

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**METROBÜS HATTI KATARLANMA PROBLEMİNE
YÖNELİK ÇÖZÜM ÖNERİSİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:
Mehmed Sinan PAMUK

İstanbul, 2017

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**METROBÜS HATTI KATARLANMA PROBLEMİNE
YÖNELİK ÇÖZÜM ÖNERİSİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:

Mehmed Sinan PAMUK

Öğrenci No:

140792010

Danışman:

Yrd. Doç. Dr. Ümit TERZİ

İstanbul, 2017

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Metrobüs hattı katarlanma problemine yönelik çözüm önerisi**” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Aday: **Mehmed Sinan PAMUK**



T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi..140792010.....no'lu M. Sinan Pamuk'un 08/05/2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda..90... dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliğiyle, kabul..... kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : ..Endüstri Mühendisliği
Programı : ..Endüstri Mühendisliği
Tez Başlığı³ : ..Metrobay Hattı Kateterlenmesi Problemine Yönelik Gözlem İnerisi

Tez Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

İmza

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ümit TERTİ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Yalıt ŞAMIN
Üye : Yrd. Doç. Dr. S. Kerem AYDULUN



¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında “kabul”, “düzeltme” veya “red” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

METROBÜS HATTI KATARLANMA PROBLEMİNE YÖNELİK ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Hazırlayan: **Mehmed Sinan PAMUK**

ÖZET

İstanbul’da toplu taşımada kapasite, hız ve performans bakımından diğer ulaşım modlarına iyi bir alternatif oluşturan Metrobüs sisteminde, artan kapasite ihtiyacı çeşitli iyileştirmeler yapılması ihtiyacını doğurmuştur.

İstanbul’da uygulamada olan Metrobüs sistemi ile günde yaklaşık olarak 800 bin yolcu taşınmaktadır. Bu sistemde yapılacak iyileştirmelerin fayda getirisi yapılan iyileştirmelere göre yolcu sayısı ve sistemin işletme maliyeti açısından asimetrik olarak artmaktadır.

Bu çalışmada, Metrobüs işletme planının geliştirilmesi için senaryolar önerilmiştir. Mevcut durumu ölçebilmek ve yapılacak geliştirilmelerin sonucunda performans artışını değerlendirebilmek amacıyla makro simülasyon yapmaya olanak veren Visum simülasyon programı kullanılmıştır. Senaryoların çıktıları alınarak hacim kapasite oranları hesaplanmış ve Metrobüs hattının en yüksek fayda ile çalışabilmesi için önerilen senaryonun daha başarılı sonuçlar sunduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metrobüs, Makro Simülasyon, Visum, İşletme Planlama

A SOLUTION PROPOSAL FOR BUS RAPID TRANSIT LINE CONGESTION PROBLEM

Presented by: **Mehmed Sinan PAMUK**

ABSTRACT

In Istanbul BRT System, that constitute a good alternative to other public transportation modes in terms of capacity, speed and performance; the need for increased capacity has caused the need to develop various optimizations.

In the city of Istanbul, approximately 800 thousand passengers are transported in BRT system per day. In this system, the return of benefit increases in terms of number of passengers and operating costs asymmetrically as the improvements takes place.

In this study, scenarios are proposed for the development of BRT operating plan. In order to measure both the present condition and the performance gains as a result of improvements in the system, Visum simulation program, that has the ability to create macro simulations is used. Volume capacity ratios are calculated by taking the outcomes of scenarios and it has been revealed that the recommended scenario offers more successful results for BRT system to work with the highest benefit.

Key Words: Macro Simulation, Visum, BRT System, Operating Planning

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. METROBÜS HATTI VE İŞLETMESİ	4
2.1. Metrobüs Sistemi Bileşenleri	4
2.1.1. İstasyonlar	4
2.1.2. Platform alanları.....	5
2.1.3. Araçlar.....	7
2.1.4. Turnikeler	8
2.1.5. İşletim planları	9
2.1.6. Komuta kontrol merkezi	9
2.1.7. Yolcu bilgilendirme sistemi	9
2.2. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Metrobüs Sistemine Entegrasyonu.....	10
2.3. O-D (B-S) Matris Tahmin Yöntemi	12
2.4. Simülasyon Yazılımları	13
2.4.1. Visum	13
2.4.2. Anylogic	17
2.5. Taşıtlar Arası ve Taşıttan Altyapıya Haberleşme (V2X)	17
2.5.1. Müfrezelemenin faydaları	19
3. İSTANBUL METROBÜS HATTI	21
3.1. Metrobüs Tarihçesi.....	21
3.2. Metrobüs İstasyonları	22
3.3. Metrobüs Güzergahları	22
3.4. Metrobüs Araçları.....	24
3.5. Metrobüs Hattı Yolculuk Sayıları	25
3.6. Metrobüs Hattı Katarlanma Problemi	26

4. METROBÜS HATTININ SİMÜLASYON UYGULAMASI	29
4.1. Verilerin Hazırlanması	29
4.1.1. Araçların ortalama hız verilerinin hazırlanması.....	29
4.1.2. İstasyonların boyutlarının verisinin hazırlanması	30
4.1.3. Pik Saat için O-D matrisi verilerinin hazırlanması	30
4.1.4. Her bir hattın ortalama seyahat süresinin hesaplanması	31
4.1.5. Araçların her bir istasyonda bekleme sürelerinin hesaplanması	32
4.1.6. İstasyonların koordinatlarının verilerinin hazırlanması	35
4.1.7. Metrobüs araçlarının adet ve kapasitelerinin belirlenmesi.....	36
4.2. Mevcut Verilerin Visum Programına Girilmesi	37
4.2.1. Hacim Kapasite Oranlarının Ölçülmesi	41
4.3. Mevcut Durumun Analizi.....	46
4.4. İstanbul Metrobüs Sisteminde Kapasite Artışı İçin Öneriler	47
4.4.1. Grup kalkışları yapılması	47
4.4.2. Hat boyunca grubun birbirini takip etmesi	48
4.4.3. Yolcu hareketlerinin düzenlenmesi.....	48
4.4.4. Hatların düzenlenmesi.....	49
4.4.5. Şoför ve araç hareketlerinin düzenlenmesi	49
4.5. Önerilen Modelin Simülasyonu.....	49
4.6. Kapasite Dengeleme ve Matematiksel Modeli.....	56
4.7. Matematiksel Model Sonuçlarının Simülasyon Yoluyla Doğrulanması	57
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKÇA	64
EKLER.....	66

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 1: Metrobüs ana bileşenlerinin sistem performansı kriterleri. [1]	4
Tablo 2: Hizmet Düzeyi Hesaplama Tablosu [2].....	7
Tablo 3: Metrobüs AUS entegrasyonu. [2]	11
Tablo 4: Yolcu bakış açısı ile performans göstergeleri [9]	15
Tablo 5: İşletmeci bakış açısı ile performans göstergeleri [9]	16
Tablo 6: Ulaştırma Komisyonu bakış açısı ile performans göstergeleri [9]	16
Tablo 7: Metrobüs güzergahları ve özellikleri. [17]	23
Tablo 8: Araç özellikleri tablosu. [20]	25
Tablo 9: 2016 yılına ait aylık Metrobüs yolculuk verileri.	26
Tablo 10: Metrobüs hattı, her bir güzergahın ortalama hız verisi.....	29
Tablo 10 (devamı): Metrobüs hattı her bir güzergahın ortalama hız verisi.....	30
Tablo 11: Hattı bağı olarak, istasyonlar arası örnek seyahat süresi tablosu.....	31
Tablo 12: Araçların istasyonlarda ortalama bekleme süreleri.....	33
Tablo 13: İstasyonların koordinat verileri.....	35
Tablo 14: Her bir hatta çalışan araç sayıları.....	36
Tablo 15: Hat detay bilgileri.....	38
Tablo 16: Güzergahların sefer frekansları.....	39
Tablo 17: En yoğun istasyonlar tablosu.....	43
Tablo 18: Hat bilgileri	50
Tablo 19: En yoğun kesimler	53
Tablo 20: Modelin belirlediği frekans değerleri	57
Tablo 21: En yoğun kesimler	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1: Hizmet Düzeyi A [2]	5
Şekil 2: Hizmet Düzeyi B [2]	6
Şekil 3: Hizmet Düzeyi C [2]	6
Şekil 4: Hizmet Düzeyi D [2]	6
Şekil 5: Hizmet Düzeyi E [2]	6
Şekil 6: Hizmet Düzeyi F [2]	7
Şekil 7: Öneri üst geçit ve turnike yapısı [4]	8
Şekil 8: Akıllı Ulaşım Sisteminde Kullanılan Bağlantı, Standard ve Uygulamalar [12]	18
Şekil 9 : Araç Araç haberleşmesi. [13]	19
Şekil 10: 3, 6 ve 15 metrelik boşluklarda araçların Aero dinamik gösterimi [14]	19
Şekil 11: Boşluk boyutuna göre her araç için kaydedilen yakıt yüzdesinin grafiği [14]	20
Şekil 12: Metrobüs hatları şema gösterimi [17]	24
Şekil 13: Metrobüs yolculuk değerleri grafik gösterimi [18]	26
Şekil 14: Araçların istasyon dışında kalması sonucu yaşanan katarlanma problemi.	27
Şekil 15: Metrobüslerin yanaşmamasından dolayı son metrobüsün yolcu alamaması.	28
Şekil 16: Yolcuların araçlara biniş sürelerinin hesaplanması	32
Şekil 17: Araçların istasyonlarda bekleme sürelerinin hesaplanması	33
Şekil 18: Metrobüs güzergah verisinin Visum' a çizilmesi.	37
Şekil 19: Metrobüs güzergahları	38
Şekil 20: 34 Numaralı güzergahın Visuma girilmesi.	38
Şekil 21: O-D Matrislerinin Visum' a aktarılması.	39
Şekil 22: Avcılar-Zincirlikuyu arasında seferlerin oluşturulması (Tablo olarak).	40
Şekil 23: Avcılar-Zincirlikuyu arasında seferlerin oluşturulması (Grafik, ORER çizgileri)	40
Şekil 24: Tüm metrobüs hattının seferlerinin grafik olarak gösterimi	41
Şekil 25: Atama sonucu Metrobüs ağ yapısı.	42
Şekil 26: Söğütluçeşme - Fikirtepe arası yoğunluk analizi ekranı.	43
Şekil 27: Hattın en yoğun kesimi	45
Şekil 28: Beylikdüzü yönünden Söğütluçeşme yönüne kapasite yük oranları	45

Şekil 29: Söğütlüçeşme yönünden Beylikdüzü yönüne kapasite yük oranları	46
Şekil 30: 34A ve 34C hatlarının Visum' da seferlerinin oluşturulması	50
Şekil 31: Oluşturulan seferlerin grafiği	51
Şekil 32: Atama sonucunda oluşan network yapısı	51
Şekil 33: Zincirlikuyu - Boğaziçi kesimi sonuçlar	52
Şekil 34: Hacim kapasite oranı %90' ın üzerinde olan kesimler	54
Şekil 35: %93' lük kesimin yolculuk değerleri	54
Şekil 36: Beylikdüzü yönünden Söğütlüçeşme yönüne yük kapasite oranları	55
Şekil 37: Söğütlüçeşme yönünden Beylikdüzü yönüne yük kapasite oranları	55
Şekil 38: Oluşturulan seferlerin grafiği	58
Şekil 39: Atama sonucunda oluşan network yapısı	58
Şekil 40: Hacim kapasite oranı %90' ın üzerinde olan kesimler	60
Şekil 41: Beylikdüzü yönünden Söğütlüçeşme yönüne yük kapasite oranları	60
Şekil 42: Söğütlüçeşme yönünden Beylikdüzü yönüne yük kapasite oranları	61

KISALTMALAR

DSRC : Dedicated short-range communications

İBB : İstanbul Büyük Şehir Belediyesi

İETT : İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel

V2V : Vehicle to Vehicle

AVL : Automated Vehicle Location

B-S : Başlangıç - Sonuç

O-D : Origin – Destination

AVL : Automated Vehicle Location

GPS : Global Positioning System

AUS : Akıllı Ulaşım Sistemleri

URL : Uniform Resource Locator

CCTV: Close Circuit TeleVision

TCRP : Transportation Research Board

BRT : Bus Rapid Transit

ITS : Intelligent Transportation System

1. GİRİŞ

İstanbul'da toplu taşımada kapasite, hız ve performans bakımından diğer ulaşım modlarına iyi bir alternatif oluşturan Metrobüs sisteminde, artan kapasite ihtiyacı çeşitli iyileştirmelerin yapılması ihtiyacını doğurmuştur.

İstanbul ilinde uygulamada olan Metrobüs hattında, duraklarda bekleyen yolcular durağa yaklaşan araçlardaki yolcu sayılarını bilmediklerinden gelen ilk araca binmeye çalışmakta, bu durum aşırı izdihama yol açmaktadır. Metrobüs araçları sık aralıklarla sefer yaptıklarından istasyonda bekleyen aracın hemen arkasından daha boş bir araç gelmesine rağmen yolcular bu durumdan haberdar olmadıkları için durağa gelen ilk araca binmeye çalışmaktadır. İstasyonda bekleyen ilk araç ise yolcu alım işlemi için çok fazla vakit kaybetmekte ve yoğun yolcu ile bir sonraki istasyonda da durarak kapasitesinin üstünde yolcu almaya çalışmakta ve işletme hızını yavaşlatmaktadır. Ayrıca arkadan gelen bir sonraki araç istasyonda bekleyen aracın hemen arkasında beklemek durumunda kalmaktadır. Bazı durumlarda bu husus 4-5 araçta görülebilmektedir ve istasyonun büyüklüğüne bağlı olarak 4. 5. ve 6. araçların istasyon dışında beklemelerine sebep olmaktadır. Bu husus araçlarda katarlanma problemi olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışmada, katarlanma probleminin önlenmesi, metrobüs işletme planının geliştirilmesi için senaryolar önerilmiştir. Senaryoların değerlendirilmesi için Söğütluçeşme - Beylikdüzü arasında çalışan Metrobüs hattının mevcut durumdaki hacim/kapasite oranları hesaplanmış ve önerilen sistemin sonuçlarının karşılaştırılması sağlanmıştır.

Çalışmada, uygulama bölümünde kullanılacak olan simülasyon uygulamalarının kullanımı ve karar kriterlerinden sistem performansına kadar özellikleri incelenmiştir.

Çalışmanın 2. Bölümünde, dünya genelinde bir metrobüs sisteminin nasıl işletildiği incelenmiş ve sistemin istasyon, platform alanları, araçlar, turnikeler, işletim planları ve yolcu bilgilendirme sistemleri gibi alt parametrelerinde detaylı analizler

yapılmıştır. Sonrasında bahsi geçen bu birimlerin akıllandırılması amacıyla AUS – BRT entegrasyonu üzerine iyi uygulama örnekleri araştırılmıştır.

3. Bölümde İstanbul'daki Metrobüs hattının incelemesi yapılmıştır. Bu bölümde metrobüs hattı hakkında genel bilgiler verildikten sonra hat üzerinde yaşanan ve tezin konusu olan katarlanma probleminden bahsedilmiştir. Yaşanan bu olumsuz durum fotoğraflar ile gösterilerek yoğun saatlerdeki kaosu en büyük sebebinin katarlanma problemi olduğu üzerinde durulmuştur.

4. Bölümde metrobüs hattının simüle edilmesi üzerine çalışılmıştır. Öncelikle simülasyona karar kriterleri olarak girecek olan tüm veriler iç ve dış kaynaklardan toplanmıştır. Sonrasında birebir uyacak şekilde metrobüs hattı simülasyon uygulamasına çizilerek, toplanan veriler çerçevesinde hat üzerinden araçların hareket ettirilmesi sağlanmıştır. Simülasyonun çalıştırılması ve sonuçların alınmasıyla sistemin patlayan noktaları tespit edilerek çözüm önerileri araştırılmıştır. Bu süreçte, akademik literatürdeki benzer çalışmalar incelenerek, çalışmamıza yardımcı olabilecek kaynaklar toplanmıştır. Bu kaynaklar araştırılarak şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalarla, hazırlamış olduğumuz çalışma arasındaki farklılıklar ortaya konulmuş; böylece, çalışmanın özgünlüğü de belirtilmiştir. Diğer çalışmalarla en önemli farklılığın, metrobüs hattında gerçek veriler sonucunda bir simülasyon kullanılarak analiz yapılmadığı hususudur.

Çalışma temel amacı olan katarlanma problemine yönelik çözüm önerisine de 4. bölümde değinilmiştir. Mevcut durum analizinde elde edilen % 125'lik hacmi karşılamaya yönelik olarak kapasite artırıcı 2 farklı senaryoya bu bölümde oluşturulmuştur. İlk senaryo olarak, 8 farklı metrobüs hattı yerine 2 farklı hat kullanılması, araçların istasyonlarda bekleme sürelerinin azaltılmasına yönelik olarak kılavuz çizgilerinin belirlenmesi ve araçların takip mesafesini koruyarak 3'lü setler halinde tren vagonları şeklinde müfrezeleme yaparak hareket etmesi önerilmiştir. Bunun dışında kapasite ile yük arasındaki farkı minimize etmeye yönelik olarak bir matematiksel model oluşturulmuştur. Modelin önerdiği frekans değerleri Visum simülasyon programına girilmiş ve araç dolaşımları incelenmiştir. Bu verilerle simülasyon programından elde edilen sonuçlara göre tüm istasyonlarda hacim/kapasite oranlarının 1'in altına düştüğü görülmüştür. Böylece önerilen 2 senaryonun metrobüs hattı için uygun çalışma yöntemi olduğu kabul edilmiştir.

Bu çalışmada önerilen sistemlerde en az maliyet gerektirecek değişikliklerin yapılmasına çalışılmıştır. Ayrıca, bu çalışma yeni kurulacak olan metrobüs sistemlerinde de sistemin planlanması, işletilmesi ve yeni ulaşım yatırımlarının karar aşamalarında kullanılacak ulaşım modelleri için yardımcı nitelikte bir çalışma olması amacıyla hazırlanmıştır.



2. METROBÜS HATTI VE İŞLETMESİ

2.1. Metrobüs Sistemi Bileşenleri

Metrobüs, ana arterlerdeki trafik yoğunluğunu azaltıp, yolcuların trafiğe takılmadan daha hızlı, daha konforlu, daha ekonomik seyahat etmeleri amacıyla kurulan çevreye duyarlı ulaşım sistemidir. Metrobüs sisteminin ana bileşenlerinin performans kriterleri tablo 1’ deki gibidir. Metrobüs sistemi temel elemanları aşağıdaki gibidir:

Tablo 1: Metrobüs ana bileşenlerinin sistem performansı kriterleri. [1]

METROBÜS ANA BİLEŞENLERİ	SİSTEM PERFORMANSI	SİSTEM FAYDALARI
Araç	Yolculuk Süresi Kısalması	Cevresel Kalite
Araç Yolları	Güvenlik-Emniyet	İşletim Verimliliği
İstasyon-Duraklar	Güvenilirlik	Yatırım-Maliyet Etkinliği
Ücret Toplama Sistemleri	Kapasite	Toplu Taşıma Destekli Arazi Kullanımı
Akıllı Ulaşım Sistemleri	Erişebilirlik	Yolcu Sayısı
Servis ve İşletim Planı		Markalaşma ve Sistem Kimliği
Markalaşma Elemanları		

2.1.1. İstasyonlar

Metrobüs terminalleri ve istasyonları bir Metrobüs sisteminin performansını tanımlamada anahtar rol oynar. İyi bir istasyon yapısı şu özellikleri barındırmalıdır:

- Yeni yolcular çekmeli.
- Görünürlüğü desteklemeli ve sistemin markalaşmasını kolaylaştırmalı.
- Hava şartlarından korunacak barınak sağlamalı.
- Engelli insanlar da dahil olmak üzere herkes için emniyetli erişim sağlamalı.
- Sistem haritaları ve gerçek zamanlı varış bilgileri dahil olmak üzere yolculara bilgi sağlamalı.
- CCTV kameraları, ortak adres sistemi, ortak ve güvenlik telefonları, aydınlatma ve çitler gibi unsurları da dahil ederek yolculara emniyetli ve güvenli bir ortam sunmalı.
- Yolcuların çoklu kapılardan binmesini sağlamalı.
- Belirlenmiş durma noktalarında kusursuz yanaşma sağlamalı.

- Platform yüksekliğini araç zemin yüksekliğine eşleyerek ve hassas yanaşmayı kullanarak eş düzey biniş sağlamalı.
- Yolcuların biniş öncesinde harici ücret ödeme ekipmanını kullanarak ücretlerini ödemelerini sağlamalı. [2]

2.1.2. Platform alanları

İstasyonlardaki yoğunlukları dengelemek ve yolcu ile metrobüs arasındaki bağlantıyı sağlayabilmek adına büyük önem arz eden platform alanları aşağıdaki niteliklere sahip olmalıdır:

- Yayaların etkili akışı
- Bankları, hava koşullarından korunma vs. gibi yolcu olanakları
- Metrobüs araç kapı yapılandırmasına uygunluk
- Aracın içinden görülebilen terminal ismi
- Ücret toplama ve kontrol sistemleri

Platformun toplam alanı büyük ölçüde beklenen yolcu sayısının bir fonksiyonudur. Çok küçük olan istasyonlar bekleme süresini önemli derecede arttırabilir ve yolcuların terminal/durağın dışında yedekleme yapmasına neden olabilir.

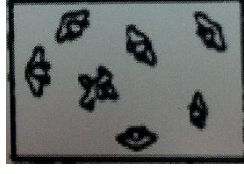
Ek olarak yolcu sirkülasyonu ve yolcu beklemeleri için gerekli olan alan da önem taşımaktadır. Yolcu bekleme alanı, herhangi bir araç için beklemesi öngörülen maksimum yolcu sayısını ve ilave olarak inen yolcular ile diğerlerinin sirkülasyonu için yeterli bir alanı barındıracak yeterli büyüklükte olmalıdır. Transit Hizmet Kapasitesi ve Kalitesi El kitabı aşağıdaki çizelgeyi geliştirmiştir. Bu çizelge, yolcu sirkülasyonuna ilişkin hizmet düzeylerini grafiksel olarak gösterir ve her bir hizmet düzeyi için gerekli olan alanı tahmin eder. [2]

Hizmet Düzeyi A: Kuyruktaki diğerlerinin rahatsız etmeden, Kuyruğa girme alanı yoluyla mümkün olan, durmak ve serbest sirkülasyon.



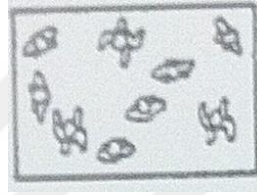
Şekil 1: Hizmet Düzeyi A [2]

Hizmet Düzeyi B: Kuyruktaki diğerlerini rahatsız etmeyi önlemek için durmak ve kısmen kısıtlanmış sirkülasyon mümkündür.



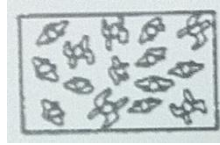
Şekil 2: Hizmet Düzeyi B [2]

Hizmet Düzeyi C: Diğerlerini rahatsız ederek kuyruğa girme alanı yoluyla durmak ve kısıtlı sirkülasyon mümkündür. Bu yoğunluk kişisel konfor aralığı içerisinde.



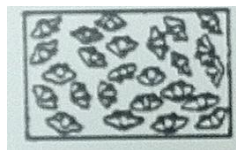
Şekil 3: Hizmet Düzeyi C [2]

Hizmet Düzeyi D: Temas etmeden durmak mümkün değildir. Sirkülasyon kuyruk içerisinde ciddi bir şekilde kısıtlıdır ve ileri hareket ancak grup olarak mümkündür; bu yoğunlukta uzun süre bekleme rahatsız edicidir.



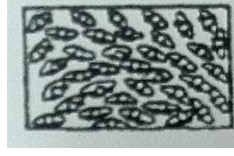
Şekil 4: Hizmet Düzeyi D [2]

Hizmet Düzeyi E: Diğerleri ile fiziksel temas ederek durmak kaçınılmazdır; kuyruk içerisinde sirkülasyon mümkün değildir; bu yoğunlukta kuyruğa girme ciddi bir rahatsızlık hissetmeden ancak kısa bir süre için devam ettirebilir.



Şekil 5: Hizmet Düzeyi E [2]

Hizmet Düzeyi F: Kuyruktaki herkes birbirleri ile adeta doğrudan fiziksel temas içerisinde durmaktadır. Bu yoğunluk çok rahatsız edicidir; Kuyrukta hareket etmek mümkün değildir; itme ve panik olasılığı mevcuttur.



Şekil 6: Hizmet Düzeyi F [2]

Hizmet düzeyinin hesaplanması için ortalama yaya alanı ile kişiler arasındaki aralığın bağıntısı Tablo 2’ de gösterilmiştir.

Tablo 2: Hizmet Düzeyi Hesaplama Tablosu [2]

LOS	Ortalama Yaya Alanı		Ortalama Kişiler Arası Aralık	
	(ft ² /p)	m ² /p	(ft)	(m)
A	≥13	≥1.2	≥4.0	≥1.2
B	10-13	0.9-1.2	3.5-4.0	1.1-1.2
C	7-10	0.7-0.9	3.0-3.5	0.9-1.1
D	3-7	0.3-0.7	2.0-3.0	0.6-0.9
E	2-3	0.2-0.3	<2.0	<0.6
F	<2	<0.2	Variable	Variable
Genelde, aşağıdaki formül terminal veya durak içerisindeki gerekli alanı belirlemeye yardımcı olur				
Alan=Pmax(Yolcu başına istenilen ayak kare)+Ainf				
Burada Pmax terminal/durağa belirli bir zamanda beklenen yolcuların maksimum sayısını ifade eder iken				
Ainf terminal/durak altyapısı için gerekli olan alandır				

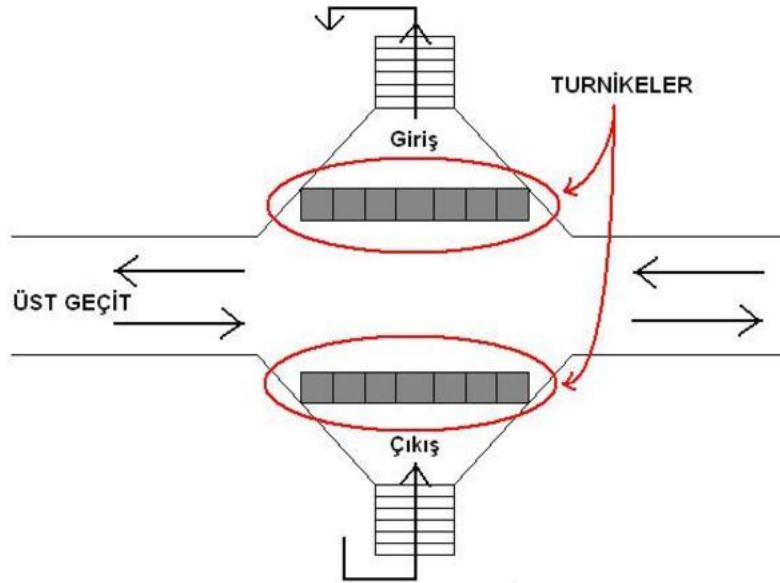
2.1.3. Araçlar

Araçlar hız, kapasite, çevre ile uyumluluk ve konfor üzerinde doğrudan etkilidirler. Araçlar Metrobüs sisteminin görünen yüzü yani vitrininin duraklarla birlikte önemli bir parçasıdır ve sistemin kullanıcılar ve kullanıcı olmayanlar tarafından değerlendirilmesini sağlayan bileşenlerden biridir. Araçlar, sistemdeki kullanıcıların en çok zaman geçirdiği, yolcuların BRT sistemi ve performansı hakkındaki fikirlerinin şekillenmesinde etkili olan etmenlerden de biridir. Kısacası araçlar, sistemin en çok göz önünde olan kısmıdır. [3]

Taşıtlar; hız, kapasite, çevre ile uyumluluk ve konfor üzerinde doğrudan etkilidir. Taşıt özellikleri arasında taşıt konfigürasyonu, estetik görünüm, yolcu sirkülasyonu ve çekim sistemi sayılabilir. Taşıta biniş ve inişin seri olması için, taşıt uzunluğuna oranla daha fazla kapı ve daha az oturma yeri olan düşük döşemeli taşıtlar; emisyonları azaltmak için, kükürt oranı düşük yakıt ile çalışan dizel veya sıkıştırılmış doğal gaz ile çalışan içten yanmalı motorlar; yakıt tasarrufu ile birlikte emisyon kontrolünü sağlamak için, hibrit-elektrikli çekim taşıtları kullanılmaktadır. [4]

2.1.4. Turnikeler

Peronlara giriş ve çıkışların aynı turnikelerden yapılması, yolcu akışını olumsuz etkilemektedir. Bu durum turnikelerin önünde kuyruklanmalara ve tıkanmalara yol açmaktadır. Yolcu akışkanlığını arttırmak için giriş ve çıkış turnikelerinin birbirinden ayrılması gerekmektedir. Bunun için en uygun yerleşim turnikeleri geçitlerde konumlandırmaktır. Geçit üzerinde uygun sayıda turnike koyulabilecek bir yapı rahatlıkla oluşturulabilir. Örnek bir turnike yapısı Şekil 7’de gösterilmiştir. [4]



Şekil 7: Öneri üst geçit ve turnike yapısı [4]

2.1.5. İşletim planları

Hizmet ve işletim planının tasarımı yolcunun hizmeti algılamasını ve değerlendirmesini etkiler. Metrobüs hizmeti; sık, kolay erişilebilir, kolay anlaşılır, konforlu, güvenilir, işletim olarak etkin ve hepsinden önemlisi hızlı olmalıdır. Hizmet ve işletim planının özellikleri, hat (güzergah) uzunluğu, hat yapısı, hizmet süreleri, hizmet sıklığı, istasyon aralığı, çizelge kontrol yöntemleri bağlamında tanımlanabilir. Sık hizmet bekleme sürelerini ve istasyonlar arası mesafelerin uzun olması yolculuk sürelerini kısaltır. [4]

2.1.6. Komuta kontrol merkezi

Metrobüs aksının birlikte izlenip kontrol edilebildiği bir merkezdir. Araç takip, filo yönetimi ve yolcu bilgilendirme sistemlerini etkin hale getirmek amacıyla kullanılmaktadır.

Metrobüs Kontrol Merkezinin Faydaları:

- Tüm hattı ve hattaki tüm araçları aynı anda görme olanağı sağlar.
- Kriz anlarında yönetimini kolaylaştıran etkin bir merkezdir.
- Bir noktada oluşabilecek arıza veya aksaklık durumunda hattın tümünü dengeleyebilme kolaylığı sağlar.
- Hat üzerindeki araçlar ile iletişime geçilerek, araçlara istasyonlara gelmeden haber gönderilebilir.
- Sahadaki yönetimde amir sadece bulunduğu noktayı görebilir ve o noktayı kurtarmak için bir çaba sarf eder, fakat komuta kontrol merkezi ile amir tüm hattı görerek her noktayı kurtarabilecek stratejiler üretebilir.
- İstasyonlarda yolculara bilgilendirme anonsları yapılarak bekleyen yolculara bilgilendirme sağlar.

2.1.7. Yolcu bilgilendirme sistemi

Yolcu bilgilendirme, bilhassa transit hizmetine ilişkin bilgiler, seyahat yapmadan önce, seyahat sırasında ve seyahatin tamamlanmasının ardından ihtiyaç duyulan bilgiler dahil olmak üzere birçok biçim alır. ITS aracılığıyla, kaliteli transit hizmet bilgilerinde en son ve en değerli gelişme, önceden belirlenen ve teorik tarife

zamanlarının gerçek zamanla değiştirildiği ve gerçek varış ve kalkış zamanlarını etkileyen gecikmeleri ve diğer değişkenleri hesaba katan gerçek zamanlı bilgiler olmuştur. Gerçek zamanlı bilgiler, bir transit aracın uydu bazlı GPS ya da yol kenarı sensörler gibi teknolojilerden alınan veriler sayesinde belirli bir lokasyona ne zaman varacağını doğru bir şekilde öngörebilen algoritmalar tarafından oluşturulur. Bu daha sonra bu bilgileri hizmetin kullanıcılarına ileten otomatik sinyaller ile kombine edilir. Çoğu BRT hizmeti ve genel olarak transit sistemleri artık, bu kısımda tarif edilen elemanların çoğunu ya da tamamını bir araya getiren tam olarak entegre bir ITS sistemi yoluyla gerçek zamanlı transit hizmet bilgileri sağlamaktadır. Bu sistemlerin bir parçası olan yolcu bilgi hizmetleri aşağıdakileri içerir:

- İstasyonlardaki “sonraki otobüs” varış ekranları
- Araçlardaki “sonraki durak” ekranları ve otomatik durak uyarı cihazları
- Çevirim içi bilgi kaynakları
- Etkileşimli sesli yanıt (IVR) sistemi
- Etkileşimli otomatik seyahat planlayıcıları

İyi, doğru ve kullanımı kolay transit hizmeti, potansiyel transit yolcusunun transiti kullanıp kullanmama konusundaki kararındaki en önemli faktörlerden biridir. İyi bilgilendirmenin sistemi kullanmada yüksek güven ve konfor yaratmada ve seyahatin nispeten stressiz geçeceği ve planlandığı gibi olacağı konusunda emin olmada katkısı çoktur. [6]

Gerçek zamanlı bilginin ortaya çıkışı hizmet bilgisini çok daha yüksek bir düzeye getirir, öyle ki gecikme ve güvenilirlik sorunları hesaba katılır ve bilgiler çok doğru olur (ya da en azından olmalıdır). Sonuç olarak, yolcuların konforu sayesinde güven seviyesi büyük ölçüde artacak ve daha fazla insanın hizmeti kullanması olası olacaktır. Bu nedenle birçok sistemde, yolcular yapılan incelemelerde gerçek zamanlı bilgileri hizmeti kullanma kararlarında en yüksek faktörlerden biri olarak tanımlamışlardır. (Örneğin; York Region, Ontario’ daki Viva BRT hizmeti) [2]

2.2. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Metrobüs Sistemine Entegrasyonu

Akıllı Ulaşım Sistemleri ulaşımında çevresel etkileri azaltacak şekilde hareketliliği ve güvenliği arttırarak ulaşımı destekleyen gelişmiş bilgi ve iletişim teknoloji

uygulamaları olarak tanımlanabilir. Akıllı ulaşım sistemlerinden beklenen özellikler aşağıda tanımlanmıştır:

- Tam bağlı, bilgi yönünden zengin bir ortamı kullanıcılara sunarak, onların ulaşım sisteminin performansını takip edebilmelerini sağlamak,
- Kooperatif bir sistem geliştirerek, ortamdaki ani problemler (kaza gibi) ile ilgili bilgileri ortamı kullananlara anında ulaştırabilmek,
- Seyahat edenlerin seyahat seçenekleri ile ilgili detaylı ve doğru bilgiye ulaşmasını sağlamak,
- Sistem operatörlerinin her türlü ulaşım elemanı hakkında tam bilgiye sahip olmasını sağlamak,
- Her türlü aracın trafik sinyalleri ile haberleşerek gereksiz dur kalklara mağruz kalmaması ve daha enerji etkin yol almasını sağlamak,
- Araçların sistem ile etkileşerek seyahat halindeki ve sistem operatörlerine gerekli bilgileri aktarmasını sağlamak.

Metrobüs sisteminde AUS uygulamaları performans ve acil durum önlemleri açısından oldukça önemlidir. Tablo 3’ de seyir yolu, terminal, araç ve koridor dışında kullanılan AUS uygulamalarının neler olduğu gösterilmektedir. [2]

Tablo 3: Metrobüs AUS entegrasyonu. [2]

BRT/ITS Entegrasyon Matrisi		
	Müşteri	Operatör
Seyir Yolu	• Hassas yanaşma	• Transit sinyal önceliği • Şerit Kontrol Teknolojileri(aralıklı otobüs şeritleri) • Şerit yönlendirme • Otomatik Muhafaza
Terminal	• Yolcu Bilgileri(araç içi, terminalde, çevrimiçi) • Ücret toplama(terminalde, araç içi) • Gözetim/CCTV/Güvenlik sistemleri • Hassas yanaşma • Yolcu Wi-Fi • Ticari yolcu bilgileri/Reklam(örnek;Transit TV)	• Gözetim/CCTV/Güvenlik sistemleri • Şerit yönlendirme

Tablo 3 (devamı)

Araç	• Yolcu Bilgileri(araç içi, terminalde, çevrimiçi) • Ücret toplama(terminalde, araç içi) • Gözetim/CCTV/Güvenlik sistemleri • Hassas yanaşma • Yolcu Wi-Fi • Ticari yolcu bilgileri/Reklam(örnek;Transit TV)	• Transit sinyal önceliği • Şerit Kontrol Teknolojileri(aralıklı otobüs şeritleri) • Otomatik yolcu sayaçları • Otomatik araç yer bulma/kontrol • Gözetim/CCTV/Güvenlik sistemleri • Panik düğmesi/acil durum düdahilesi • Bilgisayar destekli dağıtım • Filo yönetimi/gözlemleme • Çarpışm önleme sistemleri • Otomatik muhafaza
Koridor Dışı	• Gerçek zamanlı yolcu bilgileri(araç içi, terminalde, çevrimiçi)	• Transit sinyal önceliği • Otomatik yolcu sayaçları • Otomatik araç yer bulma/kontrol • Ücret Toplama(Terminalde, araç içi) • Gözetim/CCTV/Güvenlik sistemleri • Panik düğmesi/acil durum düdahilesi • Bilgisayar destekli dağıtım • Filo yönetimi/gözlemleme • Performans Gözlemleme/Arşivleme/Veri Didikleme

2.3. O-D (B-S) Matris Tahmin Yöntemi

Son yıllarda gelişmeye başlayan otomatik ücretlendirme sistemlerinden B-S (Başlangıç-Son) matrisi elde etme çalışmaları ilk olarak 1980 yılında Bay Area Rapid Transit (BART) tarafından yapılmıştır. 1984 yılında Buneman, sadece raylı sistemleri içeren kapalı bir toplu taşıma sisteminin performans ölçümü için bir çalışma yapmıştır. Söz konusu sistemde giriş ve çıkışlarda kart okutulduğu için, B-S matrisi sistem genelinde zaten elde edilmiş olmaktadır. İlerleyen yıllarda, Chicago Transit Authority (Url-3) ve New York City Transit (Url-4) tarafından, açık sistemler için B-S matrisi belirlemek üzere uygulama geliştirme çalışmalarına başlanmıştır. CTA ve NYCT tarafından yapılan çalışmalar başlangıçta raylı sistem tabanlı çalışmalardı. Sonrasında bu kurumlar, otobüslerden gelen verileri de sağlıklı bir şekilde kullanmak üzere, toplu taşıma araçlarında “Araç Takip Sistemlerini” (Automated Vehicle Location – AVL) yaygınlaştırarak, düşük hata oranlarıyla B-S matrisi üretmeye başlamışlardır. Bu sistemlere ilişkin verileri kullanarak, bir otobüs hattı için uygulama geliştirme çalışmaları yapılmıştır. [7]

Her GPS verisi için en yakın otobüs durağını belirlemek üzere, enlem/boylam (latitude/longitude) formatındaki durak koordinatları ile GPS verileri birleştirilmiştir.

Zaman bazlı olarak belirli bir otobüse binmek suretiyle sisteme giriş yapan her yolcu verisi, en yakın otobüs durağı ile ilişkilendirilerek; söz konusu veri-tabanlarının birleştirilmesi ile her kullanıcı için biniş yapılan bölgeler belirlenmiştir.

Chicago Transit Agency tarafından geliştirilen sonuçlandırma teknikleri kullanılarak (Zincirleme Yolculuk Metodu), her yolculuk başlangıç noktası için varış zonları belirlenmiştir. Her yolculuk başlangıcı, bir önceki yolculuğun bitiş noktası olarak seçilecektir. Günün son yolculuğuna ait bitiş noktası, günün ilk yolculuğuna ait başlangıç noktası olarak belirlenecektir. Aktarmalar dikkate alınmayacaktır.

Böylelikle her yolculuğa ilişkin başlangıç ve bitiş ikilileri hazırlanmış olup yolculuk matrisine geçilebilmektedir. Sonrasında ise tüm yolculuk toplamaları dikkate alınarak ağırlıklandırma işlemi uygulanarak, kent genelinde toplu taşıma B-S matrisine ilişkin tahmin çalışmaları tamamlanmaktadır.

2.4. Simülasyon Yazılımları

Simülasyon gerçek sistemin modelinin tasarlanması ve bu model ile sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi sürecidir. [8]

Simülasyonun en önemli avantajı doğru kullanıldığı zaman maliyet ve zaman tasarrufu sağlamasıdır. En önemli dezavantajı ise modelleyen sınırlarını çizdiği bir sistem olmasıdır. Bütün her şeye rağmen, son yıllarda gelişen bilgisayar, bilgisayar dilleri ve dolayısıyla paket benzetim programları ile özellikle üretim sektöründe karlılığı arttırması simülasyonun önemini arttırmaktadır. Benzer şekilde ulaştırma alanında da kullanılmak üzere birçok simülasyon yazılımı geliştirilmiştir.

2.4.1. Visum

Ücretli bir program olan Visum programı ağ ve talep modellemesi, beklenen trafik akımının analizi, toplu taşıma servislerinin planlanması, ulaşım stratejilerinin ve çözümlerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan bir yazılımdır. [9]

2.4.1.1. Uygulama alanları

- Arazi kullanım verileri için temel veri platformu
 - Nüfus ve çalışan sayılarını içeren zonlar
 - Çekim noktalarının yerlerinin belirlenmesi
- Metropolitan yoğunluklarının analizi
 - Her planlama zonunda toplu taşıma hizmetinin götürüleceği yerlerin belirlenmesi için hektar başına nüfus ve çalışan sayılarının belirlenmesi
- Koridor analizleri
 - Bağlantılar (links) ile metropolitan faaliyetlerini kesiştirerek belirli bir koridor içerisindeki, örneğin 300 m genişlikte, yaşayan ve çalışan sayısını belirlemek
- Durak hizmet alanları
 - Hizmet eksikliklerinin ve hizmet alanının belirlenmesi

2.4.1.2. Talep matris analizi

- B-S (O-D) İlişkilerinin Hacim ve Yapısı
 - Her bir zon için toplam hacmi gösterir
 - Toplam matrisine dayalı seçili ilişkilerin hacimlerini göstererek matrisin yapısal analizi
- Potansiyel Koridorların Hacimlerinin Belirlenmesi
 - Toplam veya seçili modlara talebin en kısa yol atamasıyla atanarak istenen güzergahların belirlenmesi

2.4.1.3. Güzergah ve ağ planlama

- Temel bir ağ oluşturulması
 - Durakların belirlenmesi, bağlantıların oluşturulması (çalıştırma süreleri dahil)
- Güzergahların etkileşimli modifikasyonu
 - Hatların uzatılması / kısaltılması, güzergahın düzeltilmesi (durak aralıkları), hatların birleştirilmesi,...
- Bilgisayar destekli güzergah tasarımı
 - Hat ağı, talep matrisi ve özel araçlara dayalı tasarım
- Seferlerin tanımlanması ve hareket cetvelinin oluşturulması

- Çizelge ve grafik formda gösterim
- Hatların kapasitelerinin belirlenmesi için araç türü atamalarının yapılması

2.4.1.4. Güzergah ve ağ analizi

- Atama sonuçlarının analizi
 - Örnek: durak, hat ve güzergah başına yolcu hacimleri
- Hacim-kapasite oranlarının gösterilmesi
 - Veya zirve saatlerde seyahat başına yolcu sayısı ile hizmet seviyesinin kontrol edilmesi
- Akım demetlerinin ve aktarmaların analizi
 - Hatların yeniden düzenlenmesiyle aktarmaların engellenebilirliğini kontrol eder

2.4.1.5. Gerekli taşıt sayısının tahmini

- Gerekli taşıt sayısı aşağıdakilere bağlıdır:
 - Taşıt büyüklüğü ve yolcu hacmi
 - Hareket çizelgesi, servis sayısı
 - Minimum duraklama gibi parametreler

2.4.1.6. Performans göstergeleri

Yolcu, işletmeci ve otoriteler açısından bakıldığında oluşan göstergelere, Visum yazılımında, belirtilen karar kriterlerine uygun olarak veri girişleri sağlanmakta ve sonuçlar alınmaktadır. Tablo 4,5 ve 6'da Visum yazılımının performans göstergeleri gösterilmiştir.

Tablo 4: Yolcu bakış açısı ile performans göstergeleri [9]

Bakış Açısı	Gösterge	VISUM'un Katkısı
İşletmeci	Güzergah boyunca oturan ve çalışan sayısı	Zonla ilgili bilgiye dayalı
	Beklenen yolcu hacmi	Talep matrisi, yolcu sayımı, atama sonucu
	Gereken servis sayısı	Beklenen yolcu hacmi, taşıt büyüklüğü
	Gereken taşıt sayısı ve tipi	Beklenen yolcu hacmi, servis sayısı, diğer parametreler
	Taşıtların klometresi, taşıtların saati	Hat mesafesi, çalışma saati, servis sayısı
	Operasyon Maliyeti	Temel olarak taşıt sayısı, taşıtların klometresi ve saatine dayalı
	Beklenen Gelir	Yolcu sayısı, ücretlendirme yapısı

Tablo 5: İşletmeci bakış açısı ile performans göstergeleri [9]

Bakış Açısı	Gösterge	VISUM'un Katkısı
Yolcu	Durağa uzaklık	Durak hizmet alanı
	İstasyonda bekleme süresi	Servis sıklığına dayalı
	Seyahat süresi	Servis sıklığı, çalışma süresi ve bekleme süresine dayalı
	Aktarma sayısı	Mevcut Güzargaha dayalı
	Mevcut yer, koltuk sayısı	Yolcu hacmi, servis sayısı ve taşıt büyüklüğüne dayalı
	Ücret	Ücret yapısına dayalı
	Mevcut bilgi	Hareket tablosu üzerinde ağ bilgisinin gösterilmesi

Tablo 6: Ulaştırma Komisyonu bakış açısı ile performans göstergeleri [9]

Bakış Açısı	Gösterge	VISUM'un Katkısı
Ulaştırma Komisyonu	Beklenen yolcu hacmi	Talep matrisi, yolcu sayısı, atama sonuçları
	Ücret sistemi	Duraklar arası zonlar veya uzaklıklar, bilet türü, zondan zona bilet ücreti veya mesafe başına bilet tipi ve ücreti
	Beklenen gelir	Bilet tipi, zon sayısı veya mesafe başına yolcu hacmi
	Optimal Ağ	Yolcu ve aktarma sayısı, yolcu başına maliyet
	Operasyon Maliyeti	Temel olarak taşıt sayısı, taşıt klometresi ve saatine dayalı
	Maliyetin karşılanması	Ücret sistemi ve operasyon maliyeti

2.4.1.7. Genel bakış

- Temel veri platformu ağ planlama aracı tarafından sağlanan veriler, grafikler ve tablolar genel olarak aşağıdaki görevler için kullanılmaktadır: [9]
 - Hizalama süreci
 - Durak ve istasyon tasarımı
 - Uygun taşıt türünün seçimi
 - Operasyon planlaması
 - Atölye ve depo gibi spesifik altyapı ihtiyaçlarının planlanması
 - Çevre planlaması
 - Maliyet gelir tahminleri, fayda kazanç analizleri
 - Uygulama planları

2.4.2. Anylogic

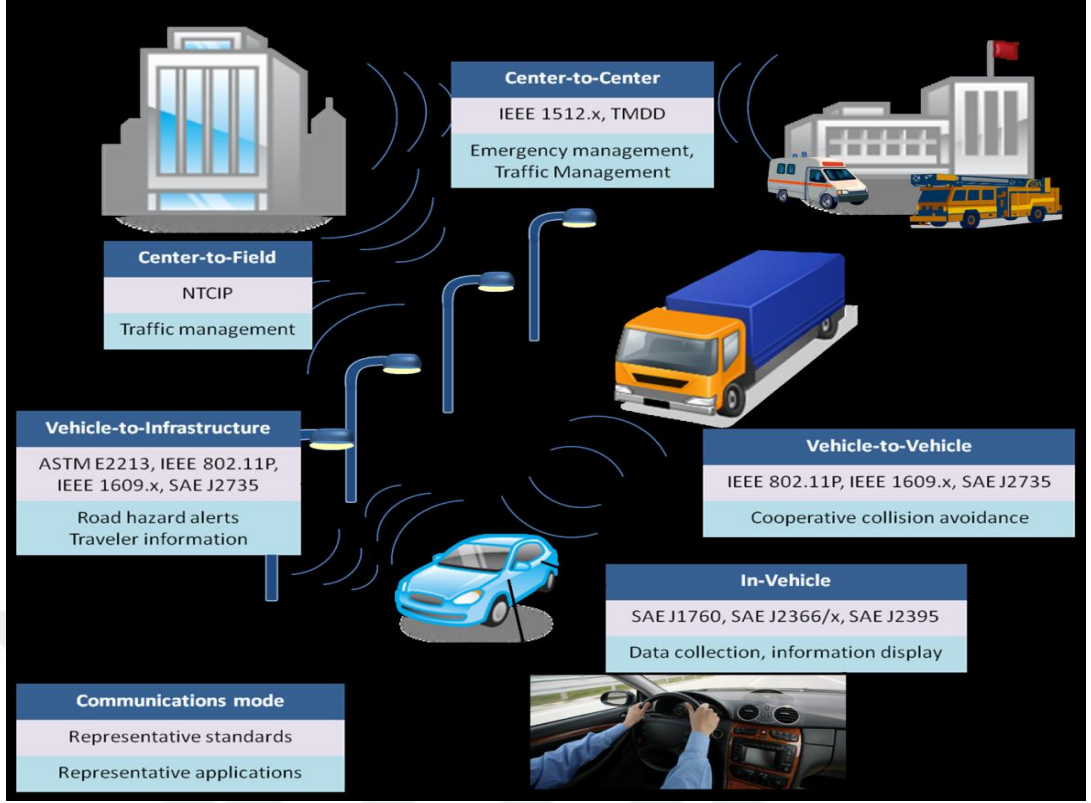
AnyLogic Professional, nesne tabanlı simülasyon programıdır. AnyLogic görsel geliştirme ortamı, önemli ölçüde geliştirme sürecini hızlandırır. Dahili nesne kütüphaneleri sayesinde, simülasyon elemanlarının tekrar inşası hızlıdır. Obje odaklı yapısıyla, tamamen yeniden kullanılabilir. IDE'lerde yaygın kullanımların Anylogic'e dönüştürülmesi görsel entegre gelişim ortamı ile kolay yapılır. Önceden oluşturulmuş nesne kütüphaneleri, uzmanların nasıl yaptığını gösterir. Bu nesneler rahatlıkla tekrar kullanılabilir.

Herhangi bir kombinasyonda, bir araç ile ajan tabanlı, sistem dinamiği, kesikli olay, sürekli ve dinamik sistem modelleri geliştirilebilir. AnyLogic, kesikli ve sürekli simülasyonlara, kesintisiz entegrasyon sağlar. Yerli Java ortamı ile özel Java kodu, dış kütüphaneler ve dış veri kaynakları dahil olmak üzere sınırsız genişletilebilirliği destekler. Kapsamlı bir istatistiksel dağılım fonksiyonu ile belirsiz tüm sistemlerde doğal simüle için bir platform sağlar. Güçlü deneysel çerçeve, yapıları Monte Carlo simülasyonları ve ileri optimizasyon formları simülasyon yaklaşımlarını destekler.

AnyLogic'in animasyon fonksiyonları, görsel açıdan zengin gelişime ve interaktif simülasyon ortamına izin vermektedir. Otomatik uygulama oluşturma ile kullanıcılar hızlı simülasyonlar oluşturabilmektedirler. (AnyLogic Professional 7.0.2 Multilingual) [10]

2.5. Taşıtlar Arası ve Taşıttan Altyapıya Haberleşme (V2X)

Akıllı Ulaşım Sistemleri(AUS); seyahat sürelerinin azaltılması, trafik güvenliğinin artırılması, mevcut yol kapasitelerinin optimum kullanımı, mobilitenin artırılması, enerji verimliliği sağlanarak ülke ekonomisine katkısı ve çevreye verilen zararın azaltılması gibi amaçlar doğrultusunda geliştirilen kullanıcı-arac-altyapı-merkez arasında çok yönlü veri alışverişi ile, izleme, ölçme, analiz ve kontrol içeren sistemlerdir. AUS, zamanın ve enerjinin verimsiz kullanımını azaltarak ülke ekonomisine, çevreye ve toplum sağlığına vb. faydalı çok amaçları olan komple bir sistemdir. IEA verilerine göre yakıtların harcanması neticesinde ortaya çıkan karbondioksit (CO₂) salınımının %25'i ulaştırma kaynaklıdır. Yapılan tahminlere göre bu oranın 2030 yılına kadar %50, 2050 yılına kadar %80 oranında artış göstermesi beklenmektedir. [11]



Şekil 8: Akıllı Ulaşım Sisteminde Kullanılan Bağlantı, Standard ve Uygulamalar [12]

Haberleşme teknolojisinin ilerlemesi, akıllı ulaşım sistemleri alanında da hızla gelişim göstermektedir. Taşıtlar arası haberleşme, kablosuz ağ teknolojilerinin bir modül olarak araçlara eklenmesi ile iletişim sağlanması ve buna bağlı olarak karar mekanizmasının oluşturulmasını sağlamaktadır.

Taşıtlar arası haberleşme teknolojisinin kullanımı ile birden fazla taşıtın aralarında sabit ve düşük (1 saniye veya daha az) takip zamanı bırakarak koordinasyon ve işbirliği içinde karayolunu kullanmalarına müfrezeleme (platooning) denir. Bu sistemi kullanarak, lider aracı konvoydaki diğer araçların uygun mesafeyi koruyarak takip etmesini sağlamak amaçlanmaktadır.

Müfrezelemeyi sağlamak için yüksek kestirim kabiliyeti olan teknolojiler ve donanımların kullanılması gerekmektedir. Taşıtlar arası mesafeyi ölçme ve ayarlamak için hava koşullarından etkilenmeyen Radar'lar kullanılmaktadır. Radarlar ile üretilen verinin müfrezelemeyi sağlayabilmek için araçlar arasında aktarımı

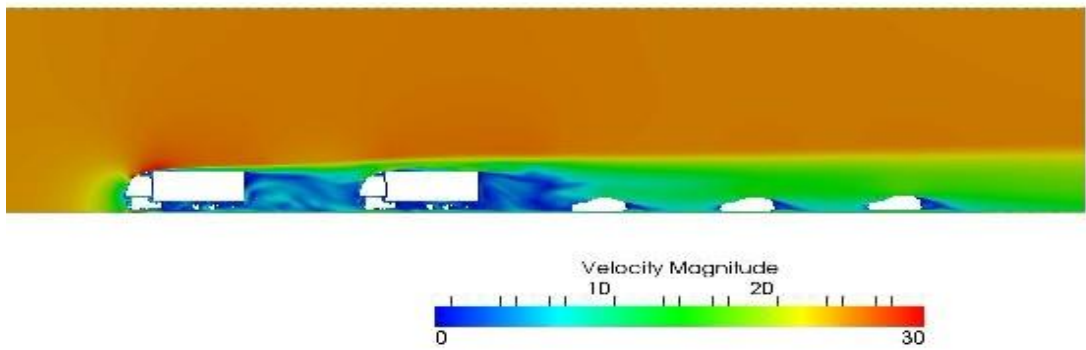
gerekmektedir. Müfrezedeki taşıtların grup içi koordinasyon ve bilgi akışı için kullandığı altyapı gerektirmeyen Wi-Fi temelli haberleşme modu V2V (Vehicle to Vehicle) olarak adlandırılmaktadır. Şekil 9’da örnek bir araç-arac haberleşmesi gösterilmektedir. [12]



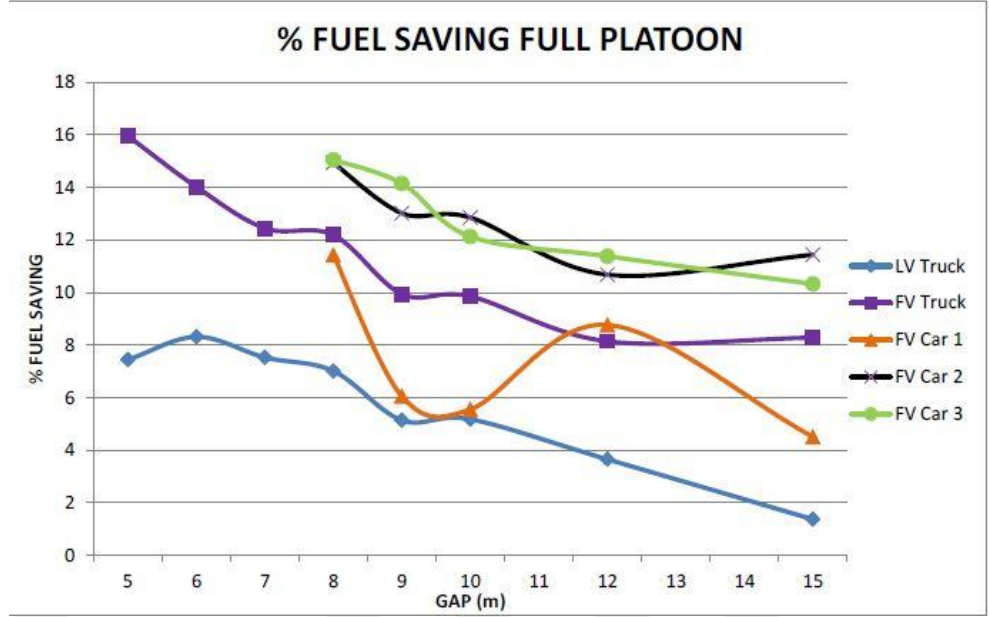
Şekil 9 : Araç Araç haberleşmesi. [13]

2.5.1. Müfrezelemenin faydaları

- Müfrezenin önündeki aracın açtığı aerodinamik koridordan faydalanmak ortalama % 10 oranında yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Araçlar arasındaki takip mesafesi, araçların boyutları, konvoydaki araç sayısı gibi değerler tasarruf oranının değişmesini sağlamaktadır. Buna bağlı olarak düşen yakıt sarfiyatı ve artan verimlilik ile atmosfere salınan egzoz gazlarında kayda değer azalma sağlanmaktadır. Şekil 10’da 2 tırın arkasında 3 otomobilin olduğu bir konvoyda araçlar arasındaki mesafe ile yakıt tasarrufu arasındaki oranın ilişkisi görülmektedir.



Şekil 10: 3, 6 ve 15 metrelik boşluklarda araçların Aero dinamik gösterimi [14]



Şekil 11: Boşluk boyutuna göre her araç için kaydedilen yakıt yüzdesinin grafiği [14]

- Müfrezeleme ile araçlar daha verimli ve koordineli olarak hareket edeceği için özellikle toplu taşıma alanında, taşıma kapasitesinin optimum kullanımını sağlamaktadır. Ayrıca müfrezenin minimal ve güvenli takip mesafesi ve koordineli hareketi nedeniyle karayolu üzerinde daha az yer kaplayarak taşımacılık yapabilmesi sağlanmaktadır. Araçların koordineli hareketi nedeniyle azalan taşıt bekleme süreleri (müfrezeler arası sabit takip zamanı) ve yolcuların müfreze içi taşıtlara paylaştırılması (ilk gelen tekil taşıta yığılmanın engellenmesi) sayesinde daha konforlu yolculuk olabilmektedir. [14]

3. İSTANBUL METROBÜS HATTI

3.1. Metrobüs Tarihçesi

İETT'nin İstanbul'un ana arterlerindeki trafik yoğunluğunu azaltmak, hızlı ve konforlu ulaşım sağlamak amacıyla işletmeye aldığı Metrobüs sistemi, ilk olarak Topkapı-Avcılar hattında hizmete başladı. Yapımına 2007 yılı başında başlanan 18,3 kilometrelik hat, sekiz ay gibi kısa sürede tamamlanarak 17 Eylül 2007'de açıldı. Metrobüsün ikinci etabı olan Zİncirlikuyu ayağı 8 Eylül 2008 Pazartesi günü yeni eğitim-öğretim yılı başında hizmete alındı. Hattın 77 gün gibi kısa sürede tamamlanmasıyla durak sayısı 25'e yükseldi.

Metrobüs hattının üçüncü etabı olan Söğütlüçeşme, 3 Mart 2009 tarihinde hizmete alınarak İstanbul'un iki yakası en kısa yoldan birbirine bağlandı. Hattın Avcılar-Beylikdüzü güzergâhının temeli 15 Mart 2011 günü törenle atıldı. Hattın resmi açılışı 19 Temmuz 2012 tarihinde gerçekleşti. Toplam uzunluğu 52 kilometreyi bulan 44 istasyonlu Beylikdüzü-Söğütlüçeşme metrobüs hattında yolculuk süresi 100 dakika ve günlük ortalama 870 bin yolcu taşınıyor.

Diğer ekspres yollara göre yüksek gelişme potansiyeli sergileyen, yatırım ve işletme maliyeti raylı sistemlere oranla oldukça düşük olan ve kurulumu çok daha kısa sürede tamamlanan Metrobüs sistemi seyahat süresini kısaltarak yolculara zamandan tasarruf sağlamaktadır. Sistemde çalışan düşük emisyonlu, yüksek teknolojiye araçlar, güvenlik ve konforu artırırken durağa sıfır yavaşlama özelliği, engelli yolcuların seyahatlerini kolaylaştırmaktadır.

144 yıllık tarihinde İstanbul'u pek çok ilke tanıştıran İETT, son olarak metrobüs sistemiyle ulaşımında büyük başarı sağladı. İşletmecilikte; geçmişin tecrübeleri üzerine inşa edilen bu başarı, İETT'nin gelecekteki vizyonunu belirlemede büyük rol oynayacaktır.

Kent içinde özel oto sahiplik oranının ve hareketlilik ihtiyacının artması, bu ihtiyacın otobüs sistemleri ile karşılanmaya çalışılması, trafik yoğunluğunun ve buna bağlı olarak sera gazı salınımlarının artmasına, yaşam kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Metrobüs, ana arterlerdeki trafik yoğunluğunu azaltıp, yolcuların trafiğe

takılmadan daha hızlı, daha konforlu, daha ekonomik seyahat etmeleri amacıyla kurulan çevreye duyarlı ulaşım sistemidir. [15]

3.2. Metrobüs İstasyonları

Metrobüs hattında 44 istasyon bulunmaktadır. İstasyonlar Metrobüs sistemi, kullanıcıları ve bölgedeki diğer toplu ulaşım sistemleri arasındaki önemli bir bağıdır. İstasyonlar, iyi bir düzeyde hizmetin sunulduğu ve Metrobüs sistemlerini diğer toplu taşıma sistemlerinden ayıran kimliğe sahip olup, Metrobüsü yerel çevre ile bütünleştirir ve yerel çevreyi geliştirir. Çünkü Metrobüs sistemleri yüksek talepteki koridorlarda hizmet vermektedir. Her bir Metrobüs istasyonunu kullanan kullanıcı sayısı, tipik bir otobüs hattını kullananlardan çok daha fazla olacaktır. [18] Dolayısıyla Metrobüs istasyonlarında sunulan hizmetler şu şekilde sıralanabilir: [16]

- Anons sistemi
- Yönlendirme levhası
- Bilgilendirme panosu
- Büfeler
- OSM (otomatik bilet satış makinesi)
- İade validatörleri
- Güvenlik
- Asansör
- Engelli platformu

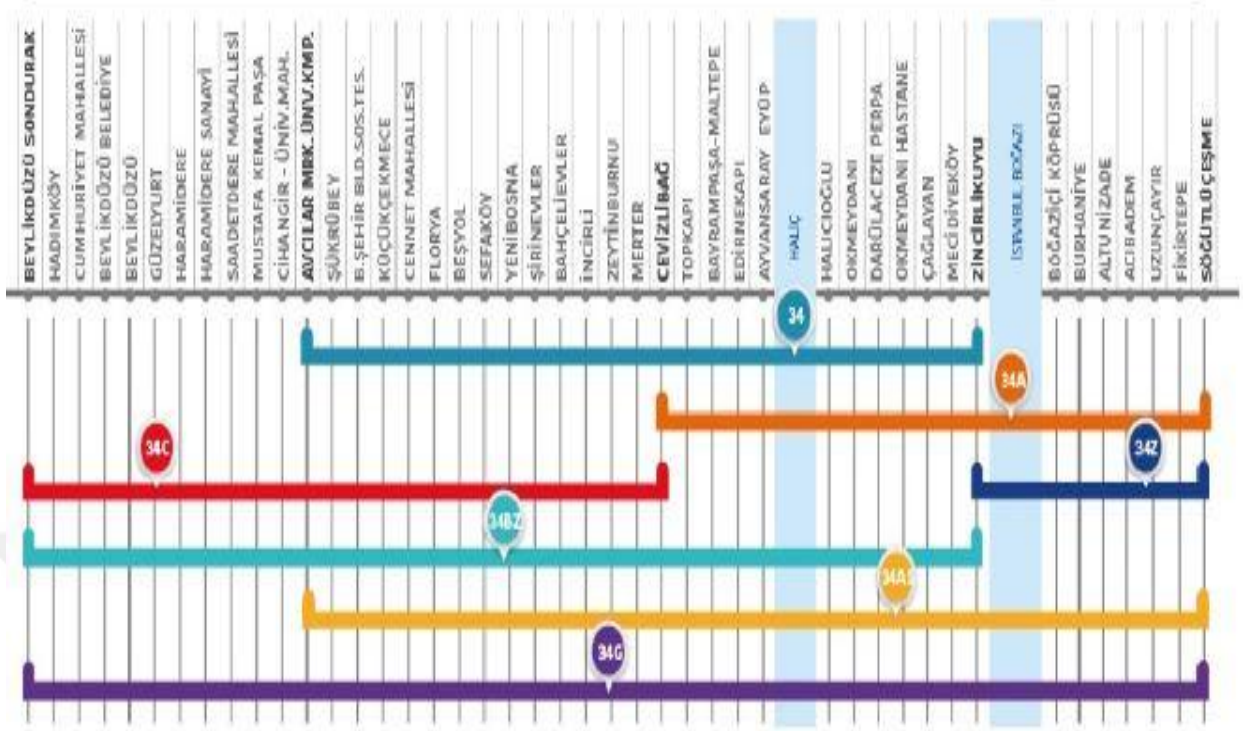
3.3. Metrobüs Güzergahları

İstanbul’ daki Metrobüs sisteminde 8 farklı ana güzergah bulunmaktadır. Ancak filo yönetim merkezinin günün farklı zamanlarında yoğunluklara müdahale etmesi amacıyla 20 farklı depar güzergah daha tanımlanmıştır. Filo yönetim merkezi günün 24 saati Metrobüs hattını ve istasyonları kameralar ile izleyerek plan dışı müdahaleler yapmaktadır. Tablo 7’ de Metrobüs hattına ait güzergahlar ve özellikleri gösterilmektedir:

Tablo 7: Metrobüs güzergahları ve özellikleri. [17]

Hat	Güzergah	Araç Sayısı	Sefer Süresi (Gidiş/Dönüş)	Hat Uzunluğu (km)	Dura k Sayısı	Ortalama Araç Hızı	Seferler Arası Ortalama Süre (Sn)	Günlük Hareket Sayısı
34	AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	92	125	30	27	34	82	1296
34A	CEVİZLİBAĞ-SÖĞÜTLÜÇEŞME	22	94	22	20	30	256	88
34A S	AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	100	162	42,5	35	31	97	1188
34B Z	BEYLİKDÜZÜ-ZİNCİRLİKUYU	128	154	40	39	31	72	1798
34C	BEYLİKDÜZÜ-CEVİZLİBAĞ	70	115	29	26	35	99	872
34G	BEYLİKDÜZÜ-SÖĞÜTLÜÇEŞME	15	180	52	44	35	720	75
34U	ZİNCİRLİKUYU - UZUNÇAYIR	38	40	11	6	38	63	110
34C	ZİNCİRLİKUYU - SÖĞÜTÇEŞME	30	52	11,5	8	31	104	1827
Metrobüs Genel		495	922	237	205	264	1494	7254

METROBÜS HATLARI / METROBÜS LINES



Şekil 12: Metrobüs hatları şema gösterimi [17]

3.4. Metrobüs Araçları

Araçlar; hız, kapasite, çevre ile uyumluluk ve konfor bileşenlerinin toplandığı en önemli sistem bileşenlerinden biridir. Metrobüs hattında 3 farklı marka model araç çalışmaktadır, ancak koşullara göre bu araçlar değişebilmektedir. Araçların modellerine göre özellikleri Tablo 8’de gösterilmiştir:

Tablo 8: Araç özellikleri tablosu. [20]

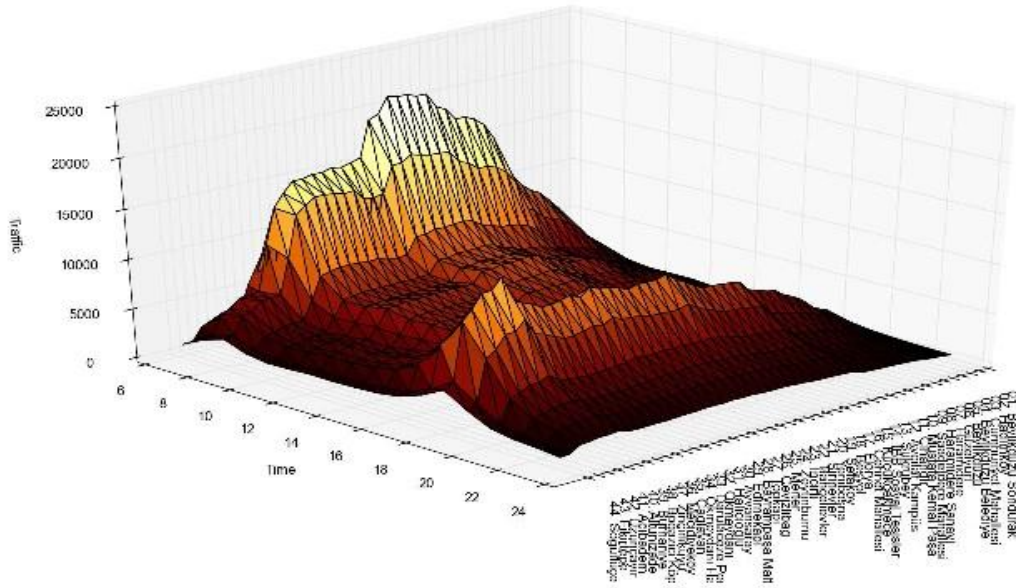
Model	Phileas	CapaCity	Citaro
Konfigürasyon Döşeme yüksekliği	2 körüklü (26m) Düşük	Tek körüklü (19m) Düşük	Tek körüklü (18m) Düşük
Kapı sayısı	4	4	4
Otobüs kapasitesi (oturan sayısı)	52	42	45
Yolcuların ayakta durabileceği alan (m2)	30	25	20
Otobüs kapasitesi (ayakta sayısı; 4 kişi/m2)	120	100	80
Toplam yolcu kapasitesi (oturan ve ayakta)	172	141	125
Çekim sistemi (hibrid/içten yanmalı)	4 zamanlı paralel hibrid sistem (dizel ve cer motor)	-	4 zamanlı dizel motor, pld yakıt sistemi
Yakıt	Dizel+elektrik	Dizel	Dizel
Emisyon standardı	Euro IV	Euro III	Euro III
Tekerlekli sandalye biniş ekipmanları	Hem zemin biniş	Hem zemin biniş	Hem zemin biniş
Tekerlekli sandalye güvenlik tipi	Geriye doğru duruş pozisyonu	Geriye doğru duruş pozisyonu	Geriye doğru duruş pozisyonu
Uzunluk (m)	26,04	19,54	17,94
Genişlik (m)	2,54	2,55	2,55
Yükseklik (m)	2,95	3,16	3,08
Boş ağırlık (kg)	21530	18550	16758
Azami yüklü ağırlık (kg)	34600	32000	26278
Minimum dönüş yarıçapı (m)	12,5	22,85	11,41
En yüksek hız (km/sa)	85	80	60

3.5. Metrobüs Hattı Yolculuk Sayıları

Metrobüs hattı ile İstanbul’da günlük ortalama 710 bin yolcu taşınmaktadır. Sistem günün yoğun saatlerinde kapasitesinin üstüne çıkmakta ve iyileştirmeler yapılmaya ihtiyaç duymaktadır. Tablo 9’da Metrobüs hattının 2016 yılına ait yolculuk verileri aylık olarak gösterilmektedir.

Tablo 9: 2016 yılına ait aylık Metrobüs yolculuk verileri.

Ay	Yolculuk
1	21.204.777
2	22.321.948
3	23.805.137
4	23.032.362
5	23.812.061
6	20.350.566
7	7.643.637
8	20.016.104
9	19.333.127
10	25.270.856
11	24.938.124
12	24.037.971
Ortalama aylık yolcu sayısı	21.313.889



Şekil 13: Metrobüs yolculuk değerleri grafik gösterimi [18]

3.6. Metrobüs Hattı Katarlanma Problemi

Her geçen gün artmakta olan İstanbul nüfusu ve artan yolcu talepleriyle birlikte Metrobüs taşımacılığında kapasite sorunları yaşandığı görülmektedir. Daha çok aktarma noktalarında karşılaşılan problemlerden biri olan, Metrobüslerin

istasyonlarda art arda gelmesi sebebiyle ilk araçta yığılma meydana gelirken arkada kalan araçlar boş ilerlemektedir. Veya yolcuların oturma isteği sebebiyle gelen araca binmeyip bir sonraki boş gelecek aracı beklemesi gibi birçok farklı yolcu davranışları sebebiyle istasyonlarda uzun kuyruklar oluşmaktadır.

Her bir istasyonun kullanım boyutlarının farklı olması ve buna bağlı olarak istasyonlarda biriken araç sayısının artması, araçların istasyonların dışında beklemelerine sebebiyet vermektedir. Bunun dışında yolcular araçların nerede duracağını kestiremedikleri için kontrolsüz bir şekilde araca binmeye çalışmakta ve bu durum yolcuların araçlara biniş sürelerini artırmaktadır. Bu durumda araçlarda birbirinden çok farklı doluluk oranları ortaya çıkmaktadır. Bütün bunlar işletme hızını düşürmekte ve Metrobüs hattının kapasitesinin altında çalışmasına sebep olmaktadır. Yoğunluğun belli noktalara yığılmasından dolayı yolcular açısından da konforsuz bir seyahate yol açmaktadır. Şekil 14 ve 15'te sabah saatlerindeki katarlanma durumları gösterilmektedir.



Şekil 14: Araçların istasyon dışında kalması sonucu yaşanan katarlanma problemi.



Şekil 15: Metrobüslerin yanaşmamasından dolayı son metrobüsün yolcu alamaması.

4. METROBÜS HATTININ SİMÜLASYON UYGULAMASI

4.1. Verilerin Hazırlanması

Metrobüs hattının simüle edilebilmesi için araçların istasyonlar arasındaki ortalama hızları, istasyonlarda bekleme süreleri, O-D matrisleri, istasyonların koordinat verileri, araç türleri ve kapasiteleri gibi verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu veriler metrobüs hattının en yoğun saatleri olan 06:00-09:00 saatlerine göre filtrelenmiştir. Böylece en yoğun zaman senaryosu oluşturulmuştur.

4.1.1. Araçların ortalama hız verilerinin hazırlanması

Araçların ortalama hız verileri araçlarda bulunan GPS'lerden anlık konum verisi alınarak hesaplanmıştır. Öncelikle Metrobüs hattı üzerindeki istasyonların koordinatları sistem üzerinde tanımlanmıştır. Ardından her bir istasyon arası uzaklık verisi spatiyel olarak hesaplanmıştır. 9 Eylül 2016 tarihinde Metrobüs hattında çalışan araçlardan gelen GPS verileri (15 saniyede bir araç bilgisayarları üzerinden gönderilmektedir) ile istasyon konumları karşılaştırılarak mesafe/zaman formülü ile her bir aracın günün saatine bağlı olarak ortalama hızları hesaplanmıştır. Her bir istasyon kesimi için hesaplanan ortalama hız verisi saat 06:00-09:00 arası için hatların ortalama hız verisine dönüştürülmüştür. Daha sonra bu veriler Visum simülasyon yazılımına aktarılmıştır.

Tablo 10: Metrobüs hattı, her bir güzergahın ortalama hız verisi.

Hatlar	Sefere Başlama Saati	Analiz Saati Sonu	Ortalama Hız (Km/Sa)
34 (Avcılar-Zincirlikuyu)	06:00:00	09:00:00	43,7
34 (Zincirlikuyu-Avcılar)	06:00:00	09:00:00	43,7
34A (Cevizlibağ-Söğütlüçeşme)	06:00:00	09:00:00	39
34A (Söğütlüçeşme-Cevizlibağ)	06:00:00	09:00:00	39
34AS (Avcılar-Söğütlüçeşme)	06:00:00	09:00:00	39
34AS (Söğütlüçeşme-Avcılar)	06:00:00	09:00:00	39
34B (Beylikdüzü-Avcılar)	06:00:00	09:00:00	42,5
34B (Avcılar-Beylikdüzü)	06:00:00	09:00:00	42,5

Tablo 11 (devamı)

Hatlar	Sefere Başlama Saati	Analiz Saati Sonu	Ortalama Hız (Km/Sa)
34BZ (Beylikdüzü-Zincirlikuyu)	06:00:00	09:00:00	41
34BZ (Zincirlikuyu-Beylikdüzü)	06:00:00	09:00:00	41
34C (Beylikdüzü-Cevizlibağ)	06:00:00	09:00:00	41
34C (Cevizlibağ-Beylikdüzü)	06:00:00	09:00:00	41
34G (Beylikdüzü-Söğütlüçeşme)	06:00:00	09:00:00	40,5
34G (Söğütlüçeşme-Beylikdüzü)	06:00:00	09:00:00	40,5
34Z (Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme)	06:00:00	09:00:00	41
34Z (Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu)	06:00:00	09:00:00	41

4.1.2. İstasyonların boyutlarının verisinin hazırlanması

Metrobüs hattı üzerinde bulunan 44 istasyonun boyutları Ek-1’de gösterilmiştir. İstasyon boyutları verisi İETT Metrobüs Sabit Tesisler Müdürlüğü’nden alınmıştır. Metrobüs hattının boyutları her bir istasyona aynı anda kaç araç sığabileceğini göstermektedir. Buna bağlı olarak çözüm önerisinde araçların, kaç araçlı setler halinde gönderileceği ve hangi boyutlarda araçlar kullanılacağı hesaplanmıştır. Daha sonra bu veriler Visum yazılımına aktarılmıştır.

4.1.3. Pik Saat için O-D matrisi verilerinin hazırlanması

Metrobüs hattında 44 istasyonda toplam 366 adet turnike, 54 adet engelli turnikesi (serbest geçiş) bulunmaktadır. Bunun dışında Metrobüs hattında 243 adet iade validatörü bulunmaktadır. Bu sistemde, yolcular gittikleri istasyon sayısına göre, indikleri istasyonlarda kartlarını iade validatörlerine dokundurarak iade almaktadırlar.

O-D matrisi iade validatörlerini kullanan yolcular için, sisteme katıldığı ve iade aldığı istasyon verileri, iade validatörlerini kullanmayan yolcular için ardışık olarak sisteme katıldığı istasyon verileri baz alınarak oluşturulmaktadır. Turnikelerin açık olduğu saatlerde elde edilen verileri kapsar. Bu nedenle Hafta içi, Cumartesi ve Pazar günleri için 06:00 – 23: 00 aralığındaki her saat için bir O-D tablosu çıkarılmıştır. Daha sonra bu veriler Visum simülasyon yazılımına aktarılmıştır. Ek-2’de sabah 06:00- 09:00 saatleri arasındaki O-D matrisi bulunmaktadır. O-D matrisi metrobüs istasyonları arasındaki talebin hesaplanması amacıyla kullanılmıştır.

O-D matrisleri oluşturulurken zincirleme yolculuk metodu kullanılmıştır:

- Her yolculuk başlangıcı, bir önceki yolculuğun bitiş noktası olarak seçilecektir.
- Günün son yolculuğuna ait bitiş noktası, günün ilk yolculuğuna ait başlangıç noktası olarak belirlenecektir.
- Aktarmalar dikkate alınmayacaktır.

4.1.4. Her bir hattın ortalama seyahat süresinin hesaplanması

Araçlardan alınan GPS verileri, istasyon koordinatları ile karşılaştırılarak her bir aracın istasyon geçiş verileri merkezi veritabanına kaydedilmektedir. Ortalama seyahat sürelerinin Visum yazılımına tanımlanabilmesi için, 04.04.2016 tarihine ait sefer tamamlama verileri incelenerek her bir hattın sefer tamamlama sürelerinin ortalaması alınarak tablodaki değerler oluşturulmuştur. Hesapladığımız ortalama seyahat süresi verisi ile simülasyon sonucunda oluşan seyahat süresi verisi karşılaştırılarak 2 taraflı teyit edilmiştir. Tablo 11’ de örnek bir veri seti görülmektedir:

Tablo 12: Hatta bağlı olarak, istasyonlar arası örnek seyahat süresi tablosu.

Hatlar	Sefere Başlama Saati	Analiz Saati Sonu	Seyahat Süresi (dk)
34 (Avcılar-Zincirlikuyu)	06:00:00	09:00:00	53,54919908
34 (Zincirlikuyu-Avcılar)	06:00:00	09:00:00	53,54919908
34A (Cevizlibağ-Söğütlüçeşme)	06:00:00	09:00:00	43,47948718
34A (Söğütlüçeşme-Cevizlibağ)	06:00:00	09:00:00	43,47948718
34AS (Avcılar-Söğütlüçeşme)	06:00:00	09:00:00	81,71282051
34AS (Söğütlüçeşme-Avcılar)	06:00:00	09:00:00	81,71282051
34B (Beylikdüzü-Avcılar)	06:00:00	09:00:00	19,45098039
34B (Avcılar-Beylikdüzü)	06:00:00	09:00:00	19,45098039
34BZ (Beylikdüzü-Zincirlikuyu)	06:00:00	09:00:00	78,33658537
34BZ (Zincirlikuyu-Beylikdüzü)	06:00:00	09:00:00	78,33658537
34C (Beylikdüzü-Cevizlibağ)	06:00:00	09:00:00	54,70569106
34C (Cevizlibağ-Beylikdüzü)	06:00:00	09:00:00	54,70569106
34G (Beylikdüzü-Söğütlüçeşme)	06:00:00	09:00:00	99,58703704
34G (Söğütlüçeşme-Beylikdüzü)	06:00:00	09:00:00	99,58703704
34Z (Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme)	06:00:00	09:00:00	19,82926829
34Z (Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu)	06:00:00	09:00:00	19,82926829

4.1.5. Araçların her bir istasyonda bekleme sürelerinin hesaplanması

Araçların istasyonlarda bekleme süreleri, 15.03.2017 tarihinde saat 07:00-08:00 saatleri arasında her bir istasyonda bulunan kameralara bağlanarak, her bir istasyon için 10 aracın izlenmesi ve ortalama sürelerinin hesaplanması ile gözlem metodu sonucunda oluşturulmuştur. Ayrıca yolcu davranışları da kameralardan izlenerek iyileştirme yapılması gereken istasyonlar ve bekleme süresini düşürecek analizler yapılmıştır. Tablo 12’ de araçların istasyonlarda ortalama bekleme süreleri gösterilmektedir. Araçların istasyonda bekleme süreleri seyahat sürelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 16: Yolcuların araçlara biniş sürelerinin hesaplanması.



Şekil 17: Araçların istasyonlarda bekleme sürelerinin hesaplanması.

Tablo 13: Araçların istasyonlarda ortalama bekleme süreleri.

Sıra No	İstasyon Adı	İstasyonda bekleme süreleri (sn)
1	TÜYAP	kalkış istasyonu bekleme süresi yok
2	HADIMKÖY	34
3	CUMHURİYET MAH.	32
4	BEYLİKDÜZÜ BELEDİYE	33
5	BEYLİK DÜZÜ	39
6	GÜZEL YURT	30
7	HARAMİDERE	30
8	HARAMİDERE SANAYİ	30
9	SAADETDERE MAH.	30
10	MUSTAFA KEMAL PAŞA	30
11	CİHANGİR ÜNİVERSİTE MAH.	30
12	AVCILAR ÜNİ. KAMPÜSÜ	43
13	ŞÜKRÜBEY	32
14	BÜYÜKŞEHİR BLD. SOS. TESİSLER	30
15	K. ÇEKMECE	30
16	CENNET MAH.	32
17	FLORYA	30

Tablo 12 (devamı)

Sıra No	İstasyon Adı	İstasyonda bekleme süreleri (sn)
18	BEŞYOL	34
19	SEFAKÖY indirme peronu	25
	SEFAKÖY bindirme peronu	33
20	YENİBOSNA indirme peronu	48
	YENİBOSNA bindirme peronu	26
21	ŞİRİNEVLER indirme peronu	43
	ŞİRİNEVLER bindirme peronu	28
22	BAHÇELİEVLER	33
23	İNCİRLİ	34
24	ZEYTİNBURNU indirme peronu	25
	ZEYTİNBURNU bindirme peronu	33
25	MERTER	33
26	CEVİZLİBAĞ indirme peronu	25
	CEVİZLİBAĞ bindirme peronu	30
27	TOPKAPI	34
28	MALTEPE indirme peronu	30
	MALTEPE bindirme peronu	30
29	VATAN CAD.	25
30	EDİRNEKAPI	35
31	AYVANSARAY	33
32	HALICIOĞLU	32
33	OKMEYDANI	32
34	DARÜLAZECE	32
35	OKMEYDANI HASTANE	33
36	ÇAĞLAYAN	35
37	MECİDİYEKÖY	45
	ZİNCİRLİKUYU (34BZ) indirme peronu	30
	ZİNCİRLİKUYU (34BZ) bindirme peronu	53
38	ZİNCİRLİKUYU (34Z) diğer yön	48
39	BOĞAZİÇİ KÖPRÜSÜ 1	33
39	BOĞAZİÇİ KÖPRÜSÜ 2	34
40	BURHANIYE	33
41	ALTUNİZADE	34
42	ACIBADEM	32
43	UZUNÇAYIR	35
44	FİKİRTEPE	32
45	SÖĞÜTLÜÇEŞME	30

4.1.6. İstasyonların koordinatlarının verilerinin hazırlanması

İstasyonların koordinat verileri, istasyonların orta noktalarının merkez kabul edilerek harita üzerinden seçilmesi sonucunda oluşturulmuştur. Tablo 13’ de istasyonların koordinat verileri gösterilmektedir.

Tablo 14: İstasyonların koordinat verileri.

İstasyon Kodu	İstasyon adı	Koordinatı	
900442	1. BEYLİKDÜZÜ SONDURAK	4.102.299.500	2.862.451.930
900432	2. HADIMKÖY	4.101.943.210	2.863.104.820
900422	3. CUMHURİYET MAH.	4.101.551.440	2.864.118.190
900412	4. BEYLİKDÜZÜ BELEDİYE	4.101.224.140	2.864.963.910
900402	5. BEYLİKDÜZÜ	4.100.951.390	2.865.674.020
900392	6. GÜZEL YURT	4.100.424.960	2.866.472.050
900382	7. HARAMİDERE	4.100.592.800	2.867.356.490
900372	8. HARAMİDERE SANAYİ	4.100.424.960	2.868.510.630
900362	9. SAADETDERE MAH.	4.099.965.670	2.869.310.950
900352	10. MUSTAFA KEMAL PAŞA	4.099.517.820	2.870.588.110
900342	11. CİHANGİR ÜNİVERSİTE MAH.	4.099.072.650	2.871.348.000
900332	12. AVCILAR ÜNİ. KAMPÜSÜ	4.098.611.070	2.873.053.930
900322	13. ŞÜKRÜBEY	4.098.007.580	2.873.168.750
900312	14. B.ŞEHİR BLD.SOS. TESİSLER	4.097.801.970	2.874.549.870
900302	15. K. ÇEKMECE	4.098.632.050	2.876.975.630
900292	16. CENNET MAH.	4.098.527.150	2.878.297.230
900282	17. FLORYA	4.098.744.960	2.879.042.240
900272	18. BEŞYOL	4.099.897.380	2.879.511.640
900262	19. SEFAKÖY	4.099.164.960	2.879.932.590
900252	20. YENİ BOSNA	4.099.225.620	2.883.469.770
900242	21. ŞİRİNEVLER	4.099.164.960	2.884.567.830
900232	22. BAHÇELİEVLER	4.099.510.190	2.886.387.060
900222	23.İNCİRLİ	4.099.769.210	2.887.214.850
900212	24. ZEYTİNBURNU	4.100.323.870	2.889.077.760
900202	25. MERTER	4.100.769.040	2.889.768.790
900192	26. CEVİZLİBAĞ	4.101.633.070	2.891.092.300
900182	27. TOPKAPI	4.101.998.140	2.891.696.550
900172	28. BAYRAMPAŞA-MALTEPE	4.102.939.340	2.892.163.280

Tablo 13 (devamı)

İstasyon Kodu	İstasyon adı	Koordinatı	
900162	29. EDİRNEKAPI	4.103.369.900	2.893.023.110
900152	30. AYVANSARAY	4.103.896.330	2.893.798.260
900142	31. HALICIOĞLU	4.104.904.170	2.894.676.020
900132	32. OKMEYDANI	4.105.678.560	2.896.180.920
900122	33. DARÜLAZECE	4.106.305.310	2.896.841.050
900112	34. OKMEYDANI PERPA	4.106.733.320	2.897.605.900
900102	35. ÇAĞLAYAN	4.106.726.840	2.898.072.050
900092	36. MECİDİYEKÖY	4.106.678.770	2.899.154.660
900082	37. ZİNCİRLİKUYU	4.106.601.720	2.901.314.160
900072	38. BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜ	4.103.659.060	2.904.346.080
900062	39. BURHANİYE	4.103.216.170	2.904.544.070
900052	40. ALTUNİZEDE	4.102.227.020	2.904.822.920
900042	41. ACIBADEM	4.101.485.060	2.905.698.010
900032	42. UZUNÇAYIR	4.099.890.140	2.905.689.050
900022	43. FİKİRTEPE	4.099.366.000	2.904.743.960
900011	44. SÖĞÜTLÜÇEŞME	4.099.163.060	2.903.775.980

4.1.7. Metrobüs araçlarının adet ve kapasitelerinin belirlenmesi

4 Nisan 2016 tarihinde gerçekleşen seferlerin gün sonu raporu bilgisi, İETT Akıllı Ulaşım Sistemleri Müdürlüğü'nden alınarak hangi model aracın hangi hatta seferini gerçekleştirdiği tespit edilerek Tablo 14' de gösterilmiştir.

Tablo 15: Her bir hatta çalışan araç sayıları.

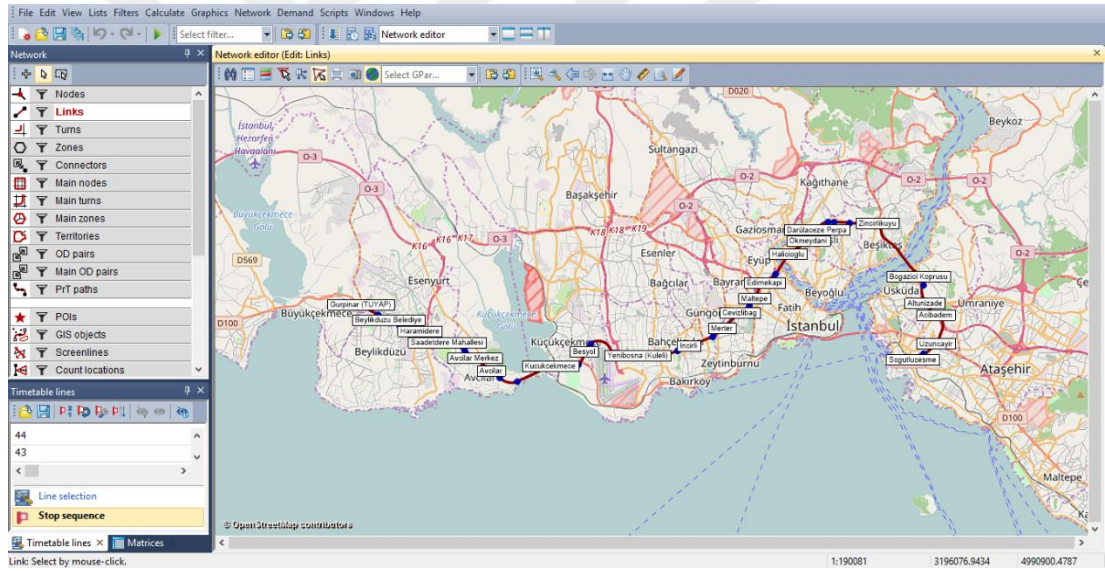
Hatlar	Kullanılan Otobüs	Otobüsün Kapasitesi (Ayakta+Oturun)	Kaç Farklı Araç Çalıştı
34 (Avcılar-Zincirlikuyu)	Capacity	165	21
34 (Zincirlikuyu-Avcılar)	Capacity	165	
34A (Cevizlibağ-Söğütlüçeşme)	Citaro	140	40
34A (Söğütlüçeşme-Cevizlibağ)	Citaro	140	
34AS (Avcılar-Söğütlüçeşme)	Capacity	165	119
34AS (Söğütlüçeşme-Avcılar)	Capacity	165	
34B (Beylikdüzü-Avcılar)	Capacity	165	40
34B (Avcılar-Beylikdüzü)	Capacity	165	

Tablo 14 (devamı)

Hatlar	Kullanılan Otobüs	Otobüsün Kapasitesi (Ayakta+Oturun)	Kaç Farklı Araç Çalıştı
34BZ (Beylikdüzü-Zincirlikuyu)	Citaro	140	128
34BZ (Zincirlikuyu-Beylikdüzü)	Citaro	140	
34C (Beylikdüzü-Cevizlibağ)	Capacity	165	70
34C (Cevizlibağ-Beylikdüzü)	Capacity	165	
34G (Beylikdüzü-Söğütlüçeşme)	Capacity	165	6
34G (Söğütlüçeşme-Beylikdüzü)	Capacity	165	
34Z (Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme)	Capacity	165	53
34Z (Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu)	Capacity	165	

4.2. Mevcut Verilerin Visum Programına Girilmesi

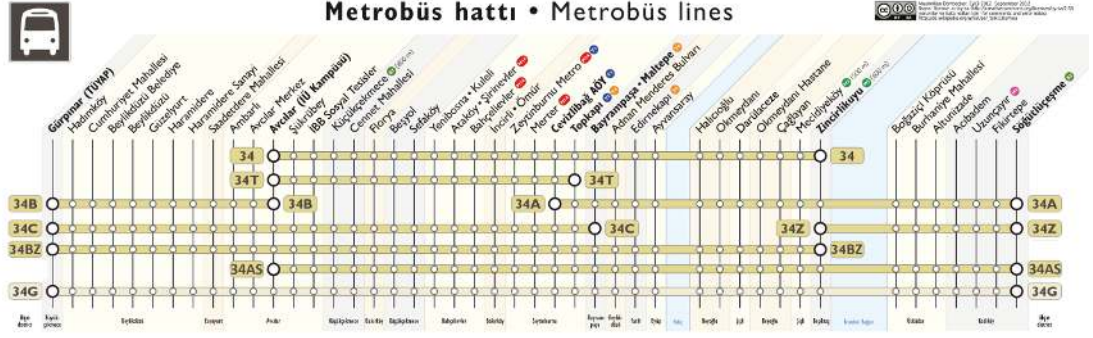
Metrobüs güzergah verileri kullanılarak Visum ortamında Metrobüs hattının çizimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 18: Metrobüs güzergah verisinin Visum'a çizilmesi.

Metrobüs hattında bulunan duraklar ve duraklar arası link (yol) özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ek 3' de her bir istasyon arasında oluşturulan linklerin tablosu verilmiştir.

Metrobüs hattının işletme verileri dikkate alınarak otobüslerin ring (çevrim) yapmış oldukları güzergahlar belirlenmiştir. Çevrim yapılan hat kesimleri verisi Şekil 19 dikkate alınarak Visum programında belirlenmiştir.



Şekil 19: Metrobüs güzergahları.

Metrobüs hattına ait her bir güzergah için otobüslerin ortalama seyahat hızları ve duraklarda ortalama bekleme süreleri programa girilmiştir.

Tablo 16: Hat detay bilgileri.

Hatlar	Durak Sayısı	Uzunluk (Km)	Duraklarda Bekleme (sn)	Ortalama Hız (km/sa)	Seyahat süresi (dk)
34 (Avcılar-Zincirlikuyu)	26	29.242	34	43	54.200
34A(Cevizlibağ-Söğütözü)	19	22.228	34	39	43.860
34AS(Avcılar-Söğütözü)	34	40.230	34	38	80.980
34B(Beylikdüzü-Avcılar)	12	9.389	32	41	18.983
34BZ(Beylikdüzü-Zincirlikuyu)	38	38.631	33	39	78.416
34C(Beylikdüzü-Cevizlibağ)	25	27.391	32	39	54.750
34G(Beylikdüzü-Söğütözü)	43	49.619	33	39	99.133
34Z(Zincirlikuyu-Söğütözü)	7	10.988	36	41	20.280

Şekil 20' de 34 numaralı güzergah Visum ortamında görülmektedir.

Edit line route 34:Avcılar-Zincirlikuyu>

Line: 34
Name: Avcılar-Zincirlikuyu

Direction: > Direction: up

Basics Items and time profiles User-defined attributes: Line route User-defined attributes: Time profiles

Index	StopPointNo	StopPointName	IsRoutePoint	Profile point	<>	Board	Alight	StopTime	Run time	AccumRunTime	CoupledVehJourneys
7	27	Besöl	☒	☒	☒	☒	☒	34s	54s	12min 21s	☐
8	26	Sefaköy	☒	☒	☒	☒	☒	34s	280s	13min 49s	☐
9	25	Yenibosna (Kuleli)	☒	☒	☒	☒	☒	34s	74s	19min 3s	☐
10	24	Sirinevler	☒	☒	☒	☒	☒	34s	136s	20min 51s	☐
11	23	Bahçeşehir	☒	☒	☒	☒	☒	34s	65s	23min 41s	☐
12	22	İncirli	☒	☒	☒	☒	☒	34s	133s	25min 20s	☐
13	21	Zeytinburnu	☒	☒	☒	☒	☒	34s	65s	28min 7s	☐
14	20	Mertir	☒	☒	☒	☒	☒	34s	123s	29min 46s	☐
15	19	Cevizlibağ	☒	☒	☒	☒	☒	34s	61s	32min 23s	☐
16	18	Topkapı	☒	☒	☒	☒	☒	34s	46s	33min 58s	☐
17	17	Maltepe	☒	☒	☒	☒	☒	34s	101s	35min 18s	☐
18	16	Edirnekapi	☒	☒	☒	☒	☒	34s	72s	37min 33s	☐
19	15	Ayvanarsay	☒	☒	☒	☒	☒	34s	122s	39min 19s	☐
20	14	Hacıoğlu	☒	☒	☒	☒	☒	34s	126s	41min 55s	☐
21	13	Okmeydanı	☒	☒	☒	☒	☒	34s	71s	44min 35s	☐
22	12	Darülaceze Perpa	☒	☒	☒	☒	☒	34s	74s	46min 20s	☐
23	11	Okmeydanı Hasta	☒	☒	☒	☒	☒	34s	32s	48min 8s	☐
24	10	Çağlayan	☒	☒	☒	☒	☒	34s	81s	49min 14s	☐
25	9	Mecidiyeköy	☒	☒	☒	☒	☒	34s	149s	51min 9s	☐
26	8	Zincirlikuyu	☒	☒	☒	☒	☒	0s		54min 12s	☐

☐ Adapt time profiles automatically

Reference journey: No reference journey

Apply Timetable OK Cancel

Şekil 20: 34 Numaralı güzergahın Visuma girilmesi.

Duraklar arası yolculuk matrisleri saat ve gün bazında İETT Ulaşım Planlama Dairesi'nden alınmıştır. Bu çalışmada trafiğin yoğun olduğu 06.00-09.00 saatlerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple Metrobüs yolculuklarının Başlangıç-Son (BS ya da OD) matrisleri 42x42 olarak 06.00-09.00 saatleri arasında belirlenmiş ve Visum programına aktarılmıştır.

The screenshot shows the Visum Matrix editor interface. The main window displays a 44x44 matrix for Metrobus routes. The matrix lists various stops and their distances. The interface includes a menu bar, a toolbar, and a sidebar with network and matrix views.

Name	Gurpınar (TUYAP)	Hadimkoy	Cumhuriyet Mahallesi	Beylikdüzü Belediyesi	Beylikdüzü	Güzelyurt	Haramidere	Haramidere Sanayisite Mahallesi	Ambarlı
Sum	7040.04	3101.61	1252.21	1499.32	2914.76	1728.84	1200.59	2449.08	1017.27
1 Gurpınar (TUYAP)	3256.3	0.00	2.21	5.82	29.44	43.95	5.35	7.09	30.18
2 Hadimkoy	3814.6	56.99	0.00	2.10	11.61	31.81	4.53	9.54	27.95
3 Cumhuriyet Mahallesi	3527.9	134.92	28.05	0.00	6.71	49.73	8.54	13.88	54.41
4 Beylikdüzü Belediyesi	3584.8	270.94	51.41	1.86	0.00	4.57	12.95	13.89	64.42
5 Beylikdüzü	7278.7	303.58	63.14	8.36	8.57	0.00	1.30	4.48	94.09
6 Güzelyurt	4439.4	88.91	19.94	13.24	6.44	9.09	0.00	4.14	37.36
7 Haramidere	4401.8	59.48	45.97	10.80	28.06	51.69	4.27	0.00	17.96
8 Haramidere Sanayi	3109.5	60.56	24.91	23.95	42.40	32.16	20.42	9.96	0.00
9 Saadettin Mahallesi	3341.0	57.90	48.90	15.19	35.56	52.50	50.82	20.17	1.30
10 Ambarlı	3502.6	179.90	110.41	43.34	72.83	146.13	31.53	50.30	41.68
11 Avcılar Merkez	3749.1	116.75	110.50	34.91	49.13	93.81	28.00	31.33	42.34
12 Avcılar	6442.4	194.19	105.91	81.25	71.68	136.27	74.77	46.99	45.10
13 Sultaniye	7465.9	199.14	107.94	40.81	92.24	130.62	78.12	42.01	84.59
14 İBB Sosyal Tesisler	3105.6	39.18	37.77	22.86	14.51	57.12	17.84	10.07	22.81
15 Kuzulüce	3010.7	63.07	62.23	19.37	22.67	88.59	32.91	49.68	38.53
16 Cennet Mahallesi	1712.4	102.01	92.69	23.71	81.69	73.10	31.80	7.90	54.45
17 Fıyıcı	3991.2	70.03	40.84	14.38	10.14	54.21	33.91	7.77	42.00
18 Beşiktaş	1760.6	107.27	42.48	25.07	31.78	62.60	28.66	19.16	40.61
19 Sefaköy	0803.0	229.55	171.63	71.31	122.59	167.33	110.22	72.64	130.82
20 Yenibosna (Külli)	3892.0	261.12	164.85	57.20	69.37	164.88	120.46	52.59	130.50
21 Sincirli	4992.9	481.86	324.10	143.00	189.73	292.91	150.51	113.83	271.70
22 Bahçeşehir	3528.5	206.21	93.06	49.51	64.47	102.14	63.18	60.29	72.12
23 İnönü	7387.8	223.04	94.17	52.22	52.32	114.92	59.50	42.79	87.14
24 Zeytinburnu	3629.3	398.28	214.97	77.19	53.84	151.51	126.00	71.20	161.64
25 Merter	3282.5	194.86	70.67	21.77	23.43	88.41	48.26	24.27	62.41
26 Cevizlibağ	3691.3	268.37	111.71	63.59	45.04	126.05	87.99	76.85	103.84
27 Tınazlı	718.9	58.47	17.20	1.30	2.33	14.88	8.73	7.10	11.21

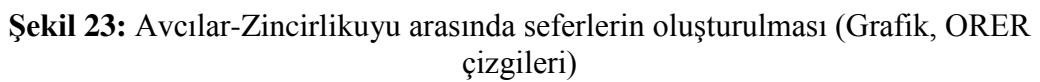
Şekil 21: O-D Matrislerinin Visum'a aktarılması.

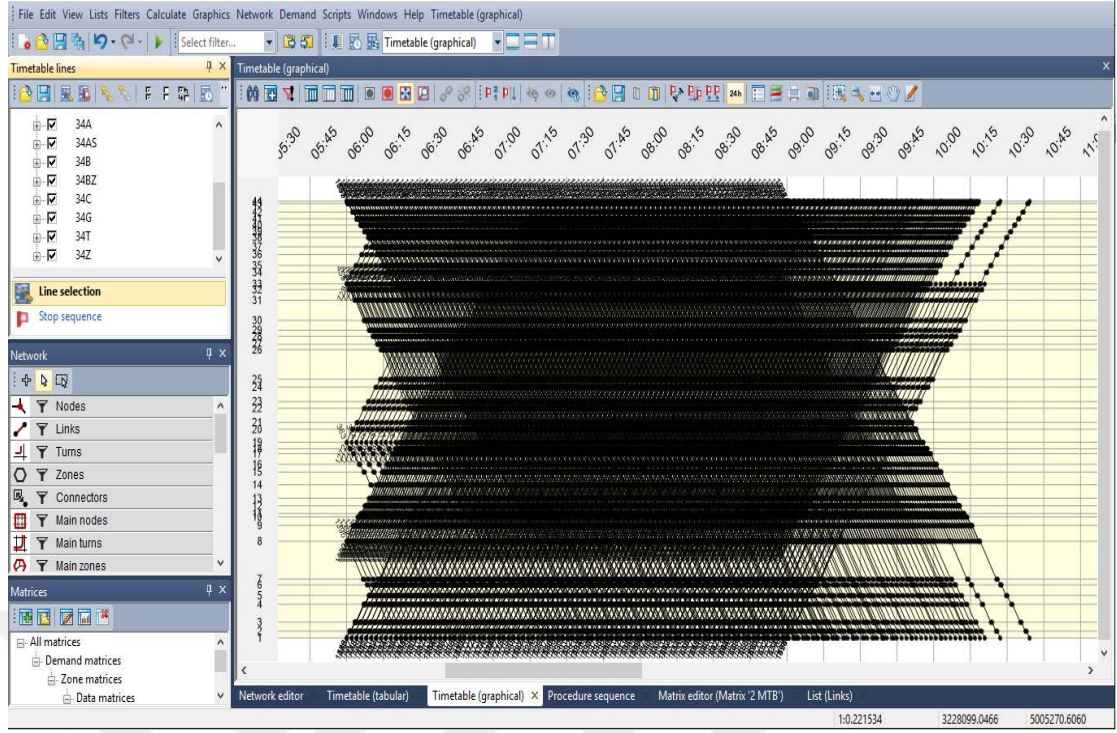
Metrobüs hattında 06.00-09.00 saatleri arasında çalışan otobüslerin sefer aralıkları (Frekansları) Metrobüs İşletme Müdürlüğü'nden alınmış ve aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 17: Güzergahların sefer frekansları.

Hatlar	Durak Sayısı	Uzunluk (Km)	Duraklarda Bekleme (sn)	Sefer Aralığı (Dk)
34 (Avcılar-Zincirlikuyu)	26	29.242	34	1
34A(Cevizlibağ-Söğütluçeşme)	19	22.228	34	4
34AS(Avcılar-Söğütluçeşme)	34	40.230	34	2
34B(Beylikdüzü-Avcılar)	12	9.389	32	2
34BZ(Beylikdüzü-Zincirlikuyu)	38	38.631	33	1
34C(Beylikdüzü-Cevizlibağ)	25	27.391	32	2
34G(Beylikdüzü-Söğütluçeşme)	43	49.619	33	12
34Z(Zincirlikuyu-Söğütluçeşme)	7	10.988	36	2

The screenshot shows the 'Timetable (tabular)' window. The table has the following columns: ObjNo, ObjCode, ObjName, and multiple columns for Arr / Dep times. The table is filtered to show 'All lines' and 'Direction: up'. The 'ObjName' column contains 'Avclar-Zincirlikuyu'. The 'Arr / Dep' columns show times for various routes, such as 06:00:00, 06:01:29, 06:03:43, etc. The bottom status bar shows '1:6691', '3228099.0466', and '5005270.6060'.

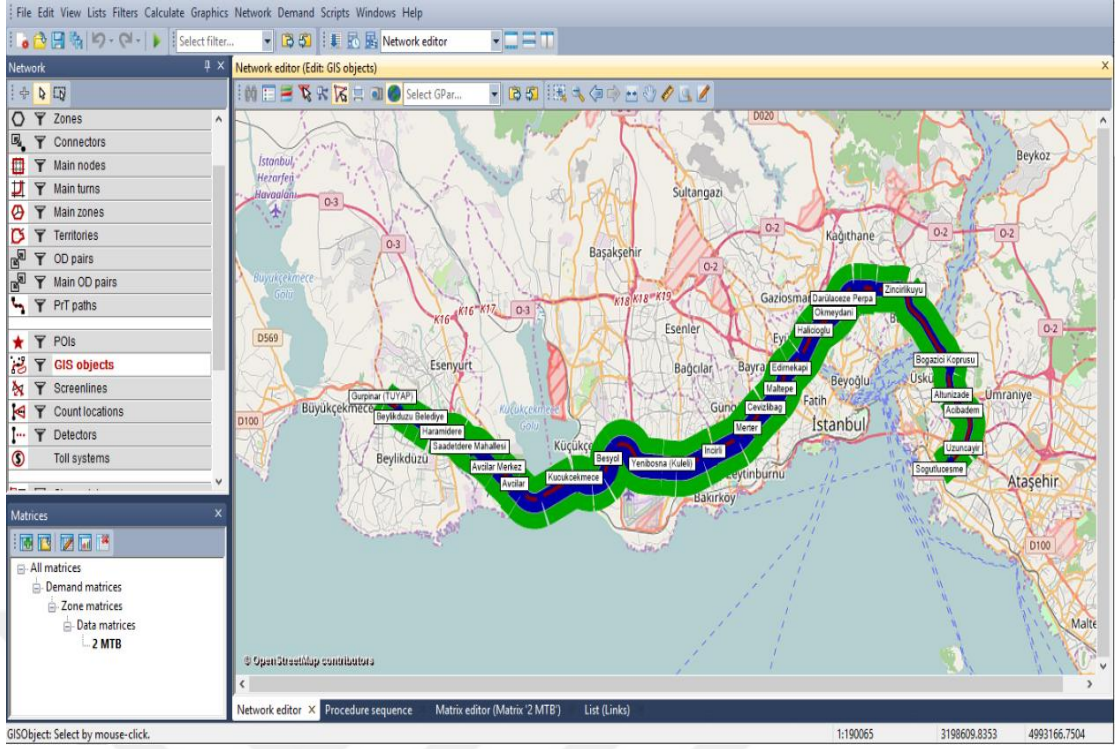




Şekil 24: Tüm metrobüs hattının seferlerinin grafik olarak gösterimi

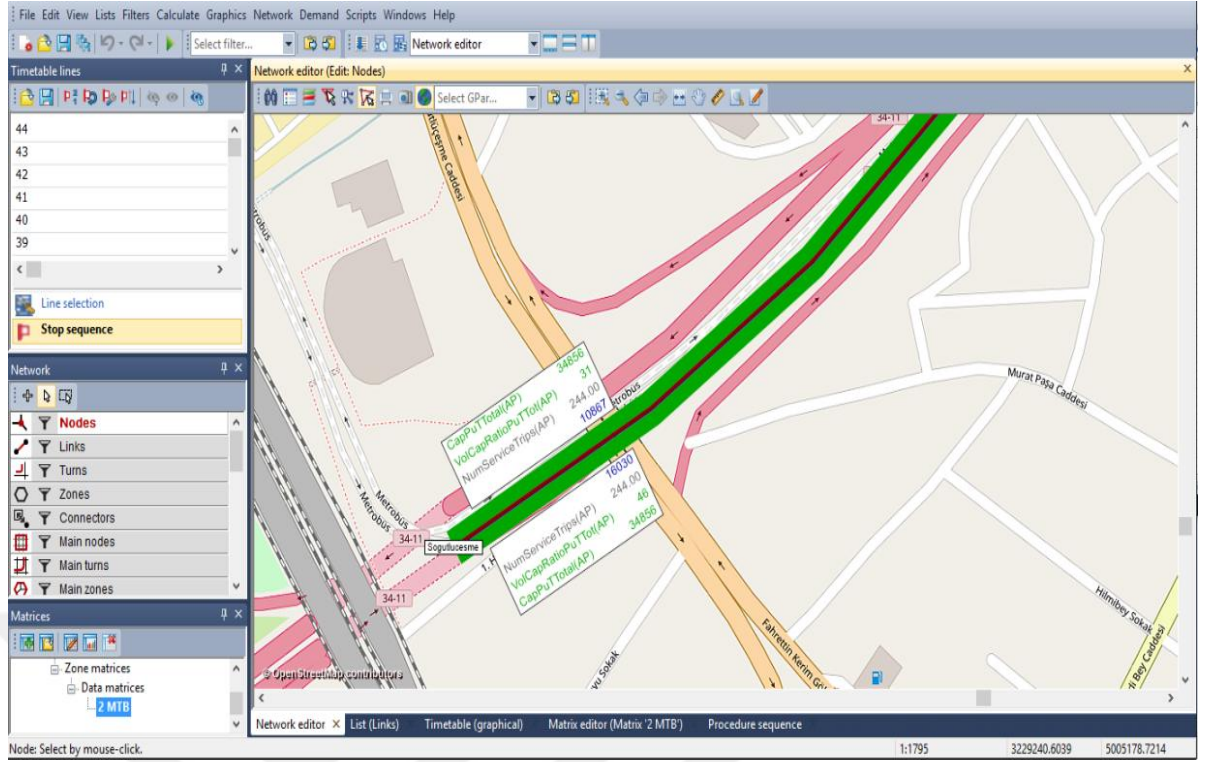
4.2.1. Hacim Kapasite Oranlarının Ölçülmesi

Yukarıda verilen temel veriler kullanılarak Visum programında atama analizleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur. Atama sonuçları Ek-4’de görülmektedir.



Şekil 25: Atama sonucu Metrobüs ağ yapısı.

Şekil 26’ da Söğütluçeşme-Fikirtepe durakları arasındaki yolculuklar görülmektedir. CapPuTTotal(AP), analiz süresince (06.00-09.00 saatleri arasında) otobüslerle taşınan toplam yolcu sayısını, VolCapRatioPutTot(AP) analiz süresince (06.00-09.00 saatleri arasında) hacim-kapasite oranının yüzdesini (Hattın doluluk oranı), NumServiceTrips(AP) analiz süresince (06.00-09.00 saatleri arasında) yapılan sefer sayısını ve isimsiz olarak yazılan rakam ise analiz süresince (06.00-09.00 saatleri arasında) BS (OD) matrislerine göre duraklar arasında yapılan ve atama ile belirlenen yolculuk sayısını göstermektedir.



Şekil 26: Söğütluçeşme - Fikirtepe arası yoğunluk analizi ekranı.

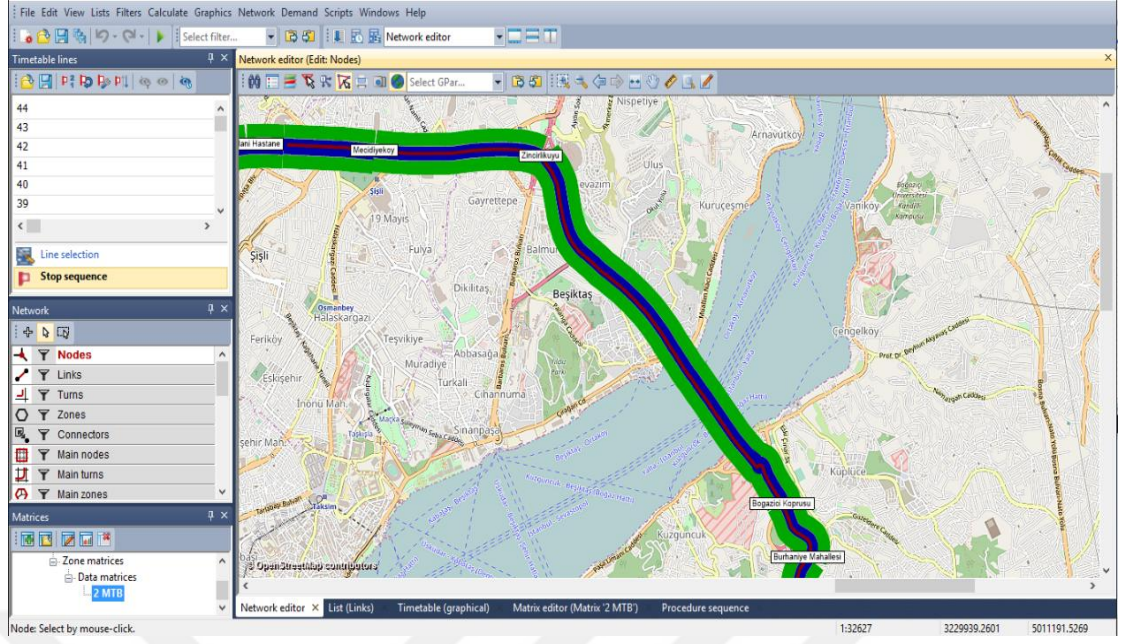
Ek 4’de ki yüksek kapasitede çalışan hat kesimleri belirlenmiş ve Tablo 17’ de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi en yüksek kapasitede kullanılan kesim Boğaziçi Köprüsü-Zincirlikuyu durakları arasındaki kesimdir (% 1.70).

Tablo 18: En yoğun istasyonlar tablosu.

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk (km)	Talep (Hacim)	Otobüslerle taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite	Hacim/Kapasite
14	Boğaziçi Köprüsü	Zincirlikuyu	4,31	59202,44	34856,00	169,85	1,7
12	Burhaniye Mahallesi	Boğaziçi Köprüsü	0,64	55202,45	34856,00	158,37	1,58
10	Altunizade	Burhaniye Mahallesi	1,23	54872,06	34856,00	157,43	1,57
8	Acıbadem	Altunizade	0,99	49309,25	34856,00	141,47	1,41
65	Avcılar Merkez	Avcılar	1,3	67171,33	47681,00	140,88	1,41
6	Uzunçayır	Acıbadem	2,04	45418,52	34856,00	130,3	1,3
49	Sefaköy	Yenibosna (Kuleli)	3,35	90841,34	73202,00	124,1	1,24

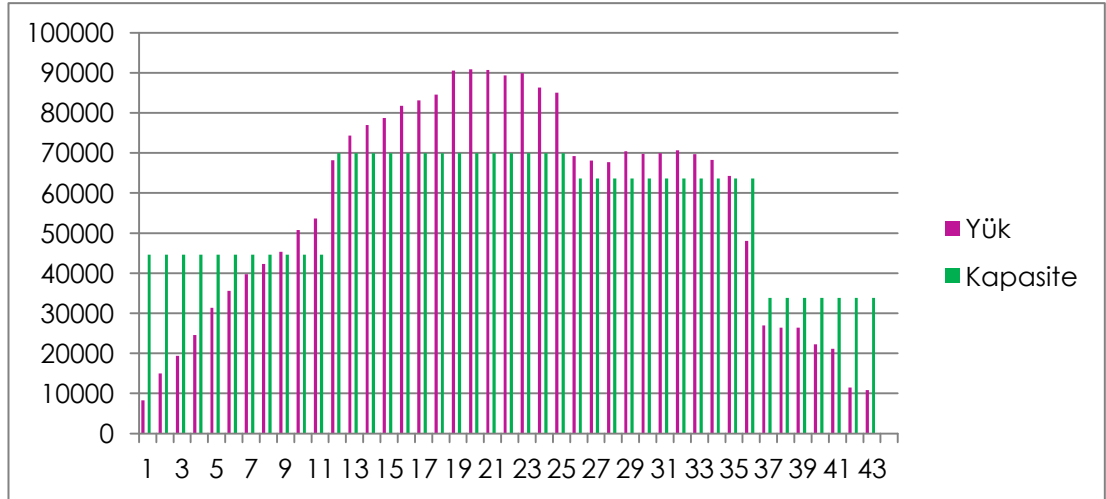
Tablo 18 (devamı)

47	Yenibosna (Kuleli)	Şirinevler	0,89	90684,44	73202,00	123,88	1,24
51	Beşyol	Sefaköy	0,65	90551,16	73202,00	123,7	1,24
43	Bahçelievler	İncirli	0,79	89891,66	73202,00	122,8	1,23
45	Şirinevler	Bahçelievler	1,63	89362,37	73202,00	122,08	1,22
41	İncirli	Zeytinburnu	1,59	86351,4	73202,00	117,96	1,18
39	Zeytinburnu	Merter	0,78	85007,8	73202,00	116,13	1,16
53	Florya	Beşyol	0,89	84596,63	73202,00	115,57	1,16
55	Cennet Mahallesi	Florya	0,7	83153,04	73202,00	113,59	1,14
23	Okmeydanı	Darülaceze Perpa	0,86	70676,55	62557,00	112,98	1,13
29	Edirnekapi	Ayvansaray	0,86	70441,53	62557,00	112,6	1,13
67	Ambarlı	Avcılar Merkez	0,79	53608,51	47681,00	112,43	1,12
25	Halıcıoğlu	Okmeydanı	1,51	69971,93	62557,00	111,85	1,12
57	Küçükçekmece	Cennet Mahallesi	1,11	81762,28	73202,00	111,69	1,12
27	Ayvansaray	Halıcıoğlu	1,47	69766,43	62557,00	111,52	1,12
21	Darülaceze Perpa	Okmeydanı Hastane	0,89	69694,69	62557,00	111,41	1,11
19	Okmeydanı Hastane	Çağlayan	0,39	68294,13	62557,00	109,17	1,09
35	Cevizlibağ	Topkapı	0,73	68106,2	62557,00	108,87	1,09
31	Maltepe	Edirnekapi	1,22	67691,25	62557,00	108,21	1,08
33	Topkapı	Maltepe	0,56	67691,25	62557,00	108,21	1,08
59	İBB Sosyal Tesisler	Küçükçekmece	2,3	78739,94	73202,00	107,57	1,08
69	Saadetdere Mahallesi	Ambarlı	1,24	50754,63	47681,00	106,45	1,06
61	Şükrübey	İBB Sosyal Tesisler	1,2	77001,53	73202,00	105,19	1,05
17	Çağlayan	Mecidiyeköy	0,97	64268,13	62557,00	102,74	1,03
63	Avcılar	Şükrübey	0,66	74300,2	73202,00	101,5	1,02



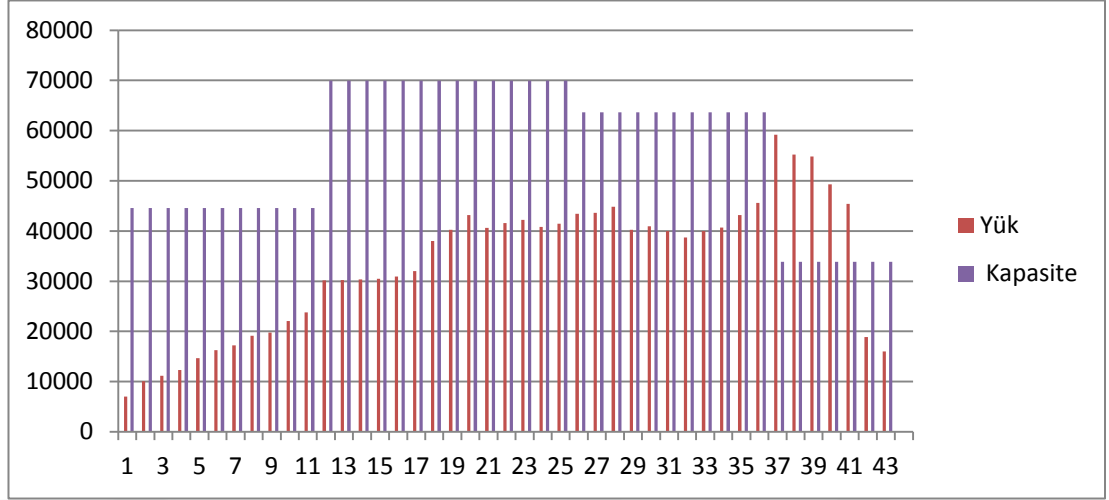
Şekil 27: Hattın en yoğun kesimi

Şekil 28’ de Metrobüs hattının Beylikdüzü yönünden Söğütluçeşme yönüne olan kapasite-yük miktarları grafik olarak gösterilmektedir. Grafikte 12. İstasyon ile 26. İstasyon kesimleri arasında oldukça yüksek miktarda kapasite aşımı olduğu görülmektedir.



Şekil 28: Beylikdüzü yönünden Söğütluçeşme yönüne kapasite yük oranları

Şekil 29’ da Metrobüs hattının Beylikdüzü yönünden Söğütluçeşme yönüne olan kapasite-yük miktarları grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 29: Söğütluçeşme yönünden Beylikdüzü yönüne kapasite yük oranları

4.3. Mevcut Durumun Analizi

4.2 bölümünde Metrobüs hattına ait sabah 06:00–09:00 saatleri arasında oluşabilecek en yoğun günün, simülasyon programında en gerçekçi senaryoyu oluşturabilmesi için çok sayıda karar kriteri belirlenmiştir.

Metrobüs hattında 8 farklı güzergah bulunması ve bu güzergahlara çok sayıda araç atanmasına rağmen, neredeyse tüm istasyonlarda kapasitenin üstünde yolculuk olduğu görülmüştür. Mevcut analizde 06:00-09:00 saatleri arasında yaklaşık 296.000 yolcu taşınmıştır. Kapasite-Hacim oranı 1’ in üzerinde olan istasyonlar, aynı zamanda araçların da kapasitesinin üstünde çalışmasına sebebiyet vermiştir. Bu hem yolculuk konforunu düşürmüş hem de kaoslara sebebiyet vermiştir.

İstasyonlar arası tüm taleplerin kümülatif toplamının, tüm kapasiteye oranı değerlendirilmiş ve $(3.864.166/4.962.876 = 1,284)$ % 28’ lik bir talep fazlalığı ya da kapasite eksikliği olduğu görülmüştür. Çalışmanın 4.5. Bölümünde bu %28’ lik kısmı karşılamaya yönelik iyileştirmeler yapılmış ve simülasyon üzerinden sonuçlar değerlendirilmiştir.

Karşılanamayan %28' lik kısmın sebepleri olarak;

- Hatların kalkış frekanslarının O-D matrislerine göre belirlenmemesi,
- Araçların istasyonlara girememesi ve istasyon dışında beklemek zorunda kalması,
- İstasyona giren araçların çeşitli sebeplerden ötürü istasyonda çok uzun süre kalması,
- Kalkış aralığı düzensizliği ve bu düzensizliğin yol açtığı sorunlar,

durumları gözükmemektedir.

4.4. İstanbul Metrobüs Sisteminde Kapasite Artışı İçin Öneriler

Körüklü otobüsler ile kurulan Metrobüs sisteminde kesitten geçen yolcu kapasitesini artırmak için en az maliyetle en efektif çözümler üretilmesi gerekmektedir:

4.4.1. Grup kalkışları yapılması

İşletmede kapasiteyi ve hattın verimliliğini etkileyen en önemli unsur iniş–binış süreleridir. Grup kalkışlar bu süreleri araçlara paylaştırarak aynı anda inen binen sayısını arttırmaktadır. Bunun sonucu olarak istasyonlarda bekleme süreleri kısaltmakta ve istasyon hizmet düzeyi arttırılabilecektir. Bu da mevcut sistemi daha etkin, verimli ve efektif yapar. Bu bakımdan “grup kalkışlar” demiryollarındaki “tren katarı hareketinin Metrobüs otobüslerine uygulanmış haline benzetilebilir. [3]

Grup kalkışları sağlayabilmek için hem istasyon tarafında bir sinyalizasyon sistemi kurulması, hem de araç - araç haberleşmesinin sağlanması sistemin stabil olarak çalışması açısından gereklidir.

İstanbul'un mevcut sisteminde durak uzunluklarına uygun olarak araçların 3'lü gruplar halinde hareket etmesi öngörülmektedir. Metrobüs sistemi durakları, azami 3 araç (19,5mt'lik Capacity) alabilmektedir. (turnikelerin de üstgeçitlere alındığı varsayılarak) Otobüslerin 3'lü diziler halinde hareket ettirilerek indi–bindi sürelerinin paylaştırılması sistemin kapasitesini yaklaşık 2 kat arttırabilir.

4.4.2. Hat boyunca grubun birbirini takip etmesi

Araç kalkışlarındaki düzensizliklerin en somut ve görünen yansıması Metrobüs duraklarındaki fazla yolcu birikimleridir. Otobüslerin kalkışlarındaki gecikmelerden dolayı durağa gelen ek yolcu birikimi, araç gelmesi ile araca binmek için harekete geçtiğinde durakta biriken yolcu, metrobüs bekleme sürelerinin daha da artmasına ve aracın gereğinden fazla bekleme yapmasına yol açmaktadır. Bu durum zaten geciken otobüsler için olumsuz bir etkidir; bu sebepten dolayı sonraki duraklarda mevcut gecikme katlanarak artmakta ve güzergah boyunca gecikmeler ve duraklama sayıları üstüste eklenerek durumu kötüleştirmektedir. Bu istenmeyen ve hattın çalışmasını olumsuz yönde etkileyen durumun oluşmasının engellenmesi araçların bir grup halinde tüm sistem boyunca hareket etmesi gerekmektedir. [3]

Çalışmanın 4.5 bölümünde belirlenmiş olan 3' lü setlerin hat boyunca birbirinden ayrılmaması için müfrezelemeyi sağlamak gerekmektedir. Bu sistem ile lider aracı, konvoydaki diğer araçların uygun mesafeyi koruyarak takip etmesini sağlamak amaçlanmaktadır. Bu sayede müfrezenin önündeki aracın açtığı aerodinamik koridordan faydalanmak ortalama % 10 oranında yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Ayrıca araçların istasyona beraber girmesi sağlanacak ve kalkış aralığı düzensizliğinden kaynaklanan sorunlar ortadan kalkacaktır. Müfrezelemeyi sağlayabilmek için araçlara ek donanım olarak birer lidar takılması ve araç bilgisayarlarına ilgili sistemi sağlayacak yazılım yüklenmesi gerekmektedir.

4.4.3. Yolcu hareketlerinin düzenlenmesi

Yolcuların indi–bindilerinin ve araçların duraklara yanaşmasının kolaylaştırılması için istasyonlarda metrobüslerin duracağı yerleri gösterir kılavuz çizgilerinin çizilmesi de önemli bir yardımcı uygulama olacaktır. Metrobüs hattında eşdeğer uzunluktaki metrobüs araçlarının çalışması, kılavuz çizgileri üzerinde araçların kapılarının yerlerinin belirlenmesinde önem arz etmektedir. Ayrıca kılavuz çizgilerinde görme engelli yönlendirme taşlarının bulunması, görme engelli yolcuların sistemi kullanmasına fayda sağlayacaktır.

4.4.4. Hatların düzenlenmesi

Çok sayıda hattın çalışması, araçların kalkış aralığında düzensizliğe sebep olmaktadır. Farklı farklı istasyonlardan sisteme katılan araçlar, istasyonlarda araç birikmelerine ve yolcuların araçlara homojen olarak dağılmamasına sebep olmaktadır. Bu durumu önlemek adına metrobüs sisteminde, metroya benzer şekilde hatlar oluşturulması gerekmektedir. Mevcut hattın baştan sona 52 km gibi uzun menzilli olmasından dolayı 2 farklı hat oluşturulması kurgulanmaktadır.

4.4.5. Şoför ve araç hareketlerinin düzenlenmesi

Mevcut durumda her bir şoföre bir aracın tahsis edildiği ve aracın hat bitiminde geldiği seferin son istasyonunda araç ile beraber şoförün de ortalama 5 dakika civarında beklediği İETT Metrobüs İşletme Müdürlüğü'nden öğrenilmiştir. Mevcut durum analizinde de bu değer simülasyona 5 dakika olarak girilmiştir.

Önerilen sistemde ise araçların şoför ile beraber duraklamasına ihtiyaç olmadığı ve sadece şoförün dinlenmesinin işletme hızının artırılması konusunda daha verimli olacağı öngörülmektedir. Bunun için seferi biten araç, dinlenmiş olan yeni şoförüyle birlikte hareket ediyorken, seferi biten şoför dinlenmeye çekilecektir. Bu şoför değişimi için son istasyonda 1 dakikalık bekleme ihtiyacı olduğu öngörülmüştür. Önerilen senaryoda da son istasyonda bekleme süresi 1 dakika olarak simülasyona eklenecektir.

4.5. Önerilen Modelin Simülasyonu

Bu bölümde önerilen modelin sayısallaştırılarak, simülasyon programına girilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi yapılacaktır. Metro benzetim modelinde 2 farklı hat tanımlanarak, 1 dakikalık frekanslar ile 3' lü grup olarak araçların sefere çıkarılması sağlanacaktır. İstasyonlarda ortalama bekleme süreleri olarak 34A hattı için 34 saniye, 34C hattı için ise 32 saniye girilmiştir. Sefer sonlarında araçların bekleme süresi ise 1 dakika olarak belirlenmiştir. Şoförün dinlenmeye geçmesi ve aracın yeni şoför ile devam etmesi sağlanarak araç parklanma ihtiyacının önüne geçilmiş olunmuştur. Tablo 18' de önerilen sistemin hat, frekans bilgileri gösterilmektedir.

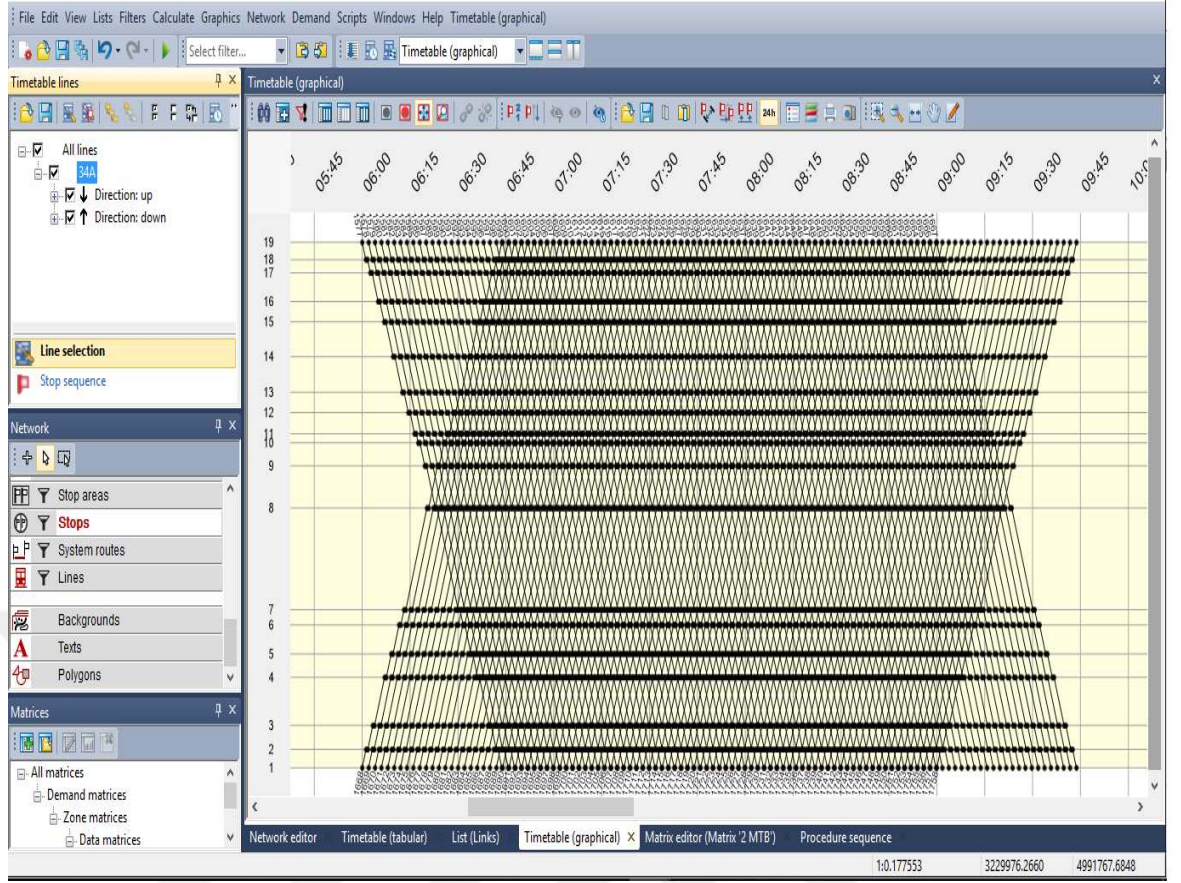
Tablo 19: Hat bilgileri

Hatlar	Durak Sayısı	Uzunluk (Km)	Duraklarda Bekleme (sn)	Sefer Aralığı (Dk)
34A(Cevizlibağ-Söğütlüçeşme)	19	22.228	34	1
34C(Beylikdüzü-Cevizlibağ)	25	27.391	32	1

Çözüm modelinde tek tip olarak sadece Capacity marka araçlar kullanılacaktır. Capacity marka araçların kapasitesi 160 olarak belirlenmiştir. Cevizlibağ-Söğütlüçeşme ve Beylikdüzü-Cevizlibağ arasında yeni seferler oluşturulmuştur. Şekil 30’ da hatlara ait seferlerin oluşturulması gösterilmektedir. Şekil 31’ de ise oluşturulan seferlerin grafik olarak gösterimi bulunmaktadır.

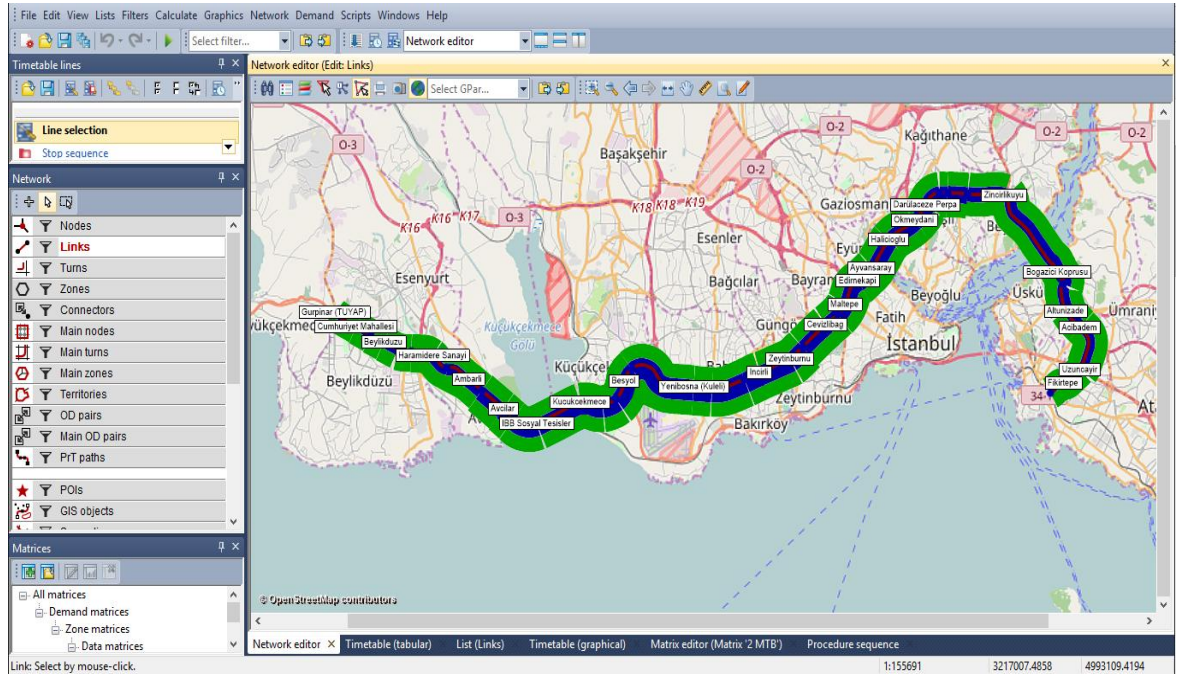
ObjNo	ObjCode/ObjName	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep	Arr / Dep
19		06:00:00	06:02:00	06:04:00	06:06:00	06:08:00	06:10:00	06:12:00	06:14:00	06:16:00	06:18:00							
18		06:01:41	06:03:41	06:05:41	06:07:41	06:09:41	06:11:41	06:13:41	06:15:41	06:17:41	06:19:41							
17		06:03:06	06:05:06	06:07:06	06:09:06	06:11:06	06:13:06	06:15:06	06:17:06	06:19:06	06:21:06							
16		06:05:32	06:07:32	06:09:32	06:11:32	06:13:32	06:15:32	06:17:32	06:19:32	06:21:32	06:23:32							
15		06:07:25	06:09:25	06:11:25	06:13:25	06:15:25	06:17:25	06:19:25	06:21:25	06:23:25	06:25:25							
14		06:10:14	06:12:14	06:14:14	06:16:14	06:18:14	06:20:14	06:22:14	06:24:14	06:26:14	06:28:14							
13		06:13:07	06:15:07	06:17:07	06:19:07	06:21:07	06:23:07	06:25:07	06:27:07	06:29:07	06:31:07							
12		06:15:00	06:17:00	06:19:00	06:21:00	06:23:00	06:25:00	06:27:00	06:29:00	06:31:00	06:33:00							
11		06:16:56	06:18:56	06:20:56	06:22:56	06:24:56	06:26:56	06:28:56	06:30:56	06:32:56	06:34:56							
10		06:18:06	06:20:06	06:22:06	06:24:06	06:26:06	06:28:06	06:30:06	06:32:06	06:34:06	06:36:06							
9		06:20:09	06:22:09	06:24:09	06:26:09	06:28:09	06:30:09	06:32:09	06:34:09	06:36:09	06:38:09							
8		06:23:27	06:25:27	06:27:27	06:29:27	06:31:27	06:33:27	06:35:27	06:37:27	06:39:27	06:41:27							
7		06:30:38	06:32:38	06:34:38	06:36:38	06:38:38	06:40:38	06:42:38	06:44:38	06:46:38	06:48:38							
6		06:32:11	06:34:11	06:36:11	06:38:11	06:40:11	06:42:11	06:44:11	06:46:11	06:48:11	06:50:11							
5		06:34:38	06:36:38	06:38:38	06:40:38	06:42:38	06:44:38	06:46:38	06:48:38	06:50:38	06:52:38							
4		06:36:43	06:38:43	06:40:43	06:42:43	06:44:43	06:46:43	06:48:43	06:50:43	06:52:43	06:54:43							
3		06:40:25	06:42:25	06:44:25	06:46:25	06:48:25	06:50:25	06:52:25	06:54:25	06:56:25	06:58:25							
2		06:42:32	06:44:32	06:46:32	06:48:32	06:50:32	06:52:32	06:54:32	06:56:32	06:58:32	07:00:32							
1		06:43:43	06:45:43	06:47:43	06:49:43	06:51:43	06:53:43	06:55:43	06:57:43	06:59:43	07:01:43							

Şekil 30: 34A ve 34C hatlarının Visum' da seferlerinin oluşturulması



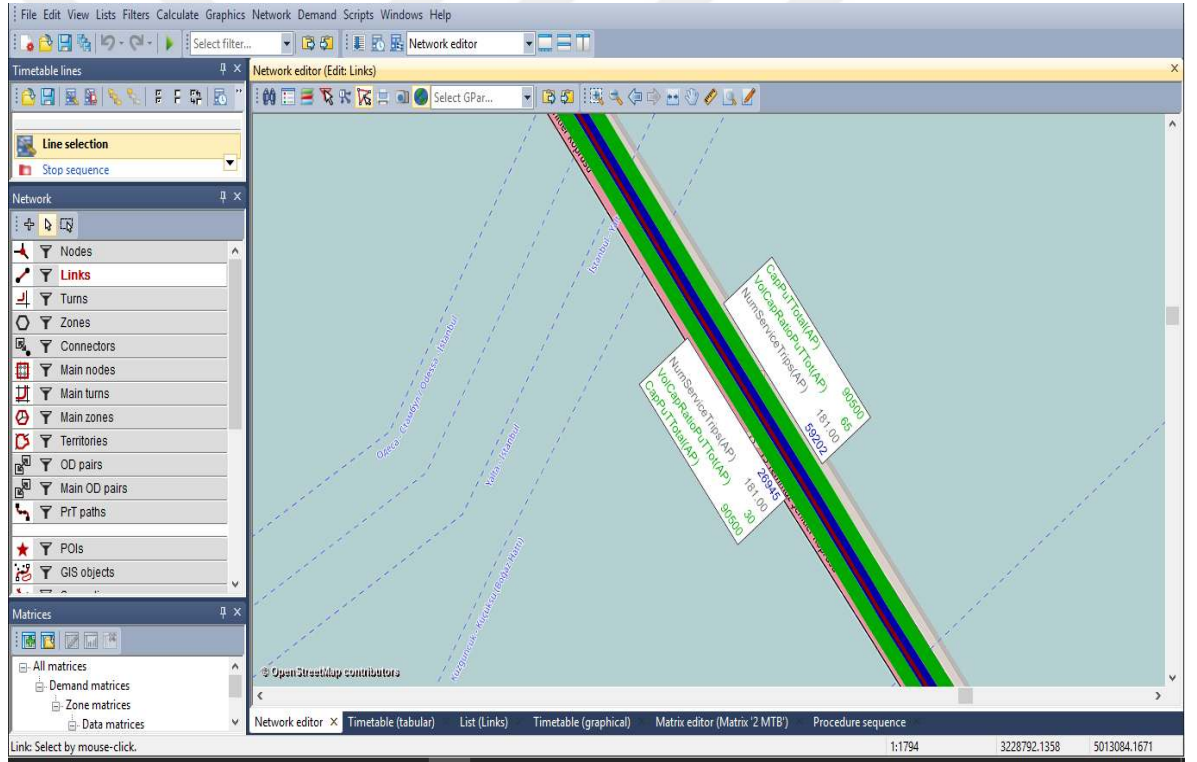
Şekil 31: Oluşturulan seferlerin grafiği

Yukarıda verilen temel veriler kullanılarak Visum programında atama analizleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.



Şekil 32: Atama sonucunda oluşan network yapısı

Şekil 33’ de mevcut senaryoda en yüksek kırımlı olan Zincirlikuyu-Boğaziçi Köprüsü durakları arasındaki yolculuklar görülmektedir. %170 olan yoğunluk değerinin %85’ e düştüğü görülmektedir. CapPuTTotal(AP), analiz süresince (06.00-09.00 saatleri arasında) otobüslerle taşınan toplam yolcu sayısını, VolCapRatioPutTot(AP) analiz süresince (06.00-09.00 saatleri arasında) hacim-kapasite oranının yüzdesini (Hattın doluluk oranı), NumServiceTrips(AP) analiz süresince (06.00-09.00 saatleri arasında) yapılan sefer sayısını ve isimsiz olarak yazılan rakam ise analiz süresince (06.00-09.00 saatleri arasında) BS (OD) matrislerine göre duraklar arasında yapılan ve atama ile belirlenen yolculuk sayısını göstermektedir.



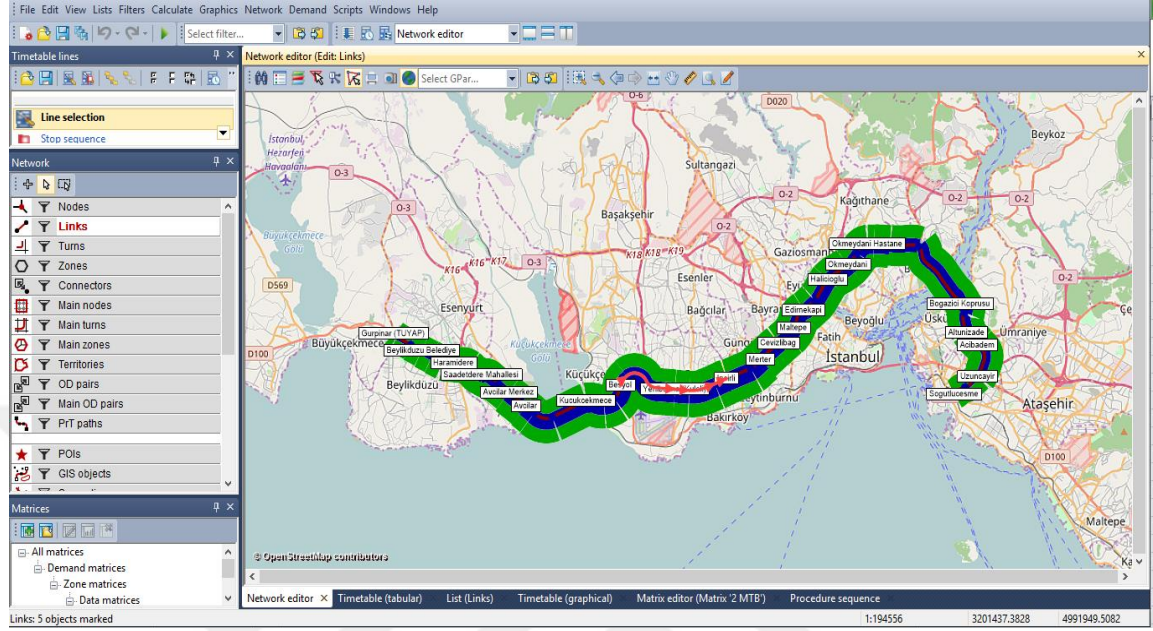
Şekil 33: Zincirlikuyu - Boğaziçi kesimi sonuçlar

Yapılan analizin özeti Ek 5’de görülmektedir. Ek 5’de en yüksek kapasitede çalışan hat kesimleri belirlenmiş ve Tablo 19’ da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi en yüksek kapasite de kullanılan kesim Yenibosna-Şirinevler istasyonları arasındaki kesimdir (% 93.18).

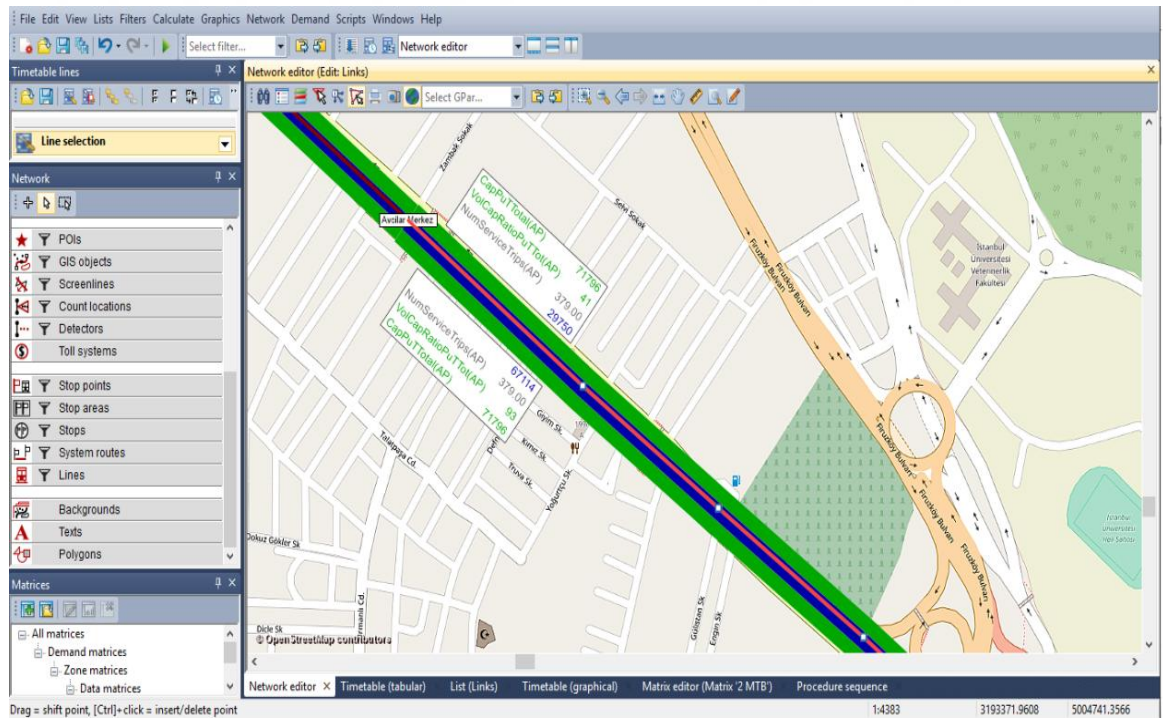
Tablo 20: En yoğun kesimler

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk (km)	Talep (Hacim)	Otobüslerle taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite (%)	Hacim/Kapasite
47	Yenibosna (Kuleli)	Şirinevler	0.89	90,684	97,317	93.18	0.93
49	Sefaköy	Yenibosna (Kuleli)	3.35	90,841	97,317	93.35	0.93
51	Beşyol	Sefaköy	0.65	90,551	97,317	93.05	0.93
65	Avcılar Merkez	Avcılar	1.3	67,171	71,796	93.48	0.93
43	Bahçelievler	İncirli	0.79	89,892	97,317	92.37	0.92
45	Şirinevler	Bahçelievler	1.63	89,362	97,317	91.83	0.92
41	İncirli	Zeytinburnu	1.59	86,351	97,317	88.73	0.89
39	Zeytinburnu	Merter	0.78	85,008	97,317	87.35	0.87
53	Florya	Beşyol	0.89	84,597	97,317	86.93	0.87
14	Boğaziçi Koprusu	Zİncirlikuyu	4.31	59,202	69,616	85.04	0.85
55	Cennet Mahallesi	Florya	0.7	83,153	97,317	85.45	0.85
57	Kucukcecece	Cennet Mahallesi	1.11	81,762	97,317	84.02	0.84
59	İBB Sosyal Tesisler	Kucukcecece	2.3	78,740	97,317	80.91	0.81
10	Altunizade	Burhaniye Mahallesi	1.23	54,872	69,616	78.82	0.79
12	Burhaniye Mahallesi	Boğaziçi Koprusu	0.64	55,202	69,616	79.3	0.79
61	Şükrübey	İBB Sosyal Tesisler	1.2	77,002	97,317	79.12	0.79
63	Avcılar	Şükrübey	0.66	74,300	97,317	76.35	0.76
67	Ambarlı	Avcılar Merkez	0.79	53,609	71,796	74.67	0.75
23	Okmeydanı	Darülaceze Perpa	0.86	70,677	97,317	72.63	0.73
21	Darülaceze Perpa	Okmeydanı Hastane	0.89	69,695	97,317	71.62	0.72
25	Halıcıoğlu	Okmeydanı	1.51	69,972	97,317	71.9	0.72
27	Ayvansaray	Halıcıoğlu	1.47	69,766	97,317	71.69	0.72
29	Edirnekapı	Ayvansaray	0.86	70,442	97,317	72.38	0.72
8	Acıbadem	Altunizade	0.99	49,309	69,616	70.83	0.71
37	Merter	Cevizlibağ	1.48	69,165	97,317	71.05	0.71
69	Saadetdere Mahallesi	Ambarlı	1.24	50,755	71,796	70.69	0.71
19	Okmeydanı Hastane	Çağlayan	0.39	68,294	97,317	70.18	0.70
31	Maltepe	Edirnekapı	1.22	67,691	97,317	69.56	0.70
33	Topkapı	Maltepe	0.56	67,691	97,317	69.56	0.70
35	Cevizlibağ	Topkapı	0.73	68,106	97,317	69.98	0.70
17	Çağlayan	Mecidiyeköy	0.97	64,268	97,317	66.04	0.66

Hacim/Kapasite oranları %90'nın üzerinde olan kesimler kırmızı oklar ile Şekil 34' de gösterilmiştir.

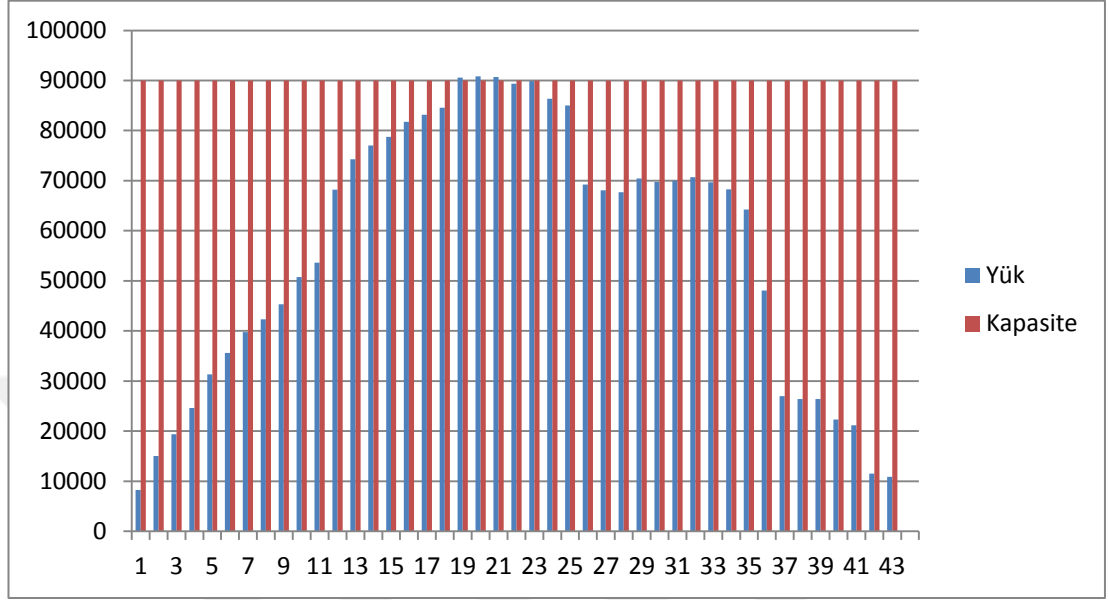


Şekil 34: Hacim kapasite oranı %90' in üzerinde olan kesimler



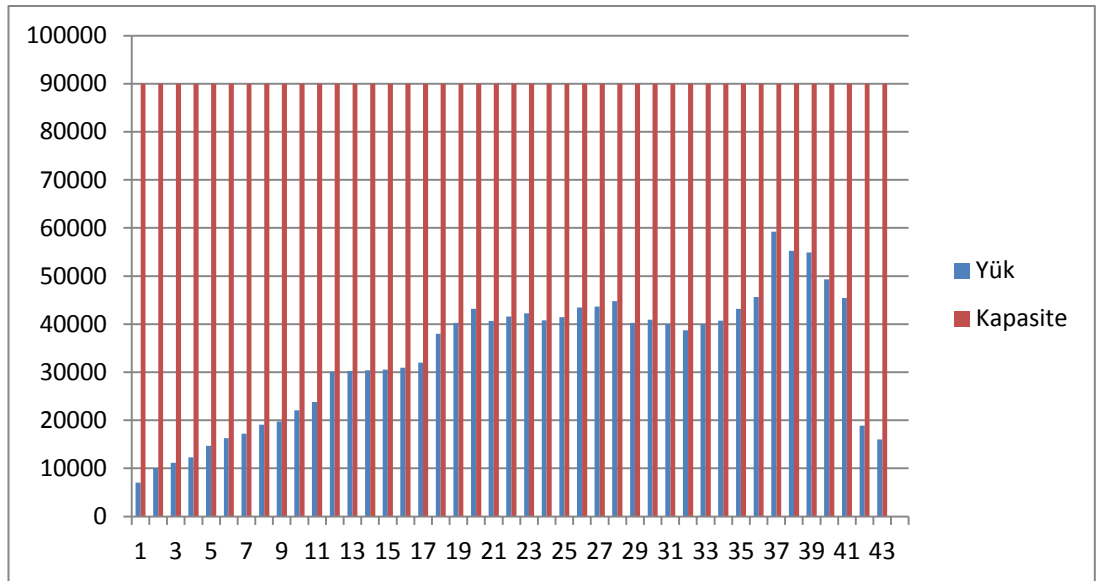
Şekil 35: %93' lük kesimin yolculuk değerleri

Şekil 36’ da Metrobüs hattının Beylikdüzü yönünden Söğütluçeşme yönüne olan kapasite-yük miktarları grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 36: Beylikdüzü yönünden Söğütluçeşme yönüne yük kapasite oranları

Şekil 37’ de Metrobüs hattının Söğütluçeşme yönünden Beylikdüzü yönüne olan kapasite-yük miktarları grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 37: Söğütluçeşme yönünden Beylikdüzü yönüne yük kapasite oranları

4.6. Kapasite Dengeleme ve Matematiksel Modeli

Mevcut metrobüs hatları ve O-D matrislerinden elde edilen durak yüklerinden yararlanarak yük toplamı ile araçların, istasyonlar arasında oluşturduğu kapasite farkını minimize etmeye yönelik olarak bir matematiksel model önerilmiştir.

Modelde,

A : Araç kapasitesi

kapasite k : Duraklar arasında araçların oluşturduğu kapasite miktarı

yük k : Duraklar arasında hareket eden kişi sayısı (O-D matrisi üzerinden hesaplanmıştır)

X_i : i. hattının sefer frekansı

Y_i : i. hattın verilen süre içerisinde geçen araç sayısı

D : Model kapsamında kullanılan durak sayısı

H : Model kapsamında kullanılan ve belirtilen k durağından geçen hat sayısı

$(Y_i = \frac{\text{Planlama periyodu uzunluğu}}{X_i})$ olmak üzere;

$$Z_{min} = \sum_{k=1}^{k=D-1} \text{kapasite } k - \text{yük } k$$

$$\text{kapasite } k = \sum_{i=1}^{i=H} A \cdot Y_i \quad \forall k \text{ durağı için}$$

$$\text{kapasite } k - \text{yük } k \geq 0 \quad \forall k \text{ durağı için}$$

$$X_i \in I^+$$

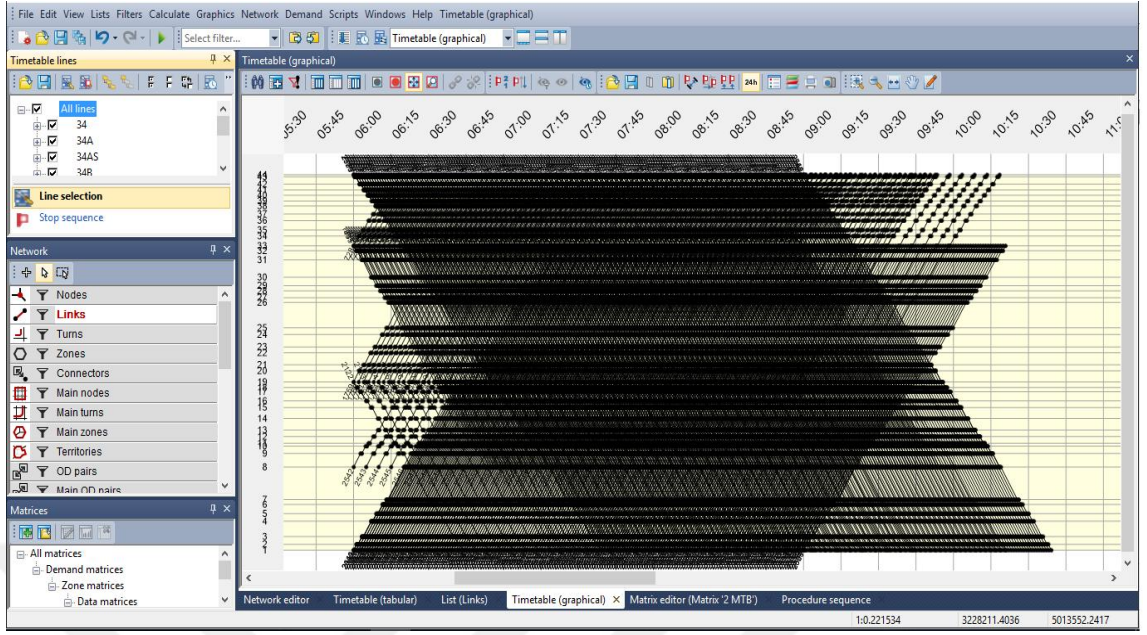
4.7. Matematiksel Model Sonuçlarının Simülasyon Yoluyla Doğrulanması

İstasyonlar arası yükler, kullanılan hat güzergah bilgileri ve araç kapasite bilgilerinin önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programının Çözücü eklentisi kullanılarak çözülmesi sonucunda belirlenen araç frekansları belirlenmiştir. Böylece araç frekansları ile belirlenen kapasitenin yükü karşılarken mümkün olduğunca az olması sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak yeni bir senaryo oluşturulmuş ve Visum programı vasıtaıyla simüle edilerek doğrulanması hedeflenmiştir. Çözüm sonucunda Tablo 20’de görülen frekanslar belirlenmiştir. Sonuçlara göre 34 (Zincirlikuyu-Avcılar), 34B(Beylikdüzü-Avcılar), 34G(Söğütlüçeşme-Beylikdüzü), ve 34Z(Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme) güzergahlarının iptal edildiği görülmüştür.

Tablo 21: Modelin belirlediği frekans değerleri

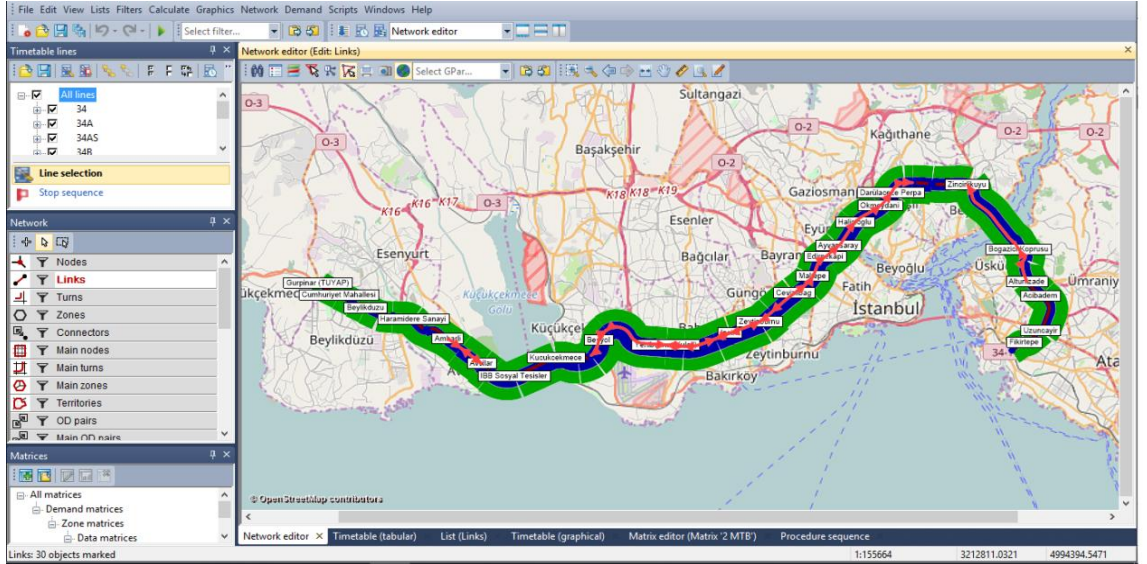
Hatlar	Araç Sefer Frekansı (dk)	Kullanılan Otobüs	Otobüsün Kapasitesi (Ayakta+Oturan)
34 (Avcılar-Zincirlikuyu)	1	Capacity	165
34 (Zincirlikuyu-Avcılar)	0	Capacity	165
34A (Cevizlibağ-Söğütlüçeşme)	5	Capacity	165
34A (Söğütlüçeşme-Cevizlibağ)	1	Capacity	165
34AS (Avcılar-Söğütlüçeşme)	2	Capacity	165
34AS (Söğütlüçeşme-Avcılar)	1	Capacity	165
34B (Beylikdüzü-Avcılar)	0	Capacity	165
34B (Avcılar-Beylikdüzü)	2	Capacity	165
34BZ (Beylikdüzü-Zincirlikuyu)	9	Capacity	165
34BZ (Zincirlikuyu-Beylikdüzü)	5	Capacity	165
34C (Beylikdüzü-Cevizlibağ)	1	Capacity	165
34C (Cevizlibağ-Beylikdüzü)	2	Capacity	165
34G (Beylikdüzü-Söğütlüçeşme)	1	Capacity	165
34G (Söğütlüçeşme-Beylikdüzü)	0	Capacity	165
34Z (Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme)	0	Capacity	165
34Z (Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu)	3	Capacity	165

Çözüm modelinde tek tip olarak sadece Capacity marka araçlar kullanılacaktır. Capacity marka araçların kapasitesi 165 olarak belirlenmiştir. Söğütlüçeşme-Beylikdüzü arasında yeni seferler oluşturulmuştur.



Şekil 38: Oluşturulan seferlerin grafiği

Yukarıda verilen temel veriler kullanılarak Visum programında atama analizleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.



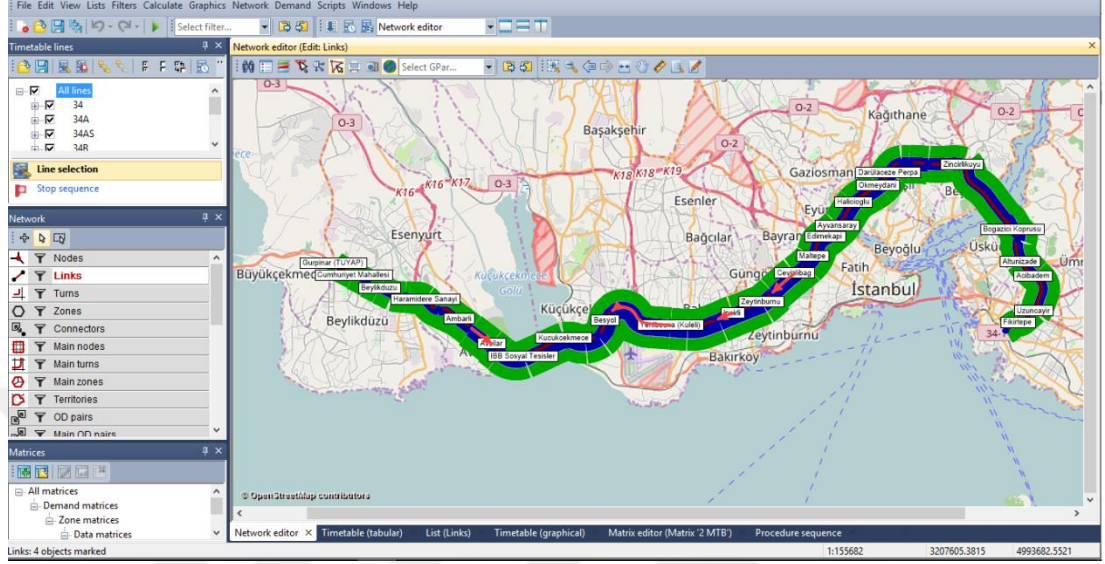
Şekil 39: Atama sonucunda oluşan network yapısı

Tablo 22: En yoğun kesimler

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk	Talep (Hacim)	Otobüslerle taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite (%)	Hacim/Kapasite
1	Avcılar Merkez	Avcılar	1,3	68.223.94	57.381	117,63	1,18
2	Cevizlibağ	Merter	1,48	40.495.99	41.867	103,71	1,04
3	Yenibosna (Kuleli)	Sefaköy	3,35	43.154.35	41.867	103,07	1,03
4	İncirli	Bahçelievler	0,79	42.241.00	41.867	100,89	1,01
5	Bahçelievler	Şirinevler	1,63	41.599.26	41.867	99,36	0,99
6	Merter	Zeytinburnu	0,78	41.438.30	41.867	98,98	0,99
7	Avcılar	Avcılar Merkez	1,3	30.156.45	29.177	98,41	0,98
8	Zeytinburnu	İncirli	1,59	40.810.92	41.867	97,48	0,97
9	Şirinevler	Yenibosna (Kuleli)	0,89	40.649.85	41.867	97,09	0,97
10	Boğaziçi Koprusu	Zİncirlikuyu	4,31	59.202.44	61.107	96,88	0,97
11	Sefaköy	Beşyol	0,65	40.225.16	41.867	96,08	0,96
12	Sefaköy	Yenibosna (Kuleli)	3,35	90.841.34	95.733	94,89	0,95
13	Yenibosna (Kuleli)	Şirinevler	0,89	90.684.44	95.733	94,73	0,95
14	Beşyol	Sefaköy	0,65	90.551.16	95.733	94,59	0,95
15	Bahçelievler	İncirli	0,79	89.891.66	95.733	93,9	0,94
16	Okmeydanı	Darülaceze Perpa	0,86	70.676.55	75.429	93,7	0,94

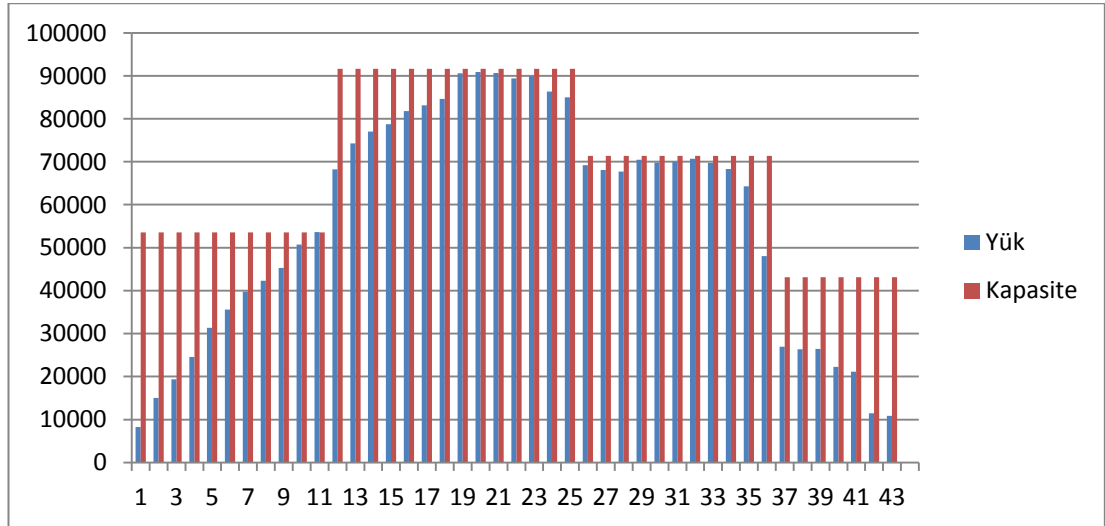
Tablo 21'de önerilen model sonucunda belirlenen frekanslar ile yapılan simülasyonda bir kaç durak haricinde kapasitelerin aşılmadığı görülmektedir.

Hacim/Kapasite oranları %90'nın üzerinde olan kesimler kırmızı oklar ile Şekil 40' da gösterilmiştir.



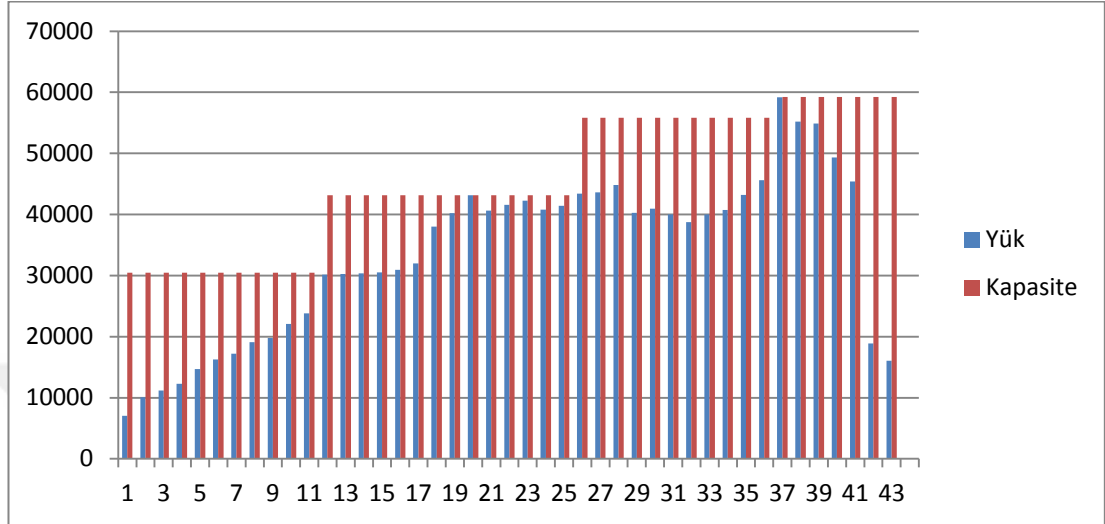
Şekil 40: Hacim kapasite oranı %90' ın üzerinde olan kesimler

Şekil 41' de Metrobüs hattının Beylikdüzü yönünden Söğütluçeşme yönüne olan kapasite-yük miktarları grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 41: Beylikdüzü yönünden Söğütluçeşme yönüne yük kapasite oranları

Şekil 42’ de Metrobüs hattının Söğütlüçeşme yönünden Beylikdüzü yönüne olan kapasite-yük miktarları grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 42: Söğütlüçeşme yönünden Beylikdüzü yönüne yük kapasite oranları

Grafikler incelendiğinde yük ve kapasite arasında çok az miktarlarda fark olduğu görülmektedir. Bu da işletme açısından araç ve şoför maliyetlerinin düştüğünü göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul gibi büyük şehirlerin trafik probleminin çözümünde toplu taşıma araçları büyük önem arz etmektedir. Metrobüs sistemi entegrasyonu nispeten daha kolay olan bir toplu taşıma modu olmasına karşın İstanbul’da olduğu gibi yoğun kullanımının olduğu hallerde, kapasite üstüne kolaylıkla çıkabilmektedir. Bu durumda Metrobüs işletme planlamasında yapılabilecek geliştirmeler ile kapasite artırılması en uygun yöntemlerden biridir.

Bu çalışmada akademik literatürdeki benzer çalışmalar incelenmiş, mevcut çalışmalarla, hazırlanmış olduğumuz çalışma arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Diğer çalışmalarda, metrobüs hattında gerçek veriler ile bir simülasyon aracı kullanılarak analiz yapılmadığı belirlenmiştir.

İstanbul Metrobüs işletme planlaması için önerilen senaryoda, metrobüs araçlarının hesaplamalar sonucunda elde edilen 3’lü setler halinde, aynı metro sisteminin bir vagonu gibi çalıştırılması sağlanmıştır. Önerilen senaryonun ortaya koymuş olduğu çok düşük maliyetlerin yanında alınacak bazı önlemler yardımıyla uygulanabilir olması sonucu daha etkin kılmaktadır. Mevcut senaryo ile önerilen senaryo arasında hacim/kapasite oranı açısından 1.5 katlık bir iyileşme olduğu görülmüştür.

Senaryonun gerçek hayatta uygulanabilmesi için bazı önlemler alınması gerekmektedir. Araçlara yerleştirilecek olan donanımlar ile araçlar arasındaki mesafe anlık olarak ölçülecek ve tahsisli kısa mesafe haberleşmesi ile ilgili hattı kullanan ve belirli mesafelerde birbirlerini izleyen araçlara iletilecektir. Elde edilen bilgiler duraklara yerleştirilecek olan bilgilendirme ekranları vasıtasıyla yolcularla paylaşılacak, aynı zamanda araç sürücülere önünde konumlandırılan araç içi ekranlarda da sürücülere aktarılacaktır. İstasyonlar da aynı metro istasyonları gibi her bir metrobüsün uzunluğuna göre kapı hizaları belirlenerek boyanacak ve yolcuların bekleyeceği yerler düzenlenecektir. Böylece yolcuların 3’lü grup halinde gelen metrobüslere eşit oranda binmeleri sağlanacak ve araçlara binme süreleri, araçların da istasyonlardan ayrılma süreleri kısaltılacaktır. Ayrıca gerekli durumlarda en önde giden araç yolcu kapasitesini doldurmuşsa duraklarda sadece yolcu indirmek için duracaktır. Bu durum durakta bekleyen yolculara da bilgilendirme ekranları üzerinden aktarılacaktır. Bu geliştirmeler ile katarlanma problemi çözülmüş olacak

ve senaryonun gerçekleştirilmesi için ilgili uygulamalar, yazılımlar ve servisler çıktı olarak elde edilecektir.

Gelecekte Metrobüs işletme planlanmasının geliştirilmesine yönelik olarak, özellikle akıllı ulaşım teknolojilerinin entegrasyonu ile yeni mler sağlanabilir. Bu geliştirmeler, yapılmış olan çalışmaya benzer nitelikte, bir simülasyon programına aktarılarak iyileşme miktarları tespit edilebilir ve talep yönetimi bilimsel verilere dayandırılarak karşılanır.



KAYNAKÇA

- [1] Şahin, İ. (6 Ekim 2009). Metrobüs (BRT) Sistemlerinin Planlama, Tasarım Ve İşletim Özellikleri. 8 Ulaştırma Kongresi' den sunulan Bildiri, TMMOB İMO İstanbul Şubesi, Türkiye.
- [2] TCRP (2003). Real – Time Bus Arrival Information Systems, Transportation Cooperative Research Program.
- [3] Kılıoğlu, E. (2012). İstanbul Metrobüs Sisteminin Kapasitesinin Arttırılması İçin Alınması Gereken Önlemler. Yayınlanmamış Yüksek Lisans/ Doktora Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi.
- [4] Şahin, İ. (6 Ekim 2009). Metrobüs (BRT) Sistemlerinin Planlama, Tasarım Ve İşletim Özellikleri. 8 Ulaştırma Kongresi' den sunulan Bildiri, TMMOB İMO İstanbul Şubesi, Türkiye.
- [5] Diaz R. B. ve Hinebaugh D. M., (2009). Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision – Making. Tampa FL. National Bus Rapid Transit Institute. Center for Urban. Yüksek Lisans/ Doktora Tezi, Transportation Research. University of South Florida.
- [6] TCRP (1995). Research Results Digest 5: Electronic On- Vehicle Passenger Information Displays (Visual and Audible), Transportation Cooperative Research Program.
- [7] Cui, A. (2006). Bus Passenger Origin-Destination Matrix Estimation Using Automated Data Collection Systems Yüksek Lisans/ Doktora Tezi, MIT.
- [8] Halaç, O. İşletmelerde Simülasyon Teknikleri. İstanbul Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, 1982.
- [9] <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-visum/> (02.01.2017).
- [10] www.anylogic.com (02.01.2017).

- [11] Tektaş, M., Korkmaz, K., Erdal, H. (2017). Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geleceği 1(1), 10-12.
- [12] ITS Stratejik Araştırma Planı, 2010-2014.
- [13] <https://www.foodandcity.org/digital/2016/3/16/driverless-trucks> (10.04.2017)
- [14] Davila, A., del Pozo, E., Aramburu, E., and Freixas, A., "Environmental Benefits of Vehicle Platooning," SAE Technical Paper 2013-26-0142, 2013,10.4271/2013-26-0142.
- [15] <http://metrobus.iett.istanbul/tr/metrobus/pages/metrobus-tarihce/222> (19.03.2017)
- [16] Güven, G. (2008) Metrobüs Sistemlerinin Planlama, Tasarım ve İşletim Özellikleri. Yüksel Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] Borndörfer, 2016 Optimization in Public Transportation, Zuse Institute Berlin.
- [19] Çancı M. ,2008. Metrobüs ve İstanbulda Metrobüs Uygulamaları. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi sunumu.
- [20] <http://kentvedemiryolu.com/icerik.php?id=608> (20.03.2017)

EKLER

Ek 1: İstasyon ve platform alanlarının boyutları

Sıra No	İstasyon Adı	Aktif Kullanılan Alan		Merdiven Altı		İndirme Peronu	
		Eni (m)	Boyu (m)	Eni (m)	Boyu (m)	Eni (m)	Boyu (m)
1	TÜYAP	7,774	177,721				
2	HADIMKÖY	5,327	110,99	5,172	19,035		
3	CUMHURİYET MAH.	6,032	106,344	5,972	12,111		
4	BEYLİKDÜZÜ BELEDİYE	5,611	139,236				
5	BEYLİK DÜZÜ	5,864	116,416	5,78	10,102		
6	GÜZEL YURT	3,173	100,046	3,244	24,536		
7	HARAMİDERE	5,788	107,047	5,771	9,652		
8	HARAMİDERE SANAYİ	5,872	116,246	5,701	24,236		
9	SAADETDERE MAH.	5,67	107,222	5,67	10,9		
10	MUSTAFA KEMAL PAŞA	4,822	117,855	4,917	12,526		
11	CİHANGİR ÜNİVERSİTE MAH.	5,975	76,907	6,038	19,277		
12	AVCILAR ÜNİ. KAMPÜSÜ	8	127,723	8,395	13,862		
13	ŞÜKRÜBEY	3,525	67,96	2,88	132		
14	BÜYÜKŞEHİR BLD. SOS. TESİSLER	3,383	74,955				
15	K. ÇEKMECE	3,601	75,45	3,507	14,963		
16	CENNET MAH.	5,181	84,74	5,39	34,969		
17	FLORYA	3,629	86,219				
18	BEŞYOL	2,924	66,141	2,233	23,12		
19	SEFAKÖY	5,272	93,412	5,11	18,494	5,036	85,65
20	YENİBOSNA	3,257	61,122	3,479	38,19	3,389	57,711
21	ŞİRİNEVLER	4,27	86,55	4,292	23,481	4,032	61,478
22	BAHÇELİEVLER	4,206	87,507	3,955	17,664		
23	İNCİRLİ	3,284	95,03	3,239	28		
24	ZEYTİNBURNU	3,22	106,477	3,221	56,436	2,828	52,459
25	MERTER	3,286	85,129	3,412	44,48		
26	CEVİZLİBAĞ	4,183	163,472	4,53	50,04	3,431	10,6
27	TOPKAPI	3,5	77,2	3,92	18,5		
28	MALTEPE	2,96	84,289	2,9	63,08	2,8	60,444
29	VATAN CAD.	İstasyon Aktif Değil					
30	EDİRNEKAPI	5	205,06	5	29,4		
31	AYVANSARAY	5	110,5	4,891	53,87		
32	HALICIOĞLU	5,3	82,3	5,3	32,5		

Ek 1 (devamı)

Sıra No	İstasyon Adı	Aktif Kullanılan Alan		Merdiven Altı		İndirme Peronu	
33	OKMEYDANI	4	77	3,8	24,759		
34	DARÜLAZECE	5,95	107,66				
35	OKMEYDANI HASTANE	3,1	81,191	4,8	74		
36	ÇAĞLAYAN	3,7	109,63	3,7	18		
37	MECİDİYEKÖY	8,5	115	5,8	35		
	ZİNCİRLİKUYU (34BZ)	8,147	106			8,483	47,7
38	ZİNCİRLİKUYU (34Z)	3,916	95,695				
39	BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜ 1	2,95	98				
39	BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜ 2	2,36	57,07				
40	BURHANİYE	2,16	41				
41	ALTUNİZEDE	5,055	110	4,12	23,737		
42	ACIBADEM	5,07	75,5	4,535	16,626		
43	UZUNÇAYIR	5,25	93,86				
44	FİKİRTEPE	5,78	80	4,862	153		
45	SÖĞÜTLÜÇEŞME	Kurbağalı Dere İslah Çalışmaları Kapsamında Şantiye Durumundadır.					

Ek 2: O-D matrisi (06:00 - 09:00 saatleri arası)

Satır Etiketleri	Büyükçekmece Tüyladımköy Kav. Cumhuriyikdüzü Bel. Beylikdüz. Güzelyu7. Haramideimidere Sana							
01. Büyükçekmece Tüyap		2	6	29	44	5	7	30
02. Hadımköy Kavşağı	57		2	12	32	5	10	28
03. Cumhuriyet	135	28		7	50	9	14	54
04. Beylikdüzü Belediyesi	271	51	2		5	13	14	64
05. Beylikdüzü	304	63	8	9		1	4	94
06. Güzelyurt	89	20	13	6	9		4	37
07. Haramidere	59	46	11	28	52	4		18
08. Haramidere Sanayi Sitesi	61	25	24	42	32	20	10	
09. Saadetdere Mahallesi	58	49	15	36	53	51	20	1
10. Ambarlı	180	110	43	73	146	32	50	42
11. Avcılar Merkez	117	111	35	49	94	28	31	42
12. Avcılar	194	106	81	72	136	75	47	45
13. Şükrübey	199	108	41	92	131	78	42	85
14. İETT Kampı	39	38	23	15	57	18	10	23
15. Küçükçekmece	63	62	19	23	89	33	50	39
16. Cennet	102	93	24	82	73	32	8	54
17. Florya	70	41	14	10	54	34	8	42
18. Beşyol	107	42	25	32	63	29	19	41
19. Sefaköy	230	172	71	123	167	110	73	131
20. Yenibosna	261	165	57	69	165	120	53	131
21. Şirinevler	482	324	143	190	293	151	114	272
22. Bahçelievler	206	93	50	64	102	63	60	72
23. İncirli	223	94	52	52	115	60	43	87
24. Zeytinburnu	398	215	77	54	152	126	71	162
25. Merter	195	71	22	23	88	48	24	62
26. Cevizlibağ	268	112	64	45	126	88	77	104
27. Topkapı	58	17	1	2	15	9	7	11
28. Maltepe	135	29	16	21	50	39	21	41
29. Edirnekapı	493	203	69	60	130	113	61	150
30. Ayvansaray	87	30	20	14	37	39	23	43
31. Halıcıoğlu	56	44	6	11	29	10	8	18
32. Okmeydanı	68	21	23	1	14	22	9	25
33. Perpa	96	34	7	4	19	12	6	22
34. Okmeydanı SSK	44	20	6	6	10	6	2	8
35. Çağlayan	86	26	9	9	18	16	2	32
36. Mecidiyeköy	240	111	24	18	42	56	23	56
37. Zincirlikuyu	506	106	54	50	77	64	47	98
38. Boğaz Köprüsü	68	21	12	2	8	10	4	20
39. Burhaniye	4	1	2	1	2	1	2	2
40. Altunizade	171	43	21	8	38	19	27	37
41. Acıbadem	62	20	2	2	12	6	20	6
42. Uzunçayır	328	89	47	31	40	57	40	100
43. Fikirtepe	22	9	1	7	1	1	1	1
44. Söğütlüçeşme	149	36	9	14	46	16	33	18
	7040	3102	1252	1499	2915	1729	1201	2449

Ek 2 (devamı): O-D matrisi (06:00 - 09:00 saatleri arası)

Satır Etiketleri	İETT M10. Ambarlı	10. Avcılar Merkez	12. Avcılar3. Şükrübel.	İETT Kamçukçe	16. Cennet	17. Florya			
01. Büyükçekmece Tüyap	4	21	32	101	43	25	80	74	57
02. Hadımköy Kavşağı	17	52	60	131	32	18	75	57	70
03. Cumhuriyet	9	86	52	99	39	11	40	49	66
04. Beylikdüzü Belediyesi	21	61	53	183	46	6	66	52	76
05. Beylikdüzü	23	73	51	158	41	16	58	83	94
06. Güzelyurt	11	26	15	84	44	7	67	30	65
07. Haramidere	4	30	36	84	26	5	42	53	49
08. Haramidere Sanayi Sitesi	1	17	10	31	21	5	38	22	41
09. Saadetdere Mahallesi		4	18	75	34	8	33	30	50
10. Ambarlı	2		4	38	33	2	37	57	94
11. Avcılar Merkez	5	2		26	38	6	29	47	45
12. Avcılar	15	77	20		13	4	89	152	190
13. Şükrübey	14	123	46	22		4	45	156	141
14. İETT Kampı	9	12	11	27	7		10	46	80
15. Küçükçekmece	26	61	21	65	11	1		16	24
16. Cennet	9	70	47	111	46	6	12		1
17. Florya	6	30	16	77	35	10	9	4	
18. Beşyol	11	54	35	133	48	4	9	33	4
19. Sefaköy	40	173	156	336	81	34	20	82	38
20. Yenibosna	56	209	152	339	107	36	40	68	164
21. Şirinevler	119	382	285	749	195	71	153	242	212
22. Bahçelievler	35	119	85	358	70	8	29	73	86
23. İncirli	35	119	88	230	46	10	45	70	109
24. Zeytinburnu	50	240	154	405	65	38	41	138	154
25. Merter	34	86	76	165	26	16	22	29	51
26. Cevizlibağ	57	163	117	444	46	29	37	49	65
27. Topkapı	7	12	19	23	7	4	6	9	9
28. Maltepe	26	60	37	143	22	8	8	50	29
29. Edirnekapı	77	272	217	672	72	39	73	90	150
30. Ayvansaray	7	47	36	90	17	5	16	7	18
31. Halıcıoğlu	13	26	28	80	10	13	20	9	19
32. Okmeydanı	7	34	44	69	11	1	11	11	26
33. Perpa	19	35	39	89	7	2	10	20	26
34. Okmeydanı SSK	11	11	11	53	15	2	6	16	13
35. Çağlayan	9	20	32	86	16	1	4	19	18
36. Mecidiyeköy	31	80	85	322	31	11	15	39	59
37. Zincirlikuyu	74	181	113	643	40	31	36	59	108
38. Boğaz Köprüsü	8	24	32	104	1	4	4	6	10
39. Burhaniye	1	1	1	6	1	1	1	1	2
40. Altunizade	25	55	46	268	8	4	16	11	28
41. Acıbadem	1	12	8	65	1	1	4	2	8
42. Uzunçayır	58	167	104	687	26	15	28	34	79
43. Fikirtepe	2	6	6	22	1	1	1	2	9
44. Söğütlüçeşme	27	52	44	355	5	10	11	30	35
	1017	3389	2543	8245	1484	534	1397	2124	2671

Ek 2 (devamı): O-D matrisi (06:00 - 09:00 saatleri arası)

Satır Etiketleri	18. Beşyol	19. Sefaköy	20. Yenibosna	21. Şirinevler	22. Bahçelievler	23. İncirli	24. Zeytinburnu	25. Merter	26. Cevizlibağ
01. Büyükçekmece Tüyap	188	187	425	568	470	357	445	198	1558
02. Hadımköy Kavşağı	209	253	438	509	382	313	414	239	1199
03. Cumhuriyet	156	122	300	340	171	176	291	97	651
04. Beylikdüzü Belediyesi	205	168	388	452	319	172	271	157	788
05. Beylikdüzü	237	251	473	565	324	297	450	183	1119
06. Güzelyurt	105	171	313	368	215	157	370	142	659
07. Haramidere	96	137	331	388	202	210	258	123	634
08. Haramidere Sanayi Sitesi	94	104	223	253	175	113	237	95	458
09. Saadetdere Mahallesi	77	142	262	275	164	131	222	105	444
10. Ambarlı	232	246	409	599	332	232	549	175	893
11. Avcılar Merkez	92	114	192	364	187	127	254	119	577
12. Avcılar	383	488	836	1346	705	573	1252	462	2593
13. Şükrübey	320	211	424	688	374	347	467	179	1049
14. İETT Kampı	81	76	188	347	131	105	274	88	491
15. Küçükçekmece	68	27	99	205	102	93	254	71	350
16. Cennet	73	49	123	377	225	178	258	100	670
17. Florya	14	32	139	241	226	138	226	60	443
18. Beşyol		11	160	517	367	249	297	135	693
19. Sefaköy	24		109	535	298	264	590	273	1297
20. Yenibosna	379	199		21	113	157	158	42	580
21. Şirinevler	1175	560	83		161	118	203	56	664
22. Bahçelievler	304	196	99	36		8	80	56	296
23. İncirli	378	173	201	98	15		48	41	227
24. Zeytinburnu	624	389	318	171	183	76		8	90
25. Merter	137	110	51	34	31	15	6		140
26. Cevizlibağ	324	162	184	132	104	50	21	34	
27. Topkapı	53	35	25	28	21	18	24	21	9
28. Maltepe	155	90	74	58	38	34	21	42	99
29. Edirnekapı	732	493	710	528	490	284	274	238	172
30. Ayvansaray	118	69	180	111	88	75	100	50	97
31. Halıcıoğlu	105	67	247	162	143	160	153	118	230
32. Okmeydanı	58	67	187	162	121	127	221	113	179
33. Perpa	131	117	159	111	88	110	120	100	215
34. Okmeydanı SSK	64	85	131	94	61	61	119	57	149
35. Çağlayan	92	91	160	121	138	126	151	113	234
36. Mecidiyeköy	281	242	509	375	360	391	313	243	754
37. Zincirlikuyu	516	344	733	580	440	499	482	258	743
38. Boğaz Köprüsü	87	82	148	63	65	55	119	82	169
39. Burhaniye	1	4	14	2	4	4	1	8	14
40. Altunizade	195	152	296	159	145	148	132	114	328
41. Acıbadem	36	67	129	63	53	41	71	53	139
42. Uzunçayır	461	316	643	355	364	418	335	226	746
43. Fikirtepe	24	13	46	33	31	25	24	27	97
44. Söğütliçeşme	236	150	372	213	174	267	186	152	510
	9319	7062	11531	12645	8800	7500	10740	5253	23449

Ek 2 (devamı): O-D matrisi (06:00 - 09:00 saatleri arası)

Satır Etiketleri	27. Topkapı	8. Maltepe	Edirnekapı	Ayvansaray	1. Halıcıoğlu	Okmeydanı	33. Perpa	Okmeydanı
01. Büyükçekmece Tüyap	79	176	284	109	104	36	112	98
02. Hadımköy Kavşağı	63	134	215	75	49	33	83	64
03. Cumhuriyet	26	76	100	36	32	13	53	33
04. Beylikdüzü Belediyesi	25	92	125	79	27	7	50	39
05. Beylikdüzü	46	113	191	59	55	31	104	48
06. Güzelyurt	56	93	153	63	19	31	63	47
07. Haramidere	56	93	116	71	29	26	72	44
08. Haramidere Sanayi Sitesi	18	64	94	33	26	17	57	28
09. Saadetdere Mahallesi	40	60	85	48	28	26	58	33
10. Ambarlı	54	129	161	65	20	43	60	55
11. Avcılar Merkez	28	75	71	30	19	16	38	38
12. Avcılar	169	405	528	241	135	147	242	189
13. Şükrübey	79	149	170	72	35	40	50	44
14. İETT Kampı	40	77	55	35	27	6	34	36
15. Küçükçekmece	40	42	82	39	25	31	32	30
16. Cennet	61	106	147	47	47	31	64	46
17. Florya	42	56	69	29	17	5	36	36
18. Beşyol	71	88	105	63	25	19	49	38
19. Sefaköy	141	327	323	190	110	92	208	215
20. Yenibosna	77	146	212	201	158	107	222	243
21. Şirinevler	99	243	305	278	240	117	348	332
22. Bahçelievler	49	45	148	128	86	70	142	109
23. İncirli	15	52	122	151	129	48	228	126
24. Zeytinburnu	8	47	72	122	118	67	214	170
25. Merter	12	32	33	55	47	54	158	80
26. Cevizlibağ	2	52	32	53	54	27	178	145
27. Topkapı		1	3	1	5	5	17	21
28. Maltepe	5		21	43	29	51	167	163
29. Edirnekapı	12	53		43	97	60	273	172
30. Ayvansaray	27	46	14		15	14	145	42
31. Halıcıoğlu	39	181	99	60		1	51	54
32. Okmeydanı	34	149	117	68	22		23	57
33. Perpa	30	124	78	68	24	28		2
34. Okmeydanı SSK	19	80	80	42	9	4	4	
35. Çağlayan	24	83	83	76	29	18	29	5
36. Mecidiyeköy	76	291	281	223	161	71	469	245
37. Zincirlikuyu	95	363	290	296	140	82	506	342
38. Boğaz Köprüsü	55	143	133	121	76	70	219	150
39. Burhaniye	1	4	19	8	2	2	12	12
40. Altunizade	60	241	249	237	149	87	290	213
41. Acıbadem	10	89	103	99	71	26	169	81
42. Uzunçayır	133	393	545	555	338	271	984	674
43. Fikirtepe	7	59	51	63	36	20	54	59
44. Söğütölçeşme	35	231	222	275	178	86	456	252
	2055	5501	6388	4651	3042	2037	6823	4910

Ek 2 (devamı): O-D matrisi (06:00 - 09:00 saatleri arası)

Satır Etiketleri	5. Çağlaya	Mecidiyeköy	Zincirlikuyu	Boğaz Köprüsü	Burhaniye	Altunizade	Acıbadem	Uzunçayır	Fikirtepe	Söğütlüçeşme	Genel Toplam
01. Büyükçekmece Tüyap	133	558	1130	29	1	67	29	173	1	176	8256
02. Hadımköy Kavşağı	116	400	672	11	1	63	12	109	4	97	6815
03. Cumhuriyet	57	314	574	11	1	17	6	74	1	52	4528
04. Beylikdüzü Belediyesi	89	319	615	8	1	28	4	69	1	105	5585
05. Beylikdüzü	121	520	784	6	1	48	12	85	2	75	7279
06. Güzelçayır	88	269	394	4	1	15	10	48	4	54	4440
07. Haramidere	78	256	474	6	1	32	4	46	4	67	4402
08. Haramidere Sanayi Sitesi	71	170	276	10	1	21	6	35	3	26	3110
09. Saadetdere Mahallesi	56	182	261	8	1	14	6	40	4	36	3341
10. Ambarlı	134	403	490	11	1	41	8	111	12	94	6503
11. Avcılar Merkez	53	189	312	11	1	27	6	43	2	58	3749
12. Avcılar	355	1151	2009	63	1	138	31	321	9	356	16442
13. Şükrübey	113	420	647	14	1	44	6	95	2	100	7466
14. İETT Kampı	51	210	226	1	1	18	4	35	1	45	3106
15. Küçükçekmece	81	220	328	13	1	40	17	45	8	68	3011
16. Cennet	100	422	599	10	1	40	8	72	4	85	4713
17. Florya	58	231	285	1	1	32	10	48	2	54	2991
18. Beşyol	68	368	505	22	1	29	8	62	2	120	4761
19. Sefaköy	310	1197	1483	31	1	146	44	279	12	271	10803
20. Yenibosna	403	1090	1378	38	1	153	39	263	16	302	8892
21. Şirinevler	590	1754	2049	53	1	218	66	408	15	481	14993
22. Bahçelievler	258	986	1266	29	1	121	37	222	2	181	6529
23. İncirli	337	1200	1530	27	1	135	56	266	10	296	7388
24. Zeytinburnu	381	1091	1305	36	1	136	40	189	12	221	8629
25. Merter	213	343	378	16	1	45	12	115	6	120	3283
26. Cevizlibağ	378	635	700	33	1	124	31	151	9	186	5691
27. Topkapı	43	60	54	2	1	2	7	23	2	17	719
28. Maltepe	226	471	675	34	1	135	33	224	13	272	3909
29. Edirnekapi	533	1680	1657	89	4	453	125	701	32	854	13701
30. Ayvansaray	102	376	406	48	2	136	19	216	20	243	3294
31. Halıcıoğlu	69	553	606	42	1	117	32	248	17	222	4176
32. Okmeydanı	77	498	707	21	1	107	19	228	8	229	4000
33. Perpa	55	694	663	41	1	209	74	491	13	405	4599
34. Okmeydanı SSK	9	384	518	35	1	98	22	219	11	182	2779
35. Çağlayan		169	509	43	1	195	59	441	29	333	3760
36. Mecidiyeköy	339		282	147	1	479	161	1317	72	1093	10420
37. Zincirlikuyu	452	95		272	5	1093	316	1902	107	1957	15191
38. Boğaz Köprüsü	422	685	1141		1	12	46	216	20	413	5132
39. Burhaniye	16	43	129	4		2	10	49	4	21	425
40. Altunizade	536	797	2067	13	1		40	342	70	256	8144
41. Acıbadem	200	653	1770	32	1	85		155	14	179	4623
42. Uzunçayır	1679	4470	9462	191	2	1182	222		78	425	27398
43. Fikirtepe	102	423	1077	51	1	194	47	181		41	2881
44. Söğütlüçeşme	697	2153	7470	133	2	411	114	163	2		16030
	10250	29098	49862	1700	65	6703	1857	10522	661	10867	297884

Ek 3: İstasyonlar arası linkler

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Link No	Başlangıç No	Son No	Uzunluk (km)	Şerit Sayısı
1	Fikirtepe	Söğütlüçeşme	1	43	44	0.775	1
2	Söğütlüçeşme	Fikirtepe	1	44	43	0.775	1
3	Uzunçayır	Fikirtepe	2	42	43	1.012	1
4	Fikirtepe	Uzunçayır	2	43	42	1.012	1
5	Acıbadem	Uzunçayır	3	41	42	2.037	1
6	Uzunçayır	Acıbadem	3	42	41	2.037	1
7	Altunizade	Acıbadem	4	40	41	0.992	1
8	Acıbadem	Altunizade	4	41	40	0.992	1
9	Burhaniye Mahallesi	Altunizade	5	39	40	1.225	1
10	Altunizade	Burhaniye Mahallesi	5	40	39	1.225	1
11	Boğaziçi Köprüsü	Burhaniye Mahallesi	6	38	39	0.640	1
12	Burhaniye Mahallesi	Boğaziçi Köprüsü	6	39	38	0.640	1
13	Zİncirlikuyu	Boğaziçi Köprüsü	7	37	38	4.306	1
14	Boğaziçi Köprüsü	Zİncirlikuyu	7	38	37	4.306	1
15	Mecidiyeköy	Zİncirlikuyu	8	36	37	1.784	1
16	Zİncirlikuyu	Mecidiyeköy	8	37	36	1.784	1
17	Çağlayan	Mecidiyeköy	9	35	36	0.970	1
18	Mecidiyeköy	Çağlayan	9	36	35	0.970	1
19	Okmeydanı Hastane	Çağlayan	10	34	35	0.391	1
20	Çağlayan	Okmeydanı Hastane	10	35	34	0.391	1
21	Darülaceze Perpa	Okmeydanı Hastane	11	33	34	0.891	1
22	Okmeydanı Hastane	Darülaceze Perpa	11	34	33	0.891	1
23	Okmeydanı	Darülaceze Perpa	12	32	33	0.858	1
24	Darülaceze Perpa	Okmeydanı	12	33	32	0.858	1
25	Halıcıoğlu	Okmeydanı	13	31	32	1.513	1
26	Okmeydanı	Halıcıoğlu	13	32	31	1.513	1
27	Ayvansaray	Halıcıoğlu	14	30	31	1.466	1
28	Halıcıoğlu	Ayvansaray	14	31	30	1.466	1
29	Edirnekapı	Ayvansaray	15	29	30	0.863	1
30	Ayvansaray	Edirnekapı	15	30	29	0.863	1
31	Maltepe	Edirnekapı	16	28	29	1.216	1
32	Edirnekapı	Maltepe	16	29	28	1.216	1
33	Topkapı	Maltepe	17	27	28	0.559	1
34	Maltepe	Topkapı	17	28	27	0.559	1

Ek 3 (devamı): İstasyonlar arası linkler

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Link No	Başlangıç No	Son No	Uzunluk (km)	Şerit Sayısı
35	Cevizlibağ	Topkapı	18	26	27	0.731	1
36	Topkapı	Cevizlibağ	18	27	26	0.731	1
37	Merter	Cevizlibağ	19	25	26	1.477	1
38	Cevizlibağ	Merter	19	26	25	1.477	1
39	Zeytinburnu	Merter	20	24	25	0.783	1
40	Merter	Zeytinburnu	20	25	24	0.783	1
41	İncirli	Zeytinburnu	21	23	24	1.590	1
42	Zeytinburnu	İncirli	21	24	23	1.590	1
43	Bahçelievler	İncirli	22	22	23	0.788	1
44	İncirli	Bahçelievler	22	23	22	0.788	1
45	Şirinevler	Bahçelievler	23	21	22	1.629	1
46	Bahçelievler	Şirinevler	23	22	21	1.629	1
47	Yenibosna (Kuleli)	Şirinevler	24	20	21	0.888	1
48	Şirinevler	Yenibosna (Kuleli)	24	21	20	0.888	1
49	Sefaköy	Yenibosna (Kuleli)	25	19	20	3.351	1
50	Yenibosna (Kuleli)	Sefaköy	25	20	19	3.351	1
51	Beşyol	Sefaköy	26	18	19	0.645	1
52	Sefaköy	Beşyol	26	19	18	0.645	1
53	Florya	Beşyol	27	17	18	0.894	1
54	Beşyol	Florya	27	18	17	0.894	1
55	Cennet Mahallesi	Florya	28	16	17	0.695	1
56	Florya	Cennet Mahallesi	28	17	16	0.695	1
57	Küçükçekmece	Cennet Mahallesi	29	15	16	1.109	1
58	Cennet Mahallesi	Küçükçekmece	29	16	15	1.109	1
59	İBB Sosyal Tesisler	Küçükçekmece	30	14	15	2.297	1
60	Küçükçekmece	İBB Sosyal Tesisler	30	15	14	2.297	1
61	Şükrübey	İBB Sosyal Tesisler	31	13	14	1.196	1
62	İBB Sosyal Tesisler	Şükrübey	31	14	13	1.196	1
63	Avcılar	Şükrübey	32	12	13	0.659	1
64	Şükrübey	Avcılar	32	13	12	0.659	1
65	Avcılar Merkez	Avcılar	33	11	12	1.301	1
66	Avcılar	Avcılar Merkez	33	12	11	1.301	1
67	Ambarlı	Avcılar Merkez	34	10	11	0.794	1

Ek 3 (devamı): İstasyonlar arası linkler

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Link No	Başlangıç No	Son No	Uzunluk (km)	Şerit Sayısı
68	Avcılar Merkez	Ambarlı	34	11	10	0.794	1
69	Saadetdere Mahallesi	Ambarlı	35	9	10	1.241	1
70	Ambarlı	Saadetdere Mahallesi	35	10	9	1.241	1
71	Haramidere Sanayi	Saadetdere Mahallesi	36	8	9	0.858	1
72	Saadetdere Mahallesi	Haramidere Sanayi	36	9	8	0.858	1
73	Haramidere	Haramidere Sanayi	37	7	8	1.074	1
74	Haramidere Sanayi	Haramidere	37	8	7	1.074	1
75	Güzelyurt	Haramidere	38	6	7	0.659	1
76	Haramidere	Güzelyurt	38	7	6	0.659	1
77	Beylikduzu	Güzelyurt	39	5	6	0.754	1
78	Güzelyurt	Beylikduzu	39	6	5	0.754	1
79	Beylikduzu Belediye	Beylikduzu	40	4	5	0.716	1
80	Beylikduzu	Beylikduzu Belediye	40	5	4	0.716	1
81	Cumhuriyet Mahallesi	Beylikduzu Belediye	41	3	4	0.764	1
82	Beylikduzu Belediye	Cumhuriyet Mahallesi	41	4	3	0.764	1
83	Hadımköy	Cumhuriyet Mahallesi	42	2	3	0.964	1
84	Cumhuriyet Mahallesi	Hadımköy	42	3	2	0.964	1
85	Gürpınar (TUYAP)	Hadımköy	43	1	2	0.262	1
86	Hadımköy	Gürpınar (TUYAP)	43	2	1	0.262	1
TOPLAM						99.238km	

Ek 4: Metrobüs hattı atama sonuçları

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk(km)	Talep (Hacim)	Otobüslerle taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite (%)	Hacim/Kapasite
1	Fikirtepe	Söğütlüçeşme	0,78	10866,77	34856	31,18	0,31
2	Söğütlüçeşme	Fikirtepe	0,78	16030,31	34856	45,99	0,46
3	Uzunçayır	Fikirtepe	1,01	11484,46	34856	32,95	0,33
4	Fikirtepe	Uzunçayır	1,01	18867,4	34856	54,13	0,54
5	Acıbadem	Uzunçayır	2,04	21160,45	34856	60,71	0,61
6	Uzunçayır	Acıbadem	2,04	45418,52	34856	130,3	1,3
7	Altunizade	Acıbadem	0,99	22284,95	34856	63,93	0,64
8	Acıbadem	Altunizade	0,99	49309,25	34856	141,47	1,41
9	Burhaniye Mahallesi	Altunizade	1,23	26407,15	34856	75,76	0,76
10	Altunizade	Burhaniye Mahallesi	1,23	54872,06	34856	157,43	1,57
11	Boğaziçi Köprüsü	Burhaniye Mahallesi	0,64	26377,64	34856	75,68	0,76
12	Burhaniye Mahallesi	Boğaziçi Köprüsü	0,64	55202,45	34856	158,37	1,58
13	Zincirlikuyu	Boğaziçi Köprüsü	4,31	26945,19	34856	77,3	0,77
14	Boğaziçi Köprüsü	Zincirlikuyu	4,31	59202,44	34856	169,85	1,7
15	Mecidiyeköy	Zincirlikuyu	1,78	48041,14	62557	76,8	0,77
16	Zincirlikuyu	Mecidiyeköy	1,78	45628,09	62557	72,94	0,73
17	Çağlayan	Mecidiyeköy	0,97	64268,13	62557	102,74	1,03
18	Mecidiyeköy	Çağlayan	0,97	43176,21	62557	69,02	0,69
19	Okmeydanı Hastane	Çağlayan	0,39	68294,13	62557	109,17	1,09
20	Çağlayan	Okmeydanı Hastane	0,39	40711,74	62557	65,08	0,65
21	Darülaceze Perpa	Okmeydanı Hastane	0,89	69694,69	62557	111,41	1,11
22	Okmeydanı Hastane	Darülaceze Perpa	0,89	39981,61	62557	63,91	0,64
23	Okmeydanı	Darülaceze Perpa	0,86	70676,55	62557	112,98	1,13
24	Darülaceze Perpa	Okmeydanı	0,86	38739,72	62557	61,93	0,62

Ek 4(devamı): Metrobüs hattı atama sonuçları

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk(km)	Talep (Hacim)	Otobüsler le taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite (%)	Hacim/Kapasite
25	Halicioğlu	Okmeydanı	1,51	69971,93	62557	111,85	1,12
26	Okmeydanı	Halicioğlu	1,51	39997,74	62557	63,94	0,64
27	Ayvansaray	Halicioğlu	1,47	69766,43	62557	111,52	1,12
28	Halicioğlu	Ayvansaray	1,47	40926,25	62557	65,42	0,65
29	Edirnekapı	Ayvansaray	0,86	70441,53	62557	112,6	1,13
30	Ayvansaray	Edirnekapı	0,86	40244,61	62557	64,33	0,64
31	Maltepe	Edirnekapı	1,22	67691,25	62557	108,21	1,08
32	Edirnekapı	Maltepe	1,22	44723,4	62557	71,49	0,71
33	Topkapı	Maltepe	0,56	67691,25	62557	108,21	1,08
34	Maltepe	Topkapı	0,56	44723,4	62557	71,49	0,71
35	Cevizlibağ	Topkapı	0,73	68106,2	62557	108,87	1,09
36	Topkapı	Cevizlibağ	0,73	43507,13	62557	69,55	0,7
37	Merter	Cevizlibağ	1,48	69164,9	73202	94,48	0,94
38	Cevizlibağ	Merter	1,48	43421,55	73202	59,32	0,59
39	Zeytinburnu	Merter	0,78	85007,8	73202	116,13	1,16
40	Merter	Zeytinburnu	0,78	41438,3	73202	56,61	0,57
41	İncirli	Zeytinburnu	1,59	86351,4	73202	117,96	1,18
42	Zeytinburnu	İncirli	1,59	40810,92	73202	55,75	0,56
43	Bahçelievler	İncirli	0,79	89891,66	73202	122,8	1,23
44	İncirli	Bahçelievler	0,79	42241	73202	57,7	0,58
45	Şirinevler	Bahçelievler	1,63	89362,37	73202	122,08	1,22
46	Bahçelievler	Şirinevler	1,63	41599,26	73202	56,83	0,57
47	Yenibosna (Kuleli)	Şirinevler	0,89	90684,44	73202	123,88	1,24
48	Şirinevler	Yenibosna (Kuleli)	0,89	40649,85	73202	55,53	0,56
49	Sefaköy	Yenibosna (Kuleli)	3,35	90841,34	73202	124,1	1,24
50	Yenibosna (Kuleli)	Sefaköy	3,35	43154,35	73202	58,95	0,59
51	Beşyol	Sefaköy	0,65	90551,16	73202	123,7	1,24
52	Sefaköy	Beşyol	0,65	40225,16	73202	54,95	0,55
53	Florya	Beşyol	0,89	84596,63	73202	115,57	1,16
54	Beşyol	Florya	0,89	38011,3	73202	51,93	0,52

Ek 4 (devamı): Metrobüs hattı atama sonuçları

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk(km)	Talep (Hacim)	Otobüsler le taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite (%)	Hacim/Kapasite
55	Cennet Mahallesi	Florya	0,7	83153,04	73202	113,59	1,14
56	Florya	Cennet Mahallesi	0,7	32009,43	73202	43,73	0,44
57	Küçükçekmece	Cennet Mahallesi	1,11	81762,28	73202	111,69	1,12
58	Cennet Mahallesi	Küçükçekmece	1,11	30939,02	73202	42,27	0,42
59	İBB Sosyal Tesisler	Küçükçekmece	2,3	78739,94	73202	107,57	1,08
60	Küçükçekmece	İBB Sosyal Tesisler	2,3	30505,46	73202	41,67	0,42
61	Şükrübey	İBB Sosyal Tesisler	1,2	77001,53	73202	105,19	1,05
62	İBB Sosyal Tesisler	Şükrübey	1,2	30380,81	73202	41,5	0,42
63	Avcılar	Şükrübey	0,66	74300,2	73202	101,5	1,02
64	Şükrübey	Avcılar	0,66	30248,08	73202	41,32	0,41
65	Avcılar Merkez	Avcılar	1,3	67171,33	47681	140,88	1,41
66	Avcılar	Avcılar Merkez	1,3	29737,72	47681	62,37	0,62
67	Ambarlı	Avcılar Merkez	0,79	53608,51	47681	112,43	1,12
68	Avcılar Merkez	Ambarlı	0,79	23786,28	47681	49,89	0,5
69	Saadetdere Mahallesi	Ambarlı	1,24	50754,63	47681	106,45	1,06
70	Ambarlı	Saadetdere Mahallesi	1,24	22090,47	47681	46,33	0,46
71	Haramidere Sanayi	Saadetdere Mahallesi	0,86	45301,12	47681	95,01	0,95
72	Saadetdere Mahallesi	Haramidere Sanayi	0,86	19750,6	47681	41,42	0,41
73	Haramidere	Haramidere Sanayi	1,07	42333,14	47681	88,78	0,89
74	Haramidere Sanayi	Haramidere	1,07	19106,37	47681	40,07	0,4
75	Güzelyurt	Haramidere	0,66	39764,31	47681	83,4	0,83
76	Haramidere	Güzelyurt	0,66	17198,02	47681	36,07	0,36
77	Beylikduzu	Güzelyurt	0,75	35615,8	47681	74,7	0,75
78	Güzelyurt	Beylikduzu	0,75	16250,72	47681	34,08	0,34
79	Beylikduzu Belediye	Beylikduzu	0,72	31346,6	47681	65,74	0,66
80	Beylikduzu	Beylikduzu Belediye	0,72	14692,17	47681	30,81	0,31
81	Cumhuriyet Mahallesi	Beylikduzu Belediye	0,76	24581,58	47681	51,55	0,52
82	Beylikduzu Belediye	Cumhuriyet Mahallesi	0,76	12291,12	47681	25,78	0,26
83	Hadımköy	Cumhuriyet Mahallesi	0,96	19368,74	47681	40,62	0,41
84	Cumhuriyet Mahallesi	Hadımköy	0,96	11163,77	47681	23,41	0,23
85	Gürpınar (TUYAP)	Hadımköy	0,26	15011,73	47681	31,48	0,31
86	Hadımköy	Gürpınar (TUYAP)	0,26	10082,45	47681	21,15	0,21

Ek 5: Önerilen senaryonun sonuçları

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk	Talep (Hacim)	Otobüslerle taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite (%)	Hacim/Kapasite
1	Fikirtepe	Sogutluceme	0,78	10.866.77	90.500	12,01	0,12
2	Sogutluceme	Fikirtepe	0,78	16.030.31	90.500	17,71	0,18
3	Uzuncayır	Fikirtepe	1,01	11.484.46	90.500	12,69	0,13
4	Fikirtepe	Uzuncayır	1,01	18.867.40	90.500	20,85	0,21
5	Acibadem	Uzuncayır	2,04	21.160.45	90.500	23,38	0,23
6	Uzuncayır	Acibadem	2,04	45.418.52	90.500	50,19	0,50
7	Altunizade	Acibadem	0,99	22.284.95	90.500	24,62	0,25
8	Acibadem	Altunizade	0,99	49.309.25	90.500	54,49	0,54
9	Burhaniye Mahallesi	Altunizade	1,23	26.407.15	90.500	29,18	0,29
10	Altunizade	Burhaniye Mahallesi	1,23	54.872.06	90.500	60,63	0,61
11	Bogazici Koprusu	Burhaniye Mahallesi	0,64	26.377.64	90.500	29,15	0,29
12	Burhaniye Mahallesi	Bogazici Koprusu	0,64	55.202.45	90.500	61,00	0,61
13	Zincirlikuyu	Bogazici Koprusu	4,31	26.945.19	90.500	29,77	0,30
14	Bogazici Koprusu	Zincirlikuyu	4,31	59.202.44	90.500	65,42	0,65
15	Mecidiyekoy	Zincirlikuyu	1,78	48.041.14	90.500	53,08	0,53
16	Zincirlikuyu	Mecidiyekoy	1,78	45.628.09	90.500	50,42	0,50
17	Caglayan	Mecidiyekoy	0,97	64.268.13	90.500	71,01	0,71
18	Mecidiyekoy	Caglayan	0,97	43.176.21	90.500	47,71	0,48
19	Okmeydanı Hastane	Caglayan	0,39	68.294.13	90.500	75,46	0,75
20	Caglayan	Okmeydanı Hastane	0,39	40.711.74	90.500	44,99	0,45
21	Darülaceze Perpa	Okmeydanı Hastane	0,89	69.694.69	90.500	77,01	0,77
22	Oeydanı Hastane	Darülaceze Perpa	0,89	39.981.61	90.500	44,18	0,44
23	Oeydanı	Darülaceze Perpa	0,86	70.676.55	90.500	78,10	0,78
24	Darülaceze Perpa	Oeydanı	0,86	38.739.72	90.500	42,81	0,43
25	Halıcıoğlu	Oeydanı	1,51	69.971.93	90.500	77,32	0,77
26	Oeydanı	Halıcıoğlu	1,51	39.997.74	90.500	44,20	0,44
27	Ayvansaray	Halıcıoğlu	1,47	69.766.43	90.500	77,09	0,77
28	Halıcıoğlu	Ayvansaray	1,47	40.926.25	90.500	45,22	0,45
29	Edirnekapi	Ayvansaray	0,86	70.441.53	90.500	77,84	0,78
30	Ayvansaray	Edirnekapi	0,86	40.244.61	90.500	44,47	0,44

Ek 5(devamı): Önerilen senaryonun sonuçları

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk	Talep (Hacim)	Otobüslerle taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite (%)	Hacim/Kapasite
31	Maltepe	Edirnekapi	1,22	66.246.94	90.500	73,20	0,73
32	Edirnekapi	Maltepe	1,22	42.661.51	90.500	47,14	0,47
33	Topkapi	Maltepe	0,56	66.246.94	90.500	73,20	0,73
34	Maltepe	Topkapi	0,56	42.661.51	90.500	47,14	0,47
35	Cevizlibag	Topkapi	0,73	64.695.14	90.500	71,49	0,71
36	Topkapi	Cevizlibag	0,73	40.605.63	90.500	44,87	0,45
37	Merter	Cevizlibag	1,48	67.505.06	90.500	74,59	0,75
38	Cevizlibag	Merter	1,48	40.495.99	90.500	44,75	0,45
39	Zeytinburnu	Merter	0,78	85.007.80	90.500	93,93	0,94
40	Merter	Zeytinburnu	0,78	41.438.30	90.500	45,79	0,46
41	İncirli	Zeytinburnu	1,59	86.351.40	90.500	95,42	0,95
42	Zeytinburnu	İncirli	1,59	40.810.92	90.500	45,09	0,45
43	Bahçelievler	İncirli	0,79	89.891.66	90.500	99,33	0,99
44	İncirli	Bahçelievler	0,79	42.241.00	90.500	46,68	0,47
45	Sirinevler	Bahçelievler	1,63	89.362.37	90.500	98,74	0,99
46	Bahçelievler	Sirinevler	1,63	41.599.26	90.500	45,97	0,46
47	Yenibosna (Kuleli)	Sirinevler	0,89	90.684.44	90.500	100,20	1,00
48	Sirinevler	Yenibosna (Kuleli)	0,89	40.649.85	90.500	44,92	0,45
49	Sefakoy	Yenibosna (Kuleli)	3,35	90.841.34	90.500	100,38	1,00
50	Yenibosna (Kuleli)	Sefakoy	3,35	43.154.35	90.500	47,68	0,48
51	Besyo	Sefakoy	0,65	90.551.16	90.500	100,06	1,00
52	Sefakoy	Besyo	0,65	40.225.16	90.500	44,45	0,44
53	Florya	Besyo	0,89	84.596.63	90.500	93,48	0,93
54	Besyo	Florya	0,89	38.011.30	90.500	42,00	0,42
55	Cennet Mahallesi	Florya	0,7	83.153.04	90.500	91,88	0,92
56	Florya	Cennet Mahallesi	0,7	32.009.43	90.500	35,37	0,35
57	Kucukcece	Cennet Mahallesi	1,11	81.762.28	90.500	90,35	0,90
58	Cennet Mahallesi	Kucukcece	1,11	30.939.02	90.500	34,19	0,34
59	İBB Sosyal Tesisler	Kucukcece	2,3	78.739.94	90.500	87,01	0,87
60	Kucukcece	İBB Sosyal Tesisler	2,3	30.505.46	90.500	33,71	0,34

Ek 5(devamı): Önerilen senaryonun sonuçları

No	Başlangıç Durak	Son Durak	Uzunluk	Talep (Hacim)	Otobüslerle taşınan (Kapasite)	Hacim/Kapasite (%)	Hacim/Kapasite
61	Sukrubey	IBB Sosyal Tesisler	1,2	77.001.53	90.500	85,08	0,85
62	IBB Sosyal Tesisler	Sukrubey	1,2	30.380.81	90.500	33,57	0,34
63	Av cılar	Sukrubey	0,66	74.300.20	90.500	82,10	0,82
64	Sukrubey	Av cılar	0,66	30.250.89	90.500	33,43	0,33
65	Av cılar Merkez	Av cılar	1,3	68.223.94	90.500	75,39	0,75
66	Av cılar	Av cılar Merkez	1,3	30.156.45	90.500	33,32	0,33
67	Ambarlı	Av cılar Merkez	0,79	53.659.31	90.500	59,29	0,59
68	Av cılar Merkez	Ambarlı	0,79	23.789.16	90.500	26,29	0,26
69	Saadetdere Mahallesi	Ambarlı	1,24	50.754.63	90.500	56,08	0,56
70	Ambarlı	Saadetdere Mahallesi	1,24	22.090.47	90.500	24,41	0,24
71	Haramidere Sanayi	Saadetdere Mahallesi	0,86	45.301.12	90.500	50,06	0,50
72	Saadetdere Mahallesi	Haramidere Sanayi	0,86	19.750.60	90.500	21,82	0,22
73	Haramidere	Haramidere Sanayi	1,07	42.333.14	90.500	46,78	0,47
74	Haramidere Sanayi	Haramidere	1,07	19.106.37	90.500	21,11	0,21
75	Güzelyurt	Haramidere	0,66	39.764.31	90.500	43,94	0,44
76	Haramidere	Güzelyurt	0,66	17.198.02	90.500	19,00	0,19
77	Beylikduzu	Güzelyurt	0,75	35.615.80	90.500	39,35	0,39
78	Güzelyurt	Beylikduzu	0,75	16.250.72	90.500	17,96	0,18
79	Beylikduzu Belediye	Beylikduzu	0,72	31.346.60	90.500	34,64	0,35
80	Beylikduzu	Beylikduzu Belediye	0,72	14.692.17	90.500	16,23	0,16
81	Cumhuriyet Mahallesi	Beylikduzu Belediye	0,76	24.581.58	90.500	27,16	0,27
82	Beylikduzu Belediye	Cumhuriyet Mahallesi	0,76	12.291.12	90.500	13,58	0,14
83	Hadimkoy	Cumhuriyet Mahallesi	0,96	19.368.74	90.500	21,40	0,21
84	Cumhuriyet Mahallesi	Hadimkoy	0,96	11.163.77	90.500	12,34	0,12
85	Gurpinar (TUYAP)	Hadimkoy	0,26	15.011.73	90.500	16,59	0,17
86	Hadimkoy	Gurpinar (TUYAP)	0,26	10.082.45	90.500	11,14	0,11

ÖZGEÇMİŞ

27.02.1989 tarihinde Sakarya’da doğmuştur. İlköğretimini İstanbul ili Pendik ilçesinde Mahir İz ilköğretim Okulu (2000), orta öğretimini ise Süreyyapaşa ortaokulunda (2003) tamamlamıştır. Lise öğretimini ise Kocaeli’nin Gebze ilçesindeki Çırağan kolejinde tamamlamıştır. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar mühendisliği bölümüne başlamıştır. 2013 yılında lisans bölümünden mezun olmuştur. 2014 yılında Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2013 yılından beri İETT kurumunda çalışmaktadır.

Çalışma ve ilgi alanı olarak, optimizasyon teknikleri, ulaştırma mühendisliği ve yazılım teknolojileri konusunda çalışmaktadır.

Yabancı dili İngilizce olup bekindir.

Mehmed Sinan PAMUK