiştir. Ki Kare testi, cinsiyet grupları arasındaki farklı görüntülerin seçiminde anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur [ $X^2(1) = 0.06$  p = 0.946 > 0.05]. Kentiçi toplu taşıma projelerinde, anket katılımcıları için HRS sistem alternatifi bir toplu taşıma sistemi olarak seçilip Erzurum şehrinde yapılmasının uygun olacağı görülmüştür. Metrobüs aynı yolculuk kapasitesine sahip olarak, şehir için uygun olabilir fakat yapılmış bir çalışmada Metrobüs sistemi halkın oylarını kazanamamıştır.

Anket katılımcılarının aylık gelir ve yaşları istatistiksel olarak her toplu taşıma sistemi için tercih üzerinde bir etki olarak değerlendirilmiştir. Aylık gelir bir birim arttıkça, HRS sistem görüntüsünü tercih etme olasılığı artmakta fakat Metrobüs görüntüsü için tercih etme olasılığını azaltacağı görülmüştür. Anket verilerine göre yaş aralığının yükselmesi durumunda HRS seçimlerinin metrobüs sistemine göre artış halinde olduğunu görebiliriz.

Metrobüs sistemleri, Kentsel hafif raylı sistemleri ile karşılaştırıldığında maliyeti önemli ölçüde düşüktür. Ekonomik gücü olmayan şehirler orta yoğunluklu alanlar için tercih edilen uygun bir sistem olarak görülmüştür. Bu çalışmada, Erzurum ilinde Metrobüs sisteminin tahmini yatırım maliyetinin 157,53 milyon dolar olacağını ve bu rakamın €127,797,611,52 olduğu tespit edilmiştir. Bu toplu taşıma sistemi HRS sistemi ile karşılaştırıldığında, HRS sisteminin yatırım maliyetinin 200,718 milyon dolar olacağı tahmin edilip bulunmuştur. Bu yatırım maliyetinin tutarının 162,843,126,65 € olacağı hesaplanmıştır.

Erzurum 2030'da Önerilen raylı sistem projesi alınacak 30 adet araçlar Erzurum Büyükşehir tarafından verilmiştir. Araçdaki yolculuk dolaşım süreleri göz önüne alınarak yapılacak yıllık kilometre değerleri belirlenmiştir. Bunların değerlere göre iki öngörülen sistemdeki işletme maliyetleri tahmin edilip hesaplanmıştır. Her iki toplu taşıma sistemi için maliyet karşılaştırılması daha ayrıntılı olarak inceleyip Metrobüs ve HRS sistemlerinin iki senaryosu olarak karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Karşılaştırmada, her bir sistemin ihtiyaç duyulacak araç sayısının fiyatları ve ilk beş yıllık işletme maliyeti de dahil olmak üzere, genel işletme maliyeti ve araç fiyatları tahmin edilip hesaplanmıştır.

HRS sistemi senaryosu için, sistemin gerekli araç maliyetini de içeren genel işletme maliyeti, €124,472,351,48 olarak tahmin edilmiş ancak Metrobüs sistem senaryosu için ise €51,530,051,99 'ya eşit olacağı tahmin edilmiştir. Her iki sistem için de yatırım maliyeti ve işletme maliyeti göz önüne alınarak karşılaştırıldığında, Metrobüs sisteminin HRS sistemine göre ekonomik açıdan şehir için daha uygun olacağı tespit

edilmiştir. Metrobüs sistemi verimli ve rekabet edilen bir toplu taşıma olarak kabul edilmiştir. Bu sistem HRS sistemi gibi aynı toplu taşıma kullanıcılarına aynı hizmeti sağlayabilir. Yapılmış anketteki katılımcılar, çoğunlukla şehirde hedeflenmiş 2030 yılında HRS sistemi uygulanmasını tercih etmişlerdir. İnşa edilecek bu toplu taşıma türü için Erzurum Büyükşehir Belediyesi tarafından fizibilite etütleri yapılmıştır. Hedeflenen yılda Erzurum kentinde bir HRS sisteminin uygulanabilmesi için ekonomik kapasitesinin olması, bu sistem yolcu istatistikleri açısından sistemin başarılı olup olmayacağı konusunda belirli olmayabilir (Orta büyük şehirde bir sistemin uygunluğu).

Karbon emisyonlarını azaltan kentsel ulaşım sistemlerini tasarlamak için, dünyada iklim değişikliklerini azaltılması sağlanmaktadır. Çoğu ülkede ve özellikle büyüyen şehirler için toplu taşıma sistemi sektörünün çevre üzerindeki emisyonların azaltılması için uygun hedefler planlanmaktadır. Şehirlerde karbon emisyonlarının azaltılmasını sağlamak, çevre dostu olan ve sürdürülebilir bir toplu taşıma sisteminin uygulanmasını çok büyük bir ulaşım strateji olarak belirlenmiştir. Büyük şehirlerde karbon emisyonunun azaltılmasına hizmet eden yeni ve modern toplu taşıma sistemleri çok önemlidir ve son yıllarda yeşil ulaşım tasarımını karbon ve emisyon azaltma konusuna dikkati artmıştır. Bu nedenle, bir metropol şehir için en uygun toplu taşıma sisteminin seçilmesine odaklanıp karar verilmektedir. Metrobüsü HRS sistem ile karşılaştırırken, Metrobüs aynı kapasiteyi sağlamak için gereken alınacak araç sayısının 78 adet olacağı tahmin edilmiştir. Bu sistemin yapılması HRS sisteme göre ekonomik bakımında uygun olmakta fakat çevresel özelliklere bakıldığında şehir için uygun olmayacağı bulunmuştur. Metrobüs araçları gelişmiş motor ile çalışırken, geleneksel otobüslere göre daha az enerji tüketimi sağlayabileceği öngörülmüştür. Ayrıca çevresel özellikleri düşünüldüğünde daha az hava kirliliği meydana getireceği bulunmuştur.

Bu çalışmada, Metrobüs ve HRS sistemleri çevresel etkilerine göre karşılaştırılmıştır. Her sistem için koridorda hedef yıl için geleneksel bir otobüse kıyasla, karbon emisyonundaki miktar tahmin edilmiştir. Metrobüs sistemi için, geleneksel otobüse kıyasla karbon emisyonların azaltılmasını 2,329,29 ton CO<sub>2</sub> olduğu bulunmuştur. Yani bu sistem karbon emisyonu azaltılmasının %33,33'ünü sağlayacağı tahmin edilmiştir. Bir

HRS sistemi için, koridorda geleneksel bir otobüse kıyasla karbon emisyonu azaltmasının 6,412,43 ton CO<sub>2</sub> olduğu görülmüştür. Yani hedeflenmiş yıl için, bu sistem karbon emisyonlarının azaltmasının %91,77 olacağı tahmin edilmiştir. Her iki toplu taşıma sistemi için karbon emisyonlarının ve enerji tasarruflarının azaltılmasından elde edilen faydalar öngörülmüştür. Yeni toplu taşıma sistemlerinin birinin uygulanmasından elde edilen faydalar ve enerji tasarrufu Metrobüs sistemi için €575,335 tahmin edilmiştir ve HRS sistemi için €15,838,710 olarak hesaplanmıştır. Elektrik ile işletilen hafif raylı sistemi, yeşil ulaşım için uygundur ve karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltmakta Metrobüs sisteminden daha fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Erzurum kentinde yapılan anketten, özel araba sahibi olan 312 anket katılımcısından 116'sı Metrobüs sistemini seçerken ve tercih ederken, 196 katılımcı hafif raylı sistemi seçmişler ve uygulanmasını tercih etmişlerdir. Özel araba sahiplerinin %62,8'i hafif raylı sistemin ve %37,2'si Metrobüs sisteminin uygulanmasını tercih etmişlerdir.

Erzurum şehri için incelenen ulaşım ağı çalışmalarında: Özel araba kullanan ve özel araba kullanıcılarını durdurmak isteyen anket katılımcılarının verdiği bulgular sonucunda HRS uygulanmasını tercih edenler metrobüs sisteme göre yaklaşık iki kat daha fazla olmaktadır. Hafif raylı sisteminin uygulanmasında, özel araba kullanımını bırakmak isteyenlerin 80 kişi olduğu bulunmuştur. Metrobüs sistemi uygulanmasında, 47 kişi özel araç kullanımını bırakacakları tahmin edilmiştir. Erzurum şehrinde yeni bir toplu taşıma sistemi uygulanırsa, özel araba kullanmasından toplu taşıma sistemlerine geçiş oranının %40,7 olacağı tahmin edilmiştir. Metrobüs ve hafif raylı sistemlere geçmek isteyen özel araba kullanıcılarında, özel araba sahibi olan 80 kişi hafif raylı sisteme geçiş yapmaya hazır, sadece 47 özel araba sahibinin Metrobüs sisteme geçiş yapmaya hazır olacakları tahmin edilmiştir. Hedeflenen yıl için, şehirde eğer hafif raylı sistemi uygulanırsa, özel araba kullanıcılarının %25,64'ü özel aracı bırakıp yeni toplu taşıma sistemine geçecekleri tahmin edilmiştir. Ayrıca eğer Metrobüs sistemi inşa edilirse, özel araba sahiplerinin %15,06'sı özel araba kullanımından modern ve yeni toplu taşıma sistemine geçecekleri öngörülmüştür.

## 5.2. Öneriler

Erzurum Büyükşehir Belediyesi, hedef yılda Hafif Raylı Sistem'in tanıtımını önermiş ve kentte yaşayanlar bu sistemin uygulanmasını çoğunlukla tercih etmişlerdir. Bu açıdan önemli derecede, önerilen sistem için öngörülen yolcu seviyesinin, kent için uygun, sürdürülebilir bir kentsel ulaşım sisteminin planlanması için son karara ulaşmada yeniden dikkatle incelenmesi gereklidir. Yapılan bir araştırma, Adana Kentsel ulaşım raylı sisteminde tahmin edilmiş günlük yolcu seviyesi ve gözlemlenen yolcu seviyesinin farklı olduklarını belirtilmiştir. Ayrıca, Adanadaki uygulanmış yeni toplu taşıma sisteminin performans puanları düşük olduğunu bulunmuştur. (Alpkokin *et al.* 2016). Erzurum'da önerilen HRS yüksek performans puanları kazanmak için ve yeterli yolcu talebi belirlemek için yeniden tekrar fizibilite çalışmaları yapılmalıdır. Yeterli yolcu talebi bulunduğu zamanda, HRS'inin uygulanmasını kentte kabul edilebilir. Genel olarak, HRS uygulanmasına yönelik kararların bir araya getirilmesi için daha yüksek yolcu taleplerine ihtiyaç vardır.

Ankete katılımcıların %34,7'si hedef yıl için kentte uygulanacak BRT sistemini seçmişler ve tercih etmişlerdir. Yeterli yüksek yolcu seviyesini karşılamak için bir güven eksikliği varsa, Metrobüs sistemi Erzurum şehri için daha uygun olabilir. Kentsel raylı sistemlerin kararları ve operasyonları için, belirli bir şehir için uygun bir ulaştırma sisteminin uygulanması son karar almak için hükümet ve belediye arasında güçlü bir bağ ve ilişki bulunmalıdır.

Uluslararası toplu taşıma birliği (UITP) tarafından koordine edilen Sıfır emisyon kentsel otobüs sistemi (ZeEUS) projesi kapsamında elektrikli otobüslerin bir fizibilite çalışması gösterilmiştir. Elektrikli otobüsler, dünyanın birçok şehrinde çoğunlukla Avrupa'da uygulanmaktadır. Erzurum kentinde elektrik ile çalışan Metrobüs sistemi ekonomik olarak uygulanabilir ve çevreye koruma sağlayabilir.

İklim değişikliklerinin ve enerji güvenliği sorunlarını halletmek için yeni toplu taşıma sistemleri için enerji tasarrufu politikalarının yapılmasına devam edilmektedir. Elektrik

ile çalışan yeni toplu taşıma sistemlerinin uygulanması birçok şehirlerinde ve özellikle en çoğu Avrupada odaklanmaktadır. Karbon emisyonlarının azaltılması amacıyla araştırmalar devam etmektedir. Düşük karbon emisyonları ve düşük enerji tüketimi, metropol şehirler için gelecekte sürdürülebilir bir ulaşım sistemi için gereklidir. Erzurum şehri için, elektrikle çalışan Metrobüs sistemi hafif raylı sistemiyle karşılaştırıldığında verimli olabilir. İnsanlar ve şehir için enerji tasarrufu sağlayarak düşük karbon emisyonları sağlanabilir. Birçok ülkede, çevre iyileştirmesi ve ekonomik yararlar için elektrikle çalışan toplu taşıma sistemlerine uygulanmıştır. Elektrik ile çalışan toplu taşıma sistemleri metropol şehirlerindeki karbon emisyonlarının azaltılmasına ve ulaşım sektöründen enerji tasarrufunun sağlanmasına destek olmuştur.

Güneş enerjisiyle çalışan yeni toplu taşıma sistemleri, kent için 2030 yılında uygulanabilir. Ancak, şehrin dağlarında rüzgâr türbini inşa etmek ve şehrin meteorolojisini inceleyerek, elektrik ihtiyacının %50'si sağlanabilir. Bu fikre de ulaşmak için şehirdeki toplu taşıma sisteminin çalıştırılması için rüzgâr türbinleri enerji üretim kapasitesi seviyesi üzerinde bir fizibilite çalışması dikkatle incelenmelidir. Önerilen HRS araç maliyetinin bir Türk firması tarafından üretilen diğer HRS sistemleriyle karşılaştırılması ekonomik açıdan faydalı olabilir. Önerilen bir HRS sisteminin araç maliyetinin yaklaşık €3 milyon olduğu tahmin edilmiştir. BOZANKAYA şirketinden satın alınabilecek bir LRT sistemi 1,5 milyon Avro'ya mâl olabilir. Bu şirketten 295 yolcu kapasitesine sahip olan araçlar, yüksek maliyetli önerilen sisteme kıyasla aynı hizmeti verebilir. Önerilen bir HRS sisteminin maliyeti, BOZANKAYA şirketinden iki raylı sisteme mal olabilir. Buna ek olarak, Türkiye'de yatırım maliyetinin kullanılması, ülkenin ekonomik istikrarı için tercih edilebilir. BOZANKAYA şirketindeki üretilmiş raylı sistemler Kayseri'de uygulanmıştır ve işletilmektedir. Bu sistemlerin daha düşük bakım maliyeti ve çevre kirliliğini azaltacağı belirlenmiştir.

**KAYNAKLAR**

- Alpkokin, P. & Ergun, M., 2012. Istanbul Metrobüs : first intercontinental bus rapid transit. *Journal Of Transport Of Geogrraphy*, 24, pp.58–66. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.05.009>.
- Alpkokin, P. *et al.*, 2016. LRT and street tram policies and implementation in turkish cities. *JTRG*, 54, pp.476–487. : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.004>.
- Anonymous 2017b. [www.lrta.org](http://www.lrta.org), 15.08.2017
- Anonymous 2017d. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), 20/08/2017
- Anonymous 2017e. [https://en.wikipedia.org/wiki/Lagos\\_Bus\\_Rapid\\_Transit\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Lagos_Bus_Rapid_Transit_System), 20/08/2017
- Anonymous 2017c. [www.brtdata.org](http://www.brtdata.org) accessed 20/8/2017
- Anonymous, 2017a. Küresel Metrobüs Verileri, <http://www.brtdata.org>. 12.08.2017
- Anonymous, 2018. Birleşmiş Milletler Ticaret ve kalkınma konferansı, <http://www.unctadstat.unctad.org> . 20/05/2018
- Arbuckle J.L, Wothke W, User's Guide, Chicago, Small Waters, 1995.
- Babalik, 2000. Urban Rail Systems: A Planning Framework to Increase Their Success. University of London. Phd Thesis August 2000.
- Babalik-sutcliffe, E. & Cengiz, E.C., 2015. Bus Rapid Transit System in Istanbul : A Success Story or Flawed Planning Decision? Bus Rapid Transit System in Istanbul : A Success Story or Flawed Planning Decision ? , 1647.
- Beirão, G. and Sarsfield-Cabral, J. A. (2007) Understanding attitudes towards public transport and private car: a qualitative study, *Transport Policy*, 14(6), pp. 478–489.
- Bent Flyvbjerg, Mette Skamris Holm & Soren Buhl (2002). Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie? *Journal of the American Planning Association*, 68:3, 279-295, DOI: 10.1080/01944360208976273.
- Berry, L.L., Zeithaml, V.A., Parasuraman, A., 1990. Five imperatives for improving service quality. *Sloan Management Review Summer* 31 (4), 29–38.
- Bjorn Gunnarsson, Andreas Lofgren, 2001. light rail-experiences from germany, france and Switzerland. master thesis. Lulea Tekniska Universitet. p.11-13.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. New York: Wiley.
- Brog, W., Erl, E. 2008. Global problems need global solutions: behaviour change in three continents. In: 4th International Symposium on Travel Demand Management. “Visions, Concepts and Experiences of Travel Demand Management”. Vienna, Austria: Social Data.
- Callaghan, L., & Vincent, W. (2007). Preliminary evaluation of metro orange line bus rapid transit project. *Transportation Research Record*, 2034, 37–44.
- Chien, S.I., Qin, Q., 2004. Optimization of bus stop locations for improving transit accessibility. *Transportation Planning and Technology* 27 (3), 211–227.
- Corbell, S. (Minister for Capital Metro, Australian Capital Territory). 2015. ‘Clean, Sustainable Light Rail to Run on 100% Renewable Energy’, Media Release, ACT Legislative Assembly, Canberra, Accessed June 20, 2015 by Steffen for study purpose.



- [http://www.cmd.act.gov.au/open\\_government/inform/act\\_government\\_media\\_releases/corbell/2015/clean,-sustainable-light\\_rail-to-run-on-100-renewable-energy](http://www.cmd.act.gov.au/open_government/inform/act_government_media_releases/corbell/2015/clean,-sustainable-light_rail-to-run-on-100-renewable-energy).
- Das, T. *et al.*, 2017. Parameters Affecting the Overall Performance of Bus Network System at Different Operating condition: A structural equation approach. *Transportation Research Procedia*, 25, pp.5059–5071. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.206>
- De Oña, J. *et al.*, 2013. Perceived service quality in bus transit service: A structural equation approach. *Transport Policy*, 29, pp.219–226. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.07.001>.
- dell'Olio, L., Ibeas, A. & Cecin, P., 2010. Modelling user perception of bus transit quality. *Transport Policy*, 17(6), pp.388–397.
- Dell'Olio, L., Ibeas, A. & Cecin, P., 2011. The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, 18(1), pp.217–227. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.08.005>.
- Deng, T. & Nelson, J.D., 2012. The perception of Bus Rapid Transit: a passenger survey from Beijing Southern Axis BRT Line 1. , 1060(July).
- Deng, T., & Nelson, J. (2011). Recent developments in bus rapid transit: Review of the literature. *Transport Reviews*, 31, 69–96.
- Diaz, R. B. (Ed.). (2004). Characteristics of bus rapid transit for decision-making (Federal Transit Administration Report. Project No: FTA-VA-26-7222-2004.1). Washington, DC: Federal Transit Administration (FTA).
- Domenico, F. *et al.*, 2014. A multivariate analysis of the quality of public transport services. *Procedia Economics and Finance*, 17(14), pp.238–247. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00868-5](http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00868-5).
- Donald Zillman, Alastair Lucas & Simon Beirne (2015) 2014: An eventful year for energy law and policy, *Journal of Energy & Natural Resources Law*, 33:1, 82-105, DOI: 10.1080/02646811.2015.1008848
- Dragana Grujičić, Ivan Ivanović, Jadranka Jović & Vladimir Đorić (2014) Customer perception of service quality in public transport, *Transport*, 29:3, 285-295, DOI: 10.3846/16484142.2014.951685
- Eboli, L. & Mazzulla, G., 2012. Structural Equation Modelling for Analysing Passengers Perceptions about Railway Services. , 54, pp.96–106. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.729>.
- Eboli, L. and Mazzulla, G. (2008b) Willingness-to-pay of public transport users for improvement in service quality, *European Transport*, 38, pp. 107–118.
- Erzurum Belediyesi ve Bogaziçi Şirketlerinin Raporları, 2012, Erzurum.
- Field, A.P., 2009. *Discovering Statistics Using SPSS: (and Sex, Drugs and Rock 'N' Roll)*, third ed. SAGE Publications, Los Angeles.
- Finn, B., Heddebaut, O., Kerkhof, A., Rambaud, F., Lozano, O. S., & Soulas, C. (2011). Buses with high level of service – fundamental characteristics and recommendations for decision-making and research. Cost Action TU0603, Final report.
- Flyvbjerg, B., N. Bruzelius, and B. van Wee (2008). Comparison of capital costs per route kilometre in urban rail. *European Journal of Transportation and Infrastructure Research*, vol. 8, no. 1, pp.17-30.

- Foote, P.J., 2004. Making buses better in Chicago: strategic implementation of customer-derived performance measures from 1995–2001. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1884, 18–26.
- Franklin, S., C. Walker, *et al.* (2003). Survey methods and practices, Statistics Canada, Social Survey Methods Division.
- Friman, M., 2004. Implementing quality improvements in public transport. *Journal of Public Transportation* 7 (4), 49–65.
- Garrido, C., De Oña, R. & De Oña, J., 2014. Neural networks for analyzing service quality in public transportation. *Expert Systems with Applications*, 41(15), pp.6830–6838.
- Gotlieb, J. B.; Grewal, D.; Brown, S. W. 1994. Consumer satisfaction and perceived quality: complementary or divergent constructs? *Journal of Applied Psychology* 79(6): 875–885. <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.79.6.875>
- Hensher, D.A. & Golob, T.F., 2008. Bus rapid transit systems: A comparative assessment. *Transportation*, 35(4), pp.501–518.
- Hensher, D.A. & Mulley, C., 2014. Modal image: candidate drivers of preference differences for BRT and LRT. *Transportation*, 42(1), pp.7–23.
- Hensher, D.A., Mulley, C., Yahja, N., 2010. Passenger experience with quality enhanced bus service: the tyne and wear ‘superoute’ services. *Transportation* 37 (2), 239–256.
- Hensher, D.A., Waters II, W.G.: Light rail and bus priority systems: choice or blind commitment? In: Starr Macmullen, B. (ed.) *Research in transportation economics*, vol. 3, pp. 139–162. JAI Press, Greenwich (1994).
- Hidalgo, D. (2009). Citywide transit integration in a large city: The case of the interligado system, São Paulo, Brazil. Presented at Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Hidalgo, D. *et al.*, 2008. Bus Rapid Transit Systems in Latin America and Asia : Results and Difficulties in 11 Cities Bus Rapid Transit Systems in Latin America and Asia Results and Difficulties in 11 Cities. , (January 2016).
- Hidalgo, D., & Carrigan, A. (2010). *Modernizing public transport: lessons learned from major bus improvements in Latin America and Asia*. Washington D.C., USA: World Resources Institute.
- Hooper, D., Coughlan, J., Mullen, M.R., 2008. Structural equation modelling: guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods* 6 (1), 53–60.
- Huzayyin, A.S. & Salem, H., 2013. Research in Transportation Economics Analysis of thirty years evolution of urban growth , transport demand and supply , energy consumption , greenhouse and pollutants emissions in Greater Cairo q. *Research in Transportation Economics*, 40(1), pp.104–115. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2012.06.035>.
- Idris Ahmed, 2013. Model shift forecasting models for transit service planning. Doctor of Philosophy thesis. University of Toronto, Canada.
- International Energy Agency Report, 2002. Page 18.
- Jain, S. *et al.*, 2014. Identifying public preferences using multi-criteria decision making for assessing the shift of urban commuters from private to public transport: A case study of Delhi. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 24, pp.60–70. Available at:

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2014.03.007>.
- Javid, M. A., Okamura, T., Nakamura, F., & Wang, R. (2013). Comparison of Commuters Satisfaction and Preferences with Public Transport: A Case of Wagon Service in Lahore, 7(4), 461–472.
- Javid, M.A. *et al.*, 2013. Comparison of Commuters' Satisfaction and Preferences with Public Transport: A Case of Wagon Service in Lahore. , 7(4), pp.461–472.
- Jesper Bláfoss Ingvardson & Otto Anker Nielsen (2017): Effects of new bus and rail rapid transit systems an international review, *Transport Reviews*, DOI: 10.1080/01441647.2017.1301594.
- Johnson, R.A., Wichern, D.W., 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 6th ed. Pearson Pertice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Joreskog, K. G. and D. Sorbom. 2001. *LISREL 8: User's Reference Guide*. Scientific Software International.
- Kanyama Ahmad, Annika Carlsson, Lisa Lindén and John Lupala, 2005. Public transport in Dar es Salaam, Tanzania- Institutional Challenges and Opportunities.
- Karlaftis, M.G., Golias, J., Papadimitriou, E., 2001. Transit quality as an integrated traffic management strategy: measuring perceived service. *Journal of Public Transportation* 4 (1).
- Kim, Y.K. & Lee, H.R., 2011. Customer satisfaction using low cost carriers. *Tourism Management*, 32(2), pp.235–243. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2009.12.008>.
- Lai, W.T., Chen, C.F., 2011. Behavioural intentions of public transit passengers—the roles of service quality, perceived value, satisfaction and involvement. *Transp. Policy* 18 (2), 318–325. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.09.003>
- Laura Eboli & Gabriella Mazzulla (2008a) A Stated Preference Experiment for measuring Service Quality in Public Transport, *Transportation Planning and Technology*, 31: 5, pp.509-523, DOI: 10.1080/03081060802364471.
- Lee, S. S., & Senior, M. L. (2013). Do light rail services discourage car ownership and use? Evidence from Census data for four English cities. *Journal of Transport Geography*, 29,11–23. doi:10.1016/j.jtrangeo.
- Levinson, H., Zimmerman, S., Clinger, J., Rutherford, S., Smith, R.L., Cracknell, J., Soberman, R., 2003. *Bus Rapid Transit volume 1: case studies in bus rapid transit*. Transport Cooperative Research Program Report 90. Washington D.C., USA.
- Love, P.E.D. *et al.*, 2017. Off the rails: The cost performance of infrastructure rail projects. *Transportation Research Part A*, 99, pp.14–29. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2017.02.008>.
- Mahmoud, M. & Hine, J., 2016. Measuring the influence of bus service quality on the perception of users. , 1060(July).
- Maraglino, V. *et al.*, 2014. Methodology for a Study of the Perceived Quality of Public Transport in Santander. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 160(Cit), pp.499–508. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814062648>.
- Martilla, J. A.; James, J. C. 1977. Importance-performance analysis, *Journal of Marketing* 41(1): 77–79. <http://dx.doi.org/10.2307/1250495>.
- Mehmet Tarik Dündar, 2016. Metro sistemlerinin tasarımında yapım ve işletme maliyetlerinin optimizasyonu için bir yaklaşım. Doktora tezi, Fen Bilimler

Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Molina, L. T. (2010). Sustainable Transportation in Latin America and the Caribbean. Massachusetts Institute of Technology/MCE2, September 15, 2010. 15th IUAPPA World Clean Air Congress Session 6E: Greener Transport, Vancouver, Canada.
- Montgomery, Runger, Hubele. Mühendislik istatistiği, 5. Baskı çeviri. Çeviri editörü: Prof.Dr. Çoşkun Özkan. Palme yayınlar, Ankara,2017.
- Morton, C., Caulfield, B. & Anable, J., 2016. Customer perceptions of quality of service in public transport: Evidence for bus transit in Scotland. *Case Studies on Transport Policy*, 4(3), pp.199–207.
- Mouwen, A., 2015. Drivers of customer satisfaction with public transport services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, pp.1–20. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.005>.
- Mulley, C., Hensher, D.A. & Rose, J., 2014. Case Studies on Transport Policy Do preferences for BRT and LRT vary across geographical jurisdictions? A comparative assessment of six Australian capital cities. *Case Studies on Transport Policy*, 2(1), pp.1–9. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cstp.2013.11.001>.
- Ngatia, G.J., Okamura, T., Nakamura, F., 2010. The Structure of users' Satisfaction on urban public transport service in developing country: The Case of Nairobi. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 8, 1288–1300.
- Noor, H.M., Nasrudin, N. & Foo, J., 2014. Determinants of Customer Satisfaction of Service Quality: City Bus Service in Kota Kinabalu, Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 153, pp.595–605. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042814055347> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814055347>.
- Nugroho, S. B., Fujiwara, A., & Zhang, J. (2011). An empirical analysis of the impact of a bus rapid transit system on the concentration of secondary pollutants in the roadside areas of the TransJakarta corridors. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(5), 655–669.
- Nureddin kocabaş, 2007.Metrobüs sistemlerinin ülkemizde uygulanabilirliğinin araştırılması ve Antalya Örneği. Yüksek lisans tezi. Ulaştırma bölüm, Eskişehir Osman gazi Üniversitesi, Türkiye.
- Olesen, M. & Lassen, C., 2016. Rationalities and materialities of light rail scapes. *JTRG*, 54, pp.373–382. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.04.005>.
- Olesen, M., 2014. Framing light rail projects – Case studies from Bergen, Angers and Bern. *Case Stud. Transp. Policy* 2, 10–19.
- Özge Özgür, 2011. Performance analysis of rail transit investments in Turkey : Izmir and Bursa. , *Transport policy* 18, pp.147–155.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry, L.L., 1985. A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing* 49, 41–50.
- Perone, J., Volinski, J., 2003. Fare, free or sometimes in Between? University of South Florida, Tampa FL, USA.
- Pickrell, D. H. (1990). Urban rail transit projects: Forecast versus actual ridership and cost. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.

- Prioni, P. and Hensher, D. A. (2000) Measuring service quality in scheduled bus services, *Journal of Public Transportation*, 3(2), pp. 51–74.
- Pucher, J., Kim, M., Song, J., 2005. Public transport reforms in Seoul: innovations motivated by funding crisis. *Journal of Public Transportation* 8 (5), 41–62.
- Redman, L. *et al.*, 2013. Quality attributes of public transport that attract car users : A research review. , 25, pp.119–127.
- Richardson, A. J., E. S. Ampt, *et al.* (1995). *Survey methods for transport planning*, Eucalyptus Press Oakland, CA.
- Robin king *et al.* 2016. Social, environmental and economic impacts of BRT systems: Bus Rapid Transit case studies from around the world. World Resource Institute, [www.embarq.org](http://www.embarq.org)
- Rodríguez, D.A. & Targa, F., 2014. Value of accessibility to Bogota's bus rapid transit system. , 1647(July).
- Rojo, M., Gonzalo-Orden, H., dell'Olio, L., & Ibeas, Á. (2012). Relationship between service quality and demand for inter-urban buses. *Transportation Research Part a-Policy and Practice*, 46(10), 1716–1729.
- Rosenthal, E. (July 9 2009). Buses may aid climate battle in poor cities. *The New York Times*, visited sept 21 2017. <http://www.nytimes.com/2009/07/10/world/Americas/10degrees.html>.
- Shang, B. & Zhang, X., 2013. Study of Emission Reduction: Benefits of Urban Rail Transit. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96(Cictp), pp.557–564. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813021915>.
- Steffen, W., Percival, T. & Flannery, D., 2015. Greenhouse gas emission reductions from Canberra's light rail project. , 3682(September).
- Stuart, K.R., Mednick, M., Bockman, J., 2000. Structural equation model of customer satisfaction for the New York City subway system. *Transportation Research Record* 1735, 133–137.
- Sükrü YILMAZ,2012. Metrobüs sisteminin incelenmesi ve sosyal, çevresel, ekonomik etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi.
- Sweis, G., Imam, R., Kassab, G., & Sweis, R. (2013). Customer Satisfaction in Apartment Buildings: The Case of Jordan. *Life Science Journal*, 10(12s), 237–245.
- Tanriverdi, Sahin Shakibaei, H.Onur Tezcan. A stated preference Study on individual's Transportation decisions, Focused on Marmaray Project in Istanbul. *Procedia-Social Behavioral Science* 54 (2012) 19-26.
- Tanweer Ahmed SİDDİQİ, 2017.Heading Towards an Integrated Public Transport System in Pakistan. Istanbul transist congress 2017. Page 458-464.
- Thilakarathne, R. S. (2011). Mode succession in a public transit corridor (MSc Thesis). Department of Civil Engineering, Schulich School of Engineering, University of Calgary, Canada.
- Tirachini, A., Hensher, D.A. & Jara-díaz, S.R., 2010. Research in Transportation Economics Comparing operator and users costs of light rail , heavy rail and bus rapid transit over a radial public transport network. *Research in Transportation Economics*, 29(1), pp.231–242. <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2010.07.029>.
- Tiwari, G. and Jain, D. 2010. Bus rapid transit projects in India cities: a status report. *Built Environment*, vol. 36, no. 3, pp. 353-362.

- Tyrinopoulos, Y. & Antoniou, C., 2008. Public transit user satisfaction: Variability and policy implications. *Transport Policy*, 15(4), pp.260–272.
- Vincent, W., Delmont, E., Hughes, C. (2012). Energy and environmental impacts of BRT in APEC economies. Breakthrough technologies institute: Washington D.C. <http://esci-ksp.org>.
- Vitosoglu, Y. *et al.*, 2014. Comparison of light rail systems in Turkey with the method of comparative standard determination. *Transportation Research Procedia*, 3(July), pp.670–679. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.046>.
- Vitosoglu, Y. *et al.*, 2014. Comparison of light rail systems in Turkey with the method of comparative standard determination. *Transportation Research Procedia*, 3(July), pp.670–679. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.046>.
- Vuchic, V.R., 2002. Bus semi rapid transit mode development and evaluation. *Journal of Public Transportation* 5 (2), 71–95.
- Vuk, G. (2005). Transport impacts of the Copenhagen metro. *Journal of Transport Geography*, 13(3), 223–233.
- Walker, J., Donovan, S. 2007. How does patronage react to service frequency? Transport policy. <http://www.ozebus.com.au/ozebus/img/FrequencyStudy.pdf>
- Weinstein, A., 2000. Customer satisfaction among transit riders. How customer rank the relative importance of various service attributes. *Transportation Research Record* 1735, 123–132.
- Wohrnschimmel H, Zuk M, Martinez-Villa G, Cardenas B, Bracho LR, Bremauntz AF. 2008. The impact of a Bus Rapid Transit system on commuters' exposure to Benzene, CO, PM2.5 and PM10 in Mexico City. *Atmos Environ.* 42:8194–8203.
- World Bank Report, 2002.
- World Urban Prospects report, United Nations 2014.
- Wright, L., 2003. *Bus Rapid Planning Guide*. GTZ, Eschborn, Germany.
- Yang, L. J., Chou, T. C., Ding, J. F. 2011. Using the Importance-Performance Analysis (IPA) approach to measure the service quality of mobile application stores in Taiwan, *African Journal of Business Management* 5(12): 4824–4834. <http://dx.doi.org/10.5897/AJBM10.1163>
- Yazici, M. A., Levinson, H. S., Ilicali, M., Camkesen, N., & Kamga, C. (2013). A Bus Rapid Transit Line Case Study: Istanbul's Metrobus System. *Journal of Public Transportation*, 16(1), 153–177.
- Yazici, M., Levinson, H., Ilicali, M., Camkesen, N., & Kamga, C. (2013). A bus rapid transit line case study: Istanbul's metrobüs system. *Journal of Public Transportation*, 16(1), 153–177. [http://www.nctr.usf.edu/wpcontent/uploads/2013/03/16.1\\_yazici.pdf](http://www.nctr.usf.edu/wpcontent/uploads/2013/03/16.1_yazici.pdf)
- Ye, R. & Titheridge, H., 2017. Satisfaction with the commute : The role of travel mode choice , built environment and attitudes. *Transportation Research Part D*, 52, pp.535–547. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2016.06.011>.

## ÖZGEÇMİŞ

25.05.1985 yılında Somali'nin kuzeyinde, Awdal Bölgesinin ARORSEL köyünde doğdu. İlk öğrenimini Borama şehrinde tamamladı. Orta ve Lise öğrenimini ise Cibuti'nin başkenti Cibuti'de tamamladı. 2007 yılında Sudan Cumhuriyetinde Juba Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2012 yılında mezun oldu. 2014 yılında Türkiye Cumhuriyeti'nin düzenlediği burs (Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Bakanlığı) programına başvurarak Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma alanında Yüksek Lisans yapmaya hak kazandı.