

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENTİÇİ TOPLU ULAŞIMDA METROBÜS SİSTEMİ VE İSTANBUL İÇİN
YENİ GÜZERGAH ALTERNATİFİ: KOZYATAĞI-SEYRANTEPE
METROBÜS ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Suheybi KESKİN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

Eylül 2017

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENTİÇİ TOPLU ULAŞIMDA METROBÜS SİSTEMİ VE İSTANBUL İÇİN
YENİ GÜZERGAH ALTERNATİFİ: KOZYATAĞI-SEYRANTEPE
METROBÜS ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Suheybi KESKİN
(501111425)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

Eylül 2017

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111425 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Suheybi KESKİN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KENTİÇİ TOPLU ULAŞIMDA METROBÜS SİSTEMİ VE İSTANBUL İÇİN YENİ GÜZERGAH ALTERNATİFİ: KOZYATAĞI-SEYRANTEPE METROBÜS ÖNERİSİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Abdullah Hilmi LAV**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yard. Doç. Dr. Iğın GÖKAŞAR
Boğaziçi Üniversitesi

Teslim Tarihi : 12 Eylül 2017

Savunma Tarihi : 12 Eylül 2017





Eşime ve çocuklarıma..



ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca değerli bilgi, görüş, destek ve önerilerini benden esirgemeyen, danışman hocam Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN'a ve çalıştığım kurum olan İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nde bu çalışmaya katkı sunan tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilir, beni koruyup kollayan ve bu günlere getiren anne-babama ve varlık ve sevgisi ile bana güç veren; desteğini benden bir an olsun esirgemeyen eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Hamd ancak Alemlerin Rabb'i olan Allah (c.c.)'nadır.

Eylül 2017

Suheybi KESKİN
Endüstri Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. KENTİÇİ TOPLU ULAŞIM SİSTEMLERİ.....	3
2.1. Kentiçi Toplu Ulaşım Türleri	3
2.1.1. Raylı sistemler	4
2.1.2. Karayolu ulaşımı	5
2.1.3. Denizyolu ulaşımı	7
2.1.4. Ara ulaşım türleri	7
2.2. Kentiçi Toplu Ulaşım Planlama.....	7
2.2.1. Dört adımlı ulaşım planlama modeli	7
2.2.1.1. Yolculuk üretimi ve çekimi.....	8
2.2.1.2. Yolculuk dağıtımı	9
2.2.1.3. Türel dağılım	9
2.2.1.4. Mod seçimi.....	10
3. METROBÜS SİSTEMİ NEDİR	11
3.1. Metrobüs Sistemi Tanımı	11
3.2. Metrobüs Sistemi Tarihsel Gelişimi.....	12
3.3. Metrobüs Sisteminin Teknik Özellikleri	14
3.3.1. Yol	15
3.3.2. İstasyon	16
3.3.3. Araç.....	17
3.3.4. Biletleme	19
3.4. Dünyadan Örnekler	20
4. İSTANBULDA METROBÜS.....	27
4.1. Tarihsel Gelişim	27
4.2. İstanbul Metrobüs Sisteminin Özellikleri.....	29
4.2.1. İşletme özellikleri	29
4.2.2. Yolculuk analizi.....	30
4.2.3. Toplu ulaşım ağı ile olan entegrasyon	34
4.3. Toplumsal, Ekonomik ve Çevresel Kazanımlar	36
4.3.1. Toplumsal kazanım.....	37
4.3.2. Ekonomik kazanım	39
4.3.3. Çevresel kazanım	40
5. KOZYATAĞI-SEYRANTEPE KORİDORUNDA METROBÜS SİSTEMİ. 41	41
5.1. Metodoloji	41

5.1.1. Rota seçimi	42
5.1.1.1. Güzergah incelemesi	42
5.1.1.2. Etki alanındaki nüfus ve konut sayıları	43
5.1.2. Yolculuk talep tahmini.....	45
5.1.2.1. FSM Köprüsü geçişli otobüs hatlarının yolculukları	46
5.1.2.2. Beylikdüzü-söğütluçeşme metrobüs hattından gelebilecek yolculuklar	48
5.1.2.3. FSM köprüsü geçişli özel araç yolculukları.....	50
5.1.2.4. Tahminlenen yolculuk sayısı.....	52
5.1.3. İstasyon yer seçimi.....	53
5.2. Yeni Metrobüs Sisteminin Kazanımları	54
5.2.1. Zaman tasarrufu	56
5.2.2. Akaryakıt Tasarrufu	56
5.2.3. CO2 salınımı tasarrufu.....	59
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ.....	67

KISALTMALAR

BRT	: Bus rapid transit
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İETT	: İstanbul Elektrik, Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü
İUAP	: İstanbul Ulaşım Ana Planı
HOT	: Hızlı Otobüs Taşımacılığı
O-D	: Origin-Destination
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UITP	: International Association of Public Transport





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Toplu ulaşım modlarının teknik karakteristikleri.....	4
Çizelge 3.1 : Değişken tarife türleri.....	20
Çizelge 3.2 : Dünya genelinde metrobüsle yapılan günlük yolculuk sayıları.	20
Çizelge 3.3 : Mexico city metrobüs hatlarında günlük ortalama yolculuk talebi.....	22
Çizelge 3.4 : Trans jakarta metrobüs ağının önemli özellikleri.....	22
Çizelge 3.5 : Madrid metrobüs hattının önemli özellikleri.....	23
Çizelge 3.6 : Tahran metrobüs ağının önemli özellikleri.	24
Çizelge 3.7 : Vancouver metrobüs hattının önemli özellikleri.....	24
Çizelge 3.8 : Johannesburg metrobüs ağının önemli özellikleri.....	25
Çizelge 4.1 : Metrobüs sisteminin işletme özellikleri.	29
Çizelge 4.2 : Operatör bazlı yıllara göre yolculuk sayıları.....	32
Çizelge 4.3 : Metrobüs aktarma noktaları.....	36
Çizelge 5.1 : Kozyatağı-seyrantepe koridoru güzergah yol analizi.....	44
Çizelge 5.2 : Kozyatağı-seyrantepe koridoru etki alanındaki konut ve nüfus sayıları.....	44
Çizelge 5.3 : Kozyatağı-seyrantepe koridoru etki alanındaki mahallelerin yıllara göre nüfus sayıları.....	46
Çizelge 5.4 : FSM köprüsü geçişli hatların araç sayısı, sefer sayısı, sefer müddeti ve otobüs yolculukları.....	49
Çizelge 5.5 : Söğütlüçeşme, uzunçayır ve altunizade istasyonları günlük ortalama yolculuk sayıları.....	50
Çizelge 5.6 : FSM köprüsü özel araç geçiş sayıları.....	51
Çizelge 5.7 : Özel araç kullanımından gelebilecek araç sayısı.....	51
Çizelge 5.8 : Kullanılan parametre kabulleri.....	55
Çizelge 5.9 : FSM köprüsü'nden farklı oranlara göre özel araç çekilmesinin akaryakıt tasarruflarına olan etkisi.....	57



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dört aşamalı klasik ulaştırma modeli.....	8
Şekil 3.1 : Dünyadaki BRT sistemleri.....	14
Şekil 3.2 : Medyan ve izole yollar.....	15
Şekil 3.3 : Çin Guangzhou metrobüs hattı Shidajida istasyonu.....	17
Şekil 3.4 : Dünya genelinde metrobüs sistemlerinde saat başı taşınan yolcu sayısı..	21
Şekil 4.1 : Metrobüs tarihsel gelişim süreci.....	28
Şekil 4.2 : Metrobüs hattının diğer modlarla entegrasyonu.....	28
Şekil 4.3 : Ulaşım türlerinin yolculuk oranları.....	30
Şekil 4.4 : Karayolu ulaşım yolculuk oranları.....	31
Şekil 4.5 : Lastik tekerlekli toplu taşıma yolculuklarının oransal dağılımı.....	31
Şekil 4.6 : Metrobüs yolculuklarının yıllara göre değişimi.....	33
Şekil 4.7 : 2016 yılı metrobüs yolculuklarının işgünü, cumartesi ve pazar yolculukları.....	33
Şekil 4.8 : Mayıs 2017'ye ait haftaiçi günlük ortalama yolculuklar.....	34
Şekil 4.9 : Mayıs 2017'ye ait haftaiçi ortalama günlük metrobüs istasyon yolculukları.....	34
Şekil 4.10 : Metrobüs aktarma noktaları.....	35
Şekil 4.11 : Metrobüs park et devam et güzergâhları.....	35
Şekil 4.12 : Merobüs sisteminin başarı ölçütleri.....	37
Şekil 4.13 : Merobüs sisteminin tercih edilme nedenleri.....	38
Şekil 4.14 : Merobüs sistemi ortalama seyahat süresi.....	38
Şekil 4.15 : Metrobüs sistemi öncesi sonrası.....	39
Şekil 5.1 : Kozyatağı-seyrantepe koridoru.....	43
Şekil 5.2 : Kozyatağı-seyrantepe koridoru 500 metre ve 750 metre etki alanı haritası.....	45
Şekil 5.3 : 2023-2006 yılları arasındaki yolculukların ilçe bazlı dağılımındaki artış.....	47
Şekil 5.4 : 2023 yılı ana arterler hacim değerleri.....	47
Şekil 5.5 : 2023 yılı toplu ulaşım yolculukları.....	48
Şekil 5.6 : Söğütlüçeşme-beylikdüzü metrobüs hattının altunizade-uzunçayır-söğütlüçeşme istasyonları haritası.....	50
Şekil 5.7 : Tahminlenen yolculuk sayısı.....	52
Şekil 5.8 : Söğütlüçeşme-beylikdüzü metrobüs hattının ilk altı ay yolculuk sayısı değişimi.....	52
Şekil 5.9 : Kozyatağı-seyrantepe koridorunu kesen otobüs hatları haritası.....	53
Şekil 5.10 : Kozyatağı-seyrantepe koridorunu kesen minibüs hatları haritası.....	54
Şekil 5.11 : Kozyatağı-seyrantepe metrobüs sistemi istasyon önerileri haritası.....	55



KENTİÇİ TOPLU ULAŞIMDA METROBÜS SİSTEMİ VE İSTANBUL İÇİN YENİ GÜZERGAH ALTERNATİFİ: KOZYATAĞI-SEYRANTEPE METROBÜS ÖNERİSİ

ÖZET

Metrobüs sistemlerinin sunmuş olduğu kapasite ve yüksek hız, İstanbul'un diğer bölgelerinde de bu sistemlerin uygulanması olanaklarının araştırılması ihtiyacını doğurmuştur. Özellikle tepeli coğrafi yapısı ve ortasından geçen Karadeniz'i Marmara Denizi'ne bağlayan boğazı nedeniyle yatırım maliyetleri ve işleme alma süreleri uzun olan raylı sistemler yerine daha hızlı çözüm olanakları sunan Metrobüs sistemlerinin İstanbul geneline yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bu tez ile 15 Temmuz Şehitler Köprüsü üzerinden iki kıtayı birbirine bağlayan İstanbul'un en önemli ulaşım aksında hizmet veren Beylikdüzü-Söğütlüçeşme Metrobüs sistemine, yine önemli bir ulaşım aksı olan Kozyatağı-Seyrantepe güzergahında Fatih Sultan Mehmet Köprüsü üzerinden ikinci bir metrobüs sistemi oluşturulması analiz edilmiştir. Giriş bölümünün ardından ikinci bölümde kentiçi toplu ulaşım sistemleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde metrobüs sistemi tanıtılmaya çalışılmışken; dördüncü bölümde ise Beylikdüzü-Söğütlüçeşme Metrobüs sistemi anlatılmıştır. Beşinci bölümde Kozyatağı-Seyrantepe güzergahında oluşturulacak olan yeni bir metrobüs sisteminin potansiyel yolculuk talep tahminleri ve güzergah analizi yapılmıştır. Ayrıca oluşturulması teklif edilen yeni metrobüs sisteminin sosyal, çevresel ve ekonomik kazanımları hesaplanmaya çalışılmıştır. Çalışma sonuç ve değerlendirme bölümü ile tamamlanmıştır.



BUS RAPID TRANSIT SYSTEMS IN URBAN TRANSPORT AND A NEW ROUTE ALTERNATIVE FOR ISTANBUL: KOZYATAGI-SEYRANTEPE METROBUS RECOMMENDATION

SUMMARY

With the increasing population and economy every year, Istanbul has a large passenger and freight movement which is among the first places not only at national level but also global level. The most important reason why the population density is increasing every year is that the city has a favorable geographical position and it has developed from social, cultural, economic, commercial and tourism point of view. For this reason, establishing a planned and efficient transportation system in the city is indispensable. The rapid increase in population density and automobile ownership in Istanbul is one of the most important factors in the emergence of transportation problems.

This increasing mobility demand should be answered by providing the fastest possible transport solutions. For this, fast, comfortable, environmentally friendly and high capacity solutions are needed in public transportation systems. The need for a quick solution emerges in two different ways. First, the system must be installed quickly and then it should also be operated fast. When it comes to high-capacity solutions, rail systems and marine transport are prominent options. Considering the investment costs and the time of system installation, alternative and more economical and practical solutions are needed. In the seaway option; besides not being able to reach every location by sea, operating costs are high and the speed is low even if it can offer high capacity and comfort, and this pushes the sea routes back to the point where they are not preferred by passengers.

Apart from rail systems and marine transport, it is also possible to reach a certain capacity with high-capacity rubber wheel vehicles. The operating costs of these systems, whose initial investment costs are much lower than those previously mentioned systems, are also acceptable. However, the biggest problem with rubber wheel transport is generally the operational speed. Being one of the most important components of public transport in Istanbul, buses have a commercial speed of 18-20 km/h. At times when traffic and demand are heavy, this speed is even lower. If the solution to the speed problem is provided, rubber wheel modes become efficient and effective in urban transportation with high capacity and high frequency operations.

As of today, there are 5348 kilometers of Metrobus hotlines in 206 cities around the world. Metrobus lines, which are thought to be a high-quality public transportation solution in fast-urbanized areas, have begun to be implemented in Europe after Latin America and then in Asia. Of course, there are also approaches such as integrating the existing bus lines with other high-capacity public transport systems, rather than system installation from scratch in all cases.

As a solution to the speed problem of rubber wheel systems, different policies may be applied in the form of roads dedicated to public transport, or public transport priority lanes. Systems in which roads are allocated to public transport and buses are operated with high frequencies are called "Bus Rapid Transit - BRT" in the literature. Within this scope, there is a successful application on the D-100 highway, the east-west main axis in Istanbul. 2 lanes are allocated to this system, which is called Metrobus, on the D-100 highway. The high speed offered by Metrobus, accessibility and comfort led to a rapid increase in demand for this system.

The Metrobus system is based on the D-100 axis, which carries a significant part of Istanbul's journeys, and is a system that provides significant benefits over this line in a short time. The benefits of this system are;

- Time gain,
- Fuel saving,
- Harmful emission reduction in release,
- Decrease in accident rates,
- Increase in commercial speed,
- Fast and high quality transportation,
- Higher comfort with new vehicles.

The capacity and high speed offered by the Metrobus systems have led to the need to explore the possibilities of applying these systems in other parts of Istanbul. Metrobus systems, which provide a faster solution instead of rail systems with high investment costs and long construction times due to the hilly topography and the Bosphorus Strait connecting the Black Sea to the Sea of Marmara, need to be widespread throughout Istanbul.

BRT systems' high passenger capacity and commercial speed have made it necessary to take them into account as a possible solution in Istanbul. It can be said that adding more BRT lines to the public transport network of the city can be a viable option as rail-based systems would have a higher investment cost and construction time because of Istanbul's hilly terrain and the Bosphorus strait that connects Black Sea to the Marmara Sea.

In this thesis, the idea of installing a second Metrobus system over the Fatih Sultan Mehmet Bridge and on the important Kozyatağı-Seyrantepe axis has been analyzed. An initial passenger capacity forecast of the line is also shared. For the analysis, the population and the number of houses in the corridor, the journeys on the existing bus lines, the possibilities of the transition of the private car users to the system to be installed and the number of journeys that can come from Beylikdüzü-Söğütlüçeşme Metrobus line are taken into consideration. Possible station locations on the route are also defined. Finally, the time savings that the system can present to the passengers are calculated, and the economic and environmental contributions of the system are analyzed.

A second metrobus system on the FSM Bridge is expected to carry an average of 157,146 passengers a day. It has been calculated that this passengers will take place from the existing bus lines, the withdrawal of special vehicles from the traffic and the possibility of coming from the existing metrobus line. According to the criteria set for the metrobus system, 10 station points are recommended. These stations;

Kozyatağı, Ataşehir, Hatboyu Caddesi, Alemdağ Caddesi, Şile Road Crossroad, Küçüksu, Kavacık, Rumeli Hisarüstü, Sanayi Mahallesi and Seyrantepe.

With the adoption of the system, it will emerge in social, economic and environmental gains. It is estimated that a time saving of 30 minutes will be achieved according to the measurements made, which corresponds to 7.6 days for one passenger per year. 104.569 liters per day, 38.160.385 liters per year, fuel savings are also provided by the calculations made. The economic value of saving fuel is estimated to be 460,103 liras per day and 167,937,595 liras per year. In addition, the CO₂ emissions from fuel oil will be 277,108 kg per day and 101,144,420 kg less per year.

The assumptions for the parameters used in the calculations are given in Table 5.8. The results obtained in our testimony should be considered in the context of calculations made according to these assumptions. Calculation methods and results may vary depending on different acceptance and parameters.

Kozyatağı-Seyrantepe metrobus route proposal with the city's traffic congestion of the FSM Bridge in front of the important time savings will be experienced in such a line, social, economic and environmental aspects of the city is considered to be worth.



1. GİRİŞ

İstanbul, her geçen yıl artan nüfusu ve gelişen ekonomisiyle yolcu ve yük hareketliliğinin sadece ülkemizde değil dünyada da en fazla olduğu şehirlerdendir. Nüfus yoğunluğunun her geçen yıl artış göstermesinin en büyük nedeni coğrafi konumunun elverişli olmasının yanı sıra sosyal, kültürel, ekonomik, ticari ve turizm açısından gelişmişlik göstermesidir. Bu nedenle kent içinde planlı ve verimli bir ulaşım sisteminin kurulması vazgeçilmezdir. İstanbul'daki nüfus yoğunluğunun ve otomobil sahipliğinin hızla artması ulaşım problemlerinin ortaya çıkmasındaki en büyük etkenlerin başında gelmektedir.

Bu artan hareketliliğe en hızlı şekilde taşıma olanakları sunarak cevap verilmelidir. Bunun için de toplu taşıma sistemlerinde hızlı, konforlu, çevreci ve yüksek kapasite çözümler gerekmektedir. Hızlı çözüm ihtiyacı iki farklı şekilde ortaya çıkmaktadır. Birincisi; sistemin kurulmasının hızlı olması ve ikincisi de; kurulan sistemin hızlı işletilmesi. Yüksek kapasite çözümler denilince raylı sistemler ve deniz ulaşımı öncelikle akla gelmektedir. Yatırım maliyetleri ve sistemin kurulma zamanı düşünüldüğünde, raylı sistemlere alternatif daha ekonomik ve pratik çözümler ihtiyaç olarak belirmektedir. Denizyolu seçeneğinde de; her lokasyona denizyolu ile ulaşmanın mümkün olmamasının yanında; yüksek kapasite ve konfor elde edilmesine rağmen işletme maliyetlerinin yüksek ve hızın düşük olması gibi nedenler denizyollarını yolcular tarafından tercih edilmede geri plana itmektedir.

Raylı sistemler ve deniz ulaşımı haricinde, lastikli ulaşım da yüksek kapasiteli araçlarla belirli bir kapasiteye ulaşmak mümkündür. İlk yatırım maliyetleri bahsi geçen sistemlere oranla çok daha düşük olan bu sistemlerin işletme maliyetleri de kabul edilebilir düzeydedir. Ancak lastikli ulaşım da en büyük sıkıntı işletme hızında olmaktadır. İstanbul'da lastikli ulaşımın en önemli toplu ulaşım bileşeni olan otobüslerin işletme hızları 18-20 km/sa aralığındadır. Trafiğin ve talebin yoğun olduğu saatlerde bu hız daha da düşmektedir. Hız problemlerine çözümler sunulduğu takdirde lastik tekerlekli ulaşım, kapasitesi yüksek araçlarla ve yüksek frekansla işletilerek kent ulaşımı için etkili ve verimli bir mod haline gelmektedir.

Lastik tekerlekli sistemlerin hız probleminde çözüm olarak toplu taşımaya tahsis edilmiş yollar veya bazı yollarda toplu taşıma öncelikli şeritler şeklinde farklı politikalar uygulanabilir. Toplu taşımaya tahsis edilmiş bu yollarda yüksek frekanslarla otobüs taşımacılığının yapıldığı sistemler literatürde “Hızlı Otobüs Taşımacılığı – HOT” (Bus Rapid Transit – BRT) olarak adlandırılmaktadır. Nitekim bunun güzel bir uygulaması İstanbul’da doğu-batı ana aksında D-100 karayolu üzerinde mevcuttur. Metrobüs olarak adlandırılan bu sisteme D-100 karayolu üzerinde 2 şerit tahsis edilmiştir. Metrobüs’ün sunmuş olduğu yüksek hız, erişilebilirlik ve ilk zamanlardaki konfor bu sisteme olan talebin hızla artmasına sebep olmuştur.

Metrobüs sistemlerinin sunmuş olduğu kapasite ve yüksek hız, İstanbul’un diğer bölgelerinde de bu sistemlerin uygulanması olanaklarının araştırılması ihtiyacını doğurmuştur. Özellikle tepeli coğrafi yapısı ve ortasından geçen Karadeniz’i Marmara Denizi’ne bağlayan boğazı nedeniyle yatırım maliyetleri ve işleme alma süreleri uzun olan raylı sistemler yerine daha hızlı çözüm olanakları sunan Metrobüs sistemlerinin İstanbul geneline yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bu tezde önemli bir ulaşım aksı olan Kozyatağı-Seyrantepe güzergahında Fatih Sultan Mehmet Köprüsü üzerinden ikinci bir metrobüs sistemi oluşturulması fikri analiz edilmiştir. Söz konusu ulaşım aksı üzerinde kurulacak ikinci bir metrobüs hattının ilk aşamada taşıyabileceği yolculuk sayısı için bir öngöründe bulunulmuştur. Analiz için koridor etki alanındaki nüfus ve konut sayıları, mevcut otobüs hatlarındaki yolculuklar, özel araç kullanıcılarının kurulacak sisteme geçiş olasılıkları ve Beylikdüzü-Söğütluçeşme metrobüs hattından gelebilecek yolculuk sayıları dikkate alınmıştır. Güzergah üzerindeki muhtemel istasyon noktaları tesbit edilmeye çalışılmıştır. Son olarak sistemin yolculara sunacağı zaman tasarrufu hesaplanmış, ayrıca sistemin ekonomik ve çevresel katkıları analiz edilmeye çalışılmıştır.

2. KENTİÇİ TOPLU ULAŞIM SİSTEMLERİ

2.1. Kentiçi Toplu Ulaşım Türleri

Kentiçi toplu taşımada günümüz şartlarında çeşitli türlerle kentliye ulaşım hizmeti sunulmaktadır. Ulaşım türleri kullanılan seyir yolu, araç ve kapasiteye göre çeşitlilikler gösterir. Yerel yönetimlerin toplu taşıma türü seçimini belirleyen unsurlar çoğu zaman kapasite, işletme maliyeti, yatırım maliyeti, ticari hız, yol tahsis durumu, güvenilirlik, arazi kullanımı ve entegrasyon olarak sayılabilir (Luke ve MacDonald, 2006).

Aşağıdaki tabloda günümüzde en sık karşılaşılan toplu ulaşım türlerinin karakteristik özellikleri sıralanmıştır. Tablodan da anlaşılacağı üzere en yüksek kapasiteye ve yatırım maliyetine sahip sistem metro olarak görülmektedir. Buna karşılık en düşük kapasiteli ve en düşük sermaye maliyetli sistem de otobüs taşımacılığı olarak karşımıza çıkmaktadır. Yolcu zaviyesinden bakıldığında ise zamanındalık ve hız en önemli öncelik haline gelmektedir. Çizelge 2.1'den de anlaşılacağı üzere en dakik ve hızlı sistemin metro olduğu, tercihli yola sahip otobüs hatlarının da (metrobüs/BRT sistemleri gibi) bu özelliklere sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 2.1: Toplu ulaşım modlarının teknik karakteristikleri (Tfl, 2017).

Ulaşım Modu Özelliği	Otobüs	Trafik Öncelikli Otobüs	Tercihli Yola Sahip Otobüs Hatları	Tramvay	Hafif Raylı Sistem	Metro (MRT)
Maksimum Kapasite	2500 (Saat Başı Tek Yönde Yolculuk)	4000	6000	12000	18000	30000+
Yatırım Maliyeti (km başı)	< 1 milyon Sterlin	1m-2m	1m-20m	15m-20m	10m-45m	45m-250m
Ortalama Ticari Hız	10-14 km/s	14-18 km/s	15-22 km/s	15-22 km/s	18-40 km/s	18-40 km/s
Dakiklik	Gelişiyor	Orta	İyi	Orta ya da İyi	İyi	Çok İyi
Yol Tahsisi	Genel Trafik	Genel Trafik ve Otobüs Yolları	Tamamen Tahsisli Yol	Genel Trafik ya da Tamamen Tahsis	Genellikle Tahsisli Yol	Tamamen Tahsisli Yol

Alt başlıklarda kentiçi ulaşım sistemi türleri ve aralarındaki farklar daha kapsamlı olarak incelenecektir.

2.1.1. Raylı sistemler

Raylı şehiriçi toplu taşıma sistemleri, şehirlerde veya kırsal bölgelerde yolcu hizmeti sunan demiryolu sistemleri için kullanılan genel bir kavramdır. Bu sistemlerin temel niteliği sabit güzergâhlarda işletilmeleridir. Raylı sistemler çoğu zaman yüksek yolcu taşıma kapasiteleri ile bilinmektedirler. Şehiriçi mobilite ve buna bağlı olarak toplu taşıma hizmeti talebi arttıkça kullanılan lastik tekerlekli araçların kapasitesi talebi karşılamamaya başlar ve buna bağlı olarak raylı sistemler yüksek kapasiteli bir çözüm olarak devreye alınmaktadır. Ancak, toplu taşıma türlerinin karakteristik özelliklerinin verildiği tabloda da görüleceği üzere bu tür sistemlerin sermaye maliyeti lastik tekerlekli toplu taşıma çözümlerine göre daha yüksektir.

Metro (MRT): Hızlı ve yüksek kapasiteli bir ulaşım çözümü olan metro hatlarının temel bileşenleri tüneller, raylar ve araçlardır. ‘Ağır raylı sistem’ olarak da adlandırılan bu sistemlerin diğer raylı sistemlerden farkı kentiçi araç trafiğinden tamamen bağımsız olarak hizmet veriyor olmalarıdır. Bu özelliğiyle metro sistemleri yolculara dakik ve hızlı bir toplu ulaşım hizmeti sunar. Büyük metropoliten alanlarda

ortalama 30 km/s ticari hızlarıyla güvenilir ancak maliyetli bir çözüm olarak karşımıza çıkarlar (Nehashi, 1998).

Tramvay: Tramvay sistemleri ağır raylı sistemlere (metro/MRT) nispeten daha düşük kapasitelidir ve çoğunlukla yeryüzünde, lastik tekerlekli araçlar için inşa edilmiş yollarda seyreden araçlarla işletilirler. Alçak tabanlı vagonlar erişilebilirliği artırır; fakat karayoluna entegre olan hatlarda özel araç trafiği nedeniyle ticari hız ve sistemin dakikliği azalabilir.

Hafif Raylı Sistem: Hafif raylı sistemler tramvaylar gibi çoğunlukla yeryüzünde hizmet verirler. Tramvaylara göre daha yüksek kapasiteye ve hıza sahiptirler. Bunun nedeni ise tramvaylardan farklı olarak tercihi yola sahip olmalarıdır (GTZ, 2005). Hafif raylı sistemler tekli vagonlar yerine genellikle çoklu tren setleri ile çalışırlar. Hafif raylı sistemler hız ve kapasite bakımından önemli derecede farklılıklar gösterir. Tramvay sistemlerinin geliştirildiği örnekler ve ağır raylı sistemlerin seviyesine yaklaşan sistemler mevcuttur.

Monoray: Monoraylarda iki paralel rayın yer aldığı geleneksel demiryolu hatlarından farklı olarak tek ray kullanılır. Bu raylar genellikle cadde seviyesinden yükseltilerek sistemlerin lastikli araç trafiğinden etkilenmemesi sağlanır.

Banliyö Hattı: Banliyö hatları çoğunlukla şehirlerarası demiryolları ve yük trenlerinin kullandığı raylarda çalışan ve kent çeperleriyle kent merkezi arasında ulaşım hizmeti veren sistemlerdir. Bu sistemler metro ya da hafif raylı sistemlere göre daha düşük frekanslarda çalışır ancak daha uzun mesafeleri kapsar (GTZ, 2005).

Füniküler: Füniküler sistemler halatlar ve vagonların kullanıldığı, kısa mesafelerde hizmet veren bir seçenektir. Genellikle eğimin yüksek olduğu kentiçi alanlarda yüksek yerlere erişim için kurulurlar ve asansöre benzer bir şekilde işletilirler.

Teleferik: Teleferikler halatlara bağlı araçlarla işletilen sistemlerdir. Yolcu kabinleri başlangıç noktasında yükleme yapıldıktan sonra halat serbest bırakılır ve bu şekilde taşıma işlemi başlatılır. Füniküler sistemler gibi bu sistemler de eğimin yüksek olduğu bölgelerde tercih edilir ve düşük yolcu kapasitesine sahiptirler.

2.1.2. Karayolu ulaşımı

Karayolu bazlı hizmetler, kentiçi toplu ulaşımında en yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Dünyanın birçok bölgesinde merkezi alanlarda ya da kent çeperlerinde

çok sayıda insan bu sistemlerle taşınmaktadır. Otobüslerin temel bileşen olduğu karayolu taşımacılığında hizmetler raylı sistemlere göre esnektir ve yatırım maliyetleri düşüktür. Gelişen teknolojiyle birlikte bu sistemlerde elektrikli, hibrit ve hidrojen yakıtlı araçlar da kullanılmaya başlanmıştır ve farklı roller benimsenmiştir. Örneğin, yolcuların aktarma yapmasını teşvik eden ve kesintisiz bir toplu ulaşım deneyimi yaşamalarını sağlayan ‘besleme hat’ kavramı ortaya çıkmıştır. Bu tarzda otobüs hatları yolcuları raylı sistem hatlarına ulaştırarak özel araç kullanımını da azaltmayı amaçlar.

Karayolu sistemlerinin esnekliği sayesinde ortaya çıkan bir başka kavram da bu çalışmanın konusu olan BRT ya da metrobüs sistemleridir. Metrobüs sistemleri tünel, ray vb. yatırım maliyetini arttıran unsurlar içermez ve tercihli yollar sayesinde ağır raylı sistemlerdeki gibi yüksek ticari hızda çalışırlar. Karayolu sistemleri banliyöler ve şehir merkezi arasında yolcu taşınması için de kullanılmaktadır. Aşağıdaki alt başlıklarla karayolu ulaşımı türlerini daha detaylı olarak inceleyeceğiz.

Otobüsler: Otobüsler şehiriçi veya banliyö toplu taşıma hizmetinin en yaygın türü olup kentsel alanlarda ya da banliyölerinden nüfus merkezlerine çok sayıda insanın taşınması için kullanılmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak ‘halk otobüsü’ olarak adlandırılan bu hizmette otobüsler karar verilen hatlarda, önceden belirlenen ücret tarifesine ve zaman çizelgesine uygun olarak çalışırlar. Belirli duraklar haricinde durmayan ekspres ve havaalanı otobüsleri de bu kapsamda değerlendirilebilir. Otobüsler genellikle 80 (Solo) ila 120 (Körüklü) arası yolcu taşıma kapasitesine sahiptir (Teodorovic ve Janic, 2017).

Trolleybüsler: Trolleybüsler havai tellerden elektrik alan otobüslerdir. Bu tarz sistemler elektrik hatlarına bağımlıdır ve normal otobüs hatlarında olduğu gibi esnek bir işletmecilik sağlamaz (Teodorovic ve Janic, 2017). Trolleybüs işletmeciliğinin pozitif yanı ise araçlar elektrikle çalıştığı için sera gazı emisyonlarının az olmasıdır.

BRT: Bu çalışmanın da konusu olan BRT/metrobüs sistemleri dünya genelinde giderek yaygınlaşmaktadır. BRT sistemlerinin bileşenleri temel olarak tercihli yol, otobüsler ve duraklardır. Bunun haricinde ücret toplama sistemleri, yolcuların hatta erişimini sağlayan alt veya üst geçitlerle operasyonların kontrol edildiği merkezler önemli birer bileşendir (GTZ, 2005). BRT hatları raylı sistem hatlarında olduğu gibi

yolculara hızlı, güvenilir ulaşım; şehirler için emisyon ve tıkanıklığı azaltma imkanı; koridor boyunca ikamet edenler ve işletmeler için de ekonomik fırsatlar sunmaktadır.

2.1.3. Denizyolu ulaşımı

Denize kıyısı olan ya da nehir, göl vb. su kaynaklarının yanına kurulmuş şehirlerde yolcular feribot, gemi ve deniz motoru gibi araçlarla da taşınabilir. Londra, Liverpool, Göteborg, Oslo, Hamburg ve İstanbul gibi dünya şehirlerinde bu ulaşım türü kullanılmaktadır (UITP, 2013).

Bu ulaşım türü birçok deniz kenarında yer alan şehrin ve adaların toplu taşıma sistemlerinin bir parçasını oluşturarak, köprü veya tünelden daha düşük bir hızda olmasına rağmen daha az bir sermaye maliyetiyle iki nokta arasında yolculuğa imkân sağlar. Ancak bu tür ulaşım hizmetlerinin diğer modlara göre doğa şartlarından daha fazla etkilendiği ve bu nedenle yolcular açısından daha az güvenilir olduğu söylenebilir.

2.1.4. Ara ulaşım türleri

Gelişmekte olan ülkelerde yer alan şehirlerde ara ulaşım modları veya paratransit genel ulaşım hizmetlerinin önemli bir bileşenidir. Birçok Asya, Afrika ve Latin Amerika kentlerinde belki de en popüler ve en yaygın kullanılan şehir içi toplu taşıma biçimidir (GTZ, 2010). Örneğin Hindistan, Çin gibi ülkelerde üç tekerlekli motosikletler taşımacılıkta çok yaygın olarak kullanılır. Ülkemizdeki minibüs, taksi dolmuş, taksi, servis vb. araçlar da ara ulaşım modlarındandır.

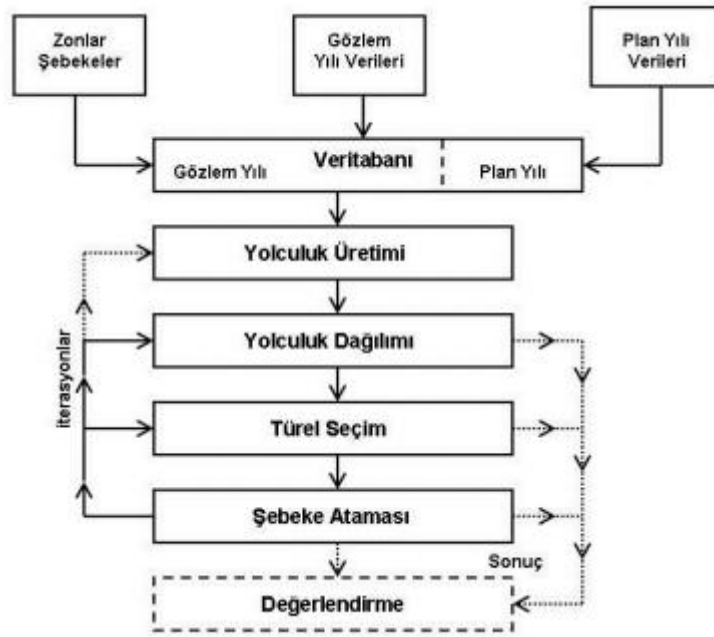
Ara ulaşım modları genellikle farklı özelliklere sahiptir. Yüksek kapasiteli toplu taşıma hizmetlerine kıyasla ara ulaşım modları daha erişilebilir, daha hızlı, bazen daha ucuz ve güvenilir olabilir. Öte yandan, çoğunlukla düzensiz, çevreye duyarlı ve emniyetsiz bir hizmet sağlarlar. Şehirlerde ara ulaşım modlarının yaygın olması, yüksek kapasiteli toplu ulaşım çözümlerinin kentsel mobilite ihtiyacını karşılamakta zorlandığı anlamına da gelebilmektedir.

2.2. Kentiçi Toplu Ulaşımında Planlama

2.2.1. Dört adımlı ulaşım planlama modeli

Şehre ilişkin istihdam, nüfus, gelir grupları, öğrenci sayıları, özel otomobil sahipliği, motorlu araçlarla hareketlilik gibi arazi kullanım verileri ile planlama verilerinin bir

kısından istifade ederek ulaşım modeli kurgulanır. Model kalibrasyon ve analitik etüd çalışmasında kullanılan ulaşım modeli, birbirini takip eden dört alt basamaktan müteşekkildir: Yolculuk retim ve çekimi, yolculuk dağılımı, trel seçim, karayolu ve toplu ulaşım ağı ataması (şekil 2.1). Bir anlamda ulaştırma planlamasında hedeflenen husus, sistem mühendisliği bakış açısı ile sistem davranışlarını karakterize eden faktör duyarlılıklarını tespit etmek ve gelecekte ortaya çıkabilecek her türlü senaryo için sistem davranışlarının nasıl olacağını benzetim yoluyla tahmin etmektir (Ayözen, 2012).



şekil 2.1: Dört aşamalı klasik ulaştırma modeli (IUAP, 2011).

Yolculuk retim ve çekim modellerinin ana gayesi, yolculuk amaçlarına göre her trafik analiz bölgesi tarafından her gün için üretilen ve çekilen toplam yolculuk sayısının ortaya konmasıdır. Modellemenin ilk aşamasında yolculuklar amaçlarına göre ayrı ayrı sınıflandırılır ve bu sınıflandırmada yolculuk tipleri çeşitlilik gösterebilir. Ancak, dünyada çoğunlukla üç ya da dört ayrı tip olarak sınıflandırma şekli kullanılmaktadır. Bunlar; Ev-iş, ev-okul, ev-diğer ve ev bazlı olmayan yolculuklardır.

2.2.1.1. Yolculuk retimi ve ekimi

Yolculuk retim ve çekim modellerinde amaç yolculukların hangi bölgelerde üretilip hangi bölgelerde çekildiğinin belirlenmesidir. Seyahat retim ve çekimlerini belirlerken yolculukları öncelikle amaçlarına göre sınıflandırmak gerekmektedir.

Seyahat amaçları ise çalışma alanına göre çeşitlendirilebilir. Genel olarak kullanılmakta olan yolculuk amaçları şu şekildedir;

- Ev-iş yolculuğu
- Ev-okul yolculuğu
- Ev-diğer yolculuğu
- Ev uçlu olmayan yolculuk.

En temelde yolculuklar ev bazlı olup olmadığına göre tasnif edilmektedir. Ev bazlı yolculuklar için yolculukların üretimleri her zaman ev ucunun olduğu bölge, çekimleri ise diğer bölge olarak kabul edilir. Ancak ev bazlı olmayan yolculuklar için yolculukların başladığı bölge üretim bölgesi, çektiği bölge ise yolculuğun çekim bölgesi olarak kabul edilir. Yolculuk üretimini etkileyen çeşitli faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Bireysel Özellikler: Cinsiyet, yaş, gelir, meslek
- Hane Halkı Özellikleri: Hanehalkı büyüklüğü, otomobil sahipliği, hanedeki çocuk sayısı ve yaşları, hane geliri
- Zon Özellikleri: Arazi kullanımını, konut yoğunluğu, erişebilirlik
- Ulaşım Ağı Özellikleri: Hizmet düzeyi

2.2.1.2. Yolculuk dağıtımı

Yolculuk dağıtım modelleri üretim ve çekim verilerinin hangi bölge çiftleri arasında gerçekleştiğini tespit etmekte kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle seyahat eden yolcuların seyahat tercihlerinin hangi noktalarda olacağını belirlemede faydalanılır. Bunu yaparken genellikle bölge çiftleri arasında bir direnç faktörü kullanarak yolcuların direnç katsayısı karşısındaki davranışını simule ederek parametreler tespit edilmeye çalışılır. Bu modelde birçok metot kullanılmaktayken bunlardan en çok tercih edilen iki tanesi büyüme faktörü ve yolculuk çekim metodudur (Ayözen, 2012).

2.2.1.3. Türel dağılım

Türel dağılım modelleri yolcuların veya yolcu gruplarının farklı seyahat amaçları için ulaşım türleri arasında yaptıkları tercihin analiz ve tahmin edilmesinde

kullanılmaktadır. Bu analizin hedefi türlere göre yolculukların paylaşımını ve toplam yolculuk sayısının tahmin edilmesini sağlamaktır. Bu modeldeki en önemli amaç, toplu ulaşımda çekilen yolculuk paylaşımının belirlenmesi ve trafik ataması için kullanılacak araç seyahat matrisinin ortaya konmasıdır. Logit Model türel dağılım modelinde en fazla uygulanan yöntemlerden bir tanesidir. Regrasyon ve çapraz sınıflandırma yöntemleri de kullanılan diğer modeller arasında sayılabilir (Ayözen, 2012).

2.2.1.4. Mod seçimi

Yolculuk atama modeli bir şebekedeki trafik akımını ve hacmini tahmin etmek için ortaya konmuştur. Bu modeller başlangıç noktası ve bitiş noktası (O-D) arasındaki trafik akımını ve hacmini belirten akım matrisi verisini girdi olarak kullanmaktadır. Her başlangıç noktası-bitiş noktası çifti için akımlar seyahat süresi veya bu yoğunluğu taşıyabilecek alternatif güzergâhların empedansı temel alan ağa yüklenmektedir. Ulaşım planlamasında trafik atama yöntemi olarak kullanılan metotlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

- Ya hep ya hiç ataması
- Stokastik atama
- Artımlı atama
- Kapasite kısıtlaması
- Sistem optimum ataması vb.

Yolculuk atama modelinin amacı, daha önceki safhalarda belirlenen yolculuk (O-D) verilerinin ilgili ulaştırma ağına atanarak, hali hazırdaki şebekede veya değişik alternatifleri içeren gelecek şebekelerinde muhtemel ulaşım problemlerinin benzetim yöntemiyle tahminlenmesidir. Bu aşamada yolculukların başlangıç (origin) ve son noktaları (destination) arasında hangi güzergahları kullanacağı tespit edilmektedir (Çetintaş, 2013).

Yukarıda anlatılan dört aşamalı ulaşım modeli ile, çalışma sahasındaki yolculukların sayısı hangi yol geçişini takip ederek nereden nereye ve hangi ulaşım türü ile yapılacağı tespit edilmektedir (Ayözen, 2012).

3. METROBÜS SİSTEMİ NEDİR

3.1. Metrobüs Sistemi Tanımı

Kaliteli bir görünüme ve benzersiz bir kimliğe sahip olan, çeşitli fiziksel ve işletimsel bileşenleri içinde barındıran, esnek ve yüksek performanslı (başarılı) bir toplu taşıma türüdür. Ulaştırma sektörüne uyarlanan çeşitli teknik ve teknolojik uygulamaları içeren bir sistemdir. Bu sistemler, Türkiye’de Hızlı Otobüs Taşımacılığı (HOT) veya Metrobüs olarak tanımlanmaktadır. Dünyada ise bu sistemler BRT (Bus Rapid Transit) olarak da tanımlanmaktadır (Işık, 2010).

Dünyanın farklı yerlerinde BRT’ye farklı isimler de verilmektedir. Örneğin;

- High Capacity Bus Systems,
- High Quality Bus Systems,
- Metrobus,
- Surface Metro,
- Express Bus Systems,
- Busway Systems.

Dünya genelinde kuruluşlar hareketliliği ve erişimi kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiş toplu ulaşım çözümleri üzerine mesai harcamaktadır. Güven ve Şahin (2009)’da belirtildiği gibi, şehir yaşamının gelişmesi ve ana arterlerde kapasitenin üzerindeki talebin olumsuz etkileri dikkate alındığında, ulaşımda yeni seçeneklerin aranması gündeme gelmiştir. Bu arayış, mevcut toplu ulaşım teknolojilerinin gözden geçirilmesi ile toplu ulaşım sistemlerinin etkililiğini ve verimliliğini artırıcı yeni ve yaratıcı yöntemler bulmak için çalışmalar yapılmasına ön ayak olmaktadır. Bu kapsamda dünyada popülerleşmeye başlayan Metrobüs sistemleri, yüksek performansta ve kalitede hizmet sunarken yatırım maliyetleri ile de önemli ölçüde avantajlar sunabilmektedir. BRT - Metrobüs sistemi aşağıda farklı şekillerde de tanımlanabilmektedir (Kılıoğlu, 2010).

“BRT, yüksek kaliteli, yolcu merkezli, yolcuyu hızlı, rahat, uygun ve cazip fiyatla taşımayı amaçlayan bir ulaşım sistemidir.”

“BRT, raylı sistemin kalitesini ve otobüslerin kullanım esnekliklerini bünyesinde barındıran ve birleştirmeye çalışan hızlı bir ulaşım sistemidir.”

“Bus Rapid Transit – Metro veya Banliyö sistemi gibi çalışan, yüksek hızlı otobüslere ayrılmış yolları veya şeritleri olan bir ulaştırma sistemidir. BRT Sisteminin maliyeti Metroya kıyasla 30 kat daha azdır.”

“BRT, hızlı, konforlu ve maliyet etkin bir ulaşım ve yolculuk imkanı sağlayan bir şehir Toplu taşıma sistemidir. Sadece otobüslere ait şeritler çevresinde dizayn edilen modern raylı taşıma sisteminin performansı ve diğer cazip taraflarını daha ucuz maliyetle gerçekleştirmeye çalışan bir sistemdir.”

Başarılı olan Metrobüs (BRT) Sistemlerinin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kılıoğlu, 2010):

- Toplu taşıma için ayrılmış veya tercihli yollar,
- Hızlı iniş – biniş,
- Araca binmeden önce inme ve ücret farklılaştırması,
- Yüksek kapasiteli modern araçlar,
- Hatlar ve diğer toplu taşıma sistemleri arasında ücretsiz aktarma,
- İstasyon ve terminallerde modal entegrasyon,
- Dikkatli bir planlama ve işletme denetimi,
- Yüksek kaliteli sinyal sistemi ve kullanıcı bilgilendirmesi,
- İyi bir tanım, pazarlama ve müşteri hizmetleri.

3.2. Metrobüs Sistemi Tarihsel Gelişimi

BRT sisteminin tarihi geçmişi, 1937’de Chicago’daki üç adet kent içi raylı sistem hattının ekspres otobüs hattına dönüştürülmesi kararına dayanmaktadır. 1966 yılında ise, tramvay sistemlerinin otobüs sistemi hizmetine çevrilmesi neticesinde St. Louis (Amerika) ve Liege (Belçika)’de, ilk kez yolun ortasında bulunan ve ayrılmış otobüs güzergahları meydana gelmiştir.

Gelişmekte olan ülkeler arasında ilk otobüs yolu 1972’de “Via Expresa” adı ile Lima (Peru)’da kurulmuştur. “Via Expresa” 7,5 km uzunluğunda olup, hali hazırda etkin bir şekilde toplu ulaşım hizmeti sunmaktadır. Curitiba (Brezilya)’daki yüzeysel metro adı verilen sistem geliştirilene kadar BRT’nin sunabileceği hizmet seviyesinin tam olarak farkına varılamamıştır. Curitiba (Brezilya)’nın ilk 20 km’lik kısmı 1974’te hizmete açılmıştır. Bu sistem, Curitiba’nın diğer alanları (yaya bölgeleri, yeşil alan, sosyal programlar vb.) ile birleşince, kent, dünya çapında yenilikçi şehir başarı örneği haline gelmiştir. 1970’li yılların başında dünyada etkisini gösteren petrol krizi, devletleri, toplu ulaşımı geliştirmenin daha kolay yollarını bulmaya sevk etmiştir. Curitiba’yı örnek alan pek çok Brezilya şehri, sistemi temel elemanları ile beraber geliştirmeye başlamıştır.

Planlanmış hafif raylı sisteme alternatif olarak 1980 yılında, Almanya’nın Essen şehrinde ilk kılavuzlu otobüs güzergahı devreye alınmıştır. Kılavuzlu otobüs yolu (guided busway), taşıt tekerleklerinin geçiyi tam olarak izleyebilmesi için kontrol altına alınmış yol olarak tariflenmektedir. Bu model, İngiltere şehirlerinden Ipswich (1995), Leeds (1995) ve Bradford (2002)’da, ayrıca Japonya’nın Nagoya (2002) şehrinde de hizmete sunulmuştur. Bununla birlikte, kılavuzlu otobüs yollarının altyapı maliyeti diğer otobüs yollarına göre daha yüksek olduğu için ilerleyen dönemlerde, bu modele olan ilgi azalmıştır.

1990’lı yılların sonunda, BRT karakteristik yapısı daha geniş çevrelerce bilinir hale gelmiş, Amerika ve Avrupa haricinde Asya’da da BRT sistemlerine ilgi artmaya başlamıştır. 1999’da Kunming (Çin)’deki yolun ortasında yer alan ilk otobüs yolunu geliştirilmiştir. 2001 yılında Taipei (Taiwan)’da yolun ortasında yer alan otobüs yolu sistemi geliştirilmiştir.

1990’lı yıllara kadar BRT sistemlerine tümüyle raylı sistem benzeri hizmet sunabilecek ciddi bir taşıma seçeneği olarak görülmemektedir. BRT daha çok küçük ve orta ölçekli kentlerde (Curitiba örneğinde olduğu gibi) ya da fazla tercih edilmeyen geçişlerde bir çözüm olarak düşünülmüştür. BRT ile yön/saat/şeritte 12.000 yolcudan fazlasının konforlu bir şekilde taşınamayacağı düşünülürken, Bogota’daki “TransMilenio” BRT sistemi, dünya çapında BRT anlayışını tamamen değiştirmiştir. 8 milyon civarındaki nüfusu ve 4312 kişi/km²’lik yoğunluğu ile büyük ölçekli bir kent sayılan Bogota, BRT sistemlerinin, büyük kentlerinde yüksek kapasiteli taşıma yapabileceğinin kanıtı olmuştur.

Bogota ve Curitiba'daki başarılı BRT uygulamaları, bu sistemi uygulayan ve uygulamayı planlayan kentlerin sayısının artmasına neden olmuştur. Curitiba deneyimi, Seul (2004) ve Pekin (2005) gibi kentlerdeki BRT girişimlerini doğrudan etkilemiş, Bogota'daki deneyim de büyük ölçekli kentlerde BRT sisteminin uygulanmasını desteklemiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Dünyadaki BRT sistemleri (BRTData, 2017).

3.3. Metrobüs Sisteminin Teknik Özellikleri

Hızlı otobüs taşımacılığı (metrobüs) sistemi; yenilikçi bir toplu taşıma çözümdür. Çünkü çeşitli tesisleri, hizmetleri, imkânları ve teknolojileri özgün bir şekilde birleştirerek yolculara daha yüksek kalitede bir hizmet sunmaktadır. Planlamacıların, tasarımcıların ve geliştiricilerin, metrobüs sistemini oluşturan çeşitli bileşenlerin temel özelliklerini derinlemesine kavraması büyük önem taşır. Aşağıda belirtilen altı unsur bir metrobüs sisteminin ana unsurlarını oluşturur:

- Sürüş yolları/şoförsüz yollar (kaideli otomatik yollar)
- Araçlar
- Duraklar
- Ücret toplama sistemleri
- Operasyon kontrol sistemleri
- Yolcu bilgi sistemleri

Söz konusu unsurlar, aşağıdaki bölümlerde daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmaktadır.

3.3.1. Yol

Sürüş yolları/şoförsüz yollar; bir metrobüs sisteminin ve altyapısının temel unsurlarıdır. Metrobüsler için karma trafik şeritlerinden tam tercihli yollara kadar çeşitli sürüş yolları bulunsa da metrobüs sürüş yolları genel olarak üç bölüme ayrılabilir: cadde üzerindeki metrobüs yolları, otobandaki metrobüs yolları ve cadde dışındaki metrobüs yolları. Cadde üzerinden ve otobandan giden metrobüs hatları; karma trafik şeritleri, kaldırım kenarındaki otobüs şeritleri, yol ortasındaki otobüs şeritleri ve sadece otobüslere ayrılmış caddeler olarak geniş bir şekilde kategorize edilebilir. Cadde dışındaki metrobüs tesisleri ise hemzemin otobüs yollarını, otobüs tünellerini ve köprüleri içerir. Her sürüş yolunun artıları ve eksileri vardır ve dünyanın farklı yerlerinde çeşitli türlerde metrobüs yolları kullanılmaktadır. Örneğin, Kuzey Amerika'da metrobüsler için ayrı ya da özel yollar tahsis etme uygulaması yaygınken, Güney Amerika'da metrobüsler için anayollardaki orta şeritler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bölünmüş karayolunun ortasından giden, tercihen bariyerle ayrılmış ve İstanbul'da da faaliyette olan yolar medyan ve izole yol olarak da adlandırılmaktadır. Bu yolların ortak özelliği, ortada veya kenarda olmasının yanında yollara özel araç girememesidir (Şekil 3.2). İstasyonlara erişim yaya geçitleri yardımıyla sağlanmaktadır ve istasyon tasarımı yolcu güvenliğini sağlamak üzere yerden yüksek ve bariyerli olarak yapılmaktadır. Buna ek olarak yolcu-araç etkileşimi için istasyon içi özel platformlar ile araç içi erişim platformları da kullanılmaktadır.



Şekil 3.2: Medyan ve izole yollar (İETT, 2017).

Metrobüs sistemleri; genelde karma trafik akışının bulunduğu yerlerde işletilmektedir. Bu yerlerde geometrik özellikler, çevresel kısıtlamalar, maliyet kısıtları, trafik koşulları ve arazi kullanımına ilişkin sınırlamalar gibi faktörler; metrobüslere özel çift yönlü otobüs yollarının tahsis edilmesini ya da konut bölgelerinde özel otobüs şeritlerinin uygulanmasını engelleyebilmektedir. Karma trafik uygulamalarının en önemli avantajları; maliyetlerinin düşük olması ve asgari inşaat çalışması ile hızlı bir şekilde uygulanabilmesidir. Bununla birlikte, karma sistemlerde, geçiş hakkına ilişkin kısıtlamalar ve mevcut trafik nedeniyle metrobüslerin hızı düşebilmekte ve hizmet güvenilirliği azalabilmektedir. Operasyonel gecikmeleri azaltabilecek, sahaya özel çeşitli iyileştirme yöntemleri de bulunmaktadır: çift yönlü şeritler, yönü değiştirilebilen şeritler, trafik yoğunluğunun zirve yaptığı saatlerde sadece metrobüslere ayrılan şeritler vb.

3.3.2. İstasyon

Metrobüs sistemlerinin başarısı; büyük ölçüde metrobüs duraklarının yerlerine, duraklar arasındaki mesafelere ve durakların tasarımına bağlıdır. Duraklar; metrobüs sistemleri ve müşteriler arasında bağlantı noktalarıdır. Metrobüs duraklarının özelliklerinden bazıları şunlardır: durak uzunluğu, platform yüksekliği, ücret toplama uygulamaları ve yolculara sunulan imkânlar (Vuchic, 2007). Bu özellikler; sistemden sisteme değişebilmektedir. Duraklar; cadde üzerinde bulunabildiği gibi otobüs yollarına ya da ekspres yollara bitişik olabilir veya birden fazla toplu taşıma hattına hizmet veren cadde dışındaki transit merkezlerde yer alabilir. Durağın yeri ile etrafındaki kentsel gelişim arasında koordinasyon sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra, durakların görünümü; marka kimliğinin desteklenmesi amacıyla kolaylıkla ayırt edilebilecek bir şekilde tasarlanmalı ve metrobüs araçlarının görünümüyle de uyumlu olmalıdır. Örneğin; Curitiba’da duraklar, cam ve çelikten yapılmış tüp şeklindedir. Bu durak tasarımı; durakların şeffaf olmasını sağlamakta ve otobüs yolcu kapasitesinin tamamını içine alabilmektedir.

Tekerlekli sandalye asansörü sağlanarak hareket imkânı kısıtlı yolcuların ihtiyaçları da göz önünde bulundurulmalıdır (Grava, 2003). Yolculara sağlanan diğer kolaylıklardan bazıları ise şunlardır: gazete kutuları, yiyecek ve içecek otomatları, çöp tenekeleri, ısıtma ve soğutma, kamuya açık telefonlar. Otobüs varış saatlerini gösteren elektronik göstergeler de durakların en önemli özellikleri arasında yer

almaktadır. Yolcuların hem fiili emniyetini hem de algılanan güvenliğini sağlamak amacıyla duraklarda acil durum telefonları ve alarmlar da bulundurulmalıdır. Metrobüs istasyonları; yolculara standart otobüs duraklarına kıyasla daha fazla kolaylık ve imkân sağlamalıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Çin Guangzhou metrobüs hattı Shidajida istasyonu (Yurdağül, 2012).

3.3.3. Araç

Metrobüs araçları; metrobüs teknolojisinin temel unsurlarıdır. Araç kalitesi; metrobüs sisteminin kimliğini ve imajını yansıtır. Metrobüs sisteminin kimliğini; kapıların sayısı ve genişliği, aracın iç tasarımı, yerden yüksekliği vb. unsurlarla yapılandırmak mümkündür. Vuchic'e göre (2007) metrobüs araçlarının aşağıda belirtilen özelliklere sahip olması gerekir. Söz konusu özellikler; metrobüs hizmet kalitesinin iyileştirilmesi açısından da en etkili faktörlerdir:

- *Araç büyüklüğü ve gövde yapısı*: Metrobüs sistemleri örneğinde araç uzunluğu; sabit değildir ve yolcu düzeyine ve yolcu düzeyinin gün içerisinde ne ölçüde değişiklik gösterdiğine bağlıdır. Otobüs türü; geleneksel standart otobüsten tam boy körüklü otobüslere ve/veya iki körüklü araçlara kadar geniş bir çeşitlik gösterebilmektedir.

- *Kapılar*: Biniş ve inişlere olanak sağlayan geniş kapı sayısının artırılması; otobüslerin hizmet/bekleme süresini azaltmaktadır. Geniş kapılar; aynı anda çok sayıda kişinin araca binmesine/araçtan inmesine olanak sağlamaktadır. Araçta çok sayıda kapı bulunması ise yolcuların araç içerisinde daha iyi dağılmasını mümkün kılmaktadır. Böylece kapıdan koltuğa ve koltuktan kapıya gidiş süresi de kısalmaktadır. Yolcuların hareket etmesini kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla, iniş ve binişler için araçta ayrı kapılar bulunması da sağlanabilir.

- *Otobüsün iç tasarımı*: İç tasarım; bir sistemin genel kapasitesi ve aracın kendisiyle ilgili en önemli faktörlerden biridir. Araçların geniş koltuklara ve koridorlara sahip olması, kuşkusuz, yolculara daha fazla konfor sağlar; fakat araç satın alma ve işletme maliyetlerini artırır ve oturma yeri kapasitesini azaltır. Genelde, metrobüs araçlarında, kapıların etrafında bulunan ve yolcuların ayakta durması/dolaşması için ayrılmış olan geniş alanlar; bebek arabaları, bisikletler ve tekerlekli sandalyeler için de alan sağlamaktadır. Ayakta durma ve oturma yerlerine ne kadar alan ayrılacağı; özellikle de trafiğin yoğun olduğu saatlerde, beklenen yolcu akışlarına ve seyahat sürelerine bağlı olmalıdır.

- *Yerden yükseklik*: Metrobüs araçlarının yerden yüksekliği üçe ayrılabilir: (1) %100 alçak tabanlı, (2) kısmen alçak tabanlı (genelde yaklaşık %70) ve (3) yüksek tabanlı. Alçak tabanlı otobüsler; genelde engelli yolculara, küçük çocuklara, yaşlılara, hamilelere, bebek arabalı yolculara ve ağır yük taşıyan kişilere binişlerde ve inişlerde kolaylık sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Yüksek tabanlı otobüsler; genelde azami yolcu taşıma kapasitesi gerekli olduğunda kullanılmaktadır.

- *Araç tahrik sistemi*: Metrobüs sistemlerinde çeşitli araç tahrik sistemleri (dizel yakıtlı otobüsler, elektrik enerjisi ve yakıt hücreleri gibi en yeni yakıt uygulamalarını kullanan otobüsler vb.) kullanılmaktadır. Daha temiz ve sessiz metrobüs araçları; sistemin genel imajını iyileştirmektedir ve çevresel yönden de daha faydalıdır.

- *Wi-Fi,USB şarj ünitesi vb. hizmetler*: Hem metrobüslerde hem de metrobüs duraklarında Wi-Fi, USB şarj ünitesi vb. hizmetler sağlanabilir. Bu hizmet ücretsiz, sabit bir ücret karşılığında ya da kullanım başına ücretlendirme suretiyle sunulabilir. Böylece, yolcular; araç içinde geçirdikleri zamanı eğlenmek ya da çalışmak için kullanabilir.

- *Araç formu ve estetiği*: Sistemi potansiyel kullanıcılar için daha cazip kılmak amacıyla özel bir tasarım, estetik özellikler ve renk düzenleri kullanılmalıdır.

3.3.4. Biletleme

Metrobüs sistemleri açısından önem taşıyan diğer bir unsur da ücret toplama sistemidir. Ücret sistemi; maliyetleri, yolcu kapasitesini, biniş saatlerini ve gelirleri doğrudan etkilemektedir. Ücret toplama sistemlerinin yolcuların sisteme ilişkin genel izlenimleri üzerinde büyük bir etkisi vardır. Metrobüs ücretlerinin toplanması için araçta ücret toplama, araca binmeden önce ücret toplama, nakit ödeme, peşin ödenmiş biletler, pasolar, manyetik şeritler ve akıllı kartlar gibi çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Uygulanan yönteme göre yolcuların araca biniş süresi, ilgili sermaye ve işletme maliyetleri değişebilmektedir. En etkin sistemlerin (örneğin temassız akıllı kart) sermaye maliyetleri daha yüksek olabilmektedir. Çeşitli seçenekler arasında en uygun yöntem; ücretlerin araç dışında alınmasıdır çünkü bu yöntem yolculara kolaylık sağlamaktadır. Aynı anda çok sayıda kapıdan ve/veya bütün kapılardan araca binilmesini mümkün kıldığı için durakta bekleme sürelerini ve otobüs işletme maliyetlerini de azaltmakta ve yolcu akışlarını hızlandırmaktadır.

Akıllı kart verileri; otomatik araç konumu verileri ile birlikte tutarlı ve değerli bir veritabanı da oluşturmak için kullanılabilir. Bu veritabanı sayesinde bir metrobüs sisteminin çevrimiçi (online) ve çevrimdışı (offline) performansı izlenebilir. Tarifeye bağlılık, bekleme süresi, toplu taşıma kalkış ve varış yerleri, yolcu kapasiteleri, yolcu taşıma süreleri ve yolcuların katettikleri kilometreler gibi unsurlar da izlenebilir. Bu veriler; yolcu sayısının analiz edilmesi, taşıma sistemlerinin planlanması ve işletilmesi açısından önem taşır.

Sabit tarife ve değişken tarife olmak üzere iki temel ücret tarifesi bulunmaktadır. Sabit tarifede, mesafe, hizmet alınan zaman veya hizmet kalitesi ne olursa olsun aynı ücret uygulanmaktadır. Bu politika ile potansiyel karışıklık ve tartışmalar, ve dolayısıyla sürücülerin üzerindeki sorumluluk azaltılmaktadır. Bu sayede de biniş hızı artırılarak sistem performansı yükselmektedir. Değişken tarifede ise ücretler; mesafe tabanlı/bölgesel tarife, zaman tabanlı tarife ve servis tabanlı tarife olmak üzere 3 farklı şekilde belirlenebilmektedir. Çizelge 3.1’de değişken tarife türlerinin özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1: Değişken tarife türleri (Güven, 2008).

Mesafe Tabanlı / Bölgesel Tarife	Ücret, gidilen mesafe ile doğrudan veya dolaylı olarak tahsil edilir. Araç şoförü yolcu araca bindiğinde veya araçtan indiğinde ücreti tahsil etmektedir.
Zaman Tabanlı Tarife	Ücret tarifesi, günün belli saatlerinde veya haftanın belirli günlerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, yoğun olmayan saatlerde veya hafta sonları düşük ücret uygulanması gibi.
Servis Tabanlı Tarife	Ücret tarifesi, toplu taşıma sisteminin tipine ve kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, express servis ya da özelleştirilmiş Metrobüs araçlarında yüksek ücret uygulaması gibi.

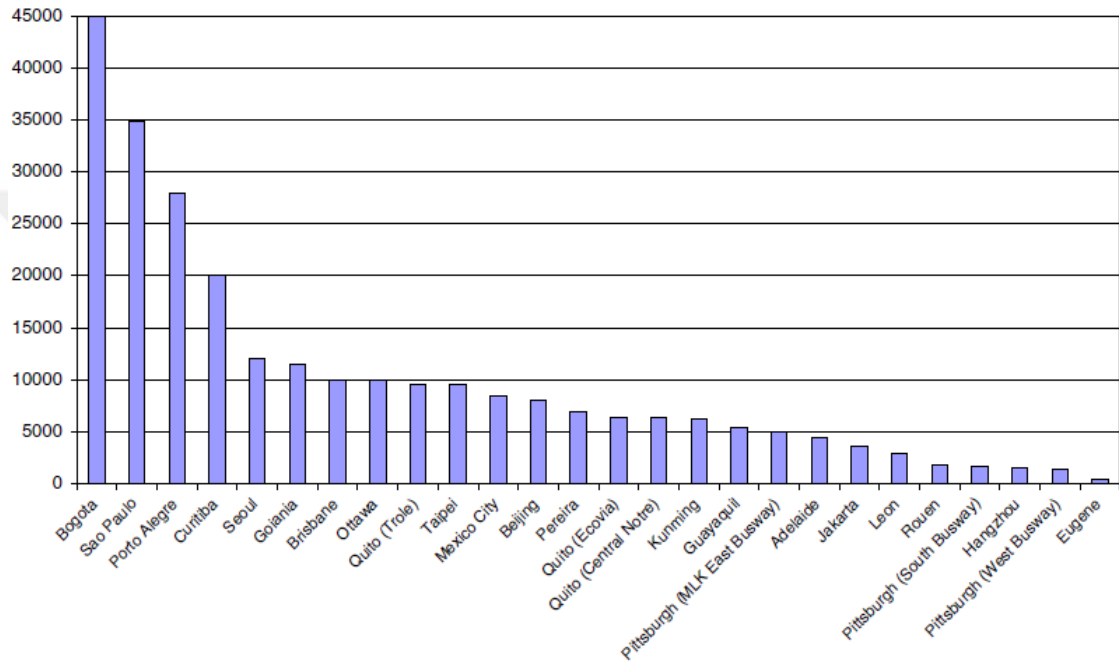
3.4. Dünyadan Örnekler

Günümüz itibarıyla dünya genelinde 206 şehirde 5348 kilometrelik Metrobüs hattı bulunmaktadır (UITP, 2017). Hızlı şehirleşen alanlarda yüksek kapasiteli bir toplu ulaşım çözümü olarak düşünülen Metrobüs hatları Latin Amerika'dan sonra Avrupa'da ve daha sonra da Asya'da uygulanmaya başlanmıştır. Tabii, tüm örneklerde sıfırdan sistem kurulumu olmayıp var olan otobüs hatlarının iyileştirmesi ve diğer yüksek kapasiteli toplu ulaşım sistemleriyle entegre edilmesi gibi yaklaşımlar da olagelmıştır (UITP, 2017). Aşağıdaki tabloda Metrobüs sistemlerinin dünya genelinde bölgesel dağılımı ve günlük yolculuk rakamları verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı üzere sistemin en yaygın olduğu yer 67 şehirle Latin Amerika iken en az bulunan yer de 3 şehirle Afrika'dır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2: Dünya genelinde metrobüsle yapılan günlük yolculuk sayıları (UITP, 2017).

Bölge	Günlük Yolculuk (Milyon Kişi)	Şehir	Hatların Uzunluğu (km)
Latin Amerika	20,3	67	1795
Asya-Pasifik	7,5	44	1381
Avrupa	2,1	60	991
Ortadoğu ve Batı Afrika	2,1	6	165
Kuzey Amerika	1	29	933
Afrika	0,3	3	83
Dünya Toplamı	33,3	206	5348

Yukarıdaki tabloda da gördüğümüz üzere Metrobüs sistemleriyle dünya genelinde ortalama 33,3 milyon yolculuk yapılmaktadır. Ne var ki, tüm sistemlerde yolcu kapasitesi ve kapasite kullanımı aynı değildir. Diğer toplu taşıma sistemlerinde olduğu gibi saatte taşınan yolcu sayısı farklı sistemlerdeki kapasite kullanım oranını karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Şekil 3.4’de bu tarzda bir karşılaştırma çalışmasının sonuçları verilmiştir. Bu grafikte de Latin Amerika ülkeleri yüksek yolcu sayılarıyla ön sıralarda yer almaktadır.



Şekil 3.4: Dünya genelinde metrobüs sistemlerinde saat başı taşınan yolcu sayısı (Hensher ve Golob, 2008).

Bu başlık altında dünya genelinden bazı Metrobüs sistemleriyle alakalı daha detaylı bilgiler de verilecektir. İlk olarak Latin Amerika’dan Mexico City’deki Metrobüs sistemi incelenecektir.

Mexico City

Mexico City’deki BRT sisteminin adı Metrobus’dur. Şehirde 6 Metrobüs hattı bulunmaktadır ve bu hatlarda günde 1,1 milyon yolcu taşınmaktadır. İlk hat 2005 yılında açılmıştır ve şimdiye kadar üzerine eklenen hatlarla beraber sistem hat uzunluğu 125 kilometreye ulaşmıştır (BRTData, 2017). Aşağıdaki çizelgede şehirdeki Metrobüs hatları ve yolculuk sayıları verilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3: Mexico city metrobüs hatlarında günlük ortalama yolculuk talebi (BRTData, 2017).

Hat	Günlük Yolculuk Talebi (Ortalama)	Hat Uzunluğu
Line 1	480.000	30 km
Line 2	180.000	20 km
Line 3	155.000	17 km
Line 4	65.000	28 km
Line 5	70.000	10 km
Line 6	150.000	20 km

Mexico City Metrobüs hatları, yol güvenliği, seyahat süresi, çevresel boyutlar ve özel araç kullanımı bakımından beraberinde önemli çıktılar da getirmiştir. İlk açılan hat sonrasında özel araç kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarında yıllık 27.000 ton azalma ve hattın açıldığı koridordaki trafik kazalarında %84'lük bir düşüş olduğu öne sürülmektedir. Ayrıca bu hattı kullanan yolcuların %17'sinin daha önce bireysel araç kullandığı görülmüştür ve bu da toplu taşıma kullanımının Metrobüs hattı sayesinde teşvik edildiği anlamına gelmektedir (Tuncer, 2016). Şimdi de Asya-Pasifik bölgesinden Cakarta'daki Metrobüs sistemine değinilecektir.

Cakarta

Endonezya'nın başkenti olan Cakarta'nın şehir merkezi 9,6 milyonluk bir nüfusa sahiptir (population.city, 2017). Şehirdeki Metrobüs sistemi TransJakarta markasıyla işletilmektedir ve ilk hat 2004 yılında açılmıştır. Daha sonra açılan ana ve besleme 12 Metrobüs hattıyla beraber Metrobüs sisteminin toplam uzunluğu 206,75 kilometreye ulaşmıştır (BRTData, 2017). Aşağıdaki çizelgede TransJakarta sisteminin önemli özellikleri gösterilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4: Trans jakarta metrobüs ağının önemli özellikleri (BRTData, 2017).

Açılış Tarihi	2004
Tahsisli Yol Oranı	%90-95
Günlük Ortalama Yolculuk	370.000
Yolcuların Daha Önce Kullandığı Ulaşım Türü	Özel Araç (14%) Motosiklet (6%) Toplu Taşıma (69%)
Seyahat Zamanında Tasarruf	Koridor boyunca %40-50
Hat Sayısı	12

Tabloda gördüğümüz üzere günlük ortalama yolculuk sayısı Mexico City kadar olmasa da TransJakarta sistemi daha uzun bir hat uzunluğuna sahiptir. Yolcuların daha önce kullandığı ulaşım türüne bakıldığında da TransJakarta sisteminin özel araç kullanımını azaltmaya katkıda bulunduğu da anlaşılmaktadır. Dünyadan örnekler kısmına Avrupa'dan Madrid örneğiyle devam edilecektir.

Madrid

6.5 milyonluk bir nüfusa sahip olan Madrid'de uygulanan Metrobüs sistemi, Avrupa'daki ilk örneklerdendir. 16 kilometre olan ve Bus-Vao olarak adlandırılan hat ilk olarak 1995 yılında hızlı otobüs taşımacılığı için kullanılmaya başlanmıştır. Günlük ortalama 112.000 yolculuğun yapıldığı hattın sadece 3,9 kilometrelik kısmında tercihlili yol uygulaması bulunmaktadır (BRTData, 2017). Aşağıdaki tabloda sistemle alakalı bazı önemli veriler yer almaktadır. 23 istasyonun olduğu bu hatta tahsisli yol oranının verdiğimiz diğer örneklerden düşük olduğu gözlemlenmektedir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5: Madrid metrobüs hattının önemli özellikleri (BRTData, 2017).

Açılış Tarihi	1995
Tahsisli Yol Oranı	%24
Günlük Ortalama Yolculuk	112.000
Yolcuların Daha Önce Kullandığı Ulaşım Türü	Özel Araç (15%)
İşletme Hızı	28,5 km/h
İstasyon Sayısı	23

Tablodan anlaşılan bir başka önemli husus bu Metrobüs sisteminin de özel araç kullanımını azaltmada rol oynadığıdır; çünkü bu hatta yolculuk yapanların daha önce kullandığı ulaşım türü bireysel araçlardır. Ortadoğu'dan İran'ın Tahran şehriyle dünya örneklerine devam edilecektir.

Tahran

İran'ın başkenti olan Tahran 13,8 milyonluk bir nüfusa sahiptir. 2008 yılında açılan ilk hatla beraber toplamda 10 metrobüs hattı toplu taşıma hizmeti vermektedir ve sistem hat uzunluğu 130 kilometredir (BRTData, 2017). Aşağıdaki tabloda sistemle ilgili önemli göstergelere yer verilmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6: Tahran metrobüs ağının önemli özellikleri (BRTData, 2017).

Açılış Tarihi	2008
Tahsisli Yol Oranı	%100
Günlük Ortalama Yolculuk	2.000.000
Araç Filosu	1240
İşletme Hızı	19 km/h
İstasyon Sayısı	155

Tablodaki verilerden Metrobüs sisteminin toplu ulaşım açısından Tahran’da önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Günde ortalama 2 milyon yolculuğun yapıldığı sistem verilen diğer örnekler arasında hat uzunluğu ve tahsisli yol oranı bakımından ön sıralarda yer almaktadır. Şimdi de Kuzey Amerika’dan Vancouver örneğiyle ilgili bilgiler verilecektir.

Vancouver

Kanada’nın Vancouver şehri 2,2 milyonluk bir nüfusa sahiptir ve tek hatlık Metrobüs sistemi 1996 yılında açılmıştır. 27 kilometrelik hatta günlük ortalama 100.000 yolculuk yapılmaktadır. Aşağıdaki tabloda sistemle alakalı önemli veriler yer almaktadır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7: Vancouver metrobüs hattının önemli özellikleri (BRTData, 2017).

Açılış Tarihi	1996
Tahsisli Yol Oranı	%24,4
Günlük Ortalama Yolculuk	100.000
İşletme Hızı	23 km/h
İstasyon Sayısı	14

Tahsisli yol oranının düşük olduğu hat Vancouver bölgesinde ulaşımdan sorumlu otorite olan TransLink tarafından işletilmektedir. Dünyadan örnekler kısmında son olarak Afrika’dan Johannesburg sistemine değinilecektir.

Johannesburg

Güney Afrika’nın 4,4 milyon nüfuslu Johannesburg şehrinde ilk Metrobüs hattı 2009 yılında açılmıştır. Bu hatla birlikte toplam iki hatta şehirde toplu ulaşım hizmeti

vermektedir. Rea Vaya olarak adlandırılan Metrobüs sisteminin toplam hat uzunluğu 44 kilometredir. Çizelge 3.8’de sistemle ilgili önemli veriler gösterilmiştir.

Çizelge 3.8: Johannesburg metrobüs ağının önemli özellikleri (BRTData, 2017).

Açılış Tarihi	2009
Tahsisli Yol Oranı	%100
Günlük Ortalama Yolculuk	42.000
Araç Filosu	277
İşletme Hızı	30 km/h
İstasyon Sayısı	13

Tahsisli yol oranının %100 olduğu bu sistemde günlük ortalama yolculuk sayısının diğer örneklerdeki kadar yüksek olmadığı gözlemlenmektedir.

Yukarıda dünya genelinde birçok farklı bölgeden Metrobüs hattı örnekleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, bölgelerden bağımsız olarak bu tarz toplu ulaşım sistemleri tüm dünyaya yayılmıştır. Günlük yapılan yolculuk sayılarının önemli ölçüde farklılık gösterdiği bu sistemler buldukları şehirlerde genel toplu ulaşım sistemlerinin birer parçası olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle ilgili şehirlerde Metrobüs sistemleriyle yapılan yolculukların sayısının yüksekliğiyle doğru orantılı olarak hatların önemi de artmaktadır. Örneğin Tahran’da 2 milyon günlük yolculukla Metrobüsün kent içi ulaşımında önemli bir paya sahip olduğu söylenebilir.



4. İSTANBULDA METROBÜS

Metrobüs sistemi İstanbul'un yolculuklarının önemli bir kısmını taşıyan D-100 aksı üzerinde kurulmuş, bu hat üzerinde kısa sürede önemli faydalar sağlamış bir sistemdir. Bu sistemin sağladığı faydalar;

- Zaman kazancı,
- Yakıt tasarrufu,
- Zararlı emisyon salınımda azalma,
- Kaza oranlarında azalma,
- Ticari hızda artma,
- Hızlı ve kaliteli ulaşım,
- Yeni araçlarla daha yüksek konfor şeklinde sıralanabilir.

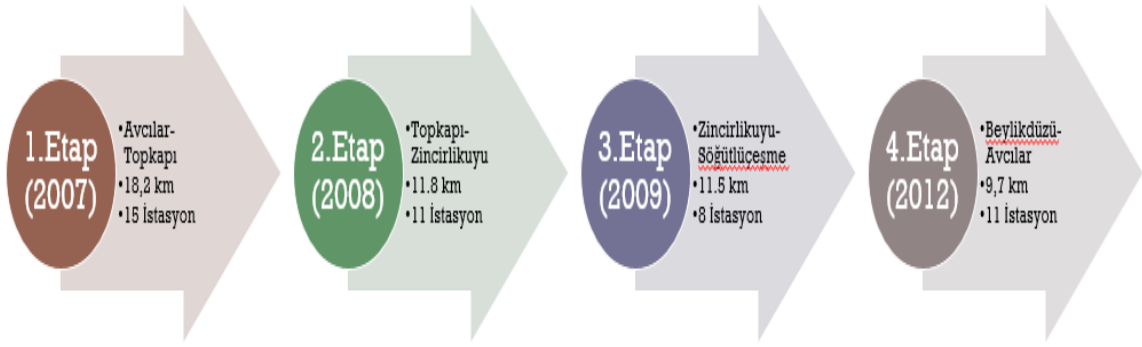
(İlçacı ve diğerleri, Kentiçi Ulaşımında Toplu taşımının önemi ve İstanbul Örneği.)

4.1. Tarihsel Gelişim

İstanbul Metrobüs hattının tamamı otoyol üzerinden gitmekte olup bariyerlerle trafikten tamamen ayrılmış şekilde (15 Temmuz Şehitler Köprüsünde 2,7 km boyunca sivil trafikteki seyir hariç) araçlar seyir etmektedir. Yolcu indirme bindirme peronları hattın ortasında yer almakta olup Metrobüs araçları trafiğin tersi yönünde (sol şeritte) hareket etmektedir. Hat üzerinde hemzemin kavşak veya yaya geçidi olmadığı için sefer hızı oldukça yüksektir.

Metrobüs seyir yolu toplam 52 km olup D-100 karayolunda 2 şeritli yol üzerinde Beylikdüzü - Söğütluçeşme arasında çalışmaktadır. Hattın tamamı kademeli olarak dört etapta tamamlanmış olup 2012 yılında tamamlanan 9,7 km ile 52 km-44 istasyon olarak bugünkü halini almıştır. İstanbul Metrobüs sisteminin tarihsel gelişim süreci Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Metrobüs araçları, hat üzerindeki belirli noktalardan hatta girebilmektedirler. Araçlar



Şekil 4.1: Metrobüs tarihsel gelişim süreci (İETT, 2017).

Avcılar-Edirnekapı-Söğütlüçesme olmak üzere üç noktadan sisteme giriş yapabilmektedirler. Ayrıca, Beylikdüzü-Avcılar-Cevizlibağ-Edirnekapı-Zincirlikuyu-Söğütlüçesme olmak üzere 6 farklı noktadan araçlar hat içinde dönebilmekte, yön değiştirebilmektedirler.

Metrobüs hattının diğer modlarla entegrasyon haritası ise Şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2: Metrobüs hattının diğer modlarla entegrasyonu (İETT, 2017).

İstanbul'da Doğu'dan Batı'ya geçen D-100 Karayolu üzerinde bulunan Metrobüs hattı yaklaşık 52 km'lik bir uzunluğa sahiptir. İki yönlü olmak üzere sadece bu hatta çalışan araçlara özel olarak tahsis edilmiş bir yol olan Metrobüs hattının üzerinde 44 istasyon mevcuttur. Doğu-Batı istikametinde gidildiğinde Söğütlüçesme'den başlayan bu istasyonlar Fikirtepe, Acıbadem, Altunizade, Burhaniye, Boğaziçi

Köprüsü, Zincirlikuyu, Mecidiyeköy, Çağlayan, Okmeydanı Hastane, Darülaceze, Okmeydanı, Halıcıoğlu, Ayvansaray, Edirnekapı, Bayrampaşa-Maltepe, Topkapı, Cevizlibağ, Merter, Zeytinburnu, İncirli, Bahçelievler, Şirinevler, Yenibosna, Sefaköy, Beşyol, Florya, Cennet Mahallesi, Küçükçekmece, İBB Sosyal Tesisler, İstanbul Üni.-Avcılar Kampüs, Cihangir-Üniversite Mahallesi, Mustafa Kemal Paşa, Saadetdere Mahallesi, Haramidere Sanyı, Haramidere, Güzelyurt, Beylikdüzü, Beylikdüzü Belediye, Cumhuriyet Mahallesi, Hadımköy'den geçerek TÜYAP-Beylikdüzü Son İstasyon'a ulaşılmaktadır. Bu istasyonlardan Vatan istasyonu, yolcu talebi çok düşük olması nedeniyle faal olarak kullanılmamaktadır.

4.2. İstanbul Metrobüs Sisteminin Özellikleri

4.2.1. İşletme özellikleri

Metrobüs sisteminin temel işletme bilgileri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 4.1). Metrobüs işletmesi, 6 hat ile 44 istasyonda, yolcu taleplerine göre farklı taşıt atamaları yapan işletim modeline sahiptir. Bu atamalar sonucunda hafta içi sabah yoğun saatler, hafta içi akşam yoğun saatler, hafta içi gün içi, cumartesi ve pazar

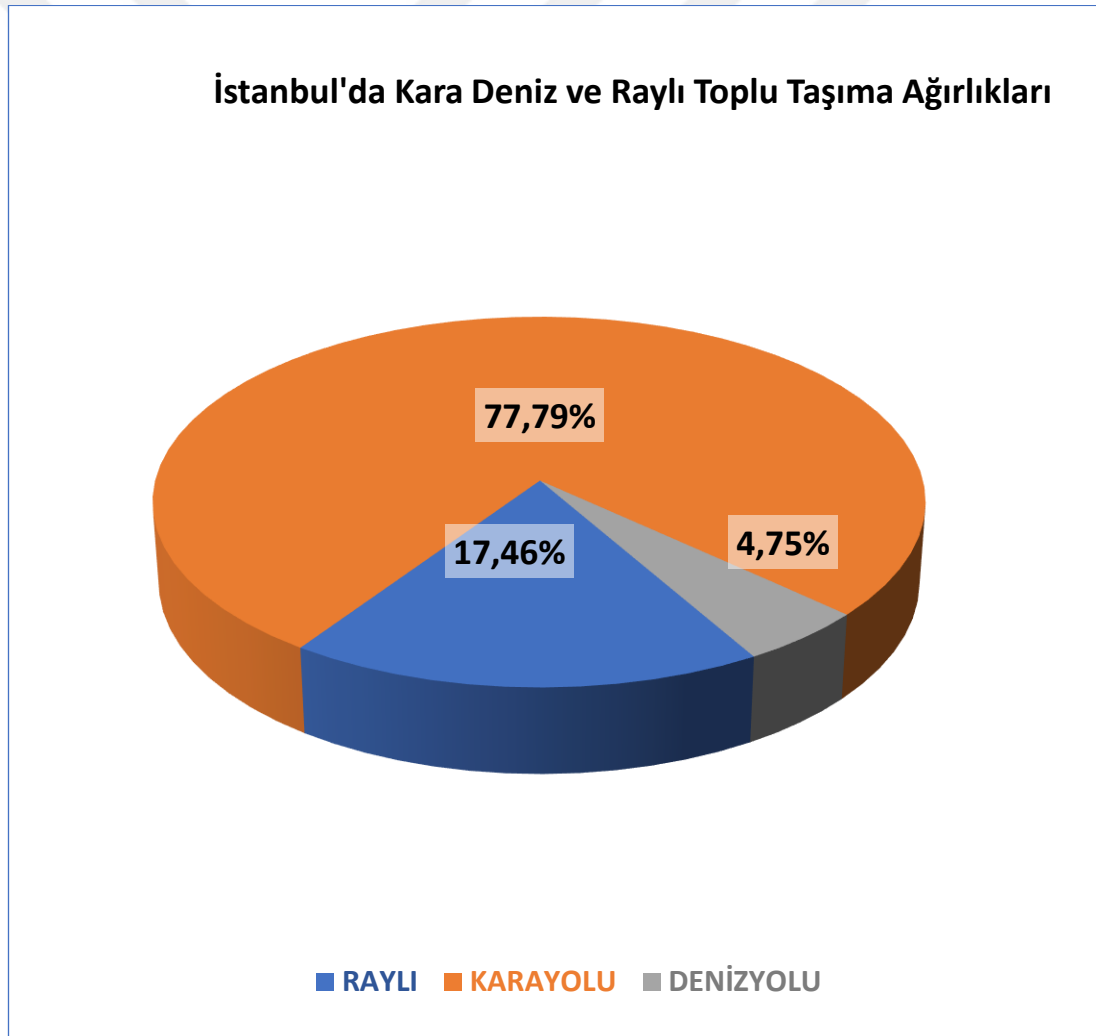
Çizelge 4.1: Metrobüs sisteminin işletme özellikleri (İETT, 2017).

İşletme Bilgileri	
Toplam kat edilen km (günlük ortalama)	217.599 km
Max kapasite	1.080,000 yolculuk/gün
Ortalama günlük servis sayısı	İş günü: 596 servis Cumartesi: 429 servis Pazar: 366 servis
Max sayısı	İş günü: 6.691 sefer Cumartesi. 5. 679 sefer Pazar: 4.696 sefer
Pik saat frekansı	15-20 saniye
Ara saat frekansı	45-60 saniye
Beylikdüzü-Sıgöçmenlik seyahat süresi (tek yön)	100 dakika
Ortalama hız	38 km/sa
Toplam hat km	52 km
Toplam istasyon sayısı	44 istasyon
Servis süresi	24 saat
Fiili çalışan şoför personel sayısı	1.044

günlerinde yolcu taleplerine göre taşıt atamaları değişkenlik göstermektedir. Taşıtlar sisteme Söğütlüçeşme, Edirnekapı, Avcılar ve Beylikdüzü istasyonlarından giriş yapmaktadır. Sistemdeki taşıtların dönüş noktaları ise, Söğütlüçeşme, Zincirlikuyu, Edirnekapı, Topkapı, Avcılar ve Beylikdüzü istasyonlarından gerçekleşmektedir.

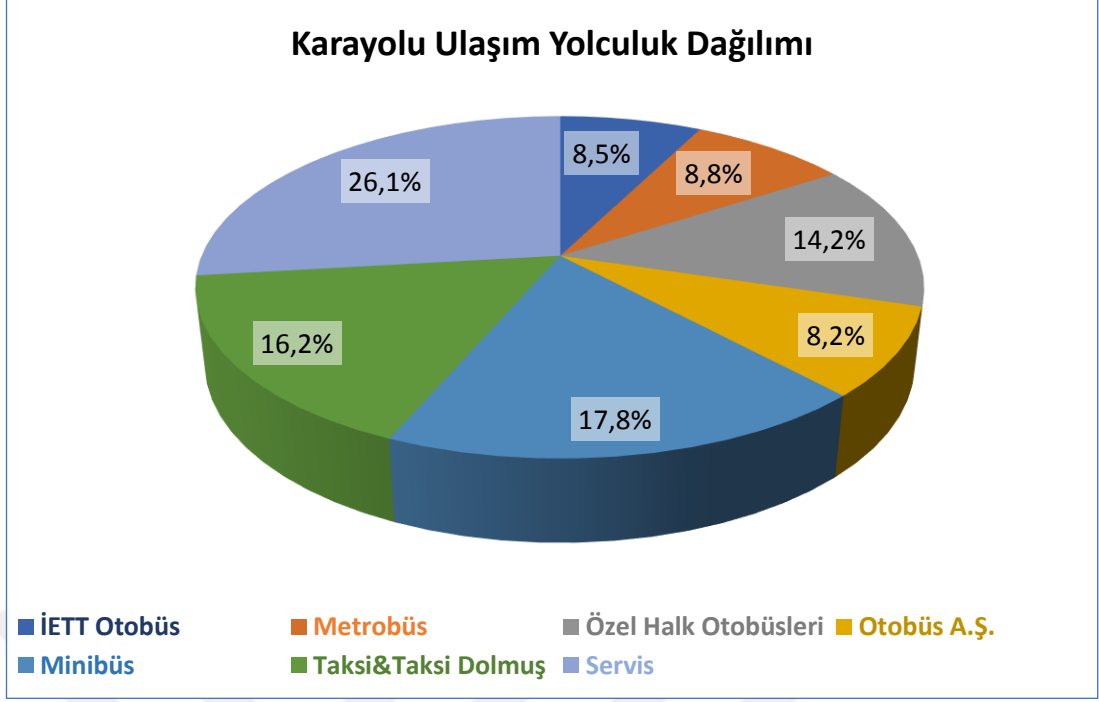
4.2.2. Yolculuk analizi

İstanbul'da karayolu, raylı sistem ve deniz yolu taşımacılığı ile toplu ulaşım hizmetleri sunulmaktadır. En fazla yolculuk karayolu taşımacılığı ile yapılmaktadır. Karayolu yolcu taşımacılığı otobüs, metrobüs, minibüs, dolmuş ve servislerle sağlanmaktadır. İstanbul'daki ulaşım türlerinin yolculuk dağılımları Şekil 4.3'deki grafikte gösterilmektedir.



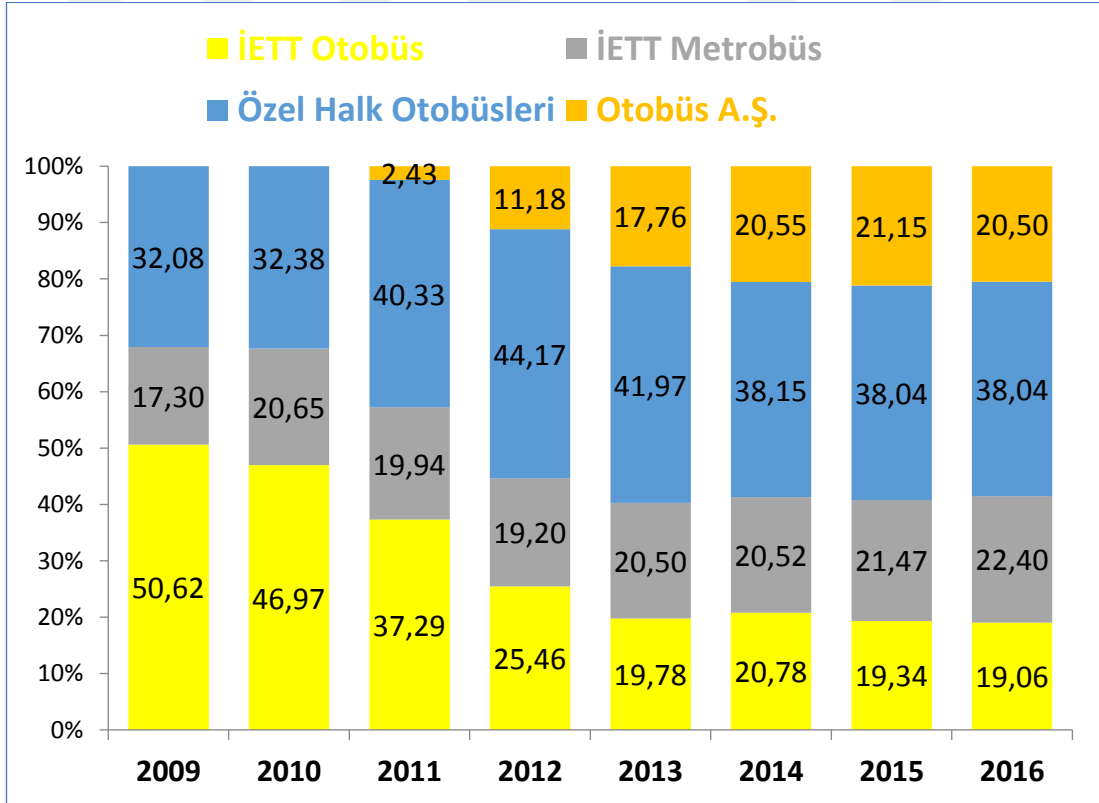
Şekil 4.3: Ulaşım türlerinin yolculuk oranları (İETT, 2017).

Karayolu ile yapılan toplu ulaşım oranları ise Şekil 4.4'de verilmektedir. Metrobüs sistemi tüm karayolu yolculukları arasında %8,8'lik bir payı teşkil etmektedir.



Şekil 4.4: Karayolu ulaşım yolculuk oranları (İETT, 2017).

Lastik tekerlekli toplu ulaşım kategorisinde ise İETT'ye ait otobüs ve metrobüsün yanı sıra ÖHO ve OAŞ otobüslerinin yıllara göre yolculuk dağılımları Şekil 4.5'de gösterilmektedir.



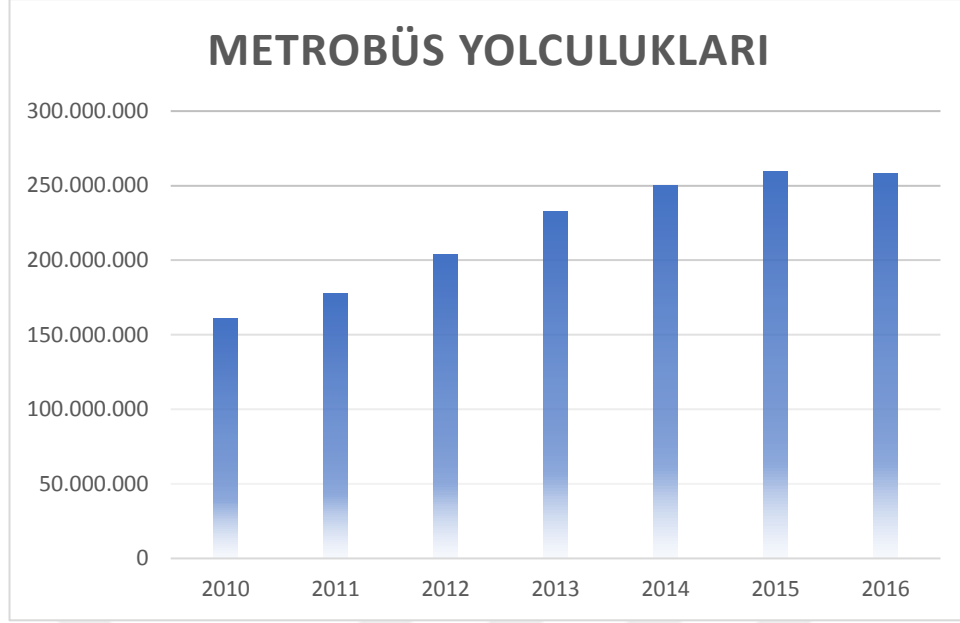
Şekil 4.5: Lastik tekerlekli toplu taşıma yolculuklarının oransal dağılımı (İETT, 2017).

İstanbul'da toplu ulaşımda yaygın olarak kullanılan İstanbulkart verilerinden hareketle yolculukların operatör bazlı yıllara göre dağılımı Çizelge 4.2'de paylaşılmaktadır. Metrobüs sistemi tüm yolculuklar içerisinde 2016 verilerine göre yaklaşık %14'lük bir pay ile Metro İstanbul ve ÖHO'dan sonra en yüksek orana sahip üçüncü ulaşım operatörüdür.

Çizelge 4.2: Operatör bazlı yıllara göre yolculuk sayıları (İETT, 2017).

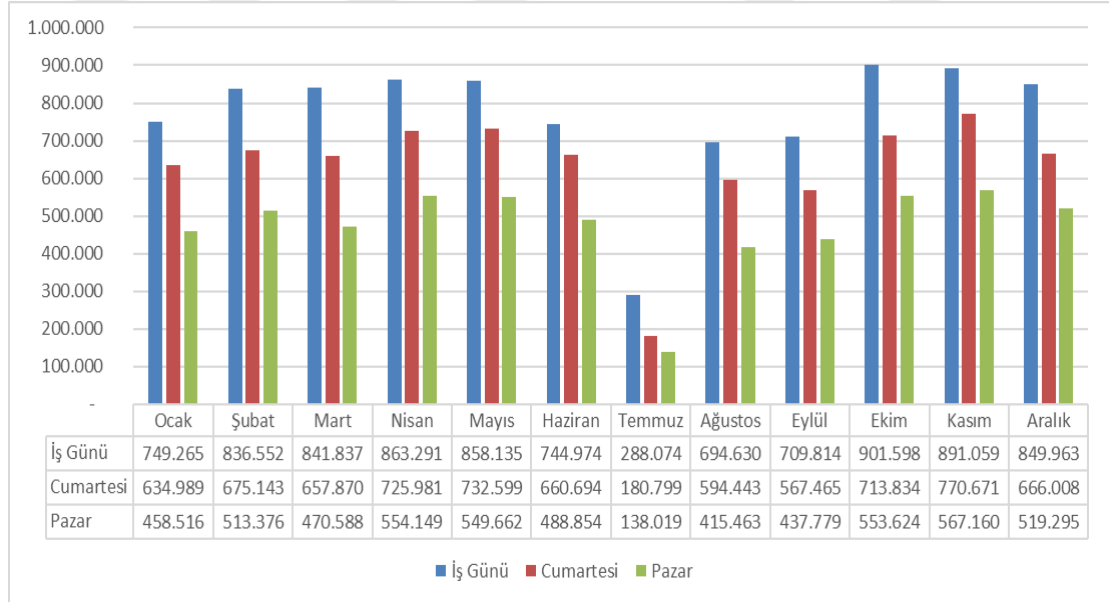
Ulaşım Operatörü	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
İETT Otobüs	365.537.866	331.740.094	270.395.510	224.528.577	253.327.067	233.849.829	219.467.983
İETT Metrobüs	160.746.153	177.367.148	203.912.370	232.679.265	250.146.824	259.625.305	258.029.328
Nostaljik Tramvay	614.757	618.063	600.174	499.892	515.682	609.586	508.207
Tünel	4.272.620	4.551.985	5.096.525	5.690.070	5.025.325	4.586.095	3.832.780
Özel Halk Otobüsleri	252.026.778	358.782.126	469.111.719	476.506.303	465.051.876	460.036.541	438.164.274
Otobüs A.Ş.	0	21.651.691	118.709.728	201.570.735	250.462.375	255.756.947	236.062.321
Metro İstanbul	271.512.963	294.988.145	332.966.598	402.369.598	470.020.009	547.160.491	538.721.705
Şehir Hatları	48.315.889	45.102.245	51.410.482	52.735.265	45.870.493	44.400.139	37.810.947
İDO	6.057.464	9.526.065	9.446.946	8.899.765	7.126.286	6.250.407	5.758.627
Özel Deniz Motorları	25.166.646	29.509.302	34.692.811	36.245.487	33.213.966	32.256.992	33.036.559
TCDD (Marmaray)	52.351.595	56.312.457	51.828.331	21.701.119	45.021.992	60.943.674	59.636.872
TOPLAM	1.186.602.731	1.330.149.321	1.548.171.194	1.663.426.076	1.825.781.895	1.905.476.006	1.831.029.603

Kurulduğu günden bugüne sürekli olarak yolculukları artan İstanbul Metrobüs sisteminin yıllara göre taşıdığı yolculuk sayıları Şekil 4.6'da gösterilmektedir. 2012 yılına kadar Avcılar Söğütlüçeşme arasına hizmet veren sistem, bu tarihten itibaren Beylikdüzü TÜYAP'a kadar uzatılarak vatandaşın hizmetine sunulmuştur. 2012 yılında yolculuk sayıları bu hizmet genişlemesinden dolayı artış göstermiştir. 2016 yılı verilerinde ise, 15 Temmuz Darbe Kalkışması sonrası şehrin meydanlarında düzenlenen Demakrasi Nöbetlerine İBB Meclisi'nce alınan karar gereği bir ay boyunca ücretsiz toplu ulaşım hizmeti sunulduğundan yaklaşık bir aylık eksik yolculuk verisi (istanbulkart kullanımı gerçekleşmemiştir) söz konusudur. Grafik yorumlanırken bu husus göz önünde tutulmalıdır. Bu vesileyle 15 Temmuz Darbe Kalkışması'nda şehit olan vatandaşlarımızı minnetle ve şükranla anarız.



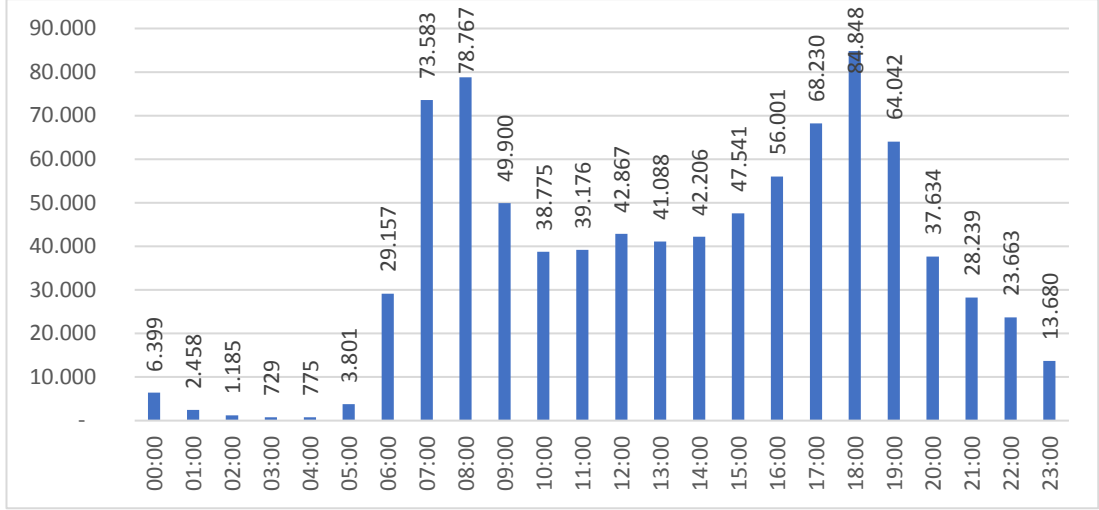
Şekil 4.6: Metrobüs yolculuklarının yıllara göre değişimi (İETT, 2017).

Şekil 4.7’de 2016 yılına ait metrobüs yolculuklarının ay bazlı iş günü, cumartesi ve pazar olarak gösterimi mevcuttur. Garfik değerlendirilirken Temmuz ve Ağustos aylarındaki ücretiz toplu taşımacılıktan kaynaklı veri eksikliği göz önünde bulundurulmalıdır.



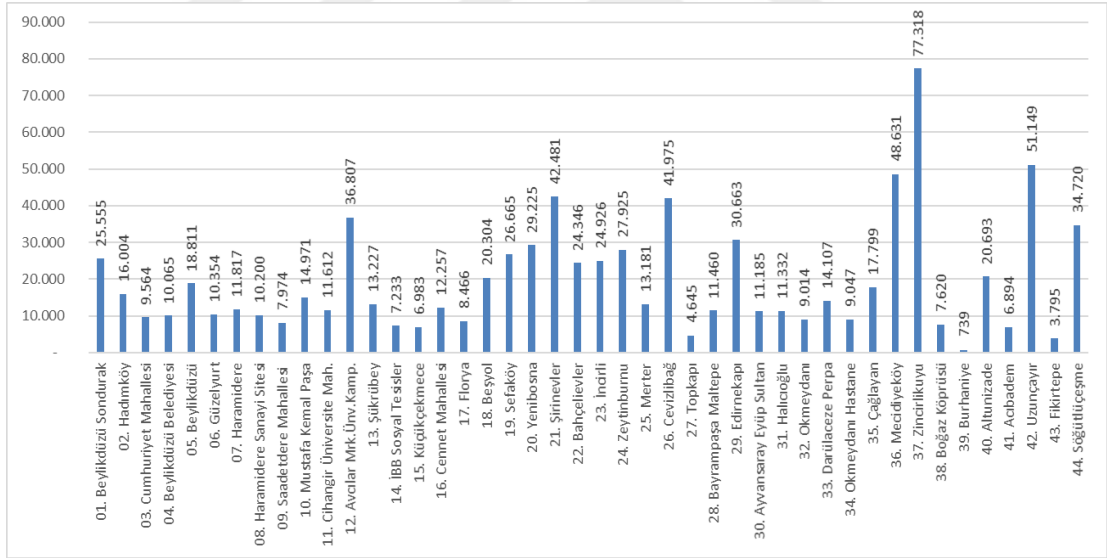
Şekil 4.7: 2016 yılı metrobüs yolculuklarının işgünü, cumartesi ve pazar yolculukları (İETT, 2017).

Şekil 4.8’de ise 2017 Mayıs ayına ait haftaiçi ortalama günlük yolculukların saat bazlı dağılımları görülmektedir. Metrobüs sistemi için zirve saatlerin sabah 07:00-09:00 arası, akşam ise 17:00-20:00 arası olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8: Mayıs 2017'ye ait haftaiçi günlük ortalama yolculuklar (İETT, 2017).

Şekil 4.9'da da Metrobüs istasyonlarının 2017 Mayıs ayına ait haftaiçi ortalama günlük yolculukları verilmiştir. En yoğun istasyon 77.318 yolculuk ile Zincirlikuyu istasyonu iken en düşük yolculuk gerçekleştirilen istasyon ise 739 yolculuk ile Burhaniye istasyonudur.



Şekil 4. 9: Mayıs 2017'ye ait haftaiçi ortalama günlük metrobüs istasyon yolculukları (İETT, 2017).

4.2.3. Toplu ulaşım ağı ile olan entegrasyon

Metrobüs istasyonlarının yer seçiminde de önemli bir husus olarak belirtilen aktarma noktaları sistemin erişilebilirliğini artırmaktadır. Metrobüs hattı boyunca diğer ulaşım türlerine erişimi sağlayan 6 farklı aktarma noktası mevcut olup diğer ulaşım sistemleri ile entegrasyonunun sağlandığı bu noktalar Şekil 4.10'da harita üzerinde ve Çizelge 4.3'de açıklamalarıyla birlikte verilmiştir.



Şekil 4.10: Metrobüs aktarma noktaları (Metro İstanbul, 2017).

Ayrıca yapımı planlanan Üsküdar-Çekmeköy metro hattına da, Altunizade Metrobüs durağından aktarma yapma imkanı sağlanması planlanmıştır.

Şehir içi trafiğini azaltmak için ilk kez Ümraniye Haldun Alagaş Katlı Otoparkı'nda İSPARK tarafından uygulanan "Park et devam et" projesi Metrobüs güzergâhlarında da uygulamaya koyulmuştur. Metrobüs güzergâhının 9 noktasında "Park Et Metrobüsle Devam Et" uygulaması başlatılmıştır. Şekil 4.11'de Metrobüs park et devam et istasyonları ve otopark kapasiteleri ile otoparka erişim mesafeleri gösterilmiştir.



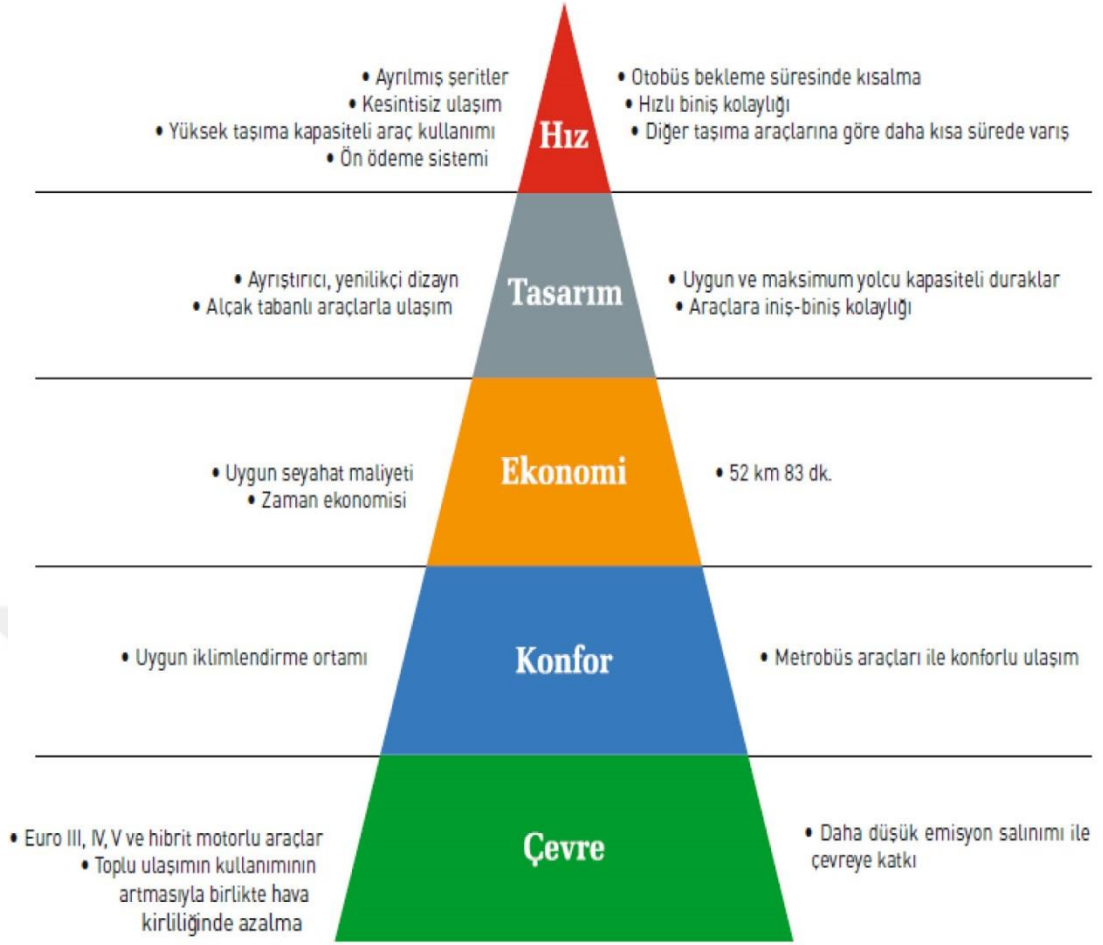
Şekil 4.11: Metrobüs park et devam et güzergâhları (İETT, 2017).

Çizelge 4.3: Metrobüs aktarma noktaları (İETT, 2017).

Marmaray	Faaliyete geçen Marmaray'ın Metrobüs sistemiyle entegrasyonu otobüs hatları ile gerçekleşmektedir. Cevizlibağ, Şirinevler, Topkapı, Yenibosna ve Zeytinburnu istasyonları ile Kazlıçeşme arasında otobüs hatları mevcuttur.
Aksaray-Havalimanı Metro Hattı	Mevcut Metrobüs güzergâhında Şirinevler, Bahçelievler, Zeytinburnu ve Merter Metrobüs istasyonlarından Aksaray-Havalimanı metro hattına aktarma yapabilmek mümkündür. Şirinevler, Bahçelievler, Zeytinburnu ve Merter metro istasyonlarının, söz konusu Metrobüs istasyonlarına uzaklıkları yürüme mesafesi olarak sırasıyla yaklaşık 100m, 100m, 200m ve 100m'dir. Bunların dışında, Yenibosna ve İncirli Metrobüs istasyonlarından Yenibosna ve İncirli metro istasyonlarına da aktarma yapmak yürüyüş mesafesindedir.
Bağcılar-Kabataş Tramvay Hattı	Mevcut Metrobüs güzergâhında, Zeytinburnu, Cevizlibağ ve Topkapı Metrobüs istasyonlarından Bağcılar-Kabataş Tramvay hattına aktarma yapılabilmektedir. Zeytinburnu, Cevizlibağ ve Topkapı tramvay istasyonlarının, söz konusu Metrobüs istasyonlarına uzaklıkları yürüme mesafesi olarak sırasıyla yaklaşık 200m, 120m ve 300m'dir.
Habipler-Topkapı Tramvay Hattı	Mevcut Metrobüs güzergâhında, Topkapı ve Edirnekapı Metrobüs istasyonlarından Habipler-Topkapı Tramvay hattına aktarma yapılabilmektedir. Topkapı ve Edirnekapı tramvay istasyonlarının, söz konusu Metrobüs istasyonlarına uzaklıkları yürüme mesafesi olarak sırasıyla yaklaşık 300m ve 200m'dir
HacıOsman-Yenikapı Metro Hattı	Mevcut Metrobüs güzergâhında Mecidiyeköy ve Zincirlikuyu Metrobüs istasyonundan Osmanbey-Şişhane Metro hattına aktarma yapılabilmektedir. Mecidiyeköy ve Gayrettepe Metro istasyonlarının söz konusu Metrobüs istasyonlarına uzaklıkları yürüme mesafesi olarak sırasıyla yaklaşık 150m ve 250m'dir
Kartal-Kadıköy Metro Hattı	Mevcut Metrobüs güzergâhında Uzunçayır Metrobüs istasyonundan Kartal-Kadıköy Metro hattına aktarma yapılabilmektedir. Uzunçayır Metro istasyonunun söz konusu Metrobüs istasyonuna yaklaşık 400m yürüme mesafesindedir.

4.3. Toplumsal, Ekonomik ve Çevresel Kazanımlar

Metrobüs sistemin toplumsal, ekonomik ve çevresel kazanımlarını ayrı ayrı incelemeden önce sistemin kazanımlarına genel perspektiften bakmakta yarar bulunmaktadır. İETT tarafından hazırlanan Metrobüs web sitesinden alınan aşağıdaki şekilde (Şekil 4.12) metrobüs sisteminin kazanımları yer almaktadır.



Şekil 4.12: Merobüs sisteminin başarı ölçütleri (İETT, 2017).

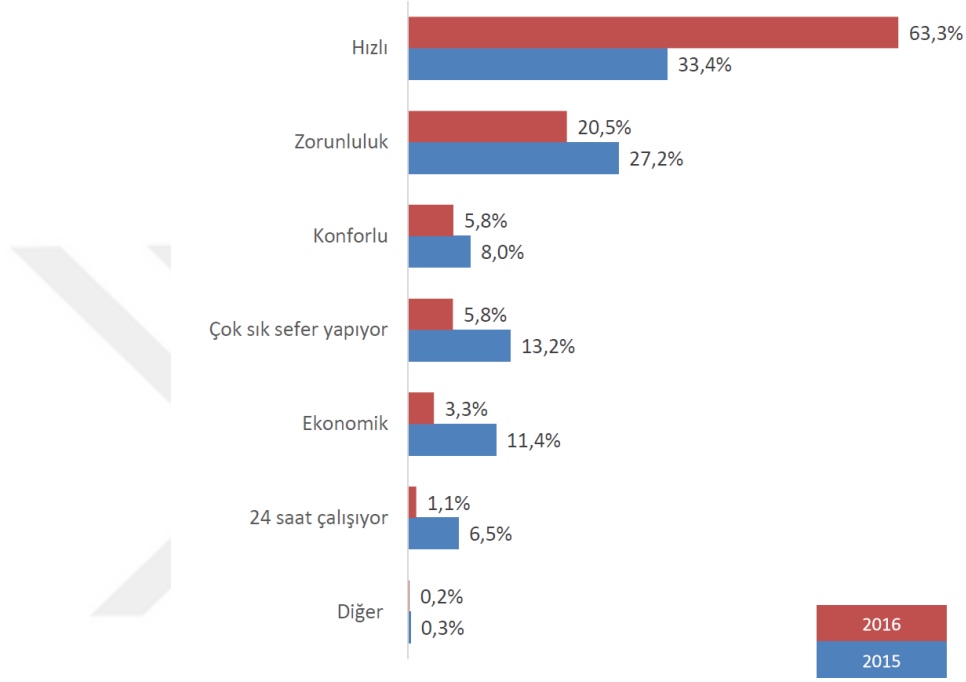
4.3.1. Toplumsal kazanım

Metrobüs sisteminin toplumsal kazanımlarının başında yolcularına kazandırdığı zaman, ulaşım güvenliği, erişilebilirlik ve trafik sıkışıklığındaki azalma gelmektedir.

Metrobüste seyahat süresi güvenilirliğini sağlayan en önemli unsur trafikten ayrılmış bağımsız seyir yollarıdır (Şekil 4.15). Seyir yolu ayrımı, kavşaklarda ve seyir yolu boyunca oluşabilecek öngörülemez gecikmelerin sayısını ve yolculuk sürelerinin değişkenliğini azaltmaktadır. Yolculara güvenilir bir yolculuk süresi sunma, Metrobüs hizmetinin yüksek işletme hızını sürekli sağlayabilme yetisine bağlıdır.

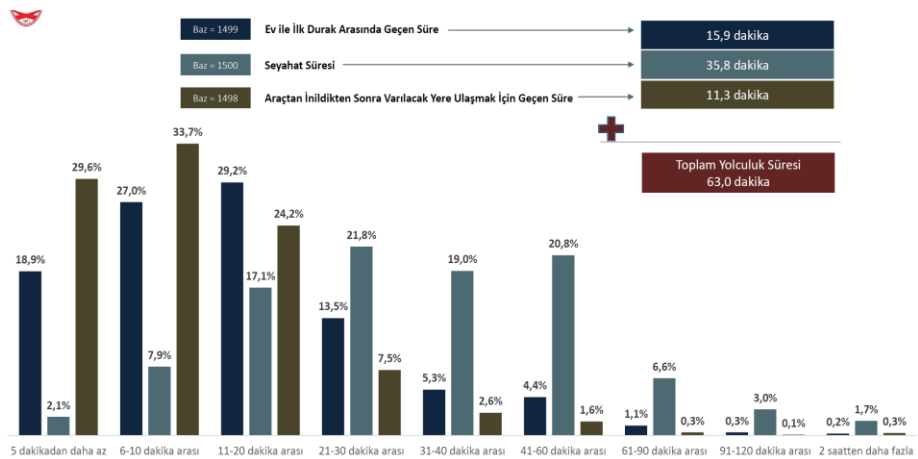
Geleneksel otobüs sistemleriyle karşılaştırıldığında, ayrılmış yollara sahip olması Metrobüs sisteminde hem seyahat süresini önemli derecede azaltmakta, hem de seyahat süresindeki sapmaların çok küçük olması nedeniyle seyahat güvenilirliğini artırmaktadır. Metrobüs yolcu talebinin bu denli yüksek olmasındaki en önemli bileşenin de, seyahat süresi ve güvenilirliği olduğu yapılan müşteri memnuniyeti anketlerinden (MMA) anlaşılmaktadır.

2016 yılında İETT tarafından yaptırılan memnuniyet araştırmasında (anket çalışmasında, durakların yolcu yoğunluk miktarlarıyla orantılı olacak şekilde yaklaşık 1500 kişi ile yüz yüze görüşme yapılmıştır) metrobüs sisteminin tercih edilme sebepleri Şekil 4.13’de gösterilmektedir. Metrobüs yolcularının bu sistemi kullanmasındaki ilk etken hızlı olması iken ikinci etken zorunluluk olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.13: Merobüs sisteminin tercih edilme nedenleri (İETT, 2016).

Yine aynı araştırmada bir yolcunun ortalama seyahat süresi sorgulanmış ve Şekil 4.14.’deki sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre bir yolcunun araç içerisindeki ortalama seyahat süresi 35.8 dakika olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.14: Merobüs sistemi ortalama seyahat süresi (İETT, 2016).

Metrobüs sisteminin devreye alınması ile birlikte metrobüs yolcusunun günde ortalama 52 dakika zaman tasarrufu sağladığı yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir.

Metrobüs sisteminde ki istasyonlara üst geçitlerden ulaşılması, yolcu peronlarının güvenliği, hattın trafikten ayrılmış olması ve kesintisiz oluşu kaza riskini azaltmakta ve yolcu güvenliğini artırmaktadır.



Şekil 4. 15: Metrobüs sistemi öncesi sonrası (İETT, 2016).

Engelli vatandaşların sosyal hayata katılımını sağlamak ve şehir içindeki seyahatlerini kolaylaştırmak amacıyla toplu taşımada istasyon ve otobüslerin daha erişilebilir hale getirmek için çalışmalar yapılmaktadır. Metrobüs hattında çalışan araçların tamamı sıfır alçak tabanlı, tam erişilebilir özellikli olup, ayrıca durağa sıfır yanaşma özelliği sayesinde yolcuların seyahatlerini kolaylaştırmaktadır. Beylikdüzü-Söğütlüçeşme Metrobüs hattı üzerinde yer alan toplam 45 istasyonun 18'inde 48 adet engelli asansörü ve 7 farklı istasyonda erişime uygun 18 adet rampa bulunmaktadır. Aynı zamanda engelli vatandaşlar için araçlarda sesli anonslar ile bilgilendirme (hat kodu, güzergâh, gelecek istasyon, son istasyon, aktarma istasyonları vs.) yapılmaktadır.

4.3.2. Ekonomik kazanım

Türkiye ekonomisinde petrol ithalatı önemli bir yer tutmaktadır. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun Petrol Piyasası 2015 Yılı Sektör Raporuna bakıldığında 2015 yılında toplam 39,638 milyon ton petrol ithalatı gerçekleşmiştir. Öte yandan Enerji Verimliliği Derneğinin verilerine göre Türkiye'de tüketilen enerjinin yaklaşık % 20'si ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır. Bu bağlamda metrobüs sistemi, yapılan ölçümlere göre günde yaklaşık 242 ton akaryakıt tasarrufu sağlayarak yıllık petrol ithalatının azaltılmasında önemli bir yere sahiptir.

Metrobüs sisteminin kazanımlarından en dikkat çekici olanı kazanımlardan biride sera gazı salınımını doğrudan ve dolaylı olarak azaltmasıdır. İstanbul'da metrobüs sistemi sayesinde sera gazı emisyonlarının azalmasına neden olmuş, bu sayede toplam 392 milyon \$ tasarruf sağlanmıştır.

4.3.3. Çevresel kazanım

İETT, İstanbul Metrobüs sisteminin çevresel etkilerini incelemek için, Metrobüs koridoru sayesinde önlenen karbon miktarını hesaplamıştır. Hesaplama için, Metrobüs hattı açıldıktan sonra hattan çekilen İETT otobüs sayısı, özel toplu taşıma otobüs sayısı ve minübüs sayısı tespit edilmiştir. Metrobüs hattının hizmete açılması, günlük ortalama; 113 İETT otobüsünün, 76 özel otobüsün ve 1296 minibüsün hattan çekilmesini sağlamıştır. Ayrıca, Metrobüs açıldıktan sonra özel araçlarını bırakarak Metrobüs kullanan yolcular sayesinde de 80.000 özel araç hattan çekilmiştir. Bu sayede, hattan çekilen toplam araç sayısına göre, tasarruf edilen akaryakıt miktarı günlük 242 ton olmuştur. Akaryakıt kullanımındaki tasarruf sonucu, sera gazı emisyonlarında günlük ortalama 613 ton CO₂e azaltım sağlanmıştır.

5. KOZYATAĞI-SEYRANTEPE KORİDORUNDA METROBÜS SİSTEMİ

Doğu-Batı ekseninde uzun bir bant üzerine kurulmuş olan İstanbul'un, D-100 karayoluna paralel diğer önemli ulaşım aksı TEM otoyoludur. Şehri boydan boya geçen bu koridor Anadolu ve Avrupa yakalarını Fatih Sultan Mehmet Köprüsü (FSM) üzerinden birbirine bağlamaktadır. Tezin bu bölümünde FSM Köprüsü üzerinden iki yakayı birbirine bağlayacak olan mevcuttaki Metrobüs hattına benzer bir sistemin Kozyatağı-Seyrantepe koridorunda kurulması durumunda sistemin ekonomik, toplumsal ve çevresel getirileri üzerinde durulmuştur. Söz konusu koridor incelenerek muhtemel yolcu sayıları ve istasyon noktaları tahminlenmeye çalışılmıştır. Kozyatağı-Seyrantepe Metrobüs Sisteminin devreye alınması durumunda;

- Koridor taşımacılık kapasitesinde iyileştirme
- Seyahat süresi kazanımları
- Özel araç kullanımında azalma
- CO2 emisyon azalımı
- Ulaşım türleri arasında entegrasyon
- Daha iyi imaj
- Daha verimli ve kaliteli toplu ulaşım hizmeti
- Politik başarı gibi faydalar beklenebilir.

5.1. Metodoloji

Çalışma aşağıdaki adımlar izlenerek yapılmıştır.

Rota Seçimi: BRT sistemlerindeki analizlerin baz alındığı en önemli aşama bu hatların çalışacağı rotanın seçilmesidir. Bu seçim işlemi için çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte, en temel parametrelerin başlıcası HOT'un çalışacağı rotanın

talep barındırması, çalışacak araçlar için ayrı bir aksın ve güzergahın tanımlanabilmesidir.

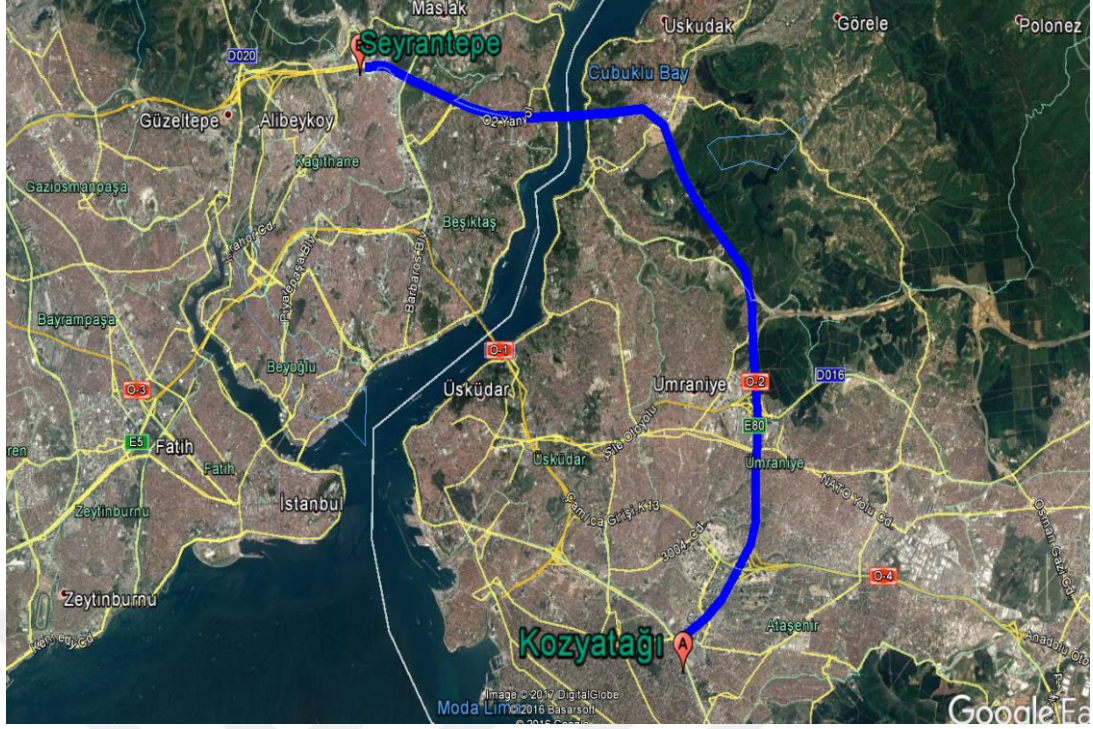
Yolcu Talep Tahmini: Her bir yolcuya ait seri numarası bulunduran akıllı kartlarla yolculuk analizleri ve toplu taşıma planlamaları yapılmaktadır. Ayrıca özel araç geçişlerinin tespiti için sayımlar yapılmakta ve yeni toplu taşıma yolculukları tahminlenebilmektedir.

İstasyon Yer Seçimi: İstasyon yerlerinin konumlandırılması ile ilgili hesaplamalar iki temel veri bazlı yapılabilir. Bunlardan ilki yolculuk taleplerinin odak noktasında olması ile gerçekleştirilebilir. İkincisi ise sisteme gelen yolculuk aktarmalarının haritalanması, istasyon etki alanlarının belirlenmesi ve kapsama alanında kalan nüfus miktarının odağa alınması ile yapılan analizlerdir.

5.1.1. Rota seçimi

5.1.1.1. Güzergah incelemesi

İstanbul Doğu-Batı ekseninde yaklaşık 150 km uzunluğundadır. Şehrin ortasında ise Karadeniz ile Marmara Denizini birbirine bağlayan bir su yolu bulunmaktadır. Tarihte sadece deniz yolu ile iki yaka birbirine bağlanırken günümüzde hem karayolu (köprüler, Avrasya Tüneli), hem raylı sistem (Marmaray), hem havayolu (helikopter taksi) hem de deniz yoluyla ulaşım imkanı bulunmaktadır. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü, Fatih Sultan Mehmet Köprüsü, Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve Avrasya Tüneli ile iki kıta birbirine karayolu ile bağlanmaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün Haziran 2017 verilerine göre 15 Temmuz Şehitler Köprüsü ve FSM Köprüsü'nden geçen araç sayısı 10.542.058 olarak gerçekleşmiştir. Yoğun olarak kullanılan bu arterler İstanbul'un ana ulaşım omurgasını oluşturmaktadır. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü ve FSM Köprüsü üzerinde karayolu toplu ulaşım sistemi olan otobüsler de bulunmaktadır. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'nü kullanan Beylikdüzü-Söğütlüçeşme Metrobüs hattı günde ortalama 870.000 yolcu taşımaktadır. Kurulduğu günden buyana sürekli yolculuk sayısını artıran metrobüs sistemi zaman zaman araç içi yoğunluk ile ilgili eleştirilere maruz kalsa da hızı, alternatifinin olmayışı gibi nedenlerle başarılı bir uygulama olarak göze çarpmaktadır. Bu başarıdan dolayı FSM Köprüsü güzergahlı ikinci bir metrobüs sistemi fikri çeşitli çevrelerce tartışılmaktadır. Tezin bu kısmında FSM köprüsü metrobüs sistemine uygunluk bakımından incelenmektedir.



Şekil 5.1: Kozyatağı-seyrantepe koridoru.

Şekil 5.1’de Kozyatağı-Seyrantepe arası harita üzerinde gösterilmiştir. İki nokta arası yaklaşık 23 km’dir. Kozyatağı bölgesi yoğun yerleşimin ve iş alanlarının olduğu, aynı zamanda D100 karayolu ile kesiştiği bir noktadır. TEM Otoyolu, Şile Otoyolu ve Yavuz Sultan Selim Köprüsü bağlantı yolları ile güzergah kesismektedir. Kavacık bölgesi yerleşim yerlerinin, iş alanlarının bulunduğu önemli bir aktarma merkezi işlevi görmektedir. Seyrantepe bölgesi ise Büyükdere Caddesi ile kesişmenin olduğu, yerleşim merkezlerinin olduğu, spor kompleksinin bulunduğu bir alandır. Kozatağı-Seyrantepe güzergahındaki seyahat süresi zirve saatlerde yoğun yön istikametinde ortalama 50 dakikadır. Güzergah ile ilgili detaylı yol analizi ile fizibilite çalışması Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Yol yapısı itibarıyla Kozyatağı-Seyrantepe arası Metrobüs sistemine özel medyan yol için uygun görünmektedir. Güzergahın köprü üzeri ve viyadükler dışında kalan kısımları için ilave şerit uygulaması da düşünülebilir.

5.1.1.2. Etki alanındaki nüfus ve konut sayıları

Toplu ulaşım optimum erişim mesafesi yer üstü sismtemlerde coğrafi yapıya ve/veya yerleşim alanlarına yakınlığa göre değişkenlik arzetsede ortalama durak erişim uzaklığı 300-500 metre arasında olabilmektedir (Vuchic, 2005).

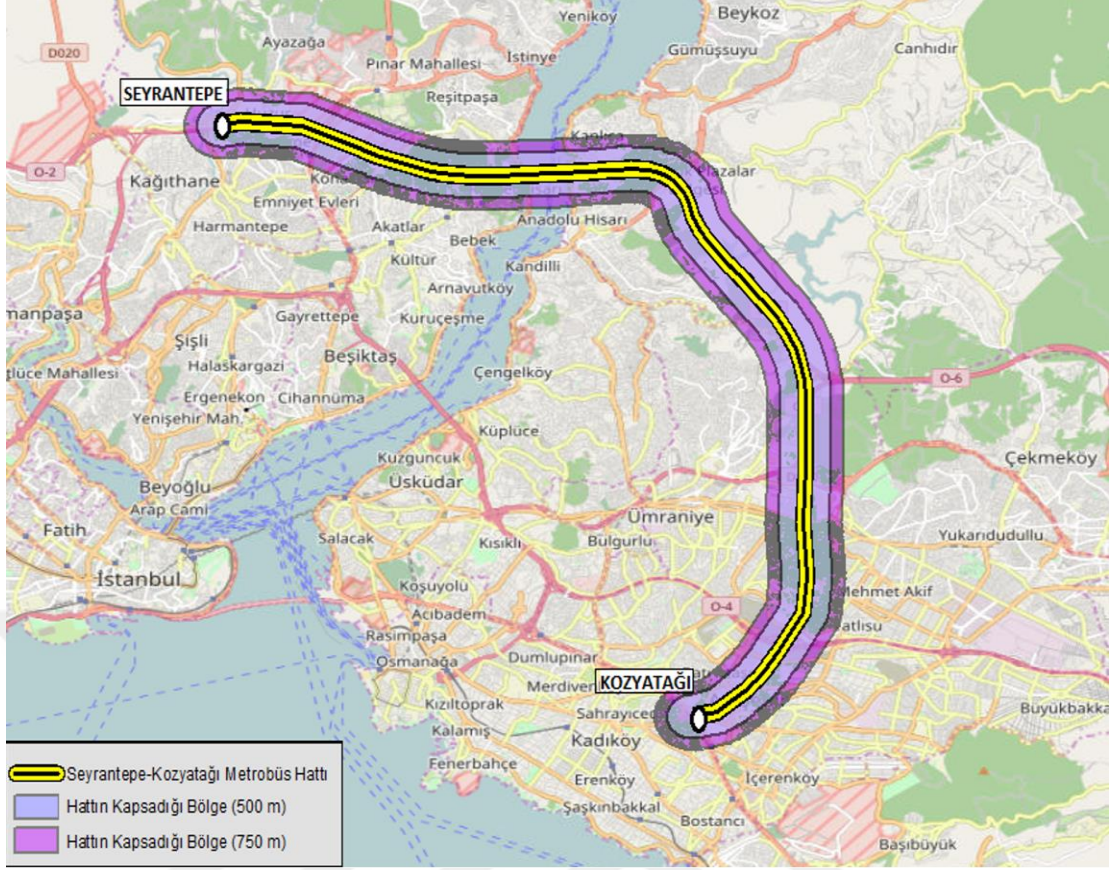
Çizelge 5.1: Kozyatağı-seyrantepe koridoru güzergah yol analizi.

No	Sınır	Uzunluk (m)	Eğim (m)	Önemli Kavşaklar	Şerit	Fizibilite
1	E5 Kozyatağı Kavşağı – O1-O2 bağlantısından TME'ye bağlantı	2100	7,5%	Kozyatağı Sapağı, küçükbakkalköy bağlantısı Dönüş: Barbaros Mahallesi bağlantısı, O1 O2 bağlantısından teme bağlanan yol	4-6	İzole ve medyan yol için uygun
2	Nezahat Gökyiğit Botanik bahçesi-Çavuşbaşına giden yol	5900	9,5%	E80'den gelen yan yollar, şile otoyol bağlantısı, Çavuşbaşı beykoza giden yol	4-6	İzole ve medyan yol için uygun
3	Park Alanı – 2. Köprü Avrupa	9200	9,8%	Beykoz'dan gelen yol, Kovacık köprüsü ve bağlantıları	4-6	İzole ve medyan yol için uygun. Köprü önesikenardan izole veya kısmi ayrılmış yol için uygun, köprü öncesi iki adet viyadük.
4	2. Köprü – Harp Akademileri Girişisi	4600	10%	Evren Paşa Caddesi, Levent Beşiktaş Yolu, Harp Akademileri Tüneli, Harp Akademileri Girişi.	4	İzole ve medyan yol için uygun. 2. Köprü Sonrası Viyadük
5	Harp Akademileri Girişi - Seyrantepe	1200	10%	Maslak – Seyrantepe Bağlantı Yolları, Türk Telekom Arena Stadi.	4	İzole ve Medyan yol için uygun

Yüksek kapasiteli sistemlerde bu mesafenin daha uzun olması ticari hızın artmasına dolayısıyla da sefer sürelerinin kısalmasına olanak sağlamaktadır. Yatırım maliyetleri de göz önüne alındığında istasyonlar/duraklar arası mesafeler artabilmektedir. Metrobüs sistemleri de yüksek kapasiteli toplu ulaşım kategorisinde değerlendirildiğinde duraklar arası mesafenin otobüs taşımacılığına nazaran daha uzun olması beklenebilir. Bu bilgiler ışığında Çizelge 5.2'de ve Şekil 5.2'de Kozyatağı-Seyrantepe koridorunun iki tarafından da 500'er metre ve 750'şer metre genişlikteki etki alanı gösterilmiştir.

Çizelge 5.2: Kozyatağı-seyrantepe koridoru etki alanındaki konut ve nüfus sayıları (TÜİK, 2017).

Güzergah	Konut sayısı	Nüfus sayısı
Kozyatağı Seyrantepe (500 m)	10.614	164.240
Kozyatağı-Seyrantepe (750 m)	17.221	268.086



Şekil 5.2: Kozyatağı-seyrantepe koridoru 500 metre ve 750 metre etki alanı haritası.

TÜİK verilerine göre (Çizelge 5.2) Kozyatağı-Seyrantepe koridoru üzerinde 500 metrelik etki alanında 10.614 konut, 750 metrelik etki alanında ise 17.221 konut bulunmaktadır. Nüfus sayısına bakıldığında ise 500 metrelik etki alanında 164.240 kişi, 750 metrelik etki alanında ise 268.086 kişi bulunmaktadır.

Kozyatağı-Seyrantepe koridoru üzerinde yer alan mahallelerin nüfus sayıları ve bu nüfusun 2008 yılından 2016 yılına kadar ki değişimleri Çizelge 5.3’de verilmiştir. 2008’de güzergah üzerindeki mahallelerin toplam nüfusu 396.778 iken 2016 yılında bu nüfus 466.317’ye yükselmiştir. Yıllar itibarıyla nüfus artışı %17,5 olarak gerçekleşmiştir.

5.1.2. Yolculuk talep tahmini

Bu bölümde Kozyatağı-Seyrantepe güzergahında kurulacak bir Metrobus sisteminin çekebileceği yolculuk sayısı tahminlenmeye çalışılmıştır. Tahminleme yapılırken toplu taşıma yolculukları, mevcut Beylikdüzü-Söğütlüçeşme Metrobus Sisteminden önerilen sisteme kayacak yolculuklar ile özel araçlardan gelebilecek yolculuklar dikkate alınmıştır.

Çizelge 5.3: Kozyatağı-seyrantepe koridoru etki alanındaki mahallelerin yıllara göre nüfus sayıları (TÜİK, 2017).

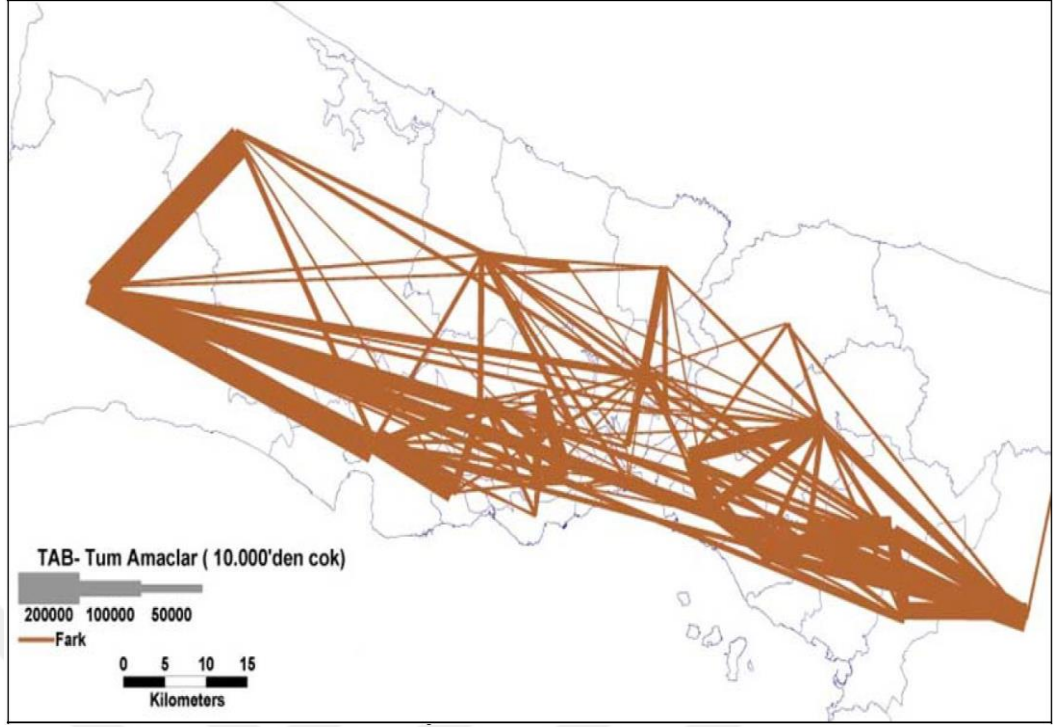
Mahalle	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Kozyatağı	37.785	37.416	37.712	38.072	38.926	37.909	36.358	34.973	33.939
19 Mayıs	34.450	33.795	34.103	33.997	34.161	33.527	32.058	31.124	30.119
Yeni Sahra	12.035	12.088	11.891	11.880	11.792	11.755	11.575	11.701	11.547
İçerenköy	73.583	72.907	74.737	75.274	75.436	75.923	75.157	76.116	76.662
Küçükbakkalköy	21.048	23.152	25.789	26.893	26.915	27.152	27.480	28.275	28.788
Barbaros	20.883	24.549	27.911	28.882	29.499	30.316	30.966	32.037	32.240
Site	17.647	19.038	20.320	22.062	23.333	24.140	25.025	25.581	25.752
Çamlık	13.786	14.422	16.616	18.214	19.491	20.391	21.137	21.727	22.156
Çakmak	23.882	25.469	27.985	30.515	32.306	33.912	34.988	36.091	36.660
Armağan Evler	23.594	25.556	27.769	30.277	31.613	33.085	34.606	35.942	36.664
Saray	364	851	1.206	1.420	1.538	1.657	1.819	1.906	2.013
Fatih Sultan Mehmet	907	2.508	3.062	3.378	3.626	3.774	3.955	4.027	4.061
İnkılap	24.075	25.949	26.517	27.151	26.879	27.771	28.055	28.295	28.864
Kavacık	21.602	21.597	21.656	21.710	21.857	21.921	22.242	22.502	23.903
Rumeli Hisarı	10372	10.090	9.894	9.627	11.439	9.729	9.205	8.699	8.140
Fatih Sultan Mehmet	16.080	16.226	16.503	16.461	16.201	16.044	15.813	15.661	15.650
Konaklar	15.594	15.837	15.804	15.737	15.846	16.087	16.504	16.683	15.776
Huzur	9.432	9.207	9.339	9.625	9.904	11.215	10.788	10.885	10.796
Seyrantepe	19.659	19.872	20.535	20.980	21.423	21.694	21.985	22.594	22.587
TOPLAM	396.778	410.529	429.349	442.155	452.185	458.002	459.716	464.819	466.317

2011 yılında İBB tarafından yapılan İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı'nda (İUAP) 2023 yılı projeksiyonlarına yer verilmektedir. Bu plana göre 2006-2023 yılları arasındaki yolculukların ilçe bazlı dağılımında Şekil 5.3'de belirtildiği gibi artış beklenmektedir. Yolculuk hareketlerindeki bu değişim mevcut karayolu ağ yapısındaki trafik hacimlerini de önemli ölçüde artıracaktır (Şekil 5.4). Toplu ulaşım yolculuklarına ve dolayısıyla da mevcut toplu ulaşım sistemine ilave yükler getirecektir (Şekil 5.5).

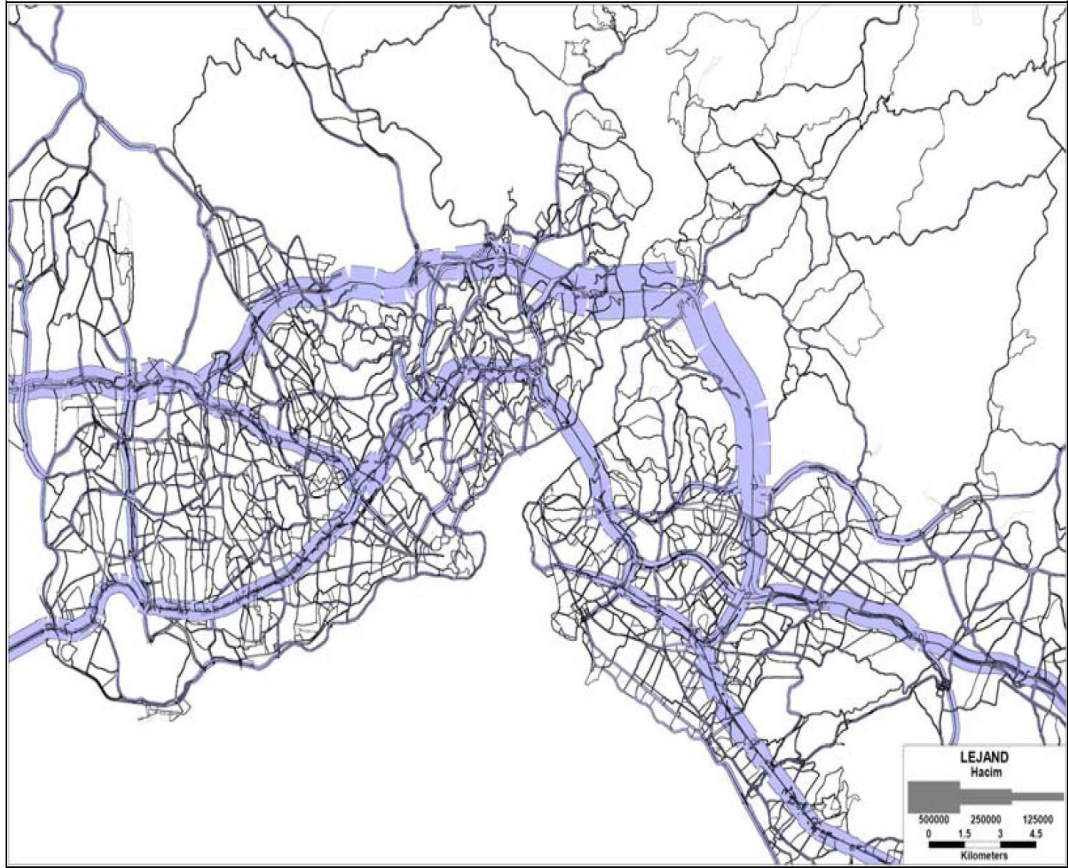
İUAP öngörülerinden hareketle Kozyatağı-Seyrantepe güzergahında oluşturulacak metrobüs sisteminin ilk etapta trafik hacminde rahatlamaya katkı sunacağı düşünülmektedir.

5.1.2.1. FSM Köprüsü geçişli otobüs hatlarının yolculukları

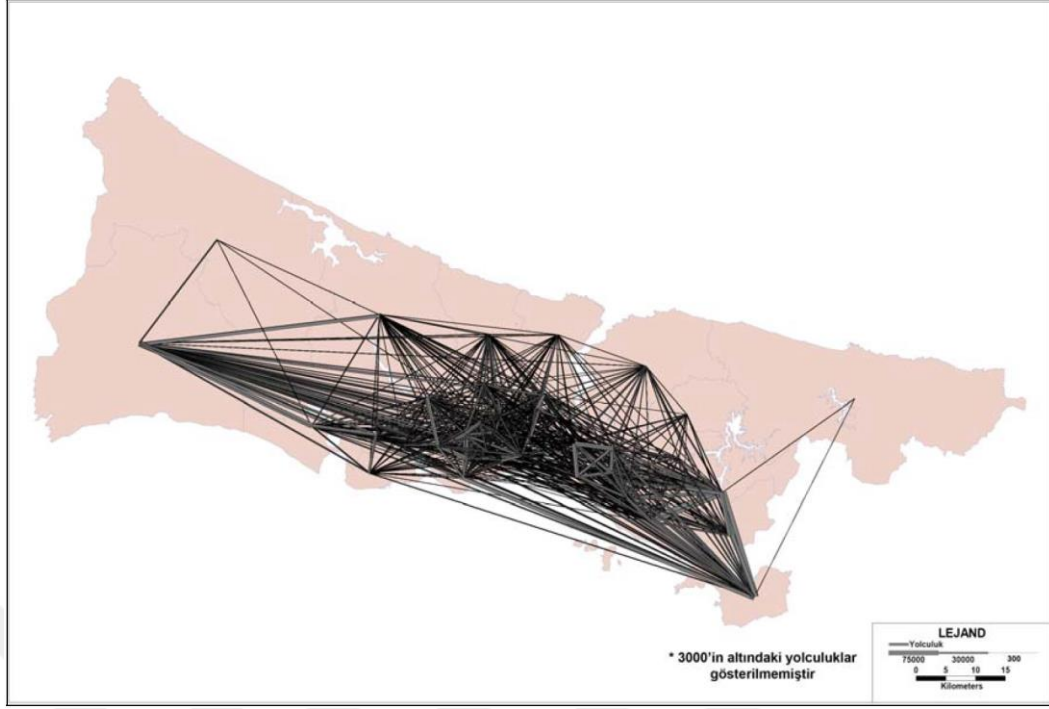
FSM Köprüsü güzergahı üzerinden toplu taşımacılık faaliyeti şuan için sadece otobüs hatları ile yapılmaktadır. 16 farklı hat Anadolu yakası ile Avrupa yakasını birbirine bağlamaktadır. Beykoz, Kavacık, Yenidoğan, Tepeüstü, Taşdelen, Sabiha Gökçen Havalimanı, Çekmeköy, Kozyatağı, Tuzla, Sultanbeyli gibi noktalardan Mecidiyeköy, 4. Levent, Cevizlibağ, Topkapı, Taksim gibi noktalara bu otobüs hatları çalışmaktadır. Toplamda günde 190 araç ile 1298 sefer gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.3: 2023-2006 yılları arasındaki yolculukların ilçe bazlı dağılımındaki artış (İUAP, 2011).



Şekil 5.4: 2023 yılı ana arterler hacim değerleri (İUAP, 2011).



Şekil 5.5: 2023 yılı toplu ulaşım yolculukları (İUAP, 2011).

İETT'nin 1 Mayıs 2017 ile 14 Mayıs 2017 tarihleri arası verilerine göre bu hatlarda günde ortalama 108.521 yolcu taşınmaktadır (Çizelge 5.4).

İki kıta arası toplu taşımacılık yapılan bu hatların çoğunda çift bilet uygulaması olduğundan yapılan yolculukların çoğu kıta geçişli yolculuklardır. Bu tezde tüm bu yolculukların kurulması önerilen Kozyatağı-Seyrantepe metrobüs sistemince taşınacağı varsayılmıştır. Mevcut otobüs hatlarının önerilen metrobüs hattına entegre edilerek kıta geçişi yapmayacağı öngörülmüştür.

5.1.2.2. Beylikdüzü-söğütlüçeşme metrobüs hattından gelebilecek yolculuklar

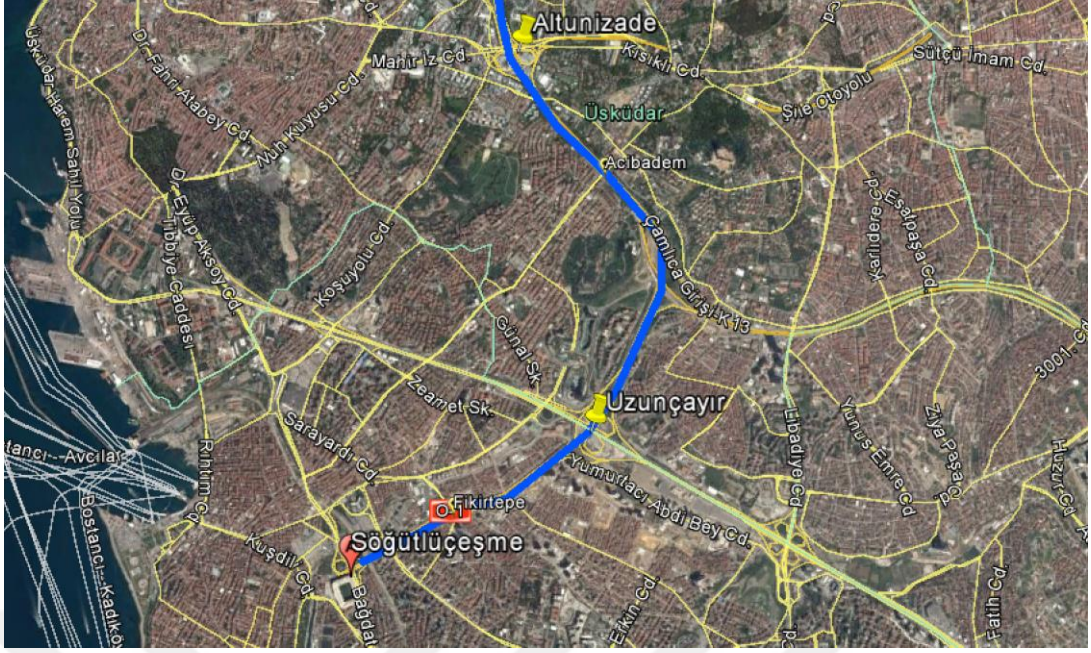
İETT tarafından 2012 yılında yapılan bir çalışmada 17.08.2012 tarihinde faaliyete alınan M4 Kadıköy-Kartal metro hattının Beylikdüzü-Söğütlüçeşme Metrobüs sistemine olan etkisi analiz edilmiştir. Yine aynı çalışmada Söğütlüçeşme, Uzunçayır ve Altunizade metrobüs istasyonlarından (Şekil 5.6) 4.Levent/Maslak güzergah aktarma yapan yolculuklar istanbulkart basış bilgilerinden hareketle hesaplanmıştır. Anadolu yakasının doğu kesimindeki ilçelerden (Tuzla, Pendik, Kartal, Maltepe, Ataşehir, Ümraniye, Sultanbeyli, Çekmeköy) otobüs hatları veya metro sistemlerini kullanarak bahsi geçen bu üç istasyona ulaşan yolcuların kart ID verileri izlenerek

Çizelge 5.4: FSM köprüsü geçişli hatların araç sayısı, sefer sayısı, sefer müddeti ve otobüs yolculukları (İETT, 2017).

Hat Kodu	Hat Adı	Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Sefer Müddeti (dk)	Yolculuk Sayısı
121A	Beykoz-Mecidiyeköy	14	139	77,5	8728
121B	Kavacık-Mecidiyeköy	8	86	37,5	6576
121BS	Sultaniye-Soğuksu Mahallesi-Mecidiyeköy	5	29	75	3321
122B	Yenidoğan-Mecidiyeköy	9	43	75	4752
122C	Tepeüstü-Mecidiyeköy	11	106	70	8413
122D	Taşdelen Cumhuriyet Mahallesi-Mecidiyeköy	3	12	65	1246
122H	Sabiha Gökçen Havalimanı-Yenişehir-4. Levent Metro	3	15	112,5	1047
122M	Şahinbey-Mecidiyeköy	4	19	57,5	1623
122V	Veysel Karani-4. Levent Metro	2	8	65	547
122Y	Çekmeköy-Mecidiyeköy	2	4	57,5	397
129L	Kozyatağı-4. Levent Metro	1	12	47,5	419
500T	Tuzla Şifa Mahallesi-Cevizlibağ	78	380	120	39057
522B	Yenidoğan-Topkapı	23	180	100	13312
522N	Nişantepe-4. Levent Metro	1	10	75	762
522ST	Sultanbeyli-Mecidiyeköy	26	224	105	18234
E-2	Beykoz-Taksim	1	2	75	88
	Toplam	190	1268		108521

yapılan analizde, bu istasyonlardan yapılan yolculukların ortalama %10'unun 4.Levent/Maslak istikametine yapıldığı ortaya konmuştur.

Kozyatağı-Seyrantepe metrobüs sisteminin kurulması halinde mevcut metrobüs sistemini kullanarak 4.Levent/Maslak istikametine seyahat eden yolcular için alternatif bir sistem oluşturulmuş olacaktır. Tezin bu kısmında İETT'nin 2012 yılında yapılan çalışması baz alınarak Söğütlüçeşme, Uzunçayır ve Altunizade istasyonlarına gelen yolcuların %10'nun yeni sistemi kullanarak yaka geçişi yapacağı varsayılmıştır.



Şekil 5.6: Söğütlüçeşme-beylikdüzü metrobüs hattının altunizade-uzunçayır-söğütlüçeşme istasyonları haritası.

Çizelge 5.5’de Söğütlüçeşme, Uzunçayır ve Altunizade metrobus istasyonlarından 01.05.2017-05.05.2017 tarihleri arasında gerçekleşen ortalama yolculuklar verilmiştir. %10’luk yolculuğun 4.Levent/Maslak istikametine yapıldığı kabulünden hareketle 10.435 yolculuğun yeni kurulması önerilen metrobüs sistemine kayacağı tahmin edilmektedir.

Çizelge 5.5: Söğütlüçeşme, uzunçayır ve altunizade istasyonları günlük ortalama yolculuk sayıları (İETT, 2017).

İstasyon	Ortalama Yolculuk	%10’luk Aktarma
Söğütlüçeşme	33.682	3.368
Uzunçayır	50.403	5.040
Altunizade	20.261	2.026
Toplam	104.356	10.435

5.1.2.3. FSM köprüsü geçişli özel araç yolculukları

Dünyanın pek çok şehrinde toplu taşımacılık sistemi olarak çalışan metrobüs sistemleri kurulduğu koridor üzerindeki özel araç hareketlerini de etkilemektedir. Sistemin getirmiş olduğu avantajlar neticesinde özel araç kullanıcıları araçlarını terkederek yolculuklarının toplu taşımayla yapmaktadır. Fransa’nın Nantes kentinde özel araçların trafikten çekilme oranı %30 olarak gerçekleşmişken Endonezya’nın

Jakarta şehrinde bu oran %20 olmuştur. Meksiko City’de ise bu oran %5 olarak ölçülmüştür. İstanbul Metrobüs sistemi için yapılan sayımlarda özel araçların trafikten çekilme oranı %14 olarak gerçekleşmiştir (İETT, 2009).

Yapılan araştırmalar göstermektedir ki yeni oluşturulan metrobüs sistemleri özel araç kullanımında azalmalara imkan tanımaktadır. Bu verilerden hareketle FSM Köprüsü üzerinden geçen özel araç kullanıcılarının yeni oluşturulacak metrobüs sistemine sunabileceği yolculuk sayısı hesaplanmaya çalışılmıştır. Çizelge 5.6’da FSM Köprüsü’nden geçen 2017 yılı Ocak-Nisan arası aylık özel araç sayıları verilmiştir. Ortalama günlük araç geçişi 173.750 ile nisan ayında en yüksek olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.6: FSM köprüsü özel araç geçiş sayıları (KGM, 2017).

Ay	OGS	HGS	Toplam	Ortalama Günlük Araç
Ocak	1.396.724	2.918.488	4.315.212	139.200
Şubat	1.480.974	2.186.996	3.667.970	130.999
Mart	1.670.022	2.326.710	4.996.732	161.185
Nisan	1.661.784	3.550.724	5.212.508	173.750

Çizelge 5.7’de farklı senaryolara göre özel araçlardan yeni oluşturulacak metrobüs sistemine gelebilecek yolculuk sayıları tahminlenmeye çalışılmıştır. Mevcut metrobüs hattının kurulduğu yıllarda trafikten çektiği özel araç oranı olan %14 baz değer olarak alınmıştır. Yolculuk sayısı hesaplanırken İUAP’da yer alan araç doluluk oranı (1,57) araç sayısı ile çarpılmıştır. Buna göre yeni kurulması önerilen Kozyatağı-Seyrantepe metrobüs hattına özel araçlardan gelebilecek yolculuk sayısı 38.190 olarak varsayılmıştır.

Çizelge 5.7: Özel araç kullanımından gelebilecek araç sayısı.

	Araç Sayısı	Yolculuk Sayısı
FSM	10%	17.375
Özel Araç Sayısı	14%	24.325
	20%	34.750
	30%	52.125
		1,57
		38.190
		54.558
		81.836

5.1.2.4. Tahminlenen yolculuk sayısı

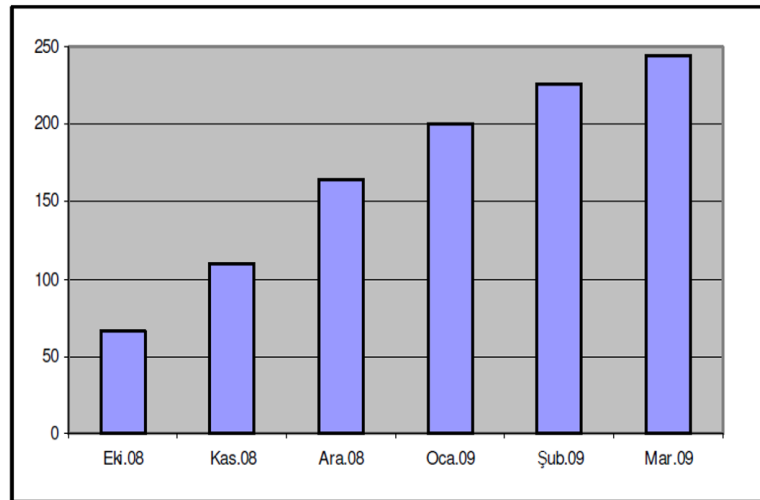
Kurulması önerilen Kozyatağı-Seyrantepe Metrobüs hattı için yukarıda ele alınan başlıklar ekseninde yolculuk sayısı tahminlemiştir. Buna göre; mevcut otobüs hatlarının reorganizasyonu kapsamında sisteme dahil olacak yolculuklar, mevcut Beylikdüzü-Söğütlüçeşme Metrobüs hattından gelebilecek yolculuklar ve FSM köprüsü geçişli özel araçlardan gelebilecek yolculuklar olmak üzere üç ana kategoride inceleme yapılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre teze konu güzergahda oluşturulacak bir metrobüs sisteminin tahminen 157.146 yolculuk sayısına ulaşacağı öngörülmektedir (Şekil 5.7).



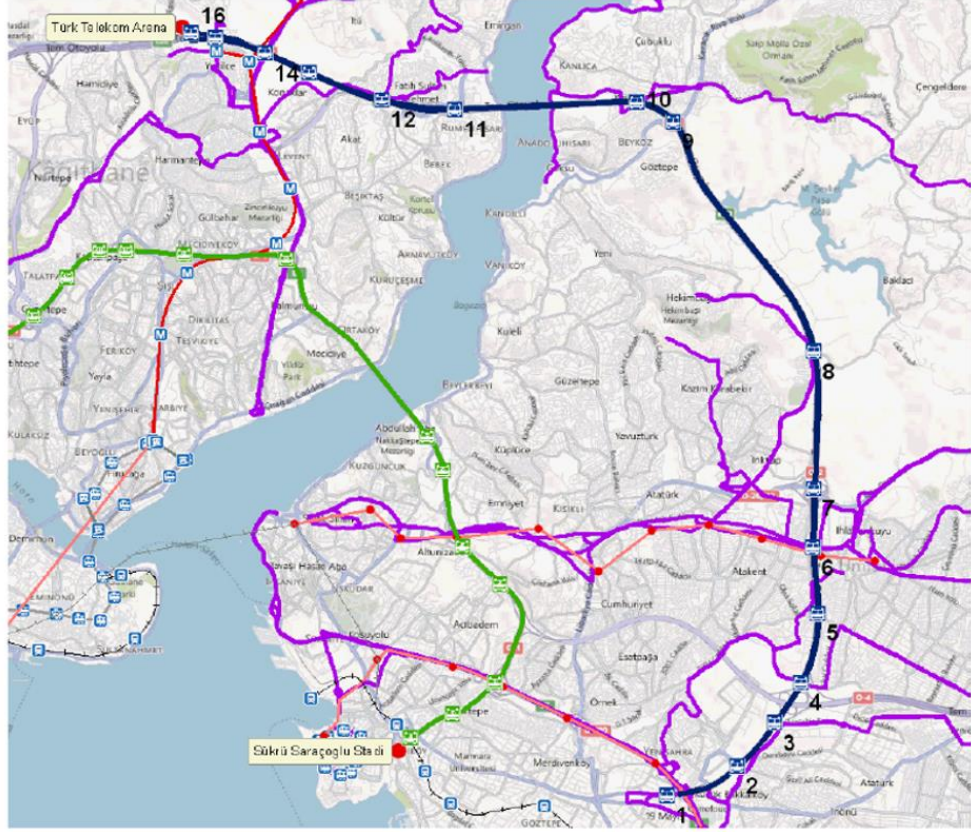
Şekil 5.7: Tahminlenen yolculuk sayısı.

Söğütlüçeşme-Beylikdüzü metrobüs hattının ilk altı aylık dönemde yolculuk sayısındaki değişimi (Şekil 5.8) önemli oranda arttığı tespit edilmiştir. Önerilen Kozyatağı-Seyrantepe güzergahında da benzer bir artış trendinin olacağı beklenmektedir.

Metrobüs koridorunun günlük yolcu sayısı artışı



Şekil 5.8: Söğütlüçeşme-beylikdüzü metrobüs hattının ilk altı aylık yolculuk sayısı değişimi (İETT,2017).



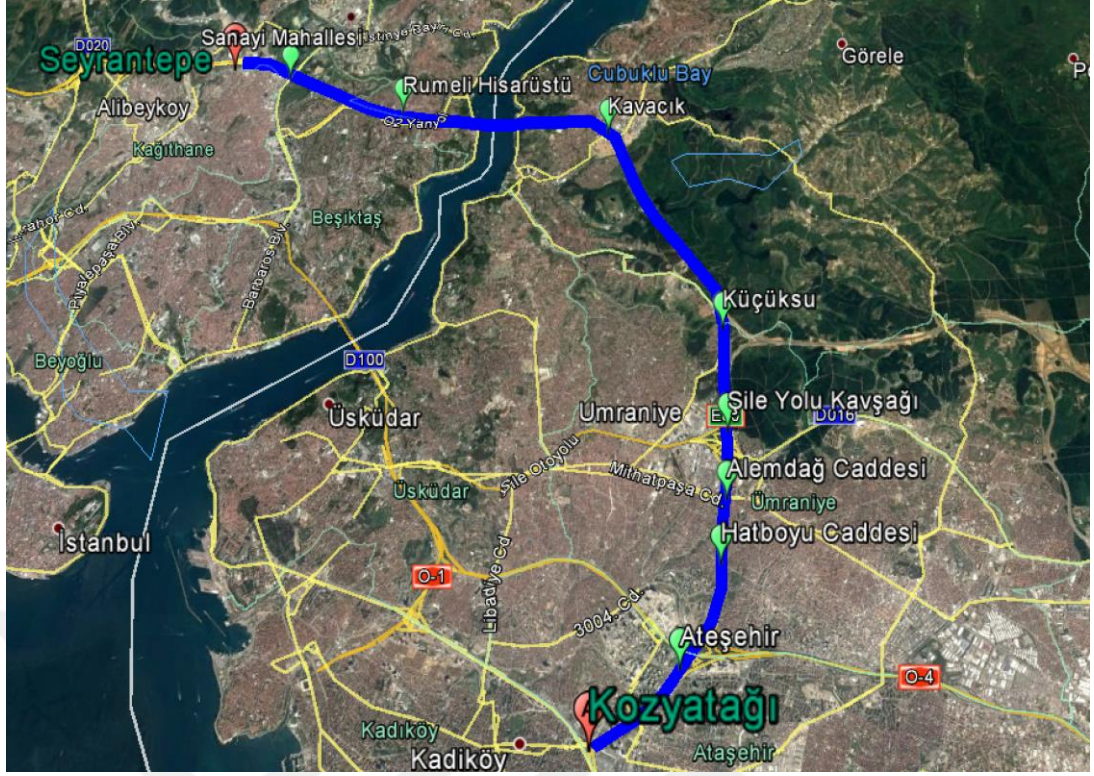
Şekil 5.10: Kozyatağı-seyrantepe koridorunu kesen minibüs hatları haritası (İETT,2017).

- İş ve alışveriş için yolcuların rağbet gösterdikleri cazibe merkezleri
- Spor kompleksleri (Türk Telekom Arena Spor Kompleksi)

Yapılan sezgisel analizler neticesinde Kozyatağı-Seyrantepe koridoru için 10 istasyondan oluşan bir metrobüs güzergahı önerilmektedir. Bu istasyonlar; Kozyatağı, Ataşehir, Hatboyu Caddesi, Alemdağ Caddesi, Şile Yolu Kavşağı, Küçüksu, Kavacık, Rumeli Hisarüstü, Sanayi Mahallesi ve Seyrantepe şeklinde olması öngörülmüştür (Şekil 5.11).

5.2. Yeni Metrobüs Sisteminin Kazanımları

Metrobüs sistemleri şehre sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan faydalar sağlayan toplu ulaşım sistemleridir. Bölüm 4.3’de Söğütluçeşme-Beylikdüzü metrobüs hattının kazanımları incelenmiştir. Bu bölümde ise kurulması önerilen Kozyatağı-Seyrantepe metrobüs hattının sağlayabileceği zaman tasarrufu, CO2 salınımı tasarrufu, akaryakıt tasarrufu ve bu tasarrufların mali karşılıkları hesaplanmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.11: Kozyatağı-seyrantepe metrobüs sistemi istasyon önerileri haritası.

Hesaplamalar yapılırken Çizelge 5.8’deki kabuller dikkate alınmıştır. Ortaya konan değerler bu teze özgü kabuller neticesinde hesaplanan rakamlardır. Çalışmanın yapıldığı tarihteki varsayımlara göre yapılan hesaplamalar elbetteki farklı parametreler dikkate alındığında farklı sonuçlar doğurabilir.

Çizelge 5.8: Kullanılan parametre kabulleri.

Parametre	Değer	Kaynak
Araç Başı Doluluk Oranı – yaka geçişli oto	1,57	İUAP 2011
1 Dolar karşılığı Türk Lirası (TL)	3,54	2 Mayıs 2017 TCMB Kuru
1 Saatin Zaman Değeri – Yaka geçişli oto (Dolar)	12,6	İUAP 2011
1 Saatin Zaman Değeri (TL)	44,60	
1 Lt Dizel Yakıt Tutarı (TL)	4,4	5 Mayıs 2017 OPET Pompa Fiyatı
Özel Araçların 1 km’deki Yakıt sarfiyatı (lt)	0,09	Ortalama Şehir İçi Tüketim
Solo Otobüslerin 1 km Yakıt sarfiyatı (lt)	0,50	İETT
Körüklü Otobüslerin 1 km Yakıt sarfiyatı (lt)	0,56	İETT
Metrobüs hattın çalışacak araçların kapasitesi (kişi)	160	İETT
Metrobüs sistemi ticari hızı (km/sa)	38	İETT
1 lt dizel yakıtın atmosfere saldığı CO2 miktarı (kg)	2,65	http://www.otoguncel/teknik-bilgiler/bir-litre-dizel-kac-kg-karbondioksit-co2-emisyonu-icerir/

5.2.1. Zaman tasarrufu

Teze konu güzergahta sabah zirve saatlerde (07:00-09:00) mevcut trafik içerisinde İBB'nin Yol Gösteren uygulaması üzerinden yapılan ölçümlerde sehayat süresinin Kozyatağı'ndan Seyrantepe istikametine ortalama 50 dakika olduğu belirlenmiştir. Kurulması önerilen yaklaşık 23 km'lik metrobüs güzergahında ise seyahat süresinin Kozyatağı'ndan Seyrantepe istikametine ortalama 35 dakika'ya düşeceği hesaplanmaktadır.

Bu hesaplamada mevcut metrobüs sisteminin ticari hızı kadar bir hızda (38 km/sa) işletmecilik yapılacağı öngörülmektedir. Günde tek seferlik gidiş dönüş yapılacağı varsayımdan hareketle günde ortalama bir kişi için 30 dakikalık (0,0208 gün) bir zaman tasarrufunun olacağı hesaplanmaktadır. Hesaplamalar 2 Mayıs 2017 TCMB dolar kuruna göre yapılmıştır (Çizelge 5.8). Denklem 5.1'de yıllık zaman tasarrufu hesaplaması yapılmaktadır;

$$\text{Yıllık zaman tasarrufu (gün)} = \text{Günlük zaman tasarrufu (gün)} * 365 \quad (5.1)$$

$$\text{Yıllık zaman tasarrufu (gün)} = 0,0208 * 365$$

$$\text{Yıllık zaman tasarrufu (gün)} = 7,6 \text{ gün/yolcu}$$

Bir yolcu ortalama yılda 7,6 gün kazanım sağlayacaktır. Tüm yolcuların toplam kazanımı ve bu kazanımın zaman değeri ise denklem 5.2 ve denkme 5.3 ile aşağıda hesaplanmıştır:

$$\text{Yıllık zaman tasarrufu (sa/yolcu)} = 7,6 * 24 = 182,4 \text{ sa/yolcu}$$

$$\text{Toplam zaman tasarrufu (sa)} = \text{Yıllık zaman tasarruf (sa/yolcu)} * \text{Toplam yolcu sayısı} \quad (5.2)$$

$$\text{Toplam zaman tasarrufu (sa)} = 182,4 * 157.146 = 28.663.430,4 \text{ sa}$$

$$\text{Toplam zaman değeri (TL)} = \text{Toplam zaman tasarrufu} * 1 \text{ saatin zaman değeri} \quad (5.3)$$

$$\text{Toplam zaman değeri (TL)} = 28.663.430,4 * 44,6 = 1.278.388.995,84 \text{ TL}$$

5.2.2. Akaryakıt Tasarrufu

Önerilen güzergahda özel araçların trafikten çekilmesinden kaynaklı ve otobüs güzergahlarının yeniden düzenlenmesinden kaynaklı akaryakıt tasarrufu sağlanacaktır. Özel araçların trafikten çekilmesinden kaynaklı akaryakıt tasarrufları

denklem 5.4, denklem 5.5 ve denklem 5.6 ile hesaplanmıştır. Hesaplama çalışmaya konu güzergahtan %14'lük özel araç çekilmesi varsayımı ile yapılmıştır. Diğer oranlara ait rakamlar ise Çizelge 5.9'da verilmektedir. Buna göre:

$$\text{Toplam katedilen mesafe (km/gün)} = \text{Güzergah uzunluğu} * 2 * \text{Trafikten çekilen araç sayısı} \quad (5.4)$$

$$\text{Toplam katedilen mesafe (km/gün)} = 23 * 2 * 24.325 = 1.118.952 \text{ km/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/gün)} = \text{Toplam katedilen mesafe} * \text{km başı akaryakıt tüketimi} \quad (5.5)$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/gün)} = 1.118.952 * 0,09 = 100.706 \text{ lt/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/yıl)} = 100.706 * 365 = 36.757.564 \text{ lt/yıl}$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/gün)} = \text{Toplam akaryakıt tüketimi} * \text{Litre başı akaryakıt fiyatı} \quad (5.6)$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/gün)} = 100.706 * 4,4 = 443.105 \text{ TL/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/yıl)} = 443.105 * 365 = 161.773.281 \text{ TL/yıl}$$

Kozyatağı-Seyrantepe metrobüs hattı için ticari hızın 38 km/sa olacağı düşünülmüştür. 23 kilometrelik güzergahın gidiş-dönüş dinlenme süreleri dahil edildiğinden ortalama 80 dakikada tamamlanacağı varsayılmıştır. İşletme süresi ise günde 16 saat (960 dk) kabul edilmiştir. Metrobüs sisteminde çalışacak körüklü otobüslerin kapasitesinin 160 olduğu varsayılmıştır. Denklem 5.7 ile ortalama otobüs başı sefer sayısı hesaplanırken, denklem 5.8 ile günlük ihtiyaç duyulan toplam otobüs

Çizelge 5.9: FSM Köprüsü'nden farklı oranlara göre özel araç çekilmesinin akaryakıt tasarruflarına olan etkisi.

FSM	Araç Sayısı	Araç Sayısı		Akaryakıt tasarrufu
		Oran	Araç Sayısı	
Özel Araç Sayısı	173.750	10%	17.375	799.251
		14%	24.325	1.118.952
		20%	34.750	1.598.502
		30%	52.125	2.397.754

sefer sayısı hesaplanmıştır. Denklem 5.9 ise sistemin ihtiyaç duyacağı otobüs sayısını belirlemede kullanılmıştır. Buna göre kurulması önerilen sistemde taşınacak olan 157.146 yolcunun denklem 5.8 ve denklem 5.9'da hesaplanan otobüs filosu ve sefer

sayısına göre ne kadarlık bir mesafe katedeceği denklem 5.10 ile, ne kadarlık akaryakıt tüketiminin olacağı denklem 5.11 ile, bu tüketimin parasal karşılığı ise denklem 5.12 ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Otobüs başı sefer sayısı} = \text{İşletme süresi} / \text{Sefer Süresi} \quad (5.7)$$

$$\text{Otobüs başı sefer sayısı} = (16 * 60) / 80 = 12$$

$$\text{Günlük ihtiyaç duyulan sefer sayısı} = \text{Toplam yolcu sayısı} / \text{Araç kapasitesi} \quad (5.8)$$

$$\text{Günlük ihtiyaç duyulan sefer sayısı} = 157.146 / 160 = 982$$

$$\text{İhtiyaç duyulan otobüs sayısı} = \text{Günlük ihtiyaç duyulan sefer sayısı} / \text{Otobüs başı sefer sayısı} \quad (5.9)$$

$$\text{İhtiyaç duyulan otobüs sayısı} = 982 / 12 = 82$$

$$\text{Katedilen mesafe (km/gün)} = \text{Günlük ihtiyaç duyulan sefer sayısı} * \text{Güzergah uzunluğu} * 2 \quad (5.10)$$

$$\text{Katedilen mesafe (km/gün)} = 982 * 23 * 2 = 45.179 \text{ km/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/gün)} = \text{Katedilen mesafe} * \text{km başı otobüs akaryakıt tüketimi} \quad (5.11)$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/gün)} = 45.179 * 0,56 = 25.301 \text{ lt/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/yıl)} = 25.301 * 365 = 9.234.688 \text{ lt/yıl}$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/gün)} = \text{Toplam akaryakıt tüketimi} * \text{Litre başı akaryakıt fiyatı} \quad (5.12)$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/gün)} = 25.301 * 4,4 = 111.322 \text{ TL/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/yıl)} = 111.322 * 365 = 40.632.626 \text{ TL/yıl}$$

Kozyatağı-Seyrantepe metrobüs hattının kurulması ile birlikte güzergah üzerinde çalışan solo otobüs hatlarının (Çizelge 5.4) sadece söz konusu 23 kilometrelik güzergahda çalışmayacağı düşünüldüğünde ortaya çıkacak tasarruf oranlarının yukarıda bahsedilen yöntem ile aynı olacak şekilde denklem 5.13, denklem 5.14 ve denklem 5.15 ile aşağıdaki gibi olacağı öngörülmektedir:

$$\text{Katedilen mesafe (km/gün)} = \text{Toplam sefer sayısı} * \text{Güzergah uzunluğu} * 2 \quad (5.13)$$

$$\text{Katedilen mesafe (km/gün)} = 1286 * 23 * 2 = 58.328 \text{ km/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/gün)} = \text{Katedilen mesafe} * \text{km başı otobüs akaryakıt tüketimi} \quad (5.14)$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/gün)} = 58.328 * 0.5 = 29.164 \text{ lt/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt tüketimi (lt/yıl)} = 29.164 * 365 = 10.644.860 \text{ lt/yıl}$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/gün)} = \text{Toplam akaryakıt tüketimi} * \text{Litre başı akaryakıt fiyatı} \quad (5.15)$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/gün)} = 29.164 * 4,4 = 128.322 \text{ TL/gün}$$

$$\text{Toplam akaryakıt değeri (TL/yıl)} = 128.322 * 365 = 46.837.384 \text{ TL/yıl}$$

Nihai olarak yukarıdaki hesaplamalardan hareketle özel araçların trafikten çekilmesi ve mevcut otobüs hatlarının söz konusu güzergahda çalışmayacak olması nedeniyle akaryakıttan tasarruf sağlanacağı hesaplanmıştır. Yeni oluşturulması önerilen metrobüs sisteminin ise tüketeceği akaryakıt miktarı da ayrıca hesaplanmıştır. Sonuç olarak sistemin nihai akaryakıt tasarrufu denklem 5.16 ile hesaplanırken bu tasarrufun parasal karşılığı denklem 5.17 ile aşağıda hesaplanmıştır;

$$\text{Nihai akaryakıt tasarrufu (lt/gün)} = \text{Özel araç akaryakıt tasarrufu} + \text{Mevcut otobüs akaryakıt tasarrufu} - \text{Önerilen metrobüs akaryakıt tüketimi} \quad (5.16)$$

$$\text{Nihai akaryakıt tasarrufu (lt/gün)} = 100.706 + 29.164 - 25.301 = 104.569 \text{ lt/gün}$$

$$\text{Nihai akaryakıt tasarrufu (lt/yıl)} = 104.569 * 365 = 38.160.385 \text{ lt/yıl}$$

$$\text{Nihai akaryakıt değeri (TL/gün)} = \text{Nihai akaryakıt tasarrufu} * \text{Litre başı akaryakıt fiyatı} \quad (5.17)$$

$$\text{Nihai akaryakıt değeri (TL/gün)} = 104.569 * 4,4 = 460.103 \text{ TL/gün}$$

$$\text{Nihai akaryakıt değeri (TL/yıl)} = 460.103 * 365 = 167.937.595 \text{ TL/yıl}$$

5.2.3. CO2 salınımı tasarrufu

Kurulması önerilen Kozyatağı-Seyrantepe metrobüs hatınının sağlayacağı çevresel kazanımlardan bir tanesi ulaşım kaynaklı emisyonların azaltılması olacaktır. Denklem 5.18 ile sistemin sunacağı CO2 salınımındaki tasarruf hesaplaması görülmektedir.

$$\text{CO2 salınım miktarı (kg/gün)} = \text{Nihai akaryakıt tasarrufu} * 1 \text{ lt dizel yakıtın} \\ \text{atmosfere saldığı CO2 miktarı} \quad (5.18)$$

$$\text{CO2 salınım miktarı (kg/gün)} = 104.569 * 2,65 = 277.108 \text{ kg/gün}$$

$$\text{CO2 salınım miktarı (kg/gün)} = 277.108 * 365 = 101.144.420 \text{ kg/yıl}$$



6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İstanbul iki kıtayı birbirine bağlayan jeopolitik ve jeostratejik olarak önemli bölgede yer almaktadır. 15 milyonu aşkın nüfusu ile ülkemizin en önemli ekonomik cazibe merkezi olan İstanbul son yıllarda ulaşım alanındaki projeleri ile dünya arenasında kendisinde pekçok defa söz ettirmektedir. Yavuz Sultan Selim Köprüsü, Avrasya Tüneli, Marmaray, 3. Havalimanı gibi devasa bütçeli projeler şehrin hareketliliğini de geliştirmektedir. İstanbul Büyükşehir Belediye'sinin 2023 yılı için ortaya koymuş olduğu 1000 km raylı sistem ağı hedefi bu hareketliliği yönetme adına önemli bir unsur olması beklenmektedir.

İstanbul'da Söğütlüçeşme-Beylikdüzü arasında D-100 karayolu üzerinde hizmet veren metrobüs sistemi aşırı yolcu yoğunluğu eleştirilerine maruz kalsa da sunmuş olduğu hızlı ve dakik ulaşım hizmeti ile dünya literatüründe kendinden sıkça söz ettirmektedir. Metrobüs sistemleri yatırım maliyetleri ve devreye alınma hızları açısından raylı sistem yatırımlarına göre avantajlıdırlar. Bu kapsamda mevcut metrobüs sisteminin başarısı ve Kozyatağı-Seyrantepe aksında ikinci bir metrobüs sisteminin şehir hareketliliğine katkı sunacağı düşünülmektedir. Mevcut metrobüs hattında olduğu gibi ayrılmış güzergah üzerinden işletmecilik yapılması önerilmektedir.

Tezin 5. bölümünde detaylıca incelenen FSM Köprüsü üzerinden ikinci bir metrobüs sisteminin günde ortalama 157.146 yolcu taşıyacağı öngörülmektedir. Bu yolculuğun mevcut otobüs hatlarından, özel araçların trafikten çekilmesinden ve mevcut metrobüs hattından gelebileceği hesaplanmıştır. Devreye alınması önerilen metrobüs sistemi için ortaya konan kriterlere göre on adet istasyon noktası önerilmiştir. Bu istasyonlar; Kozyatağı, Ataşehir, Hatboyu Caddesi, Alemdağ Caddesi, Şile Yolu Kavşağı, Küçüksu, Kavacık, Rumeli Hisarüstü, Sanayi Mahallesi ve Seyrantepe şeklinde olması öngörülmüştür.

Sistemin devreye alınması ile birlikte sosyal, ekonomik ve çevresel kazanımlarda ortaya çıkacaktır. Yapılan ölçümlere göre 30 dakikalık bir zaman tasarrufunun

olacağı, bunun yılda bir yolcu için 7,6 güne denk geldiği hesaplanmıştır. Günde 104.569 litre yılda ise 38.160.385 litre akaryakıt tasarrufunun da sağlanacağı yapılan hesaplamalar ile ortaya konmuştur. Tasarruf edilen akaryakıtın ekonomik değerinin ise günde 460.103 lira, yılda ise 167.937.595 lira mertebesinde olacağı düşünülmektedir. Ayrıca akaryakıt kaynaklı CO2 emisyonlarının ise günde 277.108 kg, yılda ise 101.144.420 kg daha az olacağı hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan parametrelere ait kabuller Çizelge 5.8'de verilmiştir. Tezimizde elde ettiğimiz sonuçlar, bu varsayımlara göre yapılan hesaplamalar bağlamında ele alınmalıdır. Farklı kabul ve parametrelere göre hesaplama metotları ve sonuçları değişkenlik gösterebilir.

Kozyatağı-Seyrantepe metrobüs güzergahı önerisi ile şehrin trafik sıkışıklığı yaşanan FSM Köprüsü aksında önemli zaman tasarrufları yaşanacağı, böyle bir hattın sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan kente değer katacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akyazıcı, M.** (2010). Hızlı otobüs taşımacılığı ve İstanbul Örneği. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayözen, Y.E.** (2012). Metro projelerinde boyuna eğimin yatırım ve işletme maliyetleri üzerindeki etkisinin araştırılması. (Yüksek Lisans) İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bir litre dizel kaç kg CO2 emisyonu içerir? (2014) Erişim Tarihi: 1 Haziran 2017**
<http://www.otoguncel.com/teknik-bilgiler/bir-litre-dizel-kac-kg-karbondioksit-co2-emisyonu-icerir/>
- Carrigan, A., King, R., Velasquez, J.M., Raifman, M. & Duduta, N.** (2012). Social, environmental and economic impacts of brt systems: bus rapid transit case studies from around the world. EMBARQ.
- Çetintaş, Ç.** (2013). Kocaeli kent merkezinde alternatif ulaşım sistemlerinin mikroskobik etkileri üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans) Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Global BRT Data.** Erişim Tarihi 01 Haziran 2017, <http://brtdata.org/>
- GTZ** (2005). Mass Transit Options. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH, Eschborn.
- GTZ** (2010). Informal Public Transport. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH, Eschborn.
- Güven, G. & Şahin, İ.** (2009). Metrobüs (BRT) sistemlerinin planlama, tasarım ve işletim özellikleri, 8. *Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, (s.299-308), İstanbul, 30 Eylül, 1-2 Ekim.
- Güven, G.** (2008). Metrobüs sistemlerinin planlama, tasarım ve işletim özellikleri. (Yüksek lisans) Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hensher, A.D. & Golob, T.F. (2008).** Bus rapid transit systems: a comparative a, assessment, *Transportation 2008*, (s.501-508), Springer US.
- İBB,** (2011). İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Planı, İBB, İstanbul.
- İncecik, S.** (2013). Megaşehirlerde hava kalitesi ve İstanbul örneği. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2*, (s.133-145).
- Işık, S.** (2010). Metrobüs sisteminin boğaziçi köprüsü trafiğine etkilerinin simülasyon modeli ile incelenmesi. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ITDP** (2007). Bus rapid transit planning guide. Institute for Transportation & Development Policy, USA.

- Kılığolu, M. E.** (2010). İstanbul metrobüs sisteminin kapasitesinin artırılması için alınması gereken önlemler. (Yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kumar, A., Zimmerman, S., & Agarwal, O.** (2012). International Experience in Bus Rapid Transit (BRT) Implementation: Synthesis of Lessons Learned from Lagos, Johannesburg, Jakarta, Delhi, and Ahmedabad. Africa: The World Bank.
- Luke, S. & MacDonald, M.** (2006). Public transport mode selection: a review of international practice. Paper from The Association for European Transport Conference held in Strasbourg, France on 18-20 September 2006.
- McNally, M.G.** (2007). The four step model. University of California, Institute of Transportation Studies, USA.
- Nehashi, A.** (1998). New urban transport systems reconsidered – a better transport environment for the century. EJRCF, Tokyo.
- Public Transport Trends** (2017). International Association of Public Transport (UITP), Belçika, Brüksel.
- Population.city.** Erişim Tarihi 01 Haziran 2017, <http://population.city/indonesia/jakarta/>
- Tuncer, U. A.** (2016). Constraints for urban public transport authorities in implementing BRT projects. (Yüksek lisans tezi). Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Iglus, Lozan.
- Teodorovic, D., Janic, M.** (2017). Transportation engineering – theory, practice and modeling. Elsevier, Oxford.
- UITP** (2013). Waterborne transport, a unique contribution to enhancing mobility for cities on water. International Association of Public Transport (UITP), Brüksel.
- Ünal A.,** (2009). Toplu taşımanın İstanbul hava kalitesine pozitif etkilerinin belirlenmesi: metrobüs örneği. İBB İstanbul Altyapı-Çevre-Enerji Kullanımı Sektörü Akademik Araştırmalar Projesi Raporu, İBB.
- Vuchic, V.R.** (2015). Kentiçi toplu ulaşım ve yaşanabilir şehirler (Cilt 1-2). İstanbul Ulaşım A.Ş., İstanbul.
- Wiransinghe, S.C., Kattan, L., Rahman, M.M., Hubbell, J., Thilakaratne, R. & Anowar, S.** (2013). Bus rapid transit - a review, International Journal of Urban Sciences.
- Yılmaz, Ş.** (2012). Metrobüs sisteminin incelenmesi ve sosyal, çevresel ve ekonomik etkileri. (Yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yurdagül, E.** (2012). İstanbul Avcılar – Söğütluçeşme metrobüs sisteminin bileşenlerinin değerlendirilmesi ve dünyadaki metrobüs sistemleri ile karşılaştırılması. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Url-1** <<http://www.ibb.istanbul>>, erişim tarihi 30.05.2017.

Url-2 <<http://www.iett.istanbul/>>, erişim tarihi 02.05.2017.

Url-3 <<http://metrobus.iett.istanbul/>>, erişim tarihi 05.05.2017.

Url-4 <<http://www.tuik.gov.tr/>>, erişim tarihi 20.04.2017.

Url-5 <<http://www.kgm.gov.tr/>>, erişim tarihi 14.05.2017.

Url-6 <<https://tfl.gov.uk/>>, erişim tarihi 01.06.2017.

Url-7 <<http://brtdata.org/>>, erişim tarihi 08.07.2017.





ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Suheybi Keskin
Doğum Tarihi ve Yeri : 03.01.1986 – Tirebolu/Giresun
E-posta : suheybikeskin@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü