

**T. C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hayri KARAKAYA**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Bilim Dalı**

**AĞUSTOS 2023**



**T. C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hayri KARAKAYA**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Bilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hakan GÜLER**

**AĞUSTOS 2023**



Hayri KARAKAYA tarafından hazırlanan “Toplu Taşıma Sistemlerinin Optimizasyonu” adlı tez çalışması 15.08.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### Tez Jürisi

**Jüri Başkanı :**      **Prof.Dr. Hakan GÜLER (Danışman)** .....  
Sakarya Üniversitesi

**Jüri Üyesi :**      **Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU** .....  
Sakarya Üniversitesi

**Jüri Üyesi :**      **Doç. Dr. Pelin ALPKÖKİN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi



## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “Elektroforatik Kaplama ile Grafen Esaslı Kompozit Malzemelerin Kaplanması” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(...../...../20....).

(imza)

Hayri KARAKAYA





*kıymetli aileme ve arkadaşlarıma*



## **TEŞEKKÜR**

Yükseköğretim sürecim boyunca değerli bilgi, birikim ve deneyimlerinden yararlandığım, tecrübelerini benimle paylaşan, güler yüzünü ve samimiyetini benden eksik etmeyen ve hem akademik hem de mesleki hayatımda desteğini her zaman hissettiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Hakan GÜLER'e teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmamda IVU.Plan yazılımını kullanmama izin verdikleri için IVU Traffic Technologies AG'a teşekkür ederim.

Veri edinme konusunda büyük destekleri için İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkür ederim.

Akademik hayatım boyunca desteklerini her zaman hissettiğim değerli aileme teşekkür ederim.

Hayri KARAKAYA



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ</b> .....	v
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	ix
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	xi
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	xiii
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	xv
<b>ÖZET</b> .....	xvii
<b>SUMMARY</b> .....	xix
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİ</b> .....	3
2.1. Dünyadaki Toplu Taşıma Sistemleri .....	4
2.2. Karayolu .....	7
2.2.1. Otobüs .....	8
2.2.2. Metrobüs .....	9
2.2.3. Minibüs .....	10
2.2.4. Taksi dolmuş .....	11
2.3. Denizyolu .....	12
2.4. Demiryolu.....	14
<b>3. EMİNÖNÜ ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI</b> .....	19
3.1. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı Bilgileri .....	19
3.2. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı Araç Teknik Verileri .....	22
3.3. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı Entegrasyon Noktaları.....	25
3.3.1. Eminönü istasyonu entegrasyon noktası .....	26
<b>4. RAYLI SİSTEMLERDE KAPASİTE ANALİZLERİ VE YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI</b> .....	29
4.1. Toplu Taşımada Kapasite Analizleri .....	29
4.2. Yöneylem Araştırması Tekniklerinin Uygulanması.....	32
4.2.1. Macar algoritması .....	32
<b>5. EMİNÖNÜ ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI İŞLETME PLANLAMASI VE OPTİMİZASYONU</b> .....	43
5.1. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı Bilgileri .....	43
5.2. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattına Ait Verilerin IVU.Plan Yazılımına Tanımlanması.....	52
5.2.1. Ağ noktası tanımlamaları .....	53
5.2.2. Link tanımlamaları .....	59
5.2.3. Hat tanımlamaları.....	61
5.2.4. İşletme günü tanımlamaları.....	62
5.2.5. Sefer tanımlamaları .....	63
5.2.6. Araç kurallarının tanımlamaları .....	64
5.2.7. Sürücü kurallarının tanımlamaları .....	67
5.2.8. Sürücü değişim yerleri tanımlamaları .....	69

5.2.9. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının işletme planı optimizasyonu ve analizi .....	70
<b>6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....</b>	<b>75</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>77</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>79</b>

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1.</b> Metrobüs işletmesine ait hat verileri [6].	10
<b>Tablo 2.2.</b> Şehir Hatları işletmesindeki denizyolu toplu taşıma hatları [7].	13
<b>Tablo 3.1.</b> İstasyon km ve ara mesafe bilgileri.	20
<b>Tablo 3.2.</b> Eminönü-Alibeyköy hattında kullanılan tramvaya ait teknik veriler [14].	24
<b>Tablo 3.3.</b> Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının kentiçi toplu taşıma entegrasyon noktaları.	25
<b>Tablo 4.1.</b> Önerilen hat kullanım oranları [13].	30
<b>Tablo 4.2.</b> Önerilen ek süre oranları [15].	30
<b>Tablo 4.3.</b> Demiryolu hatlarında çift yönlü günlük tren sayıları [16].	31
<b>Tablo 4.4.</b> Maliyet matrisi [17].	34
<b>Tablo 4.5.</b> Makinistlerin evlerinden sürücü değişim noktalarına olan mesafeler.	35
<b>Tablo 4.6.</b> Satırlardaki en kısa mesafelerin belirlenmesi.	36
<b>Tablo 4.7.</b> Satırları indirgenmiş matris.	36
<b>Tablo 4.8.</b> Sütunlardaki en kısa mesafelerin belirlenmesi.	36
<b>Tablo 4.9.</b> Satırları ve sütunları indirgenmiş matris.	37
<b>Tablo 4.10.</b> En az sayıda çizgi ile sıfır değerlerinin üzerinin çizilmesi.	37
<b>Tablo 4.11.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın bulunması.	38
<b>Tablo 4.12.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların indirgenmesi.	38
<b>Tablo 4.13.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların indirgenmesi.	39
<b>Tablo 4.14.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın ikinci kez bulunması.	39
<b>Tablo 4.15.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların ikinci kez indirgenmesi.	39
<b>Tablo 4.16.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın üçüncü kez bulunması.	40
<b>Tablo 4.17.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların üçüncü kez indirgenmesi.	40
<b>Tablo 4.18.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın dördüncü kez bulunması.	40
<b>Tablo 4.19.</b> Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların dördüncü kez indirgenmesi.	41
<b>Tablo 4.20.</b> Makinistlerin Macar Algoritması ile sürücü değişim noktalarına atanması.	41
<b>Tablo 5.1.</b> 1 numaralı sefer senaryosu.	45
<b>Tablo 5.2.</b> 2 numaralı sefer senaryosu.	45
<b>Tablo 5.3.</b> 3 numaralı sefer senaryosu.	45
<b>Tablo 5.4.</b> 4 numaralı sefer senaryosu.	45
<b>Tablo 5.5.</b> 5 numaralı sefer senaryosu.	46
<b>Tablo 5.6.</b> 6 numaralı sefer senaryosu.	46
<b>Tablo 5.7.</b> 7 numaralı sefer senaryosu.	46
<b>Tablo 5.8.</b> 8 numaralı sefer senaryosu.	46
<b>Tablo 5.9.</b> 9 numaralı sefer senaryosu.	47
<b>Tablo 5.10.</b> 10 numaralı sefer senaryosu.	47
<b>Tablo 5.11.</b> 11 numaralı sefer senaryosu.	47
<b>Tablo 5.12.</b> 12 numaralı sefer senaryosu.	48

<b>Tablo 5.13.</b> 13 numaralı sefer senaryosu.....	48
<b>Tablo 5.14.</b> 14 numaralı sefer senaryosu.....	48
<b>Tablo 5.15.</b> 15 numaralı sefer senaryosu.....	49
<b>Tablo 5.16.</b> 16 numaralı sefer senaryosu.....	49
<b>Tablo 5.17.</b> 17 numaralı sefer senaryosu.....	49
<b>Tablo 5.18.</b> 18 numaralı sefer senaryosu.....	50
<b>Tablo 5.19.</b> 19 numaralı sefer senaryosu.....	50
<b>Tablo 5.20.</b> Eminönü-Alibeyköy tramvay hattı sefer sayıları [18].....	51
<b>Tablo 5.21.</b> İşletmedeki tramvaya ait IVU.Plan yazılımına aktarılacak veriler [14].	53
<b>Tablo 5.22.</b> Eminönü-Alibeyköy hattında tanımlanan park noktası verileri. ....	57
<b>Tablo 5.23.</b> Görev türlerinin başlama, bitiş ve görev süreleri [17]. ....	68
<b>Tablo 5.24.</b> Optimizasyon sonucu gerekli araç ve makinist sayıları [18]. ....	73



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Ülkelerin yolculuk taleplerinin miktarına göre gruplandırılması [1].	4
Şekil 2.2. Toplu taşıma sistemlerindeki yolculuk sayılarının araç türlerine dağılımı [1].	5
Şekil 2.3. Yıllara göre ABD'deki toplu taşıma yolculuklarının oransal artışı [2].	6
Şekil 2.4. 2008 yılında ABD'deki toplu taşıma yolculuklarının oransal dağılımı [2].	6
Şekil 2.5. 2020 yılında ABD'deki toplu taşıma yolculuklarındaki lastik tekerlekli sistemler ile raylı sistemlerin oransal dağılımı [3].	7
Şekil 2.6. 14D hattında seferini gerçekleştiren bir otobüs	9
Şekil 2.7. Metrobüs şerit uygulaması [5].	9
Şekil 2.8. Metrobüs hattına ait görsel	10
Şekil 2.9. Ümraniye ilçesinde hizmet veren bir minibüs hattına ait araç	11
Şekil 2.10. İstanbul'da hizmet veren bir taksi dolmuş araçları	12
Şekil 2.11. Şehir hatlarına ait bir vapur	12
Şekil 2.12. İstanbul raylı sistem haritası [10].	15
Şekil 3.1. Tramvay işletmesinde gerçekleştirilen bir sefer	20
Şekil 3.2. Tramvay hattının depo sahası ve bakım atölyelerine ait proje görüntüsü.	21
Şekil 3.3. Tramvay hattının depo sahası ve bakım atölyelerine ait uydu görüntüsü [13].	22
Şekil 3.4. İşletmede seferini gerçekleştiren bir tramvayın dış ve iç görüntüsü	23
Şekil 3.5. Tramvayın teknik ölçüleri ve koltuk yerleşimlerine ait görüntü	24
Şekil 4.1. Bir toplu taşıma hattının işletmeye alınması aşamaları	29
Şekil 4.2. Hat kapasitesi kullanımına ait bir örnek	31
Şekil 5.1. CBS ortamında T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattı [18].	43
Şekil 5.2. T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattı sefer yön bilgileri [18].	44
Şekil 5.3. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının CBS programındaki orer grafikleri	51
Şekil 5.4. IVU.Plan yazılımının menülerinin bulunduğu ana ekranı	52
Şekil 5.5. IVU.Plan yazılımının menülerinin bulunduğu ana ekranı	53
Şekil 5.6. Eminönü Alibeyköy hattının Alibeyköy yerleşkesine ait görüntü	54
Şekil 5.7. Alibeyköy Cep Otogarına garaj tanımlaması	54
Şekil 5.8. Alibeyköy Cep Otogarı'na ait servis başlangıç ve bitiş noktası tanımlaması	55
Şekil 5.9. Eminönü-Alibeyköy hattında terminal alanı tanımlaması	56
Şekil 5.10. Park noktası tanımlaması	57
Şekil 5.11. Durak kümesi tanımlaması	58
Şekil 5.12. Durak tanımlaması	59
Şekil 5.13. Hat linki tanımlaması	59
Şekil 5.14. Bağlantı linki tanımlaması	60
Şekil 5.15. Terminal alanı linki tanımlaması	61
Şekil 5.16. Hat tanımlaması	61

Şekil 5.17. Hat varyasyonu tanımlaması.....	62
Şekil 5.18. İşletme günü tanımlaması .....	63
Şekil 5.19. Seferlerin işletme günlerine tanımlaması .....	63
Şekil 5.20. Üç numaralı sefer senaryosuna ait çizgi grafik.....	64
Şekil 5.21. Blok kurallarının atanması.....	64
Şekil 5.22. Sefer öncesi/sonrası hazırlık sürelerinin tanımlaması .....	65
Şekil 5.23. Layover sürelerinin tanımlaması .....	66
Şekil 5.24. Blok detay kuralları menüsü .....	66
Şekil 5.25. Blok detay kuralları menüsü .....	67
Şekil 5.26. Sabah görev türünün tanımlanması.....	68
Şekil 5.27. Mola kurallarının tanımlanması.....	69
Şekil 5.28. Sürüş ve çalışma sürelerinin minimum ve maksimum değerlerinin tanımlanması .....	69
Şekil 5.29. Sürücü değişim yerlerinin tanımlanması .....	70
Şekil 5.30. Entegre görev ve blok planlama açılış ekranı .....	71
Şekil 5.31. Entegre görev ve blok planlama programında planlanmamış seferler ....	71
Şekil 5.32. Entegre görev ve blok planlama programında planlanmış blok ve görevler .....	72
Şekil 5.33. Blok optimizasyonu sonuçları .....	72
Şekil 5.34. Görev optimizasyonu sonuçları .....	73
Şekil 5.35. Sefer, araç ve makinist sayılarının dağılım grafikleri.....	74

## TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU

### ÖZET

Günümüzde dünya genelinde hususi araç kullanımındaki artış, enerji sıkıntısı, trafik sıkışıklığı ve buna bağlı olarak bir noktadan başka bir noktaya ulaşımında harcanan süreler artış göstermektedir. Buna ek olarak enerji fiyatlandırmalarındaki artışlar da insanları hususi araç kullanımından toplu taşıma sistemlerine yöneltmektedir. Toplu taşıma sistemlerine olan talep artışı ile birlikte toplu taşıma idareleri bu taleplere cevap verebilmelidir. Toplu taşıma idareleri; insanların hızlı, güvenli, erişilebilir ve ekonomik çözümlerle bir noktadan bir noktaya ulaşımını sağlamakla yükümlüdürler. Bu çözümlerde kamu yararı gözetilerek mevcut kaynakların (yol altyapısı, araç ve işletme personelleri) kanun ve yönetmeliklere uygun olarak verimli kullanımının sağlanması gerekmektedir. Toplu taşıma türlerinin ve hat sayılarının artmasıyla birlikte hem mevcut seferlerin gerçekleştirilebilmesi hem de yolculuk talebine karşılık verebilmesi amacıyla toplu taşıma işletme planlaması ve optimizasyonu kavramı ortaya çıkmaktadır. Toplu taşıma işletme planlaması ve optimizasyonu için farklı ülkeler tarafından geliştirilmiş yazılımlar bulunmakta olup bu yazılımlar, toplu taşıma idarelerine kaynak (araç ve sürücü) bazlı verimlilik sağlayarak maliyetlerin düşürülmesinde büyük rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sorumluluğunda bulunan Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının mevcut verileri göz önüne bulundurularak örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının işletme planı ve optimizasyonunu yapabilmek için IVU.Plan yazılımı kullanılmıştır. IVU.Plan yazılımına hattın yol ağı, araç, sefer, işletme personellerinin çalışma kuralları vb. veriler tanımlanmıştır. İşletmeye devam ederken gerçekleştirilecek farklı sefer senaryoları tasarlanmış ve bu senaryolar üzerinden optimizasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon analizleri sonucunda Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında her bir sefer senaryosuna ait gerekli araç ve sürücü sayıları belirlenmiştir. Eminönü Alibeyköy hattında her iki yönde günlük toplam 488 seferin, 17 araç ve 42 sürücü ile gerçekleştirilebileceği tespit edilmiş olup farklı sefer senaryoları ile birlikte sefer sayısı-araç sayısı ve sefer sayısı-sürücü sayısı verileri kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır. Farklı sefer senaryoları ve hattı kullanan yolcuların kart basım verileri göz önünde bulundurularak hattın gelecekteki yolculuk taleplerine, yolcu memnuniyeti ve verimli kaynak kullanımı sağlanarak cevap verilebilmesi için değerlendirilmelerde ve önerilerde bulunulmuştur.



## **OPTIMISATION OF PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEMS**

### **SUMMARY**

Nowadays, states and local governments are working various studies in order to reduce the negative effects on the environment in the transportation sector and the use of fossil fuels in energy consumption. In this context, the use of public transportation systems has gained importance instead of using private vehicles due to cost, energy consumption and environmental effects, and the tendency to use public transportation systems has increased.

Geographical conditions, cost, passenger supply, distance between stops, voyage duration, etc. in urban transportation by the state and local governments in order for the public to prefer public transportation systems. Investments are made taking into account the variables. Public transportation systems, which are divided into three types as road, rail and sea, contain different systems within themselves. Road public transport, rubber wheel systems; rail public transport metro, light rail, tram, funicular, etc. rail systems, maritime public transport, ferry, motor etc. consists of systems. The geographical conditions of the city where the public transportation systems are located, the road infrastructure, the passenger supply, etc. Due to the fact that it is shaped under the influence of the characteristics, it shows type and systemic differences from country to country and city to city.

Urban public transportation systems, people's work, health, social, etc. these are the systems that collectively meet the transportation needs that arise due to reasons. It alleviates the traffic load with routes and price tariffs predetermined by the public transport administrations of the city where it is located, while reducing fossil fuel consumption and environmental pollution and transportation costs. In order to respond to travel demands, the most suitable system is selected and put into operation by making advance planning. It provides three different types of service as highway, railway and seaway. While road mass transportation systems consist of rubber-tyred systems, rubber-tyred systems are also divided into different units within themselves. Although there are private roads reserved for public transportation vehicles in different countries and cities, the majority of them serve on roads exposed to traffic load where private vehicle use is used. Maritime public transportation systems serve by selecting the units connected to the most suitable transportation vehicles according to the travel demand and the physical infrastructure of the line planned to be created. Although urban maritime public transportation generally has higher travel times compared to different systems, it also provides the opportunity to be used for touristic purposes. Railway public transport systems, on the other hand, can have the highest passenger carrying capacity when planned correctly in urban transportation. They are systems that can connect the main axes of the city, rarely have an intersection with road transportation, but are safer and can serve with a high accuracy of planned timetables since the majority of them are operated separately from road traffic.

Eminönü-Alibeyköy tram line, located between Fatih and Eyüpsultan districts within the provincial borders of Istanbul, is a rail system line covering the shores of the Haliç. The tram line, which is planned to be operated between Cibali-Alibeyköy Cep Otogarı stations in the first stage, has been designed to have a line length of 10.1 km. Küçükpazar and Eminönü stations, located after Cibali station, are planned to be completed and put into operation in the future.

Various expedition scenarios have been prepared for the operation planning and optimization studies on the Eminönü-Alibeyköy tram line.

Later in the line; considering the increase in the number of integrations with the full opening of the line, the start of the education period of the universities around the line, etc., the number of trips should be increased with the increase in travel demand. It is possible to monitor the increase and decrease in the number of passengers that may be experienced while the tram line continues to operate and to prepare the operation plan accordingly. Different trip scenarios can be prepared by monitoring monthly, weekly, daily and hourly the card issuance data and analyzing travel demands. 19 trip scenarios have been prepared to be used in business planning and optimization studies for the Eminönü-Alibeyköy line to be operated with more efficient resource use.

The 19 trip scenarios prepared were also defined in the IVU.Plan program and the operation plan optimization studies of the T5 Eminönü-Alibeyköy tram line were carried out.

Network points and groups of Eminönü-Alibeyköy tram line, route, route variation, link, trip, vehicle working guidelines, duty guidelines and driver change guidelines are defined in IVU.Plan software. Integrated duty and vehicle working scheduling program in IVU.Plan software is used in optimization studies. In the integrated duty and vehicle working scheduling program, vehicle working and duty scheduling can be done at the same time, as well as vehicle working and duty scheduling can be done separately.

Vehicle working; it is the vehicle duty of a vehicle, which ensures the realization of the number of trip determined in the expedition scenarios, until it leaves the garage and returns to the garage. As a result of the optimization, vehicle working with 17 vehicle duty were formed. The average vehicle working time was calculated as 17 hours, and the total vehicle working time was calculated as 292 hours. The average distance traveled by a vehicle from the garage to the garage is 292 km and the total of 17 vehicles is 4959 km. The trip plan efficiency was calculated as 89%. Course refers to the number of vehicles that make scheduled trips. More than one vehicle working can combine to form a course, but within the framework of the defined rules, a course is created with each vehicle working. As a result of vehicle working optimization; it has been revealed that there is a need for 17 trams in order to carry out the 488 trips in the number 10 trip scenario and the working plans of these trams.

In order to carry out the trips to the vehicle workings and courses that are created by the vehicle working optimization, it is necessary to assign a driver. Together with the duty optimization, the number of duty, which is the number of drivers required for the execution of the trips, was found to be 42.

Depending on the increase or decrease in the number of trips or the changes in the guidelines of the operation plan, it is possible to reach the necessary number of tram

vehicles and drivers in order to apply the schedules with the optimization analysis of the operation plan.





## 1. GİRİŞ

Ulaşım, insanların bir noktadan başka bir noktaya hareketlilik ihtiyacını karşılamasıdır. Bu ihtiyaç karşılanırken insanlar ilk aşamada yaya olarak devam ettiği yolculukları zamanla evcil hayvanlar ile sonrasında tekerleğin icadı ile birlikte çeşitli ulaşım araçları ile tamamlamaya başlamıştır. Ulaşım araçları tarihsel gelişime paralel olarak buharla çalışan motorlar, içten yanmalı motorlar ve teknolojik gelişmelerle birlikte günümüzde elektrikli motorlar ile hareketini sağlamaktadır. Ulaşım araçları temelde insan ve yük taşımacılığı amaçları ile kullanılmaktadır. İnsanların bir noktadan istenilen başka bir noktaya ulaşımını sağlayan hususi ulaşım araçları, her toplumda ve her gelir düzeyinde kullanılacak maliyet açısından sürdürülebilir bir ulaşım yöntemi değildir. Bu sebeple toplu taşıma sistemi ihtiyacı oluşmuş ve insanlar yolculuklarını hususi araçlar yerine ulaşım ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri toplu taşıma sistemlerine yönelmişlerdir.

Toplu taşıma sistemleri, belirli bir güzergah ve fiyat tarifesine sahip seferler ile insanların ulaşımını sağlayan sistemlerdir. Güzergah ve ücret tarifelerinin belirlenmesi için planlama ihtiyacı ortaya çıkmış ve yolculuk talepleri artıkça farklı parametrelerin devreye girmesiyle birlikte toplu taşıma planlaması kavramı şekillenmeye başlamıştır. Toplu taşıma planlamasının temelinde yolculuk taleplerinin tespit edilmesi yer almaktadır. Yolculuk taleplerinin belirlenmesi sonrasında taleplerin hangi bölgeden hangi bölgeye gerçekleştiği tespit edilir ve bu talepleri karşılayabilecek toplu taşıma türünün çeşitli parametreler göz önüne alınarak seçimi yapılır. Seçimi yapılan toplu taşıma türünün (hafif raylı sistem, otobüs, tramvay vb.) yolculuk taleplerini karşılayabileceği sefer saati ve sefer sayılarının ataması yapılarak toplu taşıma planlaması tamamlanır.

Yolculuk talebine bağlı olarak toplu taşıma birimlerinin (metro, tramvay, lastik tekerlekli araçlar vb.) ve hat sayılarının artması ile birlikte gerçekleştirilen seferlerin, toplu taşıma idarelerinin kaynaklarını (araç ve sürücü) kamu yararına verimli kullanarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Planlanan sefer gerçekleştirilirken kaynakları verimli kullanması için yapılacak düzenlemelerde toplu taşıma işletme

planlaması optimizasyonu kavramı ortaya çıkmaktadır. Toplu taşıma işletme planı optimizasyonunda; toplu taşıma idarelerinin uhdesinde bulunan araçların gelir getirmeyen hareketlerinin azaltılması, sürücü sürüş, çalışma, mesai ve mola sürelerinin personel çalışma kuralları çerçevesinde uygunluğunun gözetilmesi, planlanan seferlerin optimum araç ve sürücü kullanılarak gerçekleştirilmesi vb. hem idare hem de çalışanların verimliliği gözetilir.

Toplu taşıma sistemleri için gelişmiş ülkelerde, işletme planlaması ve optimizasyonu kavramı büyük bir öneme sahip olmakla birlikte bu doğrultuda yolculuk taleplerinin minimum kaynak (araç ve sürücü) ile karşılanabilmesi için çeşitli yazılımlar kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında; IVU Traffic Technologies AG firmasına ait IVU.Plan yazılımı kullanılmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi sorumluluğunda bulunan Eminönü - Alibeyköy tramvay hattının mevcut durumda işletmeye açık olan Cibali-Alibeyköy arasındaki ağ ve işletme verileri (istasyonlar, istasyonlar arası mesafeler, seferler, araç ve sürücü kuralları vb.) esas alınıp Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının tamamı için analizler gerçekleştirilmiştir. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında ilerleyen zamanlarda yolculuk taleplerinin artması ve talepleri karşılayabilmek için günlük sefer sayılarında artış olacağı öngörülerek çeşitli senaryo analizleri yapılmış ve bu senaryolar için makinist ve araç sayıları elde edilmiştir. Analizler ve optimizasyon sonucunda sefer senaryoları, Eminönü-Alibeyköy tramvay hattındaki mevcut kaynakların kullanımı ile hazırlanacak işletme planı hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİ

Sanayileşme ile başlayıp günümüzde de devam eden küresel ısınma ve çevresel etkilerinde önemli bir rol oynayan ulaşım sektörü aynı zamanda dünyadaki enerji tüketiminde de önemli bir yere sahiptir. Hususi araçların kullanımı ile ortaya çıkan, enerji tüketiminde ve beraberinde getirdiği çevreye olan olumsuz etkilerinde meydana gelen artış devam etmektedir. Günümüzde ulaşım sektöründe çevreye olan olumsuz etkilerin ve enerji tüketiminde fosil yakıt kullanımının azaltılması için devletler ve yerel yönetimler çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda maliyet, enerji tüketimi ve çevresel etkileri sebebiyle hususi araç kullanımı yerine toplu taşıma sistemlerinin kullanımı önem kazanmış ve toplu taşıma sistemlerinin kullanımına yönelim artmıştır.




Halk tarafından toplu taşıma sistemlerinin tercih edilmesi için devlet ve yerel yönetimler tarafından kentiçi ulaşımında coğrafi şartlar, maliyet, yolcu arzı, duraklar arası mesafe, sefer süresi vb. değişkenler göz önünde bulundurularak yatırımlar yapılmaktadır. Karayolu, demiryolu ve denizyolu olarak üç türe ayrılan toplu taşıma sistemleri kendi içerisinde farklı sistemleri barındırmaktadır. Karayolu toplu taşınması, lastik tekerlekli sistemlerden; demiryolu toplu taşınması metro, hafif raylı, tramvay, fönüküler vb. raylı sistemlerden, denizyolu toplu taşınması feribot, motor vb. sistemlerden oluşmaktadır. Toplu taşıma sistemleri bulunduğu şehrin coğrafi şartları, yol altyapısı, yolcu arzı vb. özelliklerin etkisinde şekillenmesi sebebiyle ülkeden ülkeye ve şehirden şehre göre tür ve sistemsel farklılıklar göstermektedir.

Kentiçi toplu taşıma sistemleri, insanların iş, sağlık, sosyallik vb. sebeplerle ortaya çıkan ulaşım ihtiyaçlarını toplu şekilde karşıladığı sistemlerdir. Bulunduğu şehrin toplu taşıma idareleri tarafından önceden belirlenmiş güzergahlar ve fiyat tarifeleri ile trafik yükünü hafifletirken fosil yakıt tüketimi ve çevre kirliliği ve ulaşım maliyetlerini azaltmaktadır. Yolculuk taleplerine karşılık verebilmesi için önceden planlaması yapılarak en uygun sistemin seçilir ve işletmeye açılır. Karayolu, demiryolu ve denizyolu olarak üç farklı türde hizmet vermektedir. Karayolu toplu taşıma sistemleri lastik tekerlekli sistemlerden oluşurken lastik tekerlekli sistemler de

kendi içerisinde farklı birimlere ayrılmaktadır. Farklı ülke ve şehirlerde toplu taşıma araçları için ayrılmış özel yolların kullanımı mevcut olsa da büyük çoğunluğu hususi araç kullanımının olduğu trafik yüküne maruz kalan yollarda hizmet vermektedir. Denizyolu toplu taşıma sistemleri, yolculuk talebine ve oluşturulması planlanan hattın fiziki altyapısına göre en uygun ulaşım araçlarına bağlı birimler seçilerek hizmet verir. Kentiçi denizyolu toplu taşımacılığı farklı sistemlere göre genel olarak daha yüksek yolculuk sürelerine sahip olsa da turistik amaçlarla kullanıma da imkan sağlamaktadır. Demiryolu toplu taşıma sistemleri ise kentiçi ulaşımında doğru planlandığında en yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip olabilir. Şehrin ana akslarını birbirine bağlayabilen, nadir olarak karayolu ulaşımı ile hemzemin olarak kesişime sahip olsa da büyük çoğunluğu karayolu trafiğinden ayrı şekilde çalıştırıldığı için daha güvenli ve planlanan sefer tarifelerinin yüksek doğruluk oranı ile hizmet verebildiği sistemlerdir. Türkiye'deki toplu taşıma sistemini oluşturan karayolu, denizyolu ve demiryolu yolcu taşımacılığı bu bölümde incelenmiştir.

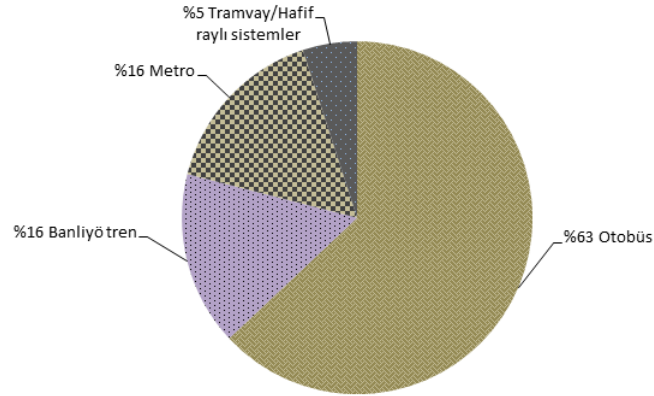
## 2.1. Dünyadaki Toplu Taşıma Sistemleri

Ülkeden ülkeye farklı parametrelerin bulunması sebebiyle halkın yolculuk talebi sayıları değişiklik gösterebilmektedir. Çeşitli ülkelerin 2015 yılına ait yolculuk talepleri istatistikî veriler baz alınarak miktarına göre Şekil 2.1'deki gibi gruplandırılmıştır.

Yüksek Seviye Talep	Orta Seviye Talep	Düşük Seviye Talep
		
Ortalama talebin %10'undan daha fazla	Ortalama talebe göre daha az ya da %10'a kadar daha fazla	Ortalama talebin %10'undan daha fazla
Singapur, Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Avusturya, Lüksemburg, Japonya, Güney Kore, Estonya, İsviçre, Litvanya, Almanya, İsveç, Polonya, Letonya, Romanya, Hırvatistan, Ukrayna, Fransa, Slovakya, İngiltere, Norveç	İtalya, Türkiye, Belçika, Bulgaristan, Rusya, Finlandiya, Brezilya, Çin	Danimarka, Portekiz, Kanada, İspanya, Malta, Avustralya, Slovenya, ABD, Yeni Zelanda

Şekil 2.1. Ülkelerin yolculuk taleplerinin miktarına göre gruplandırılması [1].

Yolculuk talebi olan insanların ulaşım talebini karşılama amacıyla ülkeden ülkeye ve şehirden şehre göre farklı toplu taşıma birimleri tercih edilir. Dünya genelinde 2015 yılında yapılan istatistiki çalışmalar neticesinde toplu taşıma yolculuklarının ortalama %63 oranında otobüs kullanılmaktadır [1]. Karayolu toplu taşımacılığının dünya genelinde yüksek bir oranda tercih edildiği görülmektedir. Şekil 2.2’de dünya genelindeki toplu taşıma sistemlerindeki yolculuk sayılarının araç türlerine dağılımı verilmiştir.

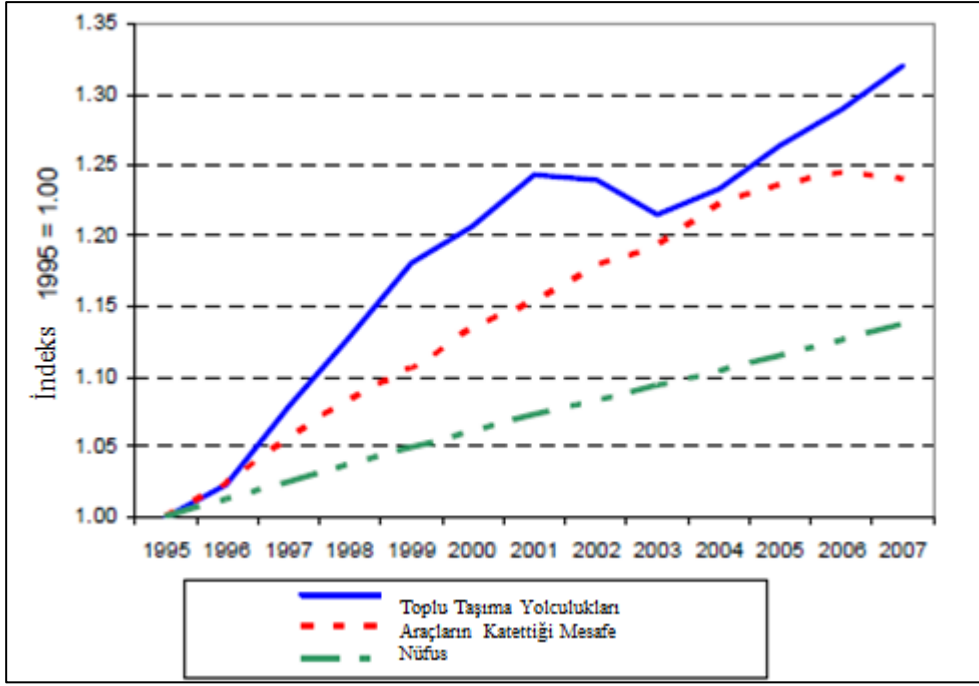


**Şekil 2.2.** Toplu taşıma sistemlerindeki yolculuk sayılarının araç türlerine dağılımı [1].

Amerika Birleşik Devletleri coğrafi şartlar, şehre ait imar planları, kişi başına düşen milli gelir ve ulaşım politikaları vb. farklılıklar sebebiyle toplu taşıma sistemlerinin kullanımı ülkemizden farklılıklar göstermekle birlikte benzerlikler de göstermektedir. Hususi araç kullanım oranının diğer dünya ülkelerine göre yüksek olduğu Amerika Birleşik Devletleri’nde karbon emisyonu, petrol fiyatlarındaki artışlar vb. konular göz önünde bulundurularak toplu taşımaya verilen önem günden güne artmaktadır. Toplu taşıma sistemleri, kentsel tasarımın gerekliliğiyle ortaya çıkan kırsal ve kentleşmiş alanlar olarak iki ayrı tür bölgeye hizmet vermek amacıyla tahsis edilir [2].

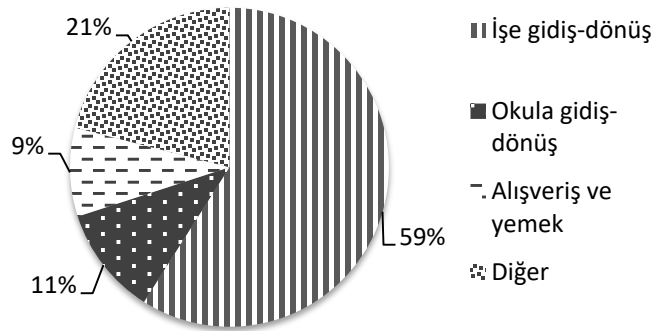
2007 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde toplu taşıma sistemlerinin kullanımı ile 10,3 milyar sayıda yolculuk gerçekleşmiştir. 1995 yılından 2007 yılına kadar toplu taşıma kullanımı Amerika Birleşik Devletleri’nde %35 oranında artmıştır [2].

Bu artış karayolu ulaşımı ve nüfus artışından daha hızlı gerçekleşmiştir. Şekil 2.3’te 1995-2007 yılları arasında gerçekleşmiş olan toplu taşıma yolculuklarının, araçların katettiği mesafenin ve nüfus artışının karşılaştırılması gösterilmiştir.



**Şekil 2.3.** Yıllara göre ABD’deki toplu taşıma yolculuklarının oransal artışı [2].

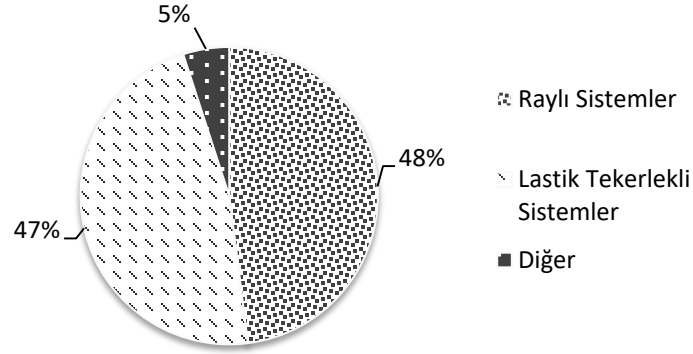
İnsanlar toplu taşıma sistemlerini çeşitli sebeplerle kullanmaktadır. Yaklaşık olarak %59 oranda işe gidiş-geliş, %11 oranda okula gidiş-geliş, %9 oranında alışveriş ve yemek amacıyla yapılan gidiş-geliş yolculukları oluşturmaktadır [2]. Şekil 2.4’te 2008 yılında ABD’deki toplu taşıma yolculuklarının oransal dağılımı gösterilmiştir.



**Şekil 2.4.** 2008 yılında ABD’deki toplu taşıma yolculuklarının oransal dağılımı [2].

Toplu taşıma sistemleri kullanılarak 1998 yılında 44,1 milyar mil olan toplam yolculuk uzunluğu 2008 yılında 55,2 milyar mil, 2018 yılında 55,8 milyar mile ulaşmıştır. 1998 yılındaki raylı sistem sayısı kullanımı 2018 yılına gelindiğinde %57 oranında artış göstermiştir [3].

2020 yılında toplu taşıma sistemleri kullanılarak yapılan yolculuk sayılarının %48'ini raylı sistemler ve %47'sini lastik tekerlekli sistemler oluşturmakta ve sistemler arası daha dengeli bir dağılım sağlanmıştır [3]. Şekil 2.5'te 2020 yılında ABD'deki toplu taşıma yolculuklarındaki lastik tekerlekli sistemler ile raylı sistemlerin oransal dağılımı gösterilmiştir.



**Şekil 2.5.** 2020 yılında ABD'deki toplu taşıma yolculuklarındaki lastik tekerlekli sistemler ile raylı sistemlerin oransal dağılımı [3].

1995 yılından 2020 yılına kadar olan nüfus artışı %23 oranında gerçekleşirken toplu taşıma kullanımını %28 oranında artış göstermiştir [3].

2018 yılında karayolu ve demiryolu modlarında gerçekleşen toplam yolculuk sayısında %47 oranında otobüs, metrobüs ve trolleybüs, %37 oranında demiryolu sistemi, %5 oranında hafif raylı sistem ve tramvay, %5 oranında banliyö ve hibrit raylı sistem, %2 oranında talebe duyarlı sistemler, %2 oranında diğer sistemler, %1 oranında banliyo otobüsü sistemleri kullanılmıştır [3].

## 2.2. Karayolu

Karayolu toplu taşıma sistemleri mevcut yol ağını kullanarak trafik yüküne maruz kalarak önceden belirlenmiş duraklar arasında yolcu taşımacılığı yapan lastik tekerlekli sistemlerdir. İstanbul'daki karayolu toplu taşımacılığı şehrin yerleşiminin homojen değil de Doğu-Batı aksında dağılması sebebiyle denizyolu ve demiryolu toplu taşımacılığı ile kazan-kazan yaklaşımı yerine kazan-kayıbet yaklaşımına sahiptir. Şehrin ana aksları arasındaki yolcu taşımacılığı, geçmişte yüksek oranda karayolu taşımacılığı ile sağlanırken günümüzde demiryolu ve denizyolu taşımacılığı hatlarındaki artış trafik yüküne maruz kalan karayolu toplu taşımacılığına olan talebi azaltmıştır. İstanbul'da raylı sistemlerin yaygınlaşması öncesinde hem kısa

mesafeleri aşmak hem de şehrin ana arterlerini birbirine bağlamak için kullanılırken raylı sistemlerin yaygınlaşması sonrasında dünyada diğer metropollerde olduğu gibi karayolu toplu taşımacılığı, yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip olan raylı sistem hatlarına entegrasyonu sağlama amacına hizmet etmeye doğru ilerlemektedir. Karayolu toplu taşıma hizmetlerinin sistemler arası entegrasyona katkı sağlamasıyla birlikte ülkemizin fosil yakıtlardaki dışa bağımlılığı da göz önüne alındığında yakıt tüketimi, karbon emisyonu, yolculuk maliyetleri ve trafikte bekleme süreleri gibi etkilerde azalış meydana gelmiştir.

İstanbul'da karayolu toplu taşıma sistemleri; otobüs, metrobüs, minibüs ve taksi dolmuş sistemlerinden oluşmaktadır.

### **2.2.1. Otobüs**

Kentiçi yol ağını yeni bir altyapı yatırım ihtiyacı bulunmadan kullanabilen, yolculuk taleplerine göre istenildiği zaman durakların sayısı ve konumlarında değişiklik sağlanabilen ulaşım birimidir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin bağlı kuruluşlarından birisi olan İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü, otobüslerin işletilmesi ve denetlemesinden sorumludur. İstanbul'daki otobüs taşımacılığı, İETT'nin kendi bünyesindeki ve özel şirketlere ait araçlarla önceden tanımlanmış hatlar ve güzergahlarda gerçekleşmektedir. Raylı sistem ve denizyolu toplu taşıma hatlarına göre daha fazla hatta ve durağa sahip olması sebebiyle bir noktadan başka bir noktaya ulaşımında çeşitli alternatifleri bulunmaktadır. Teknik arıza, kaza vb. olumsuz durumlarda şehrin tüm karayolu ulaşım ağının kullanılabilmesi sebebiyle yolcu mağduriyeti hızlıca giderilebilirken trafik sıkışıklığı ile birlikte yolculuk sürelerinde artışlar yaşanabilmektedir. Yaşanan olumsuz durumlarda, planlanan sefer saati ve süreleri ile gerçekleşen sefer saati ve süreleri arasında farklara sebep olup işletme planlamasını sekteye uğratmaktadır. Bu çerçevede hizmet kalitesi ve yolcu memnuniyetinde düşüşler meydana gelebilmektedir. Tüm olumlu ve olumsuz özellikleriyle birlikte otobüs, İstanbul'un toplu taşıma sisteminde önemli bir yere sahiptir. İstanbul'da 14D hattında seferini gerçekleştiren bir otobüs Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



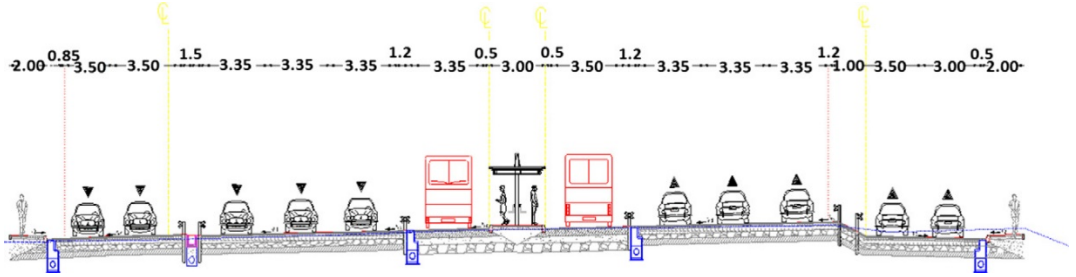


**Şekil 2.6.** 14D hattında seferini gerçekleştiren bir otobüs

### 2.2.2. Metrobüs

Dünyada altı kıtada birçok ülkede örneği bulunan kendine ait ayrı bir yol ağına sahip metrobüsün kilometre başına ortalama 5,5 milyon ABD Doları inşaat maliyeti ile İstanbul metrobüsü düşük inşaat maliyetli örnek bir sistemdir [4].

D100 Otoyolu'nda metrobüs için ayrılan gidiş-dönüş olmak üzere iki şerit haricinde her bir yön için üç şerit ve yan yollar için ikişer şerit planlanmış olup şerit uygulaması Şekil 2.7'de gösterilen kesite uygun şekilde yapılmıştır.



**Şekil 2.7.** Metrobüs şerit uygulaması [5].

İstanbul'un mevcut karayolu trafiğine maruz kalmadan Anadolu ve Avrupa yakasını birbirine bağlayarak 52 km uzunluğa 44 durağa sahip bir ulaşım birimi olan metrobüs Doğu-Batı aksında çalıştırılmaktadır [6]. Metrobüs hattına ait görsel Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.8.** Metrobüs hattına ait görsel

Kullanılan lastik tekerlekli araçların yolculuk taleplerini karşılayabilmesi için tek bir yol aksı mevcut olmasına rağmen farklı hatlara sahiptir. Farklı hatların mevcudiyeti, tek bir aracın toplam 52 km olan yol ağı uzunluğunun tamamını kullanmadan daha kısa mesafe ve daha çok yolculuk talebi bulunan duraklar arasında hizmet verebilmeye imkan sağlamaktadır.

Metrobüse işletmesinde bulunan hatlara ait bilgiler Tablo 2.1’de verilmiştir.

**Tablo 2.1.** Metrobüs işletmesine ait hat verileri [6].

Hat Adı	Hat (km)	Uzunluğu	İstasyon Sayısı	Sefer (dakika)	Süresi
Avcılar-Zincirlikuyu	30		26	60	
Avcılar-Söğütlüçeşme	42		33	80	
Beylikdüzü-Zincirlikuyu	40		37	80	
Beylikdüzü-Cevizlibağ	29		26	60	
Beylikdüzü-Söğütlüçeşme	52		44	100	
Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme	11,5		8	25	

### 2.2.3. Minibüs

İstanbul’da nüfus artışı, göç ve kentleşmenin hızla artmasıyla birlikte kamu sektörüne ait kentiçi toplu taşıma hizmeti yolculuk taleplerini karşılarken yetersiz kalmıştır. Yolculuk taleplerinin karşılanabilmesi için ihtiyaç sebebiyle özel sektör taşıma girişimleri ortaya çıkmıştır. Minibüs ulaşım birimi, toplu taşıma idarelerinin

yetersiz kaldığı alanlarda yatırım maliyeti olmadan vatandaşların yolculuk taleplerini karşılamaktadır. Yolcu taşıma kapasitesi olarak karayolu toplu taşıma sistemine ait birimlerden otobüse oranla tek seferde daha düşük yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Mevcut araç kaynağının verimli kullanılması amacıyla İETT tarafından düşük sefer sıklığının planlandığı bölgelerde minibüsler esnek sefer saatleriyle yolculuk talebini ve yolcu memnuniyetini sağlamaktadır. Ümraniye ilçesinde hizmet veren bir minibüs hattına ait araç ait görüntü Şekil 2.9’da verilmiştir.



**Şekil 2.9.** Ümraniye ilçesinde hizmet veren bir minibüs hattına ait araç

Yıllar içerisinde kentiçi raylı sistem hat sayısının az olması ve raylı sistem kullanan yolcuların entegrasyonunun sağlanamaması sebebiyle minibüsler, kentiçi toplu taşımada çok önemli bir role sahiptir. Raylı sistem hatlarının çoğalması, Marmaray hattının açılması ve karayolu trafiğinde yaşanan artış ile birlikte aynı aksta faaliyet gösteren minibüs hatlarına olan talep azalmıştır. Bu sebeple İstanbul’da hat uzunluğu yüksek olan minibüs hatlarından raylı sistem ağına entegrasyonu sağlayan kısa mesafeli minibüs hatlarına doğru bir geçiş başlamıştır.

#### **2.2.4. Taksi dolmuş**

Taksi Dolmuş hatları otobüs ve minibüslere göre daha az yolcu sayısı ile ara duraklarda daha az indi bindi yaparak sefer süresinin otobüs ve minibüs hatlarına göre daha az olabildiği hatlardır. İki bölge arasında yolculuk talebinin fazla olduğu fakat bu bölgeler arasında yeterli yolculuk talebinin olmadığı veya bu yolculuk

taleplerinin farklı otobüs ve minibüs hatları ile karşılanabildiği durumlarda tercih edilmektedir. Yolcu için hem daha konforlu hem de daha hızlı bir ulaşımı mümkün kılmaktadır. Taksi dolmuş araçlarına ait görsel Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



**Şekil 2.10.** İstanbul'da hizmet veren bir taksi dolmuş araçları

### 2.3. Denizyolu

İstanbul'da deniz taşımacılığı büyük bir önem arz etmekte ve İstanbul'un çeşitli sahil bölgeleri üzerinde aktarma istasyonları da yer almaktadır. Raylı sistemler ile farklı bölgelerde şehir içi ve şehirlerarası deniz ulaşımı entegrasyonu sağlamakta olup deniz ulaşımı entegrasyonuna devam eden ve planlanan hatlarda dikkat edilmektedir. Şekil 2.11'de denizyolu toplu taşımalarını sağlayan Şehir Hatlarına ait bir vapur görülmektedir.



**Şekil 2.11.** Şehir hatlarına ait bir vapur

Üsküdar, Sirkeci ve Yenikapı'da şehir içi ve şehirlerarası denizyolu entegrasyonu Marmaray hattı ile sağlanmaktadır. Avrupa yakasında Kabataş'ta F1 Taksim-Kabataş Füniküler Hattı, Karaköy ve Eminönü'nde T1 Kabataş- Bağcılar Tramvay Hattı, Fatih ve Eyüpsultan çevresinde T5 Cibali-Alibeyköy Cep Otogarı Tramvay Hattı ile

denizyolu entegrasyonu sağlanmaktadır. Anadolu yakasında ise Kadıköy’de M4 Kadıköy-Tavşantepe Metro Hattı ve T3 Kadıköy-Moda Tramvay Hattı, Üsküdar’da M5 Üsküdar-Çekmeköy Metro Hattı ile denizyolu entegrasyonu sağlanmaktadır. İstanbul’da denizyolu toplu ulaşımı İBB bünyesindeki Şehir Hatları A.Ş., özel işletmeler ve İDO A.Ş. ile gerçekleştirilmektedir. Tablo 2.2’de İstanbul’da Şehir Hatları işletmesinde seferlerini gerçekleştiren denizyolu toplu taşıma hatları listelenmiştir.

**Tablo 2.2.** Şehir Hatları işletmesindeki denizyolu toplu taşıma hatları [7].

Numara	Hat Adı	Numara	Hat Adı
1	Kadıköy-Kabataş	18	Boğaz Turları
2	Kadıköy-Karaköy-Eminönü	19	Çengelköy-İstinye Ring
3	Üsküdar-Karaköy-Eminönü	20	Bebek-Emirgan
4	Kadıköy-Beşiktaş	21	Rumelikavağı-Eminönü
5	Kadıköy-Karaköy-Beşiktaş	22	Anadolukavağı-Üsküdar
6	Haliç	23	İstinye-Çubuklu Arabalı Vapur
7	Beykoz-Sarıyer	24	Aşiyen-Anadoluhisarı-Küçüksu Ring
8	Kadıköy-Sarıyer	25	Üsküdar-Aşiyen
9	Anadolukavağı-Rumelikavağı-Sarıyer	26	Avcılar-Bostancı
10	Kadıköy-Üsküdar-Ortaköy	27	Beşiktaş-Kabataş-Karaköy-Kasımpaşa-Sütlüce-Eyüp
11	Bostancı-Karaköy-Kabataş	28	Bostancı-Moda-Kadıköy-Kabataş
12	Küçüksu-Beşiktaş-Kabataş	29	Kadıköy-Kasımpaşa-Fener-Sütlüce-Eyüp
13	Küçüksu-İstinye	30	Maltepe-Büyükada-Heybeliada-Burgazada-Kınalıada
14	Boğaz	31	Çengelköy-Kabataş
15	Kabataş-Adalar	32	Avcılar-Bakırköy-Kadıköy
16	Adalar-Beşiktaş	33	Ortaköy-Beşiktaş-Eminönü
17	Bostancı-Adalar Ring		

İstanbul kentiçi denizyolu ulaşımı Şehir Hatları A.Ş., özel işletmeler ve İDO A.Ş.’ye ait olan; Eminönü, Karaköy, Kadıköy, Üsküdar, Beşiktaş, Kabataş, Bebek, Büyükada, Heybeliada, Kınalıada, Yenikapı, Bostancı, Avcılar, Sarıyer, Maltepe,

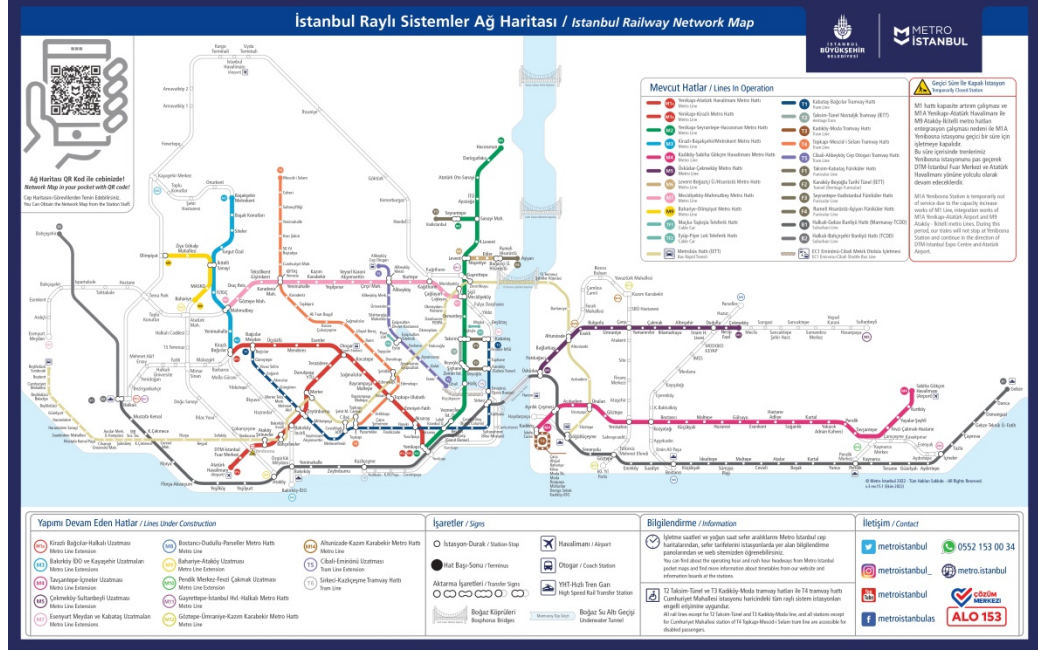
Burgazada, Küçüksu, İstinye, Aşıyan, Kasımpaşa, Fener, Sötlöce, Eyüp, Emirgan, Beykoz, Ortaköy, Çubuklu, Moda ve Çengelköy iskeleleri ile sağlanmaktadır.

#### **2.4. Demiryolu**

İngiltere’de raylı sistemlerin taşımacılıkta kullanımına başlandığı tarihten bu yana, dünyadaki yük ve insan taşımacılığında güvenilir, ekonomik, yenilikçi ve çevre dostu taşıma sistemi olmaya devam etmektedir. Buharlı motor sisteminden elektrikli motorlara geçiş yapılması ile birlikte çevreye karşı olan zararlı etkileri karayolu ve denizyolu toplu taşımacılığına oranla azalmıştır.

Karayolu ulaşımındaki trafik sıkışıklığını azaltması, yolcu kapasitesinin yüksek olması, zaman israfını düşürmesi, çevre bilincinin artması, gürültü kirliliğini düşürmesi, konforlu, güvenli ve ekonomik olması nedeniyle kentiçi yolcu taşımacılığında monoray, tramvay, metro, hafif raylı sistem, föniküler vb. raylı sistemler dünyada yaygınlaşmakta ve sayılarında büyük miktarda artış gözlemlenmektedir.

Tüm dünyada olduğu gibi İstanbul’da da raylı sistemler ile toplu taşıma hizmetleri büyük bir gelişim göstermektedir. 2022 yılında İstanbul genelinde 282,95 km uzunluğunda kent içi raylı sistem bulunmaktadır [8]. İstanbul’da raylı sistem hatlarının büyük çoğunluğunun işletmeciliğini yapan Metro İstanbul’un yayınladığı verilere göre İstanbul’daki raylı sistemlerin yapımını üstlenen İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na ait 2024 yılı sonuna kadar açılması planlanan hatların uzunluğu sırasıyla 76,45 km ve 91 km olmak üzere toplamda 167,45 km’dir. Yapımı tamamlanacak hatların da dahil edilmesiyle 2024 yılı sonunda İstanbul’da işletmeye alınacak toplam raylı sistem uzunluğu 429,6 km olarak belirtilmiştir. 2029 yılı sonunda işletme olması planlanan hatların toplam uzunluğu ise 625,70 km olarak belirtilmiştir [9]. Şekil 2.12’de İstanbul’un raylı sistem haritası verilmiştir.



Şekil 2.12. İstanbul raylı sistem haritası [10].

Metro taşımacılığında önemli bir yere sahip olan Aksaray-Kartaltepe arasında hizmete başlayan M1 metro hattı 1989 yılında işletmeye alınmıştır. Hat uzatmalarının tamamlanması sonrasında 26 km'lik ray uzunluğu ile Yenikapı'dan Atatürk Havalimanı'na ve Kirazlı'ya kadar günde yaklaşık 430.000 yolcu taşımaya devam etmektedir [11].

Günlük yaklaşık 390.000 yolcu taşımakta olan ve yaklaşık 19 km hat uzunluğuna sahip T1 Kabataş-Bağcılar tramvayı 1992 yılından günümüze ulaşım imkanı sunmaktadır. Zeytinburnu-Bağcılar uzatması ile birlikte Bağcılar'a kadar uzayan ve Bağcılar, Zeytinburnu, Aksaray istasyonlarında M1 metro hattı ile entegre olan T1 hattı, F1 Taksim-Kabataş Füniküler hattına Kabataş istasyonu ile entegre edilmiştir. M2 Yenikapı-Hacıosman hattına Laleli istasyonundan entegre olan T1 hattını kullanan yolcular Marmaray hattına Sirkeci istasyonundan ulaşabilmektedir [11].

2000 yılında işletmeye başlayan ve Yenikapı-Hacıosman arasında hizmet veren M2 metro hattının uzunluğu, uzatma projeleri ile beraber 23,5 km'ye artırılmış olup M2 Yenikapı-Hacıosman hattı 16 istasyon ve 116 araç ile günde 440.000 yolcu hizmet vermektedir [11].

2007 yılında işletmeye açılmış ve uzatma projesi 2009 yılında tamamlanmış olan T4 Topkapı-Mescid-i Selam tramvay hattı, günde yaklaşık 160.000 yolcu hizmet vermekte olup 15,3 km hat uzunluğuna ve 22 istasyonuna sahiptir [11].

M4 Kadıköy-Tavşantepe metrosu 2012 yılında işletmeye açılmış, günde 240.000 yolcuya toplam uzunluğu 26,2 km hat ve 19 istasyon ile hizmet vermektedir. Marmaray hattı ile Ayrılık Çeşmesi istasyonundan entegre olan metro hattı, Metrobüs hattına Ünalın istasyonundan geçiş imkanı tanımaktadır. Tavşantepe-Sabiha Gökçen Havalimanı istasyonları arasındaki çalışmalar 2022 yılında tamamlanmış ve Kadıköy- Sabiha Gökçen Havalimanı arasında hizmet veren hattın 33,5km uzunluğu ve 23 istasyonu bulunmaktadır [11].

2013 yılında işletmeye başlayan uzunluğu 16 km olan M3 Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metrokent arasında açılan hat günde 65.000 yolcuya hizmet vermektedir. M9 metro hattının açılması ile birlikte hattın Olimpiyat işletmesi M9 tarafında kalmış olup, M3 Kirazlı-Başakşehir Metrokent olarak işletilmektedir [11].

Hat uzunluğu 3,3 km olan M6 Levent-Boğaziçi Ü./Hisarüstü metro hattı, 2015 yılında işletmeye açılmış olup 4 istasyon ve 8 araç ile günde ortalama 17.000 yolcu taşımaktadır [11].

Birinci etabı 2017 yılı sonunda işletmeye açılan M5 Üsküdar-Çekmeköy metro hattının ikinci etabı ise 2018 yılında işletmeye açılmış ve Türkiye'deki ilk sürücüsüz metro olma özelliğine sahiptir. 20 km uzunluk ve 16 istasyon ile M5 Üsküdar-Çekmeköy metro hattında günlük ortalama 180.000 yolcu taşınmaktadır [11].

M7 Kabataş-Esenyurt metro hattının ilk etabı Mecidiyeköy-Mahmutbey arasında işletmeye açılmıştır. İlk etapta 18 km uzunluk ve 15 istasyon ile hizmete başlayan metro hattı günlük ortalama 80.000 yolcu ile işletmesine devam etmektedir [11].

Katensiz olarak sürekli yerden besleme 3. ray sistemine sahip T5 Cibali-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattı 12 istasyonu ve 8,8 km hat uzunluğuyla günlük ortalama 10.000 yolcuya hizmet etmektedir [11].

29 Mayıs 2021 tarihinde ilk etabı Bahariye ve Masko istasyonları arasında işletmeye açılmış olan M9 Ataköy-Olimpiyat metro hattına daha önce M3 hattı içerisinde işletilmekte olan İkitelli Sanayi, Ziya Gökalp Mahallesi ve Olimpiyat istasyonları eklenmiştir. 5 istasyon ve 6 km hat uzunluğuyla günlük ortalama 10.000 yolcu ile işletmeye devam etmektedir [11].

Belirtilen raylı sistem hatları dışında TF1 Maçka-Taşkışla teleferik, T3 Kadıköy-Moda tramvay, TF2 Eyüp-Piyer Loti teleferik, F1 Taksim-Kabataş funiküler, F2



Karaköy-Beyoğlu föniküler, F3 Seyrantepe-Vadistanbul föniküler, F4 Boğaziçi Üniversitesi/Hisarüstü-Aşiyen föniküler hatları da bulunmaktadır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde çalıştırılan Marmaray hattı Halkalı-Gebze arasında seferlerini gerçekleştirmektedir. Marmaray, ilk aşaması Haydarpaşa-Gebze ve Sirkeci-Halkalı banliyo hatlarının iyileştirilmesi ve ikinci aşaması boğaz geçiş tüneli ile birbirine bağlanması adımları ile işletmeye alınmıştır. Marmaray hattı 76,6 km hat uzunluğu ve 43 istasyon ile işletmeye devam etmektedir [12]. Gebze-Ayrılık Çeşmesi ve Halkalı-Kazlıçeşme arasındaki işletmeye devam eden hat sayısı 3, Ayrılık Çeşmesi-Kazlıçeşme arasında ise hat sayısı 2'dir. YHT ve anahat trenlerine hizmet eden istasyonlar; Gebze, Pendik, Bostancı, Söğütluçeşme, Bakırköy ve Halkalı istasyonlarıdır. Marmaray hattının denizyolu ulaşım, metro, metrobüs, ve tramvay hatlarıyla çeşitli istasyonlarda entegrasyonu bulunmaktadır.



### **3. EMİNÖNÜ ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI**

#### **3.1. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı Bilgileri**

İstanbul il sınırları içerisinde Fatih ve Eyüpsultan ilçeleri arasında bulunan Eminönü-Alibeyköy tramvay hattı Haliç kıyılarını kapsayan bir raylı sistem hattıdır. İlk etapta Cibali-Alibeyköy Cep Otogarı istasyonları arasında çalıştırılması planlanan tramvay hattı 10,1 km hat uzunluğuna sahip olacak şekilde projelendirilmiştir. Cibali istasyonundan sonra bulunan Küçükpazar ve Eminönü istasyonları ilerleyen tarihlerde tamamlanıp işletmeye alınması planlanmaktadır. İşletmeye alınmamış olan Cibali-Eminönü arasındaki ulaşım, ring seferleri gerçekleştiren EC1 numaralı otobüs ile hattı ile sağlanmaktadır.

İlk etabı Cibali istasyonu ile Alibeyköy Cep Otogarı istasyonları arasındaki hat kesimini kapsayan hattın ilk etabı 1 Ocak 2021'de işletmeye açılmıştır. Tramvay hattının ikinci etap kesimine dahil olan Küçükpazar ve Eminönü istasyonları ile Cibali istasyonunda son bulan tramvay hattı Eminönü'ne bağlanacaktır.

9 Kasım 2016 tarihinde yapım işlerine başlanmış olan Eminönü–Alibeyköy tramvay hattı katenersiz sürekli cer gücü iletim sisteminin yerden aldığı enerji ile işletmesine devam etmektedir.

Katenersiz tramvay işletmelerinde kullanılan sistem sürekli yerden besleme üçüncü ray sistemidir. Sistemde araçlara enerji sağlamak amacıyla raylar arasına yerleştirilmiş 11 metrelik ray segmentleri bulunmaktadır. Raylarda bulunan alıcılar aracılığıyla araç algılanmakta ve araç ray üzerinden geçtiği sırada raylar otomatik olarak enerjilendirilir. Raylar, üzerinden araç geçmediği zaman enerjisiz konumda olur. Tramvay hatlarında bulunan hemzemin geçitlerde güvenliği olan bu sistem, üzerinden araç geçmeyen alanlarda emniyetli yaya geçişine imkan sunmaktadır [11].

Eminönü Alibeyköy tramvay işletmesinde gerçekleştiren bir sefere ait görüntü Şekil 3.1'de verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Tramvay işletmesinde gerçekleştirilen bir sefer

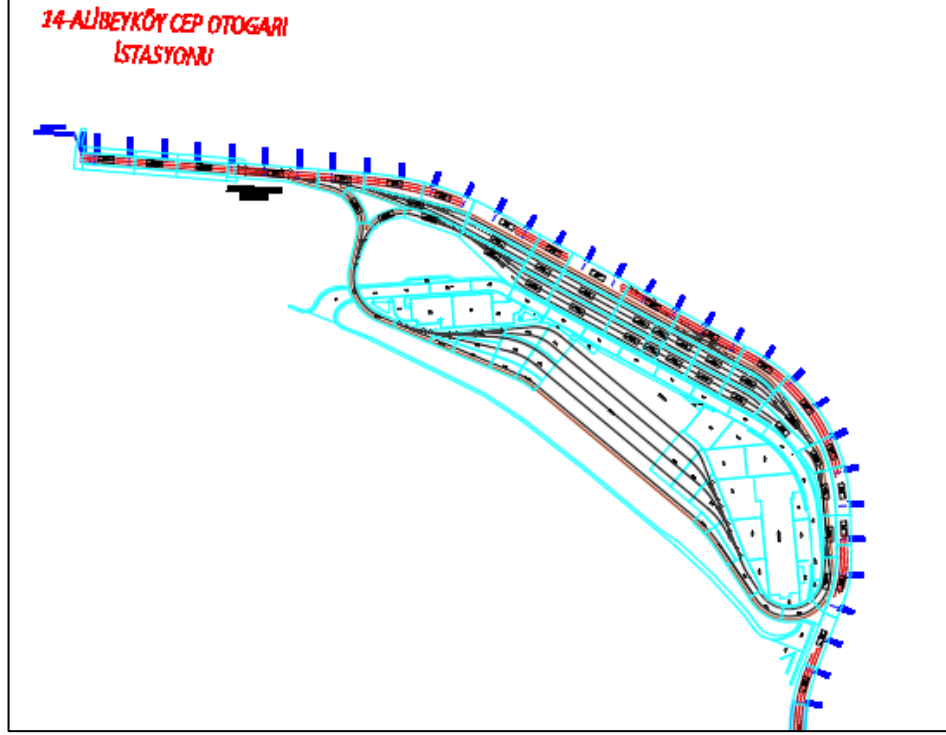
Tramvay hattı, Haliç kıyı şeridi ile paralel konumlanması ve Tarihi Yarımada'da yer alması sebebiyle tarihi dokuya ve herhangi bir yapıya zarar vermeden tasarlanmıştır. Katener direkleri ve tellerinin bulunmaması sebebiyle tarihi dokuya, doğal yapıya, ağaçlara zarar vermeyen, yaya ve park yolları ile tam erişime uyumlu olup acil durum araçlarına kısıtlama yaratmamaktadır. Hava muhalefetine uyumlu olarak çalışabilen, çevreci, tarihi dokuyu koruyan ve görüntü kirliliğini minimuma indirmiş olan bu tramvay hattı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi iştirak şirketlerinden olan Metro İstanbul A.Ş. tarafından işletilmektedir [11].

14 adet istasyona sahip Eminönü-Alibeyköy tramvay hattındaki istasyonlara ait kilometre ve ara mesafe bilgileri Tablo 3.1'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** İstasyon km ve ara mesafe bilgileri.

No	İstasyon Adı	Km	Ara Mesafe (m)
1	Eminönü	0+000	-
2	Küçükpazar	0+720	720
3	Cibali	1+210	490
4	Fener	1+950	740
5	Balat	2+770	820
6	Ayvansaray	3+480	710
7	Feshane	4+350	870
8	Eyüpsultan Teleferik	4+980	630
9	Eyüpsultan Devlet Hastanesi	5+910	930
10	Silahtarağa Mahallesi	7+080	1170
11	Üniversite	7+680	600
12	Alibeyköy Merkez	8+240	560
13	Alibeyköy Metro İstasyonu	8+920	680
14	Alibeyköy Cep Otogarı	10+140	1220

9+520'den başlayıp 10+020 kilometreleri arasında olan (Alibeyköy Metro İstasyonu-Alibeyköy Cep Otogari istasyonları arası) bakım atölyesi ve yönetim binaları bulunmaktadır. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının depo sahası ve bakım atölyelerine ait proje ve uydu görüntüleri Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te verilmiştir.



**Şekil 3.2.** Tramvay hattının depo sahası ve bakım atölyelerine ait proje görüntüsü



**Şekil 3.3.** Tramvay hattının depo sahası ve bakım atölyelerine ait uydu görüntüsü [13].

### **3.2. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı Araç Teknik Verileri**

Eminönü-Alibeyköy hattında Durmazlar Makine A.Ş. şirketinin DURMARAY markası ile piyasaya sürdüğü yerli üretim tramvay araçları kullanılmıştır. Hattın kullanılmasında planlanan toplam araç sayısı 30 adet olacak şekilde belirlenmiştir.

Eminönü Alibeyköy tramvay işletmesinde seferini gerçekleştiren bir tramvaya ait görüntü Şekil 3.4'te verilmiştir.



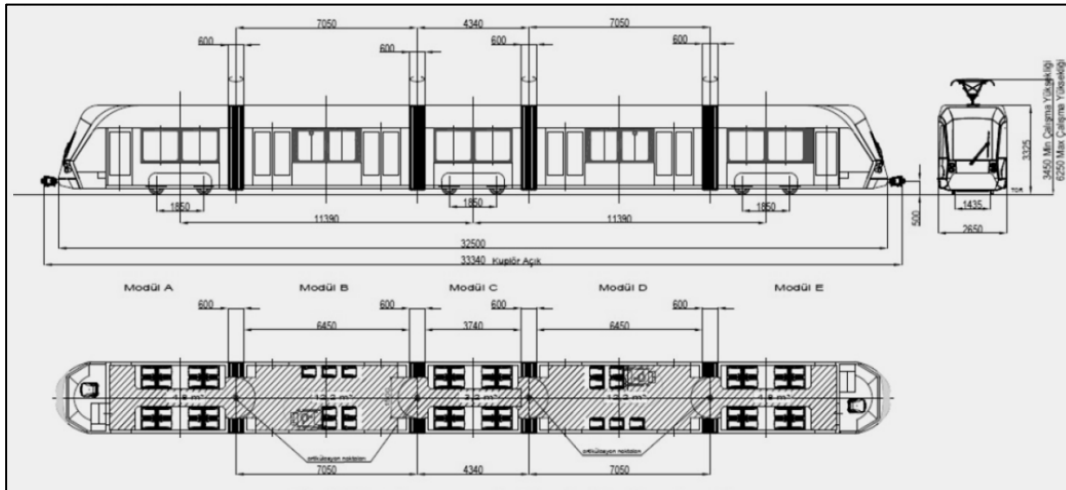
**Şekil 3.4.** İşletmede seferini gerçekleştiren bir tramvayın dış ve iç görüntüsü

Eminönü–Alibeyköy tramvay hattı katenersiz sürekli cer gücü iletim sistemi ile yerden aldığı enerji sayesinde işletilmektedir. Fransa, Dubai, Ekvator, Katar ve Avustralya gibi ülkelerde kullanımı olan bu sistemde iki ray arasında üçüncü bir raydan enerji iletimi sağlanmakta ve herhangi bir direk ve görünürde kablo ihtiyacı bulunmamaktadır. Karayolu araçlarının, yayaların ve tramvay aracının kesiştiği hemzemin geçitlerde karayolu araçları ve yaya geçişi sırasında enerji iletimi olmayacaktır. Bunun sebebi ise tramvay aracının sadece üzerinde bulunduğu üçüncü raydan enerjilendirilmesidir. Bu sayede Haliç kıyılarını çevreleyen bir tramvay hattının katener direkleri ve kablolar ile yaratacağı görüntü kirliliğinin önüne geçilmiştir. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında kullanılan tramvaylara ait teknik veriler Tablo 3.2’de verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Eminönü-Alibeyköy hattında kullanılan tramvaya ait teknik veriler [14].

Özellik	Açıklama
Araç Boyu	33 m
Araç Genişliği	2650 mm
Araç Yüksekliđi	3500 mm
Koltuklar	62
Ayakta Yolcu Kapasitesi (8 Kişi/m <sup>2</sup> )	240
Toplam Yolcu Kapasitesi	302
Azami Hız	70 km/h
Araç Yüksekliđi	Taban 350 mm
En Küçük Dönüş Yarıçapı	20 m
Araç Ağırlığı	44,6 ton
Hızlanma İvmesi	1,2 m/s <sup>2</sup>
Frenleme İvmesi	2,8m/s <sup>2</sup>
Ana Özellikler	%100 Alçak Tabanlı Çift Yönlü Tramvay, 750 V DC

Eminönü-Alibeyköy tramvay işletmesindeki tramvayın aks, bogi, genişlik uzunluk vb. teknik ölçüleri ve koltuk yerleşimlerine ait görüntü Şekil 3.5'te verilmiştir.



**Şekil 3.5.** Tramvayın teknik ölçüleri ve koltuk yerleşimlerine ait görüntü

Eminönü-Alibeyköy hattındaki tramvayları oturan yolcu ve ayakta yolcu kapasitesi hesaba katıldığında tek bir sefer için taşıyabileceği maksimum yolcu sayısı 302'dir. Günlük tek yönde yolcu taşıma kapasitesi 51300 kişidir [11].



### 3.3. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı Entegrasyon Noktaları

Eminönü ve Alibeyköy Cep Otogarı istasyonları arasında hizmet verecek olan bu tramvay hattı İstanbul'da kentiçi entegre toplu ulaşımaya büyük bir katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte Alibeyköy Cep Otogarı istasyonu ile şehirlerarası yolcu taşımacılığına da katkıda bulunmaktadır. Tablo 3.3'te T5 Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının kentiçi toplu taşıma entegrasyon noktaları verilmiştir. Hattın büyük bir kesiminin Haliç kıyılarını çevrelemesi sebebiyle denizyolu toplu ulaşım sistemleri ile entegrasyon noktası sayısı; raylı sistemlere göre daha fazla olsa da yolcu aktarım sayıları, sistemlerin yolcu taşıma kapasite farkları, kart basım verileri ve hattın Eminönü istasyonunun işletmeye alınmadığı göz önünde bulundurulduğunda raylı sistem entegrasyonunun etkin bir şekilde kullanıldığı tespit edilmiştir. Mevcut durumda Cibali-Alibeyköy Cep Otogarı istasyonları arasında işletmeye devam eden hattın Eminönü entegrasyon noktasına ulaşımını sağlamak için EC1 hat numaralı otobüs çalıştırılmaktadır. Fakat tarihi yarımada'daki mevcut karayolu altyapısını kullanan araçların trafikte bekleme ve gecikme süreleri göz önüne alındığında Cibali-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattının mevcut Eminönü entegrasyonu, Eminönü-Alibeyköy hattının tamamen işletmeye açılacağı durumdaki entegrasyona göre daha yüksek maliyet ve yolculuk süresi ile sağlanmaktadır.

**Tablo 3.3.** Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının kentiçi toplu taşıma entegrasyon noktaları.

Entegrasyon Noktaları	Entegre Olunan Toplu Taşıma Türü	Entegre Hatlar
Eminönü	Denizyolu	Eminönü-Karaköy-Kadıköy hattı
Eminönü	Denizyolu	Eminönü-Karaköy-Üsküdar hattı
Eminönü	Denizyolu	Eminönü-Adalar hattı
Eminönü	Denizyolu	Eminönü-Ortaköy-Beşiktaş hattı
Eminönü	Denizyolu	Eminönü – Rumelikavağı hattı
Eminönü	Raylı Sistem	T1 Bağcılar-Kabataş tramvay hattı
Küçükpazar	Raylı Sistem	M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı
Fener	Denizyolu	Haliç hattı (Eyüpsultan-Sütlüce-Ayvansaray-Hasköy-Balat-Fener-Kasımpaşa-Karaköy-Üsküdar)
Fener	Denizyolu	Kadıköy-Kasımpaşa-Fener-Sütlüce-Eyüpsultan hattı

**Tablo 3.3. (Devamı) Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının kentiçi toplu taşıma entegrasyon noktaları.**

Entegrasyon Noktaları	Entegre Olunan Toplu Taşıma Türü	Entegre Hatlar
Balat	Denizyolu	Haliç hattı
Ayvansaray	Denizyolu	Haliç hattı
Feshane	Denizyolu	Haliç hattı
Feshane	Denizyolu	Kadıköy-Kasımpaşa-Fener-Sütlüce-Eyüpsultan hattı
Feshane	Denizyolu	Beşiktaş-Kabataş-Karaköy-Kasımpaşa-Sütlüce-Eyüpsultan
Eyüpsultan Teleferik	Raylı Sistem	TF2 Eyüp-Piyer Loti teleferik hattı
Alibeyköy Metro	Raylı Sistem	M7 Mecidiyeköy-Mahmutbey metro hattı

2022 yılındaki kart basım verileri göz önünde bulundurulduğunda Alibeyköy Metro istasyonu, büyük bir kart basım sayısı ve aktarma oranı ile öne çıkmaktadır. Hattın ikinci etabı olan Küçükpazar ve Eminönü istasyonlarının da işletmeye açılmasıyla birlikte Küçükpazar istasyonundan M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattına, Eminönü istasyonundan T1 Bağcılar-Kabataş tramvay hattı ve denizyolu toplu ulaşım iskelelerine entegrasyon sağlanmış olacaktır. Eminönü-Alibeyköy hattı ile denizyolu, karayolu ve raylı sistem hatlarının entegre çalışmasıyla birlikte; toplam yolculuk sürelerinde, karayolu trafik akışını olumsuz etkileyen tramvay hattına paralel çalıştırılan toplu taşıma araç sayılarında, karayolu trafiğindeki bekleme ve gecikme sürelerinde, yakıt tüketiminde, karbon salınımı emisyon değerlerinde azalış ve enerji tasarrufu, yolculuk konforu, yolcu memnuniyeti, yolculuk maliyeti gibi parametrelerde artış gözlenecektir.

### **3.3.1. Eminönü istasyonu entegrasyon noktası**

Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının hizmet edeceği İstanbul'un yaya sirkülasyonunun en yoğun noktalarından olan Eminönü entegrasyon noktası örnek olarak ele alınacak olursa istasyondan aktarma yapan yolcular T1 Kabataş-Bağcılar tramvay hattını kullanarak Tablo 3.4'te verilen 11 farklı entegrasyon noktasından diğer toplu taşıma hatlarına erişebilmektedir.

**Tablo 3.4.** T1 Kabataş-Bağcılar tramvay hattı entegrasyon noktaları.

Entegrasyon Noktaları	Entegre Hatlar
Bağcılar	M1B Yenikapı-Kirazlı metro hattı
Zeytinburnu	M1A Yenikapı-Atatürk Havalimanı metro hattı ve Metrobüs hattı
Cevizlibağ-Atatürk Öğrenci Yurdu	Metrobüs hattı
Topkapı	T4 Topkapı-Mescid-i Selam tramvay hattı
Yusufpaşa	M1A Yenikapı-Atatürk Havalimanı ve M1B Yenikapı-Kirazlı metro hatları
Aksaray	M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı ve Marmaray işletmesi
Laleli-İstanbul Üniversitesi	M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı
Sirkeci	Marmaray işletmesi
Eminönü	T5 Eminönü-Alibeyköy tramvay hattı, Şehir Hatları ve deniz motorları
Karaköy	F2 Karaköy-Beyoğlu funiküler hattı, Şehir Hatları ve deniz motorları
Kabataş	F1 Taksim-Kabataş funiküler hattı, Şehir Hatları, İDO ve deniz motorları

Eminönü istasyonundan aktarma yapmak isteyen yolcular Şehir Hatları A.Ş. ve özel işletmelere ait Eminönü iskelelerini kullanarak Tablo 3.5’te verilen denizyolu toplu taşıma hatları ile yolculuklarına devam edebilmektedir.

**Tablo 3.5.** Eminönü iskeleleri.

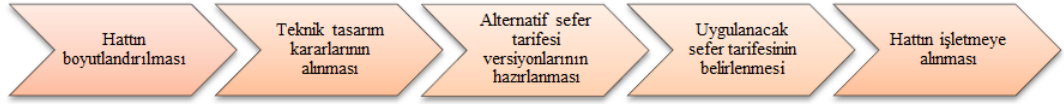
No	Entegre Hatlar
1	Eminönü-Karaköy-Kadıköy
2	Eminönü-Karaköy-Üsküdar
3	Eminönü-Adalar
4	Eminönü-Ortaköy-Beşiktaş
5	Eminönü-Rumelikavağı

Örnek bir nokta olarak seçilen Eminönü istasyonundan, karayolu toplu taşıma sistemleri dahil edilmeden denizyolu sistemleri ve raylı sistemler ile İstanbul’un birçok noktasına erişim sağlanmaktadır. Denizyolu ve raylı sistemler entegrasyonunu sağlayan Eminönü-Alibeyköy tramvay hattı bu özelliğiyle İstanbul’da önemli bir yere sahiptir.



#### 4. RAYLI SİSTEMLERDE KAPASİTE ANALİZLERİ VE YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI TEKNİKLERİNİN UYGULANMASI

Bir toplu taşıma hattının altyapı çalışmaları, toplu taşıma idaresi tarafından bölgedeki yolculuk talebi hesaplanıp bu talebi karşılayacak şekilde yapılmalıdır. Altyapı çalışmaları için hatta ait tahmini trafik hacmi, hemzemin geçitlerdeki sinyalizasyon sistemlerinin sayısı, darboğazlar vb. hattın kapasitesini etkileyecek parametreler belirlenmelidir. Altyapı tasarım kararlarının alınması sonrasında hattaki talepleri karşılayacak sefer tarifesi versiyonları hazırlanmalıdır. Uygun sefer tarifesi belirlenerek işletmeye alınmalıdır. Bir hattın planlama aşamasından işletmeye alınmaya kadar olan aşamalar Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Bir toplu taşıma hattının işletmeye alınması aşamaları

##### 4.1. Toplu Taşımada Kapasite Analizleri

Hat kapasitesi, bir hattın belirli bir kesiminde ve belirli hizmet seviyesinde eş zamanlı olarak çalıştırılacak maksimum tren sayısı olarak tanımlanabilir.

Kapasite kullanımı işletme planındaki sefer tarifesinin belirlenmesiyle birlikte araçların kullanımına bağlı olarak değişmektedir. Yolculuk taleplerinin karşılanabilmesi ve yapılan altyapı yatırımlarının en verimli şekilde kullanımı için kapasite kullanım oranı önemli bir parametredir.

$$\text{Kapasite Kullanımı (\%)} = \frac{\text{Hattın Kullanım Süresi} + \text{Ek Süreler}}{\text{Tanımlanmış Zaman Periyodu}} \times 100 \quad (4.1) [15]$$

Denklem 4.1’de bulunan ek sürelerin, hem veri doğruluğu hem de işlem süresi açısından hesaplamayı zorlaştırması sebebiyle hat kullanım oranı hesabı daha kolay

bir alternatif sunarak mevcut işletmenin durumunu gözlemlemeye yardımcı olur. Hattın kullanım süresinin hesaplanması denklem 4.2’de verilmiştir.

$$\text{Hattın Kullanım Oranı (\%)} = \frac{\text{Kullanım Süresi}}{\text{Tanımlanmış Zaman Periyodu}} \times 100 \quad (4.2) [15]$$

UIC Code 406 R standardına göre bir hattaki pik saatte ve normal saatlerde banliyö, hızlı tren ve karışık tren trafiği için önerilen hat kullanım oranları Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Önerilen hat kullanım oranları [13].

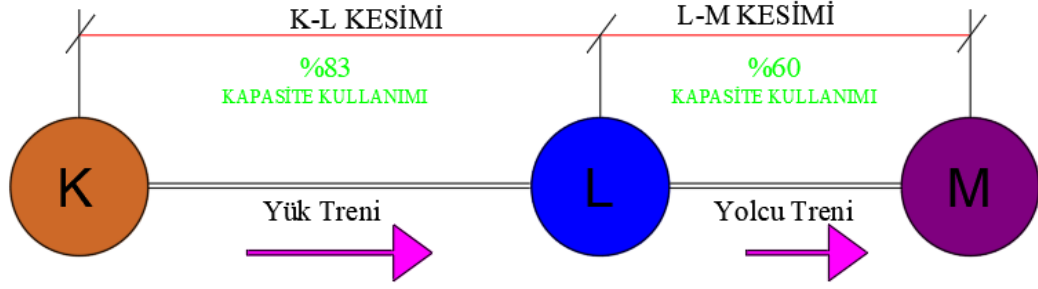
Hat Tipi	Pik Saat	Normal Saat
Banliyö	%85	%70
Hızlı Tren	%75	%60
Karışık tren trafiği	%75	%60

Tablo 4.1’de verilen hat kullanım oranları ile birlikte kabul edilebilir bir işletme kalitesi elde edebilmek için bir hattaki önerilen ek süre oranları Tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2.** Önerilen ek süre oranları [15].

Hat Tipi	Pik Saat	Normal Saat
Banliyö	%18	%43
Hızlı Tren	%33	%67
Karışık tren trafiği	%33	%67

Hat kapasitesini etkileyen unsurlardan trafik hacmi ele alınacak olursa örnek bir uygulama ile kapasite kullanımı anlaşılabilir. K, L ve M istasyonlarından oluşan bir demiryolu hattında; K istasyonundan L istasyonuna yük trenleri seferlerini gerçekleştirmektedir. L istasyonundan M istasyonuna ise yolcu trenleri seferlerini gerçekleştirmektedir. K-L istasyonları arasındaki uzaklık L-M istasyonları arasında bulunan uzaklıktan daha büyük olarak tanımlanmış ve Şekil 4.2’de gösterilen hat kapasitesi kullanım oranları örnek değerler olarak alınmıştır.



**Şekil 4.2.** Hat kapasitesi kullanımına ait bir örnek

K-L arasında hareket eden yük treni seferleri için uzun menzilli yük treni eklenmesi durumunda K-L kesiminde %83 olan hat kapasitesi kullanım oranı artacak olup L-M kesimindeki seferler için kısa mesafeli yolcu treni eklenmesi durumunda da %60 olan kapasite kullanım oranı artacaktır. Bu artışlar arasında karşılaştırma yapılacak olursa K-L kesiminde yük treni kullanımında istasyonlar arası mesafenin uzun olması sebebiyle kapasite kullanım oranı belirli bir seviyede artış gösterecektir. L-M kesiminde ise mesafenin kısa olması sebebiyle daha fazla sayıda sefer gerçekleştirilebileceği için daha fazla yolcu treni işletmeye katılabilir.

Hattın verimli kullanılması için işletme planlaması çalışmalarında hat tipi ve teknik özelliklerine göre günlük çift yönlü sefer gerçekleştirecek toplam tren sayı aralıkları belirlenmiş ve Tablo 4.3'te verilmiştir. Yapılan bu örnek çalışma ile raylı sistem hat işletiminde sefer tarifeleri hazırlanırken referans olarak kullanılabilir.

**Tablo 4.3.** Demiryolu hatlarında çift yönlü günlük tren sayıları [16].

Hat tipi ve teknik özellikleri	Hız ve karışık tren trafiği kullanımında büyük farklılık (tren/gün)	Hız ve karışık tren trafiği kullanımında düşük farklılık (tren/gün)
Tek hat; istasyonlar ve makas bölgeleri arası uzaklık:		
5 km		
10 km	60-80	80-100
20 km	40-60	60-90
	20-50	30-40
Çift hat; blok sinyaller arası görece 2 km'den daha uzun mesafe, iki uyarılı blok sinyaller, 20km aralıklı sayding hattı	100-200	200-300
Çift hat; blok sinyaller arası 1.5 km mesafe, üç ya da dört uyarılı blok sinyaller, 20km aralıklı sayding hattı	100-200	250-400

Demiryolu hatlarında yapılacak olan kapasite analizleri sonucunda verimli bir işletme planı hazırlanabilir ve mevcut kaynaklar ile maksimum fayda sayda sağlanabilir. İşletme planı ve optimizasyonu çalışmalarında kapasite analizleri yapılarak çeşitli sefer senaryoları hazırlanıp alternatif senaryolar ile yolculuk talebine karşılık verilebilir. Bu tez çalışmasında çeşitli sefer senaryoları hazırlanarak işletme planı ve optimizasyonu yapılmıştır.

## **4.2. Yöneylem Araştırması Tekniklerinin Uygulanması**

Toplu taşımada işletme planı ve optimizasyonu çalışmaları yöneylem araştırma teknikleri kullanılarak yapılmaktadır. Yöneylem araştırma teknikleri bir araya getirilip her bir parametre dikkate alınarak optimizasyon çalışması yapılmaktadır. Geliştirilen yazılımlarla birlikte işletme planlaması ve optimizasyonu çalışmalarında en verimli çözüm yöntemi seçilerek başarılı bir işletme planı oluşturulmaktadır. Bu tez çalışmasında yöneylem araştırma tekniklerinden biri olan atama modelinde Macar algoritmasıdır.

### **4.2.1. Macar algoritması**

Dénes Kőnig ve Jenő Egerváry isimli Macar matematikçileri tarafından temeli oluşturulan ve Harold Kuhn tarafından geliştirilerek 1957 yılında paylaşılan bu metot Macar algoritması olarak anılmaktadır [17]. Atama problemlerinde yaygın şekilde kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır.

Atama modeli, doğrusal programlama tekniklerinin özel bir uygulamasıdır. Atama modellerinde, kaynakların en uygun şekilde kullanılması amaçlanır. Atama modeli tekniklerini kullanarak ulaştırma problemlerine çözüm sunmak mümkündür. Atama modelinde mevcut kaynaklar tüm talepleri karşılayacak şekilde dağıtılır. Ulaştırma sektöründe seferlerin karşılıklı olarak eşleştirilmesi, toplu taşıma araçlarının depo veya garaj sahasından işletmede çalıştırılacağı hatlara dağıtılması, tramvay araçlarının ve makinistlerin çalışmaya başlama, mola ve bitiş noktalarının belirlenmesi gibi problemlerin çözümüne atama modeli katkı sağlayabilmektedir.

Atama modeli içerisinde yer alan çalışan ya da görev sayısının ( $m$ ) araç sayısına ( $n$ ) eşit olduğu kabul edilir. Eşit olmadığı durumda ( $m < n$ ) ise değerler arasındaki fark kadar kukla çalışan modele eklenerek  $m = n$  eşitliği sağlanmaktadır. Kukla araç veya kukla çalışanların maliyetleri ( $c_{ij}$ ) sıfır olmaktadır. Atama modeli problemlerinin



çözülebilmesi için maliyet matrislerinin ( $c_{ij}$ ) bilinmesi gerekir. Maliyet matrisi değerleri olan  $c_{ij}$  değerindeki  $i$  kaynağı ifade ederken  $j$  ise kaynağın kullanılacağı işi ifade eder. Problemlerde  $i$  tramvay aracını  $j$  ise tramvayın işletmede kullanılacağı hattı ifade edebilir.

Atama problemlerinin çözümü ile kaynakların (araç-sürücü, tramvay-makinist) en düşük maliyet ve en iyi iş planı ile işletilmesi planlanır. Bir kaynağın bir göreve eşleştirilmesi esnasında gerçekleştirilen uygunluk ölçütü toplamda en kısa süre, en kısa yol ya da en düşük maliyet ile yapılacak olan işlerin gerçekleştirilmesini sağlar.

Çalışanlar kaynakları (sunumu) ve görevler de hedefleri (istemi) ifade ederken kaynakların ve görevlerin toplamı bire eşit olmaktadır. Buna göre atama modeli analizi gerçekleştirilebilir.

Kaynaklar (sunumlar) çalışanları, görevler ise hedefleri (istemi) ifade etmektedir.

Amaç fonksiyonu: Minimum  $Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

ve

$$x_{ij}=0 \text{ veya } x_{ij}=1$$

Burada  $x_{ij}$  karar değişkeni olurken eğer  $x_{ij}=0$  olur ise,  $i$  çalışanı  $j$  görevine ataması gerçekleştirilememektedir. Eğer  $x_{ij}=1$  eşitliği sağlanır ise  $i$  çalışanın  $j$  görevine ataması gerçekleştirilecektir.

Bir atama probleminin çözüm adımlarının daha etkin olması amacıyla maliyet matrisi tercih edilir. Tablo 4.4'te satırların kaynakları, sütunların hedefleri gösterdiği maliyet matrisi gösterilmektedir.

**Tablo 4.4.** Maliyet matrisi [17].

	1	2	3	.	.	n
1	$c_{11}$	$c_{12}$	$c_{13}$	.	.	$c_{1n}$
2	$c_{21}$	$c_{22}$	$c_{23}$	.	.	$c_{2n}$
3	$c_{31}$	$c_{32}$	$c_{33}$	.	.	$c_{3n}$
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
m	$c_{m1}$	$c_{m2}$	$c_{m3}$	.	.	$c_{mn}$

Atama problemlerinin çözümünde Macar algoritmasının kullanılabilmesi için  $c_{ij}$  değerlerinin negatif bir değerde bulunmaması sağlanmalıdır. Macar algoritması, atama matrisindeki herhangi bir satırın veya sütunun tüm elemanlarına bir sayının eklenmesi veya çıkarılması durumunda en iyi çözümün değişmeden aynı kalacağını kabul eder. Atama problemlerini Macar algoritması kullanarak çözmek için dört adımlı bir işlem kullanılır. Bunlar;

Adım 1: Maliyet matrisindeki her bir satırın en küçük değeri, o satırın tüm elemanlarından çıkarılır. Ortaya çıkan matris satırları indirgenmiş matris adı verilmektedir.

Adım 2: Bütün satırlardaki en küçük satır değerinin diğerler değerlerden çıkarılması ile oluşan matris üzerinde satırlar için uygulanan işlem sütunlar için de uygulanır. Bütün satırları ile sütunları indirgenen sonuç matrisi ortaya çıkar.

Adım 3: Satırları ve sütunları indirgenen matrisin sıfır değerli elemana sahip olan satır ve sütunlardan minimum sayıda çizgiler geçirilerek sıfır değerli elemanların hücreleri çizilir. Çizme işleminin en çok sıfır değerli satır veya sütundan başlatılması önerilir. Çizgi sayısı matrisin satır veya sütun sayısına eşit ise en iyi çözüm elde edilecektir. Sıfır değerinin olduğu hücelere yapılacak olan atamalar en optimum çözümü verecektir. Çizgi sayıları ile satır veya sütun sayıları arasında eşitlik elde edilemediği durumda ise dördüncü adıma geçilecektir.

Adım 4: Üzerinden çizgi geçirilmeyen hücreler arasından en küçük değere sahip hücre belirlenir. En küçük değerli olan hücre, üzerinden çizgi geçirilmeyen bütün hücre değerlerinden çıkarılır. Çizgilerin üst üste keştiği hücrelerin elemanlarına en

küçük değerli elemanın değeri eklenir. Üstünden bir çizgi geçen bütün hücre değerleri değişmeyip sabit bırakılmaktadır. Bu işlemlerin ardından Adım 3 tekrardan uygulanır ve en optimum çözüme ulaşıncaya kadar Adım 3 ve Adım 4 tekrarlanır.

Bu tez çalışmasında, Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında çalışacak makinistlerin sürücü değişim noktalarında göreve başlaması ile ilgili örnek bir optimizasyon çalışması Macar algoritması yapılmıştır. Sürücü değişim noktası olarak altı durak belirlenmiş ve makinistlerin evlerinden sürücü değişim noktalarına olan uzaklıkları esas alınarak analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda hangi makinistin hangi duraktan göreve başlayacağı tespit edilmiştir.

Altı adet makinistin, evlerinden sürücü değişim noktası olarak belirlenmiş olan Eminönü, Cibali, Balat, Eyüp Teleferik, Alibeyköy Merkez ve Alibeyköy Cep Otogarı istasyonlarına olan mesafeler kilometre cinsinden Tablo 4.5'te verilmiştir.

**Tablo 4.5.** Makinistlerin evlerinden sürücü değişim noktalarına olan mesafeler.

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	6,40	5,40	4,20	3,30	5,50	6,50
Makinist 2	10,4	9,4	7,9	5,80	4,70	4,10
Makinist 3	4,30	3,30	2,10	2,30	5,00	6,30
Makinist 4	9,90	9,10	7,80	6,00	3,40	1,90
Makinist 5	7,20	6,20	4,80	2,70	1,70	2,20
Makinist 6	7,10	6,10	4,60	2,90	4,30	5,00

Makinistlerin sürücü değişim noktalarına atanmasında Macar metodu kullanılacaktır.

Adım 1: Maliyet matrisindeki her bir satırın en küçük değeri, o satırın tüm elemanlarından çıkarılır. Ortaya çıkan matrise satırları indirgenmiş matris adı verilmektedir.

Tablo 4.6 ve 4.7'de satırlardaki en kısa mesafelerin belirlenmesi ve satırları indirgenmiş matris verilmiştir.

**Tablo 4.6.** Satırlardaki en kısa mesafelerin belirlenmesi.

Makinist No	İSTASYON ADI						
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı	
Makinist 1	6,40	5,40	4,20	3,30	5,50	6,50	-3.30
Makinist 2	10,4	9,4	7,9	5,80	4,70	4,10	-4.10
Makinist 3	4,30	3,30	2,10	2,30	5,00	6,30	-2.10
Makinist 4	9,90	9,10	7,80	6,00	3,40	1,90	-1.90
Makinist 5	7,20	6,20	4,80	2,70	1,70	2,20	-1.70
Makinist 6	7,10	6,10	4,60	2,90	4,30	5,00	-2.90

**Tablo 4.7.** Satırları indirgenmiş matris.

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	3,1	2,1	0,9	0	2,2	3,2
Makinist 2	6,3	5,3	3,8	1,7	0,6	0
Makinist 3	2,2	1,2	0	0,2	2,9	4,2
Makinist 4	8	7,2	5,9	4,1	1,5	0
Makinist 5	5,5	4,5	3,1	1	0	0,5
Makinist 6	4,2	3,2	1,7	0	1,4	2,1

Adım 2: Bütün satırlardaki en küçük satır değerinin diğerler değerlerden çıkarılması ile oluşan matris üzerinde satırlar için uygulanan işlem sütunlar için de uygulanır. Bütün satırları ile sütunları indirgenen sonuç matrisi ortaya çıkar.

Tablo 4.8 ve 4.9'da satırlardaki en kısa mesafelerin belirlenmesi ve satırları indirgenmiş matris verilmiştir.

**Tablo 4.8.** Sütunlardaki en kısa mesafelerin belirlenmesi

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	3,1	2,1	0,9	0	2,2	3,2
Makinist 2	6,3	5,3	3,8	1,7	0,6	0
Makinist 3	2,2	1,2	0	0,2	2,9	4,2
Makinist 4	8	7,2	5,9	4,1	1,5	0
Makinist 5	5,5	4,5	3,1	1	0	0,5
Makinist 6	4,2	3,2	1,7	0	1,4	2,1
	-2.2	-1.2	0	0	0	0

**Tablo 4.9.** Satırları ve sütunları indirgenmiş matris

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	0,9	0,9	0,9	0	2,2	3,2
Makinist 2	4,1	4,1	3,8	1,7	0,6	0
Makinist 3	0	0	0	0,2	2,9	4,2
Makinist 4	5,8	6	5,9	4,1	1,5	0
Makinist 5	3,3	3,3	3,1	1	0	0,5
Makinist 6	2	2	1,7	0	1,4	2,1

Adım 3: Satırları ve sütunları indirgenen matrisin sıfır değerli elemana sahip olan satır ve sütunlardan minimum sayıda çizgiler geçirilerek sıfır değerli elemanların hücreleri çizilir. Çizme işleminin en çok sıfır değerli satır veya sütundan başlatılması önerilir. Çizgi sayısı matrisin satır veya sütun sayısına eşit ise en iyi çözüm elde edilecektir. Sıfır değerinin olduğu hücrelere yapılacak olan atamalar en optimum çözümü verecektir. Çizgi sayıları ile satır veya sütun sayıları arasında eşitlik elde edilemediği durumda ise dördüncü adıma geçilecektir.

Tablo 4.10'da en az sayıda çizgi ile sıfır değerlerinin üzerinin çizilmesi işlemi gösterilmiştir.

**Tablo 4.10.** En az sayıda çizgi ile sıfır değerlerinin üzerinin çizilmesi

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	0,9	0,9	0,9	0	2,2	3,2
Makinist 2	4,1	4,1	3,8	1,7	0,6	0
Makinist 3	0	0	0	0,2	2,9	4,2
Makinist 4	5,8	6	5,9	4,1	1,5	0
Makinist 5	3,3	3,3	3,1	1	0	0,5
Makinist 6	2	2	1,7	0	1,4	2,1

Sıfır değerlerinin bulunduğu satır ve sütunlardan geçirilen en az sayıda çizgi ile birleştirildiğinde dört adet çizgi oluşmuştur. Çizilen çizgi sayısı satır ve sütun sayısından küçük olduğu için dördüncü adıma geçilmiştir.

Adım 4: Üzerinden çizgi geçirilmeyen hücreler arasından en küçük değere sahip hücre belirlenir. En küçük değerli olan hücre, üzerinden çizgi geçirilmeyen bütün hücre değerlerinden çıkarılır. Çizgilerin üst üste keştiği hücrelerin elemanlarına en küçük değerli elemanın değeri eklenir. Üstünden bir çizgi geçen bütün hücre değerleri değişmeyip sabit bırakılmaktadır. Bu işlemlerin ardından Adım 3 tekrardan uygulanır ve en optimum çözüme ulaşana kadar Adım 3 ve Adım 4 tekrarlanır. Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın bulunması ve üzerinden çizgi geçmeyen elemanların indirgenmesi sırasıyla Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.11.** Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın bulunması

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	0,9	0,9	0,9	0	2,2	3,2
Makinist 2	4,1	4,1	3,8	1,7	0,6	0
Makinist 3	0	0	0	0,2	2,9	4,2
Makinist 4	5,8	6	5,9	4,1	1,5	0
Makinist 5	3,3	3,3	3,1	1	0	0,5
Makinist 6	2	2	1,7	0	1,4	2,1

**Tablo 4.12.** Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların indirgenmesi

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	0	0	0	0	2,2	3,2
Makinist 2	3,2	3,2	2,9	1,7	0,6	0
Makinist 3	0	0	0	1,1	3,8	5,1
Makinist 4	4,9	5,1	5	4,1	1,5	0
Makinist 5	2,4	2,4	2,2	1	0	0,5
Makinist 6	1,1	1,1	0,8	0	1,4	2,1

Sıfır değerlerinin bulunduğu satır ve sütunlardan geçirilen en az sayıda çizgi ile birleştirildiğinde beş adet çizgi oluşmuştur. Çizilen çizgi sayısı satır ve sütun sayısından küçük olduğu için dördüncü adıma geçilmiştir. Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın ikinci kez bulunması ve üzerinden çizgi geçmeyen elemanların ikinci kez indirgenmesi sırasıyla Tablo 4.13 ve Tablo 4.14’te gösterilmiştir.

**Tablo 4.13.** Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların indirgenmesi

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>2,2</del>	<del>3,2</del>
Makinist 2	3,2	3,2	2,9	1,7	0,6	0
Makinist 3	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>1,1</del>	<del>3,8</del>	<del>5,1</del>
Makinist 4	4,9	5,1	5	4,1	1,5	0
Makinist 5	2,4	2,4	2,2	1	0	0,5
Makinist 6	1,1	1,1	0,8	0	1,4	2,1

**Tablo 4.14.** Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın ikinci kez bulunması

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0,8</del>	<del>3</del>	<del>4</del>
Makinist 2	2,4	2,4	2,1	1,7	0,6	0
Makinist 3	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>1,9</del>	<del>4,6</del>	<del>5,7</del>
Makinist 4	4,1	4,3	4,2	4,1	1,5	0
Makinist 5	1,6	1,6	1,4	1	0	0,5
Makinist 6	<del>0,3</del>	<del>0,3</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>1,4</del>	<del>2,1</del>

Sıfır değerlerinin bulunduğu satır ve sütunlardan geçirilen en az sayıda çizgi ile birleştirildiğinde beş adet çizgi oluşmuştur. Çizilen çizgi sayısı satır ve sütun sayısından küçük olduğu için dördüncü adıma geçilmiştir. Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın üçüncü kez bulunması ve üzerinden çizgi geçmeyen elemanların üçüncü kez indirgenmesi sırasıyla Tablo 4.15 ve Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.15.** Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların ikinci kez indirgenmesi

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0,8</del>	<del>3</del>	<del>4</del>
Makinist 2	2,4	2,4	2,1	1,7	0,6	0
Makinist 3	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>1,9</del>	<del>4,6</del>	<del>5,7</del>
Makinist 4	4,1	4,3	4,2	4,1	1,5	0
Makinist 5	1,6	1,6	1,4	1	0	0,5
Makinist 6	<del>0,3</del>	<del>0,3</del>	<del>0</del>	<del>0</del>	<del>1,4</del>	<del>2,1</del>

**Tablo 4.16.** Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın üçüncü kez bulunması

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	0	0	0	0,8	4	5
Makinist 2	1,4	1,4	1,1	1,7	0,6	0
Makinist 3	0	0	0	1,9	5,6	6,7
Makinist 4	3,1	3,3	3,2	3,1	1,5	0
Makinist 5	0,6	0,6	0,4	0	0	1,5
Makinist 6	0,3	0,3	0	0	2,4	3,1

Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın dördüncü kez bulunması ve üzerinden çizgi geçmeyen elemanların dördüncü kez indirgenmesi sırasıyla Tablo 4.17 ve Tablo 4.18’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.17.** Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların üçüncü kez indirgenmesi

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	0	0	0	0,8	4	5
Makinist 2	1,4	1,4	1,1	1,7	0,6	0
Makinist 3	0	0	0	1,9	5,6	6,7
Makinist 4	3,1	3,3	3,2	3,1	1,5	0
Makinist 5	0,6	0,6	0,4	0	0	1,5
Makinist 6	0,3	0,3	0	0	2,4	3,1

**Tablo 4.18.** Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük elemanın dördüncü kez bulunması

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	0	0	0	0,8	4	5
Makinist 2	0,8	0,8	0,5	1,1	0	0
Makinist 3	0	0	0	1,9	5,6	6,7
Makinist 4	2,5	2,7	2,6	2,5	0,9	0
Makinist 5	0,6	0,6	0,4	0	0	1,5
Makinist 6	0,3	0,3	0	0	2,4	3,1



Sıfır değerlerinin bulunduğu satır ve sütunlardan geçirilen en az sayıda çizgi ile birleştirildiğinde altı adet çizgi oluşmuştur. Ortaya çıkan çizgi sayısı satır ve sütun sayısına eşit olduğu için en optimum çözüme ulaşılmıştır.

Bir makiniste karşılık olarak bir istasyon atanmalıdır. Atamalar, satır ve sütunlarda en az sıfır değerinin bulunduğu hücrelerden başlamaktadır. En optimum çözüm sonucunda ilk olarak Makinist 4'ün Alibeyköy Cep Otogarı istasyonuna zorunlu olarak atanması ile birlikte tüm atamalar gerçekleşmiştir. Tablo 4.19'da Macar algoritması ile her bir makinistin hangi istasyona atandığı ve evlerinden atandıkları istasyonlara olan mesafeler boyalı hücrelerle belirtilmiştir.

**Tablo 4.19.** Üzerinden çizgi geçmeyen elemanların dördüncü kez indirgenmesi

Makinist No	İSTASYON ADI					
	Eminönü	Cibali	Balat	Eyüp Teleferik	Alibeyköy Merkez	Alibeyköy Cep Otogarı
Makinist 1	6,40	5,40	4,20	3,30	5,50	6,50
Makinist 2	10,4	9,4	7,9	5,80	4,70	4,10
Makinist 3	4,30	3,30	2,10	2,30	5,00	6,30
Makinist 4	9,90	9,10	7,80	6,00	3,40	1,90
Makinist 5	7,20	6,20	4,80	2,70	1,70	2,20
Makinist 6	7,10	6,10	4,60	2,90	4,30	5,00

Altı makinistin evlerinden sürücü değişim noktalarına, toplamda minimum 23,6 km mesafe katederek ulaşabileceği belirlenmiş olup Tablo 4.20'de işletme için en verimli makinist-sürücü değişim noktası dağılımı verilmiştir.

**Tablo 4.20.** Makinistlerin Macar Algoritması ile sürücü değişim noktalarına atanması

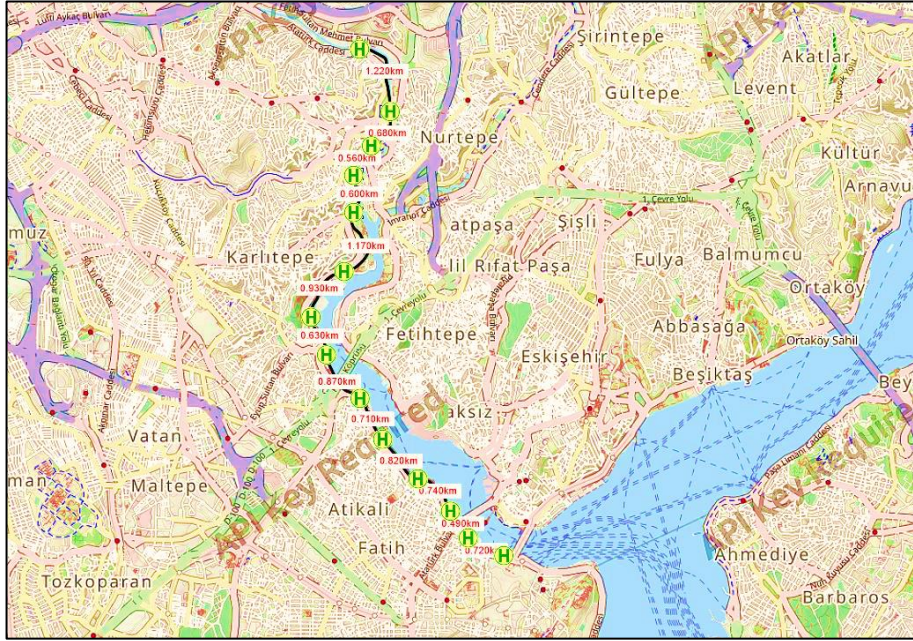
Makinist No	Sürücü Değişim Noktası	İstasyona Olan Mesafe (km)
Makinist 1	Cibali	5,40
Makinist 2	Alibeyköy Merkez	4,70
Makinist 3	Eminönü	4,30
Makinist 4	Alibeyköy Cep Otogarı	1,90
Makinist 5	Eyüp Teleferik	2,70
Makinist 6	Balat	4,60
TOPLAM		23,6



## 5. EMİNÖNÜ ALİBEYKÖY TRAMVAY HATTI İŞLETME PLANLAMASI VE OPTİMİZASYONU

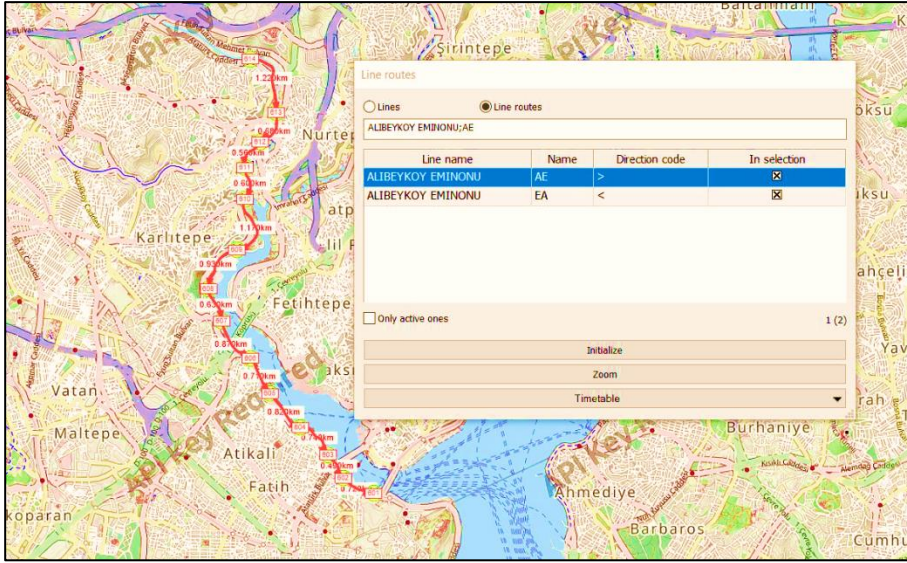
### 5.1. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı Bilgileri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve ulaşım planlama yazılımları kullanılarak, T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattı CBS ortamına yüklenmiştir. CBS ortamına aktarılan T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattı, istasyonları ve istasyonlar arası mesafeleri ile birlikte Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. CBS ortamında T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattı [18].

T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattına ait gidiş ve dönüş yönlerinin ulaşım planlama yazılımı olan PTV Vissum yazılımına aktarılması Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.2.** T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattı sefer yön bilgileri [18].

Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında işletme planlaması ve optimizasyonu çalışmaları yapılması için çeşitli sefer senaryoları hazırlanmıştır. Hattın 12 istasyon ve 8,8 km hat uzunluğundaki mevcut durumunda işletmeciliğini üstlenen Metro İstanbul'un verilerine göre 06:00-00:00 saatleri arasında pik saatlerde altı dakika sefer sıklığı olacak şekilde dokuz adet araçla hizmet verilmektedir [19].

Hattın ilerleyen zamanlarda; hattın tamamen açılmasıyla birlikte entegrasyon sayısının artması, hattın çevresinde bulunan üniversitelerin eğitim öğretim dönemlerine başlaması vb. durumlar göz önünde bulundurulduğunda yolculuk talebinin artmasıyla birlikte sefer sayılarının artırılması gerekmektedir. Tramvay hattı işletmeye devam ederken yaşanabilecek yolcu sayısındaki artış ve azalışların takip edilerek işletme planının buna göre hazırlanması mümkündür. Aylık haftalık, günlük ve saatlik kart basımları takip edilip yolculuk taleplerinin analizi yapılarak farklı sefer senaryoları hazırlanabilir. Eminönü-Alibeyköy hattının daha verimli kaynak kullanımı ile işletilebilmesi için yapılan işletme planlaması ve optimizasyonu çalışmalarında kullanılması için 19 adet sefer senaryosu hazırlanmıştır. Senaryolardaki sefer sayıları belirlenirken tren takip süresi, tren manevra süresi, sürücü değişim süresi ve hat kapasitesi gibi parametreler dikkate alınarak sefer frekanslarında artırılmıştır. Hazırlanan sefer senaryoları, normal işletme koşullarında kullanılmak üzere hazırlanmış olup acil eylem planları için farklı senaryo analizleri gerçekleştirmek de mümkündür. Hazırlanan sefer senaryoları aşağıda verilmiştir.

**Tablo 5.1.** 1 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
1	Alibeyköy-Eminönü	06:00	08:55	26	00:07:00
		09:03	14:55	45	00:08:00
		15:02	20:03	44	00:07:00
		20:11	00:03	30	00:08:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35	09:30	26	00:07:00
		09:38	15:30	45	00:08:00
		15:37	20:38	44	00:07:00
		20:46	00:38	30	00:08:00

**Tablo 5.2.** 2 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
2	Alibeyköy-Eminönü	06:00	08:54	27	00:06:00
		09:07	19:58	95	00:07:00
		20:05	23:57	30	00:08:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35	09:29	28	00:06:00
		09:42	20:56	97	00:07:00
		21:04	00:32	27	00:08:00

**Tablo 5.3.** 3 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
3	Alibeyköy-Eminönü	06:00	09:00	31	00:06:00
		09:07	14:57	51	00:07:00
		15:04	19:58	43	00:07:00
		20:05	23:57	30	00:08:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35	09:35	31	00:06:00
		09:42	15:32	51	00:07:00
		15:39	20:33	43	00:07:00
		20:40	00:32	30	00:08:00

**Tablo 5.4.** 4 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
4	Alibeyköy-Eminönü	06:00	09:00	31	00:06:00
		09:06	15:00	60	00:06:00
		15:07	20:01	43	00:07:00
		20:08	00:13	36	00:07:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35	09:41	31	00:06:00
		09:47	15:35	59	00:06:00
		15:42	20:36	43	00:07:00
		20:43	00:48	37	00:07:00

**Tablo 5.5. 5 numaralı sefer senaryosu**

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
5	Alibeyköy-Eminönü	06:00 09:00	31	00:06:00
		09:06 15:00	60	00:06:00
		15:06 20:00	50	00:06:00
		20:06 23:54	39	00:06:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35 09:35	31	00:06:00
		09:41 15:35	60	00:06:00
		15:41 20:35	50	00:06:00
		20:41 00:29	39	00:06:00

**Tablo 5.6. 6 numaralı sefer senaryosu**

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
6	Alibeyköy-Eminönü	06:00 09:00	34	00:05:00
		09:06 15:00	60	00:06:00
		15:06 20:00	50	00:06:00
		20:06 00:00	40	00:06:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35 09:35	34	00:05:00
		09:41 15:35	60	00:06:00
		15:41 20:35	50	00:06:00
		20:41 00:35	40	00:06:00

**Tablo 5.7. 7 numaralı sefer senaryosu**

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
7	Alibeyköy-Eminönü	06:00 09:00	37	00:05:00
		09:06 15:00	60	00:06:00
		15:06 20:00	50	00:06:00
		20:06 00:00	40	00:06:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35 09:35	37	00:05:00
		09:41 15:35	60	00:06:00
		15:41 20:35	50	00:06:00
		20:41 00:35	40	00:06:00

**Tablo 5.8. 8 numaralı sefer senaryosu**

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
8	Alibeyköy-Eminönü	06:00 09:00	37	00:05:00
		09:06 15:00	60	00:06:00
		15:06 20:00	50	00:06:00
		20:05 00:00	48	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35 09:35	37	00:05:00
		09:41 15:35	60	00:06:00
		15:41 20:35	50	00:06:00
		20:40 00:35	48	00:05:00

**Tablo 5.9.** 9 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
9	Alibeyköy-Eminönü	06:00	09:00	37	00:05:00
		09:06	15:00	72	00:05:00
		15:06	20:00	50	00:06:00
		20:06	00:00	41	00:06:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35	09:35	37	00:05:00
		09:41	15:35	72	00:05:00
		15:41	20:35	50	00:06:00
		20:41	00:35	41	00:06:00

**Tablo 5.10.** 10 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
10	Alibeyköy-Eminönü	06:00	07:00	11	00:06:00
		07:06	09:00	20	00:06:00
		09:05	12:00	36	00:05:00
		12:06	15:00	30	00:06:00
		15:05	20:00	60	00:05:00
		20:05	00:00	48	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35	07:35	11	00:06:00
		07:41	09:35	20	00:06:00
		09:40	12:35	36	00:05:00
		12:41	15:35	30	00:06:00
		15:40	20:35	60	00:05:00
		20:40	00:35	48	00:05:00

**Tablo 5.11.11** numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
11	Alibeyköy-Eminönü	06:00	07:00	10	00:06:00
		07:00	09:00	25	00:04:00
		09:05	12:00	35	00:05:00
		12:06	15:00	30	00:06:00
		15:05	20:00	60	00:05:00
		20:05	00:00	47	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35	07:35	10	00:06:00
		07:35	09:35	25	00:04:00
		09:40	12:35	36	00:05:00
		12:41	15:35	30	00:06:00
		15:40	20:35	60	00:05:00
		20:40	00:35	47	00:05:00

**Tablo 5.12.** 12 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
12	Alibeyköy-Eminönü	06:00 09:00	37	00:05:00
		09:05 15:00	72	00:05:00
		15:05 20:00	60	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	20:06 00:00	40	00:06:00
		06:35 09:35	37	00:05:00
		09:40 15:35	72	00:05:00
		15:40 20:35	60	00:05:00
		20:41 00:35	40	00:06:00

**Tablo 5.13.** 13 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
13	Alibeyköy-Eminönü	06:00 07:00	10	00:06:00
		07:04 09:00	27	00:04:00
		09:05 12:00	36	00:05:00
		12:06 15:00	30	00:06:00
		15:05 20:00	60	00:05:00
		20:05 00:00	47	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35 07:35	10	00:06:00
		07:39 09:35	27	00:04:00
		09:40 12:35	36	00:05:00
		12:41 15:35	30	00:06:00
		15:40 20:35	60	00:05:00
		20:40 00:35	47	00:05:00

**Tablo 5.14.** 14 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
14	Alibeyköy-Eminönü	06:00 09:00	37	00:05:00
		09:05 15:00	72	00:05:00
		15:05 20:00	60	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	20:05 00:00	48	00:05:00
		06:35 09:35	37	00:05:00
		09:41 15:35	72	00:05:00
		15:40 20:35	60	00:05:00
		20:40 00:35	48	00:05:00



**Tablo 5.15.** 15 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
15	Alibeyköy-Eminönü	06:00 07:00	13	00:05:00
		07:04 09:00	30	00:04:00
		09:05 12:00	36	00:05:00
		12:06 15:00	30	00:06:00
		15:05 20:00	60	00:05:00
		20:05 00:00	48	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	06:35 07:35	13	00:05:00
		07:35 09:35	30	00:04:00
		09:40 12:35	36	00:05:00
		12:41 15:35	30	00:06:00
		15:40 20:35	60	00:05:00
		20:40 00:35	48	00:05:00

**Tablo 5.16.** 16 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
16	Alibeyköy-Eminönü	06:00 09:00	46	00:04:00
		09:05 12:00	36	00:05:00
		12:06 15:00	30	00:06:00
		15:05 20:00	60	00:05:00
		20:05 00:00	48	00:05:00
		06:35 09:35	46	00:04:00
	Eminönü-Alibeyköy	09:40 12:35	36	00:05:00
		12:41 15:35	30	00:06:00
		15:40 20:35	60	00:05:00
		20:40 00:35	48	00:05:00

**Tablo 5.17.** 17 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı	Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
17	Alibeyköy-Eminönü	06:00 09:00	46	00:04:00
		09:05 12:00	36	00:05:00
		12:06 15:00	30	00:06:00
		15:05 20:00	60	00:05:00
		20:05 00:00	48	00:05:00
		06:35 09:35	46	00:04:00
	Eminönü-Alibeyköy	09:40 12:35	36	00:05:00
		12:41 15:35	30	00:06:00
		15:40 20:35	60	00:05:00
		20:40 00:35	48	00:05:00

**Tablo 5.18.** 18 numaralı sefer senaryosu

Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
18	Alibeyköy-Eminönü	06:00	09:00	46	00:04:00
		09:05	15:00	72	00:05:00
		15:05	20:00	60	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	20:05	00:00	48	00:05:00
		06:35	09:35	46	00:04:00
		09:40	15:35	72	00:05:00
		15:40	20:35	60	00:05:00
		20:40	00:35	48	00:05:00

**Tablo 5.19.** 19 numaralı sefer senaryosu

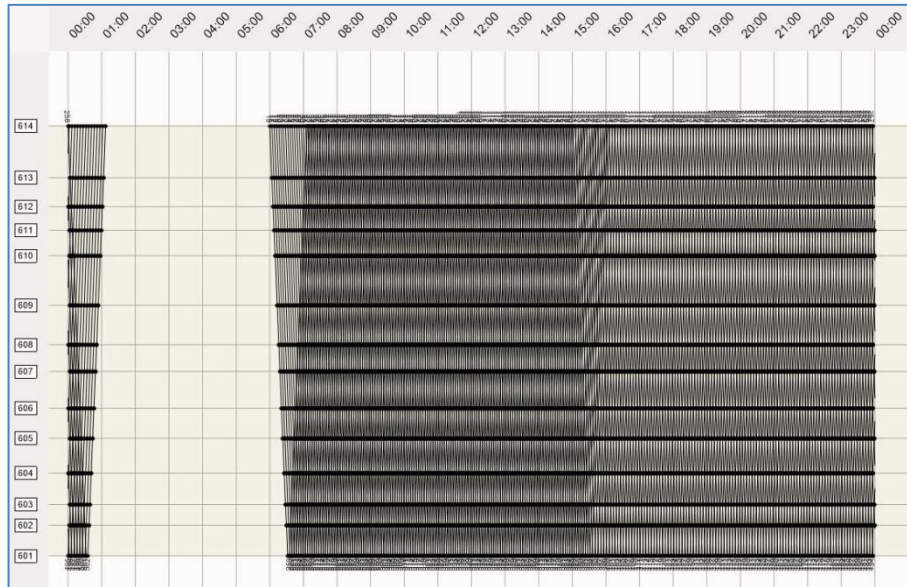
Sefer Senaryo No	Yön	Zaman Aralığı		Sefer Adedi	Sefer Sıklığı
19	Alibeyköy-Eminönü	06:00	09:00	46	00:04:00
		09:04	15:00	90	00:04:00
		15:05	20:00	60	00:05:00
	Eminönü-Alibeyköy	20:05	00:00	48	00:05:00
		06:35	09:35	46	00:04:00
		09:39	15:35	90	00:04:00
		15:40	20:35	60	00:05:00
		20:40	00:35	48	00:05:00

Oluşturulan sefer senaryolarına ait toplam sefer sayıları Tablo 5.20’de verilmiştir.

**Tablo 5.20.** Eminönü-Alibeyköy tramvay hattı sefer sayıları [18].

Sefer Senaryo No	Günlük Toplam Sefer Sayısı
1	290
2	304
3	310
4	340
5	360
6	368
7	374
8	390
9	400
10	410
11	415
12	418
13	420
14	434
15	434
16	440
17	440
18	452
19	488

Eminönü-Alibeyköy hattı için oluşturulan sefer senaryolarından birisine ait sefer senaryosunun CBS programında tanımlanması ile ortaya çıkan çizgi grafiği Şekil 5.3'te verilmiştir.



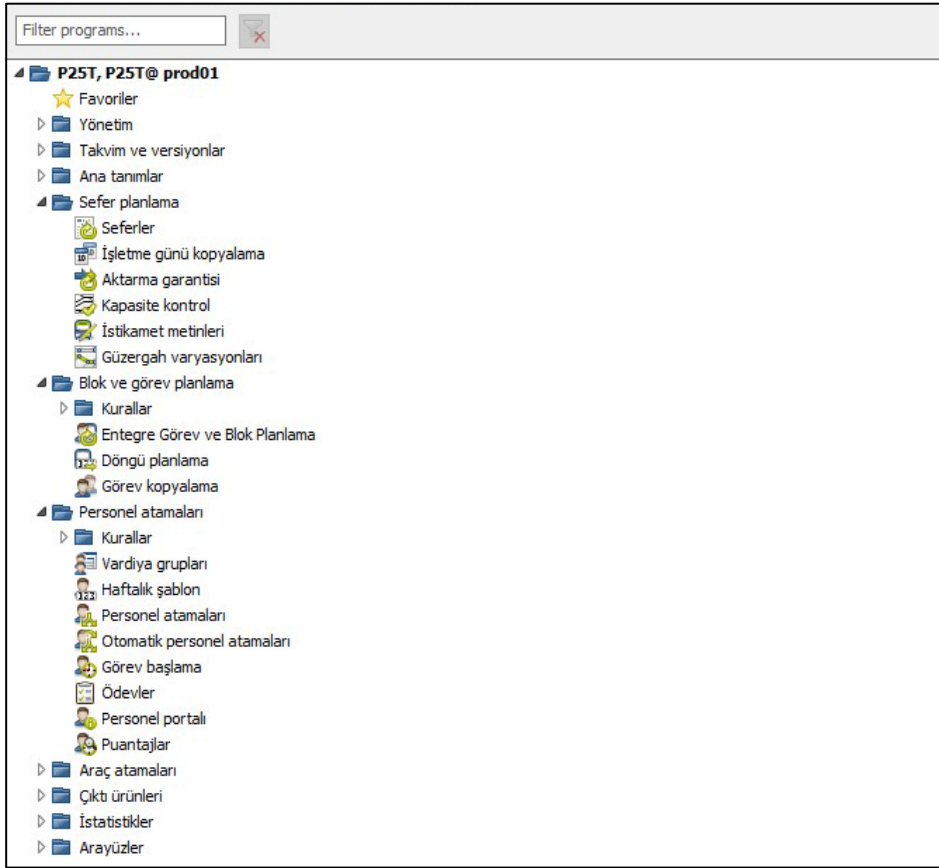
**Şekil 5.3.** Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının CBS programındaki orer grafikleri

## 5.2. Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattına Ait Verilerin IVU.Plan Yazılımına Tanımlanması

Hazırlanan 19 adet sefer senaryosu, IVU.Plan programında da tanımlanarak T5 Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının işletme planı optimizasyonu çalışmaları yapılmıştır.

IVU.Plan programında hazırlanan sefer senaryolarının optimize edilebilmesi için hattın temel verileri, araç bilgileri, ağ verileri, işletme verileri, hat ve hat varyasyonu verileri, seferleri, araç ve makinist çalışma kuralları vb. kullanılan tüm bilgilerin sisteme tanımlanması gerekmektedir [20].

Eminönü-Alibeyköy hattının işletme planının optimizasyonunda kullanılan IVU.Plan yazılımının menülerinin bulunduğu ana ekranı Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. IVU.Plan yazılımının menülerinin bulunduğu ana ekranı

Eminönü-Alibeyköy hattının IVU.Plan yazılımına araç tanımlamalarından başlanabilir. Bu hususta işletmede çalıştırılan tramvay araçlarının IVU.Plan programında tanımlanabilecek özellikleri Tablo 5.21'de verilmiştir.

**Tablo 5.21.** İşletmedeki tramvaya ait IVU.Plan yazılımına aktarılabacak veriler [14].

Özellik	Açıklama
Araç Boyu	33m
Araç Genişliği	2.650mm
Araç Ağırlığı	44.6ton
Koltuklar	62
Ayakta Yolcu Kapasitesi (8 Kişi/m <sup>2</sup> )	240
Toplam Yolcu Kapasitesi	302
Azami Hız	70km/h

Tablo 5.21’de verilen verilerin ve gerekli tanımlamaların IVU.Plan yazılımında yapılması Şekil 5.5’te verilmiştir.

**Araç çeşidini düzenle**

Class  Basic vehicle type  
 Bileşik araç çeşidi

Division  ...

External number

Abbreviation

Long name

Vehicle class  ▾  
 Sabit bileşim

Geometri ve boyutlar

Vagon sayısı  ▾

Number of axles  ▾

Length  mm

Ağırlık  kg

Payload  kg

Maximum speed  km/h

Çekiş  ▾

Muhasebe

Mali merkez  ...

Fixed costs  EUR

Time costs  EUR/h

Mileage costs  EUR/km

Diğer özellikler

Temel araç çeşidi kombinasyonu

Abbreviation	Long name
--------------	-----------

Seç...

Yolcu bilgileri

Standing capacity  ▾

Seating capacity  ▾

Engelliye uyumlu olan  ▾

Standing capacity (trailer car)  ▾

Oturma yeri kapasitesi (römork)  ▾

of which accessible (trailer car)  ▾

Engelliye uyumlu araç

Display

İçinde bulunulan gruplar

Abbreviation	Long name	Timetable version
TRAM	TRAMVAY	T5

Seç...

Save Discard

**Şekil 5.5.** IVU.Plan yazılımının menülerinin bulunduğu ana ekranı

### 5.2.1. Ağ noktası tanımlamaları

Araç verilerinin tanımlanması sonrasında hatta ait ağ verilerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu sebeple ilk olarak işletmeye ait tramvayların kontrol, bakım, onarım, temizlik, depolama vb. tüm işlemlerinin yapıldığı depo sahası ve bakım atölyelerinin bulunduğu alan için IVU.Plan uygulamasında garaj tanımlaması yapılacaktır. Eminönü-Alibeyköy hattındaki tramvaylar için gerekli işlemlerin

yapıldığı bakım atölyesi ve yönetim binaları, 9+520'den başlayıp 10+020 kilometreleri arasında (Alibeyköy Metro İstasyonu-Alibeyköy Cep Otogarı istasyonları arası) bulunmaktadır. Şekil 5.6'da Eminönü Alibeyköy hattının Alibeyköy yerleşkesine ait görüntü verilmiştir.



Şekil 5.6. Eminönü Alibeyköy hattının Alibeyköy yerleşkesine ait görüntü

IVU.Plan yazılımında Alibeyköy Cep Otogarına garaj tanımlaması yapılırken garajın hangi amaçla kullanıldığı seçilmektedir. Şekil 5.7'de verildiği gibi personel garajı, araç garajı ve park garajı olarak üç ayrı seçenek bulunmaktadır. Sadece bir tanesi seçilebildiği gibi üç seçenek de seçilebilmektedir.

External number	Abbreviation	Long name	Division	Mali merkez
540016	P_ADAT	Abbreviation PARK	BUS	
540022	P_CAML	Abbreviation PARK	BUS	
540033	P_DEHK	DEMOKRAS...	BUS	
540034	P_GARM	GAR METRO...	BUS	
540015	P_HALC	HAL CADDE...	BUS	
540007	P_KMPS	KAMPUS PARK	BUS	
540028	P_KRCK	KORUÇUK P...	BUS	
540021	P_KRMN	KARAMAN P...	BUS	
540003	P_KTER	KUZEY TER...	BUS	
540018	P_OF5	OFIS GARA...	BUS	
540002	P_SPAR	SAKARYA P...	BUS	
540001	P_UNKA	UNKAPANI ...	BUS	
540006	P_YTER	YENİ TERME...	BUS	
941	T-H	Tram yard ...	TRAM	
3434	T_AKOY	ALIBEYKÖY ...	TRAM	
3435	T_EMINON	EMINÖNÜ	TRAM	
34343434	T1	T1	TRAM	

Harici no	3434
Kısa adı	T_AKOY
Tam adı	ALIBEYKÖY OTOGAR
İsletme birimi	Tram
İsletme bölgesi	İSTANBUL
İşletmecisi	İBB
Personnel region	
Mali merkez	
<input checked="" type="checkbox"/> Personel garajı <input checked="" type="checkbox"/> Araç garajı <input checked="" type="checkbox"/> Park garajı	
Servis başlangıç noktaları   Servis bitiş noktaları   Home points   Hatlar   Vehide types   İgi veren	
Servis başlangıç noktaları...	
Yeni servis başlangıç noktası...	
Abbreviation   External number   Long name   Seq. no	
Adres...	
Sokak/Cadde	
Yer	
Yeni   Kopyala   Düzenle   Sil   Harita   Kullanım   Kaydet   Vazgeç	

Şekil 5.7. Alibeyköy Cep Otogarına garaj tanımlaması

Personel garajı; tramvay hattında çalışan personellerin mesai başlangıcını ve bitişini yaptığı, isteğe bağlı olarak mola süresini de geçirebildiği alandır.

Araç garajı; hatta kullanılan tramvayların seferleri bittikten sonra depolandığı, temizlik, bakım ve onarım gibi işlemlerin yapıldığı alandır.

Park garajı; işletmede çalıştırılan araçların garaja gitmek için enerji ve zaman harcamadan belirli sürelerde duraklayabildiği ve sürücülerin mola verebildiği alanlardır.

IVU.Plan yazılımındaki garaj menüsü içerisinde garajda varsa farklı araç tipleri, işletme bölgesi, işletmeci, işveren, kullanılan hatlar, servis başlangıç noktası ve servis bitiş noktası tanımlaması yapılmaktadır. Bu tanımlamalar içerisinde bir araç ve sürücünün göreve başlamasını sağlamak için gerekli servis başlangıç ve bitiş noktaları bir zorunluluktur. Çünkü bir yolcu gözünden Eminönü-Alibeyköy hattı Alibeyköy Cep Otogarı istasyonundan seferine başlamış gözükse de tramvay ve makinist mesaiye servis başlangıç noktasından başlamaktadır. Gelir getirmeyen sefer ve ölü kilometre olarak değerlendirilen garajdan ilk durağa geçiş ve son duraktan garaja dönüş süre ve mesafeleri, servis başlangıç ve bitiş noktaları sayesinde hesaplanmaktadır. IVU.Plan yazılımındaki Alibeyköy Cep Otogarı'na ait servis başlangıç ve bitiş noktası tanımlamasına ait görsel Şekil 5.8'de verilmiştir.

The screenshot displays the IVU.Plan software interface for configuring service start and end points. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Shows 'Veri seti sayısı: 4' and 'Son okunma zamanı: 12:59'.
- Table:** A table with columns 'Long name', 'Network point type', 'Division', and 'DC'. It lists four entries for 'ALİBEYKÖY ...' and 'EMİNÖNÜ Ç...' with their respective network point types and divisions.
- Form Fields:** Includes 'Harici no' (64341), 'Kısa adı' (T\_AKÖY\_E), 'Tam adı' (ALİBEYKÖY OTOGAR ÇIKIŞ), 'Koordinatlar X' and 'Y' (empty), 'İşletme birimi' (Tram), and 'Pusulaya yönü' (empty).
- Buttons:** 'Ağ noktası...', 'Search sorted by external number' (with 'Ara' button), 'Yeni', 'Kopyala', 'Düzenle', 'Sil', 'Kullanım...', 'Harita', 'Kaydet', and 'Vazgeç'.

Şekil 5.8. Alibeyköy Cep Otogarı'na ait servis başlangıç ve bitiş noktası tanımlaması

Toplu taşıma sistemlerinde araç ve sürücünün çalışmaya başladıkları nokta olan garajdan; sefere başlayacak olan aracın ilk durağa gitmesi gerekmektedir. Bir hattın çift yönlü çalıştığı düşünüldüğünde başlangıç ve bitiş duraklarında yeterli manevra ve bekleme alanlarının bulunması gerekmektedir. Toplu taşıma araçlarının manevra ve bekleme alanlarını oluşturan, ilk duraktan yolculu sefere başlamadan önce araç içi hazırlıkların yapılabildiği alanların tümüne terminal alanı denir. IVU.Plan yazılımında terminal alanı tanımlamasına ait görsel Şekil 5.9’da verilmiştir.

**Şekil 5.9.** Eminönü-Alibeyköy hattında terminal alanı tanımlaması

Terminal alanları içerisinde bulunan araçların seferden önce ve seferden sonra bekleme alanlarına park noktası denir. Park noktaları terminal alanlarında olduğu gibi sürücü değişim noktası olarak değerlendirilebilir ve bu şekilde sürücülerin çalışma süreleri ve mola süreleri arasındaki dengenin sağlanmasıyla birlikte sistem daha verimli çalıştırılabilir. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında istasyonlarda fiziki olarak sürücü dinlenme alanlarının oluşturulması ile IVU.Plan yazılımında sürücü değişim noktası sayısının artırılması sonucunda işletme planındaki sürücü çalışma ve mola süreleri daha verimli değerlendirilebilecektir. Eminönü-Alibeyköy hattına ait IVU.Plan yazılımına aktarılacak park noktaları Tablo 5.22’de verilmiştir.



**Tablo 5.22.** Eminönü-Alibeyköy hattında tanımlanan park noktası verileri.

No	Park Noktası Adı
1	Eminönü
2	Küçükpazar
3	Cibali
4	Fener
5	Balat
6	Ayvansaray
7	Feshane
8	Eyüpsultan Teleferik
9	Eyüpsultan Devlet Hastanesi
10	Silahtarğa Mahallesi
11	Üniversite
12	Alibeyköy Merkez
13	Alibeyköy Metro İstasyonu
14	Alibeyköy Cep Otogarı

IVU.Plan yazılımında park noktası tanımlamasına ait görsel Şekil 5.10’da verilmiştir.

The screenshot shows the IVU.Plan software interface for defining a park point. The interface is divided into several sections:

- Top Left:** 'Veri seti sayısı: 14' and 'Son okunma zamanı: 12:52'. There is a search bar and a 'Tüm sütunlar' dropdown menu.
- Left Panel:** A table listing existing park points with columns for 'Ex...', 'Abbreviation', 'Long name', and 'Division'. The list includes points like 'P\_EMN', 'P\_AKÖY', 'KÜÇÜK\_BP', etc.
- Right Panel:** A form for defining a new park point. It includes fields for 'Harici no', 'Kısa adı' (set to 'P\_EMN'), 'Tam adı' (set to 'EMİNÖNÜ PARK NOKTASI'), 'Koordinatlar' (X and Y), 'İşletme birimi' (set to 'TRAM'), and 'Ağ noktalar kümesi'. There are also checkboxes for 'Park olanağı' and 'Sürücü değişim noktası'.
- Bottom Panel:** A table for 'Park noktası isimleri' with columns for 'Definition', 'Abbreviation', 'Long name', and 'Valid from'. Below this table are buttons for 'Yeni', 'Düzenle', 'Sil', 'Kaydet', and 'Vazgeç'.

**Şekil 5.10.** Park noktası tanımlaması

Park noktaları tanımlamaları sonrasında her bir istasyona ait durak kümelerinin tanımlanması gerekmektedir. Denizyolu ve demiryolu toplu ulaşım sistemlerinde büyük çoğunluğu aynı tesis veya peron yapısı içerisinde yer alan duraklar, karayolu

toplu ulaşım duraklarında gidiş ve dönüş yönünde konum farklılığı gösterebilmektedir. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında istasyon yapıları göz önünde bulundurulduğunda her iki yönde istasyonlar aynı noktada bulunmakta ve gidiş ve dönüş yönü için iki farklı durak oluşturma ihtiyacı bulunmamaktadır. Durak kümelerinin IVU.Plan yazılımında tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.11’de verilmiştir.

Veri seti sayısı: 14 Son okunma zamanı: 12:55

Harici no: 12  Kontrol edilmedi

Kısa adı: AKÖYMRKZ

Tam adı: ALİBEYKÖY MERKEZ

Hat sahibi:

Ağ noktalar kümesi:

External number	Abbreviation	Long name
12	AKÖYMRKZ	ALİBEYKÖY MERKEZ
13	AKÖYMTRO	ALİBEYKÖY METRO
14	AKÖY	ALİBEYLÖY CEP OTOGAF
6	AYVANSRY	AYVANSARAY
5	BALAT	BALAT
3	CİBALİ	CİBALİ
1	EMN	EMİNÖNÜ
9	ESDEVHAS	EYÜP SULTAN DEVLET Hİ
8	ESULTEL	EYÜP SULTAN TELEFERİ
4	FENER	FENER
7	FESHANE	FESHANE
2	KÜÇÜKPZR	KÜÇÜKPazar
11	SAKARYA	SAKARYA MAH.
10	SİLAHMAH	SİLAHTARAĞA MAHALLE

Division	Abbreviation	External	Long name	Seq. no
TRAM	AKÖYMRKZ	12	ALİBEYKÖY MERKEZ	1

Division	Abbreviation	Long name
TRAM	AKÖYMR_B	ALİBEYKÖY ...

Definition	Abbreviation	Long name	Valid from

Mobil bilgi bölgeleri...

Abbreviation	Description

Yeni... Düzenle... Sil... Kullanım... Harita... Güzergah metinleri... Çıktı şablonları... Kaydet... Vazgeç

**Şekil 5.11.** Durak kümesi tanımlaması

Her bir durak kümesi içerisinde tanımlanacak olan duraklar, Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının istasyonlarına karşılık gelmektedir. Durakların IVU.Plan yazılımında tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.12’de verilmiştir.

Veri seti sayısı	17	Son okunma zamanı:	12:56
Tüm sütunlar		Harici no	
External number	Abbreviation	Long name	Kısa adı
2	KÜÇÜKPZR	KÜÇÜKPAZAR	KÜÇÜKPAZAR
3	CIBALI	CIBALI	Peron
4	FENER	FENER	Tam adı
5	BALAT	BALAT	Sokak/Apt no
6	AYVANSRY	AYVANSARAY	İlçe kodu...
7	FESHANE	FESHANE	Ağ noktalar kümesi
8	ESULTEL	EYÜP SULTAN TELEFERİK	Kapsama mesafesi (geri)
9	ESDEVHAS	EYÜP SULTAN DEVLET HAST.	Kapsama mesafesi (ileri)
10	SİLAHMAH	SİLAHTARAĞA MAHALLESİ	Validation feature
11	SAKARYA	SAKARYA MAH.	Pusulaya yönü
12	AKÖYMRKZ	ALİBEYKÖY MERKEZ	Peron uzunluğu (mm)
13	AKÖYMETRO	ALİBEYKÖY METRO	Koordinatlar
101	EMN	EMİNÖNÜ	X
1414	AKÖY	ALİBEYKÖY CEP OTOGARI	Y
1234567	YAHŞI	YAHŞİHAN	Z
12345678	BATMAN	BATMAN	<input checked="" type="checkbox"/> Binış durağı
123456789	KORFEZ	KORFEZ	<input checked="" type="checkbox"/> İnış durağı
			<input type="checkbox"/> Pasif
			<input checked="" type="checkbox"/> Engelli erişimli
			<input checked="" type="checkbox"/> Sürücü değişim noktası
			<input checked="" type="checkbox"/> Kontrol edilmedi
			Koordinatları çevir...
			İsletme birimi
			Tram
			Araç çeşidi grubu
			TRAMVAY
			Yönetim birimi
			Hat sahibi
			Durak tipi
			Ticket sales points
			Tarife bölgeleri
			Additional information
			Durak adları
			Yeni
			Kopyala
			Düzenle
			Sil
			Kullanım
			Harita
			Çıktı şablonları...
			Ek özellikler...
			Kaydet
			Vazgeç

Şekil 5.12. Durak tanımlaması

### 5.2.2. Link tanımlamaları

Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında tanımlanan ağ verileri arasında ulaşımı sağlayacak olan linklerin tanımlanması gerekmektedir. IVU.Plan yazılımında; hattın başlangıç ve bitiş istasyonları arasındaki yolu tanımlayarak yolculu tramvay seferlerinin gerçekleşmesini sağlayan hat linklerinin tanımlaması Şekil 5.13'te verilmiştir.

İsletme birimi	TRAM	Link türü	Hat linki	Ağ noktaları	Seçim...
Veri seti sayısı:	31	Son okunma zamanı:	13:10		
Tüm sütunlar		Başlangıç noktası...			
		AKÖY ALİBEYKÖY CEP OTOGARI			
		Bitiş noktası...			
		EMN EMİNÖNÜ			
		<input type="checkbox"/> Linki ters yönde de oluştur			
		Araç çeşidi grubu			
		TRAMVAY			
		Uzunluklar			
		Mesafeleri haritadan aktar			
		Type Uzuntuk			
		Standard 10140			
		Harita			
		Minimum tren takip süresi			
		00:00:00			
		Parça linkler...			
		Tanım			
		ALİBEYKÖY OTOGAR - EMİNÖNÜ			
		<input checked="" type="checkbox"/> Kontrol edildi			
		<input type="checkbox"/> Sollama yasağı			
		<input type="checkbox"/> Link dizisi oluştur			
		<input checked="" type="checkbox"/> Varsayılan link			
		<input checked="" type="checkbox"/> Sevki idarede kullan			
		<input type="checkbox"/> Pasif			
		Seyahat süresi oluştur			
		Seyahat süresi sil			
		Kullanım...			
		Runtime Speed Default BEKLEME DÜRMA T5			
		00:32:00 19,012 X			
		Seyahat süresi profili			
		Zaman periyodu oluştur			
		Zaman periyodu sil			
		Zaman periyodu listesi			
		00 01,00 02,00 03,00 04,00 05,00 06,00 07,00			
		Ara			

Şekil 5.13. Hat linki tanımlaması

Yolculu seferler haricinde tramvayın depo sahasından sefere başlayacağı ilk istasyona, son istasyondan depo sahasına ve park noktaları arasındaki ulaşımı sağlayan bağlantı linklerinin IVU.Plan yazılımında tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.14’te verilmiştir.

The screenshot shows the IVU.Plan software interface for defining a connecting link. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Includes 'İşletme birimi' (TRAM), 'Link türü' (Connecting link), 'Ağ noktaları', and 'Seçim...' button.
- Left Panel:** A list of stations with 'P\_EMN EMINÖNÜ PARK NOKTASI' selected. Other stations include CİBAL\_BP, P\_AKÖY, and T\_AKÖY.
- Right Panel:** Configuration options for the link.
  - Start/End Points:** 'Başlangıç noktası...' (P\_EMN) and 'Park noktası' (T\_AKÖY\_A).
  - Vehicle Type:** 'Araç çeşidi grubu' (TRAMVAY).
  - Dimensions:** 'Uzunluklar' table with 'Standard' (10140) and 'Harita'.
  - Minimum train stop time:** 'Minimum tren takip süresi' (00:00:00).
  - Definition:** 'Tanım' (P\_EMN Operating Point - T\_AKÖY\_A Pull-in Point).
  - Options:** 'Kontrol edildi', 'Varsayılan link', 'Pasif', 'Sollama yasağı', 'Link dizisi oluştur', 'Sevk-idarede kullan'.
  - Travel Time Profile:** 'Seyahat süresi oluştur', 'Seyahat süresi sil', 'Kullanım...' buttons. A table with columns 'Runtime', 'Speed', 'Default', 'BEKLEME', 'DURMA', 'T5' and values '00:25:00', '24,336', 'X', 'X'.
  - Time Profile:** 'Seyahat süresi profili' dropdown, 'Zaman periyodu oluştur', 'Zaman periyodu sil', 'Zaman periyodu listesi' buttons. A timeline from 00:00 to 07:00.

**Şekil 5.14.** Bağlantı linki tanımlaması

Tramvayın bağlantı linkleriyle Alibeyköy Cep Otogarı’ndan park noktalarına ulaşımı sonrasında park noktası-durak ve durak-park noktası arasındaki ulaşımı terminal alanı linkleri sağlamaktadır. Terminal alanı linklerinin IVU.Plan yazılımında tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.15’te verilmiştir.

İşletme birimi: TRAM Link türü: Terminus area link Ağ noktaları: Seçim...

Veri seti sayısı: 6 Son okunma zamanı: 13:13

Tüm sütunlar

Star... 1 Başlangıç noktası (tam adı)  
 AKÖY ALİBEYKÖY CEP OTOGARI  
 CİBAL\_BP CİBALI BP  
 CİBALI CİBALI  
 EMN EMİNÖNÜ  
 P\_AKÖY ALİBEYKÖY CEP OTOGARI PARK NOKTASI  
 P\_EMN EMİNÖNÜ PARK NOKTASI

Filtre...

Search sorted by abbreviation Ara

Başlangıç noktası... EMN Durak

Bitiş noktası... P\_EMN Park noktası

Linki ters yönde de oluştur

Araç çeşidi grubu: TRAMVAY

Uzunluklar

Type	Uzunluk
Standard	0
Harita	

Mesafeleri haritadan aktar

Minimum tren takip süresi: 00:00:00 Parça linkler...

Tanım: EMN1 Durak - P\_EMN Park noktası

Kontrol edildi  Solama yasağı  Link dizisi oluştur

Varsayılan link  Sevk-idarede kullan

Pasif

Seyahat süresi oluştur Seyahat süresi sil Kullanım...

Runtime	Speed	Default	BEKLEME	DURMA	T5
00:00:00		X			X

Seyahat süresi profili

Zaman periyodu oluştur Zaman periyodu sil Zaman periyodu listesi

00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00

Şekil 5.15. Terminal alanı linki tanımlaması

### 5.2.3. Hat tanımlamaları

Ağ noktalarının ve linklerin tanımlanması sonrasında seferlerin atanacağı bir hatta ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple T5 Eminönü-Alibeyköy hattı tanımlanmış ve garaj olarak tanımlaması yapılan Alibeyköy Cep Otogarı garajına ataması yapılmıştır. T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı hattının IVU.Plan yazılımında tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.16'da verilmiştir.

Veri seti sayısı: 1 Son okunma zamanı: 13:14

Division 2 Abbreviation 1 Long name

Division	Abbreviation	Long name
TRAM	T5	T5 EMİNÖNÜ-ALİBEYKÖY

Ağ noktası kümeleri...

Search sorted by abbreviation Ara

Kısa adı: T5

FYS Hat numarası: 5

Çıktı için hat numarası: T5

Tam adı: T5 EMİNÖNÜ-ALİBEYKÖY

İşletme birimi: Tram

Alt yüklenici: İBB

İşi veren: İBB

Hat işleticisi:

Mali merkez:

Yayınlanmasın

Garajlar...

Abbreviation	Description
T_AKÖY	ALİBEYKÖY OTO...

Bilet satış noktaları...

Abbreviation	Description

Hat grupları...

Abbreviation	Long name

Her bir yön/hat varyasyonu başına sefer sayıları

Y	HV	AE	EA	1	2
G	3820	-	-	367	-
D	-	3820	-	-	366

Her bir yön/hat varyasyonu başına durak sayıları

Y	HV	AE	EA	1	2
G	2	-	-	2	-
D	-	2	-	-	2

Her bir durak dizisi için durak sayısı

Direction	Stops
G	4
D	4

Hat özellikleri...  
Güzergah metinleri...

Şekil 5.16. Hat tanımlaması

Bir hatta farklı başlangıç ve bitiş duraklarının tanımlanması veya aynı başlangıç ve bitiş durakları olmasına rağmen ara durakların değişmesi hat varyasyonlarının tanımlanmasına bağlıdır. Bir gidiş ve bir dönüş yönünde olmak üzere tanımlanan iki adet hat linkinin T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı hattına atanmasıyla birlikte toplam iki adet hat varyasyonu oluşmuştur. İlerleyen dönemlerde ihtiyaç doğrultusunda farklı varyasyonların tanımlanması mümkündür. T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı hattının IVU.Plan yazılımında hat varyasyonlarının tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.17’de verilmiştir.

Veri seti sayısı: 2 Son okunma zamanı: 13:15

Abbreviation	Description	Not published
1	T5_G_1	
AE	T5_G_ALİBEYKÖY-EMİNÖNÜ	

Hat: T5 TRAM Yön: G Seçim...

Ağ noktaları:

Kısa adı: AE

Tanım: T5\_G\_ALİBEYKÖY-EMİNÖNÜ

Yayımlanmasın

Alt yüklenici...

İşi veren...

Hat işleticisi...

Renk: Çizgi türü: Çizgi kalınlığı:

Her seyahat süre profili başına sefer sayısı

Seyahat süresi profili	BEKLEME	DURMA	T5
Number	-	-	3820

Link dizisi...

Starting point	Yay.	End point	Pass-through	Talepli stop	Biniş prohibited	İniş prohibited	Yön direction	Uzunluk	Mali merkez	T5
ALİBEYKÖY CEP OTOGARI		EMİNÖNÜ						10140		00:32:00

Seyahat süreleri... Günün saati...

Şekil 5.17. Hat varyasyonu tanımlaması

#### 5.2.4. İşletme günü tanımlamaları

Eminönü-Alibeyköy hattındaki sefer senaryolarının her biri ayrı bir işletme günü içerisinde tanımlanmıştır. İşletme günleri hafta içi, cumartesi, pazar vb. şeklinde ayrılrsa da IVU.Plan uygulamasında Eminönü-Alibeyköy tramvay hattı için gerçekleştirilen sefer senaryo analizleri için 19 adet işletme günü tanımlanmıştır. İşletme günlerinin IVU.Plan yazılımında tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.18’de verilmiştir.

Şekil 5.18. İşletme günü tanımlaması

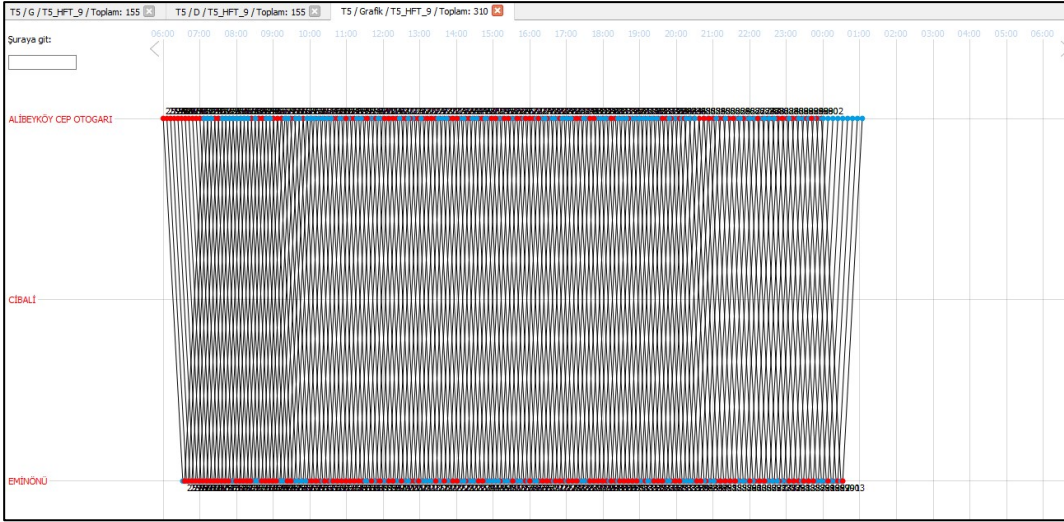
### 5.2.5. Sefer tanımlamaları

IVU.Plan yazılımında tanımlanan linklerde araç hareketini sağlayabilmek adına sefer ataması yapılmalıdır. Hazırlanan 19 adet sefer senaryosu için 19 adet işletme günü tanımlanmıştır. Senaryoların içerdiği seferler her iki yönde de işletme günlerinin içerisine tanımlanır. Tek yönde 155 iki yönde toplamda 310 adet seferin tanımlandığı üç numaralı sefer senaryosuna ait seferlerin tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.19’da verilmiştir.

Division	TRAM	TRAM	TRAM	TRAM	TRAM	TRAM	TRAM	TRAM	TRAM	TRAM	TRAM
Route	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5
Route pattern	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE
Seyahat süresi profili	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5
Operating day group	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]	[T5_HFT_9]
Trip class	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Vehicle type	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5	T5
Depot											
ALIBEYKÖY CEP OTOGARI	06:00	06:06	06:12	06:18	06:24	06:30	06:36	06:42	06:48	06:54	07:00
CİBALI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMİNÖNÜ	06:32	06:38	06:44	06:50	06:56	07:02	07:08	07:14	07:20	07:26	07:32
ALIBEYKÖY CEP OTOGARI											

Şekil 5.19. Seferlerin işletme günlerine tanımlaması

Üç numaralı sefer senaryosuna ait seferlerin tanımlanması ile ortaya çıkan çizgi grafiği Şekil 5.20’de verilmiştir.



Şekil 5.20. Üç numaralı sefer senaryosuna ait çizgi grafik

### 5.2.6. Araç kurallarının tanımlamaları

Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında işletme planlaması ve optimizasyonu yapılabilmesi için önceden belirlenmiş araç ve sürücü kurallarının IVU.Plan yazılımına tanımlanması gerekmektedir [21].

IVU.Plan yazılımında bir aracın garajdan çıkıp önceden belirlenen çalışma saatini tamamlayıp garaja tekrar dönünceye kadar yaptığı tüm görevlere blok denilmektedir. Blok kurallarının atanması için kullanılacak blok kuralları menüsü Şekil 5.21’de verilmiştir.

Şekil 5.21. Blok kurallarının atanması



Blok kuralları menüsünde ataması yapılan kurallar aşağıdaki gibidir:

Araç çeşidi değiştirme kuralı; hat içerisinde seferler gerçekleşirken farklı araç türleri varsa seferler arasında bu araçların değiştirilmesini içermektedir. Seferlerin işletme yoğunluğuna göre beşli dizi ve onlu dizi tren setleri ile gerçekleştirilebilmesine imkan tanır.

Hat garaj eşleştirme kuralı; hangi garajda hangi hattın atanacağı tanımlanır. Bir garajda birden fazla hat çalıştırılabileceği gibi birden çok garaj olması durumunda da hatların garajlara dağılımları yapılabilir.

Blok süresi kuralı; bir aracın garajdan çıkıp garaja döneceği sürenin kısıtlanmasına imkan sağlar.

Blok uzunluğu kuralı; bir aracın garajdan çıkıp garaja döneceği zamana kadar geçen mesafenin sınırlandırılmasını sağlar.

Sefer öncesi/sonrası hazırlık süreleri kuralı; garajdan geliş seferi sonrası, terminal alanı değiştirme seferi sonrası, yolculu sefer sonrası, garaja gidiş seferi öncesi, terminal alanı değiştirme seferi öncesi, yolculu sefer öncesi sürelerinin tanımlanmasını sağlar. Sefer öncesi/sonrası hazırlık süreleri kuralının tanımlanmasına ait görsel Şekil 5. 22’de gösterilmiştir.

Sefer öncesi hazırlık süresi	
Garajdan geliş seferi sonrası	00:00:00
Terminal alanı değiştirme seferi sonrası	00:00:00
Yolculu sefer sonrası	00:02:00
Sefer sonrası hazırlık süresi	
Garaja gidiş seferi öncesi	00:00:00
Terminal alanı değiştirme seferi öncesi	00:00:00
Yolculu sefer öncesi	00:00:00
<input type="checkbox"/> Özel kurallar belirlenmişse, global kuralları önemseme	
<input type="checkbox"/> Park sefer uzunluğu 0 ise, kuralları önemseme	
Tamam	
İptal	

Şekil 5.22. Sefer öncesi/sonrası hazırlık sürelerinin tanımlaması

Layover (bekleme) süresi kuralı; aracın yolculu seferini tamamladıktan sonra diğer yolculu seferini bekleme süresinin tanımlanmasıdır. Layover süresi aracın bekleme süresi olarak tanımlansa da aynı zamanda mesai saatleri içerisindeki şoförün

dinlenme süresi olarak da tanımlanmış olur. Layover süresi global kuralları menüsünde yolculu sefer/yolculu sefer, garajdan geliş seferi/yolculu sefer, yolculu sefer/garaja gidiş seferi, yolculu sefer/terminal alanı değişimi seferi ve terminal alanı değişimi seferi/yolculu sefer arasındaki minimum ve maksimum sürelerin tanımlanması işlemi Şekil 5.23'te gösterilmiştir.

	Minimum	Maksimum
Yolculu sefer/Yolculu sefer	00:01:00	02:00:00
Garajdan geliş seferi/Yolculu sefer	00:00:00	
Yolculu sefer/Garaja gidiş seferi	00:00:00	
Yolculu sefer/ Terminal alanı değişimi seferi	00:00:00	
Terminal alanı değişimi seferi/ Yolculu sefer	00:00:00	02:00:00

Özel kurallar belirlenmişse, global kuralları önemseme

Şekil 5.23. Layover sürelerinin tanımlaması

Blok kurallarında dikkat edilip edilmeyeceğine dair ataması yapılan özelliklerin tanımlanması blok detay kuralları menüsünde gerçekleştirilmektedir. Blok detay kuralları menüsüne ait görsel Şekil 5.24'te verilmiştir.

Sistem Görünüm Yardım

Kural türü

Sefer öncesi/sonrası hazırlık süreleri

Araç çeşidi uygunluğu

Blok süresi

Blok uzunluğu

Hat değiştirme yasağı (şoför)

Hat-garaj eşleştirmesi

Layover süresi

Sefer öncesi/sonrası hazırlık süreleri

Düzenleyen 3 Son değiştirme

HKN 02.09.2022 21:59:45

Yeni... Kopyala... Düzenle... Kurallar... Sil

Şekil 5.24. Blok detay kuralları menüsü

Blok detay kuralları menüsünde sefer öncesi/sonrası hazırlık süreleri, blok süresi, blok uzunluğu, hat değiştirme yasağı (sürücü), hat-garaj eşleştirmesi ve layover süresi seçenekleri bulunmaktadır. Blok detay kurallarındaki araç çeşidine göre minimum ve maksimum blok süresi tanımlanması ait görsel Şekil 5.25'te verilmiştir.

Vehicle type	1	Min. süre	2	Max. süre	3	Düzenleyen	Son değiştirme
		00:03:00				HKN	26.11.2022 19:41:09

**Blok süresi - T5**

Araç çeşidi: [Dropdown]

Min. süre:  00:03:00 [±0]

Max. süre:  00:00:00 [±0]

Şekil 5.25. Blok detay kuralları menüsü

### 5.2.7. Sürücü kurallarının tanımlamaları

IVU.Plan yazılımında bir sürücünün garajdan araca ulaşmak için harekete geçmesiyle başlayan ve aracı garaja teslim etmesiyle biten toplam hareketler bütününe görev denilmektedir. Sürücüler görevleri yerine getirirken işletmeci tarafından belirli kurallara tabi olmalıdır. Bu kurallar görev kuralları olarak tanımlanmıştır. Görev kuralları menüsünün altında yer alan görev türlerinin tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.26'da verilmiştir.

**Şekil 5.26.** Sabah görev türünün tanımlanması

Görev kuralları menüsü içerisinde mola kuralları, molalar, görev türleri, , görev bileşen türleri, vardiya türleri, tarifeler, paketler, sürüş süresi, ek ücret çeşitleri, stres hatları alt menüleri mevcuttur.

Eminönü-Alibeyköy tramvay hattında çalışan sürücüler için yapılan işletme planı ve optimizasyonu uygulamalarında tanımlanan görev türlerine ait veriler Tablo 5.23'te verilmiştir.

**Tablo 5.23.** Görev türlerinin başlama, bitiş ve görev süreleri [17].

Kısaltma	Tam Adı	Görev Başlama		Görev Bitiş		Görev süresi		
		En erken	En geç	En erken	En geç	Min	Max	Hedef
A	Öğlen	12:00	16:59			09:30	08:00	
E	Akşam	17:00	19:59			09:30	07:30	
M	Sabah		11:59			09:30	08:00	
N	Gece	20:00				07:30	07:30	
S	Ara Dinlenmeli	10:30			21:00	09:30	08:00	

İşletmede kullanılacak görev türlerinin tanımlanmasından sonra mola kuralları tanımlamaları yapılmıştır. Her bir görev türüne ait sürüş süresinin %5, %10 ve %15 oranında mola kuralları tanımlanmıştır. Şekil 5.27'de mola kuralının tanımlanmasına ait görsel verilmiştir.

**Şekil 5.27.** Mola kurallarının tanımlanması

Görev kuralları menüsünde görev sırasındaki sürüş süresi ve kesintisiz sürüş süresine ait minimum ve maksimum süre tanımlamaları Şekil 5.28’de verilmiştir.

**Şekil 5.28.** Sürüş ve çalışma sürelerinin minimum ve maksimum değerlerinin tanımlanması

### 5.2.8. Sürücü değişim yerleri tanımlamaları

Görev kuralları ve mola kurallarının tanımlanması sonrasında sürücü değişim yerlerinin tanımlanması ve ataması yapılmalıdır. Başlangıç ve bitiş istasyonları olan Alibeyköy Cep Otogarı ve Eminönü istasyonları sürücü değişim noktası olarak tanımlanır ve T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı hattına ataması yapılır. Bu uygulama ile birlikte sürücüler toplam mola sürelerini sağlamak için gidiş-dönüş

seferlerini tamamladıktan sonra değil her sefer tamamlandıktan sonra mola verebilmektedir. Sürücü Değişim Yerlerinin tanımlanmasına ait görsel Şekil 5.29'da verilmiştir.

The screenshot displays the configuration interface for driver change locations in the IVU.Plan software. At the top, there are fields for Route (T5), Yön (D), Hat varyasyonu (EA), and Tanım (T5\_D\_EMİNÖNÜ-ALİBEYKÖY). Below this, there is a table of stops and a detailed configuration panel for a specific driver change point.

Stop	Long name	Sürücü değişim noktası	Kategori
AKÖY	ALİBEYKÖY CEP ...	x	1

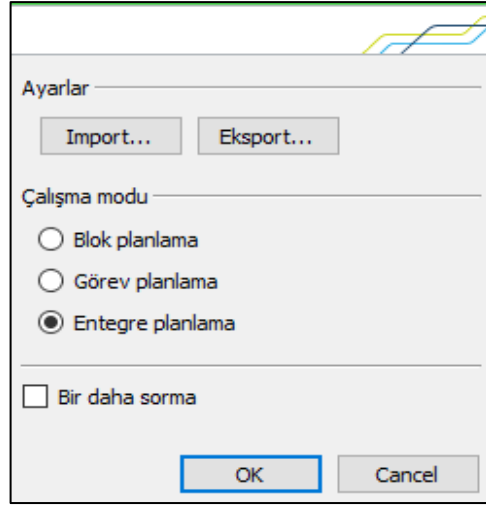
The configuration panel for the driver change point includes the following fields and options:

- Kısa adı: AKÖY
- Tam adı: ALİBEYKÖY CEP OTOGARI
- Sürücü değişim yeri: Not
- Pozisyon:  Varışta,  Kalkışta
- Sefer süresinden sonra:  (unselected)
- Durma süresinden sonra:  (selected)
- Kategori: 1
- Yasak zamanlar: Starting time, End time
- Zaman dilimi sil: Button
- Zaman dilimi ekle: Button
- Baş. 00:00 [±0]:  (selected)
- Bit. 00:00 [±0]:  (selected)
- Simülasyon...: Button
- Tamam: Button
- İptal: Button

Şekil 5.29. Sürücü değişim yerlerinin tanımlanması

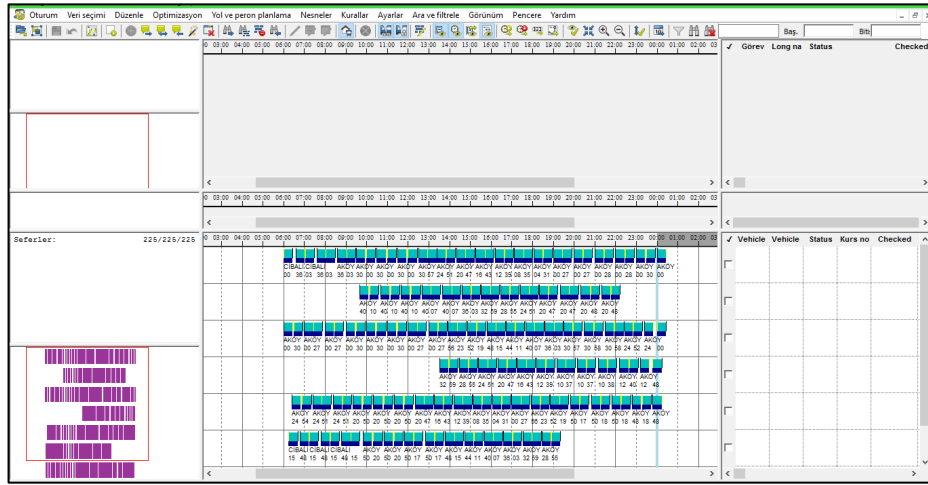
### 5.2.9. Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının işletme planı optimizasyonu ve analizi

Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının ağ noktaları ve kümeleri, hat, hat varyasyonu, link, sefer, blok kuralları, görev kuralları ve sürücü değişim kurallarına ait veriler IVU.Plan yazılımına tanımlanmıştır. Optimizasyon çalışmalarında IVU.Plan yazılımındaki entegre görev ve blok planlama programı kullanılır. Entegre görev ve blok planlama programında aynı anda blok ve görev planlama yapılabildiği gibi ayrı olarak blok planlama ve görev planlama yapılabilmektedir. Entegre görev ve blok planlama açılış ekranı Şekil 5.30'da verilmiştir.



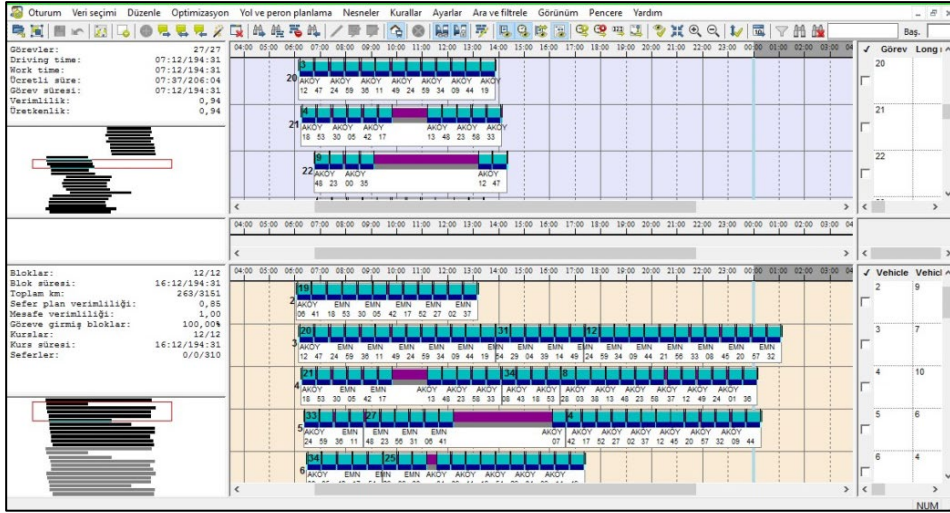
**Şekil 5.30.** Entegre görev ve blok planlama açılış ekranı

Entegre planlama seçildikten sonra çalışılması istenilen garaj, hat, işletme günü vb. filtrelenerek veri setleri listelenir. Filtreleme işleminden sonra entegre blok ve görev planlama ekranı açılır ve planlama aşamasına geçilir. Entegre görev ve blok planlama programında planlanmamış seferlere ait görsel Şekil 5.31’de verilmiştir.



**Şekil 5.31.** Entegre görev ve blok planlama programında planlanmamış seferler

Planlanmamış seferlerden blok ve görev oluşturma işlemi manuel olarak yapılabileceği gibi optimizasyon programı ile işletme planının optimizasyonu tamamlanabilir. Entegre görev ve blok planlama programında optimizasyon sonucunda oluşturulan blok ve görevlere ait görsel Şekil 5.32’de verilmiştir.



**Şekil 5.32.** Entegre görev ve blok planlama programında planlanmış blok ve görevler. Entegre görev ve blok planlama ekranında blok optimizasyonu sonucu ortaya çıkan sonuç verileri bulunmaktadır. 10 numaralı sefer senaryosuna ait blok optimizasyonu sonucu Şekil 5.33'te gösterilmiştir.

Bloklar:	17/17
Blok süresi:	17:11/292:11
Toplam km:	292/4959
Sefer plan verimliliği:	0,89
Mesafe verimliliği:	1,00
Göreve girmiş bloklar:	100,00%
Kurslar:	17/17
Kurs süresi:	17:11/292:11
Seferler:	0/0/488

**Şekil 5.33.** Blok optimizasyonu sonuçları

Blok; sefer senaryolarında belirlenmiş sefer sayılarının gerçekleşmesini sağlayan bir aracın garajdan çıkıp garaja dönmeye kadar yaptığı araç görevidir. Optimizasyon sonucunda 17 adet araç görevi olan blok oluşmuştur. Ortalama blok süresi 17 saat, toplam blok süresi 292 saat olarak hesaplanmıştır. Bir aracın garajdan çıkıp garaja dönmeye kadar gittiği ortalama mesafe 292 km ve 17 araç toplamı ise 4959 km'dir. Sefer plan verimliliği %89 olarak hesaplanmıştır. Kurs, planlanmış seferleri gerçekleştiren araç sayısını ifade etmektedir. Birden fazla blok birleşip kurs oluşturabilmektedir fakat tanımlanan kurallar çerçevesinde her bir blok ile bir adet kurs oluşturulmuştur. Blok optimizasyonu sonucunda; 10 numaralı sefer senaryosundaki 488 adet seferin yapılabilmesi için 17 adet tramvay ihtiyacı bulunduğu ve bu tramvayların çalışma planları ortaya çıkmıştır.



Blok optimizasyonu ile ortaya çıkan blok ve kurslara seferlerin gerçekleştirilebilmesi için sürücü ataması yapılması gerekmektedir. Görev optimizasyonu ile birlikte seferlerin gerçekleştirilmesi için gereken sürücü sayısı olan görev sayısı 42 olarak bulunmuştur. 42 adet görevin tanımlanan görev kuralları doğrultusunda optimizasyonu sonucunda ortalama ve toplam sürüş süresi, çalışma süresi, ücretli süresi, görev süresi verileri Şekil 5.34'te gösterilmiştir.

Görevler:	42/42
Driving time:	06:57/292:11
Work time:	06:57/292:11
Ücretli süre:	07:45/325:58
Görev süresi:	06:57/292:11
Verimlilik:	0,90
Üretkenlik:	0,90

**Şekil 5.34.** Görev optimizasyonu sonuçları

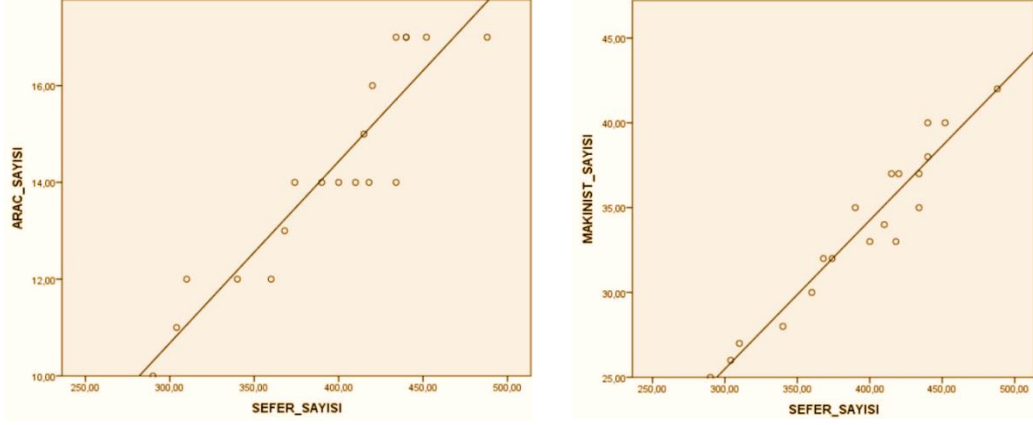
Optimizasyon çalışmaları sonucunda günlük sefer sayılarına karşılık gelen araç ve makinist sayıları Tablo 5.24'te verilmiştir.

**Tablo 5.24.** Optimizasyon sonucu gerekli araç ve makinist sayıları [18].

Sefer Senaryo No	Günlük Toplam Sefer Sayısı	Gerekli Araç Sayısı	Gerekli Makinist Sayısı
1	290	10	25
2	304	11	26
3	310	12	27
4	340	12	28
5	360	12	30
6	368	13	32
7	374	14	32
8	390	14	35
9	400	14	33
10	410	14	34
11	415	15	37
12	418	14	33
13	420	16	37
14	434	14	35
15	434	17	37
16	440	17	40
17	440	17	38
18	452	17	40
19	488	17	42

Optimizasyon ile sefer sayısına bağlı olarak hesaplanan gerekli tramvay aracı ve gerekli makinist sayısının regresyon denklemlerine ulaşılması amacıyla veriler

üstünde istatistiksel analizler yapılmıştır. Araç ve makinist sayılarının sefer sayılarına bağlı dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Dağılım grafikleri Şekil 5.35'te verilmiştir.



Şekil 5.35. Sefer, araç ve makinist sayılarının dağılım grafikleri

## 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Mevcut durumda Cibali-Alibeyköy Cep Otogarı arasında işletmesine devam eden tramvay hattının Cibali-Eminönü kesimi de dahil edilerek Eminönü-Alibeyköy tramvay hattının kapasite kullanım oranında değişiklikler oluşturacak olan 19 farklı sefer senaryosu oluşturulmuştur. Hazırlanan tüm sefer senaryoları IVU.Plan programına tanımlanmış ve işletme planı optimizasyonu çalışmaları sonrasında her bir sefer senaryosunun gerçekleştirilebilmesi için gerekli tramvay araç ve makinist sayıları ortaya çıkmıştır.

Hazırlanan sefer senaryolarında sefer sayısının artmış olmasına rağmen IVU.Plan optimizasyonu sonucu olarak ortaya çıkan tramvay araç sayılarının bu artışa paralel ve düzenli bir artış göstermediği görülmektedir. Uygulanan regresyon analizleri neticesinde en uygun regresyon denkleminin üstel olduğu ve belirtme katsayısının ise 0.85 olduğu tespit edilmiştir [18].

Hazırlanan sefer senaryolarında sefer sayısının artmış olmasına rağmen IVU.Plan optimizasyonu sonucu olarak ortaya çıkan makinist sayılarının bu artışa paralel ve düzenli bir artış göstermediği görülmektedir. Tespit edilen araç sayısına göre gerekli makinist sayısı artışının görece daha düzenli olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan regresyon analizleri neticesinde en uygun regresyon denkleminin üstel olduğu ve belirtme katsayısının ise 0.93 olduğu tespit edilmiştir [18].

Bu tez çalışmasında; İstanbul Büyükşehir Belediyesi sorumluluğunda olan T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattında mevcut işletme kaynaklarının verimli kullanılması ile ilgili olarak işletme planlaması ve optimizasyonu çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İşletme planlaması ve optimizasyonu yazılımları karmaşık optimizasyon algoritmalarına sahip olup optimizasyon süreleri durak sayısı, sefer sayısı, görev sayısı vb. parametrelere bağlı olarak değişebilmektedir. Bu çalışmada görüldüğü gibi işletme planlaması ve optimizasyonu yazılımında; işletmeye ait kural, kısıtlar tanımlanarak ve sefer sayıları değişkenlik gösteren sefer senaryolarından yola çıkarak hesaplanan gerekli tramvay aracı ve makinist sayılarının, regresyon analizleri ile tam olarak hesaplanamadığı tespit edilmiştir. Toplu taşıma işletmecilerinin, mevcut

seferlerini en az sayıda araç ve işletme personeli ile gerçekleştirmek için işletme planlaması ve optimizasyon araçlarıyla birlikte verimli bir işletme planına sahip olması gerekmektedir. İşletme planlaması çok sayıda parametrenin göz önünde bulundurulması gereken bir alan olup sefer senaryolarının günlük, haftalık ve aylık senaryolar haline getirilerek daha verimli bir işletme ortaya çıkarmak gerekmektedir. T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı tramvay hattı için hazırlanan maksimum seferli senaryoda çift yönlü toplam 488 seferin, 17 tramvay aracı ve 42 makinist ile gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir. Sefer sayısının artması, azalması ya da işletmeye ait kural değişikliklerine bağlı olarak sefer tarifelerinin uygulanabilmesi için gerekli tramvay aracı ve makinist sayılarının işletme planı optimizasyon analizleri ile ulaşmak mümkündür.

## KAYNAKLAR

Alpkokin P., Ergun M. (2012). *Istanbul metrobus: first intercontinental bus rapid transit*. Journal of Transport Geography. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.05.009>

Aydın, Y., B. (2021). *Toplu taşımada işletme planlaması ve optimizasyonu : Sakarya uygulaması*. <https://hdl.handle.net/20.500.12619/97159>

Cromwick, M. H., Dickens M. (Eds.). (2020). *2020 Public transportation fact book* (71st ed.). American Public Transportation Association. <https://www.apta.com/wp-content/uploads/APTA-2020-Fact-Book.pdf>

Guler H., Arslan O. (2016). *Operational Planning and Optimization Systems In Public Transport Operators*. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences. (7): 67-78

<https://iett.istanbul/icerik/metrobus-hatlari> adresinden 05.10.2022 tarihinde alınmıştır.

<https://tr.wikipedia.org/wiki/Marmaray> adresinden 06.05.2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.durmaray.com/panorama-tramvay/> adresinden 08.10.2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.google.com.tr/maps/@41.0853042,28.94767,437m/data=!3m1!1e3?hl=tr&entry=ttu> adresinden 14.01.2023 tarihinde alınmıştır.

[https://www.metro.istanbul/Content/assets/uploaded/Genel-Tan%C4%B1t%C4%B1m\\_Katalogu-2021.pdf](https://www.metro.istanbul/Content/assets/uploaded/Genel-Tan%C4%B1t%C4%B1m_Katalogu-2021.pdf) adresinden 03.12.2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.metro.istanbul/Hatlarimiz/TumHatlarimiz> adresinden 05.10.2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.metro.istanbul/icerik/hakkimizda> adresinden 10.11.2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.metro.istanbul/YolcuHizmetleri/AgHaritalari> adresinden 03.12.2022 tarihinde alınmıştır.

<https://www.sehirhatlari.istanbul/uploads/dokuman/46-1/tarife.pdf> adresinden 03.01.2022 tarihinde alınmıştır.

International Association of Public Transport. (2017). *Urban public transport in the 21st century*. Statistics Brief. [https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/08/UITP\\_Statistic-Brief\\_national-PT-stats.pdf](https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/08/UITP_Statistic-Brief_national-PT-stats.pdf)

International Union of Railway. (2013). *Uic code 406-r* (2nd ed.).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (2022). *Raylı Sistem Daire Başkanlığı çalışanları ile görüşme*: Görüşme tarihi: 16.02.2022.

IVU. (2020). *IVU.Plan User Guide*, IVU Traffic Technologies AG publications.

Karakaya, H., Güler, H. (2022). *Kentiçi raylı sistemlerde işletme planlaması ve optimizasyonu: Eminönü Alibeyköy tramvay hattı uygulaması*. Anadolu 11 th International Conference on Applied Science.

Neff, J. (Ed.). (2008). *2008 Public transportation fact book* (59th ed.). American Public Transportation Association. [https://www.apta.com/wp-content/uploads/Resources/resources/statistics/Documents/FactBook/APTA\\_2008\\_Fact\\_Book.pdf](https://www.apta.com/wp-content/uploads/Resources/resources/statistics/Documents/FactBook/APTA_2008_Fact_Book.pdf)

Planning and Transport Research and Computation (International) Co. Meeting. (1996). *Pan-European transport issues*.

Wright, L. (2003). *Bus rapid planning guide*. GTZ Transport and Mobility Group.

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Hayri KARAKAYA

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yüksek lisans** : Devam Ediyor, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Ulaştırma Programı

### MESLEKİ DENEYİM:

- 2019-2022 yılları arasında Zet Group Zöllner Eisenmann Technologie Mühendislik San. ve Ltd. Şti.'de inşaat mühendisi olarak çalıştı.
- 2022-Halen İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.

### TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

Karakaya H., Guler H., 2022, Kentiçi Raylı Sistemlerde İşletme Planlaması ve Optimizasyonu: Eminönü Alibeyköy Tramvay Hattı Uygulaması, *Anadolu 11th International Conference on Applied Science*, 251-262.