

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

# METROBÜS HAT OPTİMİZASYONU

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

**Hakan YILDIZ**

İstanbul, 2019

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

## **METROBÜS HAT OPTİMİZASYONU**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

**Hakan YILDIZ**

Öğrenci No:

140792004

Danışman:

Dr. Öğr. Üyesi Ümit TERZİ

İstanbul, 2019

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Metrobüs Hat Optimizasyonu**” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.11.02.2019

Aday: **Hakan YILDIZ**



T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 140792004 no'lu Hakan Yılmaz'ın 11/02/2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavı<sup>1</sup> sonucunda 170 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında<sup>2</sup> oybirliği / oyçokluğu ile, .kabul. kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

---

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Programı : Endüstri Mühendisliği  
Tez Başlığı<sup>3</sup> : Metrobus Hat Optimizasyonu

**Tez Sınav Jürisi**

**Öğretim Üyesi**

**İmza**

Danışman

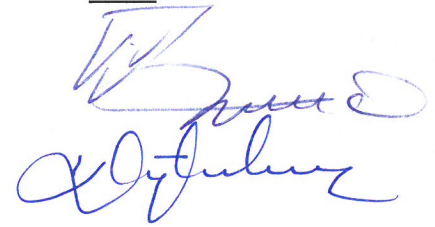
: Dr. Öğr. Üyesi Ümit TERZİ

Üye

: Prof. Dr. Semra BİRGÜN

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Kerem Yılmaz



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

<sup>2</sup> Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında “kabul”, “düzeltme” veya “red” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

<sup>3</sup> İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

Adı ve Soyadı : Hakan YILDIZ  
Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ümit TERZİ  
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans, 2019  
Alanı : Endüstri Mühendisliği  
Anahtar Kelimeler : Metrobüs, Hat Planlama, Frekans Planlama, Matematiksel Model

## ÖZ

### METROBÜS HAT OPTİMİZASYONU

Özel bölünmüş yollarda İstanbul için hız kapasite ve performans bakımından diğer ulaşım modlarına örnek teşkil eden Metrobüs sisteminde, değişen kapasite ihtiyacı çeşitli iyileştirmeler yapılması gerekliliğini doğurmuştur.

İstanbul'da hizmet vermekte olan Metrobüs sistemi ile günde yaklaşık olarak 950 bin yolcu taşınmaktadır. Bu sistemde yapılacak iyileştirmelerin fayda getirisi yapılan iyileştirmelere göre yolcu sayısı ve sistemin işletme maliyeti açısından asimetrik olarak artmaktadır.

Bu çalışmada, Metrobüs işletme planının geliştirilmesi için bir matematiksel model önerilmiştir. Model atıl kapasite, sefer sayısı, kilometre ve maliyet minimizasyonu amaçları için farklı işletme senaryoları üzerinde değerlendirilmiştir. Metrobüs hattının en yüksek fayda ile çalışabilmesi için önerilen senaryo sonuçları karşılaştırılmıştır. Önerilen model yardımıyla işletme maliyetlerinde ciddi iyileştirmeler sağlanabileceği gösterilmiştir.

Name and Surname : Hakan YILDIZ  
Supervisor : Dr. Teaching Assistance Ümit TERZİ  
Degree and Date : Master, 2019  
Major : Endustrial Engineering  
Key Words : BRT System, Line Planning, Frequency Planning,  
Mathematical Model

## **ABSTRACT**

### **METROBUS LINE OPTIMIZATION**

Custom dual carriageway to İstanbul in other transportation modes in terms of capacity and speed performance exemplary Metrobüs system, various improvements need to be made in the changing capacity led to the requirement.

In the city of Istanbul, approximately 950 thousand passengers are transported in BRT system per day. In this system, the return of benefit increases in terms of number of passengers and operating costs asymmetrically as the improvements takes place.

In this study, a mathematical model has been proposed for the development of business plans Metrobüs. The model has been evaluated on different business scenarios for idle capacity, number of voyages, mileage and cost minimization purposes. The results of the scenario compared in order to work with the highest benefit of the Metrobus line. It has been shown that significant improvements can be achieved in operating costs with the help of the proposed model.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

<b>ÖZ</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TABLOLAR LİSTESİ</b> .....	vi
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	xii
<b>KISALTMALAR</b> .....	xvii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. METROBÜS HATTI BİLEŞENLERİ VE İŞLETMESİ</b> .....	4
2.1 Metrobüs Hattı Bileşenleri .....	4
2.1.1 Seyir Yolları.....	4
2.1.2 Garajlar .....	7
2.1.3 Metrobüs Üstgeçitler ve İstasyonları .....	7
2.1.4 Metrobüs Araçları .....	13
2.1.5 Yolcu Bekleme Platform Alanları .....	19
<b>3. İSTANBUL METROBÜS HATTI</b> .....	23
3.1 Metrobüs Tarihçesi.....	23
3.2 Metrobüs İstasyon Yerlerinin Belirlenmesi .....	23
3.3 Ücret Toplama Sistemi.....	26
3.4 Akıllı Kartlar ile Ücret Toplama Sistemleri.....	27
3.5 Akıllı Kart Kullanımının Avantajları .....	28
3.6 Akıllı Kart Sistemi Verileri İle Yolculuk Talebinin belirlenmesi.....	28
3.7 Hat Planlaması .....	30
3.7.1 Güzergâh Planlama .....	31
3.7.2 Zaman Planlaması.....	31
3.7.3 Hat Optimizasyonu .....	32
<b>4. METROBÜS HAT OPTİMİZASYONU</b> .....	33
4.1 Verilerin Hazırlanması .....	33
4.1.1 Metrobüs Araç Kapasitelerinin Belirlenmesi .....	33
4.1.2 Metrobüs Araçlarının Seferlere Göre Dağılımı .....	33
4.1.3 Metrobüs İstasyonları Arası Uzaklık .....	34
4.1.4 Metrobüs Araçlarında Taşınan Atıl Kapasite .....	36

4.1.5	B-S Matrislerinin Hazırlanması .....	36
4.2	Metrobüs Sisteminin Modellenmesi .....	36
4.2.1	Önerilen Matematiksel Model .....	37
4.2.2	Talep Karşılama Kısıtı .....	40
4.2.3	Dönüş Noktalarında Gelen/Giden Araç Sayısı Kısıtı .....	40
4.2.4	Varsayım ve Kabuller .....	40
4.2.5	Verilerin Excel Çalışma Sayfasına Girilmesi .....	41
4.3	07:00-08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Analizi .....	42
4.3.1	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Atıl Kapasite Optimizasyonu.....	44
4.3.2	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Sefer Sayısı Optimizasyonu.....	47
4.3.3	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durumda Kilometre Optimizasyonu.....	50
4.3.4	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Maliyet Minimizasyonu .....	53
4.4	Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Metrobüs Hat Optimizasyonu .....	56
4.4.1	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasite Optimizasyonu .....	56
4.4.2	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısı Optimizasyonu .....	60
4.4.3	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometre Optimizasyonu .....	64
4.4.4	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonu.....	68
4.5	Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Mevkiine İmal Edilecek Dönüş Noktaları Kullanılarak Metrobüs Hat Optimizasyonu .....	72
4.5.1	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Atıl Kapasite Optimizasyonu.....	73
4.5.2	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Sefer Sayısı Optimizasyonu.....	77



4.5.3	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Toplam Kilometre Optimizasyonu .....	81
4.5.4	07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Maliyet Minimizasyonu .....	85
4.6	18:00-19:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Analizi .....	89
4.6.1	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Atıl Kapasite Optimizasyonu.....	91
4.6.2	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Sefer Sayısı Optimizasyonu.....	94
4.6.3	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Kilometre Optimizasyonu.....	97
4.6.4	18:00- 18:00 Saatleri Arasında Maliyet Minimizasyonu.....	100
4.7	Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Metrobüs Hat Optimizasyonu .....	103
4.7.1	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasite Optimizasyonu .....	103
4.7.2	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısı Optimizasyonu .....	107
4.7.3	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometre Optimizasyonu .....	111
4.7.4	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonu.....	115
4.8	Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Mevkiine İmal Edilecek Dönüş Noktaları Kullanılarak Metrobüs Hat Optimizasyonu .....	119
4.8.1	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Atıl Kapasite Optimizasyonu.....	120
4.8.2	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Sefer Sayısı Optimizasyonu.....	124
4.8.3	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Toplam Kilometre Optimizasyonu .....	128
4.8.4	18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Maliyet Minimizasyonu .....	132
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>139</b>
	<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>141</b>
	<b>EKLER .....</b>	<b>143</b>

## TABLULAR LİSTESİ

### Sayfa No

<b>Tablo 1:</b> Seyir yolu bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1].....	6
<b>Tablo 2:</b> Metrobüs istasyon bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1]......	10
<b>Tablo 3:</b> Metrobüs taşıt bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1].....	15
<b>Tablo 4:</b> Hizmet düzeyi hesaplama tablosu [5].....	22
<b>Tablo 5:</b> Metrobüs Güzergahı Hat Bazlı Saatlik Araç Hareket Sayıları.....	34
<b>Tablo 6:</b> İstasyonlar Arası Mesafe.....	34
<b>Tablo 7:</b> 07:00-08:00 Saat Aralığında Mevcut Durumda Hatlara Göre Araç Dağılım Tablosu.....	42
<b>Tablo 8:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	45
<b>Tablo 9:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	45
<b>Tablo 10:</b> Mevcut Durumda Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	47
<b>Tablo 11:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	48
<b>Tablo 12:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	48
<b>Tablo 13:</b> 07:00-08:00 Mevcut Durumda Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	50
<b>Tablo 14:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	51
<b>Tablo 15:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	51
<b>Tablo 16:</b> Mevcut Durumda Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	53

<b>Tablo 17:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu ....	54
<b>Tablo 18:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	54
<b>Tablo 19:</b> 07:00-08:00 Mevcut Durumda Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	56
<b>Tablo 20:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	57
<b>Tablo 21:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	58
<b>Tablo 22:</b> 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	60
<b>Tablo 23:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	61
<b>Tablo 24:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	62
<b>Tablo 25 :</b> 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	64
<b>Tablo 26:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu	65
<b>Tablo 27:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	66
<b>Tablo 28:</b> 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	68
<b>Tablo 29:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	69
<b>Tablo 30:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu ....	70
<b>Tablo 31:</b> 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	72

<b>Tablo 32:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	74
<b>Tablo 33:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	75
<b>Tablo 34:</b> 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	77
<b>Tablo 35:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	78
<b>Tablo 36:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	79
<b>Tablo 37:</b> 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	81
<b>Tablo 38:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	82
<b>Tablo 39:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	83
<b>Tablo 40:</b> 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	85
<b>Tablo 41:</b> 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Maliyete Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	86

<b>Tablo 42:</b> 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Maliyete Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	87
<b>Tablo 43:</b> 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	89
<b>Tablo 44:</b> 18:00-19:00 Saat Aralığında Mevcut Durumda Hatlara Göre Araç Dağılımı Tablosu .....	89
<b>Tablo 45:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	92
<b>Tablo 46:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	92
<b>Tablo 47:</b> 18:00-19:00 Mevcut Durumda Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	94
<b>Tablo 48:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	95
<b>Tablo 49:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	95
<b>Tablo 50:</b> 18:00-19:00 Mevcut Durumda Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	97
<b>Tablo 51:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	98
<b>Tablo 52:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	98
<b>Tablo 53:</b> 18:00-19:00 Mevcut Durumda Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	100
<b>Tablo 54:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu ..	101
<b>Tablo 55:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	101
<b>Tablo 56:</b> 18:00-19:00 Mevcut Durumda Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	103

<b>Tablo 57:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	104
<b>Tablo 58:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	105
<b>Tablo 59:</b> 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	107
<b>Tablo 60:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	108
<b>Tablo 61:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	109
<b>Tablo 62:</b> 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	111
<b>Tablo 63:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	112
<b>Tablo 64:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	113
<b>Tablo 65:</b> 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	115
<b>Tablo 66:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	116
<b>Tablo 67:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu ..	117
<b>Tablo 68:</b> 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu.....	119
<b>Tablo 69:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	121
<b>Tablo 70:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	122

<b>Tablo 71:</b> 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	124
<b>Tablo 72:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	125
<b>Tablo 73:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	126
<b>Tablo 74:</b> 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	128
<b>Tablo 75:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	129
<b>Tablo 76:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	130
<b>Tablo 77:</b> 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	132
<b>Tablo 78:</b> 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Maliyete Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu.....	133
<b>Tablo 79:</b> 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Maliyete Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu .....	134
<b>Tablo 80:</b> 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu .....	136
<b>Tablo 81:</b> Özet Tablo .....	137

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
<b>Şekil 1:</b> Kolombiya Bogotá Transmilenio Metrobüs Hattı [4].....	14
<b>Şekil 2:</b> Hizmet Düzeyi A[5].....	20
<b>Şekil 3:</b> Hizmet Düzeyi B [5].....	20
<b>Şekil 4:</b> Hizmet Düzeyi C [5].....	20
<b>Şekil 5:</b> Hizmet Düzeyi D [5].....	21
<b>Şekil 6:</b> Hizmet Düzeyi E [5].....	21
<b>Şekil 7:</b> Hizmet Düzeyi F [5].....	21
<b>Şekil 8:</b> Ücret Toplama Sistem Tasarımı .....	27
<b>Şekil 9:</b> Mevcut Durumda Tüyaptan Söğütlüleşme Yönüne Yük Kapasite Oranı ...	43
<b>Şekil 10:</b> Mevcut Durumda Söğütlüleşmeden Tüyap Yönüne Yük Kapasite Oranı .	43
<b>Şekil 11:</b> Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	46
<b>Şekil 12:</b> Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	46
<b>Şekil 13:</b> Sefer Sayısı Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	49
<b>Şekil 14:</b> Sefer Sayısına Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	49
<b>Şekil 15:</b> Toplam Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	52
<b>Şekil 16:</b> Toplam Kilometreye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	52
<b>Şekil 17:</b> Maliyet Minimizasyonuna Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	55
<b>Şekil 18:</b> Maliyet Minimizasyonuna Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	55
<b>Şekil 19:</b> Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	59



<b>Şekil 20:</b> Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	59
<b>Şekil 21:</b> Sefer Sayısına Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	63
<b>Şekil 22:</b> Sefer Sayısına Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	63
<b>Şekil 23:</b> Toplam Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	67
<b>Şekil 24:</b> Toplam Kilometreye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	67
<b>Şekil 25:</b> Maliyet Minimizasyonuna Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	71
<b>Şekil 26:</b> Maliyet Minimizasyonuna Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	71
<b>Şekil 27:</b> Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	76
<b>Şekil 28:</b> Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	76
<b>Şekil 29:</b> Sefer Sayısına Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	80
<b>Şekil 30:</b> Sefer Sayısına Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	80
<b>Şekil 31:</b> Minimum Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	84

<b>Şekil 32:</b> Minimum Kilometreye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	84
<b>Şekil 33:</b> Minimum Maliyete Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	88
<b>Şekil 34:</b> Minimum Maliyete Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	88
<b>Şekil 35:</b> Mevcut Durumda Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Yük Kapasite Oranı .....	90
<b>Şekil 36:</b> Mevcut Durumda Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Yük Kapasite Oranı .....	90
<b>Şekil 37:</b> Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	93
<b>Şekil 38:</b> Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	93
<b>Şekil 39:</b> Sefer Sayısı Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	96
<b>Şekil 40:</b> Sefer Sayısına Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	96
<b>Şekil 41:</b> Toplam Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	99
<b>Şekil 42:</b> Toplam Kilometreye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	99
<b>Şekil 43:</b> Maliyet Minimizasyonuna Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	102
<b>Şekil 44:</b> Maliyet Minimizasyonuna Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	102
<b>Şekil 45:</b> Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	106

<b>Şekil 46:</b> Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	106
<b>Şekil 47:</b> Sefer Sayısına Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	110
<b>Şekil 48:</b> Sefer Sayısına Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	110
<b>Şekil 49:</b> Toplam Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı ...	114
<b>Şekil 50:</b> Toplam Kilometreye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı ...	114
<b>Şekil 51:</b> Maliyet Minimizasyonuna Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	118
<b>Şekil 52:</b> Maliyet Minimizasyonuna Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	118
<b>Şekil 53:</b> Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	123
<b>Şekil 54:</b> Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	123
<b>Şekil 55:</b> Sefer Sayısına Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	127
<b>Şekil 56:</b> Sefer Sayısına Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı.....	127
<b>Şekil 57:</b> Minimum Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	131

<b>Şekil 58:</b> Minimum Kilometreye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	131
<b>Şekil 59:</b> Minimum Maliyete Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	135
<b>Şekil 60:</b> Minimum Maliyete Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı .....	135



## KISALTMALAR

<b>BELBİM</b>	: Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.
<b>B-S</b>	: Başlangıç – Sonuç
<b>CCTV</b>	: Close Circuit TeleVision
<b>GPS</b>	: Global Positioning System
<b>ID</b>	: Identification
<b>İETT</b>	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel
<b>İSPARK</b>	: İstanbul Otopark İşletmeleri Tic. A.Ş.
<b>O-D</b>	: Origin – Destination
<b>S-T</b>	: Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Araç Hareketi
<b>T-S</b>	: Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Araç Hareketi
<b>UKOME</b>	: Ulaşım Koordinasyon Merkezi
<b>UPS</b>	: Kesintisiz Güç Kaynağı

## 1. GİRİŞ

Ulaşım, İstanbul gibi metropol şehirlerde hızla artan nüfus ve arazi kullanımına bağlı olarak günlük yaşamı en fazla etkileyen sorunların başında gelmektedir. Her gün oluşan trafik sıkışıklıkları, ulaşım aksları arasındaki düzensiz dağılım ve toplu taşıma sistemlerinin çeşitliliği bakımından yetersiz olması kent sakinleri için maddi ve psikolojik kayıplara neden olmaktadır.

Ülkemizin en kalabalık şehri olan İstanbul'da yaşayanların büyük bir kısmı her gün ulaşım problemleri ile karşı karşıya gelmektedir. İstanbul'daki toplu taşıma problemlerinin azaltılması için ulaşım akslarındaki iyileştirmelerinin yanında, toplu taşımanın insanlar için daha cazip hale getirilmesi için çalışmalar devam etmektedir. Bu kapsamda D100 karayolu üzerindeki metrobüs sistemi hız performans ve kapasite bakımından diğer lastik tekerlekli ulaşım hatlarına ek olarak 2007 yılında işletmeye alınmıştır.

Metrobüs sistem uygulamaları, karmaşık ve düzensiz toplu taşıma sistemlerine son vermek için çözümler sunmaktadır. Kaldırım üzerinde bekleyen yolcuları toplamak için adeta birbiri ile yarış içinde olan minibüsler ile duraklarda bekleyen yolcuları almak için durağa yanaşmaya çalışan otobüsler uzun kuyruklar oluşturmaktadır. İstanbul gibi metropol şehirlerde zaten yoğun olan trafiği daha da karmaşık hale getirmektedir. Metrobüs gibi özel ayrılmış şeritlerde hareket eden, daha az sayıda fakat daha yüksek yolcu kapasiteli körüklü veya çift körüklü araçlarla yolcu taşımak trafiğin düzenlenmesine dolayısıyla da yolculuk sürelerinde genel iyileşmeye neden olacaktır.

İstanbul'un ulaşımında ana omurgasını oluşturan Metrobüs hattında, sabah ve akşam işe gidiş ve işten çıkış saatlerinde istasyonlarda bekleyen yolcular, istasyona gelen Metrobüs araçlarına binmeye çalışmaktadır. Hat genelinde bazı istasyonlara gelen Metrobüs araçlarının dolu olmasından dolayı yolcular istasyonlarda uzun süre beklemek zorunda kalmaktadır. Bazı yolcular asıl gitmesi gereken yönün tersine hareketle Metrobüs araçlarına rahat bir şekilde binebileceği istasyonlara giderek asıl yapması gereken yolculuğun süresini uzatmaktadır. Bu durum diğer istasyonlardaki yolcu yoğunluğunu arttırmaktadır. Bu senaryoya engelli

yolcularında eklenmesi ile metrobüs kullanımına bağlı memnuniyet azalmakta, şikâyetler artmaktadır. İETT'nin İstanbul'un ana arterlerindeki trafik yoğunluğunu ve karbon salınımını azaltmak, konforlu ve hızlı ulaşımı sağlamak amacıyla hayata geçirdiği Metrobüs hattını, hız ve konfor bileşenlerinden uzaklaşmaktadır. Bu husus Metrobüs Hat Optimizasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde Metrobüs hatları ile ilgili genel bilgilendirme yapılmıştır. Garajlar, Metrobüs seyir yolları, üst geçitler ve istasyonlar, metrobüs araçları gibi sistem bileşenlerinin özellikleri, performansı ve faydaları değerlendirilmiştir. Metrobüsü oluşturan her bir alt bileşenin taşıması gereken minimum özelliklerden bahsedilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde İETT metrobüs hattının kuruluşundan itibaren günümüze kadar olan gelişmeler ele alınmıştır. Yolcu bekleme platformları, ücret toplama ekipmanları ile metrobüs sınırları içinde İstanbulkart sisteminin altyapısı kullanılarak yolculuk talebinin belirlenmesinde kullanılacak temel veriyi oluşturan (başlangıç – bitiş matrisleri) kullanım verilerinin elde edilmesi anlatılmıştır.

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde İETT merobüs hattı üzerinde yaşanan aynı zamanda tez çalışmasının konusu olan istasyon yolcu yoğunluklarından bahsedilmiştir. Sabah ve akşam pik saatlerde işe gidiş ve işten dönüş zaman aralığında yaşanan yoğunluğun sunulan araç kapasitesi ile yolcu taleplerini karşılanamaması, atıl kapasite, kilometre, sefer sayısı ve maliyet minimizasyonuna bağlı olarak metrobüs hattının optimize edilmesi üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın temel amacı olan metrobüs hat optimizasyonu ile ilgili üç farklı işletme senaryosu belirlenmiştir ve her bir senaryo için dört farklı amaç fonksiyonu optimize edilmiştir. İlk olarak mevcut çalışma durumunda istasyon bazlı yolculuk talebi ile metrobüs işletmesi tarafından sunulan araç kapasitesi karşılaştırılarak metrobüs hattı üzerinde tıkanıklık oluşan istasyonlar belirlenmiştir.

Birinci işletme senaryosu olarak, mevcut işletme şartları altında metrobüs hattı için atıl kapasitenin minimum olması, sefer sayısının minimum olması, gidilen kilometrenin minimum olması ve işletme giderlerinin minimum olması olarak dört farklı amaç fonksiyonu optimize edilmiştir.

İkinci metrobüs işletme senaryosunda, metrobüs hattı üzerinde bulunan dönüş noktaları (tüyap sondurak, avcılar, cevizlibağ, zincirlikuyu, söğütlüçeşme) dahil edilerek mevcut işletme hatlarına ek olarak belirlenen; Tüyap- Avcılar, Tüyap-Söğütlüçeşme, Avcılar- Cevizlibağ, Cevizlibağ- Zincirlikuyu, Cevizlibağ-Söğütlüçeşme hatları ile dört farklı amaç için optimizasyon çalışması yapılmıştır.

Üçüncü metrobüs işletme senaryosunda, mevcut dönüş noktalarına ek olarak metrobüs hattına şirinevler mevkiinde yapılacak olan dönüş noktası sisteme dahil edilerek yeni hatlar planlanmıştır. Tüyap-Avcılar, Tüyap-Şirinevler, Tüyap-Söğütlüçeşme, Avcılar-Şirinevler, Avcılar-Cevizlibağ, Şirinevler-Cevizlibağ, Şirinevler-Zincirlikuyu, Şirinevler-Söğütlüçeşme, Cevizlibağ-Zincirlikuyu, Cevizlibağ-Söğütlüçeşme metrobüs hatları da dört farklı amaç için optimizasyon çalışması yapılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde, planlanan yeni hatlar ile metrobüs hattının en az maliyet ve optimum yolcu konforu olacak şekilde işletilmesi için elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, bu çalışma ileride kurulacak metrobüs sistemleri ve dış hat yolcu taşıma modları için işletme ve planlama modellerine yardımcı nitelikte olması amacıyla hazırlanmıştır.



## **2. METROBÜS HATTI BİLEŞENLERİ VE İŞLETMESİ**

### **2.1 Metrobüs Hattı Bileşenleri**

Dünyanın birçok şehrinde yaygın olarak kullanılan metrobüs sistemleri ülkemizde sadece İstanbul'da kullanılmaktadır. Metrobüs, İstanbul'un ana arterlerindeki trafik yoğunluğunu ve karbon salınımını azaltmak, ayrılmış şeritlerde kesintisiz, yüksek taşıma kapasiteli, konforlu ve hızlı ulaşım sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Uygun ve maksimum yolcu kapasiteli duraklar, alçak tabanlı araçlarla ulaşım, araçlara iniş biniş kolaylığı, uygun seyahat maliyeti ve zaman ekonomisi ile kullanıcılarına 52km'lik yolu 83 dakikada gitme kolaylığı sağlamaktadır. Metrobüs sistemi içinde birbiri ile uyumlu çalışan seyir yolları, istasyonlar, taşıtlar, ücret toplama, hizmet ve işletim planları ve akıllı ulaştırma sistemleri ile ilişkiler olarak sıralayabiliriz [1] Bunun haricinde sisteme entegre garajlar, özel tasarlanmış tüneller, çeşitli hatlar, kontrol binası, denetim noktaları, destek hizmet birimi ve idari personelden oluşmaktadır.

#### **2.1.1 Seyir Yolları**

Seyir yolları, metrobüs sistemi genel performansına doğrudan etkisi bulunmaktadır. Araç yolları metrobüs hatlarının tasarım özellikleri ve diğer ulaşım sistemlerine entegre olmasına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Mesela sadece metrobüse ayrılmış özel tercihli yolların kullanıldığı sistemlerde, diğer araçların erişimine açık, öncelikli otobüs şeritlerinin kullanıldığı hatlara kıyasla gün içerisinde daha fazla yolcu taşınabilmektedir. Duraklarda ve duraklar arası yollarda sollama şeritleri bulunması sayesinde ekspres otobüsler bazı durakları pas geçerek yolculuk sürelerinin kısalmasına yardımcı olabilirler. Ayrıca kavşak sayısının az olduğu özel tercihli yollarda araçlar maksimum hıza ulaşması sistemin yolcular tarafından tercih edilmesini sağlar.

Seyir yolları sistemin işletme hızını ve maliyetleri belirleyen en önemli bileşenidir. Doğrudan yolcu ile temas etmesinden dolayı memnuniyeti ve imajı belirler. Kullanıcıları tarafından cazip bulunan seyir yolları mevcut ve potansiyel yolcuları çekmesi bakımından önemlidir. Çoğunlukla seyir yolları ana arterlere, terk edilmiş demir yolu koridorlarına, tünellere ve otoyolların yanına inşa edilir [2].

Seyir yollarının ayırım derecesi, seyir yolu işaretlemesi ve yanal kılavuzlama gibi özelliklere sahiptir [1].

Yolculuk süresinin azalması için metrobüs yollarının şehir trafiğinden ayrılmış özel şeritleri barındırması, metrobüs sistemini olası sivil araç trafik kazalarına karşı koruyacak ağır hizmet bariyer sistemine veya beton bariyer sistemine sahip olması sistem performansını etkileyen bir diğer etmendir. Ayrıca sistem içerisinde kör nokta olarak adlandırılan araçların şerit değiştirdiği yerlere metrobüs araçlarının gelişine ve gün içinde taşınan yolcu yoğunluğuna bağlı olarak sürekli yeşil yanan sinyalizasyon sistemlerinin bulunması sistemde hızlı ve güvenli seyahat etmeyi sağlar.

Ayrıca konforlu seyahat için yol kaplama malzemesi asfalt veya özel alaşımlı beton tercih edilmededir. Asfalt ve beton yollar metrobüs araçlarının yol tutuşunun ve güvenli sürüşün temelini oluşturmaktadır. Metrobüs hattı genelinde yeterli aydınlatma sisteminin bulunması, metrobüs gidiş dönüş şeritleri arasında araçların şerit dışına çıkması durumunda şoför personeli uyaracak hissedilir yükseklikte çift kompenantlı boya ile metrobüs şeritlerini tamamı birbirinden ayrılmış olması sistem işletmecileri ve yolcular için bir diğer güvenlik fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Metrobüs sistemlerinden üstün performans alınabilmesi için, araçların sistem işletmecilerinin inisiyatifinden alınması kendi içinde kişiden bağımsız özel alt sistemlerin kurulması da önemlidir. Örneğin araçların seyir esnasında kılavuz yollarda hareket etmesi, durak yaklaşımlarında hızını kademeli olarak düşürmesi, ani frenleme ve hızlanmadan kaçınması ve duraklara nizami yanaşması kurulacak olan alt sistemlere örnek gösterilebilir. Bu durum sistem konforu ve güvenliği için önemli bileşendir.

Sürüş emniyeti açısından, sollama şeritleri bulunmayan metrobüs sistemlerinde seyir esnasında arızalanan metrobüs araçlarına müdahale edilirken araç katarlanmalarının ve sistem tıkanıklığını önlemek için kontrollü geçişlerin sağlanması veya işletmeyi olumsuz etkilemeyecek şekilde uygun araç müdahale park alanlarına araçların çekilmesi işletme hızının düşmemesi için önemlidir. Ayrıca yol şerit çizgileri zemin ile zıt renkli ve görünür olacak şekilde yapılması sistem emniyetini arttırır.

**Tablo 1:** Seyir yolu bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1]

SİSTEM PERFORMANSI						
	Yolculuk Süresi	Güvenilirlik	Kimlik İmaj	Güvenlik	Kapasite	Sistem Faydaları
<u>Ayırım derecesi</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kuyruk atlamalı Karma Akım Şeritleri</li><li>• Tercihli Arter Şeritleri</li><li>• Hem Zemin Özel Şeritler (Toplu Taşıma yolu)</li><li>• Kathı Özel şeritler (Toplu Taşıma Yolu)</li></ul>	Ayırım derecesi arttıkça tıkanıklık gecikmesi azalır.	Kazalar ve tekrarlanan tıkanıklıktan kaynaklanan bekleme riskini ortadan kaldırır.	Kalıcı bir gelişmeyi gösterir, çünkü metrobüs için ayrı bir alan vardır.	Diğer taşıtlardan ayrılması, trafik akımındaki tehlikelerden metrobüsün ayrı tutulmasını sağlar	Çoklu şerit kapasiteyi artırır. Yolu ayırmak tıkanıklığı azaltır. Kapasite kullanımını artırır.	Kalıcı gelişmeyi gösterir. İlerlemeyi çekici hale getirir. Seyir yolu ile ilgili hız kazanımları ; yolcu sayısını artırır, çevre için faydalıdır.
<u>Seyir Yolu İşaretleme</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tabela ve Şerit Ayırım Çizgisi</li><li>• Şerit Ayracı</li><li>• Değişik Kaldırım rengi/Dokusu</li></ul>			Özel bir iyileştirmedir.			
<u>Yanal Kılavuzlama</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Optik kılavuzlama</li><li>• Elektromanyetik Kılavuzlama</li><li>• Mekanik Kılavuzlama</li></ul>	Maks. Hızda güvenliği sağlama konusunda sürücüye yardımcı olur.		İmajı geliştirir, daha düzgün sürüş sağlar	Yüksek hızda güvenli Sürüş Sağlar.		

### 2.1.2 Garajlar

Metrobüs garajları, hizmetin aksamadan yürütülmesi için sistem performansı açısından en önemli bileşenlerden biridir. Metrobüs sisteminde kullanılan araçlar özel iç tasarım ve ölçülere sahip olduğundan şehir trafiğinde olabildiğince az kullanılması gereksiz zaman kayıplarını yakıt tüketimini ve personel giderlerini minimum seviyede tutmak için önemlidir. Bundan dolayıdır ki metrobüs garajlarının sisteme entegre olması önemlidir.

Garajların kaliteli hizmet verebilmesi için sahip olması gereken özellikler. Araçların metrobüs sistemi içerisinde kalması için; uygun park alanı, metrobüs hattına çıkacak araçlara son kontrollerin yapıldığı araç kontrol noktaları, akaryakıt istasyonu, ayrılmış atık toplama alanı, bakım onarım hangarları, araç manevra sahası, araç içi ve dış temizliklerin yapılacağı yıkama alanlarını içinde barındırmalıdır.

Güvenlik önlemleri için gerçek zamanlı CCTV hareketli kameralar ile araç park alanı dâhil tüm noktalar gözlemlenmeli, Uygun aydınlatma imkânı sağlanmalı, garaj giriş çıkış yerlerinde güvenlik noktaları oluşturulmalı, acil toplanma alanı belirlenmelidir.

Acil müdahale için kimyasal sızıntılara karşı arıtma tesisi kurulmalı, acil müdahale araçları bulunmalı, destek birimler 7/24 oluşabilecek kazalara ve olası aksaklıklara müdahale için hazır bekletilmelidir. Çalışan personel için sosyal alanlar oluşturulmalı, gelen ziyaretçiler için özel araç park alanları ve bekleme salonlarına sahip olması gerekmektedir.

### 2.1.3 Metrobüs Üstgeçitler ve İstasyonları

Metrobüs sistemini ve metrobüs kimliğini oluşturan en önemli bileşenlerdendir. Metrobüs kullanıcıları ile diğer toplu taşıma sistemleri arasındaki bağlantıyı oluşturur. Metrobüs sistemi yüksek taşıma kapasitesine sahip olmasından dolayı açılan istasyonlara yakın yerlerde imar tipinin işyeri, konut, sanayi veya dükkân olarak değişmesine öncülük eder. Durak çevresinde yaya sayısındaki artışa bağlı olarak yoğun kentsel gelişim gözlenebilir. Pekin ve Bogota'da yürütülen ve metrobüsün zaman içinde emlak bedelleri üzerindeki etkisini inceleyen çeşitli çalışmalara göre,

toplu taşıma duraklarına yakın konumdaki emlak bedelleri %1,8 ile %2,3 aralığında yükselmiştir[16].

Tasarlanacak yeni üst geçitler sadece istasyonlara erişim için değil, D100 karayolunu karşıdan karşıya geçmek isteyen yaşlı, engelli, çocuk arabalı ve ağır yük taşıyan kişilerde göz önünde bulundurularak tasarlanması kullanıcılar için daha erişilebilir fayda sağlayacaktır.

İstasyon ve üst geçitler tasarlanırken konfor için; asansör veya yaya rampası ile beraber tasarlanmalıdır. İstasyon ve üst geçitlerin yolcu sirkülasyonun rahatlatmak için üst geçit erişim yollarının yeterli genişliği sahip olması ve yürüyen merdivenler ile beraber düşünülmesi herkes tarafından erişilebilir olmasını sağlayacaktır. İstasyonlar aynı zamanda yolcu ile sistemin ilk birbiri ile temas ettiği nokta olmasından dolayı itibar ve markalaşma yolunda önemli rol oynamaktadır.

İstasyonda bekleme alanları yolcuları her türlü iklim şartlarından koruması gerekir. Yolcu yönlendirme ve bilgilendirme levhalarının güncel ve okunabilir olması, yürüme yolları ve istasyon zeminlerinin kaydırmaz malzemedan yapılmış olması, istasyon içi ve yaya geçitlerinde belirlenen standartlarda anons sistemi kurulması, istasyon yüksekliklerinin tekerlekli sandalyeli kullanıcılar için araç tabanı ile eşit yükseklikte olması erişilebilirlik ve bilgilendirmeyi aynı anda sunmaktadır.

İstasyon ve üst geçitler tasarlanırken güvenlik için; Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığının yayınladığı engelli erişim form, talimat ve mevzuatlarına uygun şekilde projelendirilmesi gerekmektedir. Kesintisiz erişimin ve biletlemenin yapılabilmesi için istasyonlarda kurulu güç kapasitelerine bağlı jeneratörlerin bulunması, istasyon ve üstgeçitler gerçek zamanlı CCTV kameraları ile 24 saat izlenmesi ve yolcuların acil durumda iletişime geçebileceği iletişim noktalarının bulunması gerekmektedir.

Metrobüs sistemini kullanan yolcuların sayısı, sıradan otobüs kullanan yolcuların sayısından fazla olacağı için bilgilendirme ve yönlendirmelerin eksiksiz olması gerekmektedir. İstasyonlarda yolcu bekleme platformları üzerinde metrobüs yoluna inmemeleri için gerekli işaret ve levhaların bulunması, yolcuların gideceği yönü görmeleri açısından metrobüs hattına ait güzergâh haritalarının bulunması, istasyon isimliklerinin görünür olması bilgilendirme ve yönlendirme açısından önemlidir.

Ayrıca metrobüs sisteminin kullanımını daha cazip hale getirmek için; bisiklet kullanıcıları için istasyonlarda bisiklet park alanlarının bulunması, yolcuların binış öncesinde harici ücret ödeme ekipmanı kullanarak ücretlerini ödemeleri sağlanması.[2] ile park et devam et gibi otoparkların istasyon yakınında bulunması metrobüs sistemi için tercih sebebi olabilmektedir.

Metrobüs araçlarının istasyonlara nizami yanaşması ve istasyonların eşit uzunlukta olmaları aynı anda üç veya daha fazla araca hizmet vermeleri, yolcuların araçlara bineceği noktaların belirlenmesi sistemin işletme hızını doğrudan etkilemektedir.



**Tablo 2:** Metrobüs istasyon bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1].

	SİSTEM PERFORMANSI					SİSTEM FAYDALARI
	Yolculuk Süresi	Güvenilirlik	Kimlik-İmaj	Güvenlik	Kapasite	
<p><u>İstasyon Tipleri</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basit istasyon</li> <li>• İyileştirilmiş İstasyon</li> <li>• Özel İstasyon</li> <li>• Karma Toplu Taşıma Merkezi</li> </ul>	<p>Çeşitli hatlara hizmet eden entegre edilmiş istasyonlar; aktarma zamanı kayıplarını minimize eder.</p>		<p>Metrobüs için ayrı istasyon tipleri imaj için kimliğin markanın gelişmesini sağlar. Kullanıcılar için en konforlu imajı arttıracaktır.</p>	<p>Daha kapsamlı istasyonlar güvenliği arttırıcı önlemlerin alındığı tasarımlara sahiptir.</p>	<p>Büyük istasyonlar, istasyondaki yüklemeye kapasitesini arttırır.</p>	<p>Tanımlı İstasyonlar potansiyel gelişmeye açıktır.</p>
<p><u>Platform Yüksekliği</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standart Kaldırım</li> <li>• Yükseltilmiş Kaldırım</li> <li>• Hemzemin Platform</li> </ul>	<p>Platform yüksekliğini düşük tutmak duruş süresini azaltır.</p>	<p>Düşük platform yüksekliği, duruş süresi değişkenliğini azaltır.</p>	<p>Bazı raylı sistemlere benzer şekilde, hemzemin platformlar, gelişmiş teknolojinin imajını yansıtır.</p>	<p>Düşük Platform yüksekliği biniş ve iniş sırasındaki muhtemel kazaları azaltabilir</p>	<p>Düşük Platform yüksekliği duruş süresini azalttığı için istasyondaki kapasite artar.</p>	

**Tablo 2 (devam):** Metrobüs istasyon bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1].

	SİSTEM PERFORMANSI					SİSTEM FAYDALARI
	Yolculuk Süresi	Güvenilirlik	Kimlik-İmaj	Güvenlik	Kapasite	
<u>Platform Planı</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tek taşıtlık platform uzunluğu</li><li>• Yanaşma Yeri Sayısı Belirlenmemiş Uzatılmış Platform</li><li>• Ayrılmış Yanaşma Yerleri Bulunan Uzatılmış Platform</li></ul>	Yükleme-boşaltma işlemleri için çoklu taşıt yanaşmalarına izin vermek, istasyon geçiş zamanını düşürür.	Yükleme boşaltma işlemleri için çoklu taşıtlara izin vermek gecikmeleri azaltır.			Daha uzun platformlar, yükleme için bekleyen taşıtların kuyruk oluşturmasını engeller.	
<u>Sollama Kabiliyeti</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Otobüs cepleri</li><li>• İstasyonlardaki sollama Şeritleri</li></ul>	İstasyonda sollama imkânı, ekspres güzergahlar için istasyondaki gecikmeyi minimize eder.	İstasyonda sollama imkânı, tarifelerin iyileşmesini sağlar.			İstasyonda sollama imkânı, istasyondaki kuyruk gecikmelerini önler	



**Tablo 2 (devam):** Metrobüs istasyon bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1].

	SİSTEM PERFORMANSI					SİSTEM FAYDALARI
	Yolculuk Süresi	Güvenilirlik	Kimlik-İmaj	Güvenlik	Kapasite	
<u>İstasyon Girişi (Erişimi)</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Yaya Bağlantıları</li><li>• Park Et ve Bin Tesisleri</li></ul>	Yolculuk Süresi Güvenilirlik Kimlik-İmaj Güvenlik Kapasite		İstasyon girişinin vurgulanması yolcuları çeker	Çevre yerleşimlere daha iyi yaya bağlantıları, toplum ile bütünleşmeyi kolaylaştırır.		Daha iyi erişim, yolcuları kendine çeker.

#### 2.1.4 Metrobüs Araçları

Metrobüs kullanıcılarının sistem içinde en fazla zaman geçirdikleri yer araçlardır. Metrobüs araçları hız, kapasite, güvenlik, emisyon salınımı ve konfor bileşenlerinin bir arada olduğu kullanıcıların sistem hakkında izlemim ve görüşlerinin olduğu yerdir. Şehir trafiğinden ayrılmış özelleştirilmiş yollarda hareket eden araçların kullanıcılarına kazandırdığı zamandan dolayı metrobüs kullanıcısı olmayan yolcuları da sisteme çekmektedir.

Taşıtlara biniş ve inişlerin hızlı olabilmesi için, taşıt uzunluğuna bağlı olarak daha az oturacak yer ve daha fazla kapı olan, kapı genişliklerinin de araç uzunluğuna bağlı olarak geniş olan araçlar tercih edilmelidir. Metrobüs araçları alçak tabanlı olarak seçilmeli ve engelli erişimine uygun olması, yolcuların iniş ve binişte basamak tırmanmak ve inmek zorunda olmaması bir diğer tercih sebebi olmaktadır. Metrobüs sistemleri, sera gazı emisyonlarını ve kentlerin genelinde hava kirliliğine sebep olan kirletici gazları azalttığından çevre için olumlu etkiye sahiptir. Toplam seyahat mesafesi ile süresinin kısalması ve temiz araç teknolojilerinin kullanılması trafikten kaynaklanan kirletici gazları azaltır. Bireysel araç kullanımından metrobüs kullanımına geçen yolcular toplam seyahat mesafesinin azalmasını sağlar. Metrobüs sisteminde de küçük, eski, çevreye zararlı araçlar devre dışı kalır. Yeni, körüklü ve çift körüklü araçlar ise sundukları kapasiteye bağlı olarak kilometre başına daha fazla yolcu taşınmasını sağlar karbon emisyonu azalacağından çevresel olumlu etki oluşturur.

Ücretlerin araca binmeden ve genellikle durak girişlerindeki turnikelerden toplanması araçların duraklarda bekleme süresini azaltmakta ve işletme hızını arttırmaktadır. İşletme hızının artması zaman tasarrufu anlamına geldiğinden kullanıcıların yaşam kalitesi, üretkenliği, sağlığı ve güvenliğini artırır.

Metrobüs araçlarında yeterli aydınlatmanın olması, ergonomik koltukların olması, araç içi iklimlendirme olanağının bulunması, sisteme ait bilgilendirme haritalarının olması, sesli anons ve kamera sisteminin bulunması, tekerlekli sandalye kullanan yolcular için güvenli yerlerin bulunması, araçların temiz olması yolcuların konforlu ve güvenli ortamda seyahat etmelerini sağlayacaktır.

Günümüzde otobüs üreten firmaların elinde, otobüs ücret toplama seçenekleri motor ve şanzıman seçenekleri, radyo sistemleri, otomatik araç kılavuzlama sistemleri, özel koltuklar, özel boyalar vb gibi bazı seçeneklere karşılık gelen birçok otobüs çeşidi bulunmaktadır.

Üreticilerin üretimde bulunduğu otobüsler arasından seçim yapıldığında üreticiler buna hızlı cevap verebilirler. Bazen Cleveland- Euclid vaddesi metrobüs hattında olduğu gibi (Şekil 1), farklı bir elektronik bileşenin araçlara eklenmesi, araç araç tasarımını etkileyen uzunluk vb. gibi ek mühendislik tasarımlarına ihtiyaç olduğunda üreticilerin bu duruma cevap vermesi zaman alabilir ve ek maliyetlere neden olur [3]



**Şekil 1:** Kolombiya Bogotá Transmilenio Metrobüs Hattı [4].

Metrobüs sistemlerinde taşıtların, taşıt konfigürasyonu, estetik görünümün sağlanması, yolcu sirkülasyonunun iyileştirilmesi ve çekim gücü gibi bileşenleri vardır [1].

**Tablo 3:** Metrobüs taşıt bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1]

	SİSTEM PERFORMANSI					SİSTEM FAYDALARI
	Yolculuk Süresi	Güvenilirlik	Kimlik-İmaj	Güvenlik	Kapasite	
<i>Taşıt Konfirügasyonu</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• Geleneksel Stand. Taşıtlar</li><li>• Özel Görünümlü Stand. Taşıtlar</li><li>• Geleneksel Körüklü Taşıtlar</li><li>• Özel Görünümlü Körüklü Taşıtlar</li><li>• Özel Donanımlı Metrobüs Taşıtları</li></ul>	Düşük döşeme taşıtlar, duruş süresi gecikmelerini azaltır.	Düşük döşeme taşıtlar, duruş süresindeki değişkenliği azaltır.	Gelişmiş taşıtlar, Metrobüs'ün farklılığını vurgular ve şehir dışındaki bölgeler ile bağlantıyı arttırır.	Düşük döşeme taşıtlar, takılıp düşme tehlikelerini azaltır.	Taşıt büyüklüğü arttıkça, kapasite de artar.	Gelişmiş taşıtlar, yolcular üzerinde iyi etki bırakır.

**Tablo 3(devam):** Metrobüs taşıt bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1]

	SİSTEM PERFORMANSI					SİSTEM FAYDALARI
	Yolculuk Süresi	Güvenilirlik	Kimlik-İmaj	Güvenlik	Kapasite	
<i>Estetik Görünümün arttırılması</i> <ul style="list-style-type: none"><li>Uzmanlaşmış Logo ve Cephe Giydirmesi</li><li>Daha Büyük Pencereler ve Işıklandırmanın Arttırılması</li><li>İç konforun arttırılması</li></ul>			Görünüşü geliştirici iyileştirmeler ve taşıt gövde biçimi, marka kimliğinin oluşmasına fayda sağlar.	Diğer iyileştirmeler ile birlikte daha geniş pencerelerin kullanılması (geniş görüş) güvenliği arttırır.		Çekici taşıtlar, yolcular üzerinde iyi etki bırakır.

**Tablo 3(devam):** Metrobüs taşıt bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1]

	SİSTEM PERFORMANSI					SİSTEM FAYDALARI
	Yolculuk Süresi	Güvenilirlik	Kimlik-İmaj	Güvenlik	Kapasite	
<u>Yolcu Sirkülasyonunun İyileştirilmesi</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Alternatif Oturma Planları</li><li>• Ek Kapı Kanalları</li><li>• Tek. Sand. Güvenliğin Sağlanması</li><li>• Dahili Bisiklet Güvenliğinin Sağlanması</li></ul>	Geliştirilmiş yolcu sirkülasyonu ve engelli erişimi, duruş süresindeki gecikmeleri azaltır.	Geliştirilmiş yolcu sirkülasyonu ve engelli erişimi, duruş süresindeki değişimi azaltır.	Hareket engelliler için geliştirilmiş erişim, hizmetin imajını artırır. Kapıların sol tarafta da kullanılması, sistemin raylı sisteme benzetilmesini sağlar.	Daha kolay bir engelli güvenlik sisteminin kullanılması, güvenliğe yardımcı olur.	Geliştirilmiş yolcu sirkülasyonu ile Metrobüs tesislerinin taşıt kapasitesi (istasyondan geçen taşıt miktarı)artar.	

**Tablo 3(devam):** Metrobüs taşıt bileşenlerinin sistem performansı ve sistem faydaları üzerindeki etkileri [1]

	SİSTEM PERFORMANSI					SİSTEM FAYDALARI
	Yolculuk Süresi	Güvenilirlik	Kimlik-İmaj	Güvenlik	Kapasite	
<u>Çekim Sistemi</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• İçten Yanmalı Motorlar</li><li>• Trolleybüs, Çift Enerjili Tür ve Dizel-Elektrikli Çekim</li><li>• Hibrid-Elektrikli Çekim</li><li>• Yakıt Hücreleri</li></ul>	Elektrik ile çalışan taşıtlar (trolleybüs,çift enerjili ve hibrid elektrikli çekim), kalkışlarda daha hızlı ivmelenmeye sahiptir.		Düşük emisyonlu sistemler, Metrobüs'ün çevresel imajını artırır.			Düşük emisyonlu sistem. Çevresel kaliteyi maksimize eder.

### 2.1.5 Yolcu Bekleme Platform Alanları

Metrobüs yolcu bekleme alanlarına erişim konusunda, metrobüs kullanıcılarının büyük bir kısmı metrobüs kurulmadan önce şehir içi minibüsler veya otobüsler ile seyahat ettikleri bilinmektedir. Geriye kalan küçük bir yolcu kitlesinin ise metrobüs sistemi kurulmadan önce özel araçlarını veya taksileri ve hatta yaya, bisiklet ve metro hatlarını kullandıkları görülmüştür. Metrobüs yolcu bekleme alanlarına erişme konusunda metro hariç diğer tüm motorlu ulaşım sistemleri arasında metrobüs fiziksel aktivitenin en yoğun olduğu taşımacılık sistemidir.

Yolcu bekleme alanlarının platform yüksekliği araç taban yüksekliği ile aynı olması kullanıcıların araçlara engelsiz şekilde erişimini sağlar yolcu sirkülasyonunun kolay şekilde yapılmasına olanak sağlar. Yolcu bekleme platformlarında araç kapılarının geleceği noktanın belli olması inen ve binmek için bekleyen yolcuların karşı karşıya gelmesini engeller ve işletme hızına olumlu etkisi vardır.

Yolcu bekleme alanlarının kullanıcıların taleplerine göre yeterli uzunluk ve genişlikte olması istasyon yoğunluğuna, çevrede bulunan yapıların (konut, iş merkezi, alışveriş merkezi) türüne göre belirlenmesi kullanıcılar için daha cazip olacaktır.[6]

Metrobüs yolcu bekleme alanları aynı zamanda İETT'nin yolcu ile ilk iletişim kurduğu yerdir. İstasyonlar Metrobüs Sistemi kullanıcıları ve bölgedeki diğer toplu ulaşım sistemleri arasındaki önemli bir bağıdır.

Yolcu bekleme platform alanlarının büyüklüğü o istasyonun ne kadar yolcu barındırabileceğini gösterir. İstasyonun yolcu barındırma kapasitesi de istasyonların hizmet düzeyini belirler.

Yolcu sirkülasyonu ve yolcu beklemeleri için gerekli olan alan da önem taşımaktadır. Yolcu bekleme alanı, herhangi bir araç için beklenmesi öngörülen maksimum yolcu sayısının yanında ayrıca inen yolcuların sirkülasyonu için yeterli bir alanı barındıracak büyüklükte olmalıdır. Transit Hizmet Kapasitesi ve Kalite El Kitabı aşağıdaki çizelgeyi geliştirmiştir. Bu çizelge, yolcu sirkülasyonuna ilişkin hizmet düzeylerini



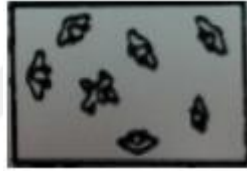
grafiksel olarak gösterir ve her bir hizmet düzeyi için gerekli olan alanı tahmin eder.  
[5]

Hizmet Düzeyi A: kuyruktaki diğerlerini rahatsız etmeden, kuyruğa girme alanı yoluyla mümkün olan, durmak ve serbest dolaşım.



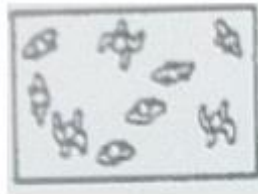
**Şekil 2:** Hizmet Düzeyi A [5]

Hizmet Düzeyi B: kuyruktaki diğerlerini rahatsız etmeyi önlemek için durmak ve kısmen kısıtlanmış dolaşım mümkündür.



**Şekil 3:** Hizmet Düzeyi B [5]

Hizmet Düzeyi C: Diğerlerini rahatsız ederek kuyruğa girme ayakta durmak ve kısıtlı dolaşım mümkündür. Bu yoğunluk kişisel konfor aralığı içerisindedir.



**Şekil 4:** Hizmet Düzeyi C [5]

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



**Şekil 5:**Hizmet Düzeyi D [5]

Hizmet Düzeyi E: Diğerleri ile fiziksel temas etmeden durmak kaçınılmazdır. Kuyruk içerisinde dolaşım mümkün değildir.



**Şekil 6:**Hizmet Düzeyi E [5]

Hizmet Düzeyi F: kuyruktaki herkes birbiri ile adeta doğrudan fiziksel temas içerisinde bulunmaktadır. Bu yoğunluk çok rahatsız edicidir. Kuyrukta hareket etmek çok rahatsız edicidir. İtme ve panik olasılığı mevcuttur.



**Şekil 7:**Hizmet Düzeyi F [5]

Hizmet düzeyinin hesaplanması için ortalama yaya alanı ile kişiler arasındaki aralığın bağlantısı Tablo 4 gösterilmiştir.

**Tablo 4:** Hizmet düzeyi hesaplama tablosu [5]

LOS	Ortalama Yaya alanı		Ortalama Kişiler Arası Aralık	
	(ft <sup>2</sup> /p)	M <sup>2</sup> /p	(ft)	(m)
A	≥13	≥1.2	≥4.0	≥1.2
B	10-13	0.9-1.2	3.5-4.0	1.1-1.2
C	7-10	0.7-0.9	3.0-3.5	0.9-1.1
D	3-7	0.3-0.7	2.0-3.0	0.6-0.9
E	2-3	0.2-0.3	<2.0	<0.6
F	<2	<2	Variable	Variable
Genelde, aşağıdaki formül terminal veya durak içerisindeki gerekli alanı belirlemeye yardımcı olur.				
$\text{Alan} = P_{\max} (\text{yolcu başına istenilen ayak kare}) + A_{\text{inf}}$				
Burada $P_{\max}$ terminal/durağa belirli bir zamanda beklenen yolcuların maksimum sayısını ifade eder				
$A_{\text{inf}}$ terminal/durak altyapısı için gerekli alandır.				

### **3. İSTANBUL METROBÜS HATTI**

#### **3.1 Metrobüs Tarihçesi**

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

Metrobüs hattının üçüncü etabı olan Söğütlüçeşme, 3 Mart 2009 tarihinde hizmete alınarak İstanbul'un iki yakası en kısa yoldan birbirine bağlandı. Hattın Avcılar Tüyap güzergâhının temeli 15 Mart 2011 günü törenle atıldı. Hattın resmi açılışı 19 Temmuz 2012 tarihinde gerçekleşti. Toplam uzunluğu 52 kilometreyi bulan 44 istasyonlu Tüyap - Söğütlüçeşme metrobüs hattında yolculuk süresi 83 dakika ve günlük ortalama 950 bin yolcu taşınıyor.

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

150 yıllık tarihinde İstanbul'u pek çok ilkle tanıştıran İETT, son olarak metrobüs sistemiyle ulaşımında büyük başarı sağladı. İşletmecilikte; geçmişin tecrübeleri üzerine inşa edilen bu başarı, İETT'nin gelecekteki vizyonunu belirlemede büyük rol oynayacaktır. [7]

#### **3.2 Metrobüs İstasyon Yerlerinin Belirlenmesi**

İstanbul Tramvay Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü Misyonu "Toplu taşıma hizmetlerini bütüncül bir bakış açısıyla, açığa çıkmamış ihtiyaçları da karşılayacak

şekilde düzenlemek, denetlemek, koordine etmek ve sektörel bilgi birikimini yönetmek” [8] şeklinde tanımlanmaktadır.

Metrobüs İstasyon yerlerinin belirlenmesi işletme hızı ve yolculuk süresinde oldukça etkilidir. Uzun istasyon aralıkları işletme hızını arttırırken, istasyonda yolcuların birikmesine neden olur. İstasyonlar arası mesafenin uzun olması istasyonlara erişim problemlerini de beraberinde getirir. Sisteme erişmek için özel araçların veya toplu taşıma sistemlerinin kullanılmasına sebep olurken kısa mesafeli durakların olması da işletme hızını yavaşlatır. Bu nedenle istasyon yerleri belirlenirken “açığa çıkmamış ihtiyaçları da karşılayacak şekilde” bölgenin koşulları, yerleşim yeri yakınlığı, diğer ulaşım modlarına entegrasyonu, iş merkezlerine olan uzaklık, okul, stat, alışveriş merkezleri gibi insanların yoğunlukla gittiği yerlere yakın olmalıdır. Ayrıca Metrobüs durakları İstanbul Büyükşehir Belediyesinin İSPARK A.Ş. tarafından yönetilen otoparkları ile entegre olması şehir trafiğini azaltacak, karbon emisyonunu düşürecektir.

Metrobüs istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi konusunda Çin’in Beijing kentinde Hızlı otobüs sistemi (BRT)-Metrobüs uygulamasının incelemiştir. Çalışmada Metrobüs Sisteminin kullanıcıların seyahat davranışı değişimi, trafikteki etkisi ve güzergâh üzerindeki arazinin gelişimi üzerindeki etkilerini inceleyerek çalışma sonunda; tam donanımlı bir metrobüs sisteminin yolcu kapasitesinin ve işletim hızının artması, daha güvenli ve konforlu yolculuk imkânı tanınması gibi olumlu etkilerin olabileceği, kullanıcıların yoğunluk davranışını olumlu etkileyebileceği belirtmiştir. [16]

Metrobüs sistemlerinin kapasitelerinin arttırılabilmesi amacıyla kullanılacak strateji seçeneklerini incelemiştir. Strateji seçenekleri işletim stratejileri ve altyapının iyileştirilmesi biçiminde iki ana başlıkta ele alınmıştır. [17]

İşletim stratejileri başlığı altında,

- Aktarma optimizasyonu
- Güzegah optimizasyonu
- Besleme hatlarının düzenlenmesi
- Tarife düzenlenmesi

Maddelerini inceleyerek farklı stratejilere ait değişkenlerin birbiri ile ilişkileri ve toplam senkronizasyona etkisi görülmektedir.

İstanbul Metrobüs Hattı incelendiğinde Tüyap Metrobüs İstasyonu ile Sğtlğeşme Metrobüs İstasyonları arasında sistem içinde belirlenmiş aktarma noktalarına sahiptir. Aktarma noktaları aynı zamanda Metrobüs araçlarının seferlerine başlayacağı noktalar olarak da tanımlanmaktadır. Bu istasyonlar; Zincirlikuyu Metrobüs İstasyonu, Cevizlibağ Metrobüs İstasyonu, Avcılar niversite Kampüs Metrobüs İstasyonlarıdır.

Ayrıca Metrobüs hattına ait bazı durakların diğer ulaşım modları ile entegrasyonu bulunmaktadır. İşletmede bulunan Metrobüs Hatları ile diğer ulaşım modlarına aktarma yapmak hızlı, konforlu, zamanında erişim için kolaylık sağlamaktadır. Mevcut Metrobüs hatları ve entegre olduğu diğer ulaşım modları;

- 34 (Avcılar-Zincirlikuyu) Hattı toplam 26 istasyondan oluşmaktadır. Tanımlı hat uzunluğu 30km olup gidiş dönüş süresi 105 dakikadır.
  - 34AS (Avcılar Sğtlğeşme) Hattı toplam 33 istasyondan oluşmaktadır. Tanımlı hat uzunluğu 42 km olup gidiş dönüş süresi 145 dakikadır.
  - 34BZ (Tüyap Zincirlikuyu) Hattı toplam 37 istasyondan oluşmaktadır. Tanımlı hat uzunluğu 40 km olup gidiş dönüş süresi 145 dakikadır.
  - 34C (Tüyap Cevizlibağ) Hattı toplam 29 istasyondan oluşmaktadır. Tanımlı hat uzunluğu 26km olup gidiş dönüş süresi 110 dakikadır.
  - 34Z (Zincirlikuyu Sğtlğeşme) Hattı toplam 8 istasyondan oluşmaktadır. Tanımlı hat uzunluğu 11,5km olup gidiş dönüş süresi 42 dakikadır.
  - 34G (Tüyap Sğtlğeşme) gece 01:30-05:00 saatleri arasında çalışır. Hattı toplam 44 istasyondan oluşmaktadır. Tanımlı hat uzunluğu 52km olup gidiş dönüş süresi 160 dakikadır.
- Yenibosna, şirinevler, Bahçelievler, Zeytinburnu, İncirli, Merter Metrobüs İstasyonlarından Yenikapı- Atatürk Hava Limanı Metro Hattına
  - Zeytinburnu, Cevizlibağ, Topkapı Metrobüs istasyonlarından Bağcılar Kabataş Tramvay Hattına
  - Edirnekapı Metrobüs İstasyonundan Topkapı Habibler tramvay hattına

- Mecidiyeköy, Zincirlikuyu Metrobüs istasyonlarından Yenikapı Hacıosman Metro Hattına
- Uzunçayır Metrobüs İstasyonundan Kadıköy Tavşantepe Metro Hattına
- Altunizade Metrobüs İstasyonundan Üsküdar Yamanevler Metro Hattına

Aktarma yapılabilmektedir.

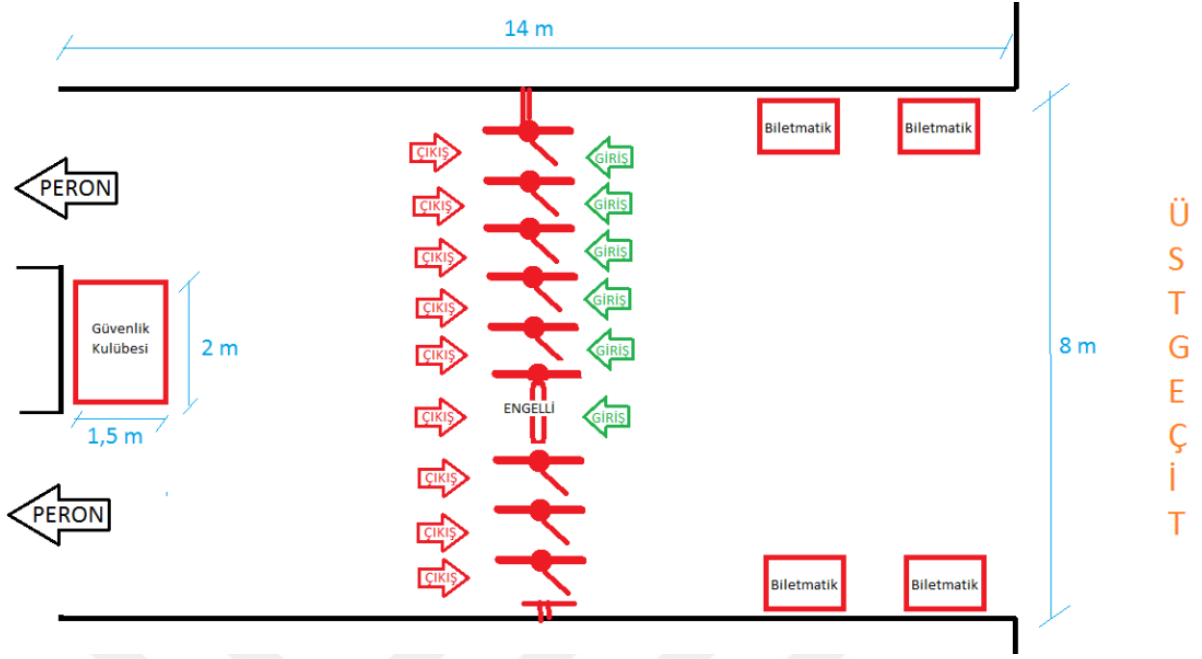
### **3.3 Ücret Toplama Sistemi**

Metrobüs İstasyonları D100 karayolunun Ankara-Edirne istikametlerinin ortasında bulunmasından dolayı istasyonlara giriş çıkışları kontrol altında tutulabilmek için güvenlik noktaları ve aynı zamanda ücret toplama sistemleri ile çevrilidir. Ücret toplama sistemleri İstanbul Büyükşehir Belediyesine Bağlı BELBİM (Elektronik Para ve Ödeme Hizmetleri A.Ş.) tarafından yapılmaktadır. Ücret toplama Sistemleri (turnikeler) istasyona giriş çıkışları etkilemeyecek sayıda olmalı ve konumlandırılması yolcu sirkülasyonunu etkilemeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

Yolcu bekleme alanlarından daha efektif fayda sağlamak için turnike sistemleri üstgeçit üzerinde giriş çıkış turnikeleri istasyon yoğunluğuna ve yolcuların yoğun olarak geldiği yön dikkate alınarak dizayn edilmesi gerekmektedir. Metrobüs Sisteminde mesafe bazlı ücretlendirme uygulaması olduğundan tüm istasyonlarda ücret iade makinaları bulunmaktadır. Tüm istasyonlarda turnike öncesi İstanbulkart dolun makinesi konumlandırılmalı ve sistemde aksaklık yaşanmaması için Fiber optik kablo altyapısı ve UPS sistemi ile cihazlar desteklenmelidir.

İstanbul Metrobüs Sisteminin ücretleri, İstanbul geneli tüm toplu taşıma hizmetlerine ait ücretleri belirleyen UKOME tarafından belirlenmektedir.

İstasyonlara erişim konusunda, ideal yolcu sirkülasyonunu kesintisiz olarak sağlayacak, üstgeçitler üzerine konulabilecek ücret toplama sistemlerine ait görsel Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8: Ücret Toplama Sistem Tasarımı

### 3.4 Akıllı Kartlar ile Ücret Toplama Sistemleri

Toplu taşımacılıkta akıllı kartların kullanılması işletmeciler ve kullanıcılar için büyük kolaylıklar sağlamasından dolayı her geçen gün kullanımı artmaktadır. Akıllı kart teknolojisi ilk kez 1968 yılında Almanya’ da geliştirilmiştir. 1970 lerin sonunda ise Japonya ve Fransa’ da akıllı kart kullanımı bankalarda güvenlik amaçlı kullanımı ile başlamıştır. 1977 yılında ise Motorola ve Bull firmaları ilk kez ticari olarak üretime başlamışlardır. (Trepanier, Tranchant ve Chapleau, 2007) 1990 yılından itibaren ise iletişim teknolojisinin de gelişmesiyle kullanımı hızla artış gösteren akıllı kartlar ulaşım dışında sağlık, güvenlik, kamu kurumları, bankacılık gibi sektörlerde de kullanılmaktadır. [9]

Araç içerisine konulan validatör yardımıyla kişiselleştirilmiş akıllı kart kullanan yolculara ait yolculuk hareketleri, toplu taşımayı hangi saat diliminde kullandığı, yolculuk süresince yapılan aktarmalar, kişisel bilgilerde elde edilmektedir. Elde edilen bilgilerde veri merkezlerinde işlenerek anlamlı hale getirilmekte, kurumların işletme planlarının oluşmasını sağlamakta ve kısa, orta, uzun vadeli stratejilerini oluşturulmasına katkı sunmaktadır.



Yaptığı araştırmalar neticesinde akıllı kart kullanımına ait bilgiler geçmişe dönük değerlendirilerek, hatların sefer sıklıklarında düzenlemeler yapılabileceği sonucuna varmıştır. [10] Yapılan bir diğer çalışmada ise akıllı kartlarla yapılan biniş ve iniş hareketleri incelenerek durak bazlı yoğunluk hareketleri belirlenmiştir [11].

Operasyonel kullanıma yönelik olan Deakin ve Kim'e ait çalışmada (2001) akıllı kart bilgileri, otobüs bilgileri ile birlikte değerlendirilmiş, toplu ulaşım sisteminin planlanan durumu ile mevcut durumu arasındaki fark ortaya konulmaya çalışılmıştır. Araştırmada yolculara, yolcuklarına başlamadan önce güzergâh seçenekleri sunma imkânı geliştirilmesi amaçlanmıştır. Park ve Kim (2008) tarafından yapılan diğer bir araştırmada, yine akıllı kart bilgileri ve otobüs bilgileri beraber analiz edilerek, aktarma noktası, biniş zamanı, kullanıcı tipi, kullanılan tür gibi yolcu ve ulaşım sistemine ilişkin karakteristikler sınıflandırılmıştır. Bu şekilde ulaşım sistemine bağlı olarak gelişen kullanıcı davranışları daha iyi bir biçimde açıklanmaya çalışılmıştır. [9]

### **3.5 Akıllı Kart Kullanımının Avantajları**

Akıllı kartların taşınabilir ve tüm ulaşım sistemlerinde geçerli olması ile birlikte kullanımı günden güne artmaktadır. İşletmeciler için günlük hasılat toplama aracı olarak düşünülen akıllı kartlar normalde toplam yolculuk hareketlerine bağlı biniş sayısı, yoğun kullanılan durakların belirlenmesi, binişlerin hatlara göre dağılımı, aktarmalı yolculuklar, konum bilgileri aracılığı ile yolcuların hareket yönü gibi bilgiler elde edilmektedir. Bu sayede durak bazlı gün içindeki harekete bağlı yoğunluk değişimleri elde edilebilmektedir. Araçlara binişlerde büyük kolaylık sağlayan akıllı kartlar işletme hızını arttırmakta ve duraklarda oluşabilecek yoğunluğu da azaltmaktadır.

### **3.6 Akıllı Kart Sistemi Verileri İle Yolculuk Talebinin belirlenmesi**

Akıllı kart kullanımına bağlı olarak, toplu ulaşımı planlamak için ulaşılmak istenen temel sonuçlardan biri de O-D (origin- destination) Matrisi olarak adlandırılan Başlangıç – Bitiş (B-S) matrisidir. Başlangıç - Bitiş matrisleri, önceden belirlenmiş başlangıç ve bitiş noktası olan yolculuklarda istasyon yoğunluklarını ve kesitten geçen yolcu sayısını göstermektedir.

Akıllı kart kullanımının yaygınlaşma ile birlikte verilerin erişilebilirliği kolaylaşmıştır. Bunun neticesinde son zamanlarda B-S matrisi belirleme yöntemleri basite indirgenmiştir. Raylı sistemler, metrobüs ve deniz yolu taşımacılığı gibi toplu taşıma sistemleri ile diğer toplu taşıma sistemleri (otobüs) gibi gelen veriler arasında farklılıklar bulunabilmektedir. Örneğin raylı sistemler, metrobüs ve deniz yolu taşımacılığı sistemlerinde yolculuk başlangıç koordinatlarının belirlenmesi, toplu taşımaya dâhil olunan nokta sabit olduğu için B-S Matrisi oluşturmak nispeten daha kolaydır. Ayrıca metrobüs gibi giriş – çıkış yapılan sistemlerde B-S matrisi basit belirlenebilir.

Metrobüs sistemi üzerinde koordinatları belirlenmiş 44 adet metrobüs istasyonunda toplam 387 adam turnike, 1 adet boy turnike, 55 adet engelli geçiş turnikesi (serbest geçiş), 245 adet iade validatörü bulunmaktadır. Buna bağlı olarak akıllı kartların hareket takibi kolaylaşmaktadır.

İETT Metrobüs sisteminde mesafe bazlı ücretlendirme tarifesi uygulandığından istasyon çıkışlarında iade validatörleri yer almaktadır. Metrobüs sistemini kullanan yolcular, turnike geçişlerinde sisteme dahil olduğu anda Tüyap - Söğütluçeşme istasyonları arasında maksimum yol ücreti mevcut bakiye hesabından eksilir. Yapılan yolculuğun sonunda sistemin terk edildiği istasyonda iade validatörlerine kartlarını dokundurarak kullanmadıkları hizmetin ücretini kartlarına iade olarak alabilirler.

Metrobüs Sistemini kullananlar yolculuğun bitiş noktasında iade almadığı durumlarda yapılan kabuller;

- Kullanıcıların bir sonraki sisteme dahil olduğu nokta, bir önceki sistemi terk ettiği noktadır.
- Kullanıcıların günün son yolculuğunda sistemi terk ettiği nokta, günün ilk yolculuğunda sisteme dahil olduğu noktadır.

Yukarıda yapılan kabullere rağmen Sisteme katılan kişi sayısı ile sistemi terk eden kişi sayısında tutarsızlık olabilmektedir. Yapılan çalışmada Akıllı kart kullanımı

incelendiğinde bir kartın birden fazla kez kullanıldığı veya gün içerisinde sadece “tek geç” bilet kullananların olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda;

- Aynı istasyonda aynı zamanda art arda kart kullanılması durumunda yolculuğun sadece bir kişi olarak hesaplanarak diğer kart basımları ihmal edilmiştir.
- Bir geç bilet kullananların sisteme dahil olduğu nokta bilinmesine rağmen sistemi terk ettiği nokta bilinmemektedir. Kullanıcının sistemi terk ettiği nokta ihmal edilmiştir.

Ayrıca metrobüs sistemine akıllı kart kullanımı olmadan dahil olunamayacağı varsayılmıştır.

### **3.7 Hat Planlaması**

Hat planlaması toplu taşıma hizmeti sunan kuruluşların verimli çalışmasını sağlayan en önemli unsurdur. Toplu taşıma araçlarının hangi güzergahları kullanarak hangi sıklıkta hangi istasyonlar arasında sefer yapacağını belirlenmesidir. Hat planlaması ile sistemde kaç otobüs olacağı, kaç personelin çalışacağı, toplam sefer süreleri ile seferlere ait kapasitelerin belirlenmesi ve işletme maliyetlerinin ne olacağı gibi sorulara ait cevapları içermektedir.

Hat planları oluşturulurken tüm dünyada yaygın olarak kullanılan mevcut yöntem, temel bir prensibe dayanmaktadır: “müşterileri mümkün olan en az aktarma ile ulaşımlarını” gerçekleştirmelerini sağlayabilmek.[12] aktarma noktalarının azalması sistemde taşınan atıl kapasitenin artması, yolcu taşıma maliyetlerin yükselmesi gibi problemlere neden olduğu da bilinmektedir.

Hat planlama sürecinin amacı, toplu ulaşım sürelerinin kısaldığı, yolcuların otobüslere homojen dağıldığı, esnek ve kontrolü kolay, erişilebilir, hizmetin kaliteli olduğu fakat işletme maliyetleri daha düşük olduğu, güvenilir hat planları yapmaktır.

### 3.7.1 Güzergâh Planlama

Hat planlamanın ilk adımı güzergah planlamadan geçer. Güzergahın belirlenmesi yolculuk karakteristiklerinin gözlenmesi ile başlar ve kullanılan akıllı kartların takibi yapılarak veriler analiz edilir. Belirlenen güzergaha ait duraklarda yolculuk hareketlerine ait veri paketleri incelenerek toplu taşıma sistem trafiği için bir paylaşırma modeli olarak tasarlanmalıdır. Aynı zamanda güzergah planlaması ulaşım zamanlarını, bekleme sürelerini, aktarma süre ve frekanslarını göz önüne alarak en uygun hatlara dağıtım yaparak güzergah yüklerin homojen dağılması sağlanmalıdır.

İyi bir güzergah planlama çalışması sonucunda maliyetlerin minimum olması, maksimum kapasitede yolcu taşınması, yolcu beklentilerinin karşılanması ve memnuniyetin artması şeklinde veriler elde edilir.

### 3.7.2 Zaman Planlaması

Hassas ve tutarlı ölçümlerle zamanında kalkış ve zamanında varış planlaması yapılarak toplu taşımada üstün performans elde edilebilir. Zaman planlamasında hareket süresi ve avans süresi olmak üzere iki önemli alt kıstas bulunmaktadır. Hareket süresi güzergahın başlangıç anından bitiş anına kadar geçen süre olup avans süresi ise başlangıç noktasından bitiş noktasına geldiğinde kişisel ihtiyaçlarını ve dinlenmek için geçireceği süre olarak tanımlanır. Avans süreleri hatların uzun ve kısalıklarına göre değişmeli yani sürücünün otobüs üzerinde geçirdiği zaman ile doğru orantılı olmalıdır. Maksimum avans süresi 10 dakika olup esneklik ve başlangıç noktasından yolcu almak ile birlikte 15 dakika olarak kabul edilmektedir.[13]

Güzergahı planlanan araçların kilometresi ve bölgenin trafik yoğunluğuna bakılarak tahmini bir hareket süresi belirlenebilir ama bu yöntemin hassasiyeti az olduğundan araçlar üzerinden GPS bağlantıları ile araçların hareket güzergahlarının ilk noktasına saat kaçta geldiği, hareketine saat kaçta başladığı ve hareketi saat kaç itibari ile bitirdiği bilgileri alınır ve tarih bazlı arşivlenerek, iyi bir zaman planlaması için tutarlı veri seti oluşturulur. [13]

### 3.7.3 Hat Optimizasyonu

Hat optimizasyonu planlamanın son adımı olup hat bazlı yolculuk veri setlerine bakılarak hatta çalışacak optimum araç sayısını belirlenmesi ile değişen koşul ve şartlara bağlı olarak kapasite planlamasının yapılmasıdır. Ayrıca Hat optimizasyonu ile her geçen gün artan kent içi ulaşım problemine çözümler olacak ve toplu taşıma sisteminin en esnek elemanı olan otobüs taşımacılığının önemi büyüktür. Kent içi taşımacılıkta önemli bir yere sahip olan otobüs taşımacılığının daha etkili bir şekilde kullanımı ile kentiçi ulaşımında önemli bir iyileştirmenin gerçekleştirilmesi hat optimizasyonunun hedefidir. Hat optimizasyonu ile ulaşılmak istenen temel hedefler arasında yolcuların daha konforlu, hızlı ve düşük maliyetlerle seyahat etmelerinin sağlanması, oluşturulan yeni sistemin diğer ulaşım araçları ile daha kolay bütünleşebilecek esnek bir yapıda olması özellikle önem taşımaktadır. [14]

## **4. METROBÜS HAT OPTİMİZASYONU**

### **4.1 Verilerin Hazırlanması**

Metrobüs hattının atıl kapasitenin minimum olması, sefer sayısının minimum olması, kilometrenin minimum olması ve giderlerin minimum olması ile ilgili dört farklı şekilde optimize edilebilmesi için metrobüs istasyonlarındaki yolculuk talepleri, araç içi kapasite, B-S matrisleri, istasyonlar arası mesafe, gibi verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu veri setleri metrobüs hattının en yoğun olduğu zaman dilimi olan sabah 07:00-08:00 ve akşam 18:00-19:00 saatlerine göre hesaplanmıştır. Böylece pik saat senaryosu oluşturulmuştur.

#### **4.1.1 Metrobüs Araç Kapasitelerinin Belirlenmesi**

İETT Metrobüs hattı üç farklı araç modeli ile hizmet vermektedir. Bu araçlar Mercedes Capacity ve Citaro araçları ile Phileas araçlardır. Tüm araçlarda üreticisinin belirlediği kapasiteye ekolarak taşınan yolcular için %10 yolcu konforu da eklenerek (Ayakta+Oturun) yolcu sayısı 145 kişi olarak belirlenmiştir.

#### **4.1.2 Metrobüs Araçlarının Seferlere Göre Dağılımı**

Metrobüs hattı araç hareket saatlerine ilişkin çalışma yılda iki defa olmak üzere ana plan ölçeğinde yapılmaktadır. 2017 yılı kış araç hareket planı çalışmaları ile birlikte belirlenen güzergâhlara göre araç atama çalışması sonucunda metrobüs hattında kullanılan beş farklı hat için araç ataması yapılmıştır. İETT'den alınan veriler çerçevesinde hat bazlı saatlik araç hareket sayıları Tablo 5'de gösterilmiştir.

**Tablo 5:** Metrobüs Güzergahı Hat Bazlı Saatlik Araç Hareket Sayıları

HATLAR	07:00- 08:00 T-S	07:00- 08:00 S-T	18:00- 19:00 T-S	18:00- 19:00 S-T
34 (Zincirlikuyu-Avcılar)	30	29	27	45
34AS(Söğütlüçeşme -Avcılar)	67	61	62	58
34BZ(Zincirlikuyu - Tüyap)	67	58	59	59
34C(Cevizlibağ - Tüyap)	47	53	51	50
34Z(Söğütlüçeşme - Zincirlikuyu)	70	70	72	69

#### 4.1.3 Metrobüs İstasyonları Arası Uzaklık

İstanbul metrobüs hattı dönüş yolları ile birlikte 52 kilometrelik bir aks üzerinde 44 aktif istasyondan oluşmaktadır. Aks doğu- batı istikametinde ve D100 karayolu üzerinde olduğu için durak yerlerinin belirlenmesinde yolcu potansiyelinin fazla olduğu noktalarda ve diğer ulaşım modları ile aktarma sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Google Maps yardımıyla ölçülen istasyonlar arası uzaklıklar Tablo 6’da gösterilmiştir. İstasyonlar arası uzaklık kilometre kısıtı için gereklidir.

**Tablo 6:** İstasyonlar Arası Mesafe

SIRA NO	İSTASYON ADI	İLK İSTASYONA UZAKLIK	BİR ÖNCEKİ İSTASYONA UZAKLIK
1	TÜYAP	0	0
2	BEYKENT	0,7	0,7
3	CUMHURİYET MAHALLESİ	1,8	1,1
4	BEYLİKDÜZÜ BELEDİYE	2,5	0,7
5	BEYLİKDÜZÜ	3,2	0,7
6	GÜZELYURT	4	0,8
7	HARAMİDERE	4,8	0,8
8	HARAMİDERE SANAYİ	5,8	1
9	SAADETDERE MAHALLESİ	6,7	0,9
10	MUSTAFA KEMAL PAŞA	7,9	1,2
11	CİHANGİR ÜNİVERSİTE MAH.	8,7	0,8

**Tablo 6(devam): İstasyonlar Arası Mesafe**

SIRA NO	İSTASYON ADI	İLK İSTASYONA UZAKLIK	BİR ÖNCEKİ İSTASYONA UZAKLIK
12	AVCILAR ÜNİVERSİTE K.	10	1,3
13	ŞÜKRÜBEY	10,6	0,6
14	BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ SOSYAL T.	11,8	1,2
15	KÜÇÜKÇEKMECE	14,2	2,4
16	CENNET MAHALLESİ	15,3	1,1
17	FLORYA	16	0,7
18	BEŞYOL	17	1
19	SEFAKÖY	17,6	0,6
20	YENİBOSNA	21,3	3,7
21	ŞİRİNEVLER	22,3	1
22	BAHÇELİEVLER	23,9	1,6
23	İNCİRLİ	24,7	0,8
24	ZEYTİNBURNU	26,3	1,6
25	MERTER	27,1	0,8
26	CEVİZLİBAĞ	28,6	1,5
27	ŞEHİT MUSTAFA CAMBAZ TOPKAPI	29,2	0,6
28	MALTEPE	29,8	0,6
29	EDİRNEKAPI	31	1,2
30	AYVANSARAY EYÜP	32	1
31	HALICIOĞLU	33,3	1,3
32	OKMEYDANI	34,8	1,5
33	DARÜLAZECE PERPA	35,7	0,9
34	OKMEYDANI HASTANE	36,7	1
35	ÇAĞLAYAN	37,2	0,5
36	MECİDİYEKÖY	38,1	0,9
37	ZİNCİRLİKUYU	39,9	1,8
38	15 TEMMUZ ŞEHİTLER KÖPRÜSÜ	44,3	4,4
39	BURHANIYE	45	0,7
40	ALTUNİZADE	46,3	1,3
41	ACIBADEM	47,3	1
42	UZUNÇAYIR	49,3	2
43	FİKİRTEPE	50,3	1
44	SÖĞÜTLÜÇEŞME	51,2	0,9



#### **4.1.4 Metrobüs Araçlarında Taşınan Atıl Kapasite**

Belirli bir kesitten geçen araçların toplamda sahip olduğu kapasiteden yolcu talebinin çıkartılmış halidir. Kısaca arz ile talep arasındaki farktır. Atıl kapasitenin mümkün olduğunca sıfıra yakın olması istenmektedir. Aksi halde işletme maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

#### **4.1.5 B-S Matrislerinin Hazırlanması**

Metrobüs hattı için B-S matrisleri belirlenirken 2017 yılı ekim ayı yolculuk verilerinden yola çıkılmıştır. En yoğun günde saat 06:00-00:00 saatleri arasında toplam 921.569 yolculuk gerçekleşmiştir. En yoğun yolculuğun gerçekleştiği saatler için sabah 07:00-08:00 ile ve akşam 18:00-19:00 saatleri arasında çalışmanın daha hassas sonuçlar vermesi açısından iki farklı B-S matrisi hazırlanmıştır.

İstanbul'da tüm ulaşım modlarında ortak kullanılan İstanbulkart hareketliliği ile B-S Matrisleri oluşturulmaktadır. Kişiyeye özel tanımlanmış kart ID'leri ile istasyon girişlerinde turnikelerden geçiş yapıldığı esnada okutulan kartlar yolculuğun sonunda sadece metrobüs sistemine özel kullandığın kadar öde uygulaması yani mesafe bazlı ücretlendirme ile kartlarına ücret iadesi alabilirler.

Bu metot ile İstanbul Kart okutulan istasyon ile sistemi terk ederken iade validatöründen kartın tekrar okutulması ile kişinin hareketi tespit edilmektedir. İkinci metot kişi turnike sisteminden geçtikten sonra iade almayıp fakat belirli bir zaman aralığından sonra sisteme tekrar dâhil olması ile tespit edilen yolculuklardır. Sabah 07:00-08:00 ile 18:00-19:00 saatleri arasına ait B-S matrisi Ek 1'de, İstasyon bazlı yolcu yoğunlukları Ek 2'de verilmiştir.

#### **4.2 Metrobüs Sisteminin Modellenmesi**

Metrobüs sisteminin modellenmesinde iki farklı saat diliminde, üç farklı işletme senaryosu belirlenmiştir ve her bir senaryo atıl kapasite, kilometre, sefer sayısı ve işletme maliyeti toplam maliyet hedefleri için çalıştırılmıştır.

Ulaşım sisteminde belirlenen amaç veya amaçlara ulaşabilmek için kontrol edilebilen unsurlar vardır. Bu unsurlar karar değişkenleri olarak da tanımlanabilir. Herhangi bir sistemin modellenmesi aşamasında belirlenen amaçlara ulaşabilmek adına karar değişkenleri değiştirilerek istenen amaçlara ulaşmak hedeflenir. Fakat bununla beraber bazı karar parametrelerinin belli kısıtları vardır. Örneğin; bazı ulaşım sistemlerinin modellenmesinde proje müşterisi tarafından yapısal değişikliklere izin verilmeyebilir ve bu durum karar değişkenlerinin kısıtlanması olarak nitelendirilebilir. Bir diğer örnek olarak metrobüs ulaşım sistemindeki kullanabilecek/modellemede atanabilecek maksimum araç sayısının belirlenmesi ( hafta içi yoğun saatleri, haftasonu tüm gün vs.), karar değişkenlerinin kısıtlanması durumuna örnek olarak verilebilir. Zaman dilimindeki değişikliklere göre bir diğer ifadeyle yolcu taleplerindeki dalgalanmalara göre sistemde çalışabilecek maksimum araç sayısı değişkenlik gösterebilmektedir. [15]

İşletmelerin ayakta kalabilmeleri için maliyetlerini en düşük seviyede tutmaları gerekmektedir. Verilen hizmetin kalitesi değişmemesi istenirken en az maliyetle çalışabilmek için maliyet minimizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Metrobüs işletme sürecinde en büyük maliyetleri araç, akaryakıt, personel ve bakım faaliyetleri oluşturmaktadır.

#### **4.2.1 Önerilen Matematiksel Model**

İstanbul metrobüs sistemi ve O-D matrislerinden elde edilen verilerden yararlanarak, istasyonlar arası yolculuk taleplerinin karşılanması ve dönüş noktalarında gelen/giden araç sayılarının dengelenmesi kısıtları altında; atıl kapasite, kilometre, sefer sayısı ve maliyetin en küçüklenmesi amaçları için ayrı ayrı optimizasyon çalışması yapılmıştır. Modeldeki parametreler tanımlanan zaman aralığı için geçerlidir. Örneğin belirli bir durak için taşınması gereken yolcu talebi, O-D matrisinden yararlanarak, belirlenen zaman aralığında o duraktan geçen toplam yolcu sayısı göz önüne alınarak belirlenmiştir. Benzer şekilde model değişkenleri ile sunulan zaman aralığında, duraktan geçen hatlardaki sefer kapasiteleri toplanarak, sunulan kapasite değerleri belirlenmiştir. Ayrıca Tüyap yönü ve Söğütlüçeşme yönündeki hatlar için her iki yöndeki talep farklılıkları göz önüne alınarak, talep karşılama kısıtları her iki yön için ayrı olarak eklenmiştir.

$Y_i$  : i hattında tanımlanan zaman aralığındaki sefer sayısı

$U_i$  : i. hattın uzunluğu

$S_{jk}$  : k. durak için tanımlanan zaman aralığında j yönünde sunulan araç kapasitesi  
(j=1 Tü yap, j=2 Söğütlüçeşme)

$T_{jk}$  : k. durak için tanımlanan zaman aralığındaki j yönünde O-D matrisinden alınan yolculuk talebi

$H$  : Sistemde çalışan toplam hat sayısı

$H_T$  : Sistemde Tü yap yönünde çalışan hat sayısı

$K$  : Metrobüs araç kapasitesi

$S$  : Sistemde bulunan istasyon sayısı

$Z$  : Atıl kapasite

$G_{in}$  : i hattının n. dönüş noktasından dönme durumu (G=1 dönüyor, G=0 dönmüyor)

$A_{jn}$  : n dönüş noktasına tanımlanan zaman aralığında j yönünden gelen araç sayısı

Belirli bir duraktan geçen metrobüs kapasitesinin, o duraktan taşınması gereken yolcu kapasitesini aşan miktarı atıl kapasite olarak değerlendirilmektedir. Atıl kapasitenin en küçüklenmesi amacı aşağıda görüldüğü gibi ifade edilmektedir.

$$Z_{min} = \sum_{k=1}^{k=S-1} S_{1k} - T_{1k} + \sum_{k=1}^{k=S-1} S_{2k} - T_{2k}$$

$$S_{1k} = \sum_{i=1}^{H_T} K \cdot Y_i \quad , \quad S_{2k} = \sum_{i=H_T+1}^H K \cdot Y_i \quad \square k \text{ durağı için}$$

Toplu taşımacılık hizmeti veren kuruluşların mevcut yolculuk taleplerinin minimum sefer ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Araç sefer sayısı maliyetlerin belirlenmesinde en önemli girdileri oluşturmaktadır. Metrobüs için sefer demek araç, yakıt ve personelden oluştuğu için maliyetlerin belirlenmesinde en önemli etkidir. Sefer sayısı en küçüklenmesi için amaç fonksiyonu aşağıda görülmektedir.

$$Y_{min} = \sum_{i=1}^{i=H} Y_i$$

Araçların yolcu olmadan, yolda geçirdiği süre ölü kilometre olarak adlandırılmaktadır. Azaltılması istenen ölü kilometrenin yanında aynı talebi karşılamak için çok daha uzun hatların kullanılması da maliyetleri arttırmaktadır. Toplam kilometrenin en küçüklenmesi amaç değeri bu iki benzer istenmeyen durumun amaç olarak lade edilmesini mümkün kılmaktadır. Toplam kilometre minimizasyonu için amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$U_{min} = \sum_{i=1}^{i=H} U_i \cdot Y_i$$

Yukarıda önerilen amaçlar metrobüs işletme verimliliğini arttırmaya dönüktür. İşletme verimliliğinin arttırılması işletme birim maliyetlerinin düşüşünü sağlamaktadır. Önerilen modelde kullanılan değişkenler yardımıyla doğrudan işletme maliyetlerini arttırmak mümkündür. Bakıma maliyetleri ve yakıt maliyetleri toplam kilometreye bağlı olarak hesaplanmaktadır. Personel maliyetleri ise belirlenen zaman aralığında çalışan aktif araç sayısına, dolayısı ile sefer sayısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Buna göre toplam işletme maliyeti aşağıdaki şekilde ide edilebilir.

$M_a$  : Kilometre başına birim akaryakıt maliyeti

$M_b$  : Kilometre başına birim bakım maliyeti

$M_p$  : Tanımlanan zaman aralığındaki bir sürücüyeye ait saat ücreti

$M$  : Toplam işletme maliyeti

$$M_{min} = M_p \sum_{i=1}^{i=H} Y_i + M_a \sum_{i=1}^{i=H} U_i \cdot Y_i + M_b \sum_{i=1}^{i=H} U_i \cdot Y_i$$

#### 4.2.2 Talep Karşılama Kısıtı

Belirli bir duraktan geçen metrobüs kapasitesinin, o duraktan taşınması gereken yolcu kapasitesini karşılaması gerekmektedir. Bu kısıt aşağıda görüldüğü gibi ifade edilmektedir.

$$S_k - T_k \geq 0 \quad \forall k \text{ durağı için}$$

#### 4.2.3 Dönüş Noktalarında Gelen/Giden Araç Sayısı Kısıtı

Metrobüs hattı doğu-batı istikametinde uzanan 52 kilometrelik bir hattır. Hat üzerinde Avcılar, Cevizlibağ, ve Zincirlikuyu bölgelerinde dönüş noktaları bulunmaktadır. Metrobüs hattı üzerinde seferini tamamlayan bir araç dönüş noktasına geldiğinde ters yöne dönmekte ve aynı hattın ters yönü olarak görevine devam etmekte ya da tabelasını değiştirerek ters yöndeki başka bir hat görevi için yoluna devam edebilmektedir. Bir dönüş noktasına tanımlanan zaman aralığında gelen araç sayısı ile ayrılan araç sayısı arasında bir fark olması durumunda bu farkın karşılanması için dönüş noktasında yeni araçların sisteme sokulması gerekmektedir. Bu duruma sınırlı olması halinde izin verilebilmektedir. Aksi takdirde planlanan zaman dönemi için araç talebi karşılanabilse bile bir sonraki zaman döneminde talebin değişebileceği de göz önüne alındığında, belirli bir yönde araç tedarikinde sıkıntı yaşanması mümkündür. Bu nedenle pratikte karşılaşılan durumlar göz önüne alınarak her dönüş noktasında sisteme en fazla 10 adet araç besleme sınırı koyulmuştur. Bu kısıt aşağıda görüldüğü gibi ifade edilmektedir.

$$A_{1n} - A_{2n} \leq 10 \quad \forall n \text{ dönüş noktası için}$$

$$A_{2n} - A_{1n} \leq 10 \quad \forall n \text{ dönüş noktası için}$$

$$A_{1n} = \sum_{i=1}^{H_T} G_{in} Y_i \quad , \quad A_{2n} = \sum_{i=H_T+1}^H G_{in} Y_i \quad \forall n \text{ dönüş noktası için}$$

#### 4.2.4 Varsayım ve Kabuller

Sistem optimizasyonunun modellenebilmesi için bazı kabul ve varsayımların yapılması gerekmektedir.

- Metrobüs hızlarının 15 Temmuz Şehitler Köprüsü dahil eşit olduğu

- Metrobüs kapasitelerinin aynı olduğu
- Yolcuların araçlara homojen dağıldığı
- Metrobüs araçlarının sürekli çalışır durumda olduğu
- 44 adet istasyon olduğu
- 11.12.2018 tarihi itibari ile akaryakıt litre fiyatının 5,17₺ olduğu,
- Kilometre başına ödenen bakım ücreti 1,37₺ olduğu,
- Saatlik personel ücreti 16,875₺ olduğu,
- Araç yakıt tüketimi 0,6lt/km olduğu,
- Araç Kapasiteleri 145 kişi olduğu
- Metrobüs sisteminde yapısal değişiklik olmayacağı (garajlar, istasyonlar).
- Metrobüs hattı istasyon sıralaması Tüyap 1. İstasyon olduğu Söğütlüçeşme 44. İstasyon olduğu kabul edilmiştir.
- Belirlenen dönüş noktalarındaki Söğütlüçeşme veya Tüyap istikametine gelen araç sayıları arasındaki fark maksimum +10, minimum-10 olduğu

#### **4.2.5 Verilerin Excel Çalışma Sayfasına Girilmesi**

Belirlenen iki farklı saat dilimi için Metrobüs İşletme Müdürlüğü'nün sunduğu araç kapasitesinin istasyon bazlı yolculuk taleplerini karşılayıp karşılamadığının belirlenebilmesi için 44 istasyon için veriler hazırlanarak, asyfaaya eklenmiştir..

Hat bazlı araç sayılarının tam sayı olması kısıtı eklenmiştir.

Araç kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması kısıtı eklenmiştir.

Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti yönünde seyreden araç sayılarının bir sonraki saat dilimi için yolcu taleplerini karşılayabilmesi gerektiğinden aralarındaki fark +10 ile – 10 arasında olacak şekilde kısıt eklenmiştir. Böylece 1 saat içerisinde bir dönüş noktasından en fazla 10 aracın sisteme ek araç olarak eklenmesi sağlanmıştır.

Belirlenen hatlara ait araç sayıları değişken hücre olarak tanımlanmıştır.

Atıl kapasite sunulan araç kapasitesi ile yolcu talepleri arasındaki farkların istasyon bazlı toplanması ile oluşturulmuştur. Atıl kapasitenin yolcu taleplerine eşit olması atıl kapasitenin minimum olmasını sağlar. Atıl kapasitenin minimum olması için optimizasyon çalışması yapılmıştır.

Belirtilen saat diliminde istasyon yolcu yoğunluklarını karşılayabilmek için her bir güzergâhın uzunluğu ile araç sefer sayısının çarpımı toplam kilometre verisini oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında kilometre verisinin minimum olması için optimizasyon çalışması yapılmıştır.

İstasyonlardaki yolcu taleplerini karşılayacak şekilde en az araç seferi düzenlenmesi için optimizasyon yapılmıştır.

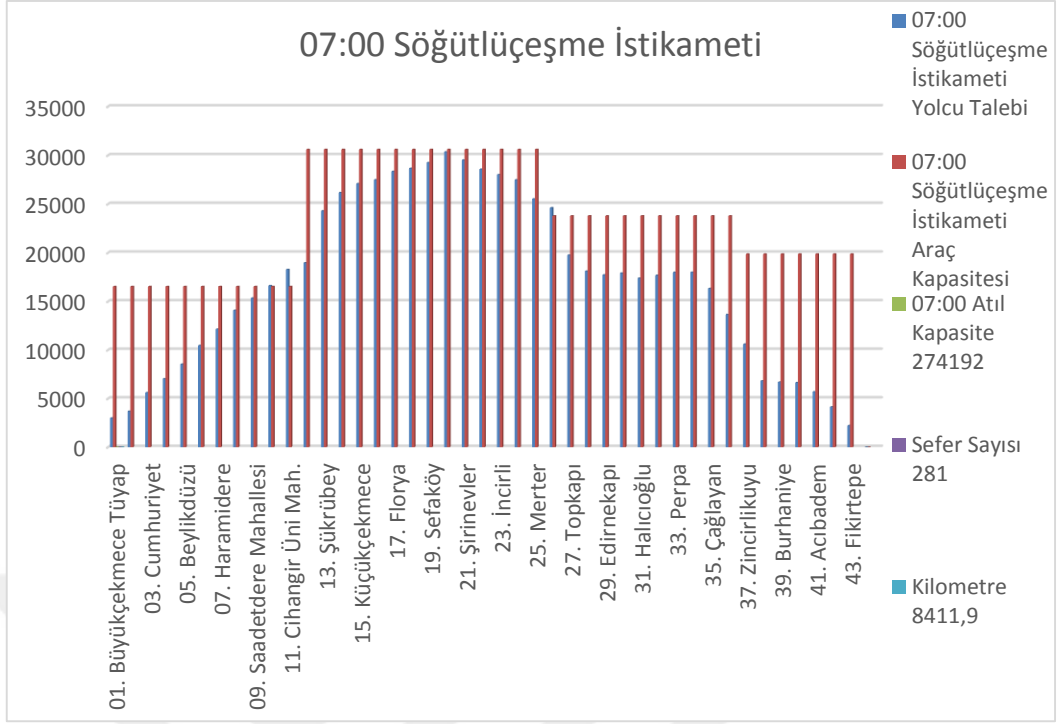
Maliyet minimizasyonu kısmında akaryakıt, bakım ve personel giderlerinin minimum olması için optimizasyon yapılmıştır.

### 4.3 07:00-08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Analizi

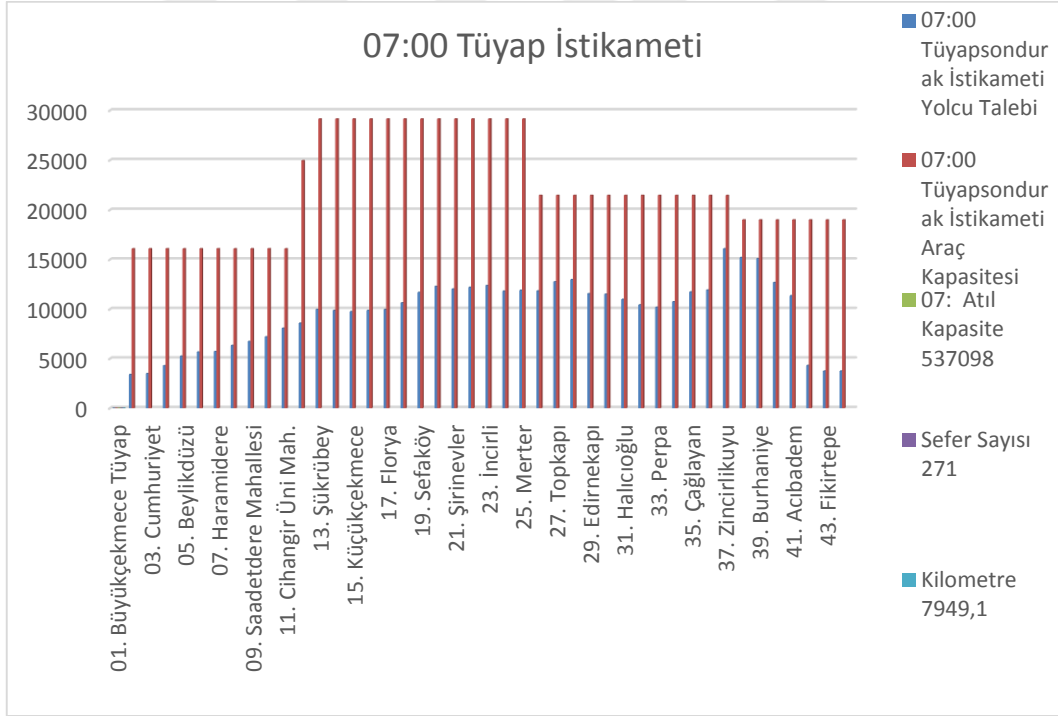
Aşağıdaki tabloda sabah yoğun yük altında olduğu 07:00-08:00 saat aralığında İstanbul metrobüs hattında mevcut durumda istasyonlar arası yolculuk taleplerinin karşılanabilmesi için kullanılan hatların sefer sayısı bilgileri görülmektedir

**Tablo 7:** 07:00-08:00 Saat Aralığında Mevcut Durumda Hatlara Göre Araç Dağılım Tablosu

Hatlar	Planlanan Saatlik Araç Hareketleri (Söğütlüçeşme İstikameti)	Planlanan Saatlik Araç Hareketleri (Tüyap İstikameti)
34 (Avcılar-Zincirlikuyu)	30	29
34AS(Avcılar-Söğütlüçeşme)	67	61
34BZ(Tüyap-Zincirlikuyu)	67	58
34C(Tüyap-Cevizlibağ)	47	53
34Z(Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme)	70	70



**Şekil 9:** Mevcut Durumda Tüyaptan Söğütlüçeşme Yönüne Yük Kapasite Oranı



**Şekil 10:** Mevcut Durumda Söğütlüçeşmeden Tüyap Yönüne Yük Kapasite Oranı



Şekil 9 incelendiğinde Mustafa Kemal Paşa, Cihangir Üniversite Mahallesi ve Cevizlibağ metrobüs istasyonlarında yolcu taleplerinin karşılanamadığı tespit edilmiştir. Mustafa Kemal Paşa ve Cihangir Üniversite Mahallesi istasyonlarında yolcu taleplerinin karşılanabilmesi için Tüyap İstasyonundan Mustafa Kemal Paşa veya Cihangir Üniversite Mahallesinden seferine başlamak üzere depar hat olarak tanımlanan boş araçlar gönderilmektedir.

Cevizlibağ Metrobüs İstasyonunda yolcu taleplerinin karşılanabilmesi için Metrobüs Kontrol Merkezi bilgisi dâhilinde, 34C hareketle sefere başlayan araç Cevizlibağ istasyonuna geldiğinde hat değişikliği yaparak 34AS (Avcılar Söğütlüçeşme) veya 34BZ (Tüyap - Zincirlikuyu) olacak şekilde seferlerini tamamlamaktadır.

Şekil 10 incelendiğinde sunulan araç içi kapasitenin yolculuk taleplerini karşıladığı görülmektedir.

#### **4.3.1 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Atıl Kapasite Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin sefer sayısı ve toplam kilometre dikkate alınmadan minimum atıl kapasite ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Atıl kapasitenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

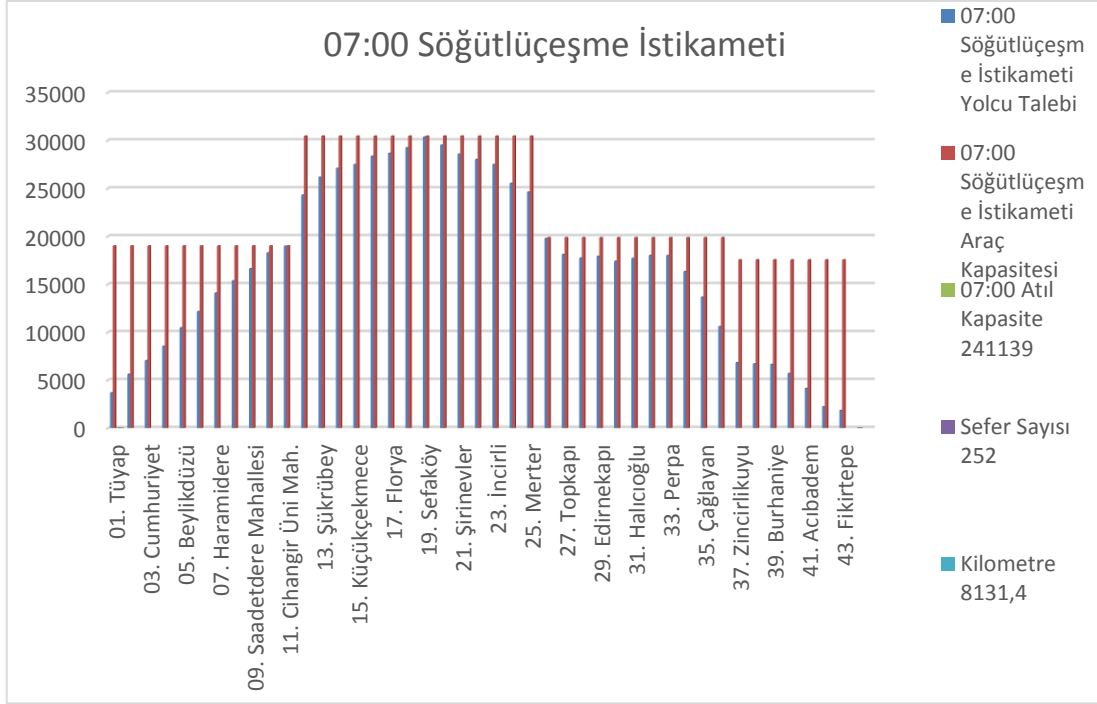
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olma

**Tablo 8:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

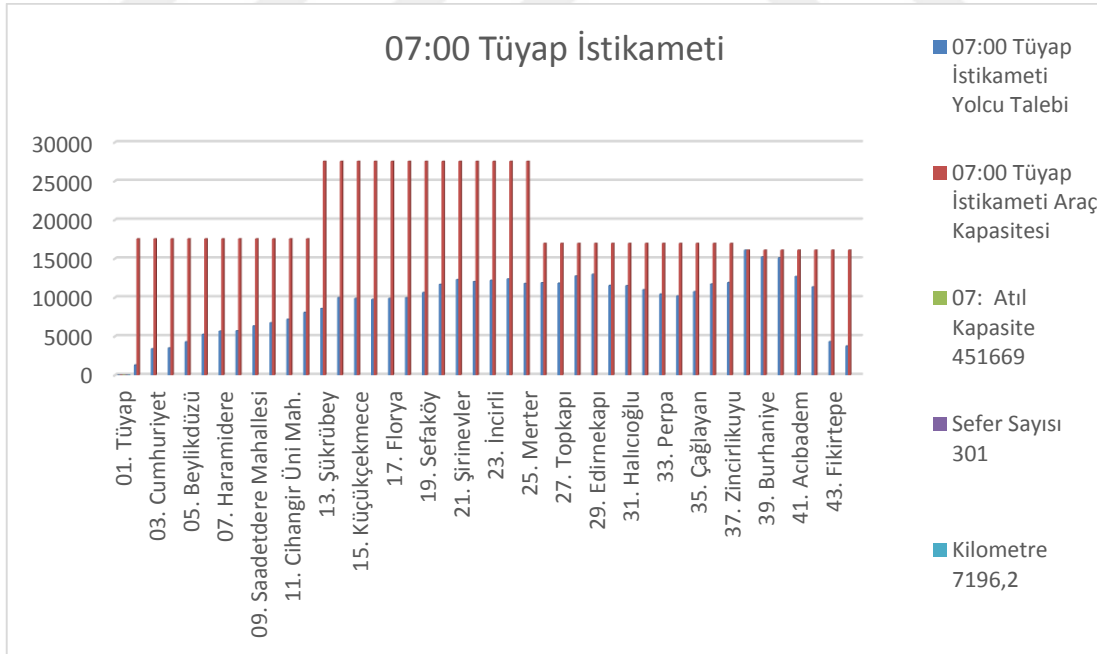
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	79	41,2	41,2	1656,24	1952,88
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	58	39,9	39,9	1603,98	1388,52
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	73	28,6	28,6	806,52	1252,68
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	42	11,3	11,3	474,6	284,76
<b>TOPLAM</b>	<b>281</b>	<b>252</b>	<b>8411,9</b>	<b>8131,4</b>	<b>5047,14</b>	<b>4878,84</b>
Değişim %	10,3		3,3		3,3	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	4252,5		11140		25223,6	

**Tablo 9:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	69	28,1	28,1	488,94	1163,34
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	48	39,9	39,9	1388,52	1149,12
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	73	28,6	28,6	909,48	1252,68
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	111	11,3	11,3	474,6	752,58
<b>TOPLAM</b>	<b>271</b>	<b>301</b>	<b>7949,1</b>	<b>7196,2</b>	<b>4769,46</b>	<b>4317,72</b>
Değişim %	-11,07		9,4		9,4	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	5079,3		9858,7		22322,6	



**Şekil 11:** Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 12:** Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 8 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %10,32 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %3,3 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 9 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %11,07 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %9,47 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Atıl kapasite ilk durumda 814.898 kişi iken optimizasyon sonucunda 692.808 kişi olarak hesaplanmıştır.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 10:** Mevcut Durumda Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	1743,7
Tüyap İstikameti Kazanç ₺	2860,7
Toplam Kazanç ₺	4604,4
Değişim %	5,58

#### **4.3.2 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Sefer Sayısı Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve toplam kilometre dikkate alınmadan minimum sefer sayısı ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Sefer Sayısının minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

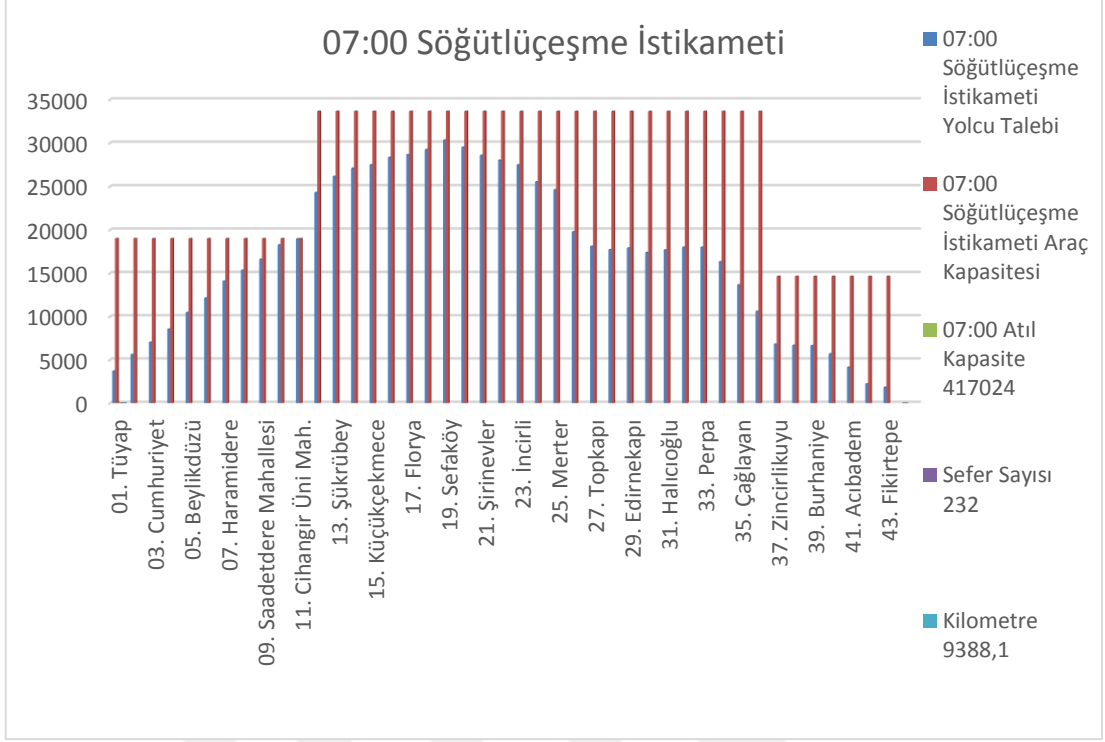
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 11:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

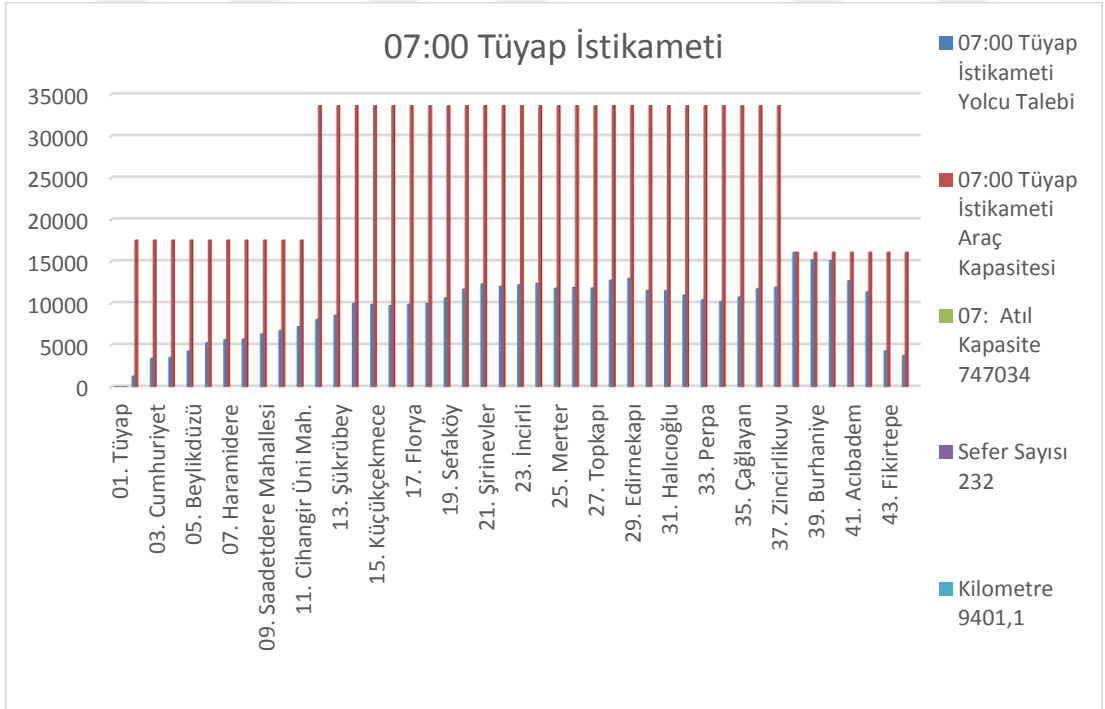
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	101	41,2	41,2	1656,24	2496,72
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	131	39,9	39,9	1603,98	3136,14
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	232	8411,9	9388,1	5047,14	5632,86
Değişim %	17,4		-11,6		-11,6	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3915		12861,6		29121,8	

**Tablo 12:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	0	28,1	28,1	488,94	0
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	111	41,2	41,2	1507,92	2743,92
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	121	39,9	39,9	1388,52	2896,74
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	271	232	7949,1	9401,1	4769,46	5640,66
Değişim %	14,3		-18,2		-18,2	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3915		12879,5		29162,2	



**Şekil 13:** Sefer Sayısı Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 14:** Sefer Sayısına Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 11 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında % 17,43 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %11,6 oranında artış olduğu görülmektedir. Tablo 12 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %14,3 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %18,26 oranında artış olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 13’de verilmiştir.

**Tablo 13:** 07:00-08:00 Mevcut Durumda Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	-3538,6
Tüyap İstikameti Kazanç ₺	-5835,2
Toplam Kazanç ₺	-9373,9
Değişim %	-11,3

#### 4.3.3 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durumda Kilometre Optimizasyonu

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve sefer sayısı dikkate alınmadan minimum Kilometre ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Toplam Kilometrenin minimum olması

Değişkenler :Hatlarla göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlarla göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

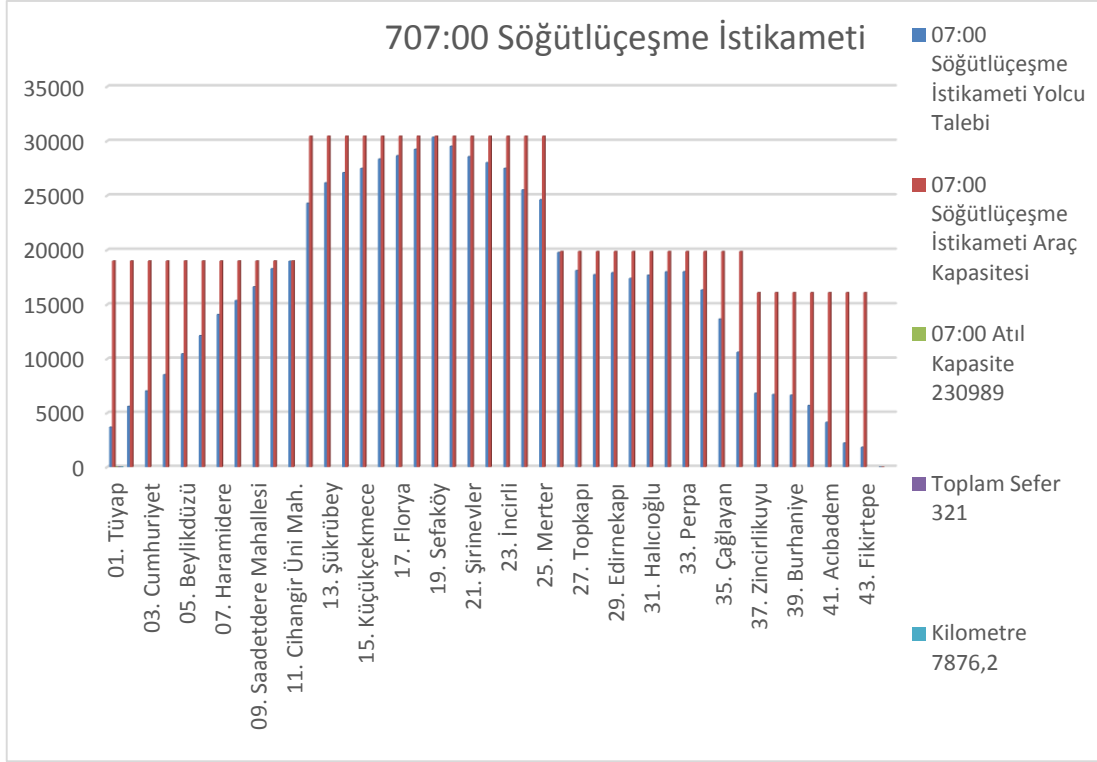
**Tablo 14:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	79	28,1	28,1	505,8	1331,94
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	58	39,9	39,9	1603,98	1388,52
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	73	28,6	28,6	806,52	1252,68
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	111	11,3	11,3	474,6	752,58
TOPLAM	281	321	8411,9	7876,2	5047,14	4725,72
Değişim %	-14,2		6,3		6,3	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	5416,8		10790,3		24431,9	

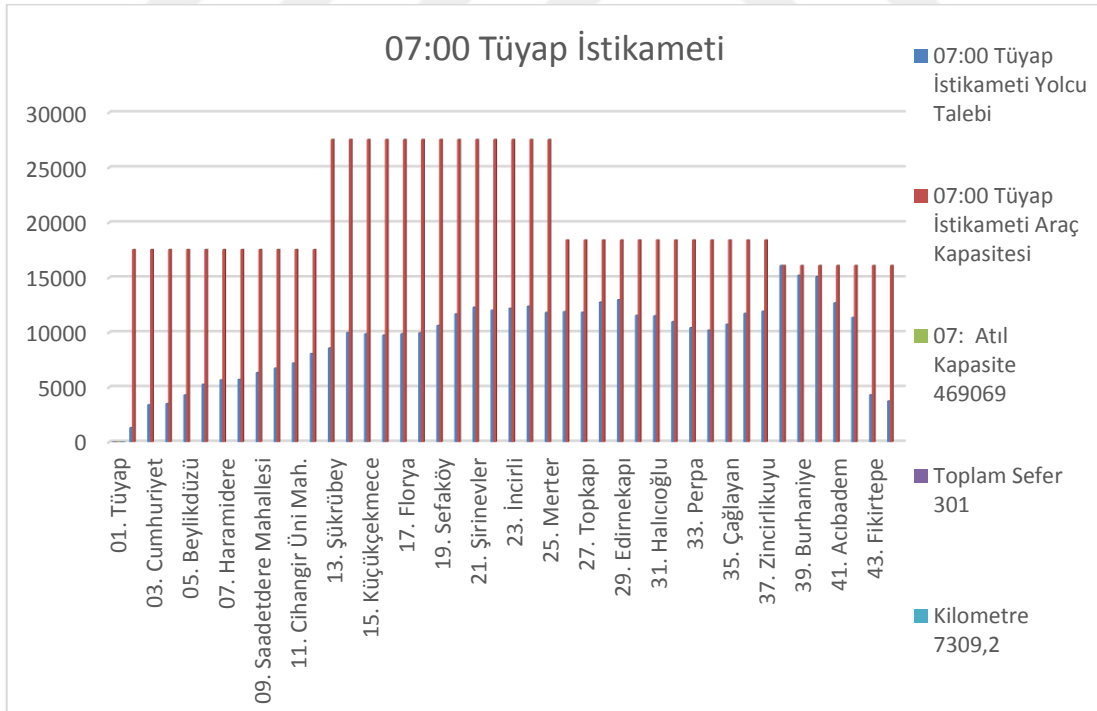
**Tablo 15:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	69	28,1	28,1	488,94	1163,34
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	58	39,9	39,9	1388,52	1388,52
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	63	28,6	28,6	909,48	1081,08
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	111	11,3	11,3	474,6	752,58
TOPLAM	271	301	7949,1	7309,2	4769,46	4385,52
Değişim %	-11,07		8,04		8,04	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	5079,3		10013,6		22673,1	





**Şekil 15:** Toplam Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüçesme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 16:** Toplam Kilometreye Göre Söğütlüçesmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 14 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında % 14,23 oranında artış olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %6,36 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 15 incelendiğinde Tüya istikametinde sefer sayısında %11,07 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %8,04 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüya istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 16'da verilmiştir.

**Tablo 16:** Mevcut Durumda Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	1720,6
Tüya İstikameti Kazanç ₺	2355,3
Toplam Kazanç ₺	4076,03
Değişim %	4,9

#### 4.3.4 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Maliyet Minimizasyonu

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı ve minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Maliyetin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

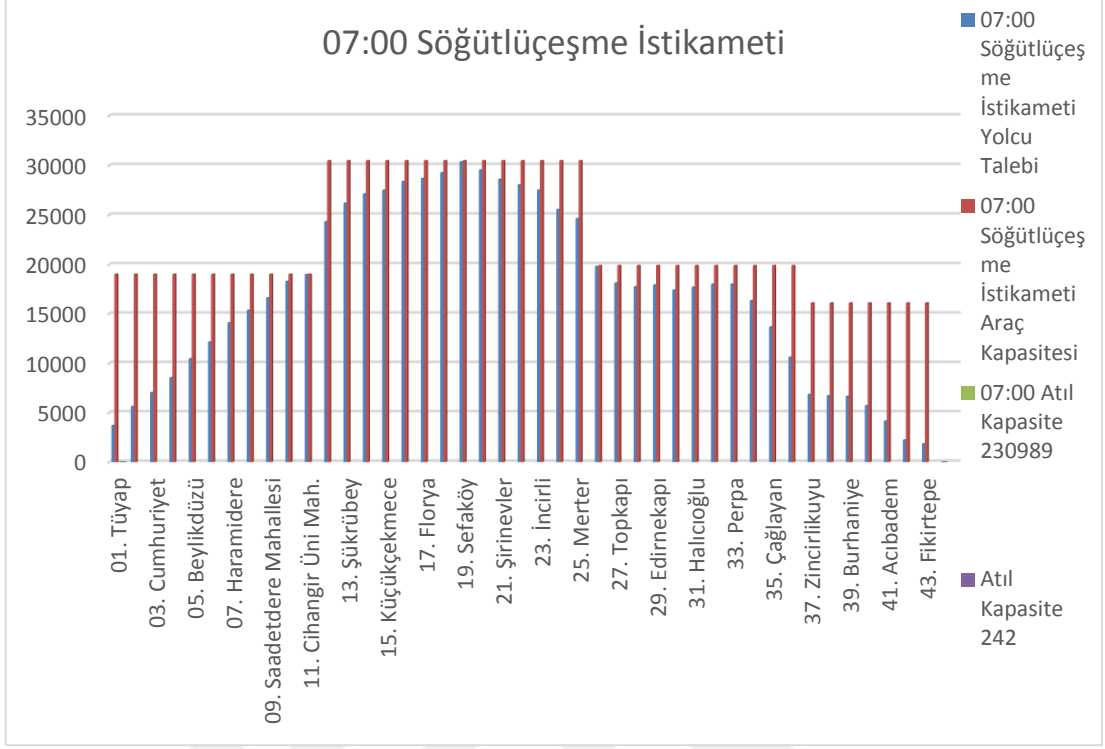
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüya veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 17:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

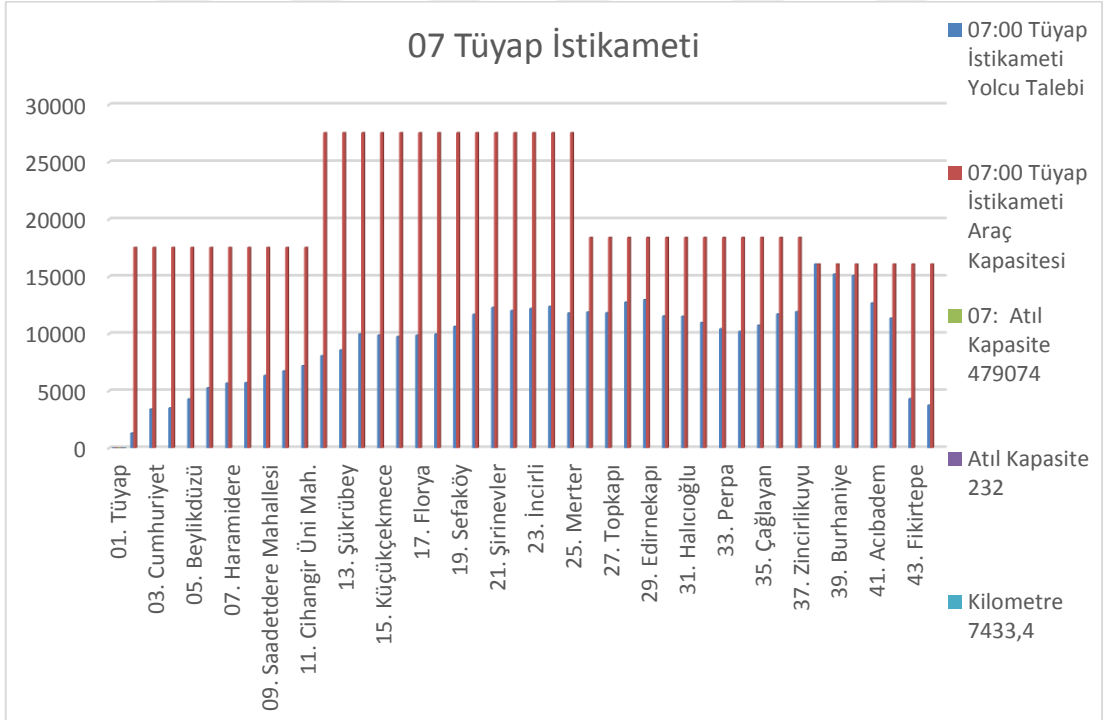
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	79	41,2	41,2	1656,24	1952,88
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	58	39,9	39,9	1603,98	1388,52
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	73	28,6	28,6	806,52	1252,68
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	32	11,3	11,3	474,6	216,96
TOPLAM	281	242	8411,9	8018,4	5047,14	4811,04
Değişim %	13,8		4,6		4,6	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	4083,7		10985,2		24873,07	

**Tablo 18:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	0	28,1	28,1	488,94	0
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	69	41,2	41,2	1507,92	1705,68
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	58	39,9	39,9	1388,52	1388,52
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	63	28,6	28,6	909,48	1081,08
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	42	11,3	11,3	474,6	284,76
TOPLAM	271	232	7949,1	7433,4	4769,46	4460,04
Değişim %	14,3		6,4		6,4	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3915		10183,7		23058,4	



**Şekil 17:** Maliyet Minimizasyonuna Göre Tüyaptan Söğütlüçüşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 18:** Maliyet Minimizasyonuna Göre Söğütlüçüşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 17 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %13,87 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %4,67 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 18 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %14,39 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %6,48 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 19’da verilmiştir.

**Tablo 19:** 07:00-08:00 Mevcut Durumda Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	2417,8
Tüyap İstikameti Kazanç ₺	2964,3
Toplam Kazanç ₺	5382,1
Değişim %	6,52

#### **4.4 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Metrobüs Hat Optimizasyonu**

Metrobüs hattı üzerinde bulunan Tüyap, Avcılar, Cevizlibağ, Zincirlikuyu, Söğütlüçeşme dönüş noktaları kullanılmıştır. Hiçbir ek yatırım maliyeti gerekmeksizin tanımlanan Tüyap-Avcılar, Tüyap-Söğütlüçeşme, Avcılar-Cevizlibağ, Cevizlibağ-Zincirlikuyu, Cevizlibağ-Söğütlüçeşme yeni hatlar olarak tanımlanmıştır. Metrobüs hattının minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı, minimum kilometre ve maliyet minimizasyonu olmak üzere dört farklı amaç için Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

##### **4.4.1 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasite Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin sefer sayısı ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktaları kullanılarak minimum atıl kapasite ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Atıl kapasitenin minimum olması

Değişkenler :Hatlarla göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlarla göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

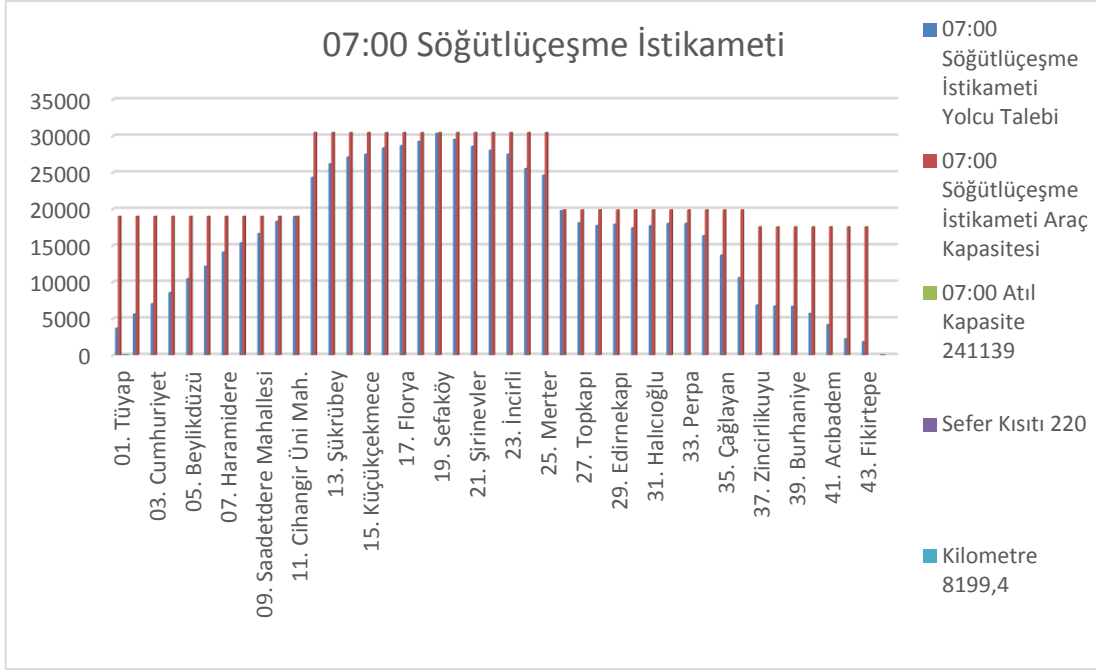
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

**Tablo 20:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

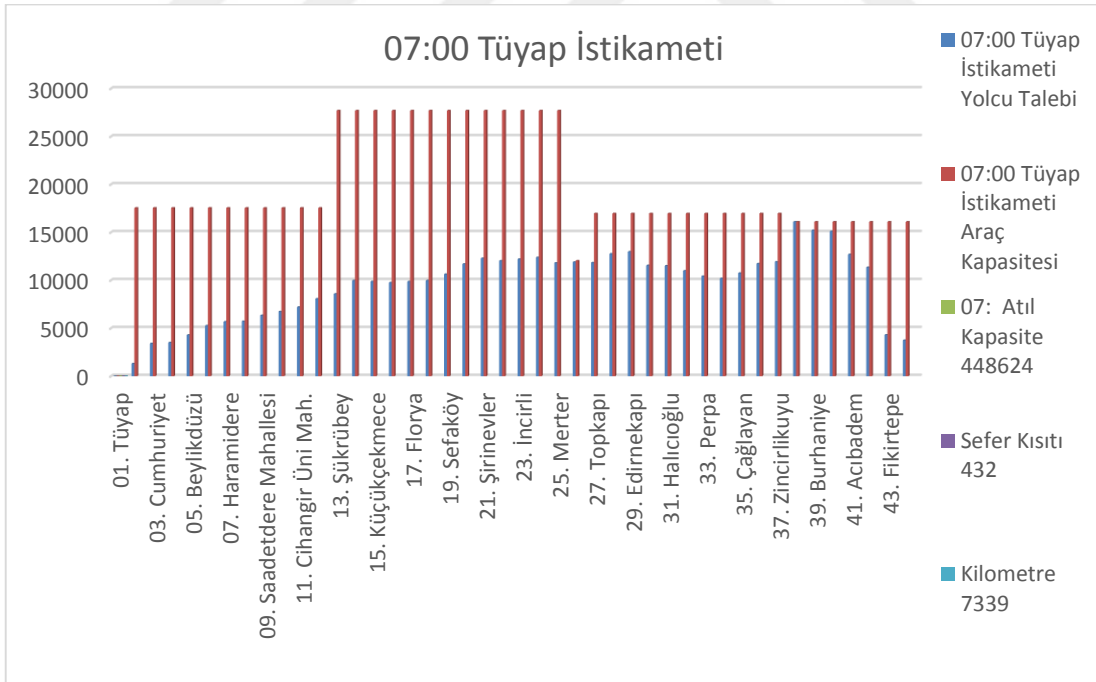
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	10	10	10	0	60
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	121	52	52	0	3775,2
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	73	18,6	18,6	0	814,68
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR- ZİNCİRLİKUYU	30	16	28,1	28,1	505,8	269,76
34AS AVCILAR- SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP- ZİNCİRLİKUYU	67	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP- CEVİZLİBAĞ	47	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU- SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	220	8411,9	8199,4	5047,14	4919,64
Değişim %	21,7		2,5		2,5	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3712,5		11233,1		25434,5	

**Tablo 21:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	13	10	10	0	78
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	0	52	52	0	0
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	83	18,6	18,6	0	926,28
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	117	11,3	11,3	0	793,26
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	0	28,1	28,1	488,94	0
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	108	28,6	28,6	909,48	1853,28
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	111	11,3	11,3	474,6	752,58
TOPLAM	271	432	7949,1	7339	4769,46	4403,4
Değişim %	-59,4		7,6		7,6	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	7290		10054,4		22765,5	



**Şekil 19:** Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 20:** Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



Tablo 20 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %21,7 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %2,52 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 21 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %59,4 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %7,67 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Atıl kapasite ilk durumda 814.898 iken optimizasyon sonucunda 689.763 olduğu hesaplanmıştır.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 22’de verilmiştir.

**Tablo 22:** 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap İstikameti Kazanç ₺	11,4
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	1979,6
Toplam Kazanç ₺	1991,1
Değişim %	2,41

#### **4.4.2 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısı Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktaları kullanılarak minimum sefer sayısı ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Sefer sayısının minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

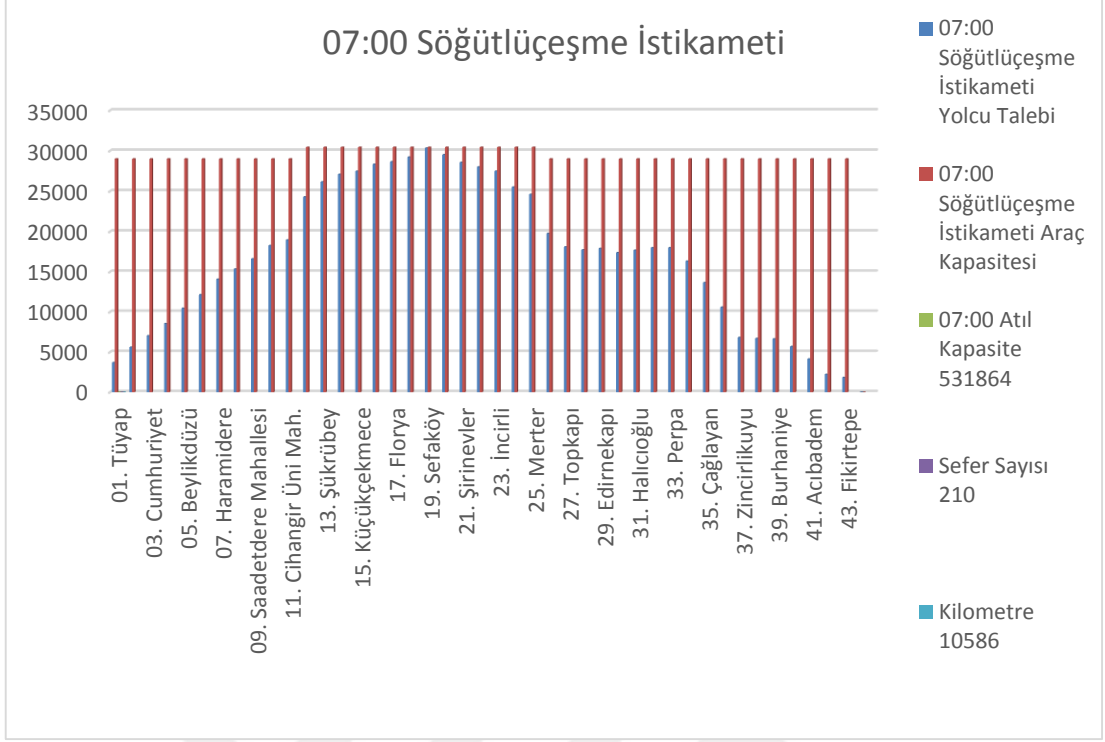
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 23:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

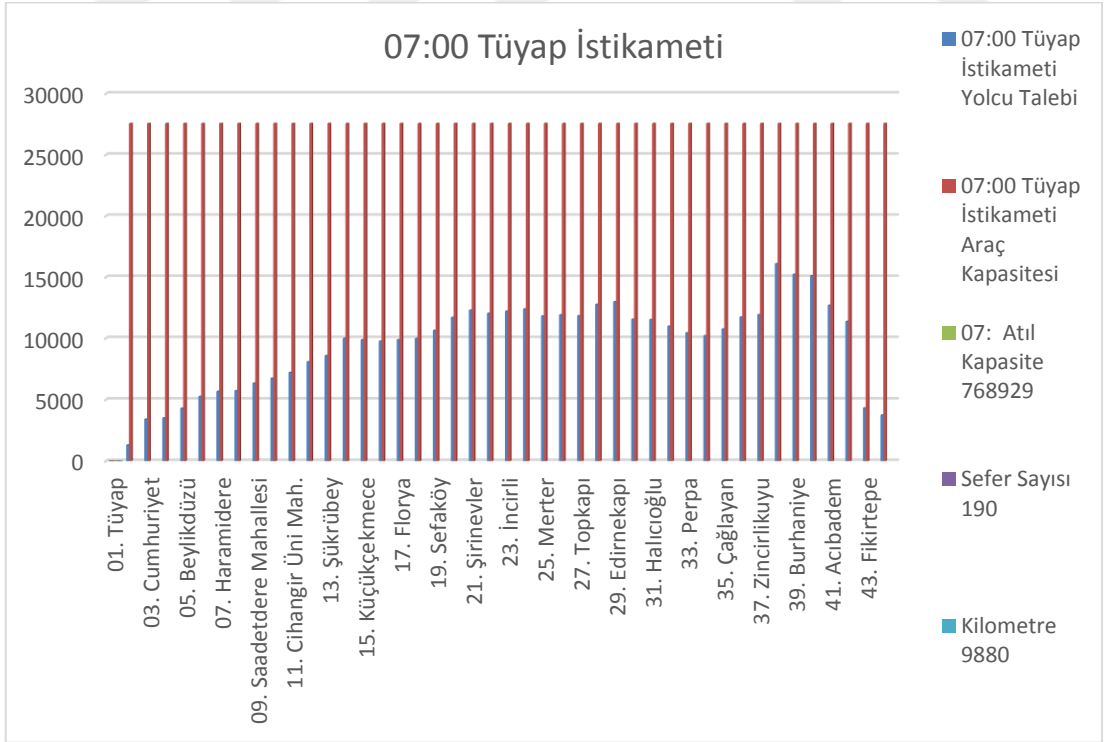
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	0	10	10	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	200	52	52	0	6240
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	10	18,6	18,6	0	111,6
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	210	8411,9	10586	5047,14	6351,6
Değişim %	25,26		-25,84		-25,84	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3543,7		14502,8		32837,7	

**Tablo 24:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	190	52	52	0	5928
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	0	18,6	18,6	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	0	28,1	28,1	488,94	0
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	271	190	7949,1	9880	4769,46	5928
Değişim %	29,8		-24,29		-24,29	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3206,2		13535,6		30647,7	



**Şekil 21:** Sefer Sayısına Göre Tüyaptan Söğütlüçesme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 22:** Sefer Sayısına Göre Söğütlüçesmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 23 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %25,26 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %25,84 oranında artış olduğu görülmektedir.

Tablo 24 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %29,88 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %24,29 oranında artış olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 25’de verilmiştir.

**Tablo 25 : 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu**

Tüyap İstikameti Kazanç ₺	-7268,1
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	-8524,4
Toplam Kazanç ₺	-15792,5
Değişim %	-19,14

#### **4.4.3 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometre Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve sefer sayısı dikkate alınmadan mevcut dönüş noktaları kullanılarak minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Toplam kilometrenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

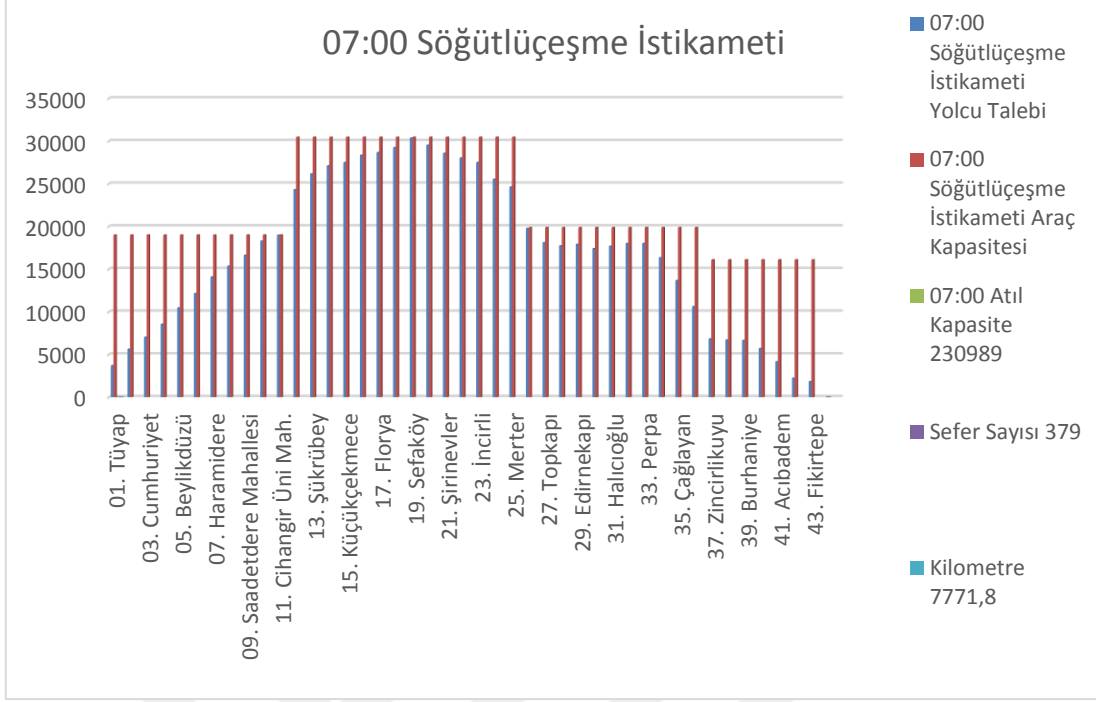
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 26:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

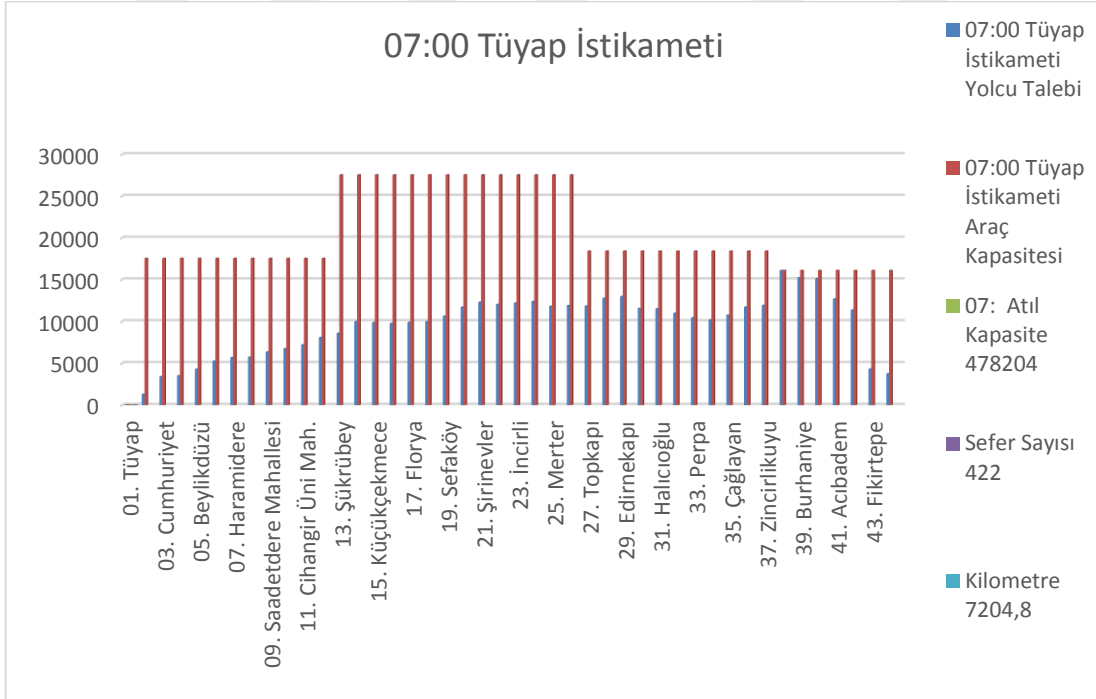
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	58	10	10	0	348
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	52	52	0	0
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	137	28,1	28,1	505,8	2309,82
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	73	28,6	28,6	806,52	1252,68
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	111	11,3	11,3	474,6	752,58
TOPLAM	281	379	8411,9	7771,8	5047,14	4663,08
Değişim %	-34,8		7,6		7,6	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	6395,6		10647,3		24108,1	

**Tablo 27:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	121	10	10	0	726
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	0	52	52	0	0
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	63	18,6	18,6	0	703,08
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	127	28,1	28,1	488,94	2141,22
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	111	11,3	11,3	474,6	752,58
TOPLAM	271	422	7949,1	7204,8	4769,46	4322,88
Değişim %	-55,7		9,3		9,3	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	7121,2		9870,5		22349,2	



**Şekil 23:** Toplam Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüçesme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 24:** Toplam Kilometreye Göre Söğütlüçesmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



Tablo 26 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %34,87 oranında artış olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %7,6 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 27 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %55,71 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %9,36 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 28 de verilmiştir.

**Tablo 28:** 07-00:08:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap İstikameti Kazanç ₺	780,3
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	1208,7
Toplam Kazanç ₺	1989,1
Değişim %	2,41

#### **4.4.4 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı ve minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için mevcut dönüş noktaları kullanılarak önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Maliyetin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

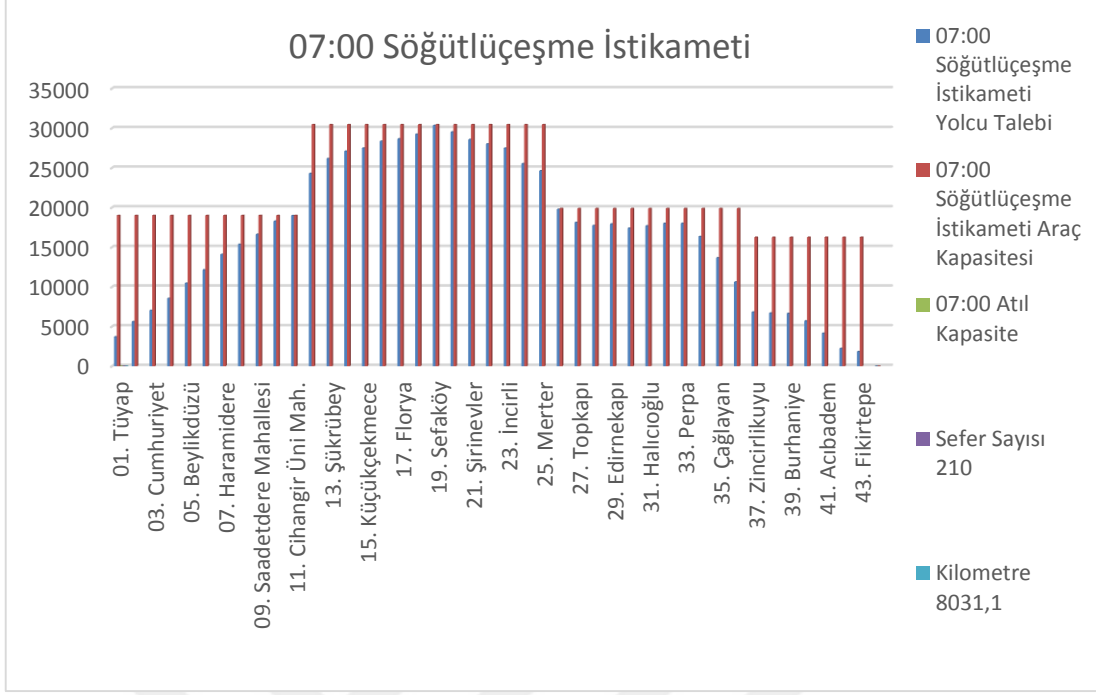
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 29:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

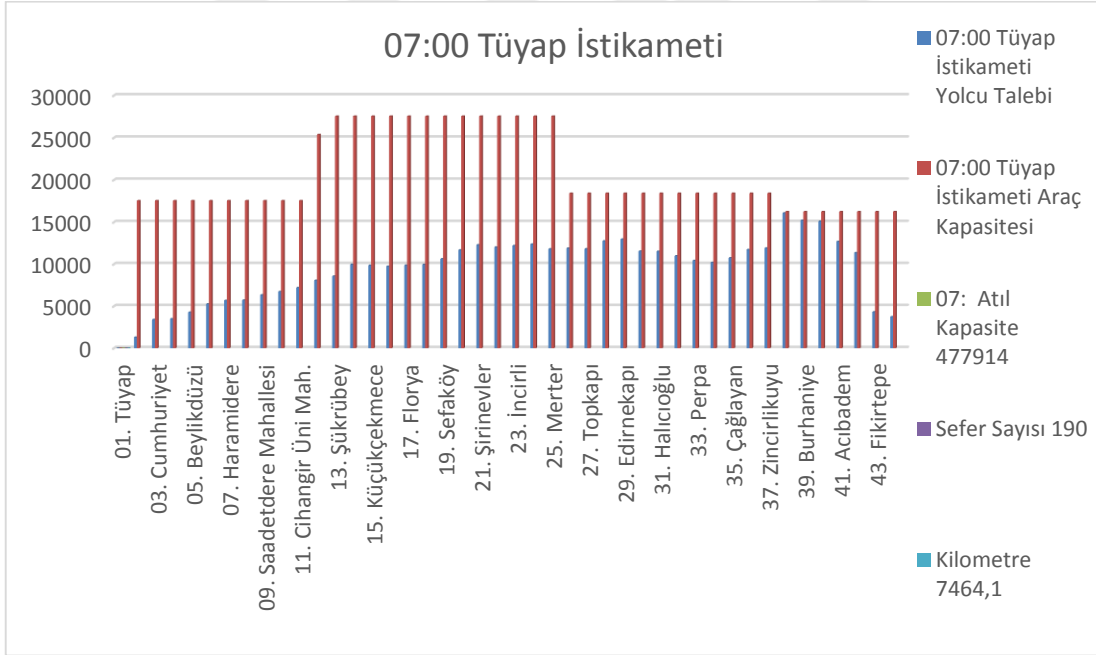
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	0	10	10	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	58	52	52	0	1809,6
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	25	28,1	28,1	505,8	421,5
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	54	41,2	41,2	1656,24	1334,88
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	73	28,6	28,6	806,52	1252,68
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	210	8411,9	8031,1	5047,14	4818,66
Değişim %	25,26		4,52		4,52	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3543,7		11002,6		24912,4	

**Tablo 30:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	58	52	52	0	1809,6
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	0	18,6	18,6	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	15	28,1	28,1	488,94	252,9
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	54	41,2	41,2	1507,92	1334,88
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	63	28,6	28,6	909,48	1081,08
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	271	190	7949,1	7464,1	4769,46	4478,46
Değişim %	29,88		6,1		6,1	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3206,2		10225,8		23153,6	



**Şekil 25:** Maliyet Minimizasyonuna Göre Tüyaptan Söğütlüçleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 26:** Maliyet Minimizasyonuna Göre Söğütlüçleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 29 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %25,26 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %4,52 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 30 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %29,88 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %6,1 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 31’de verilmiştir.

**Tablo 31:** 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap İstikameti Kazanç ₺	3535,7
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	2901,06
Toplam Kazanç ₺	6436,85
Değişim %	7,8

#### **4.5 Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Mevkiine İmal Edilecek Dönüş Noktaları Kullanılarak Metrobüs Hat Optimizasyonu**

Metrobüs hattı üzerinde bulunan Tüyap, Avcılar, Cevizlibağ, Zincirlikuyu, Söğütlüçeşme dönüş noktalarına ek olarak Şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası modellemede kullanılmıştır. Ek yatırım maliyeti gerektiren çalışma modelinde; Tüyap-Avcılar, Tüyap-Şirinevler, Tüyap-Söğütlüçeşme, Avcılar – Şirinevler, Avcılar-Cevizlibağ, Şirinevler-Cevizlibağ, Şirinevler-Zincirlikuyu, Şirinevler-Söğütlüçeşme, Cevizlibağ-Zincirlikuyu, Cevizlibağ-Söğütlüçeşme yeni hatlar olarak tanımlanmıştır. Metrobüs hattının minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı, minimum kilometre ve maliyet minimizasyonu olmak üzere dört farklı amaç için Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

#### **4.5.1 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Atıl Kapasite Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin sefer sayısı ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktalarına ek olarak şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da kullanılarak minimum atıl kapasite ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Atıl kapasitenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyaş veya Söğütluçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

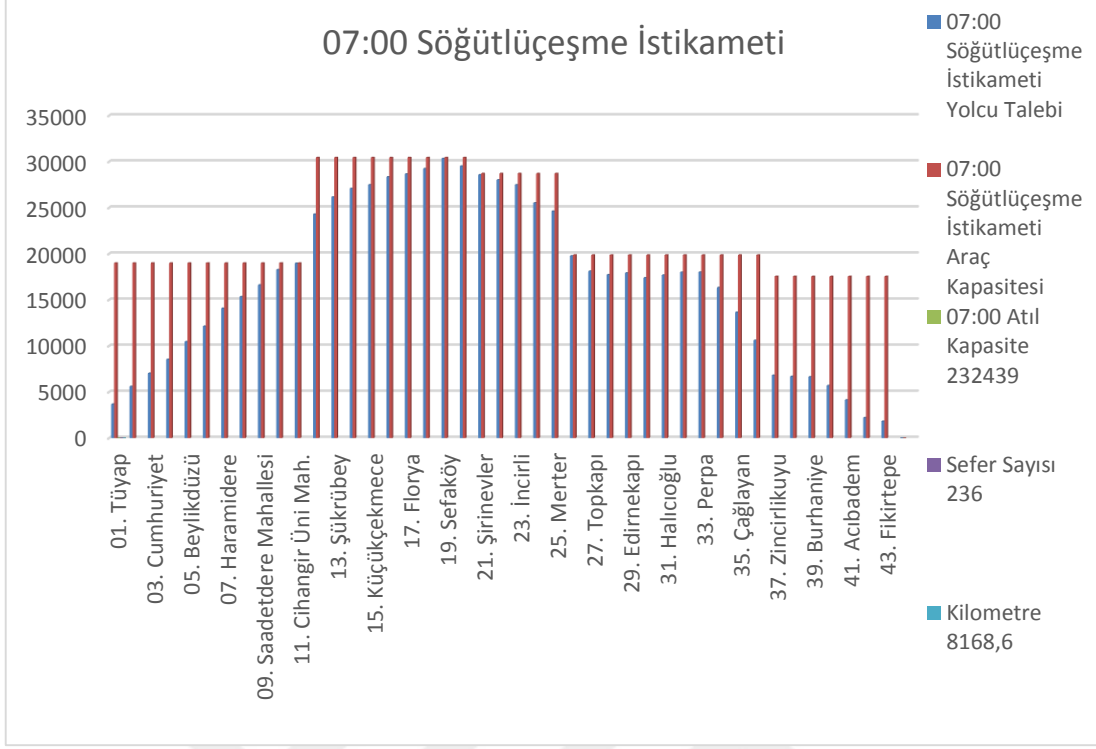
**Tablo 32:** 07:00 Söğütluçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	10	10	10	0	60
TÜYAP - ŞİRİNEVLER	0	0	22,3	22,3	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	121	52	52	0	3775,2
AVCILAR - ŞİRİNEVLER	0	28	12,3	12,3	0	206,64
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	61	18,6	18,6	0	680,76
ŞİRİNEVLER - CEVİZLİBAĞ	0	0	6,3	6,3	0	0
ŞİRİNEVLER - ZİNCİRLİKUYU	0	16	18,6	18,6	0	178,56
ŞİRİNEVLER - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	28,9	28,9	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	236	8411,9	8168,6	5047,14	4901,16
Değişim %	16,01		2,89		2,89	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3982,5		11190,9		25338,9	

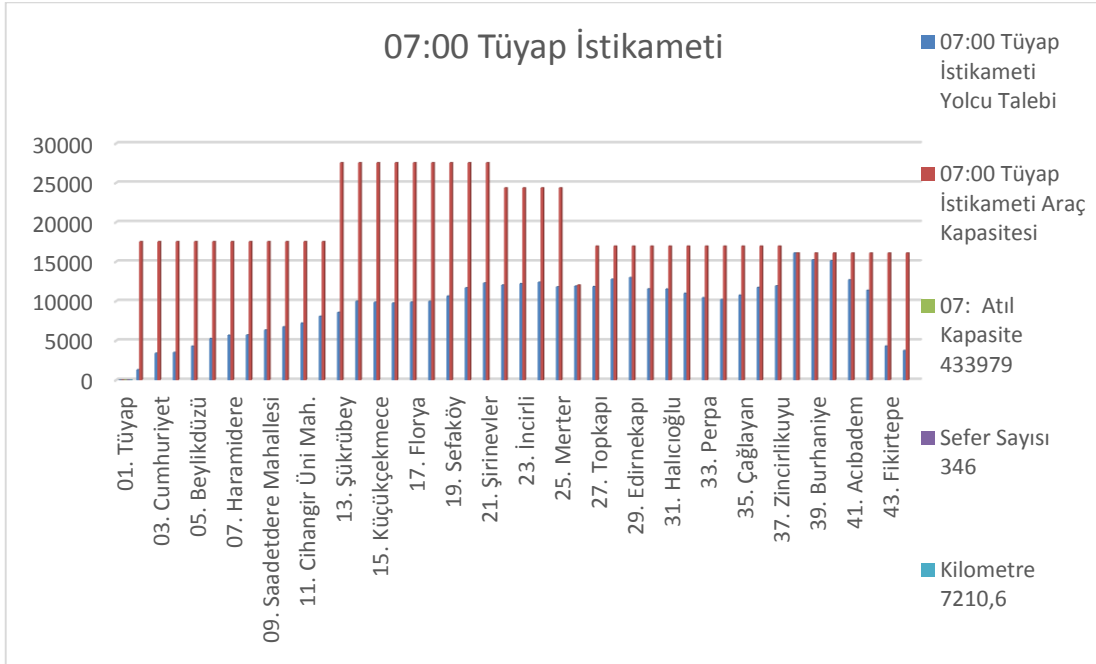
**Tablo 33:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
ŞİRİNEVLER - TÜYAP	0	0	22,3	22,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	36	52	52	0	1123,2
ŞİRİNEVLER - AVCILAR	0	22	12,3	12,3	0	162,36
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	47	18,6	18,6	0	524,52
CEVİZLİBAĞ - ŞİRİNEVLER	0	0	6,3	6,3	0	0
ZİNCİRLİKUYU - ŞİRİNEVLER	0	0	18,6	18,6	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME-ŞİRİNEVLER	0	0	28,9	28,9	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	81	11,3	11,3	0	549,18
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	0	28,1	28,1	488,94	0
34AS SÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	85	28,6	28,6	909,48	1458,6
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	75	11,3	11,3	474,6	508,5
TOPLAM	271	346	7949,1	7210,6	4769,46	4326,36
Değişim %	-27,6		9,29		9,29	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	5838,7		9878,5		22367,2	





**Şekil 27:** Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüçesme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 28:** Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüçesmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 32 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %16,01 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %2,89 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 33 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %27,67 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %9,2 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Atıl kapasite ilk durumda 814.898 iken optimizasyon sonucunda 666.418 olduğu hesaplanmıştır.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 34 de verilmiştir.

**Tablo 34:** 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap İstikameti Kazanç ₺	2036,9
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	1847,4
Toplam Kazanç ₺	3884,3
Değişim %	4,7

#### **4.5.2 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Sefer Sayısı Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktalarına ek olarak şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da kullanılarak minimum sefer sayısı ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Sefer sayısının minimum olması

Değişkenler :Hatlarla göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlarla göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

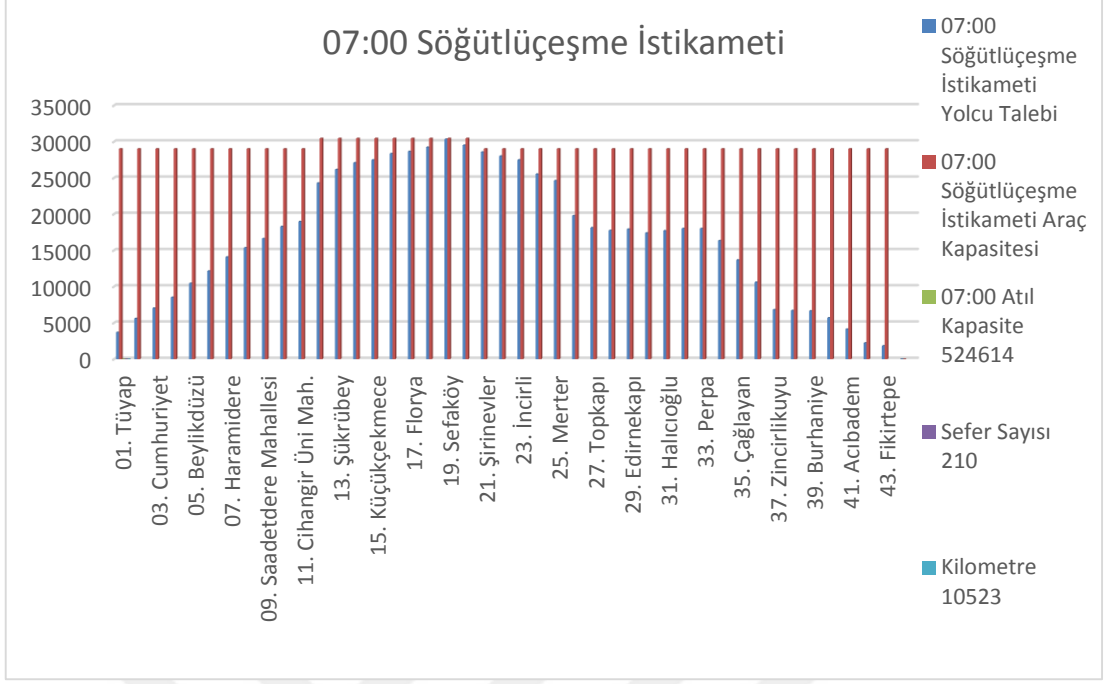
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 35:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

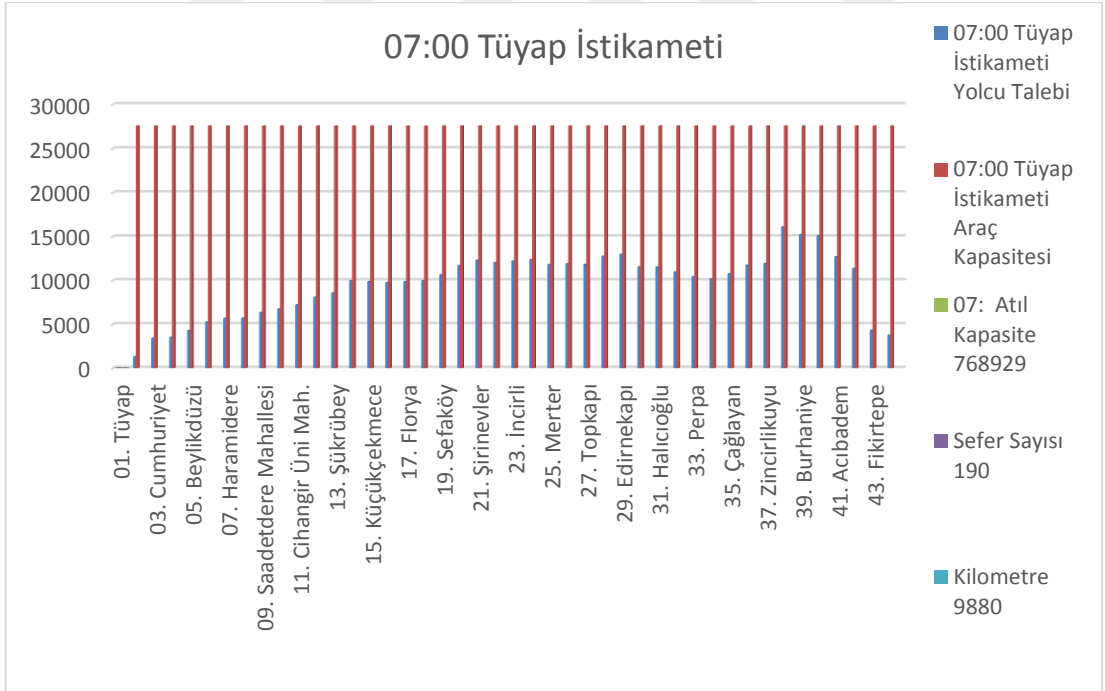
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	0	10	10	0	0
TÜYAP - ŞİRİNEVLER	0	0	22,3	22,3	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	200	52	52	0	6240
AVCILAR - ŞİRİNEVLER	0	10	12,3	12,3	0	73,8
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - CEVİZLİBAĞ	0	0	6,3	6,3	0	0
ŞİRİNEVLER - ZİNCİRLİKUYU	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	28,9	28,9	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	210	8411,9	10523	5047,14	6313,8
Değişim %	25,26		-25,09		-25,09	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3543,7		14416,5		32642,3	

**Tablo 36:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
ŞİRİNEVLER - TÜYAP	0	0	22,3	22,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	190	52	52	0	5928
ŞİRİNEVLER - AVCILAR	0	0	12,3	12,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	0	18,6	18,6	0	0
CEVİZLİBAĞ - ŞİRİNEVLER	0	0	6,3	6,3	0	0
ZİNCİRLİKUYU - ŞİRİNEVLER	0	0	18,6	18,6	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME-ŞİRİNEVLER	0	0	28,9	28,9	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	0	28,1	28,1	488,94	0
34AS SÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	0	11,3	11,3	474,6	0
<b>TOPLAM</b>	<b>271</b>	<b>190</b>	<b>7949,1</b>	<b>9880</b>	<b>4769,46</b>	<b>5928</b>
Değişim %	29,88		-24,29		-24,29	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3206,2		13535,6		30647,7	



**Şekil 29:** Sefer Sayısına Göre Tüyaptan Söğütlüçleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 30:** Sefer Sayısına Göre Söğütlüçleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 35 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %25,26 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %25,09 oranında artış olduğu görülmektedir.

Tablo 36 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %29,88 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %24,29 oranında artış olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 37’de verilmiştir.

**Tablo 37:** 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap İstikameti Kazanç ₺	-7268,1
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	-8242,7
Toplam Kazanç ₺	-15510,8
Değişim %	-18,8

#### **4.5.3 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Toplam Kilometre Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin sefer sayısı ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktalarına ek olarak şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da kullanılarak minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Toplam kilometrenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

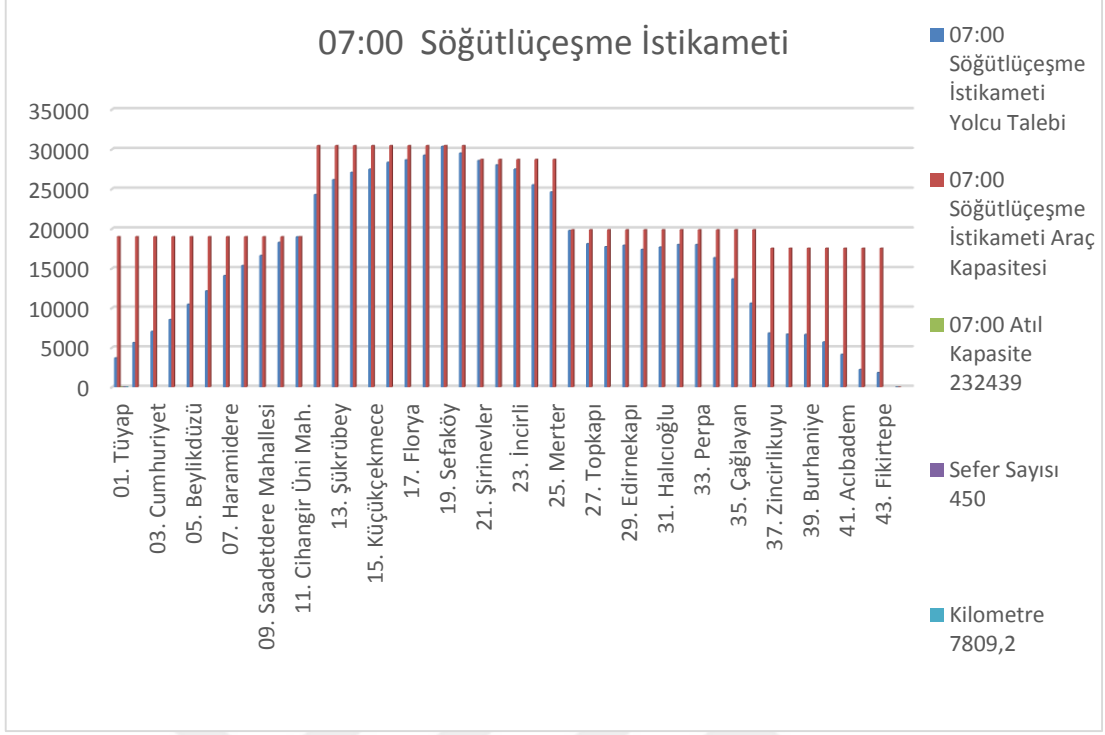
**Tablo 38:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	58	10	10	0	348
TÜYAP - ŞİRİNEVLER	0	73	22,3	22,3	0	976,74
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	52	52	0	0
AVCILAR - ŞİRİNEVLER	0	0	12,3	12,3	0	0
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - CEVİZLİBAĞ	0	61	6,3	6,3	0	230,58
ŞİRİNEVLER - ZİNCİRLİKUYU	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	28,9	28,9	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	137	28,1	28,1	505,8	2309,82
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	121	11,3	11,3	474,6	820,38
TOPLAM	281	450	8411,9	7809,2	5047,14	4685,52
Değişim %	-60,14		7,16		7,16	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	7593,7		10698,6		24224,1	

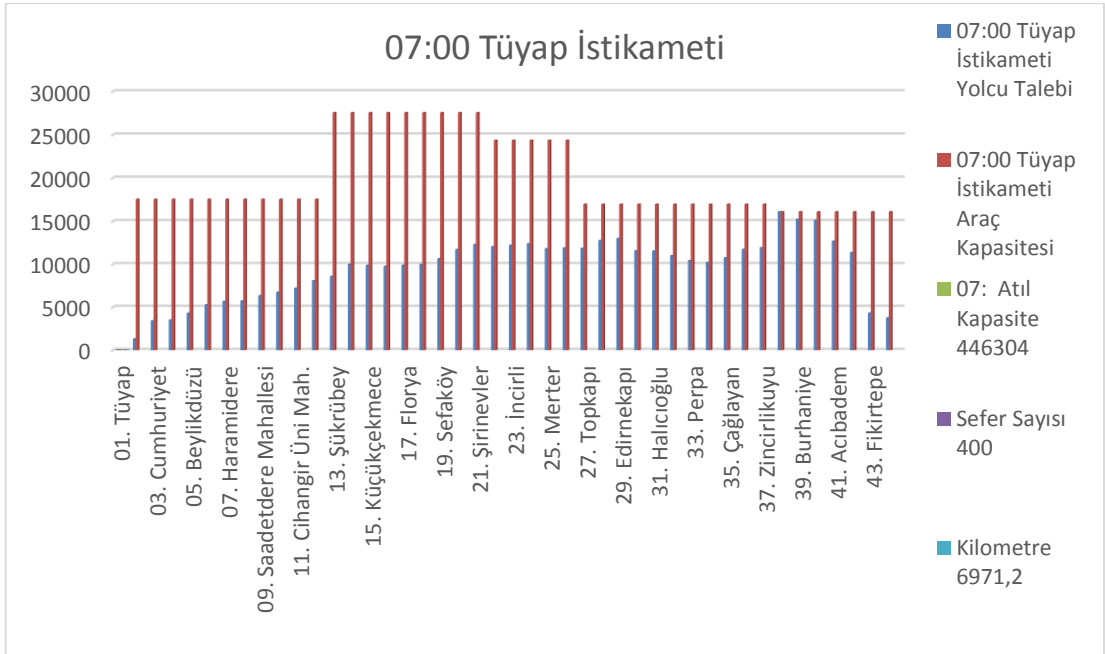
**Tablo 39:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunlu ğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunlu ğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	99	10	10	0	594
ŞİRİNEVLER - TÜYAP	0	22	22,3	22,3	0	294,36
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	0	52	52	0	0
ŞİRİNEVLER - AVCILAR	0	0	12,3	12,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	51	18,6	18,6	0	569,16
CEVİZLİBAĞ - ŞİRİNEVLER	0	0	6,3	6,3	0	0
ZİNCİRLİKUYU - ŞİRİNEVLER	0	0	18,6	18,6	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME-ŞİRİNEVLER	0	0	28,9	28,9	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	117	28,1	28,1	488,94	1972,62
34AS SÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	111	11,3	11,3	474,6	752,58
TOPLAM	271	400	7949,1	6971,2	4769,46	4182,72
Değişim %	-47,6		12,3		12,3	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	6750		9550,5		21624,6	





**Şekil 31:** Minimum Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüçüşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 32:** Minimum Kilometreye Göre Söğütlüçüşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 38 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %60,14 oranında artış olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %7,16 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 39 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %47,6 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %12,3 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 40'da verilmiştir.

**Tablo 40:** 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap İstikameti Kazanç ₺	2196,2
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	-156,6
Toplam Kazanç ₺	2039,6
Değişim %	2,47

#### **4.5.4 07:00- 08:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Maliyet Minimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı ve minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için mevcut dönüş noktalarına ek olarak şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da kullanılarak önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 07:00-08:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Maliyetin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

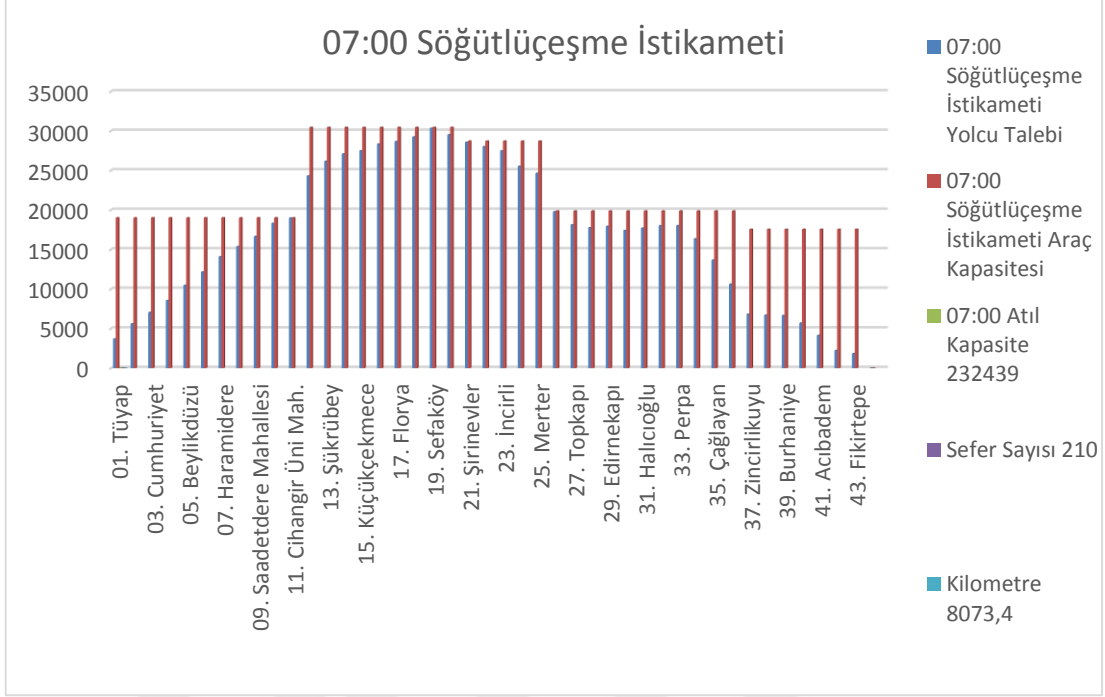
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 41:** 07:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Maliyete Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

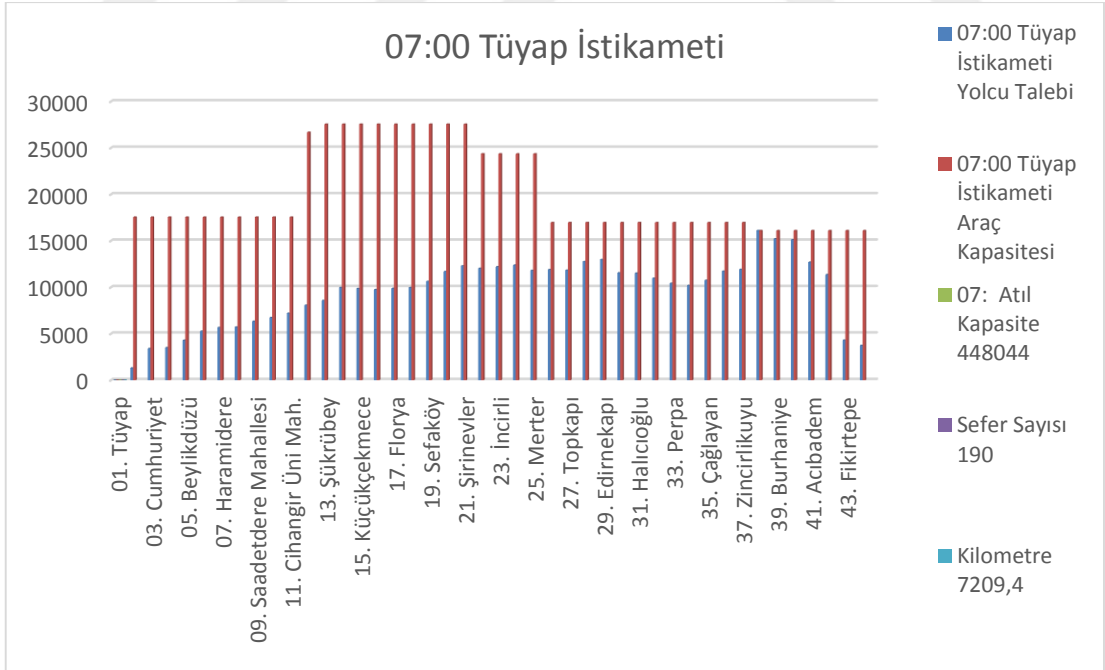
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	0	10	10	0	0
TÜYAP - ŞİRİNEVLER	0	12	22,3	22,3	0	160,56
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	58	52	52	0	1809,6
AVCILAR - ŞİRİNEVLER	0	0	12,3	12,3	0	0
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - CEVİZLİBAĞ	0	0	6,3	6,3	0	0
ŞİRİNEVLER - ZİNCİRLİKUYU	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	28,9	28,9	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	30	16	28,1	28,1	505,8	269,76
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	67	63	41,2	41,2	1656,24	1557,36
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	67	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	47	61	28,6	28,6	806,52	1046,76
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	70	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	210	8411,9	8073,4	5047,14	4844,04
Değişim %	25,26		4,02		4,02	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11524,3		26093,7	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3543,7		11060,5		25043,6	

**Tablo 42:** 07:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Maliyete Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
ŞİRİNEVLER - TÜYAP	0	22	22,3	22,3	0	294,36
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	48	52	52	0	1497,6
ŞİRİNEVLER - AVCILAR	0	0	12,3	12,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	0	18,6	18,6	0	0
CEVİZLİBAĞ - ŞİRİNEVLER	0	0	6,3	6,3	0	0
ZİNCİRLİKUYU - ŞİRİNEVLER	0	0	18,6	18,6	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME-ŞİRİNEVLER	0	0	28,9	28,9	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	29	6	28,1	28,1	488,94	101,16
34AS SÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	61	63	41,2	41,2	1507,92	1557,36
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	58	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	53	51	28,6	28,6	909,48	875,16
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	70	0	11,3	11,3	474,6	0
<b>TOPLAM</b>	<b>271</b>	<b>190</b>	<b>7949,1</b>	<b>7209,4</b>	<b>4769,46</b>	<b>4325,64</b>
Değişim %	29,88		9,3		9,3	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10890,2		24658,1	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3206,2		9876,8		22363,5	



**Şekil 33:** Minimum Maliyete Göre Tüyaptan Söğütlüçesme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 34:** Minimum Maliyete Göre Söğütlüçesmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 41 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %25,26 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %4,02 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 42 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %29,88 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %9,3 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 43’de verilmiştir.

**Tablo 43:** 07:00-08:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

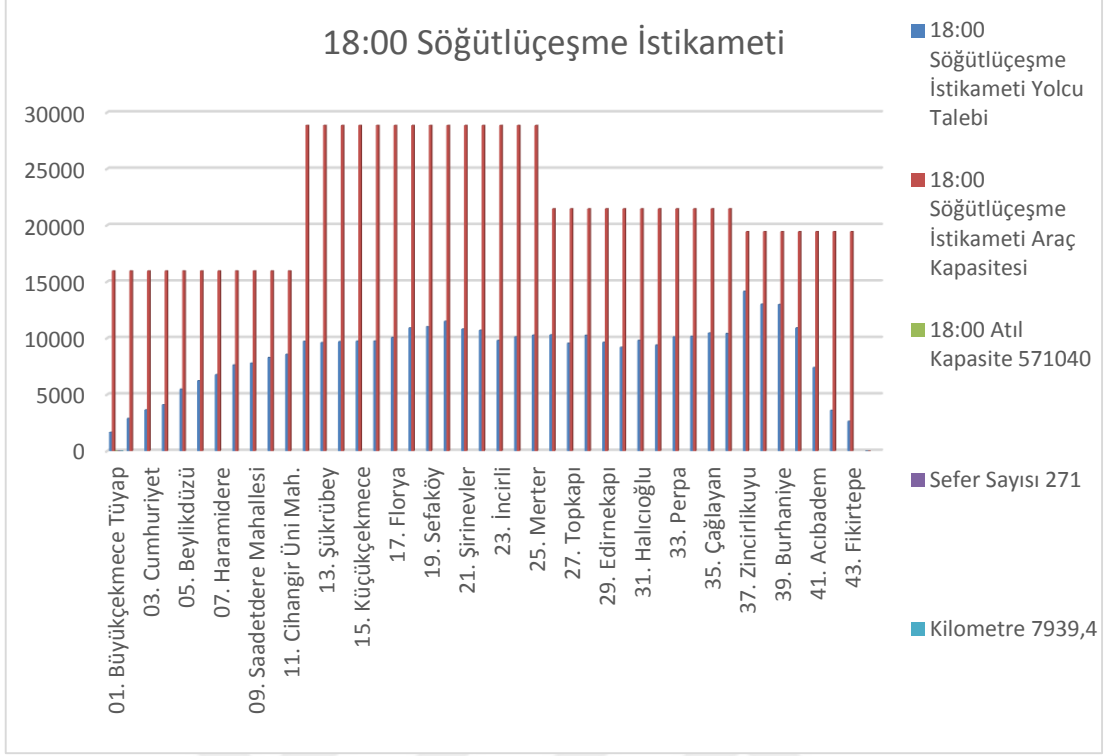
Tüyap İstikameti Kazanç ₺	4674,8
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	2711,8
Toplam Kazanç ₺	7386,7
Değişim %	8,9

#### 4.6 18:00-19:00 Saatleri Arasında Mevcut Durum Analizi

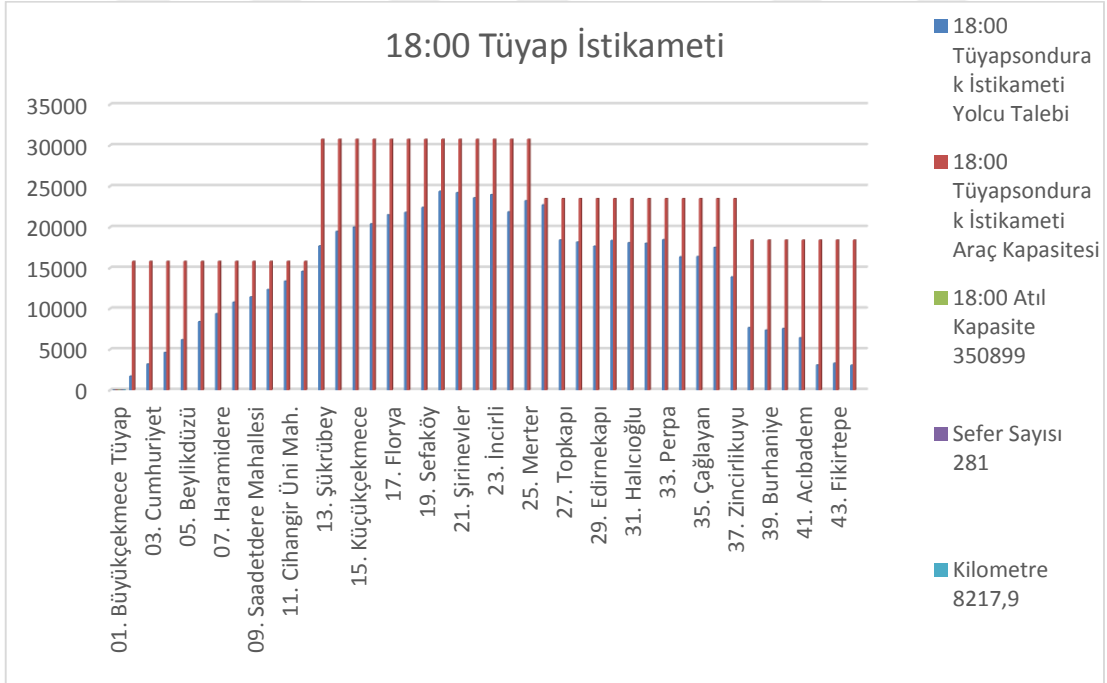
İstanbul metrobüs hattı istasyonlar arası yolculuk talepleri, kullanılan hat güzergâh bilgileri ve araç içi kapasite verileri ele alınarak sabah ve akşam yoğun saatlerde mevcut durum incelemesi yapılarak istasyonlarda oluşan yolcu taleplerinin sunulan araç kapasitesi ile karşılanması incelenmiştir.

**Tablo 44:** 18:00-19:00 Saat Aralığında Mevcut Durumda Hatlara Göre Araç Dağılımı Tablosu

Hatlar	Planlanan Saatlik Araç Hareketleri (Söğütlüçeşme İstikameti)	Planlanan Saatlik Araç Hareketleri (Tüyap İstikameti)
34 (Avcılar-Zincirlikuyu)	27	45
34AS(Avcılar-Söğütlüçeşme)	62	58
34BZ(Tüyap-Zincirlikuyu)	59	59
34C(Tüyap-Cevizlibağ)	51	50
34Z(Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme)	72	69



**Şekil 35:** Mevcut Durumda Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Yük Kapasite Oranı



**Şekil 36:** Mevcut Durumda Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Yük Kapasite Oranı

Tüyap metrobüs istasyonundan Söğütlüçeşme metrobüs istasyonu istikametine ve Söğütlüçeşme metrobüs istasyonundan Tüyap metrobüs istasyonu istikametine çift yönlü hattın incelenmesi ve metrobüs istasyonlarında oluşan yolcu birikmelerini ele aldığımızda Söğütlüçeşme ve Tüyap istikametlerinde yolcu talepleri sunulan araç için kapasite ile karşılanabilgiği görülmektedir. Hattın kırılma noktası ve en yoğun kesiti olan Sefaköy, Yenibosna, Şirinevler istasyonlarıdır. Hat genelinde atıl kapasitenin fazla olması işletme maliyetlerinin düşürülebilmesi için fırsatlar sunmaktadır. Yeni araç ve sefer tanımlarının yapılması ile Metrobüs hattı 3 farklı senaryo başlığı altında Atıl Kapasite, Sefer Sayısı, Minimum Kilometre ve Maliyet minimizasyonu başlıkları altında incelenecektir.

#### **4.6.1 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Atıl Kapasite Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin sefer sayısı ve toplam kilometre dikkate alınmadan minimum atıl kapasite ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Atıl kapasitenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

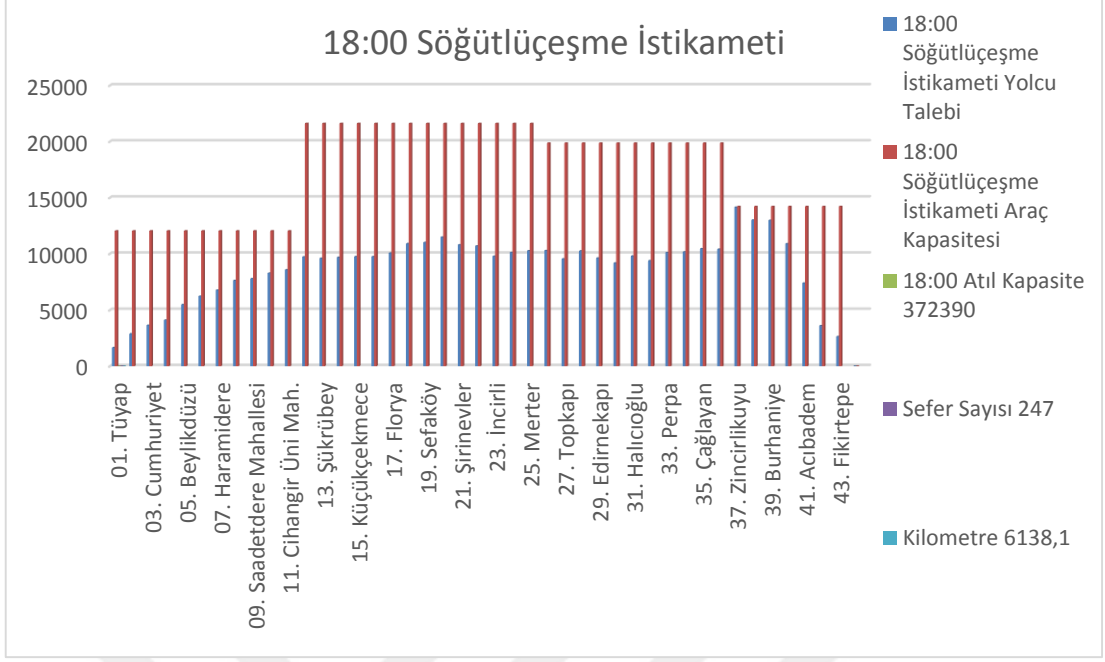


**Tablo 45:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

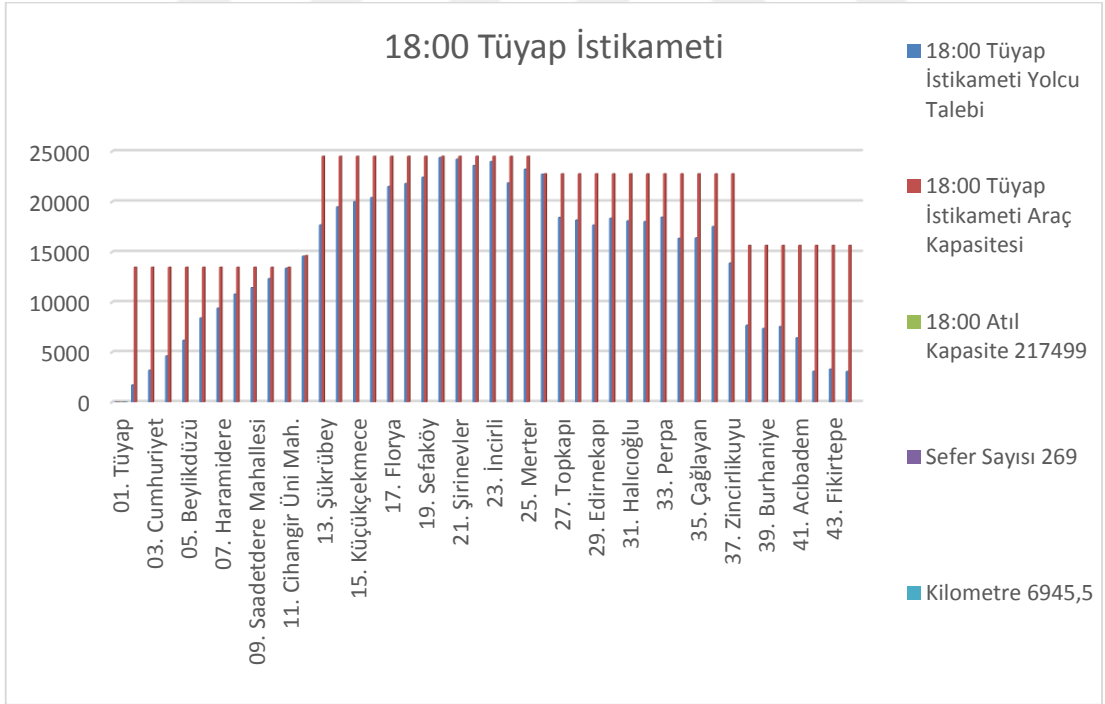
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	66	28,1	28,1	505,8	1112,76
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	71	39,9	39,9	1603,98	1699,74
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	12	28,6	28,6	806,52	205,92
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	98	11,3	11,3	474,6	664,44
TOPLAM	271	247	7939,4	6138,1	4763,64	3682,86
Değişim %	8,85		22,68		22,68	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628,01	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	4168,1		8409,1		19040,38	

**Tablo 46:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	68	28,1	28,1	488,94	1146,48
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	8	41,2	41,2	1507,92	197,76
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	81	39,9	39,9	1388,52	1939,14
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	12	28,6	28,6	909,48	205,92
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	100	11,3	11,3	474,6	678
TOPLAM	281	269	8217,9	6945,5	4930,74	4167,3
Değişim %	4,27		15,48		15,48	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	4539,3		9515,3		21544,9	



**Şekil 37:** Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 38:** Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 45 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %8,85 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %22,68 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 46 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %4,27 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %15,48 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Atıl kapasite ilk durumda 793.003 iken optimizasyon sonucunda 5589.889 olduğu hesaplanmıştır.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüya istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 47’de verilmiştir.

**Tablo 47:** 18:00-19:00 Mevcut Durumda Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	8460,4
Tüyap İstikameti Kazanç ₺	5892,6
Toplam Kazanç ₺	14353,08
Değişim %	17,59

#### 4.6.2 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Sefer Sayısı Optimizasyonu

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve toplam kilometre dikkate alınmadan minimum sefer sayısı ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Sefer Sayısının minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

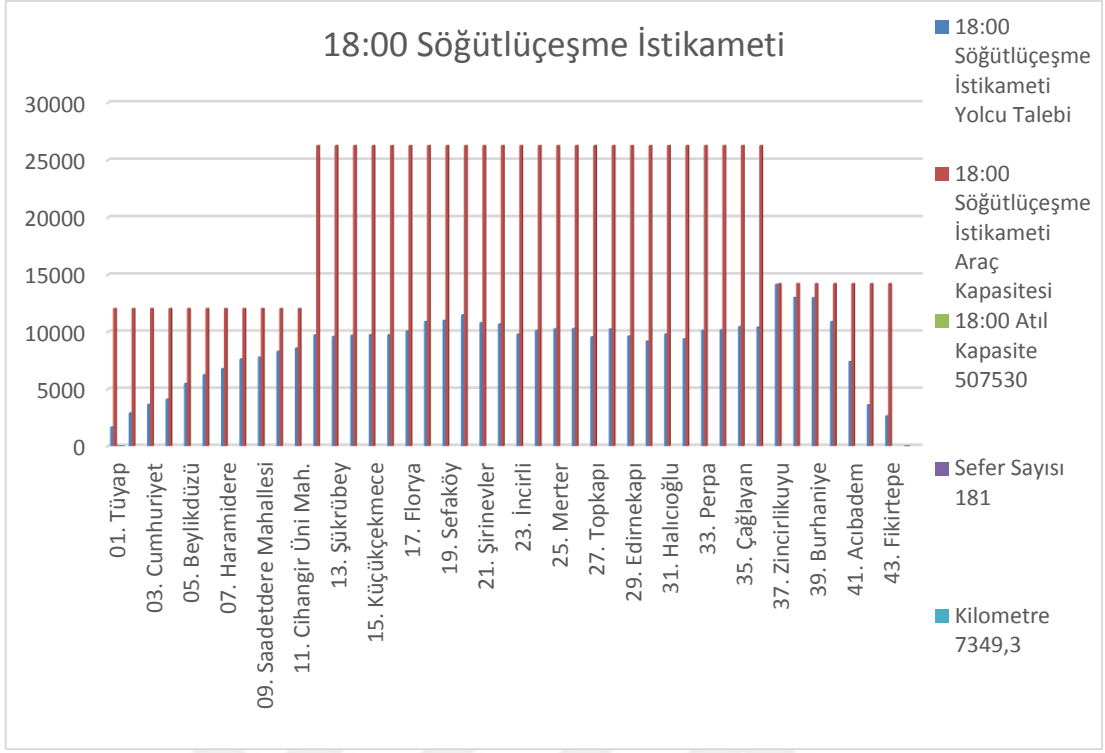
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

**Tablo 48:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

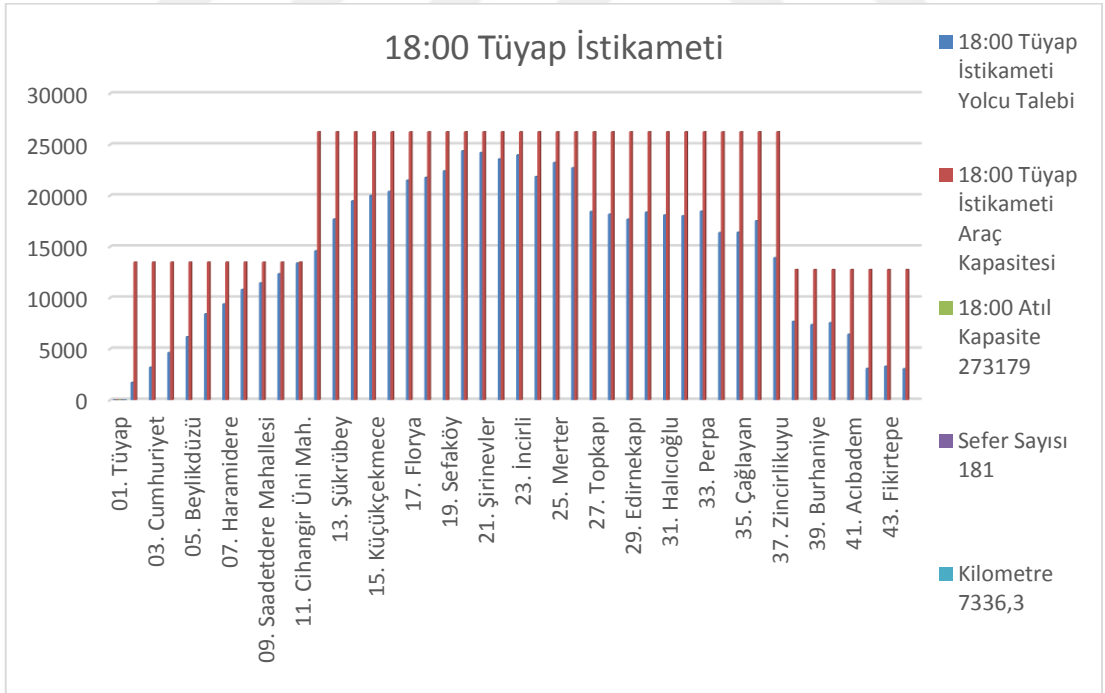
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	98	41,2	41,2	1656,24	2422,56
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	83	39,9	39,9	1603,98	1987,02
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	271	181	7939,4	7349,3	4763,64	4409,58
Değişim %	33,21		7,43		7,43	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628,01	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3054,3		10068,5		22797,5	

**Tablo 49:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	0	28,1	28,1	488,94	0
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	88	41,2	41,2	1507,92	2175,36
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	93	39,9	39,9	1388,52	2226,42
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	181	8217,9	7336,3	4930,74	4401,78
Değişim %	35,58		10,72		10,72	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3054,3		10050,7		22757,2	



**Şekil 39:** Sefer Sayısı Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 40:** Sefer Sayısına Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 48 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında % 33,21 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %7,43 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 49 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %35,58 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %10,72 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 50’de verilmiştir.

**Tablo 50:** 18:00-19:00 Mevcut Durumda Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	4157,6
Tüyap İstikameti Kazanç ₺	5630
Toplam Kazanç ₺	9787,6
Değişim %	11,99

#### 4.6.3 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Kilometre Optimizasyonu

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve sefer sayısı dikkate alınmadan minimum Kilometre ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Toplam Kilometrenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

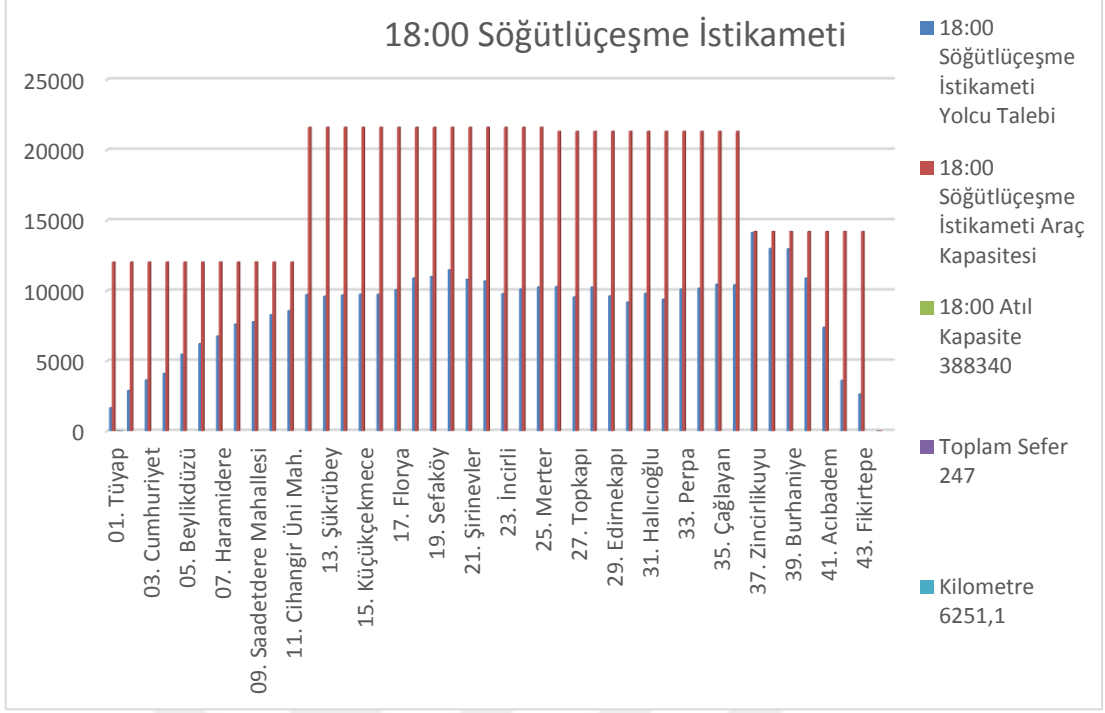
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

**Tablo 51:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

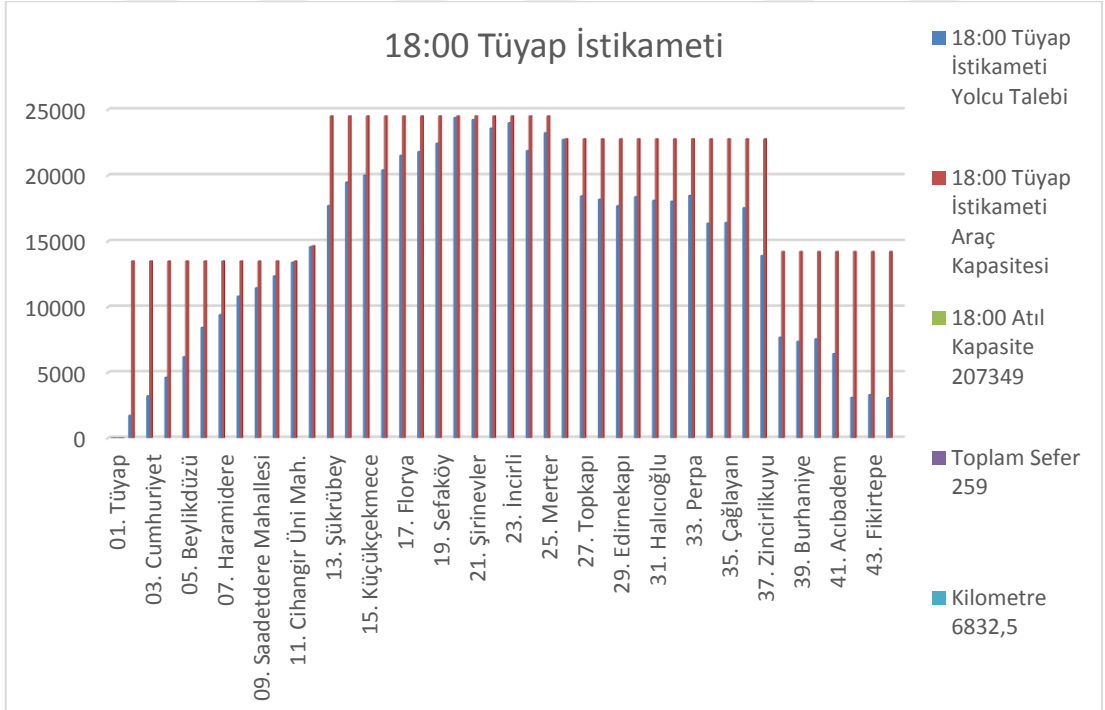
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	66	28,1	28,1	505,8	1112,76
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	81	39,9	39,9	1603,98	1939,14
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	2	28,6	28,6	806,52	34,32
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	98	11,3	11,3	474,6	664,44
TOPLAM	271	247	7939,4	6251,1	4763,64	3750,66
Değişim %	8,85		21,26		21,26	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628,01	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	4168,1		8564		19390,9	

**Tablo 52:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	68	28,1	28,1	488,94	1146,48
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	8	41,2	41,2	1507,92	197,76
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	81	39,9	39,9	1388,52	1939,14
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	12	28,6	28,6	909,48	205,92
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	90	11,3	11,3	474,6	610,2
TOPLAM	281	259	8217,9	6832,5	4930,74	4099,5
Değişim %	7,82		16,85		16,85	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	4370,6		9360,5		21194,4	



**Şekil 41:** Toplam Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 42:** Toplam Kilometreye Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



Tablo 51 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %8,85 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %21,26 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 52 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %7,82 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %16,85 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 53’de verilmiştir.

**Tablo 53:** 18:00-19:00 Mevcut Durumda Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	7955
Tüyap İstikameti Kazanç ₺	6566,7
Toplam Kazanç ₺	14521,8
Değişim %	17,8

#### 4.6.4 18:00- 18:00 Saatleri Arasında Maliyet Minimizasyonu

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı ve minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Maliyetin minimum olması

Değişkenler :Hatlarla göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlarla göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

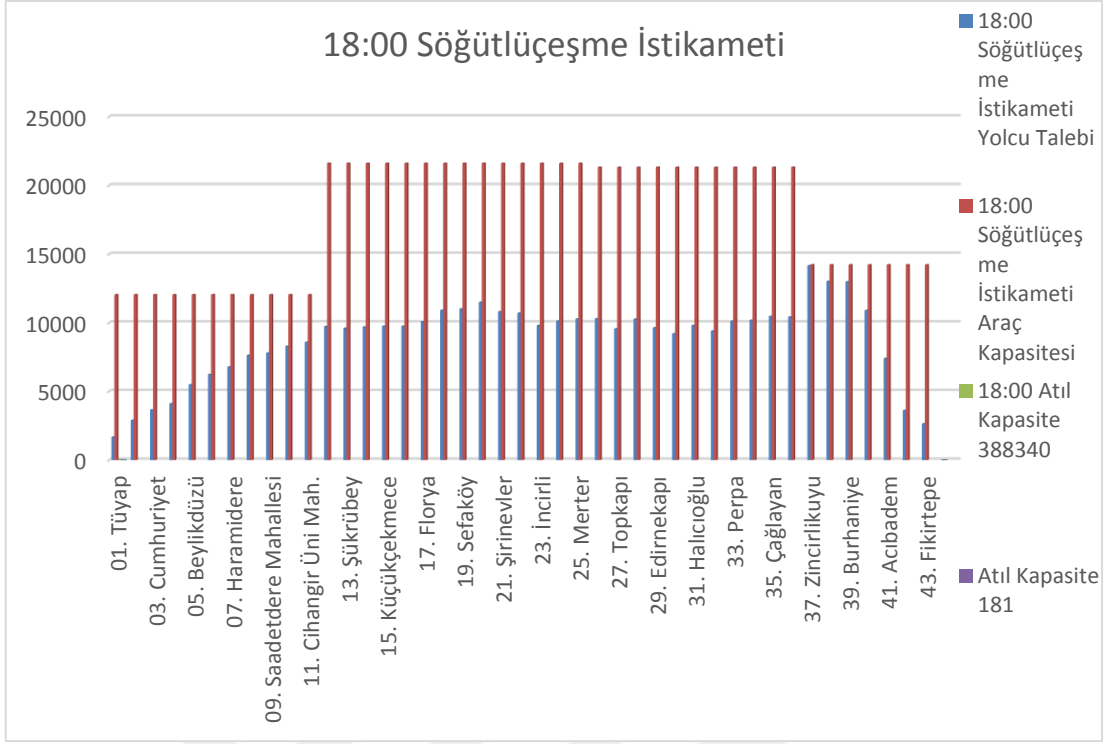
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

**Tablo 54:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Durum ile Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

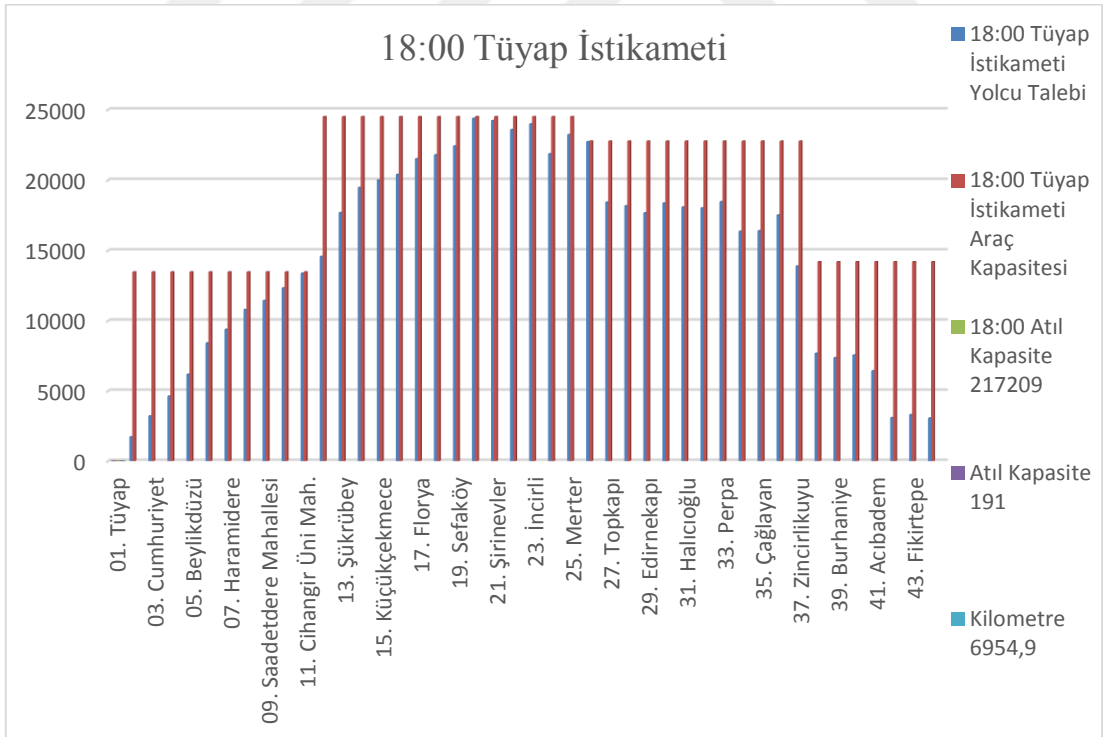
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	66	41,2	41,2	1656,24	1631,52
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	81	39,9	39,9	1603,98	1939,14
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	2	28,6	28,6	806,52	34,32
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	32	11,3	11,3	474,6	216,96
<b>TOPLAM</b>	<b>271</b>	<b>181</b>	<b>7939,4</b>	<b>6369,9</b>	<b>4763,64</b>	<b>3821,94</b>
Değişim %	33,21		19,76		19,76	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628,01	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3054,3		8726,7		19759,4	

**Tablo 55:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Durum ile Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	0	28,1	28,1	488,94	0
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	76	41,2	41,2	1507,92	1878,72
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	81	39,9	39,9	1388,52	1939,14
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	12	28,6	28,6	909,48	205,92
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	22	11,3	11,3	474,6	149,16
<b>TOPLAM</b>	<b>281</b>	<b>191</b>	<b>8217,9</b>	<b>6954,9</b>	<b>4930,74</b>	<b>4172,94</b>
Değişim %	32,02		15,36		15,36	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3223,1		9528,2		21574,09	



**Şekil 43:** Maliyet Minimizasyonuna Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 44:** Maliyet Minimizasyonuna Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 54 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %33,21 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %19,76 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 55 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %32,02 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %15,36 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 56'de verilmiştir.

**Tablo 56:** 18:00-19:00 Mevcut Durumda Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	8537,5
Tüyap İstikameti Kazanç ₺	7166,8
Toplam Kazanç ₺	15704,4
Değişim %	19,25

#### **4.7 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Metrobüs Hat Optimizasyonu**

Metrobüs hattı üzerinde bulunan Tüyap, Avcılar, Cevizlibağ, Zincirlikuyu, Söğütlüçeşme dönüş noktaları kullanılmıştır. Hiçbir ek yatırım maliyeti gerekmeksizin tanımlanan Tüyap-Avcılar, Tüyap-Söğütlüçeşme, Avcılar-Cevizlibağ, Cevizlibağ-Zincirlikuyu, Cevizlibağ-Söğütlüçeşme yeni hatlar olarak tanımlanmıştır. Metrobüs hattının minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı, minimum kilometre ve maliyet minimizasyonu olmak üzere dört farklı amaç için Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

##### **4.7.1 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasite Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin sefer sayısı ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktaları kullanılarak minimum atıl kapasite ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Atıl kapasitenin minimum olması

Değişkenler :Hatlarla göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlarla göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

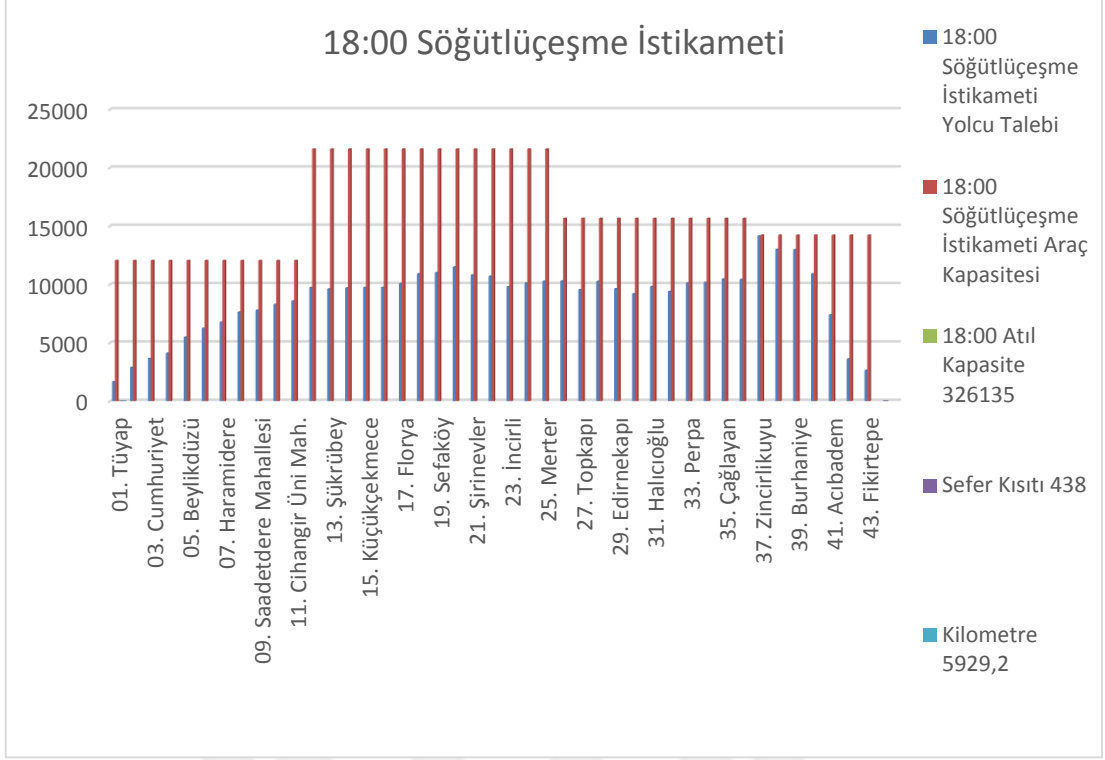
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

**Tablo 57:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

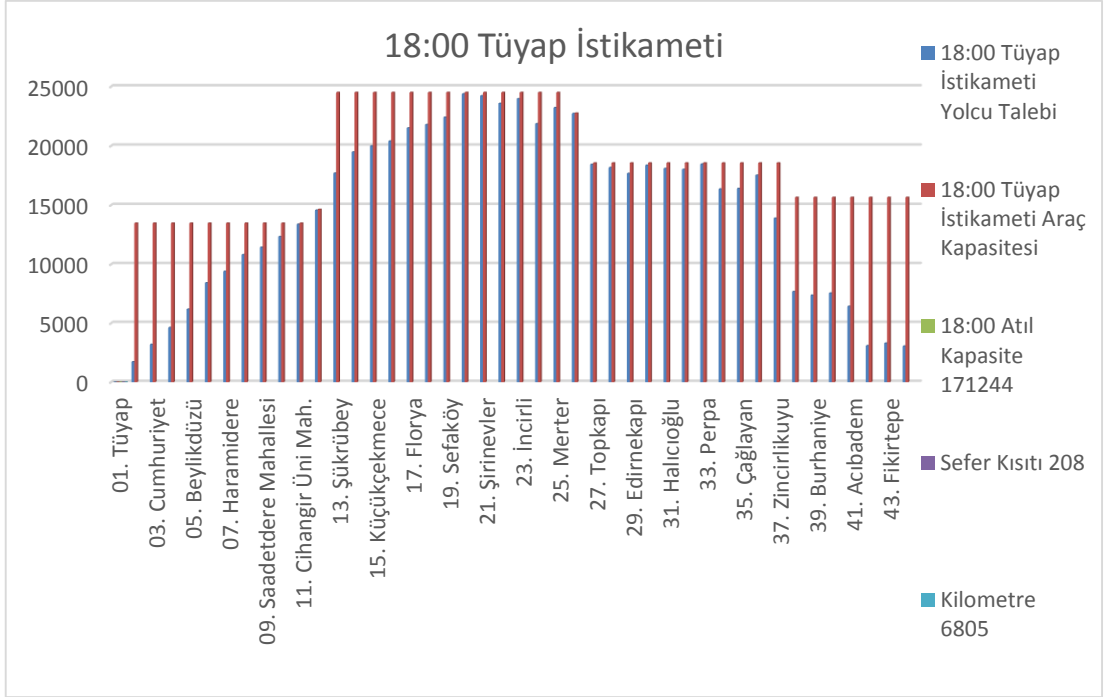
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	83	10	10	0	498
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	52	52	0	0
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	149	18,6	18,6	0	1662,84
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	108	11,3	11,3	0	732,24
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR- ZİNCİRLİKUYU	27	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR- SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP- ZİNCİRLİKUYU	59	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP- CEVİZLİBAĞ	51	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU- SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	98	11,3	11,3	474,6	664,44
TOPLAM	271	438	7939,4	5929,2	4763,64	3557,52
Değişim %	-61,62		25,31		25,31	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,12		10876,9		24628,01	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	7391,2		8123		18392,3	

**Tablo 58:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	81	52	52	0	2527,2
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	68	18,6	18,6	0	758,88
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	20	11,3	11,3	0	135,6
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	19	22,6	22,6	0	257,64
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	0	28,1	28,1	488,94	0
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	8	41,2	41,2	1507,92	197,76
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	12	28,6	28,6	909,48	205,92
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	0	11,3	11,3	474,6	0
<b>TOPLAM</b>	<b>281</b>	<b>208</b>	<b>8217,9</b>	<b>6805</b>	<b>4930,74</b>	<b>4083</b>
Değişim %	25,97		17,19		17,19	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	3510		9322,8		21109,1	



**Şekil 45:** Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 46:** Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 57 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %61,62 oranında artış olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %25,31 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 58 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %25,97 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %17,19 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Atıl kapasite ilk durumda 793.003 iken optimizasyon sonucunda 497.379 olduğu hesaplanmıştır.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 59’de verilmiştir.

**Tablo 59:** 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap Yönü Kazanç ₺	7550,3
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	6171,4
Toplam Kazanç ₺	13721,8
Değişim %	16,82

#### **4.7.2 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısı Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktaları kullanılarak minimum sefer sayısı ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Sefer sayısının minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması



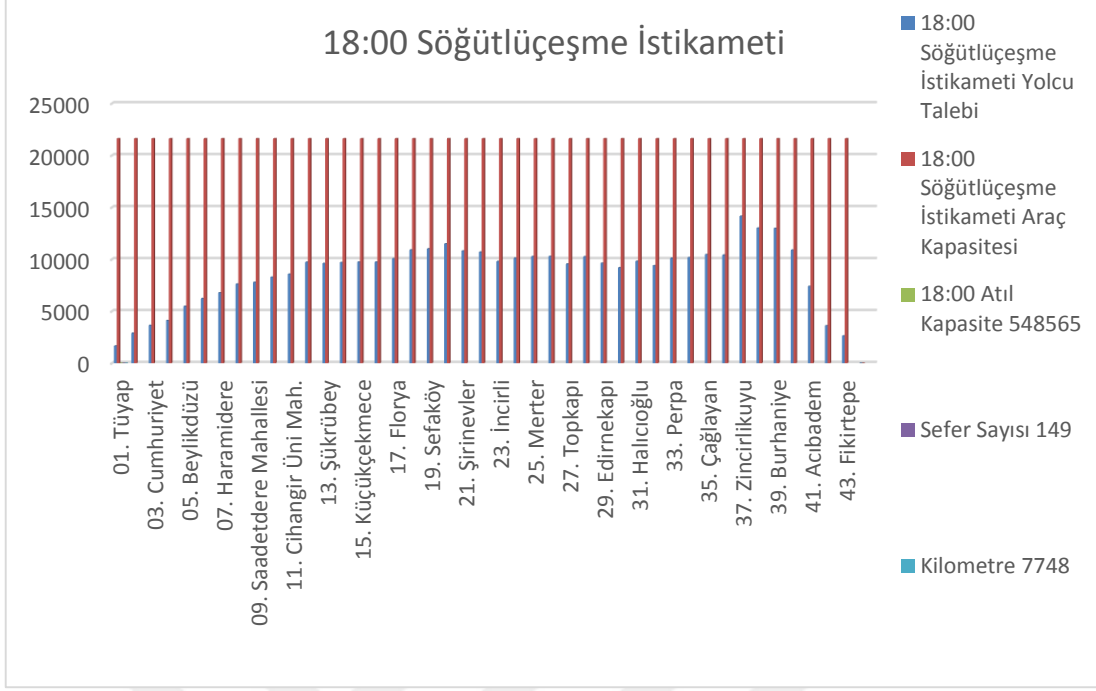
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 60:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

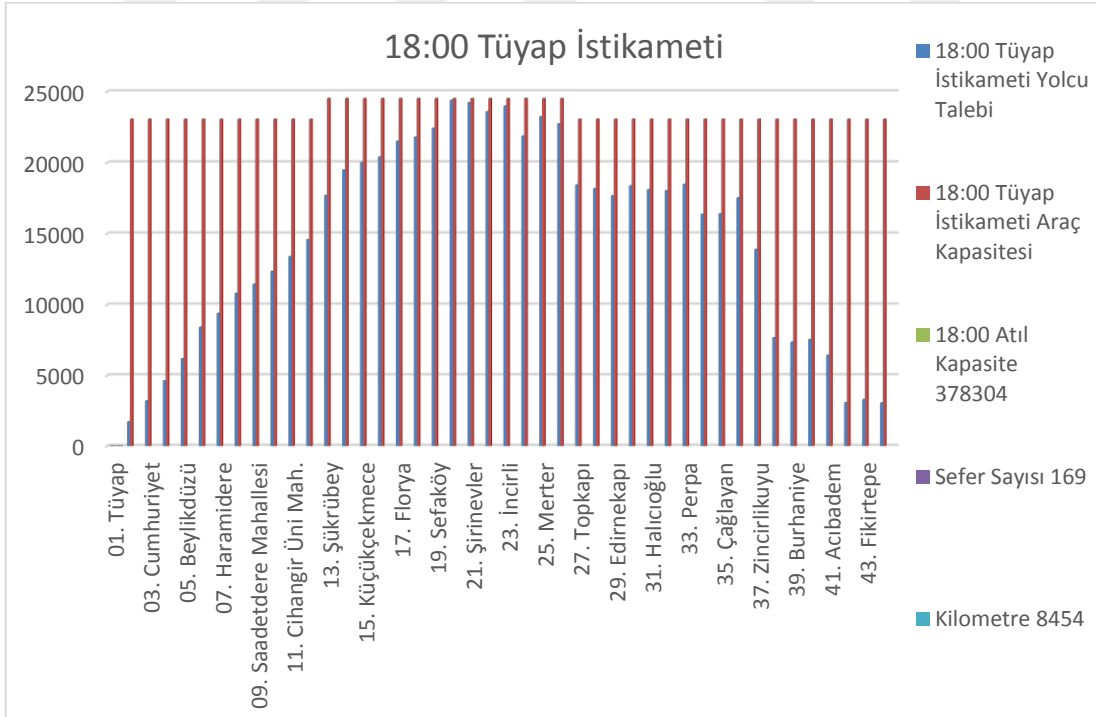
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	0	10	10	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	149	52	52	0	4648,8
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	271	149	7939,4	7748	4763,64	4648,8
Değişim %	45,01		2,41		2,41	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628,01	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	2514,3		10614,7		24034,2	

**Tablo 61:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	159	52	52	0	4960,8
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	10	18,6	18,6	0	111,6
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	0	28,1	28,1	488,94	0
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	281	169	8217,9	8454	4930,74	5072,4
Değişim %	39,85		-2,87		-2,87	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	2851,8		11581,9		26224,3	



**Şekil 47:** Sefer Sayısına Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 48:** Sefer Sayısına Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 60 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %45,01 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %2,41 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 61 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %39,85 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %2,87 oranında artış olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 62 de verilmiştir.

**Tablo 62:** 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap Yönü Kazanç ₺	834,1
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	2914,6
Toplam Kazanç ₺	3748,8
Değişim %	4,595

#### 4.7.3 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometre Optimizasyonu

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve sefer sayısı dikkate alınmadan mevcut dönüş noktaları kullanılarak minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Toplam kilometrenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

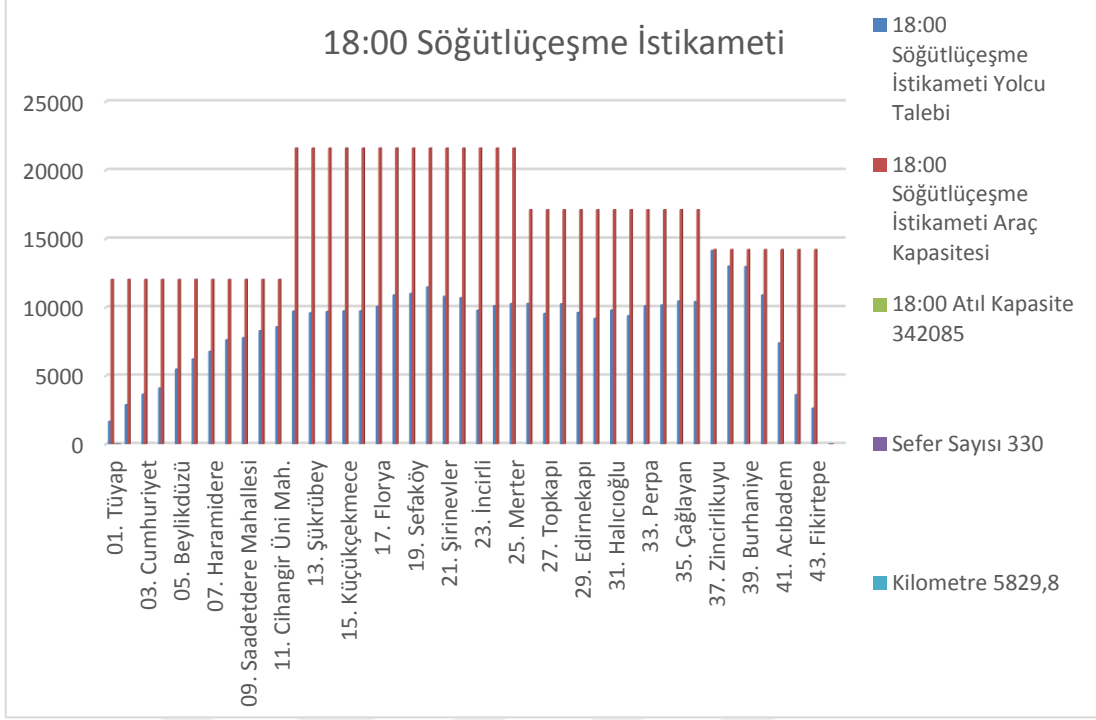
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

**Tablo 63:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

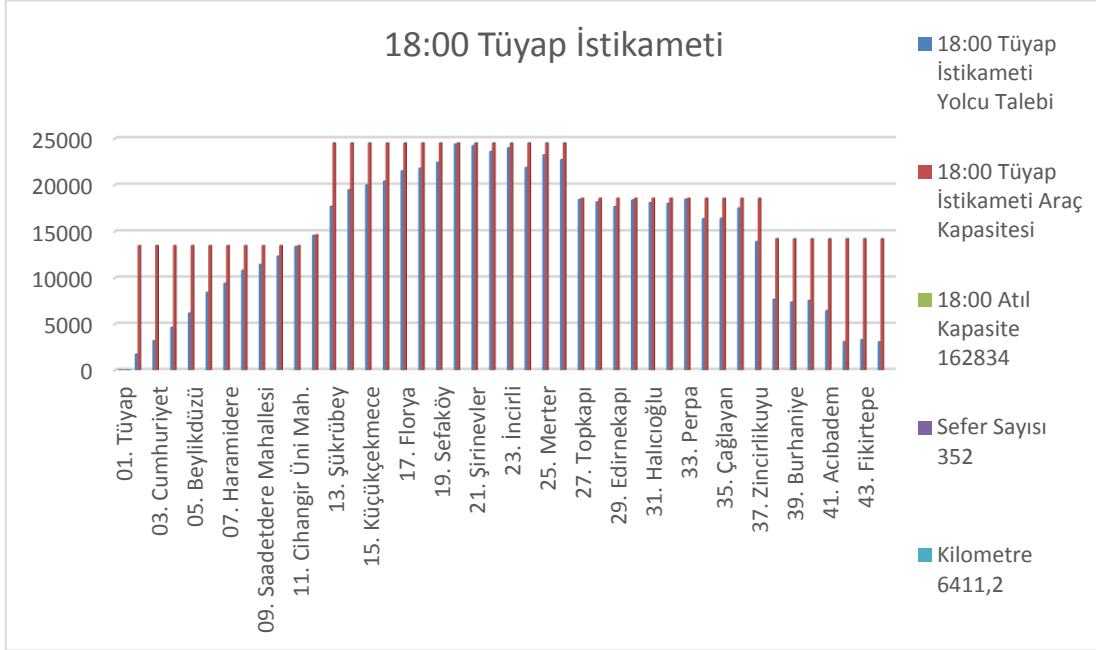
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	83	10	10	0	498
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	52	52	0	0
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	31	18,6	18,6	0	345,96
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	118	28,1	28,1	505,8	1989,48
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	98	11,3	11,3	474,6	664,44
TOPLAM	271	330	7939,4	5829,8	4763,64	3497,88
Değişim %	-21,77		26,57		26,57	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	5568,7		7986,8		18084	

**Tablo 64:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Toplam Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	93	10	10	0	558
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	0	52	52	0	0
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	41	18,6	18,6	0	457,56
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	120	28,1	28,1	488,94	2023,2
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	8	41,2	41,2	1507,92	197,76
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	90	11,3	11,3	474,6	610,2
TOPLAM	281	352	8217,9	6411,2	4930,74	3846,72
Değişim %	-25,26		21,98		21,98	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	5940		8783,3		19887,5	



**Şekil 49:** Toplam Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 50:** Toplam Kilometreye Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 63 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %21,77 oranında artış olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %26,57 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 64 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %25,26 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %21,98 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 65’de verilmiştir.

**Tablo 65:** 18:00:19:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap Yönü Kazanç ₺	6881,4
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	8438,5
Toplam Kazanç ₺	15319,9
Değişim %	18,78

#### **4.7.4 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı ve minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için mevcut dönüş noktaları kullanılarak önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Maliyetin minimum olması

Değişkenler :Hatlarla göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlarla göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

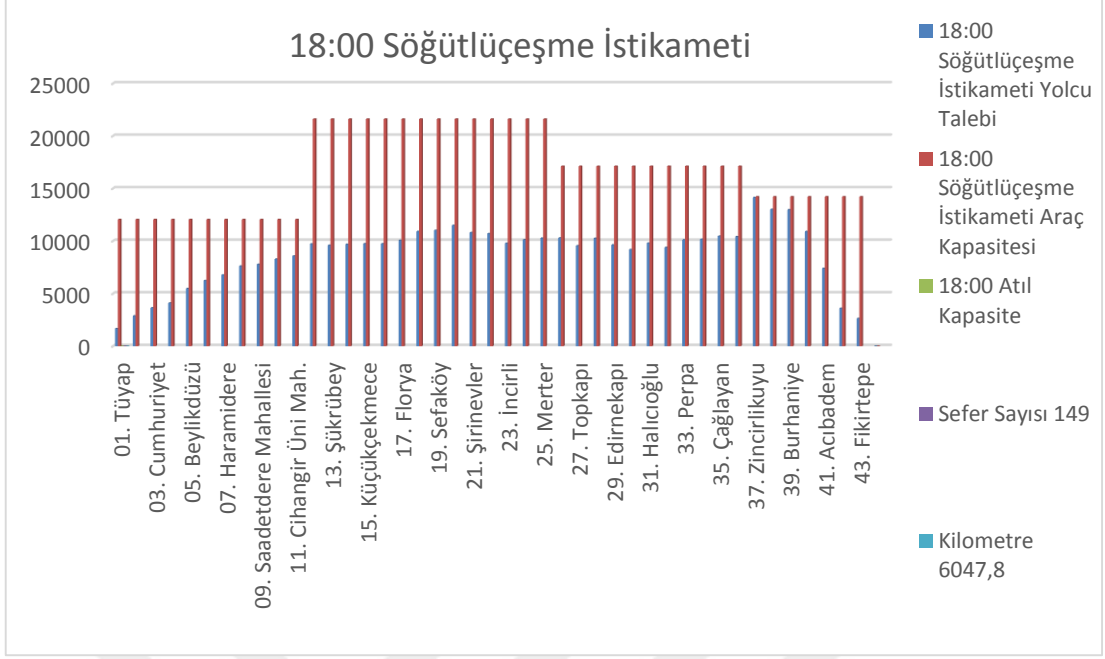


**Tablo 66:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

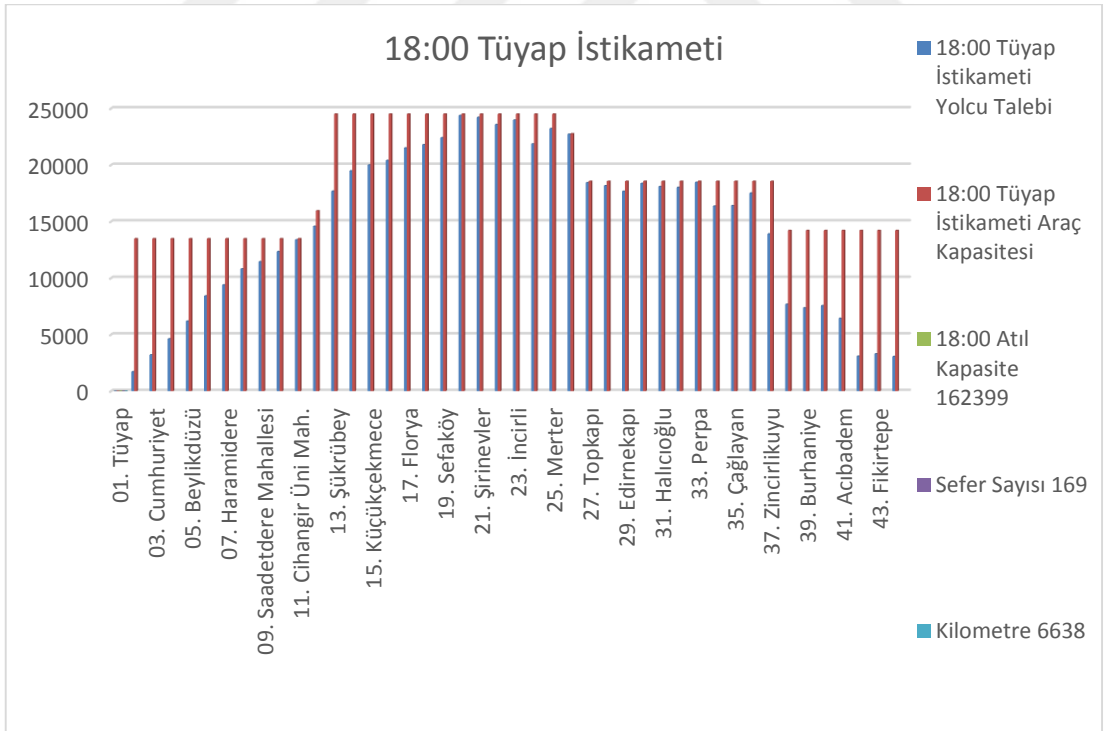
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	0	10	10	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	52	52	52	0	1622,4
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	20	28,1	28,1	505,8	337,2
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	46	41,2	41,2	1656,24	1137,12
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	31	28,6	28,6	806,52	531,96
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	271	149	7939,4	6047,8	4763,64	3628,68
Değişim %	45,01		23,82		23,82	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	2514,3		8285,4		18760,2	

**Tablo 67:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	81	52	52	0	2527,2
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	29	18,6	18,6	0	323,64
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	30	28,1	28,1	488,94	505,8
34ASSÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	17	41,2	41,2	1507,92	420,24
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	12	28,6	28,6	909,48	205,92
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	0	11,3	11,3	474,6	0
<b>TOPLAM</b>	<b>281</b>	<b>169</b>	<b>8217,9</b>	<b>6638</b>	<b>4930,74</b>	<b>3982,8</b>
Değişim %	39,85		19,22		19,22	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	2851,8		9094		20591	



**Şekil 51:** Maliyet Minimizasyonuna Göre Tüyaptan Söğütlüleşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 52:** Maliyet Minimizasyonuna Göre Söğütlüleşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 66 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %45,01 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %23,82 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 67 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %39,85 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %19,22 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.2 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 68’de verilmiştir.

**Tablo 68:** 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktaları Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap Yönü Kazanç ₺	8955,3128
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	10517,9852
Toplam Kazanç ₺	19473,298
Değişim %	23,87298225

#### **4.8 Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Mevkiine İmal Edilecek Dönüş Noktaları Kullanılarak Metrobüs Hat Optimizasyonu**

Metrobüs hattı üzerinde bulunan Tüyap, Avcılar, Cevizlibağ, Zincirlikuyu, Söğütlüçeşme dönüş noktalarına ek olarak Şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası modellemede kullanılmıştır. Ek yatırım maliyeti gerektiren çalışma modelinde; Tüyap-Avcılar, Tüyap-Şirinevler, Tüyap-Söğütlüçeşme, Avcılar – Şirinevler, Avcılar-Cevizlibağ, Şirinevler-Cevizlibağ, Şirinevler-Zincirlikuyu, Şirinevler-Söğütlüçeşme, Cevizlibağ-Zincirlikuyu, Cevizlibağ-Söğütlüçeşme yeni hatlar olarak tanımlanmıştır. Metrobüs hattının minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı, minimum kilometre ve maliyet minimizasyonu olmak üzere dört farklı amaç için Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

#### **4.8.1 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Atıl Kapasite Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin sefer sayısı ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktalarına ek olarak şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da kullanılarak minimum atıl kapasite ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Atıl kapasitenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

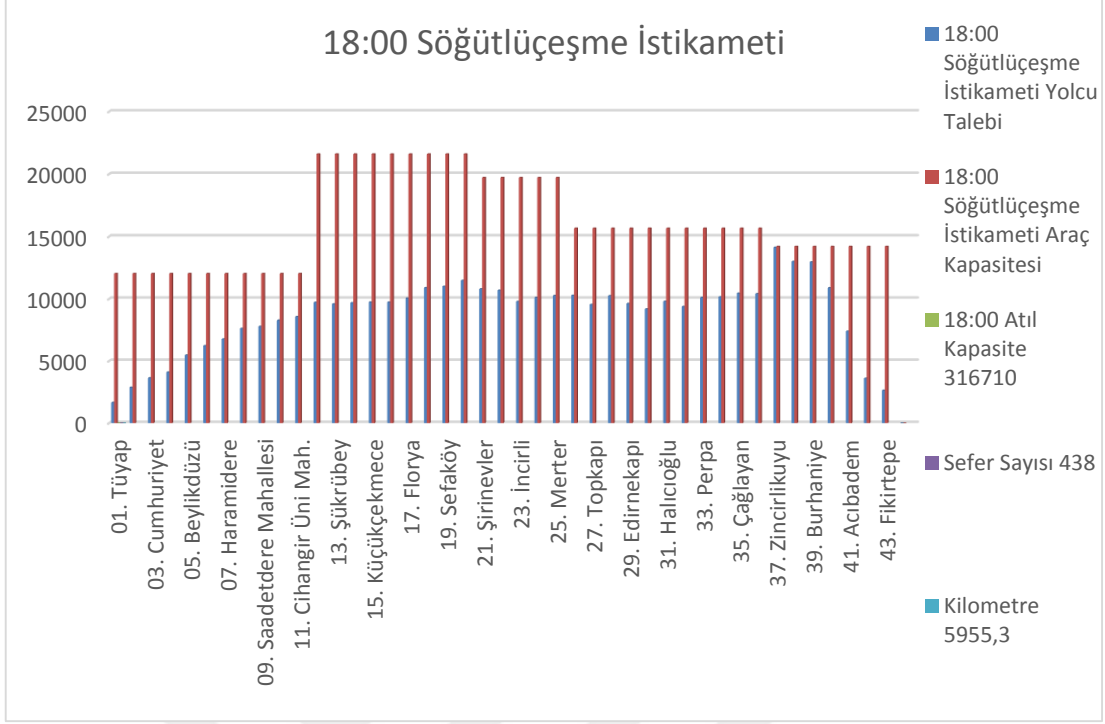
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyaş veya Söğütluçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10arasında olması

**Tablo 69:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

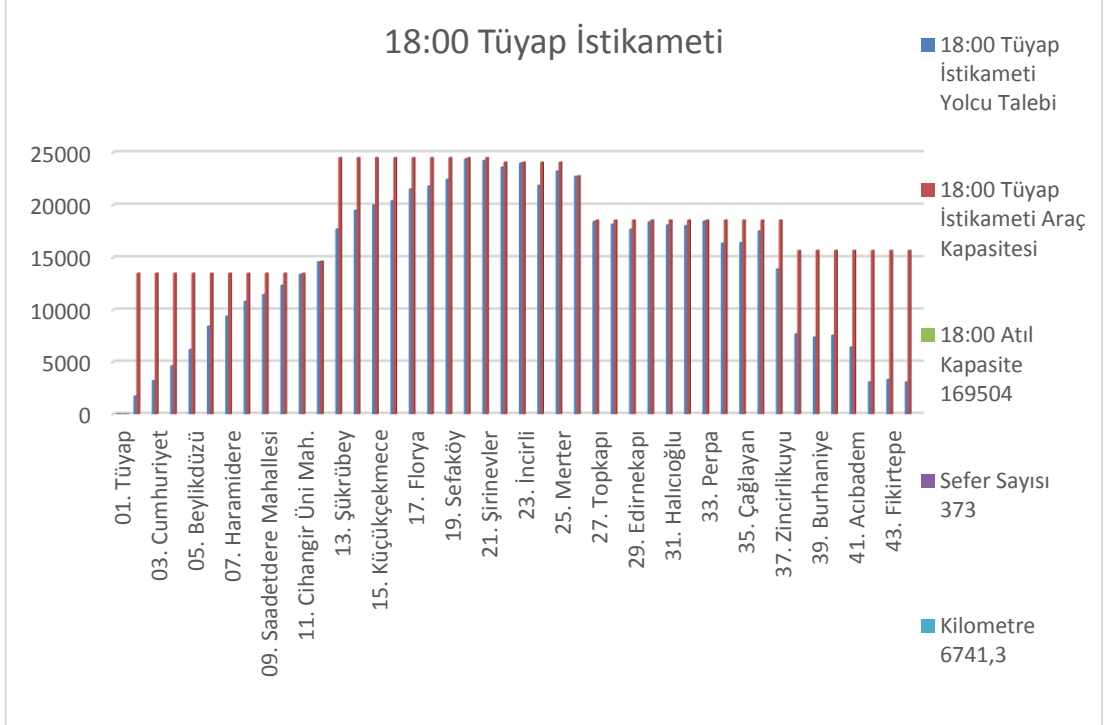
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	83	10	10	0	498
TÜYAP - ŞİRİNEVLER	0	0	22,3	22,3	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	52	52	0	0
AVCILAR - ŞİRİNEVLER	0	121	12,3	12,3	0	892,98
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	28	18,6	18,6	0	312,48
ŞİRİNEVLER - CEVİZLİBAĞ	0	0	6,3	6,3	0	0
ŞİRİNEVLER - ZİNCİRLİKUYU	0	108	18,6	18,6	0	1205,28
ŞİRİNEVLER - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	28,9	28,9	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	98	11,3	11,3	474,6	664,44
TOPLAM	271	438	7939,4	5955,3	4763,64	3573,18
Değişim %	-61,62		24,99		24,99055344	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	7391,2		8158,7		18473,3	

**Tablo 70:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	84	10	10	0	504
ŞİRİNEVLER - TÜYAP	0	0	22,3	22,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	0	52	52	0	0
ŞİRİNEVLER - AVCILAR	0	123	12,3	12,3	0	907,74
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	29	18,6	18,6	0	323,64
CEVİZLİBAĞ - ŞİRİNEVLER	0	0	6,3	6,3	0	0
ZİNCİRLİKUYU - ŞİRİNEVLER	0	20	18,6	18,6	0	223,2
SÖĞÜTLÜÇEŞME-ŞİRİNEVLER	0	100	28,9	28,9	0	1734
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	0	28,1	28,1	488,94	0
34AS SÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	8	41,2	41,2	1507,92	197,76
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	9	28,6	28,6	909,48	154,44
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	0	11,3	11,3	474,6	0
<b>TOPLAM</b>	<b>281</b>	<b>373</b>	<b>8217,9</b>	<b>6741,3</b>	<b>4930,74</b>	<b>4044,78</b>
Değişim %	-32,74		17,96		17,96	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	6294,3		9235,5		20911,5	



**Şekil 53:** Atıl Kapasiteye Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 54:** Atıl Kapasiteye Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



Tablo 69 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %61,62 oranında artış olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %24,99 oranında iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 70 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %32,74 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %17,96 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Atıl kapasite ilk durumda 793.003 iken optimizasyon sonucunda 486.214 olduğu hesaplanmıştır.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 71 de verilmiştir.

**Tablo 71:** 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Atıl Kapasiteye Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap Yönü Kazanç ₺	5050,8
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	6054,7
Toplam Kazanç ₺	11105,6
Değişim %	13,61

#### **4.8.2 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Sefer Sayısı Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin atıl kapasite ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktalarına ek olarak şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da kullanılarak minimum sefer sayısı ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Sefer sayısının minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

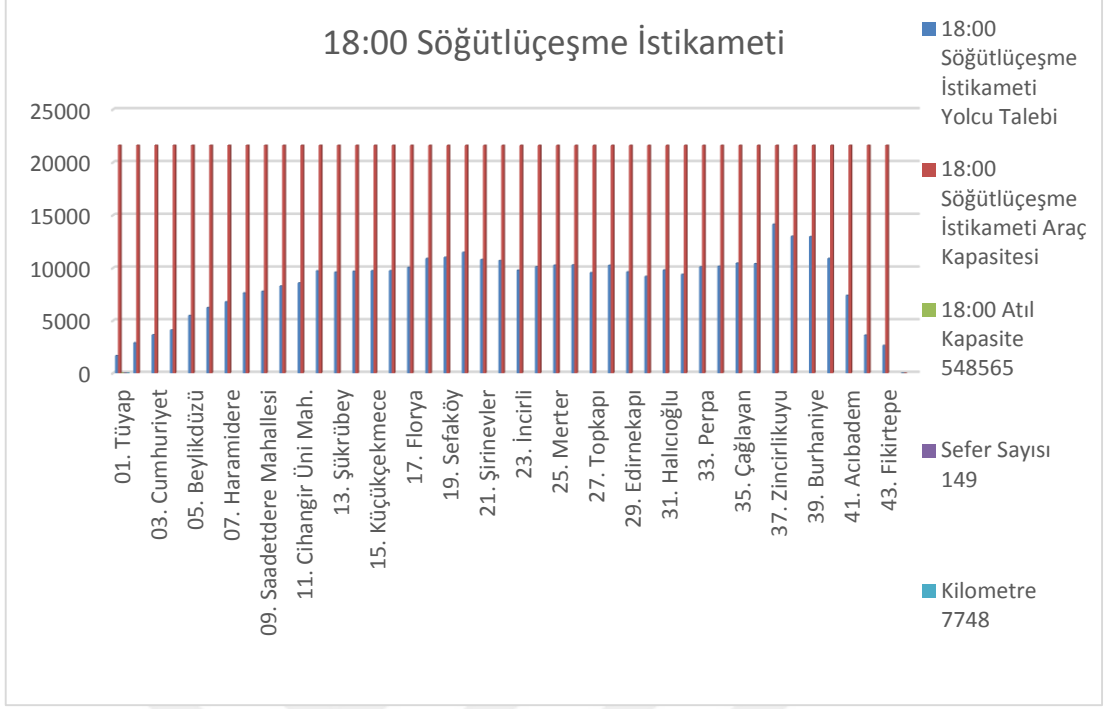
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 72:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

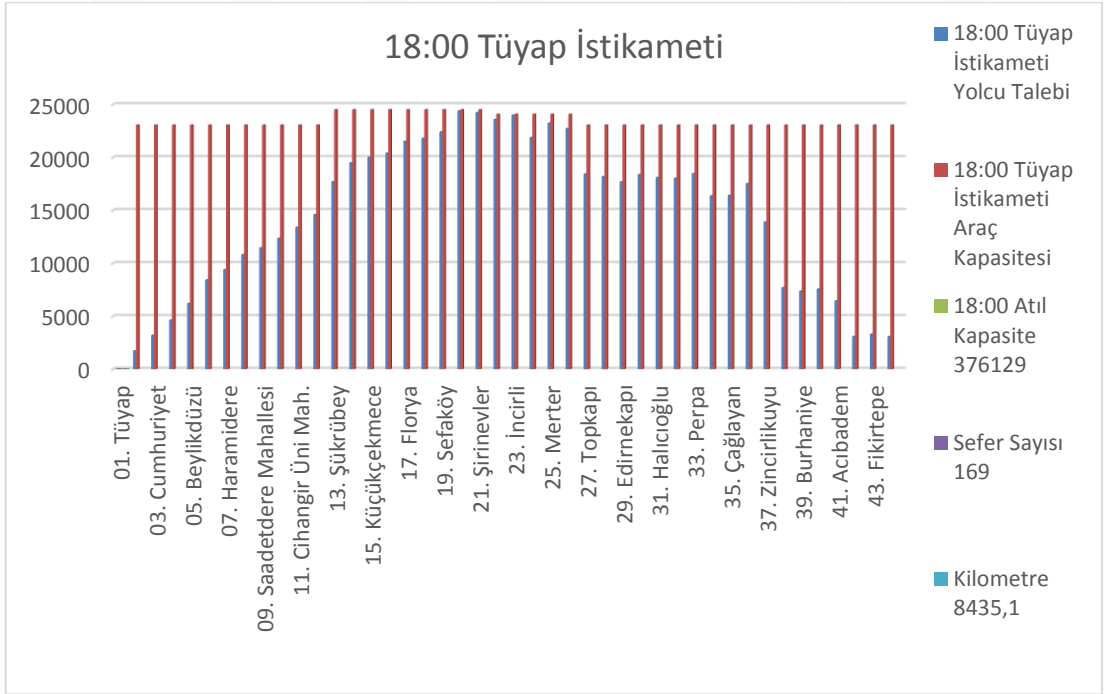
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	0	10	10	0	0
TÜYAP - ŞİRİNEVLER	0	0	22,3	22,3	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	149	52	52	0	4648,8
AVCILAR - ŞİRİNEVLER	0	0	12,3	12,3	0	0
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - CEVİZLİBAĞ	0	0	6,3	6,3	0	0
ŞİRİNEVLER - ZİNCİRLİKUYU	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	28,9	28,9	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	0	28,1	28,1	505,8	0
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	271	149	7939,4	7748	4763,64	4648,8
Değişim %	45,01		2,41		2,41	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	2514,3		10614,7		24034,2	

**Tablo 73:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
ŞİRİNEVLER - TÜYAP	0	0	22,3	22,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	159	52	52	0	4960,8
ŞİRİNEVLER - AVCILAR	0	3	12,3	12,3	0	22,14
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	7	18,6	18,6	0	78,12
CEVİZLİBAĞ - ŞİRİNEVLER	0	0	6,3	6,3	0	0
ZİNCİRLİKUYU - ŞİRİNEVLER	0	0	18,6	18,6	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME-ŞİRİNEVLER	0	0	28,9	28,9	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	0	28,1	28,1	488,94	0
34AS SÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	0	41,2	41,2	1507,92	0
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	0	11,3	11,3	474,6	0
<b>TOPLAM</b>	<b>281</b>	<b>169</b>	<b>8217,9</b>	<b>8435,1</b>	<b>4930,74</b>	<b>5061,06</b>
Değişim %	39,85		-2,64		-2,64	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	2851,8		11556		26165,6	



**Şekil 55:** Sefer Sayısına Göre Tüyaptan Söğütlüçüşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 56:** Sefer Sayısına Göre Söğütlüçüşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 72 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %45,01 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %2,41 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 73 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %39,85 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %2,64 oranında artış olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 74 de verilmiştir.

**Tablo 74:** 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Sefer Sayısına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap Yönü Kazanç ₺	918,6
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	2914,6
Toplam Kazanç ₺	3833,3
Değişim %	4,69

#### **4.8.3 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Toplam Kilometre Optimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin sefer sayısı ve toplam kilometre dikkate alınmadan mevcut dönüş noktalarına ek olarak şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da kullanılarak minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Toplam kilometrenin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

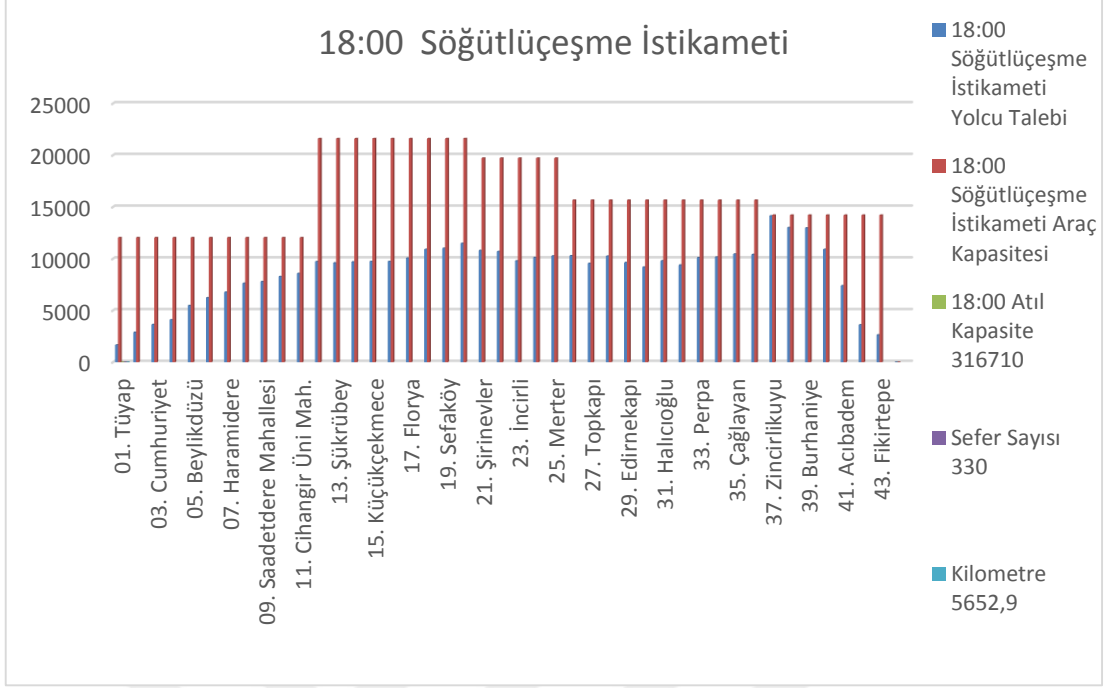
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tüyap veya Söğütlüçeşme istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 75:** 18:00 Söğütlüçeşme İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

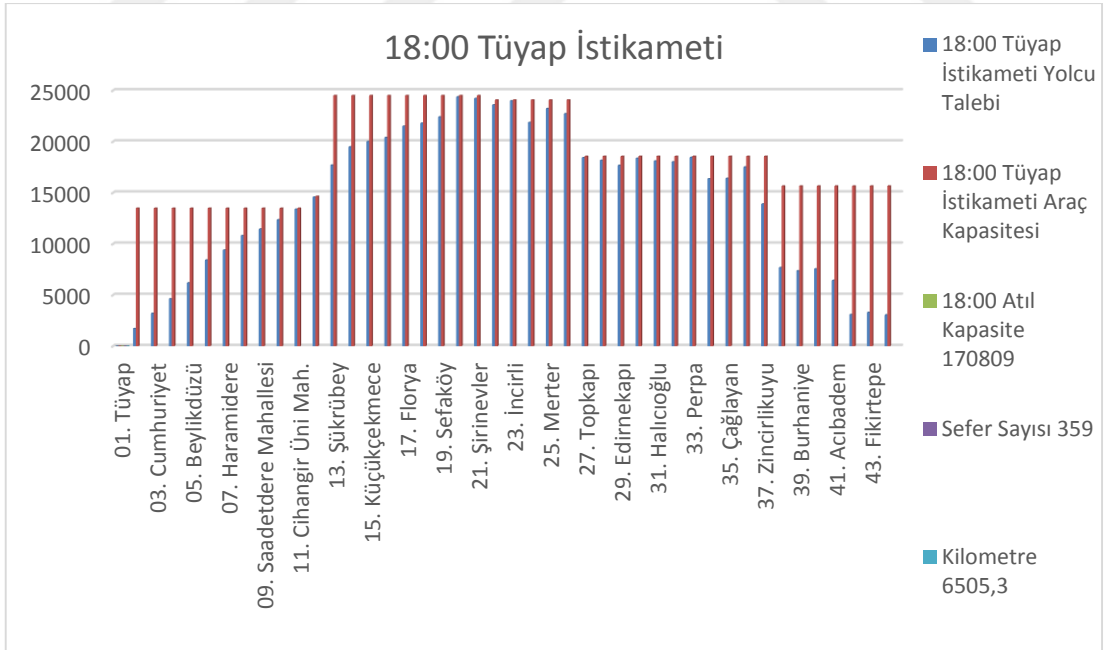
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	83	10	10	0	498
TÜYAP - ŞİRİNEVLER	0	0	22,3	22,3	0	0
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	52	52	0	0
AVCILAR - ŞİRİNEVLER	0	13	12,3	12,3	0	95,94
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	28	18,6	18,6	0	312,48
ŞİRİNEVLER - CEVİZLİBAĞ	0	0	6,3	6,3	0	0
ŞİRİNEVLER - ZİNCİRLİKUYU	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	28,9	28,9	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	108	28,1	28,1	505,8	1820,88
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	0	41,2	41,2	1656,24	0
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	0	28,6	28,6	806,52	0
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	98	11,3	11,3	474,6	664,44
TOPLAM	271	330	7939,4	5652,9	4763,64	3391,74
Değişim %	-21,77		28,79		28,79	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	5568,7		7744,4		17535	

**Tablo 76:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Kilometreye Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	52	10	10	0	312
ŞİRİNEVLER - TÜYAP	0	41	22,3	22,3	0	548,58
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	0	52	52	0	0
ŞİRİNEVLER - AVCILAR	0	0	12,3	12,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	0	18,6	18,6	0	0
CEVİZLİBAĞ - ŞİRİNEVLER	0	38	6,3	6,3	0	143,64
ZİNCİRLİKUYU - ŞİRİNEVLER	0	0	18,6	18,6	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME-ŞİRİNEVLER	0	0	28,9	28,9	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	120	28,1	28,1	488,94	2023,2
34AS SÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	8	41,2	41,2	1507,92	197,76
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	0	28,6	28,6	909,48	0
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	100	11,3	11,3	474,6	678
TOPLAM	281	359	8217,9	6505,3	4930,74	3903,18
Değişim %		-27,75		20,83		20,83
Mevcut Durum Maliyeti ₺		4741,8		11258,5		25491,9
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺		6058,1		8912,2		20179,4



**Şekil 57:** Minimum Kilometreye Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 58:** Minimum Kilometreye Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



Tablo 75 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %21,77 oranında artış olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %28,79 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 76 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %27,75 oranında artış olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %20,83 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 77’de verilmiştir.

**Tablo 77:** 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Kilometre Kısıtına Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap Yönü Kazanç ₺	6342,4
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	9229,6
Toplam Kazanç ₺	15572,1
Değişim %	19,09

#### **4.8.4 18:00- 19:00 Saatleri Arasında Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Maliyet Minimizasyonu**

Metrobüs hattında yolcu taleplerinin minimum atıl kapasite, minimum sefer sayısı ve minimum toplam kilometre ile karşılanabilmesi için mevcut dönüş noktalarına ek olarak şirinevler mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da kullanılarak önerilen matematiksel model doğrultusunda Excel programı Analytic Solver eklentisi kullanılarak 18:00-19:00 saat aralığı için yeniden çözümlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu : Maliyetin minimum olması

Değişkenler :Hatlara göre araç dağılım sayıları

Kısıtlar :Araç içi kapasitesinin yolcu talebinden büyük eşit olması

:Hatlara göre araç dağılım sayılarının tam sayı olması

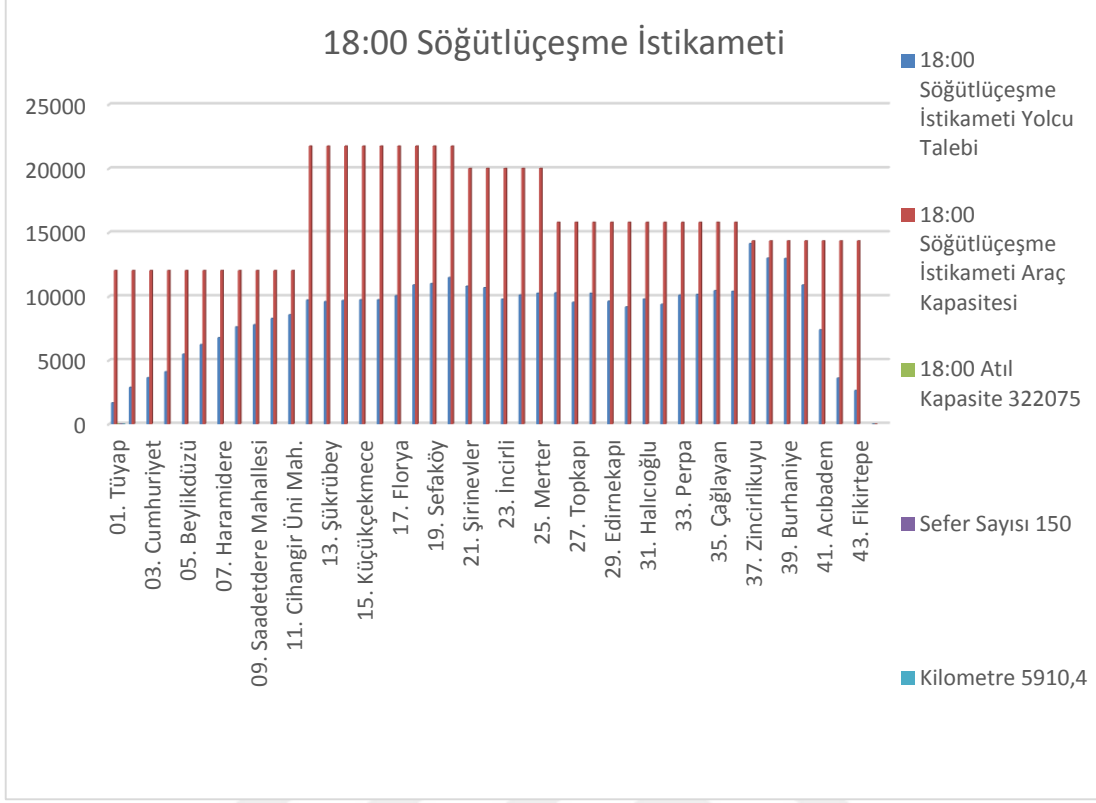
:Dönüş noktalarından hareket eden araçların Tü yap veya Söğüt lü çeş me istikametine sefer sayıları arasındaki fark +10,-10 arasında olması

**Tablo 78:** 18:00 Söğüt lü çeş me İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Maliyete Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

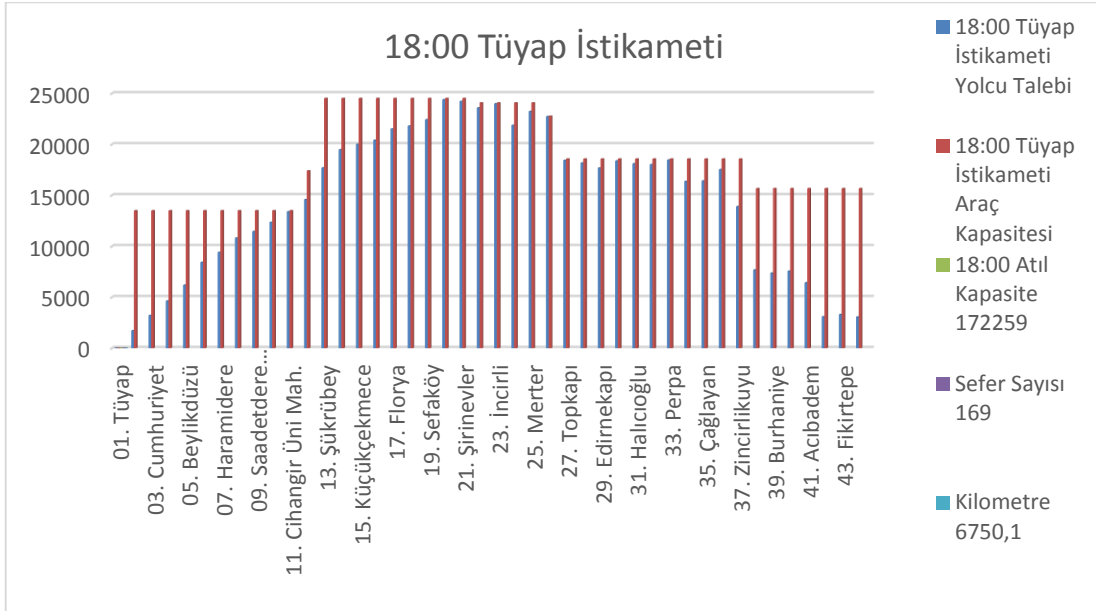
Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunlu ğ u KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunlu ğ u	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
TÜYAP- AVCILAR	0	0	10	10	0	0
TÜYAP - ŞİRİNEVLER	0	12	22,3	22,3	0	160,56
TÜYAP - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	42	52	52	0	1310,4
AVCILAR - ŞİRİNEVLER	0	0	12,3	12,3	0	0
AVCILAR - CEVİZLİBAĞ	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - CEVİZLİBAĞ	0	0	6,3	6,3	0	0
ŞİRİNEVLER - ZİNCİRLİKUYU	0	0	18,6	18,6	0	0
ŞİRİNEVLER - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	28,9	28,9	0	0
CEVİZLİBAĞ - ZİNCİRLİKUYU	0	0	11,3	11,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - SÖĞÜTLÜÇEŞME	0	0	22,6	22,6	0	0
34 AVCILAR-ZİNCİRLİKUYU	27	10	28,1	28,1	505,8	168,6
34AS AVCILAR-SÖĞÜTLÜÇEŞME	62	57	41,2	41,2	1656,24	1409,04
34BZ TÜYAP-ZİNCİRLİKUYU	59	0	39,9	39,9	1603,98	0
34C TÜYAP-CEVİZLİBAĞ	51	29	28,6	28,6	806,52	497,64
34Z ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME	72	0	11,3	11,3	474,6	0
TOPLAM	271	150	7939,4	5910,4	4763,64	3546,24
De ğ iş im %	44,64		25,55		25,55	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4573,1		10876,9		24628	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	2531,2		8097,2		18334	

**Tablo 79:** 18:00 Tüyap İstikameti Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası da Kullanılarak Minimum Maliyete Göre Optimize Edilmiş Hat Karşılaştırma Tablosu

Hatlar	Sefer Sayısı	Optimize Edilmiş Sefer Sayısı	Hat Uzunluğu KM	Optimize Edilmiş Hat Uzunluğu	Yakıt Tüketimi (lt)	Optimize Edilmiş Yakıt Tüketimi (lt)
AVCILAR – TÜYAP	0	0	10	10	0	0
ŞİRİNEVLER - TÜYAP	0	3	22,3	22,3	0	40,14
SÖĞÜTLÜÇEŞME - TÜYAP	0	81	52	52	0	2527,2
ŞİRİNEVLER - AVCILAR	0	0	12,3	12,3	0	0
CEVİZLİBAĞ - AVCILAR	0	29	18,6	18,6	0	323,64
CEVİZLİBAĞ - ŞİRİNEVLER	0	0	6,3	6,3	0	0
ZİNCİRLİKUYU - ŞİRİNEVLER	0	0	18,6	18,6	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME-ŞİRİNEVLER	0	0	28,9	28,9	0	0
ZİNCİRLİKUYU - CEVİZLİBAĞ	0	0	11,3	11,3	0	0
SÖĞÜTLÜÇEŞME - CEVİZLİBAĞ	0	0	22,6	22,6	0	0
34 ZİNCİRLİKUYU-AVCILAR	45	20	28,1	28,1	488,94	337,2
34AS SÖĞÜTLÜÇEŞME-AVCILAR	58	27	41,2	41,2	1507,92	667,44
34BZ ZİNCİRLİKUYU-TÜYAP	59	0	39,9	39,9	1388,52	0
34C CEVİZLİBAĞ-TÜYAP	50	9	28,6	28,6	909,48	154,44
34Z SÖĞÜTLÜÇEŞME-ZİNCİRLİKUYU	69	0	11,3	11,3	474,6	0
<b>TOPLAM</b>	<b>281</b>	<b>169</b>	<b>8217,9</b>	<b>6750,1</b>	<b>4930,74</b>	<b>4050,06</b>
Değişim %	39,85		17,86		17,86	
Mevcut Durum Maliyeti ₺	4741,8		11258,5		25491,9	
Optimize Edilmiş Hat Maliyeti ₺	2851,8		9247,6		20938,8	



**Şekil 59:** Minimum Maliyete Göre Tüyaptan Söğütlüçeşme İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı



**Şekil 60:** Minimum Maliyete Göre Söğütlüçeşmeden Tüyap İstikametine Mevcut Dönüş Noktaları ve Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Optimize Edilmiş Yük Kapasite Oranı

Tablo 78 incelendiğinde Söğütlüçeşme istikametinde sefer sayısında %44,64 oranında iyileşme olduğu, toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %25,55 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 79 incelendiğinde Tüyap istikametinde sefer sayısında %39,85 oranında iyileşme olduğu toplam kilometre ve toplam yakıt tüketiminde %17,86 oranında iyileşme olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasının 4.2.4 Varsayım ve Kabuller kısmında belirtilen ve tez çalışmasının temelini oluşturan varsayım ve kabuller çerçevesinde Söğütlüçeşme istikameti ve Tüyap istikameti için toplam maliyet değişim tablosu Tablo 80'de verilmiştir.

**Tablo 80:** 18:00-19:00 Mevcut Dönüş Noktalarına Ek Olarak Şirinevler Dönüş Noktası Kullanılarak Maliyet Minimizasyonuna Göre Toplam Maliyet Değişim Tablosu

Tüyap Yönü Kazanç ₺	8454
Söğütlüçeşme İstikameti Kazanç ₺	11115,5
Toplam Kazanç ₺	19569,5
Değişim %	23,99

**Tablo 81: Özet Tablo**

		07:00-08:00 Mevcut Durum				07:00-08:00 Mevcut dönüş Noktaları Kullanılarak Hattın Optimize edilmesi				07:00-08:00 Şirinevler Dönüş Noktasında sisteme Eklendiğinde Hattın Optimize Edilmesi			
	İlk Durum	Minimum Atrl Kapasite	Minimum Sefer Sayısı	Minimum Kilometre Sayısı	Gider Minimizasyonu	Minimum Atrl Kapasite	Minimum Sefer Sayısı	Minimum Kilometre Kısıtı	Gider Minimizasyonu	Minimum Atrl Kapasite	Minimum Sefer Sayısı	Minimum Kilometre Kısıtı	Gider Minimizasyonu
Atrl Kapasite	814.898	692.808	1.164.058	700.058	710.063	689.763	1.300.793	709.193	709.918	666418	1.293.543	678	680.483
Sefer Sayısı	552	553	464	622	474	652	400	801	400	582	400	850	400
Kilometre Kısıtı	16167	15.327	18.789,20	15.185,40	15.451	15.538	20.466	14.976	15.495	15.379,20	20.403	14.780	15.282
Tolam Maliyet Değişimi	82.481	4.604	-9.373	4.076	5.382	1.991	-15.792	1.989	6.436	3.884	-15.510	2.039	7.386
% Değişim	0	5,58	-11,36	4,94	6,52	2,41	-19,14	2,41	7,8	4,7	-18,8	2,47	8,95

Özet Tablo (Devam)

		18:00-19:00 Mevcut Durum				18:00-19:00 Mevcut dönüş				18:00-19:00 Şirinevler Dönüş Noktasında			
		Optimizasyonu				Noktaları Kullanılarak Hattın sisteme Eklendiğinde Hattın Optimize Edilmesi							
	İlk Durum	Minimum Atrl Kapasite	Minimum Sefer Sayısı	Minimum Kilometre Sayısı	Gider Minimizasyonu	Minimum Atrl Kapasite	Minimum Sefer Sayısı	Minimum Kilometre Kısıtı	Gider Minimizasyonu	Minimum Atrl Kapasite	Minimum Sefer Sayısı	Minimum Kilometre Kısıtı	Gider Minimizasyonu
Atıl Kapasite	793.003	589.889	780.709	595.689	605.549	497.379	926.869	504.919	504.484	486.214	924.694	487.519	494.334
Sefer Sayısı	552	516	362	506	372	646	318	682	318	811	318	689	319
Kilometre Kısıtı	16.157,30	13.083	14.685,60	13.083,60	13.324,80	12.734,20	16.202	12.241	12.686	12.696,60	16.183,10	12.158,20	12.660,50
Tolam Maliyet Değişimi	81.570	14.353	9.787	14.521	15.704	13.721	3.748	15.319	19.413	11.105	3.833	15.572	19.569
% Değişim	0	17,59	11,99	17,8	19,25	16,82	4,59	18,78	23,87	13,61	4,69	19,09	23,99

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul gibi metropol yerleşkelerde artan nüfus ve şehirleşmeyle beraber sivil trafiğe her gün daha çok araç çıkmakta ve kullanılabilir yaşam alanları her gün biraz kısıtlanmaktadır. Metrobüs sistemi artan trafikte zaman kaybetmek istemeyenlerin ilk tercihi olmaktadır. Metrobüs sistemini kullanan kişi sayısı günden güne artmakta hatta zaman zaman kapasitenin üzerine çıkmaktadır. Sınırlı olan kaynaklarla artan talebi karşılayabilmek için metrobüs işletme modeli üzerinde hat bazlı optimizasyon yapılmalıdır.

Metrobüs işletme modeli üzerinde hat bazlı optimizasyon yapılırken minimum kilometre, minimum atıl kapasite veya minimum sefer sayısı gibi bir çok kriter göz önünde bulundurulabilir. İşletmelerin sürdürülebilir olabilmesi için işletme giderleri minimum olurken yolcu taleplerinin de aynı zamanda karşılanabilmesi gerektiğinden, optimizasyon yapılırken birden fazla kriterin dikkate alınması gerekmektedir.

Yapılan çalışmada belirlenen senaryolardan sabah 07:00-08:00 saatleri arasında mevcut hatlar kullanılarak yapılan hat bazlı araç atama optimizasyonu sonucunda %6,2 oranında iyileşme elde edilirken, akşam 18:00-19:00 saatleri arasında %19,25 oranında iyileşme elde edilmektedir. Sabah 07:00-08:00 saatleri arasında hiçbir ek yatırım maliyeti gerekmeksizin mevcut dönüş noktaları kullanılarak hat bazlı araç ataması ile yapılan optimizasyon sonucunda %7,8 oranında iyileşme olurken, akşam 18:00-19:00 saat aralığı için %23,87 oranında maliyet iyileşmesi sağlanabileceği görülmüştür. Metrobüs sistemine yapılacak ek yatırım ile Şirinevler Mevkiine yapılacak olan dönüş noktası da modele dahil edildiğinde sabah 07:00-08:00 saatleri arasında %8,95 oranında iyileşme olurken akşam 18:00-19:00 saatleri arasında %23,99 oranında iyileşme olabileceği hesaplanmıştır.

Hiçbir ek yatırım maliyeti gerekmeksizin kısa vadede yapılacak olan hat bazlı araç ataması ile işletme giderleri azaltılabilirken orta ve uzun vade de yapılacak olan ek yatırımlarla işletme giderlerinde kalıcı düşüşler elde edilebilir. Benzer optimizasyon çalışmasının gün içindeki diğer çalışma saatleri için de yapılması halinde toplam maliyet kazancının ciddi oranda artacağı değerlendirilmektedir . Ayrıca yaptığımız çalışmada araç içi yolcu kapasitesinin sınırlara kadar zorlanmaması için 145 kişi olarak kabul edilmesi gerek sefer sayısı gerek yakıt tüketimi ve gerekse de personel maliyetlerini arttırmaktadır. Bu noktada metrobüs işletme yönetiminin tercihinin göre, yolcuların sıkışma miktarının azaltılması için düşük kapasite kabulleri ile planlamanın yapılması ya da kapasitenin fiziksel sınırlar temel olarak



değerlendirilmesi mümkündür. 18m ve 19,5m'lik araçlar yerine çift körüklü 27m uzunluğunda araçların kullanılması araç içi yolcu kapasitesinin 200 kişi ve üzeri olması durumunda personel, akaryakıt ve bakım maliyetlerinde oldukça düşüş sağlayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca 27m'lik araçların kullanılmasının araç hareket frekanslarının artmasına neden olacağı için istasyon girişlerinde katarlanma problemini azaltırken işletme hızını da arttıracığı düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında sunulan matematiksel modelin ve yukarı da sıralanan olası ek geliştirme fırsatlarının simülasyon yazılımları yardımıyla test edilmesinin, sunulan önerilerin uygulama öncesi doğrulama ve uygulamaya dönük olarak geliştirilmesi imkanını sunacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca istasyonlarda yolcu bekleme alanlarında araç kapılarının açılacağı yeri gösterecek şekilde işaretleme yapılmasının, metrobüs istasyonlarında yolcu sirkülasyonunu hızlandırarak iniş-binişleri rahatlatacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] Güven, G. (2008) Metrobüs Sistemlerinin Planlama, Tasarım ve İşletim Özellikleri. Yüksel Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
- [2] Yurdagül, E. (2012) İstanbul Avcılar – Söğütlüçeşme Metrobüs Sisteminin Bileşenlerinin Değerlendirmesi ve Dünyadaki Metrobüs sistemleri ile Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
- [3] Hardy, M., Stevens, W., Roberts, D., (2001) “Bus Rapid Transit Vehicle Characteristics”, Federal Transit Administration (FTA), Project No: FTA-DC-26-7075-2001.1, ABD
- [4] Cair, A., ve diğ, (2006) “Applicability of Bogotá’s TransMilenio BRT System to the United States”, Federal Transit Administration (FTA), Project No: FTA-FL-26-7104-01, ABD - Deng ve Nelson 2010, Rodriguesve Mojika 2008
- [5] TCRP (2003). Real – Time Bus Arrival Information Systems, Transportation Cooperative Research Program.
- [6] <http://kentvedemiryolu.com/metrobus-brt-sistemlerinin-planlama-tasarim-ve-isletim-ozellikleri/> (erişim 20.12.2018)
- [7] <https://metrobus.iETT.istanbul/tr/metrobus/pages/metrobus-tarihce/222> (erişim 21.12.2018)
- [8] <https://www.iETT.istanbul/tr/main/pages/misyon-vizyon-temel-degerler/13> (erişim 30.12.2018)
- [9] Deri. A. (2012) Akıllı Kart Verileri Kullanılarak Toplu Ulaşım Yolculuk Talebinin Belirlenmesi ve Sefer Çizelgeleme Optimizasyonu Yüksek Lisans Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
- [10] Utsunomiya, M., Attanucci, J., & Wilson, N., (2006). Potential Uses of Transit Smart Card Registration and Transaction Data to Improve Transit Planning, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1971, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC, pp. 119-126, (2006).

- [11] Morency, C., Trepanier, M., & Agard, B. (2006).Analysing the variability of transit users behaviour with smart card data. In: The 9th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems - ITSC 2006, Toronto, Canada, September 17-20.
- [12] <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3195.pdf>\_(Erişim 24.12.2018)
- [13] <https://www.ebelediye.info/makale/kentici-toplu-ulasim-icin-otobus-hat-planlama-sureci> (Erişim 06.01.2019)
- [14] Yılmaz, E. (2006) Aksiyomlarla Tasarım İlkeleri Yardımıyla Kentiçi Toplu Taşıma Sistemlerinin Tasarımı, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 1
- [15] Tübitak TÜSSİDE İETT Esnek Ulaşım Modülü Projesi Metrobüs Kapasite Artırımı Sistem Analiz Raporu 24 Aralık 2013 Gebze
- [16] Deng, T, Nelson, J. (2013) “Bus Rapid Transit Implementation in Beijing: An evaluation of Performance and Impacts”, Research in Transportation Economics (39), p. 108-113. Federal Transit Administration ve United States Department of Transportation (2004)
- [17] Advani M., Tiwari G. (2006) “Review of Capacity Improvement Strategies for Bus Transit Service” Indian Journal of Transport Management, October-December 2006, p 364-391

## EKLER

**Ek 1: 07:00-08:00 Saatleri İçin B-S Matrisleri**

O-D	01. Tüyap	02. Beyskent	03. Cumhuriyet	04. Beylikdüzü Belediye	05. Beylikdüzü	06. Güzel yurt	07. Haramidere	08. Haramidere Sanayi Sitesi	09. Saadetdere Mahallesi	10. MUSTAFA Kemal Paşa	11. Cihangir Üniversite Mah.
TOPLAM		3688	5609	7033	8538	10460	12145	14084	15353	16622	18280
01. Tüyap	0	3688	3574	3554	3532	3512	3504	3502	3480	3474	3444
02. Beyskent	100	0	2034	2030	2023	2016	2013	2009	1991	1981	1963
03. Cumhuriyet	60	189	0	1450	1427	1423	1420	1416	1402	1389	1373
04. Beylikdüzü Belediye	47	144	145	0	1556	1544	1541	1535	1517	1509	1495
05. Beylikdüzü	37	139	145	179	0	1965	1963	1962	1946	1940	1925
06. Güzel yurt	29	85	97	101	136	0	1704	1703	1682	1676	1653
07. Haramidere	25	74	79	98	118	146	0	1957	1949	1944	1929
08. Haramidere Sanayi Sitesi	16	47	47	60	84	102	109	0	1386	1362	1349
09. Saadetdere Mahallesi	33	74	77	99	121	139	147	160	0	1348	1346
10. MUSTAFA Kemal Paşa	52	120	139	179	217	246	254	273	277	0	1804
11. Cihangir Üniversite Mah.	40	89	106	145	183	205	213	239	256	263	0
12. Avcılar	48	77	101	135	182	202	208	240	250	256	271
13. Şükrübey	68	107	120	162	228	254	269	307	332	360	381
14. İBB Sosyal Tesisler	24	39	46	58	76	91	94	109	112	123	137
15. Küçükçekmece	18	43	54	72	101	120	130	160	166	174	183
16. Cennet	31	59	71	105	151	166	173	199	214	228	247
17. Florya	14	39	41	59	84	92	98	106	110	121	139
18. Beşyol	28	54	60	100	135	148	154	176	191	212	235
19. Sefaköy	54	143	159	237	336	378	391	445	478	537	601
20. Yenibosna	66	160	179	242	320	358	370	423	454	498	570
21. Şirinevler	87	216	239	296	388	437	457	522	581	659	750
22. Bahçelievler	35	82	93	114	155	169	175	199	217	242	270
23. İncirli	24	75	90	123	160	179	183	196	215	247	278
24. Zeytinburnu	76	194	207	265	320	344	353	394	446	522	596
25. Merter	23	76	84	110	145	159	168	192	231	258	288
26. Cevizlibağ	35	104	115	153	189	206	210	231	260	299	334
27. Topkapı	2	9	10	15	18	18	20	22	23	28	36
28. Maltepe	16	25	28	38	49	63	70	79	85	102	131
29. Edirnekapı	58	258	270	316	391	428	436	482	530	575	692
30. Ayvansaray	9	44	44	51	54	56	56	67	74	90	109
31. Halcioğlu	8	33	35	44	53	55	56	62	67	74	84
32. Okmeydanı	12	49	51	56	68	68	69	77	82	94	121
33. Perpa	18	53	54	60	71	74	75	83	93	105	128
34. Okmeydanı SSK	3	14	16	18	22	24	24	31	39	45	47
35. Çağlayan	6	28	30	38	46	48	48	61	68	72	87
36. Mecidiyeköy	15	61	63	76	94	100	101	113	130	159	191
37. Zincirlikuyu	43	187	189	232	275	288	296	329	352	397	488
38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	6	14	15	16	17	20	20	30	36	43	51
39. Burhaniye	1	3	3	6	6	6	6	7	7	7	7
40. Altunizade	13	62	62	72	85	87	91	106	112	125	174
41. Acıbadem	0	7	7	9	10	10	10	10	13	15	20
42. Uzunçayır	16	93	93	109	124	128	129	146	164	197	307
43. Fikirtepe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44. Söğütöçesme	12	39	39	49	54	58	58	64	75	83	125
TOPLAM	1306	3405	3503	4296	5265	5672	5720	6340	6739	7207	8076

**Ek 1 (Devamı): 07:00-08:00 Saatleri İçin B-S Matrisleri**

O-D	12. Avcılar	13. Şişli	İBB Sosyal Tesisler	15. Küçükçekmece	16. Cennet	17. Florya	18. Beşol	19. Sefaköy	20. Yenibosna	21. Şirinevler	22. Bahçelievler
TOPLAM	18970	24298	26166	27092	27486	28352	28656	29243	30347	29517	28568
01. Tüyap	3433	3398	3370	3366	3343	3314	3284	3213	3057	2792	2512
02. Beykent	1939	1904	1860	1854	1831	1792	1768	1703	1581	1371	1155
03. Cumhuriyet	1350	1328	1303	1300	1291	1259	1234	1186	1083	969	819
04. Beylikdüzü Belediye	1479	1455	1434	1433	1413	1386	1365	1318	1228	1118	946
05. Beylikdüzü	1907	1864	1834	1831	1807	1786	1751	1694	1594	1439	1247
06. Güzel yurt	1639	1612	1580	1579	1558	1524	1504	1447	1371	1225	1079
07. Haramidere	1915	1883	1856	1849	1835	1795	1766	1710	1611	1448	1265
08. Haramidere Sanayi Sitesi	1339	1318	1296	1291	1283	1259	1237	1211	1133	1025	913
09. Saadetdere Mahallesi	1337	1304	1281	1279	1260	1244	1212	1168	1111	987	851
10. MUSTAFA Kemal Paşa	1776	1766	1753	1749	1725	1694	1661	1586	1455	1304	1114
11. Cihangir Üniversite Mah.	858	851	842	842	833	807	787	753	697	611	543
12. Avcılar	0	5614	5550	5545	5490	5385	5327	5185	4909	4486	3954
13. Şişli	400	0	2208	2208	2187	2121	2099	2030	1906	1707	1487
14. İBB Sosyal Tesisler	159	173	0	966	948	923	902	877	830	753	652
15. Küçükçekmece	217	237	240	0	681	659	644	635	629	592	546
16. Cennet	285	329	332	338	0	1403	1395	1373	1343	1272	1166
17. Florya	164	191	194	194	204	0	720	718	697	642	592
18. Beşol	283	331	332	337	346	352	0	1436	1425	1343	1178
19. Sefaköy	690	785	788	792	820	831	868	0	2688	2623	2517
20. Yenibosna	635	722	728	734	760	800	911	1012	0	1811	1787
21. Şirinevler	834	968	983	1007	1066	1104	1295	1467	1524	0	2246
22. Bahçelievler	298	346	348	355	373	385	440	541	566	584	0
23. İncirli	293	354	358	366	397	416	474	553	604	633	653
24. Zeytinburnu	669	776	782	798	853	897	999	1176	1285	1371	1411
25. Merter	301	373	373	373	388	401	427	506	543	555	565
26. Cevizlibağ	361	446	452	459	481	492	539	666	752	794	823
27. Topkapı	37	43	43	44	45	48	53	60	68	70	76
28. Maltepe	141	169	169	170	183	190	205	237	252	276	285
29. Edirnekapı	744	913	915	928	981	1010	1104	1404	1669	1817	1935
30. Ayvansaray	113	138	139	139	145	151	168	205	282	331	353
31. Halıcıoğlu	92	123	123	125	135	137	150	192	253	314	353
32. Okmeydanı	124	143	144	145	153	161	178	216	267	320	346
33. Perpa	133	158	158	159	164	167	184	220	279	321	357
34. Okmeydanı SSK	53	69	70	70	72	74	77	98	123	153	169
35. Çağlayan	92	106	106	106	112	114	124	147	185	228	255
36. Mecidiyeköy	200	258	261	265	279	288	316	415	522	642	683
37. Zincirlikuyu	501	674	674	684	705	718	783	952	1121	1272	1356
38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	55	83	83	84	89	89	93	123	163	190	206
39. Burhaniye	8	10	10	10	12	12	12	14	17	20	22
40. Altunizade	191	267	268	269	274	277	301	360	453	508	554
41. Acıbadem	24	46	46	47	49	49	54	69	90	115	137
42. Uzunçayır	339	527	529	534	553	562	614	746	898	1035	1133
43. Fikirtepe	1	1	1	1	2	2	6	7	9	21	25
44. Söğütözü	138	220	220	221	235	239	259	306	376	466	507
TOPLAM	8578	9977	9869	9754	9874	9966	10634	11692	12300	12034	12205

**Ek 1 (Devamı): 07:00-08:00 Saatleri İçin B-S Matrisleri**

O-D	23. İncirli	24. Zeytinburnu	25. Merter	26. Cevizlibağ	27. Topkapı	28. Maltepe	29. Edirnekapı	30. Ayvansaray	31. Halıcıoğlu	32. Okmeydanı	33. Perpa
TOPLAM	28020	27488	25522	24619	19775	18113	17732	17915	17395	17689	18000
01. Tüyap	2344	2184	1977	1864	1340	1167	1113	997	913	897	874
02. Beykent	1063	952	818	749	489	414	381	330	302	298	291
03. Cumhuriyet	750	681	588	536	371	321	301	277	244	243	242
04. Beylikdüzü Belediye	868	797	689	653	461	396	351	314	290	282	281
05. Beylikdüzü	1157	1067	911	849	598	531	499	429	391	378	374
06. Güzelçayır	1002	943	810	734	499	437	393	346	307	302	297
07. Haramidere	1201	1111	915	820	562	491	457	407	382	371	359
08. Haramidere Sanayi Sitesi	865	810	688	619	438	369	352	315	297	292	283
09. Saadetdere Mahallesi	777	705	596	542	382	335	307	275	251	244	237
10. MUSTAFA Kemal Paşa	1022	930	768	697	493	427	391	343	323	311	299
11. Cihangir Üniversite Mah.	506	469	397	365	224	192	186	169	162	162	158
12. Avcılar	3739	3503	3014	2827	2064	1846	1731	1553	1494	1471	1425
13. Şişli	1379	1282	1102	1017	705	627	576	520	484	475	457
14. İBB Sosyal Tesisler	604	567	469	421	282	243	210	184	173	170	167
15. Küçükçekmece	514	490	417	398	312	275	262	233	223	222	220
16. Cennet	1090	1027	890	841	631	564	538	474	444	434	424
17. Florya	558	514	420	401	271	246	232	209	201	200	197
18. Beşyol	1063	972	829	789	565	509	482	429	398	398	398
19. Sefaköy	2390	2320	2109	2055	1618	1496	1413	1297	1231	1217	1195
20. Yenibosna	1746	1697	1661	1650	1455	1350	1304	1201	1147	1121	1099
21. Şirinevler	2201	2155	2073	2054	1843	1758	1715	1603	1524	1500	1470
22. Bahçelievler	1183	1174	1150	1140	1022	980	966	922	864	849	842
23. İncirli	0	1139	1129	1120	1041	1020	1011	975	927	914	904
24. Zeytinburnu	1443	0	1103	1072	1047	1026	1017	980	932	912	891
25. Merter	576	585	0	409	375	362	355	345	334	330	314
26. Cevizlibağ	859	877	897	0	687	677	660	641	622	612	598
27. Topkapı	79	84	89	91	0	54	49	48	47	47	45
28. Maltepe	297	302	316	331	360	0	478	473	465	460	450
29. Edirnekapı	2069	2144	2195	2251	2295	2313	0	1626	1586	1563	1546
30. Ayvansaray	381	413	438	465	490	506	519	0	440	434	432
31. Halıcıoğlu	390	435	474	549	585	645	699	736	0	582	581
32. Okmeydanı	390	466	520	566	612	642	698	718	722	0	654
33. Perpa	389	427	463	534	578	603	637	660	675	695	0
34. Okmeydanı SSK	181	210	247	277	292	304	335	351	363	369	378
35. Çağlayan	288	328	358	393	424	444	484	497	506	509	516
36. Mecidiyeköy	756	860	918	975	1050	1118	1208	1242	1252	1264	1297
37. Zincirlikuyu	1469	1585	1662	1748	1907	1975	2086	2141	2159	2174	2230
38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	217	245	270	299	353	383	431	449	459	473	515
39. Burhaniye	22	24	25	26	35	43	49	49	51	54	61
40. Altunizade	596	657	705	776	889	942	1040	1098	1127	1167	1216
41. Acıbadem	166	183	201	230	268	304	335	353	363	369	407
42. Uzunçayır	1245	1344	1419	1520	1715	1788	1981	2115	2162	2199	2356
43. Fikirtepe	30	41	45	54	55	69	78	81	83	84	94
44. Söğütözü	547	604	657	753	856	903	974	1033	1061	1071	1130
TOPLAM	12388	11814	11899	11838	12764	12979	11554	11522	10984	10427	10202

**Ek 1 (Devamı): 07:00-08:00 Saatleri İçin B-S Matrisleri**

O-D	34. Okmeydanı SSK	35. Çağlayan	36. Mecidiyeköy	37. Zincirlikuyu	38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	39. Burhaniye	40. Altunizade	41. Acıbadem	42. Uzunçayır	43. Fikirtepe	44. Söğütöçesme
TOPLAM	18006	16335	13661	10604	6820	6694	6647	5695	4142	2224	1833
01. Tüyap	842	727	543	370	113	108	108	95	83	31	31
02. Beykent	273	231	160	102	40	40	39	32	25	6	6
03. Cumhuriyet	237	200	148	92	36	36	36	33	24	8	8
04. Beylikdüzü Belediye	266	227	182	127	30	26	26	21	18	3	3
05. Beylikdüzü	354	323	259	174	59	56	56	44	31	10	10
06. Güzelyurt	282	242	190	115	41	37	36	28	24	8	8
07. Haramidere	342	270	202	135	38	37	36	32	29	5	5
08. Haramidere Sanayi Sitesi	278	244	190	117	40	39	38	30	24	5	5
09. Saadetdere Mahallesi	228	191	148	87	24	24	22	22	17	8	8
10. MUSTAFA Kemal Paşa	291	260	206	132	58	56	55	43	29	9	8
11. Cihangir Üniversite Mah.	151	130	102	59	16	16	16	12	10	8	8
12. Avcılar	1367	1182	914	593	261	251	250	204	156	76	72
13. Şişli	437	380	307	185	68	67	67	58	44	23	23
14. İBB Sosyal Tesisler	160	140	102	63	25	24	24	16	13	8	8
15. Küçükçekmece	208	182	150	94	36	36	36	26	16	9	8
16. Cennet	412	375	299	202	69	67	66	58	44	25	24
17. Florya	191	171	135	94	39	39	39	30	24	13	13
18. Beşyol	389	337	276	185	91	90	87	78	68	26	26
19. Sefaköy	1144	990	797	564	277	268	265	221	140	68	66
20. Yenibosna	1047	926	729	519	231	222	219	181	128	68	67
21. Şirinevler	1402	1196	948	691	302	297	292	244	184	72	71
22. Bahçelievler	811	729	576	451	176	168	162	133	107	48	46
23. İncirli	881	791	629	467	182	173	171	144	105	54	53
24. Zeytinburnu	838	708	515	383	176	169	167	125	98	55	52
25. Merter	298	225	185	143	76	74	70	63	45	24	22
26. Cevizlibağ	578	514	390	315	214	208	207	182	154	101	101
27. Topkapı	45	41	36	23	15	14	14	9	7	3	3
28. Maltepe	431	369	307	230	131	128	127	107	82	52	45
29. Edimekapı	1509	1377	1112	874	542	530	520	417	336	177	170
30. Ayvansaray	405	374	342	263	175	162	158	131	98	43	41
31. Halıcıoğlu	568	538	495	353	163	155	152	121	89	40	37
32. Okmeydanı	638	601	552	416	182	168	166	131	102	38	36
33. Perpa	705	702	679	519	347	327	321	265	214	90	86
34. Okmeydanı SSK	0	462	444	334	179	158	155	124	86	36	35
35. Çağlayan	524	0	414	381	273	251	242	205	161	72	66
36. Mecidiyeköy	1334	1367	0	752	704	670	654	566	445	181	177
37. Zincirlikuyu	2408	2492	2544	0	1392	1341	1336	1041	466	391	121
38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	566	677	785	1022	0	164	161	147	133	74	68
39. Burhaniye	72	85	108	150	155	0	54	52	32	10	9
40. Altunizade	1388	1651	1884	2829	2844	2849	0	227	158	71	51
41. Acıbadem	466	559	707	1457	1481	1485	1527	0	94	66	47
42. Uzunçayır	2659	3317	3936	6633	6707	6734	7018	7113	0	108	85
43. Fikirtepe	104	123	166	430	436	436	488	543	567	0	5
44. Söğütöçesme	1227	1458	1796	3572	3594	3601	3662	3708	3747	3747	3747
TOPLAM	10748	11730	11927	16093	15217	15104	12695	11363	4314	3747	

**Ek 1 (Devamı): 18:00-19:00 Saatleri İçin B-S Matrisleri**

O-D	01. Tüyap	02. Beykent	03. Cumhuriyet	04. Beylikdüzü Belediye	05. Beylikdüzü	06. Güzelyurt	07. Haramidere	08. Haramidere Sanayi Sitesi	09. Saadetdere Mahallesi	10. MUSTAFA Kemal Paşa	11. Cihangir Üniversite Mah.
TOPLAM		1661	2884	3642	4101	5477	6227	6771	7620	7782	8279
01. Tüyap	0	1661	1578	1562	1524	1475	1465	1454	1423	1408	1358
02. Beykent	39	0	1306	1286	1248	1209	1199	1180	1151	1116	1043
03. Cumhuriyet	16	35	0	795	761	728	720	711	684	668	621
04. Beylikdüzü Belediye	16	37	51	0	570	550	546	528	508	499	465
05. Beylikdüzü	45	99	160	227	0	1516	1494	1451	1395	1340	1235
06. Güzelyurt	13	23	40	49	86	0		788	771	741	713
07. Haramidere	8	15	23	48	61	89	0	660	644	628	600
08. Haramidere Sanayi Sitesi	24	76	121	174	269	294	322	0	1044	1019	984
09. Saadetdere Mahallesi	7	17	32	60	82	91	97	115	0	365	359
10. MUSTAFA Kemal Paşa	20	47	85	145	217	243	269	286	296	0	900
11. Cihangir Üniversite Mah.	20	37	49	81	127	150	169	185	216	248	0
12. Avclar	29	68	106	156	235	256	277	305	350	384	412
13. Şükrübey	16	29	43	67	104	112	123	138	148	163	189
14. İBB Sosyal Tesisler	7	12	17	31	52	61	72	82	89	105	120
15. Küçükçekmece	13	24	35	51	87	109	128	138	148	162	178
16. Cennet	16	39	59	82	132	145	163	177	202	217	243
17. Florya	26	47	72	93	129	145	173	186	207	240	274
18. Beşyol	43	74	106	163	232	262	308	343	381	412	467
19. Sefaköy	62	128	193	242	335	380	443	498	538	608	664
20. Yenibosna	91	208	296	406	568	630	728	800	866	963	1064
21. Şirinevler	108	229	359	467	646	726	854	930	1024	1150	1291
22. Bahçelievler	46	102	156	202	283	313	386	419	468	539	596
23. İncirli	76	124	163	210	311	344	403	438	472	534	583
24. Zeytinburnu	63	147	214	302	447	522	644	708	765	874	960
25. Merter	61	105	153	205	285	324	390	413	447	498	572
26. Cevizlibağ	263	463	650	843	1152	1285	1495	1617	1755	1929	2139
27. Topkapı	13	22	33	45	69	78	97	105	122	138	154
28. Maltepe	36	78	122	153	197	222	261	277	296	320	344
29. Edirnekapı	56	105	152	197	268	308	360	389	422	462	503
30. Ayvansaray	18	44	64	78	102	118	144	155	171	190	207
31. Halıcıoğlu	14	40	53	63	83	92	102	113	120	128	138
32. Okmeydanı	10	15	16	21	30	43	47	49	56	71	82
33. Perpa	26	45	59	86	122	128	141	159	176	193	201
34. Okmeydanı SSK	6	14	22	28	44	55	68	75	82	90	97
35. Çağlayan	24	46	61	81	116	139	164	185	202	215	231
36. Mecidiyeköy	77	136	202	266	388	447	508	553	593	651	728
37. Zincirlikuyu	216	336	481	641	856	957	1107	1224	1309	1415	1555
38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	6	10	12	12	20	21	23	24	30	33	36
39. Burhaniye	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
40. Altunizade	10	16	21	25	39	40	51	53	60	78	84
41. Acıbadem	2	5	7	9	10	12	13	14	15	18	22
42. Uzunçayır	37	55	70	92	107	120	128	136	158	181	246
43. Fikirtepe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
44. Söğütözü	43	58	72	92	130	137	148	160	168	179	199
TOPLAM	1722	3207	4629	6190	8420	9397	10808	11449	12351	13391	14580



**Ek 1 (Devamı): 18:00-19:00 Saatleri İçin B-S Matrisleri**

O-D	12. Avclar	13. Şükürbey	İBB Sosyal Tesisler	15. Küçükçekmece	16. Cennet	17. Florya	18. Beşyol	19. Sefaköy	20. Yenibosna	21. Şirinevler	22. Bahçelievler
TOPLAM	8570	9720	9596	9686	9737	9737	10058	10899	11007	11485	10801
01. Tüyap	1301	1243	1203	1195	1170	1124	1089	1064	976	900	760
02. Beykent	997	926	871	856	817	780	772	739	661	568	484
03. Cumhuriyet	569	504	468	459	440	404	385	363	320	278	237
04. Beylikdüzü Belediye	437	396	371	361	345	317	307	286	251	224	170
05. Beylikdüzü	1147	1044	949	915	880	828	799	765	670	608	484
06. Güzel yurt	683	639	593	584	573	539	520	512	446	381	311
07. Haramidere	584	537	508	503	485	460	455	444	399	338	254
08. Haramidere Sanayi Sitesi	930	877	831	812	795	754	745	722	638	562	450
09. Saadetdere Mahallesi	348	325	315	314	313	298	294	283	259	240	197
10. MUSTAFA Kemal Paşa	867	829	787	780	764	736	719	687	631	565	450
11. Cihangir Üniversite Mah.	706	672	631	619	604	574	561	535	492	442	355
12. Avclar	0	1727	1666	1654	1628	1586	1565	1520	1420	1314	1097
13. Şükürbey	229	0	401	398	385	355	351	337	308	277	210
14. İBB Sosyal Tesisler	128	153	0	240	236	228	215	205	183	151	120
15. Küçükçekmece	219	245	250	0	304	281	275	269	256	229	189
16. Cennet	288	361	381	397	0	474	461	438	391	357	281
17. Florya	339	375	396	407	423	0	544	537	514	445	383
18. Beşyol	584	641	660	674	704	716	0	1193	1155	1028	831
19. Sefaköy	840	943	972	990	1017	1029	1081	0	1035	955	797
20. Yenibosna	1337	1528	1572	1605	1707	1777	1881	2004	0	1623	1519
21. Şirinevler	1647	1852	1926	1985	2119	2190	2367	2659	2788	0	1222
22. Bahçelievler	758	836	863	891	969	1006	1067	1216	1272	1321	0
23. İncirli	719	804	829	859	942	976	1033	1158	1228	1317	1375
24. Zeytinburnu	1205	1342	1389	1447	1581	1627	1740	2023	2102	2184	2230
25. Merter	711	788	811	836	897	925	968	1101	1134	1171	1201
26. Cevizlibağ	2581	2869	2975	3071	3287	3381	3554	4041	4298	4518	4681
27. Topkapı	205	236	246	262	285	292	320	388	424	476	514
28. Maltepe	423	473	497	520	562	575	608	715	769	834	872
29. Edirnekapı	667	720	739	760	810	835	877	987	1071	1158	1237
30. Ayvansaray	253	286	300	306	338	353	373	438	503	581	635
31. Halıcıoğlu	161	189	190	196	220	233	250	291	325	388	437
32. Okmeydanı	101	112	113	120	124	125	132	162	192	219	239
33. Perpa	260	285	292	299	328	340	360	429	495	583	647
34. Okmeydanı SSK	127	140	147	151	168	173	182	219	239	283	301
35. Çağlayan	293	327	332	342	371	382	405	469	529	621	715
36. Mecidiyeköy	926	1035	1080	1114	1220	1264	1359	1632	1812	2149	2409
37. Zincirlikuyu	1939	2093	2162	2229	2409	2504	2648	3020	3348	3816	4304
38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	52	60	61	66	70	71	78	95	110	136	152
39. Burhaniye	1	1	1	1	1	1	1	2	6	6	6
40. Altunizade	117	144	151	161	177	190	194	229	270	322	355
41. Acıbadem	30	32	35	39	43	45	49	60	66	78	90
42. Uzunçayır	277	290	305	335	354	384	460	543	660	756	833
43. Fikirtepe	7	7	7	8	9	9	9	10	14	20	24
44. Söğütözü	274	315	323	335	374	390	422	491	564	647	725
TOPLAM	17695	19480	20003	20403	21510	21794	22419	24381	24218	23582	23982

**Ek 1 (Devamı): 18:00-19:00 Saatleri İçin B-S Matrisleri**

O-D	23. İncirli	24. Zeytinburnu	25. Merter	26. Cevizlibağ	27. Topkapı	28. Maltepe	29. Edirnekapı	30. Ayvansaray	31. Halıcıoğlu	32. Okmeydanı	33. Perpa
TOPLAM	10691	9787	10114	10263	10283	9545	10250	9624	9185	9801	9386
01. Tüyap	707	660	565	515	470	432	420	302	285	266	243
02. Beykent	428	385	304	283	243	214	205	162	151	138	125
03. Cumhuriyet	207	184	156	145	114	109	101	74	70	67	62
04. Beylikdüzü Belediye	155	131	110	97	78	74	74	67	64	62	56
05. Beylikdüzü	430	399	309	294	238	221	205	148	146	138	128
06. Güzelyurt	279	251	212	192	159	135	128	94	85	78	74
07. Haramidere	231	213	174	162	133	121	112	93	89	85	78
08. Haramidere Sanayi Sitesi	420	392	319	284	246	222	215	175	162	151	139
09. Saadetdere Mahallesi	183	176	152	132	108	91	84	68	67	64	61
10. MUSTAFA Kemal Paşa	393	355	284	246	221	204	190	150	137	132	124
11. Cihangir Üniversite Mah.	323	296	247	227	181	161	150	115	105	101	94
12. Avclar	1013	951	823	765	645	604	581	490	467	461	435
13. Şükrübey	186	168	139	125	91	85	79	64	62	59	52
14. İBB Sosyal Tesisler	108	95	83	76	59	54	47	37	35	32	30
15. Küçükçekmece	169	150	121	114	98	90	86	68	60	56	55
16. Cennet	248	222	181	170	141	125	114	94	87	83	75
17. Florya	346	301	240	221	192	173	164	133	122	113	102
18. Beşyol	752	680	541	475	403	366	355	282	262	250	233
19. Sefaköy	739	683	568	531	470	439	432	353	337	323	306
20. Yenibosna	1449	1357	1255	1236	1137	1065	1049	894	861	806	752
21. Şirinevler	1157	1090	1030	1018	929	879	863	745	711	670	622
22. Bahçelievler	693	647	593	578	526	492	484	399	383	358	321
23. İncirli	0	825	788	773	735	690	673	600	581	554	513
24. Zeytinburnu	2256	0	921	838	818	787	776	693	667	627	584
25. Merter	1220	1257	0	765	707	675	662	596	568	535	472
26. Cevizlibağ	4838	4888	4982	0	1142	1040	999	934	902	856	794
27. Topkapı	532	553	566	570	0	261	246	237	230	216	206
28. Maltepe	900	929	943	966	990	0	757	734	722	657	587
29. Edirnekapı	1316	1355	1369	1390	1402	1417	0	823	768	735	679
30. Ayvansaray	689	743	758	790	794	799	833	0	737	720	691
31. Halıcıoğlu	475	531	566	598	611	619	653	670	0	409	398
32. Okmeydanı	259	285	305	317	320	330	355	362	368	0	297
33. Perpa	702	792	896	940	959	998	1175	1228	1244	1281	0
34. Okmeydanı SSK	327	360	386	413	431	447	500	508	518	529	532
35. Çağlayan	780	861	910	964	994	1026	1175	1218	1242	1280	1296
36. Mecidiyeköy	2705	2976	3085	3219	3276	3344	3939	4043	4238	4457	4646
37. Zincirlikuyu	4764	5137	5274	5457	5526	5620	6228	6402	6562	6836	7035
38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	162	183	191	202	204	205	230	235	244	262	273
39. Burhaniye	7	9	10	14	14	15	23	25	28	29	29
40. Altunizade	389	437	461	481	497	513	623	660	692	741	777
41. Acıbadem	102	113	116	121	124	131	174	179	187	202	215
42. Uzunçayır	888	919	965	990	1011	1172	1234	1303	1392	1457	1525
43. Fikirtepe	25	25	25	28	28	29	31	33	33	36	38
44. Soğutlucoseme	790	873	918	974	991	1013	1195	1228	1275	1354	1426
TOPLAM	21870	23227	22725	18433	18170	17678	18369	18096	18023	18463	16366

**Ek 1 (Devamı): 18:00-19:00 Saatleri İçin B-S Matrisleri**

O-D	34. Okmeydanı SSK	35. Çağlayan	36. Mecidiyeköy	37. Zincirlikuyu	38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	39. Burhaniye	40. Altunizade	41. Acıbadem	42. Uzunçayır	43. Fikirtepe	44. Söğütözü
TOPLAM	10104	10164	10454	10412	14144	13003	12973	10895	7392	3605	2635
01. Tüyap	231	220	209	163	99	92	91	66	62	23	23
02. Beykent	118	114	102	72	40	37	37	26	25	8	8
03. Cumhuriyet	58	54	49	35	18	17	16	15	14	3	3
04. Beylikdüzü Belediye	56	54	46	28	12	12	12	9	9	1	1
05. Beylikdüzü	121	117	110	90	51	48	46	35	33	7	7
06. Güzel yurt	69	67	58	45	29	26	26	21	21	7	7
07. Haramidere	77	76	70	56	41	33	33	30	30	8	7
08. Haramidere Sanayi Sitesi	131	125	110	81	54	46	46	32	28	9	9
09. Saadetdere Mahallesi	58	52	47	30	23	21	21	18	15	6	6
10. MUSTAFA Kemal Paşa	109	104	94	62	40	33	31	23	21	3	3
11. Cihangir Üniversite Mah.	86	84	78	59	36	35	33	22	21	7	6
12. Avclar	417	404	376	281	196	179	178	148	130	26	25
13. Şükrübey	49	48	44	32	17	14	14	13	8	2	2
14. İBB Sosyal Tesisler	26	24	23	18	15	12	12	12	10	3	3
15. Küçükçekmece	54	51	45	39	23	18	18	10	10	2	2
16. Cennet	70	67	62	43	32	24	24	20	14	5	5
17. Florya	98	97	90	54	28	26	26	22	18	9	9
18. Beşyol	217	205	186	135	81	72	72	56	49	18	17
19. Sefaköy	297	289	266	202	124	110	107	91	71	18	18
20. Yenibosna	711	672	631	480	351	308	306	227	189	60	58
21. Şirinevler	583	553	492	366	231	208	204	163	136	52	47
22. Bahçelievler	300	291	253	196	125	116	115	93	84	35	33
23. İncirli	480	458	408	297	175	166	166	127	107	43	37
24. Zeytinburnu	544	515	465	342	231	201	197	140	122	43	41
25. Merter	447	414	366	297	219	199	196	144	113	38	32
26. Cevizibağ	746	714	608	451	299	275	273	205	177	63	55
27. Topkapı	192	185	171	137	112	94	93	66	51	13	10
28. Maltepe	555	530	490	360	270	222	209	141	112	41	33
29. Edirnekapı	658	633	584	445	344	301	299	227	178	51	45
30. Ayvansaray	658	633	596	484	360	319	311	197	156	58	53
31. Halıcıoğlu	390	381	344	265	197	179	177	136	116	29	29
32. Okmeydanı	273	258	228	168	125	106	106	87	70	22	22
33. Perpa	1224	1198	1158	891	676	592	580	432	331	90	82
34. Okmeydanı SSK	0	481	462	353	260	236	235	171	124	38	31
35. Çağlayan	1324	0	1130	988	803	699	696	522	428	143	133
36. Mecidiyeköy	4835	5058	0	2371	2221	2015	1993	1604	1332	505	469
37. Zincirlikuyu	7216	7420	7656	0	6188	5910	5875	4685	2341	1705	966
38. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	275	292	358	447	0	112	101	91	75	32	24
39. Burhaniye	31	33	47	63	0	0	35	31	24	6	6
40. Altunizade	802	863	1005	1416	1429	1431	0	738	537	150	93
41. Acıbadem	220	247	305	457	485	488	532	0	91	55	33
42. Uzunçayır	1663	2002	2675	2799	2812	2984	3059	75	0	169	135
43. Fikirtepe	41	48	62	109	116	117	158	221	262	0	3
44. Söğütözü	1472	1563	1794	2391	2525	2538	2684	2792	3042	3064	0
TOPLAM	16406	17526	13901	7682	7368	7558	6433	3088	3304	3064	

**Ek2: İstasyon Yoğunlukları**

İSTASYON ADI	07:00-08:00		18:00-19:00	
	T-S	S-T	T-S	S-T
01. Tüyap	3688	0	1661	0
02. Beykent	5609	1306	2884	1722
03. Cumhuriyet	7033	3405	3642	3207
04. Beylikdüzü Belediyesi	8538	3503	4101	4629
05. Beylikdüzü	10460	4296	5477	6190
06. Güzelyurt	12145	5265	6227	8420
07. Haramidere	14084	5672	6771	9397
08. Haramidere Sanayi Sitesi	15353	5720	7620	10808
09. Saadetdere Mahallesi	16622	6340	7782	11449
10. MUSTAFA Kemal Paşa	18280	6739	8279	12351
11. Cihangir Üniversite Mah.	18970	7207	8570	13391
12. Avcılar	24298	8076	9720	14580
13. Şükrübey	26166	8578	9596	17695
14. İBB Sosyal Tesisler	27092	9977	9686	19480
15. Küçükçekmece	27486	9869	9737	20003
16. Cennet	28352	9754	9737	20403
17. Florya	28656	9874	10058	21510
18. Beşyol	29243	9966	10899	21794
19. Sefaköy	30347	10634	11007	22419
20. Yenibosna	29517	11692	11485	24381
21. Şirinevler	28568	12300	10801	24218
22. Bahçelievler	28020	12034	10691	23582
23. İncirli	27488	12205	9787	23982
24. Zeytinburnu	25522	12388	10114	21870
25. Merter	24619	11814	10263	23227
26. Cevizlibağ	19775	11899	10283	22725
27. Topkapı	18113	11838	9545	18433
28. Maltepe	17732	12764	10250	18170
29. Edirnekapı	17915	12964	9624	17678
30. Ayvansaray	17395	11554	9185	18396
31. Halıcıoğlu	17689	11522	9801	18096
32. Okmeydanı	18000	10984	9386	18023
33. Perpa	18006	10427	10104	18463
34. Okmeydanı SSK	16335	10202	10164	16366
35. Çağlayan	13661	10748	10454	16406
36. Mecidiyeköy	10604	11730	10412	17526
37. Zincirlikuyu	6820	11927	14144	13901
38. 15 Temmuz Şehitler İstasyonu	6694	16093	13003	7682
39. Burhaniye	6647	15217	12973	7368
40. Altunizade	5695	15104	10895	7558
41. Acıbadem	4142	12695	7392	6433
42. Uzunçayır	2224	11363	3605	3088
43. Fikirtepe	1833	4314	2635	3304
44. Söğütlüçeşme	0	3747	0	3064

## ÖZGEÇMİŞ

15.03.1987 tarihinde Yalova'da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Yalova ili Sugören köyünde İsmet Koçhan ilköğretim Okulu (2001) tamamlamıştır. Lise öğrenimini ise Yalova Fatih Sultan Mehmet Lisesini (2005) tamamlamıştır. 2006-2008 yılları arasında Kütahya Dumlu Pınar Üniversitesi Germiyan Kampüsü Meslek Yüksek Okulu Makine teknikerliğini bitirmiştir. 2008-2012 yılları arasında Kayseri Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği lisans eğitimini tamamlamıştır. 2014 yılında Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

2012-2013 yılları arasında özel bir şirkette kontrol, test ve devreye alma mühendisi olarak görev yapıktan sonra, 2013 yılından itibaren İETT kurumunda çalışmaktadır.

Çalışma ve ilgi alanı olarak, ısı transferi, valf teknolojileri, optimizasyon teknikleri ve ISO kalite standartları ile ilgilidir.

Orta seviyede İngilizce bilmektedir.

**Hakan YILDIZ**