ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RAYLI SİSTEMLERDE SERVİS GECİKME ANALİZİ

Yunus DİNÇ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2023

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Yunus DİNÇ tarafından hazırlanan **"Raylı Sistemlerde Servis Gecikme Analizi"** adlı tez çalışması 11/05/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Osman KARA
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Gümüşhane Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hamit ALYAR

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **"Raylı Sistemlerde Servis Gecikme Analizi"** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı'yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (11/05/2023).

Yunus DİNÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

RAYLI SİSTEMLERDE SERVİS GECİKME ANALİZİ

Yunus DİNÇ

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL

Demiryolu altyapısı, üstyapısı, tasarımı ve yapımı demiryolu sektörünün en önemli konuları arasındadır. Hız artışıyla beraber, altyapıya iletilen dinamik yükler de arttığından, yolda meydana gelen kalıcı yer ve şekil değiştirmeler, yolun düşey ve yatay geometrisinde bozulmalara, dolayısıyla yol ve araçlara gelen etkilerin daha da artarak, konfor ve güvenlik değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Bundan dolayı, demiryollarının yapılacağı alanlarda gerekli altyapı ve üstyapı özelliklerinin duyarlılıkla saptanması ve ekonomik olarak uzun süre hizmet verebilecek bir yapı ortaya konması gerekir. Bu çalışmada, Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 1998-2021 yıllarının sonuna kadar yıllar ve aylar bazında taşınan yolcu sayıları, toplam sefer sayıları ve şekilleri çıkarılarak karşılaştırma yapılmış olup, 2020-2021 M1-M2-M3-M4 metro hatları aylar bazında elde edilen veriler sonucu 2020 ile 2021 yıllarında toplam biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında demiryolu üstyapısı ve altyapısı için yapılması gereken çalışmalar ve alınması gereken önlemler yer almıştır. Çalışma sunulurken, üstyapıya gelen etkiler ve üstyapıyı oluşturan bileşenler, altyapının üzerine inşa edileceği taban zemini ve günümüzde demiryollarının ülkemizde kullanımı hakkında bilgi verilmiştir. Tüm bu çalışmalar neticesinde raylı sistemlerde servis gecikme analizini yapmak için İki Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yöntemi kullanılmıştır. Bu tezde excel ve word yazılımlarından yararlanılmıştır. Araştırmada elde edilen veriler şekil ve çizelgelerle aktarılmaya çalışılmıştır. Elde edilen verilerin karşılaştırılması yapılmıştır.

2023, 70 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Demiryolları, Demiryollarında altyapı ve üstyapı, Ankara metro hattı, Anova

ABSTRACT

Master of Science Thesis

SERVIS DELAY ANALYSIS IN RAIL SYSTEMS

Yunus DİNÇ

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Asst. Prof. Dr. Başak VARLİ BİNGÖL

Railway infrastructure, superstructure design and construction are among the most important issues of the railway industry. As the dynamic loads transmitted to the infrastructure increase with the increase in speed, permanent displacements and deformations on the road have caused deterioration in the vertical and horizontal geometry of the road, thus increasing the effects on the road and vehicles, causing a decrease in comfort and safety values. For this reason, it is necessary to determine the necessary infrastructure and superstructure features in the areas where the railways will be built, and to create a structure that can provide economic service for a long time. In this study, the number of passengers carried by Ankara M1-M2-M3-M4 metro lines on the basis of years and months until the end of 1998-2021 and the total number of flights tables were compared and the 2020-2021 M1-M2-M3-M4 metro lines were calculated as a result of the data obtained on the basis of months, the total number of boarding passengers and the total earnings in the years 2020 and 2021. The works to be done and the measures to be taken for the railway superstructure and infrastructure have been included. While presenting the study, information was given about the effects on the superstructure and the components that make up the superstructure, the base ground on which the infrastructure will be built and the use of railways in our country today. As a result of all these studies, the Two-Way Analysis of Variance (ANOVA) method was used to analyze the service delay in rail systems. Excel and Word software were used in this thesis. The data obtained in the research were tried to be transferred with tables, graphics and figures. The obtained data were compared.

2023, 70 pages

Keywords: Railways, Infrastructure and superstructure in railways, Ankara metro mine, Anova

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İleriki meslek hayatımda bana faydası olacağını düşündüğüm bu tez çalışmamda bana rehberlik eden, sabrını ve yardımını çalışmam boyunca hiç esirgemeyen, tezimin teslimi sırasında danışmanlığımı üstlenen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL'e sabrı, rehberliği ve anlayışı için, çalışmam boyunca beni cesaretlendiren ve sabır gösteren aileme ve sayın hocam Tuba DİNÇ'e teşekkür ederim.

Yunus DİNÇ
Çankırı, Mayıs 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **x**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **3**
3. GENEL BİLGİLER **6**
3.1 Demiryollarında Yapım İşlemleri **6**
3.1.1 Demiryollarında bakım ve onarım kontrol işlemleri **9**
4. MATERYAL VE METOT **13**
4.1 Demiryollarının Ana Bölümleri **13**
4.1.1 Balastlı demiryolu **14**
4.1.2 Balastsız demiryolu **14**
4.1.3 Balastlı ve balastsız üstyapının karşılaştırılması **17**
4.1.4 Üstyapı **19**
4.1.5 Altyapı **28**
5. BULGULAR VE TARTIŞMA **33**
5.1 Ankara Metro Hattı **33**
5.1.1 Ankara metrosu 2020-2021 yıllarında aylar bazında taşınan yolcu sayıları **34**
5.1.2 Ankara metrosu 2021 yılında aylar bazında biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç **36**
5.1.3 Ankara M1 metro hattı (Kızılay-Batıkent) **54**
5.1.4 Ankara M2 metro hattı (Kızılay-Çayyolu) **56**
5.1.5 Ankara M3 metro hattı (Batıkent-OSB-Törekent) **58**
5.1.6 Ankara M4 metro hattı (Atatürk Kültür Merkezi-Şehitler) **60**
5.2 M1-M2-M3-M4 Raylı Sistemlerde Servis Gecikme Analizi **62**

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 67
KAYNAKLAR 68
ÖZGEÇMİŞ 70

SİMGELER DİZİNİ

cm	: Santimetre
cm^2	: Santimetrekare
km	: Kilometre
m	: Metre
mm	: Milimetre

KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	: Atatürk kültür merkezi
ANOVA	: Analysis of variance
ASKİ	: Ankara su ve kanalizasyon idaresi
ATD	: Asfalt taşıyıcı tabakalı demiryolu ağı
DF	: Degrees of freedom
DLH	: Demiryolları, limanlar ve hava meydanları
EN	: European standards
F	: Varyans analizine ait test istatistiği
GOP	: Gaziosmanpaşa
M1	: Kızılay-Batıkent
M2	: Kızılay-Koru
M3	: Batıkent-Törekent
M4	: Atatürk kültür merkezi-şehitler
MS	: Mean square
MTA	: Maden tetkik ve arama
ODTÜ	: Orta doğu teknik üniversitesi
OSB	: Organize sanayi bölgesi
OSTİM	: Ortadoğu sanayi ve ticaret merkezi
P	: Önem derecesi
SS	: Sum of squares
TCDD	: Türkiye cumhuriyeti devlet demiryolları
TS	: Türk standartları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Ekskavatör (Wikipedia 2023) 6
Şekil 3.2 Yükleyici (Wikipedia 2021) 7
Şekil 3.3 Dozer (Wikipedia 2022) 7
Şekil 3.4 Kamyon (Yeni şafak 2018) 8
Şekil 3.5 Topograf ekibi (Endüstriyel test cihazları 2020) 8
Şekil 4.1 Demiryolunun genel yapısı (Akbaş 2008) 13
Şekil 4.2 Rheda 2000 yöntemine ait üstyapı kesiti (Aksop 2018) 16
Şekil 4.3 Züblin yöntemine ait bir uygulama (Aksop 2018) 17
Şekil 4.4 Rayın bölümleri (Güngör 2013) 20
Şekil 4.5 Malzeme şekillerine göre raylar (Aksop 2018) 21
Şekil 4.6 Çelik ve plastik demiryolu seletleri (İnal 2019) 22
Şekil 4.7 Ahşap travers bağlantı elemanları (İnal 2019) 23
Şekil 4.8 Beton travers bağlantı elemanları (İnal 2019) 23
Şekil 4.9 Gürültü azaltmak için izolasyona uygun malzeme çeşitleri (a) Ahşap travers, (b) Çelik travers, (c) Beton travers ve (d) Plastik travers (Tokmak 2021). 26
Şekil 4.10 Farklı balast malzeme çeşitleri (Aksop 2018) 27
Şekil 4.11 Altyapı bileşenleri (Akbaş 2008) 28
Şekil 4.12 Yarma (Bilgiç 2017) 29
Şekil 4.13 Dolgu (Bilgiç 2017) 30
Şekil 4.14 Tünel (Bilgiç 2017) 30
Şekil 4.15 Köprü (Bilgiç 2017) 31
Şekil 4.16 İstinat duvarı (Bilgiç 2017) 32
Şekil 5.1 Ankara metrosu yıllar bazında taşınan yolcu sayıları 1998-2021 33
Şekil 5.2 Ankara metrosu yıllar bazında gerçekleşen toplam sefer sayıları 1998-2021 34
Şekil 5.3 M1-M2-M3-M4 aylar bazında taşınan yolcu sayıları 2020 35
Şekil 5.4 M1-M2-M3-M4 aylar bazında taşınan yolcu sayıları 2021 36
Şekil 5.5 Ocak ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 37
Şekil 5.6 Ocak ayı toplam kazanç 2021 37
Şekil 5.7 Şubat ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 38
Şekil 5.8 Şubat ayı toplam kazanç 2021 39
Şekil 5.9 Mart ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 40
Şekil 5.10 Mart ayı toplam kazanç 2021 40
Şekil 5.11 Nisan ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 41
Şekil 5.12 Nisan ayı toplam kazanç 2021 42
Şekil 5.13 Mayıs ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 43
Şekil 5.14 Mayıs ayı toplam kazanç 2021 43
Şekil 5.15 Haziran ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 44
Şekil 5.16 Haziran ayı toplam kazanç 2021 45
Şekil 5.17 Temmuz ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 46

Şekil 5.18 Temmuz ayı toplam kazanç 2021 46
Şekil 5.19 Ağustos ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 47
Şekil 5.20 Ağustos ayı toplam kazanç 2021 48
Şekil 5.21 Eylül ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 49
Şekil 5.22 Eylül ayı toplam kazanç 2021 49
Şekil 5.23 Ekim ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 50
Şekil 5.24 Ekim ayı toplam kazanç 2021 51
Şekil 5.25 Kasım ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021 52
Şekil 5.26 Kasım ayı toplam kazanç 2021 52
Şekil 5.27 Aralık biniş tipi yolcu sayısı 2021 53
Şekil 5.28 Aralık ayı toplam kazanç 2021 54
Şekil 5.29 M1 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2020 55
Şekil 5.30 M1 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2021 56
Şekil 5.31 M2 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2020 57
Şekil 5.32 M2 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2021 58
Şekil 5.33 M3 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2020 59
Şekil 5.34 M3 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2021 59
Şekil 5.35 M4 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2020 61
Şekil 5.36 M4 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2021 61
Şekil 5.37 Aylar bazında meydana gelen servis gecikme nedenlerinin ortalamaları 63
Şekil 5.38 2021 yılında servis gecikme nedenlerinin ortalamaları 64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Demiryolu yapılarında denetim çeşitleri (T.C. Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü 2007) 10
Çizelge 4.1 Yapı sistemlerine uygun bazı rijit üstyapılar (Aksop 2018) 16
Çizelge 5.1 M1-M2-M3-M4 Hattı nedenlerine göre aylar bazında servis gecikme olay sayıları 2021 62
Çizelge 5.2 Bağımsız örneklemler için İki Yönlü ANOVA 65
Çizelge 5.3 ANOVA testi 65

1. GİRİŞ

Ulaştırma sektöründe demiryolu, sanayi devrimi esnasında ortaya çıkmış ve kısa bir sürede önemi tüm dünyaya yayılmıştır. Demiryolu geçtiği bölgelerde ve ülkelerde sanayinin, ticaretin ve tarımın gelişmesinde, fiziki yapıların oluşmasında belirleyici olmuştur (Sarıkavak 2017). Buharlı gemiler ile İngilizlerin güneşin batmadığı imparatorluk unvanını aldığını ardından Fransızların 1804'de buharlı lokomotif ile dünya liderliğinde söz sahibi olduğunu söyleyebiliriz. İlk kez 1804 yılında yapılan buharlı lokomotif, giderek gelişmiş 1830'dan sonra bugün ki bilinen şeklini almıştır. İlk yolcu taşıyan buharlı lokomotif 39 km yolu saatte 20 km hızla almıştı (Yılmaz 2011). Cumhuriyet dönemi öncesi, Osmanlı İmparatorluğu'nda demiryolları Almanya, İngiltere ve Fransa'ya verilen imtiyazlı sözleşmeler karşılığında yaptırılmıştır. Bu topraklardaki ilk demiryolu 23 Eylül 1856'da bir İngiliz şirketine verilen ayrıcalıkla İzmir-Aydın arasında inşa edilmiştir. 130 km uzunluğundaki bu hattın 1866 yılında yapımı bitirilmiştir. 1.Dünya savaşının ardından, Türkiye Cumhuriyeti milli sınırları içinde Osmanlı İmparatorluğu'ndan kalan demiryolu hat uzunluğu 1923 yılı itibarıyla 4.559 km'dir. Bu hat 24.05.1924 tarihinde çıkarılan 506 Sayılı Kanun ile Türkiye'nin kaynaklarını harekete geçirmek amacıyla millileştirilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşunun ardından 1923-1950 yılları arasında 3764 km yol inşa edilmiş ve aynı zamanda demiryolu ile ilgili bulunan fabrikalar geliştirilmiş ve yeni fabrikalar inşa edilmiştir (Sarıkavak 2017).

Bu çalışmanın amacı; rijit üstyapılarda beton ve asfalt taşıyıcı tabakaların ekonomik ve teknik açıdan karşılaştırılması ve asfalt taşıyıcı tabakanın demiryolunda teknik ve ekonomik açıdan doğru bir seçenek olup olmadığının araştırılması yapılmış ve Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 1998 den 2021 yılların sonuna kadar toplam sefer sayıları ve toplam yolcu verileri hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın giriş kısmında Demiryollarının tarihi ve günümüze kadar ki süreci ele alınmıştır. Bu bölümün devamında demiryollarında yapım işleri anlatılmıştır ve bunların alt bölümleri ele alınmıştır. Daha sonraki kısımda Demiryollarının ana bölümlerine yer verilmiştir. Balastlı, balastsız Demiryolları ve bunların karşılaştırılması

yapılmış olup altyapı ve üstyapısı anlatılmıştır. Demiryollarına etki eden kuvvetlerin araştırılması yapılmış olup bunların altında yer alan kuvvetlerin araştırılması ve tanıtılması yapılmıştır. Son olarak da Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının aylık ve yıllık biniş tipi yolcu sayıları, sefer sayıları, toplam kazanç ve M1-M2-M3-M4 metro hatlarının ayrıntılı bir şekilde anlatımı yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Suvar (2020) tarafından yazılan "Kent içi Raylı Sistemlerde Tren Seyirlerinin İstatistiksel Analizi" adlı eserinde güvenilirlik ya da dakiklik hem hizmet sunanlar hem de hizmet alıcılar için tarifeli tren işletmeciliğinin önemli bileşenlerindendir. Demiryolu sanayisi ekseriyetle güvenilirlik ve dakiklik gibi başlıca performans göstergeleriyle kendini ölçer. Raylı yapılar, günümüzde toplumsal nedenlerden ötürü en fazla tercih edilen toplu taşıma yöntemi olup, 1990'ların ikinci devresinden sonra yurdumuzda bir hayli büyük planın temelini oluşturacak şekilde kabullenen ulaştırma türü olduğunu dile getirmiştir.

Gençer (2016) tarafından yazılan "Ankara Metrosu M1 Hattı Hareket Saatlerinin Çizelgelenmesi" adlı çalışmasında tren gecikme problemini çözmek için gerçek zamanlı operasyon ve uygun metodoloji planlaması gerektiğini belirtmiştir. En temel haliyle trenler güzergahları üzerindeki bütün istasyonlara uğrayıp hareket saati gelince hat üzerindeki diğer istasyonlarına doğru hareket ederler. Operasyonel çalışmalar; bir takım yasaklar altında yönetilmelidir ki yasaklar en az dizi aralığı, tren yolcu alma sınırı gibi tasarımları kapsayan hizmetler olduğunu ortaya koymuştur.

Ünal (2016) tarafından yazılan "İstanbul İlindeki Mevcut Raylı Sistemler ve Planlanan Raylı Sistemler İçin Toplu Taşıma Ataması" adlı çalışmasında toplu taşıma ile trafik probleminin çözümü için yatırımların arttırılması ve bu taşımanın yer altına indirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada 2030 yılı için yolculuk tahmini seyahat zarfında ve seyahat uzaklığında şimdiki gidişat ile düşünülen gidişat arasında önemli bir görülmeyeceği bununla birlikte seyahat mesafesinin-süresinin biraz artacağı çıkarımlarını ortaya koymuştur.

Sarıgüzel (2021) tarafından "Raylı Sistemlerde Risk Analizi İle Sistem Emniyeti ve Kalitesinin Artırılması" adlı çalışmasında, tramvayın hat boyunca çalışması aktivitesinin çıktısı; Tramvay hat boyunca çalışmıştır. Bu senaryoda da performans koşuluna sahip senaryo ile aynı önlemler alınmaktadır. Trafiğin çok yoğun olması, tramvay işletmeciliğini en çok etkileyen değişkenliktir. Trafiğin çok yoğun olması

durumunda tramvayın hat boyunca çalışması gecikmeli olabilmektedir. Bu durum, tramvayın istasyona gelmesini de geciktirebilir. Tramvayın istasyona gelmesi geciktiğinde, yolcuların tramvaya binişi de gecikmeli olacaktır ve istasyonlarda yığılmaların yaşanabileceğini ortaya koymuştur.

Tunç (2007) tarafından yazılan "Yeraltı Metro İstasyonlarında Algısal Faktörlerin İrdelenmesi: Taksim Metro İstasyonu" adlı çalışmasında Raylı sistemler ilk olarak 1829'da İngiltere'de uygulamaya geçirilmiştir. Dünyadaki birçok metropol kentte nüfusun ortaya çıkardığı yoğunluk kent içi ulaşım problemlerine neden olmaktadır. Bu problemlerin çözümlenmesinde raylı sistemler başlıca çözümdür. Raylı sistemler diğer sistemlere göre konforlu, ekonomik, güvenli vb. üstün özellikleri bulunmaktadır. Kent içi raylı sistemler; metro, hafif metro ve tramvay her birinin kendine özgü özellikleri vardır. Metronun ise sistem özellikleri bakımından, en gelişmiş ve yolcu taşıma kapasitesi en yüksek olan sistem olduğu sonucunu çıkarmıştır. Sistem özellikleri bakımından tramvaydan daha çok, metrodan ise daha az gelişmiş hafif raylı sistem, hafif metro olarak da bilinir. Ana ulaşım sistemi olarak yolculuk taleplerinin yüksek olduğu alanlarda tercih edilirler. Metropollerde ise tali ulaşım sistemi şeklinde işletilmelidirler. Diğer kent içi raylı sistemlerle kıyaslandığında hafif raylı sistem yolculuk sayıları bakımından orta kapasiteli olduğu bilgilerini ifade etmiştir. Raylı sistemlerin diğer ulaşım sistemlerine oranla faydaları daha çoktur. Öncelikle günümüzde zamanın artan öneminden ötürü hızlı olmasıyla insanlar kısa bir zamanda gitmek istedikleri yerlere gidebileceklerdir ve konforlu olmasıyla rahat bir yolculuk yapabileceklerdir. Bir başka faydası sistematik özelliğinden dolayı yolcular düzenli bir yolculuk geçireceklerdir. Ayrıca enerji tüketiminden ötürü de yolculuk daha ekonomik olacaktır. Bunun yanında günümüzde giderek artan önemi ile çevreye karşıda duyarlı sistemler olduğunu açıklamıştır.

Erdaloğlu (2009) kaleme almış olduğu "Metro İstasyonlarında Yolcu Hareketlerinin İncelenmesi, İstanbul Metrosu Örneği" adlı çalışmasında; Sanayi devriminden itibaren üretimin değişmesiyle birlikte nüfus yoğunlukları kırsal yerleşimden kentsel yerleşimlere doğru kaymış olmasından dolayı nüfusun kentsel mekanlarda artması, ulaşım ve barınma problemlerini de beraberinde getirdiğini söylemiştir. Sanayinin

gelişmesiyle birlikte kentleşme olgusu da gelişmiştir bu nedenle ulaşım sorununun çözülmesi için yeni yollar yapılmıştır. Ülkemizde, karayolu ulaşımı tercihinin fazla olması zamanla, trafik sorunlarını da beraberinde getirmiş ve ulaşımın rahat bir şekilde sağlanabilmesi için farklı çözümlere yoğunlaşmasına neden olmuştur. Kentsel raylı sistemler, ulaşımın hızlı ve güvenilir olması nedenleriyle tercih edilmiş ve son zamanlarda ülkemizde yaygınlaştırılmaya başlanmıştır. Nüfus yoğunluğunun artmasıyla birlikte şehirlerin kalabalıklaşmasından dolayı ulaşım sistemlerinin bu kalabalığı karşılayıp karşılayamayacağı akılları kurcalayan sorular olarak gündeme çıkmıştır. Bu gibi sistemlerin tasarımı yapılırken nüfus yoğunluğu ve nüfusun artış miktarının dikkate alınması, gelecekteki yolcu miktarını karşılayabilmesi için önemli bir yere sahip olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

3. GENEL BİLGİLER

3.1 Demiryollarında Yapım İşlemleri

Demiryolunun yapısı, trafik yüklerini güvenli bir şekilde zemine iletebilecek ve demiryolu hattını doğanın zararlı etkilerinden koruyabilecek nitelikteki bir temel ile demiryolu taşıtlarına hareket ilkelerinin gerektirdiği koşullarda konforlu ve güvenli bir taşın yolu sağlayabilecek elemanlardan oluşur. İnşa edilecek olan demiryolu güzergahı üzerinde zayıf zemin bulunması durumunda zemin iyileştirme yapılır. Böyle çalışmalarda kullanılacak olan dozer, kamyon vb. iş makinaları ve saha ölçümü için topograf ekibi yer alır (Şekil 3.1-3.5).

Ekskavatör: Herhangi bir kotta kırım kazı yükleme yapabilen iş makinasıdır.



Şekil 3.1 Ekskavatör (Wikipedia 2023)

Yükleyici: Tekerlek üzerine yerleştirilmiş yük veya malzeme taşıması, doldurması, serim işlemlerini yapabilen iş makinasıdır.



Şekil 3.2 Yükleyici (Wikipedia 2021)

Dozer: Palet üzerine konulmuş yol açılma, doldurma, tesviye ve serim gibi işleri yapar.



Şekil 3.3 Dozer (Wikipedia 2022)

Kamyon: Hafriyat ve diğer atılacak olan malzemelerin taşımasında kullanılır.



Şekil 3.4 Kamyon (Yeni şafak 2018)

Topograf ekibi: Arazi ölçüm işlerini çeşitli ölçüm cihazları kullanarak yapan ekiptir.



Şekil 3.5 Topograf ekibi (Endüstriyel test cihazları 2020)

Bu işlemler yapılırken alınması gereken önlemler vardır. Bunlar;

- Kazı bölgesindeki çalışanlara ikaz edilip ve kazı yapılacak olan bölgeye uyarı tabelaları konularak şeritlerle sınırlandırılacaktır.
- Kazı işinden dolayı ortaya çıkacak olan molozları bölgeden 2 metre uzaklıkta bir yere konulacaktır.
- Olası çökmelerle karşılaşmamak için yeterli şev eğimleri verilir.
- Olumsuz hava şartlarında kar, yağmur gibi durumlarda kazı yapılmayacaktır.
- Eğimli bölgelerde devrilme ve kazalara karşı tedbir alınmadan çalışma yapılmayacaktır.
- Çalışma güzergahı altında geçen su, elektrik vb. hatların geçmesi durumunda gerekli kurumlardan izin alındıktan ve proje belirlenip çalışmalara devam edilir.
- Çalışma sırasında çalışmayı etkileyebilecek şekilde toz çıkması durumunda çalışma durdurulup bölgeyi sulama sistemleri ile çalışacak duruma gelene kadar tozun ortamdan çökmesini sağlanacaktır.
- Kazı yapılan alanda 1,5 metreyi geçmesi durumunda iniş-çıkışlar için uyumlu merdivenler kullanılacaktır.
- Çalışma yapılan alanlarda giriş-çıkışlar kontrol edilecektir (Tanık 2020).

3.1.1 Demiryollarında bakım ve onarım kontrol işlemleri

3.1.1.1 İşletme sırasında yapıların düzenli aralıklarla gözlemlenmesi

Demiryolu yapılarının gözlemlenmesi, düzenli olarak idarenin belirlediği periyotlarda gözle ve detaylı denetim olarak düzenli şekilde yapılacaktır. Çizelge 3.1'de demiryolu yapılarında denetim çeşitleri verilmiştir. Gözle yapılan denetim daha sık olmakla birlikle yapıda oluşacak bölgesel hasarların zamanında tespiti için önemlidir. Yine idarenin belirleyeceği gözlem aralığında yapı düzenli olarak, uzman yetkili tarafında denetimden geçirilecektir. Uzman yetkilinin direktifleri doğrultusunda tahribatsız muayene ve karot alımı ile yapıların malzemesi testlerden geçirilecektir. Eğer bu denetimler sonucunda yapıda bölgesel hasar varsa, idare hasarın onarılması için kendi

kaynaklarını kullanacak, yeterli olmazsa yapının onarımını yüklenici bir firmaya ihale edecektir. Herhangi bir afet durumunda yapıda oluşan hasarın tespit çalışmaları ise İdarenin oluşturacağı uzmanlar grubu tarafından yapılacak ve yapının tamir edilip edilemeyeceğine karar verildikten sonra, gerekli projeler hazırlanacaktır (T.C. Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü 2007).

Çizelge 3.1 Demiryolu yapılarında denetim çeşitleri (T.C. Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü 2007)

DENETİM ÇEŞİDİ	GÖZLEM ARALIĞI	GÖZLEM DETAYI
Düzenli – gözle yapılan denetim	2-8 Hafta	Gözle yapılan kontrol
Düzenli – detaylı denetim (uzman yetkili sorumluluğunda)	1-6 Sene	Gözle kontrol, tahribatsız kontrol ve karot alımı
Bölgesel tahribat olduğunda	-	Gözle yapılan denetim
Özel durumlarda uzman yetkili sorumluluğunda (doğal afet, kazalar vs.)	-	Gözle kontrol, tahribatsız kontrol ve karot alımı

3.1.1.2 Beton yapıların denetimi

Beton inşaların kontrolü esnasında gözlemlenmesi gereken başlıklar altta verilmiştir. Bu başlıklardan ziyade yapısal olmayan ama köprü fonksiyonel bakımından dolayı önemli olan köprü elemanları da kontrol bakımında düşünülebilir. Bu denetimler sırasında, hasar tespiti yapmak için gözlemlemeden ziyade fotoğraf makinesi ve ölçüm aletleri ile hasarlar tespit yapılacaktır. Betonda dökülmelerden dolayı donatıların dışarıya çıkması betonda oluşan dökülmeler, göçmeler, bozulmalar ve çatlaklar gibi betonda meydana gelen çatlakların bölgesel veya yapısal çatlak olup olmadığının belirlemesi çatlakların sınıflandırılmak amacıyla kalınlık, uzunluk ya da hasarlı bölgelerin belirlenmesi betonda meydana gelen delaminasyon (katmanlaşma) ve iç çatlaklarının bulunması çeşitli su sızıntıları yapıda ortaya çıkan oturmalar, gözle ölçülebilen deformasyonlar eğer ek olarak ayrıntılı bir kontrol icap ederse, köprü yapısal malzemenin yaklaşık ömrünü ve dayanımını belirlemek için karot alımı ve/veya

tahribatsız muayene yapılacaktır (T.C. Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü 2007).

3.1.1.3 Çelik yapıların denetimi

Çelik yapıların kontrolü esnasında dikkat edilmesi gereken başlıklar altta sıralanmıştır. Çelik aksamda ortaya çıkan korozyonun hem alan hem de hasar meydana gelen elemandaki incelmenin ölçülmesi, çelik inşaların kontrolü yapılırken, elemanların kritik olanları belirlenecek ve bu kritik elemandaki hasar durumuna göre köprünün demiryolu trafiğine kapatılıp kapatılmayacağına karar verilir. Yapının kritik elemanı bulunmasının ardından köprü bileşenlerinin yorgunluk ölçütlerine uygun değerlendirilmesi yapılır. Yapılan kontroller sonucunda bulunan alan ve kesitlere uygun hesaplanacak yük taşıma verilerine uygun, dizayn yükü taşıma kapasiteleri kıyaslanarak fazla yüklemeye uğrayan elemanlar belirlenir (T.C. Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü 2007).

3.1.1.4 Üstyapı bakım ve onarımı

Demiryolların denetimi her zaman bilirkişiler tarafından yapılması gerekmektedir. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollarının yolların hangi sıklıkta ve detayda kontrol yapılması 2004 yılında yayımladığı 105 Numaralı Genel Emir'e uygun planlanmıştır. Hızlı trenler için her gün kontrol yapılmaktadır. Yapılan kontrollerin sonucunda tehlike arz edecek bir durum ile karşılaşılırsa trafik ya durdurulmalıdır veya hızı azaltılmalıdır (T.C. Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü 2007).

Yoldaki bozuklukların düzeltilmesi

- Ray mantarları içinde hasar varsa hemen düzeltilmelidir; bu esnada trafik yavaşlatılır veya tamamen durdurulur.
- Demiryolu kotu hatalarında trafik sürati azaltılır.
- Dever (İki ray dizisi arasındaki kot farkı) hatalarında, hata giderilinceye kadar trafik hızı düşürülür.

- Ekartman (Yol açıklığının artması): Özellikle ahşap traversli yollarda hemen önlem alınması gerekmektedir, hakiki açıklık traverse verilmelidir.
- Cebireler de cıvata somununu kontrol ederek gevşek somunlar var ise bunlar sıkılaştırılarak düzeltilir. Aynı biçimde ray-travers bağlantı bileşenlerinde, tirfon ve somunlarda gevşeme var ise sıkıştırılıp düzeltilir.
- Traverslerde hat stabilitesini bozacak parçalanma veya kırılma meydana gelirse hemen değiştirilmelidir. Trenin geçişi esnasında, travers seviyelerinde hareketlenmeler olur ise gizli düşüklük ihtimaline karşı buraj yapılır.
- Mevsim şartlarından ötürü balast profilinde tasman ve farklılık olabilir. Balast bu şartlarda profiline uyumlu hale getirilecek biçimde takviye edilmeli, özellikle düşük yarıçaplı kurblarda dış travers omuzlukları düzeltilir.
- Demiryollarının üzerinde trafik dengesini bozacak zararlı ve yabancı maddeler temizlenilir.
- Cebirelerin anormal şekilde bel verirlerse yenileri ile değiştirilir.
- Kontrayların ara mesafeleri gözlemlenerek ve zorunlu düzenlemeler yapılır (T.C. Ulaştırma Bakanlığı DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü 2007).

3.1.1.5 Afetlerden sonra hasar tespitlerinin yapılması ve sınıflandırılması

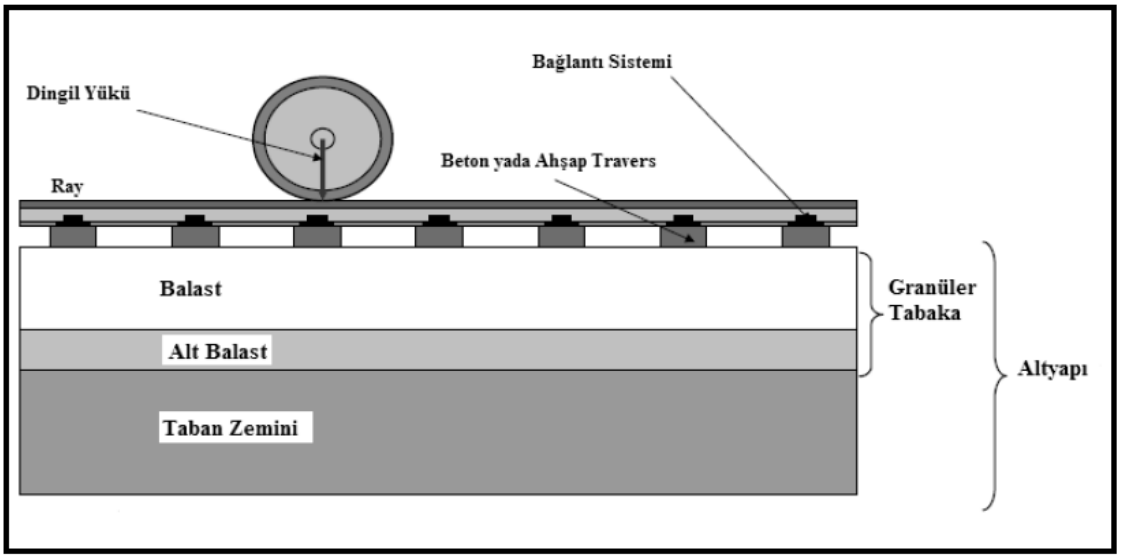
Herhangi bir felaket esnasında yapıda meydana gelen bozulmalar İdarenin oluşturacağı bilirkişiler tarafından hasar tespit çalışmaları yapılacak ve yapının bakıma muhtaç olup olmadığına karar verilir. Köprülerde felaketlerden sonra zayiatları ortaya çıkartılması aşağıdaki gibi yapılacaktır:

- Üstyapının mesnetlerin üstünde kayıp kaymadığı ve geometrisinin bozulup bozulmadığı
- Mesnetlerde ve kesme takozlarında zayiat çıkıp çıkmadığı
- Yaklaşım dolguları ve temellerde oturmaların meydana gelip gelmediği
- Ayaklarda kesme ve plastikleşme hasarı olup olmadığı
- Üstyapı, kiriş uçları, mesnetler ve döşemelerde çarpışma hasarı olup olmadığı
- Kazıklarda meydana gelebilecek olan hasarları kontrol etmek

4. MATERYAL VE METOT

4.1 Demiryollarının Ana Bölümleri

Demiryolu sistemi, Şekil 4.1'de de yer almak üzere, bağlantı elemanları, raylar, traversler, balast, alt balast ve taban zemini gibi elemanlar oluşturur. Demiryolu yapısı, üstyapı ve altyapı olmak üzere 2 bölümden meydana gelir.



Şekil 4.1 Demiryolunun genel yapısı (Akbaş 2008)

Ray, bağlantı elamanları, elastomer ve traversler mesnetler üstyapıyı oluştururken; balast, alt balast ve taban zemini (doğal ya da yapay) altyapıyı oluşturmaktadır. Altyapı ve üstyapı ile ilgili ayrıntılı bilgi, alt başlıklar halinde aşağıda yer alacaktır. Bir demiryolu bileşenlerinin her birinden beklenen görevler olduğu gibi bir demiryolu yapısının da yerine getirmesi gereken görevleri vardır. Bunlar;

- Trafiğin ortaya çıkardığı olumsuz sonuçlara karşı çıkmak
- Mevsimsel durumlarda en az seviyede etkilenmek
- Yolculara gerekli seviyede rahatlık sağlamak
- Emniyetli bir yolculuk imkanı sağlamak
- İşletme ve bakım masraflarını minimum düzeyde tutmaktır (Akbaş 2008).

4.1.1 Balastlı demiryolu

Balastlı demiryolu hattı genel olarak dünyada yaygın kullanılmaktadır. Balastlı demiryolu hattının temel oluşumunda büyük oranda değişiklikler olmamakla beraber II. Dünya savaşının ardından önemli düzenlemeler (beton traversler, yeni elastik bağlantı bileşenleri, daha ağır ray profilleri, ileri düzeyde ölçüm mekanizmaları ve bakım yönetim sistemleri vb. gelişmeler) meydana çıkmıştır. Günümüzde bazı ülkelerde (Fransa gibi) hala balastlı demiryolu hatlarını yüksek hızlı trenler için kullanmaktadır. Bu çeşit konvansiyonel bir demiryolu hattı üstyapı ve altyapı olmak üzere iki temel bileşenden meydana gelmektedir. Altyapı; balast, alt balast ve taban zemininden meydana gelirken, Üstyapı ise ray, bağlantı elemanları ve traverslerden meydana gelmektedir. Yolcu güvenliğinin ve konforunun sağlanabilmesi amacıyla hattı oluşturan elemanların tamamı, üzerine etki edecek olan tren yükleri ve değişen çevresel koşullar altında istenen fonksiyonlarını düzenli bir biçimde yerine getirmesi gerekmektedir. Balastlı demiryolu hatlarında raylar, 350 mm'lik kalınlığa kadar sıkıştırılarak oluşturulan bir balast tabakası üzerinde gömülmüş olan traversler tarafından desteklenir. Bu çeşit demiryolu hatlarında tren tekerleklerinin uyguladığı tekrarlı trafik yükleri balast tabakası yoluyla üstyapıdan altyapıya aktarılmaktadır. Balastlı bir demiryolu hattının başlıca avantajları aşağıdaki gibi edilmiştir:

- Kanıtlanmış bir teknolojisinin olması,
- Hat bileşenlerinin basit bir şekilde değiştirilebilmesi,
- Nispeten düşük inşaat maliyetine sahip olması,
- Bakım sırasında, hat geometrisinin nispeten basit bir şekilde düzeltilebilmesi,
- Gürültüyü iyi sönümleyebilmesi,
- İyi drenaj özelliği ve iyi bir esnekliğe sahip olmasıdır (Şahinoğlu 2020).

4.1.2 Balastsız demiryolu

Demiryollarında balastın yerine beton, betonarme veya asfalt yapılması durumunda demiryolu üstyapısı rijit üstyapı veya balastsız üstyapı olarak denir. Rijit üstyapılarda

raylar, hem taşıma katmanın içine gömülü olarak yapılabilir, hem de taşıma katmanın üstünde yapılabilir. Günümüzdeki Rijit demiryolu yöntemi şehir içlerindeki metro ve tramvay gibi raylı sistemlerde bakım ve yapım maliyetlerinden dolayı seçilebilir. Çoğunlukla tercih edilen yapılar tüneller, viyadükler ve köprülerdir. Şehir içinde Rijit üstyapının tercih edilme nedeni, diğer araçlarla ortak kullanılabildiği için tercih edilir. Balastlı ve balastsız üstyapı sistemlerindeki doğal esneklik; ray altında travers ve ray arasında veya travers altında uygulanılan elastik malzemeler ile sağlar. Rijit üstyapı sistemleri yapı çeşitleri ikiye ayrılır. Bunlar;

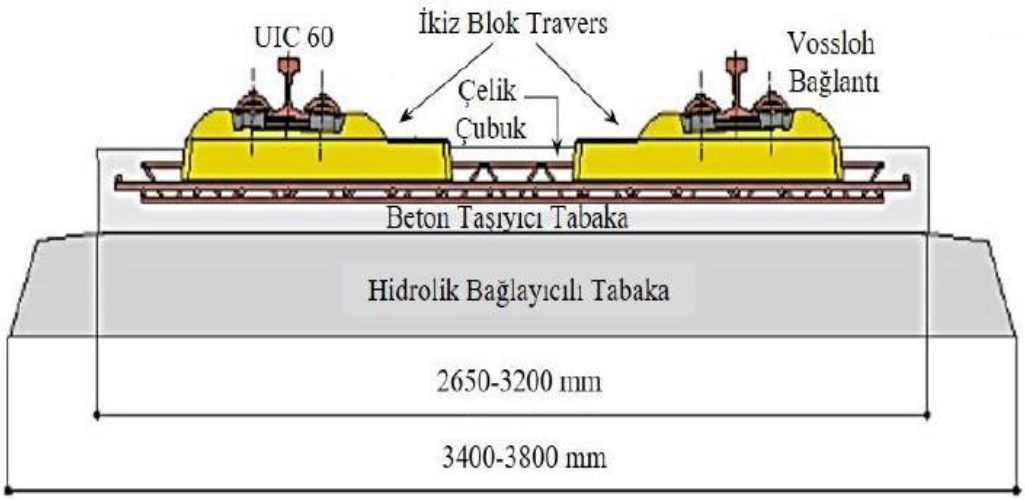
1. Ayrık mesnetli,
2. Sürekli mesnetli.

Ayrık mesnetli rijit üstyapı sistemi traversli veya traversiz olarak bağlantı elemanlarıyla bir altyapı taşıma tabakasına konulur. Traversi olanlar; asfaltlı beton üzeri traversi ve betona gömülü traversidir. Traversiz olanlar ise prefabrik yapım veya tek blok dökümlü beton veya prefabrik üstyapılardır. Sürekli mesnetli rijit üstyapı sisteminde, raylar elastik bir yataklık içinde olduğundan dolayı ve daima bu yataklara döşendiği için yöntem gömülü raylı rijit üstyapı olarak da bilinmektedir. Ray mantarı tek taraflı ve çift taraflı desteklenme olmak üzere ikiye ayrı durumda bulunmaktadır. Rijit üstyapılara örnek verecek olursak günümüzde Rheda 2000, Rheda Berlin, Züblin, Edilon (Infundo), Stedef, Shinkansen gibi balastsız üstyapı sistemleri kent içi tramvay ya da YHT hatlarında kullanan bazı ülkeler Hollanda, Avusturya, Almanya, Fransa, Japonya gibi ülkelerde uygulanmaktadır. Çizelge 4.1'de günümüzde çoğunlukla tercih edilen balastsız üstyapılar belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Yapı sistemlerine uygun bazı rijit üstyapılar (Aksop 2018)

BETONA GÖMÜLÜ TRAVERSLER	ASFALT YA DA BETON ÜZERİ TRAVERSLER	PREFABRİK BETON DÖŞEMELER	TEK BLOK BETON DÖŞEMELER	GÖMÜLÜ RAY	SIKIŞTIRILMIŞ VE SÜREKLİ DESTEKLENEN RAY
Rheda Rheda 2000 Züblin Sonneville Stedef	ATD Walter Sato Getrac	Shinkansen Bög1 ÖBB	Lawn-rail Hochtief	Edilon sedra (Infundo)	SFF ERC Saarumi

Betona gömülü traversli inşa edilen rijit üstyapı çeşitlerinden Züblin ve Rheda yöntemleri ilk defa Almanya'da yerlere uygun adlandırma yapılmıştır. Rheda yöntemi geliştirilerek Rheda 2000 yöntemine çevrilmiştir. Rheda yöntemlerinde traversler hem yekpare (tek blok) hem de ikiz blok da olabilir. Züblin yönteminde ikiz blok traversler betona bağlanabilmesi için çelik çubuklar birbirlerine geçirilerek bağlanılır. Züblin yönteminde kullanılan traverslerin çelik çubuklar ile betona geçirilmesi için özel yerleştirme makinaları bulunur. Bu Züblin yöntemi için bir dezavantajdır. Şekil 4.2'de Rheda 2000 yöntemi ait bir bölüm ve Şekil 4.3'de Züblin yöntemine bağlı bir çalışma yer almaktadır.



Şekil 4.2 Rheda 2000 yöntemine ait üstyapı kesiti (Aksop 2018)



Şekil 4.3 Züblin yöntemine ait bir uygulama (Aksop 2018)

4.1.3 Balastlı ve balastsız üstyapının karşılaştırılması

Demiryollarında balastlı üstyapı çeşidi günümüzde en fazla kullanılan yapılardandır. Balastsız yapının ağırlığı, üstyapı yüksekliği ve bakım ihtiyacı balastlı yapılara göre daha az olduğundan dolayı son dönemlerde balastsız üstyapı faaliyetlerinde önemli artışlar olduğunu gözlemlenmiştir. Balastlı üstyapıda karşılaşılan başlıca problemlerden bazıları şu şekildedir: Balast tanelerinin taşıtlar yükleri altında meydana gelen bozulmalardan dolayı balast taneleri haliyle taşıma kuvveti azalır ve yapının drenaj özelliği düşer. Bununla birlikte geometrik bozulmalar ortaya çıkmaktadır. Balastlı yapılarda bakım maliyeti bunun gibi faktörlerden dolayı artar. Bahsedilen üstyapı sorunları, hem boyuna hem de enine eksende çok büyük rijitliğe sahip olan balastsız üstyapılarda bulunmamaktadır. Bu da bakım masraflarının daha az olmasını ve yolcu konforunun daha üst düzeyde olmasını sağlamaktadır. Balastsız hatların avantajları şu şekildedir:

- Balastsız hatlarda balastın temizlenme ve sıkıştırma gibi işler olmadığından balastlı hatlara kıyasla bakım ve maliyeti daha az olmaktadır.
- Balastsız hatlarda faaliyet süresi daha uzundur ve faaliyet süresi sona erince hattın tamamının yenilenmesine olanak sağlayacaktır.
- Şartsız şekilde elektro-manyetik fren kullanabilme fırsatı sağlamaktadır.

- Kolay düzeltmelerle (Yatayda 5 mm'ye ve düşeyde 26 mm varan) hatta ortaya çıkan küçük deformasyonlar giderilebilir.
- Balastsız yapıların ağırlığı ve yüksekliği balastlı yapılara kıyasla daha düşüktür.
- Balast tedarik etmede zor olduğundan dolayı balastsız sistemler bu konuda daha avantajlı kılan sistemler arasında yer alır.
- Karayolu araçlarıyla beraber kullanma olanağı sağlar.
- Balastsız hatlarda 250 km/sa ten yüksek hızlarda konforu daha seyirli hale getirme olanağı sağlayabilir.
- Yanal kuvvetler karşısında mukavemetin fazla yüksek olması, daha küçük kurp ve daha büyük dever (160-180 mm) yarıçapı uygulanmasına imkan sağlar.
- Yenileme ve tamir işleri daha seri bir biçimde uygulayabilmektedir.
- Tünellerdeki taban kaplamalarının yeterli dayanıma sahip olması, üstyapının taşıyıcı tabaka kalınlığını 15 cm'ye kadar indirmektedir.
- Tünel içinde katenerli sisteme göre elektriklendirilmesi yapılır eski hatlar için, üstyapı tipi olarak balastsız üstyapı tercih edilerek gerekli ek gabari yüksekliği sağlanır.
- Bakım esnasında tünel içinde toz ve kirlenme meydana çıkmaz.
- Tünellerde gerekli olan yan yollar, sinyalizasyon, drenaj, elektrik ve elektronik tesisleri bir bütün olarak beraber yapılabilir.
- Düşük üstyapı yüksekliği, tünellerdeki boşluğun daha büyük olmasına imkan sağlar. Bu da tünelden geçen trenlerin daha az hava direnimi ile karşılaşmalarını sağlar.
- Yüksek hızlı hatlarda, araç altında ortaya çıkan girdap etkisiyle balast tanelerinin taşıta çarpması ve savrulma tehlikesi ortadan kalkmaktadır.
- Tünellerde yangın, kaza gibi acil müdahale edilmesi gereken durumların bulunması durumunda, kurtarma araçlarının tünele girmeleri daha kolay olmaktadır.
- Köprülerde ve viyadük balasttan gelen yükün azalmasıyla daha ekonomik ve estetik tasarımlar yapılabilmektedir (Köse 2015).

Bu avantajlarla beraber balastsız hatların bazı dezavantajları da vardır. Bunlar;

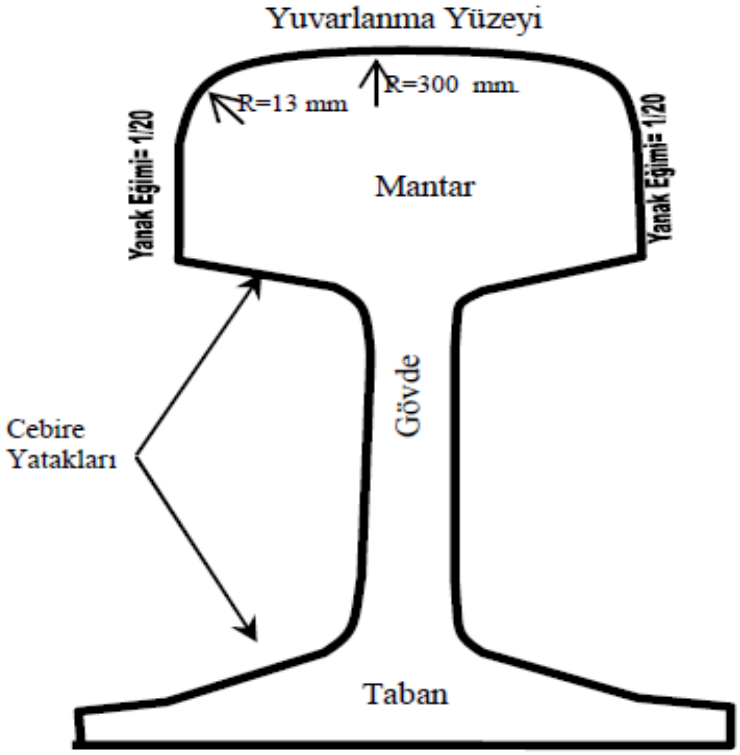
- Gürültü daha yüksektir.
- Yapım maliyeti daha fazladır.
- Üstyapıda büyük dever ya da büyük çaplı değişiklik uygulaması yapılacaksa, titiz ve kapsamlı bir çalışma yürütmek gerekir.
- Rijit bir yapı olması sebebiyle dolgularda büyük deplasmanlara uyum sağlama yeteneği azdır.
- Aracın raydan çıkması halinde tamir işleri kısa zamanda tamamlanamayabilir.
- Balastlı hatlara geçiş alanları özel dikkat gerektirir.
- Alt tabakalar homojen şekilde olmalı ve oturma olmadan gelen yükleri taşıyabilmelidir (Köse 2015).

4.1.4 Üstyapı

Üstyapı; araba tekerleklerinin üzerinde döndükleri yol eksenine paralel doğrultuda ve belirli bir hat genişliğinde döşenmiş bir çift çelik ray, bunların altında yol eksenine dik alarak ve belirli aralıklarla yerleştirilmiş, çelik, ahşap ya da betonarme traversler, rayların birbirine ve traverslere bağlantısını sağlayan küçük bağlantı elemanları ve traverslerle altyapı arasına döşenmiş balast tabakasından oluşmaktadır.

4.1.4.1 Ray

Ray: üstünde tren ve tramvaylar gibi taşıtların yol ile bağlantısını oluşturan, taşıtların ağırlığı ve etkileri traverslere aktaran demir tekerlekler üzerinde hareket ettiği demirden yol. Raylar; parçalanmaya karşı yeterli dayanımı sağlayacak kadar sert, fakat üzerine gelen yükler ve darbelerden dolayı oluşabilecek şekil değişimleri için hemen kırılmayacak kadar yumuşak bir çelikten imal edilirler. Raylar demiryolu taşıtların düşey yüklerini traverslerin üzerine yayar. Benzer şekilde raylar, sinyalizasyon sistemi için bir elektrik iletkeni görevi de üstlenirler. Raylar; gövde, mantar, ve taban olmak üzere üç bölümden meydana gelir (Şekil 4.4).

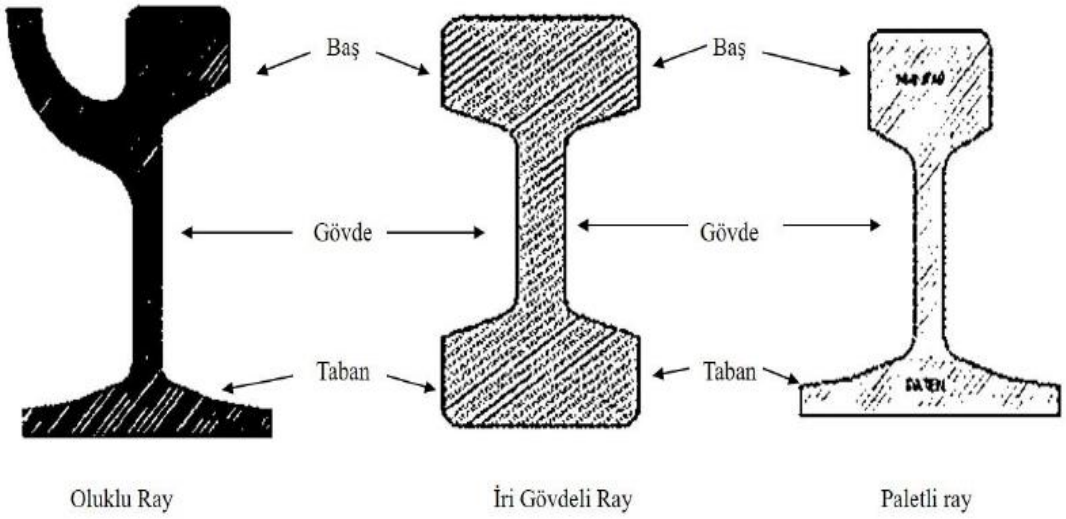


Şekil 4.4 Rayın bölümleri (Güngör 2013)

Raylar, demiryollarında malzeme şekli bakımından üç grupta incelenirler.

1. Oluklu raylar,
2. İri gövdeli raylar,
3. Patenli raylar (Vignol raylar).

Oluklu raylar, daha çok tramvay hatlarında yani eş düzey yollar (lastik tekerlekli araç trafiği) ile kesiştiği yerlerde kullanılırlar. İri gövdeli raylar, simetrik bir biçimdedir. İri gövdeli raylar bir üst ve bir alt mantardan meydana gelir. Patenli raylar ise traverse bağlantısını sağlayan ve Paten ismini alan geniş bir bölümden meydana geldiği bir ray çeşididir. Aşağıda Şekil 4.5'te malzeme şekillerine göre raylar ve bölümleri gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Malzeme şekillerine göre raylar (Aksop 2018)

Rayın, öncelikle görevleri şu şekildedir;

- Taşıtlara istenilen fiziksel ve geometrik standartlarda, pürüzsüz, güvenli ve düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak,
- Tekerlekler tarafından iletilen yanal, düşey ve boyuna doğrultudaki etkiler ile, çevre etkilerini güvenlikle karşılamak, azaltmak ve geniş bir yüzey boyunca ara traverslere ve mesnetlere iletmektir.

Raylarda istenilen bazı özellikler vardır. Bunlar:

- Kesit boyutlarının yeterli olması,
- Yeterli aşınma dayanımlarına(statik ve dinamik), burulma, çekme, basınç ve esnekliğe sahip olması,
- Oksitlenmeye ve korozyona karşı dayanıklı olması,
- Maliyeti az olması.

4.1.4.2 Seletler

Seletler, betonarme traversin bulunduğu bir demiryolu hattında, çelik raylar ile traversler arasında bulunur. Seletler, traversleri darbeden ve aşınmadan dolayı meydana gelen hasarlardan korur ve raylarda elektrik izolasyonu sağlar (Şekil 4.6).



b) Çelik demiryolu Seleti

a) Plastik Selet

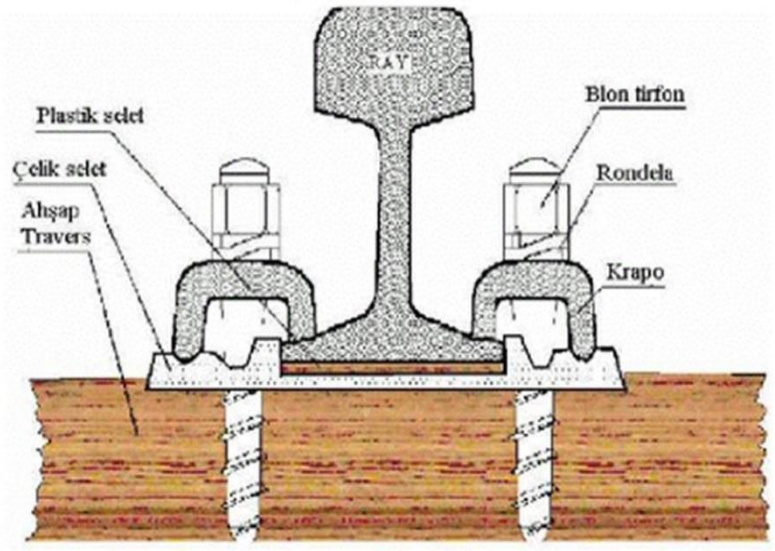
Şekil 4.6 Çelik ve plastik demiryolu seletleri (İnal 2019)

Seletler; malzeme ve sönüm özelliklerine göre 2 ye ayrılır. malzeme çeşitlerine bakılırsa çelik ve kauçuk malzemeler bulunur, sönüm çeşitlerine baktığımızda ise Rijit ve yumuşak seletler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Yumuşak seletler şiddetli titreşimleri sönümler. Demiryolları taşıtlarından meydana gelen yüksek frekansların seletler vasıtasıyla traverslere ve alt sınıflara aktarımını engeller. Fakat, rijit seletler ise yük titreşimlerini ve dingil ağırlıklarını raylar altında bulunan traverslere doğrudan aktarır (Aksop 2018).

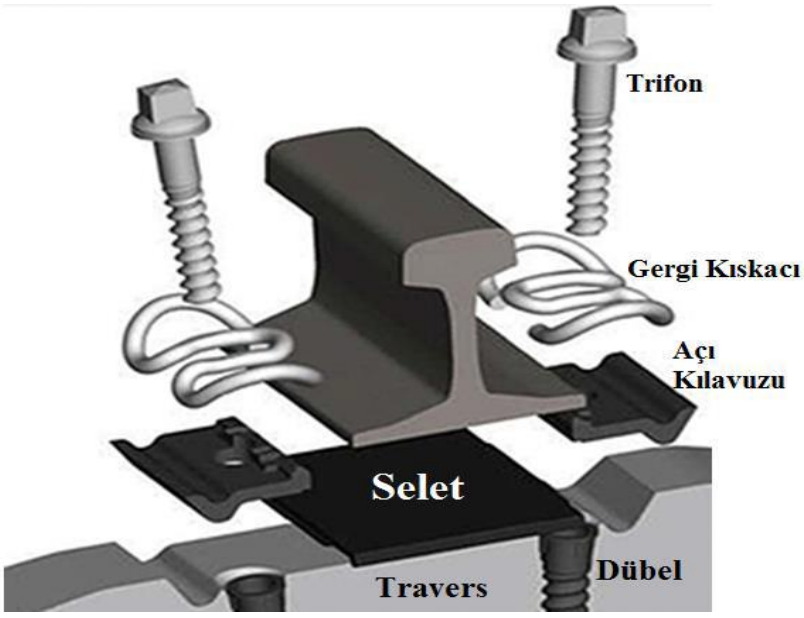
4.1.4.3 Bağlantı elemanları

Bağlantı elemanları, rayın traverse bağlantısını sağlayan malzemelerden meydana gelir. Demiryolu taşıtlarının oluşturduğu yüksek frekansları ve ağır yüklerinden dolayı rayların şekil değiştirmeleri, ray ile travers arasında kuvvet iletimini oluşturan ve üst

yapıda meydana gelebilecek olan elastik şekil değiştirmelerini aza düşüren, krapo, tirfon, bulon, ergo, ve cebire gibi malzemelerden oluşur. Şekil 4.7'de tipik bir rayın ahşap traverse bağlantısı, Şekil 4.8'de ise beton traverse bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Ahşap travers bağlantı elemanları (İnal 2019)



Şekil 4.8 Beton travers bağlantı elemanları (İnal 2019)

Bağlantı elemanları sabitlenme tipine göre dolaylı ve doğrudan, esneklik derecesine göre ise elastik ve rijit olarak, olmak üzere farklı gruplara ayrılmaktadır. Sabitlenme durumuna göre sınıflandırmada, dolaylı bağlantı elemanlarında ray, taban plakasına bir eleman ile sabitlenirken, taban plakası traverse başka bir eleman ile sabitlenmektedir. Doğrudan bağlantı elemanlarında ise ray ve eğer gerekli ise taban plakası aynı bağlantı elemanı kullanılarak traverslere sabitlenmektedir. Elastik bağlantı elemanları beton traverslerde zorunlu olarak kullanılırken çelik ve ahşap traverslerde isteğe bağlı olarak kullanılmaktadır. Rijit bağlantı elemanları ahşap ve çelik traversler ile kullanılırken bu bağlantı elemanlarında raylar, traverse çiviler ya da cıvata yardımıyla sabitlenmektedir. Bu tür bağlantı elemanları yaylı tip elastik bağlantı ve vidalı tip elastik bağlantı olmak üzere iki gruba ayrılır. Gergi kıskacı, selet ile ray bileşenlerini birbirine bağlayan ve trifonları sıkı tutarak titreşim sırasında gevşemesine engel olan malzemedir. Ray altı plastik pedler ray ile selet arasında kullanılmaktadır. Vibrasyonu engelleme özelliğine sahiptir. Açı ve trifon kılavuzu, gergi kıskacı ile beraber rayın traverse güvenle bağlantısını sağlar (İnal 2019).

Bağlantı malzemelerinin özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

1. Dönmeye, basınç kuvvetlerine ve devrilme durumlarına karşı dayanıklılık gösterme, düşey ve yanal doğrultularda tutuş sağlayabilmelidir.
2. Rayın traverse olan birleşimini elastik bir biçimde gerçekleştirebilme, yükün sürekli halde taşınabilmesini ve iletilmesini güvenle sağlayabilmedir.
3. Monte edilebilmesi kolay olmalı ve ön montajı rahatlıkla yapılabilmelidir.
4. sürtünmelere karşı direnç gösterebilmelidir.
5. Durabilitesi yüksek ve uzun ömürlü olmalıdır.

Bağlantı malzemelerinin başlıca görevleri aşağıdaki gibidir:

1. Oluşturduğu çerçeve yapısı ile yüksek stabilite sağlamaktır.
2. Raylardan gelen ağırlıklara tampon etkisi yaparak traverslere iletimini sağlamaktır.
3. Ekartmanı ortaya çıkabilecek hasarlara karşı korumaktır.

4. Rayların değişimlerini önlemektir.

4.1.4.4 Travers

Raydan gelen yükleri kendisini etkileyen daha geniş bir yüzeye yayarak balasta aktaran, yolu yan etkilere karşı ekseninde tutan, yolun açıklığını koruyan ve raylara dik yönde döşenmiş yolun üstyapı parçalarına travers denir. (Traversler, balast ile ray bileşenleri arasına belirli ölçümlerde yerleştirilir. Geleneksel hatlarda travers aksları aradaki bu açıklık ölçüleri 62-63 cm'dir. Bazı hat kesimlerinde mesela kurplu kesimlerde 50 cm'ye olarak travers mesafesi indirilebilir. Travers aks ölçüler kullanım yerlerine göre değişir, hızlı tren hatlarında travers aksları 60 cm iken, Rijit üst yapılı hafif raylı yol hatlarında ise travers aksları arasındaki mesafe 75 cm'ye kadar çıkarılabilir.) (Aksop 2018).

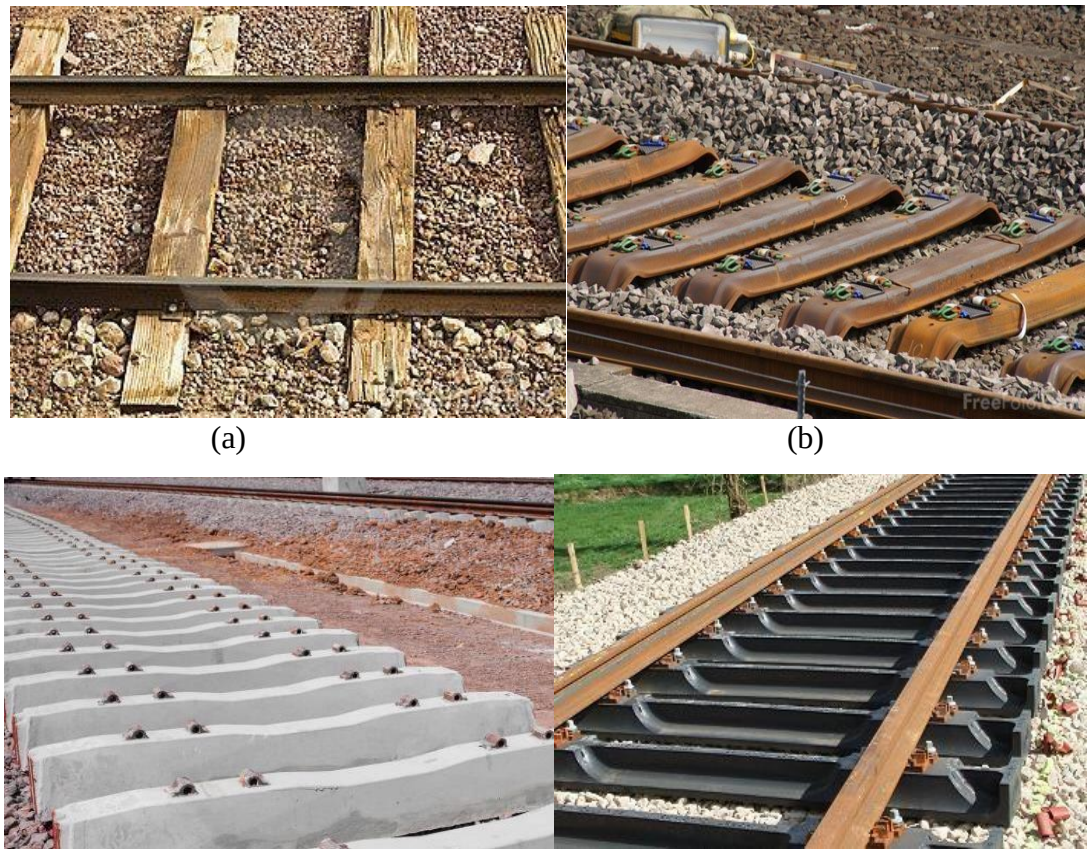
Demiryollarında travers tercihi yapılırken çok dikkat etmek gerekir. Çünkü Travers seçiminde traversler sürtünmelere karşı dayanıklı ve sert olmalıdır, fakat kırılmayacak derecede elastik olmalıdır. Günümüzde daha çok tercih edilen traverslerden istenilen özellikler elektrik akımını iletmemesi ve gürültü azaltmak için izolasyona uygun malzeme seçimidir (Şekil 4.9).

Travers çeşitleri:

1. Ahşap travers
2. Plastik travers
3. Beton travers
4. Çelik travers

Ahşap traversler doğaldır ve bu yüzden esnektir. Bundan dolayı raydan traverslere iletilen kuvvetleri, traverslere bu kuvvetleri yumuşatarak balastlara aktarır. Darbeden gelebilecek etkileri engellediği için sessiz bir yolculuk elde eder. Bu özelliklerinden ötürü çok tercih edilse de çevre şartlarından hemen etkilenmelerinden dolayı kısa ömürlü olurlar bu sebeple başka malzeme arayışlarına neden olmuştur. Çelik traversler

ahşap traverslere kıyasla yangına karşı dirençli ve uzun ömürlüdür. Çelik fazla ağır bir malzeme olmadığı için taşınması ve döşenmesi kolayca yapılır. Fakat ağır yük taşınmasına ve yüksek hızlara göre değildir. Çelik bir malzeme olduğundan dolayı fazla ses çıkarmasına ve yağışlı havalarda rutubete neden olur. Bu nedenlerden ötürü fazla tavsiye edilmez. Beton traversler olumsuz hava ve çevre şartlarına dayanıklı olması ve ray açıklığını koruması bakımından çok iyidir. Bu yüzden fazla tercih edilir. Her malzemenin kendine has olumsuz yönleri olduğu gibi betonarme traverslerinde vardır. Bunlardan bazıları; elastik bir malzeme olmadığından dolayı balastlara zarar verir, bir diğer olumsuz özelliği ise bakımı oldukça zor ve maliyeti çok fazladır. Plastik traversler sarsıntıyı ve gürültüyü düşürür. Hafiftir, uzun süre kullanılabilir, fazla bakım istemez. Elektrik akımını iletmez çünkü izolasyon yeteneği en yüksek traverstir. Çevresel faktörlere karşı dayanıklıdır. Fakat yüksek hızlara ve ağır yüklere göre değildir (Tokmak 2021).



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 4.9 Gürültü azaltmak için izolasyona uygun malzeme çeşitleri (a) Ahşap travers, (b) Çelik travers, (c) Beton travers ve (d) Plastik travers (Tokmak 2021).

4.1.4.5 Balast

Traverslerden gelen etkileri kalıcı çökmelere uğramadan ve daneleri arasındaki sürtünme ile yayarak altyapıya iletmesini sağlamak balastın en önemli görevidir. Siyenit, granit, bazalt, diyabaz, diyorit, sert kalker taşlarından balast yapılabilir. Fakat en ideal balast taşı, bazalt ve granitten elde edilir. Demiryolu hattını ekseninde tutar. Balast yolun esnekliğini arttırır.. Platformu yüksek etkilerden korur. Demiryolu hattı için balast seçimi önemlidir. Balast için kullanılacak olan taşlar 6 cm elekten geçirilmeli 3 cm elekten geçirilmemelidir. Çevresel faktörlere karşı dayanıklı olmalıdır. Homojen bir yapıya sahip olmalı ve Fazla su emmemelidir. Türkiye'de balast derinliği 30 cm'dir. Fakat Almanya Demiryolu ekipleri balast derinliğini 75 cm'ye çıkardıkları için 6 DBV ölçüsünde düşürdüğünü gözlemlemişlerdir (Tokmak 2021). Bu nedenle balastlı demiryollarında, balast yüksekliği ne kadar fazla olursa gürültü seviyesini bir o kadar etki ettiğinin bir kanıtıdır. Şekil 4.10'da farklı balast malzeme örnekleri verilmiştir.



Şekil 4.10 Farklı balast malzeme çeşitleri (Aksop 2018)

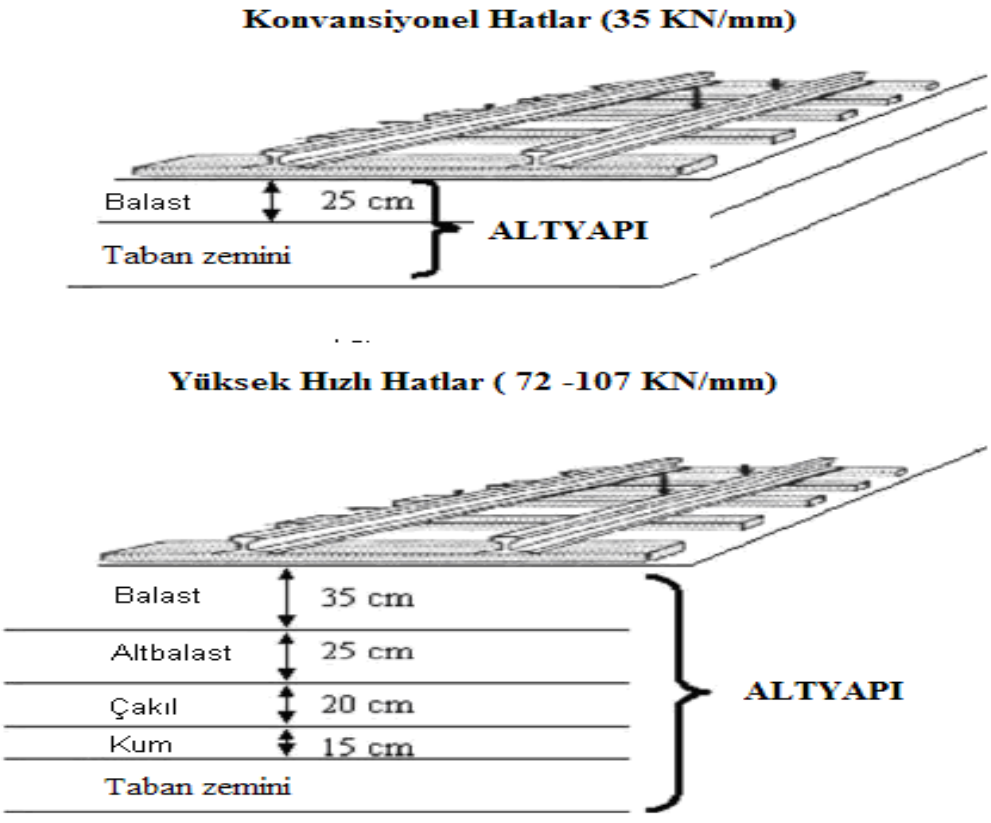
Demiryollarında balastın bazı özellikleri şunlardır;

1. Traversten balastlara etkiyen yüklerin balast vasıtasıyla daha fazla alana eşit şekilde yayar ve gürültüyü önler.
2. Traverslere esnek vazifesinde bulunur.
3. Yolu ekseninde tutar.
4. Yolun esnekliğini sağlar.

5. Yağış sularını sızdırarak doğrudan drenaj görevi alır.
6. Altyapıda don tutmasından önler (Aksop 2018).

4.1.5 Altyapı

Demiryolunun geçtiği yerlerdeki arazide bulunan çukur yerlerin doldurularak, yüksek yerlerin yarılarak veya tünel açılarak geçmek suretiyle elde edilen, düzeltilmiş toprak kısmına **platform** denir. Platform denilen zemin ile bu zemini elde edebilmek için yapılan sanat yapılarının tümüne altyapı denir. Bazı altyapı hat çeşitleri Şekil 4.11'de verilmiştir. Platform, dolgular(dolmalar), yarmalar, tüneller, geçitler, köprüler, sağlamlaştırma ve önleme yapıları demiryolunun altyapısını oluşturur (Bilgiç 2017).



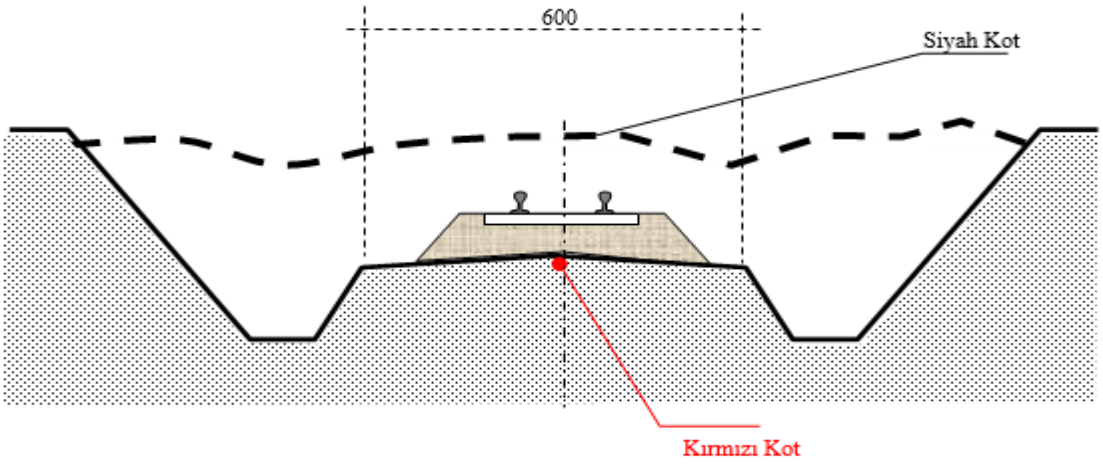
Şekil 4.11 Altyapı bileşenleri (Akbaş 2008)

Altyapıyı Meydana Getiren Unsurlar

1. Yarmalar
2. Dolmalar
3. Tüneller
4. Köprüler
5. Geçitler
6. Tahkimat (sağlamlaştırma) yapıları

4.1.5.1 Yarmalar

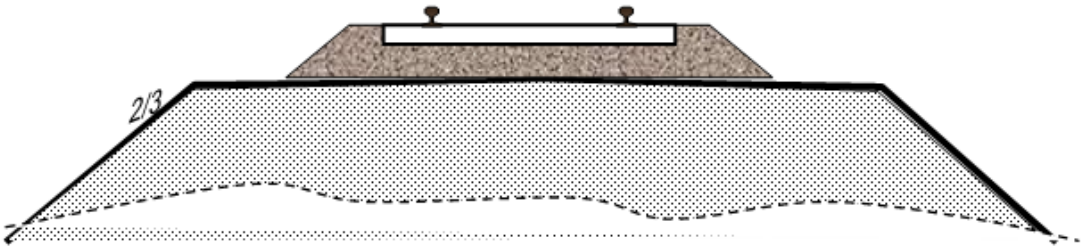
Yolun geçecek olduğu seviyeden yüksek olan arazinin yarılmasıyla geçilen yerlerine denir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Yarma (Bilgiç 2017)

4.1.5.2 Dolmalar

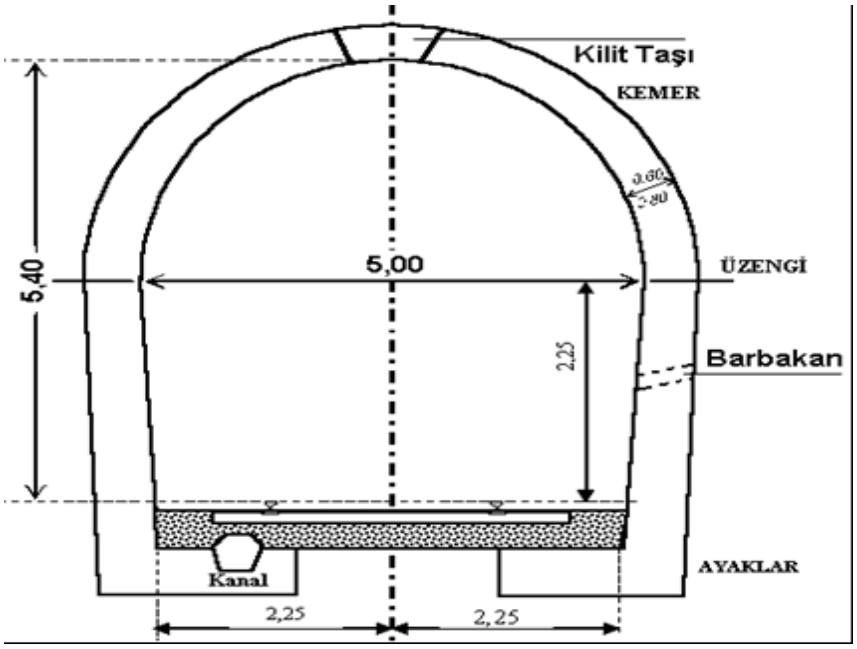
Yolun geçeceği seviyedeki çukurların doldurulması ile elde edilen altyapının sınıfına **dolma (dolgu)** denir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Dolgu (Bilgiç 2017)

4.1.5.3 Tüneller

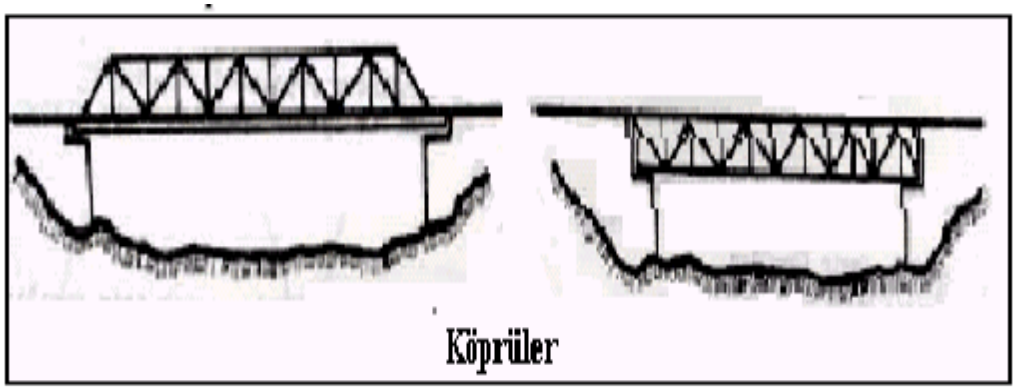
Yolun geçecek seviyeden yüksek olan yerlerin, yarma yüksekliğinin fazla olması ya da pahalıya mal olması halinde delinerek geçilmesi için elde edilen altyapı türüne denir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Tünel (Bilgiç 2017)

4.1.5.4 Köprüler

Demiryolunun suyun bir tarafından öbür tarafına iletmesini sağlayan tesislerdir (Şekil 4.15). Açıklığı 8,00 metreyi geçenlere köprü, 8,00 metreden küçük olanlara ise menfez denir (Tokmak 2021).



Şekil 4.15 Köprü (Bilgiç 2017)

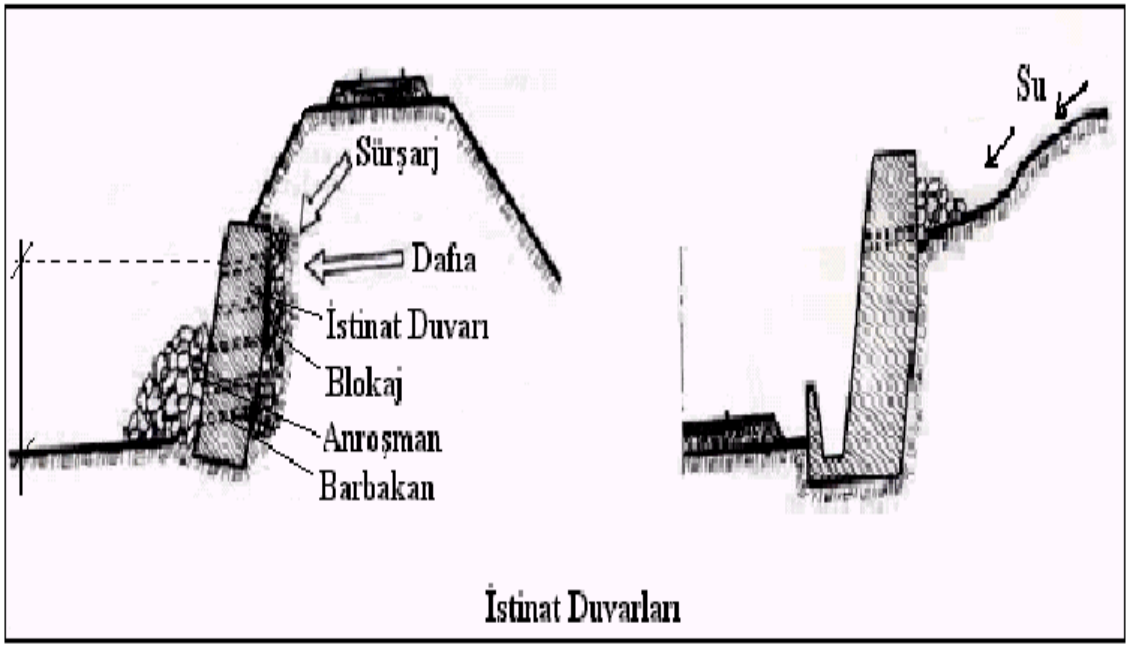
4.1.5.5 Geçitler

Demiryollarında bir ucundan diğer ucuna geçmesini sağlayan yapılara geçit denilmektedir. Demiryollarında geçiş şartlarına göre geçitler 3 gruba ayrılır;

1. Üst geçit
2. Hemzemin geçit
3. Alt geçit

4.1.5.6 Tahkimat yapıları ve istinat duvarları

Yukarıda bahsedilen altyapıların yapıldıkları yerlerde tabii zeminin sağlam olmamasından dolayı bazı alanlarda kar, yeraltı ve yerüstü suları gibi dış etmenlerin etkisi altında kalması vb. nedenlerle görevlerini yapabilmeleri ve korunması için yapılan duvar ve yapılardır (Şekil 4.16).

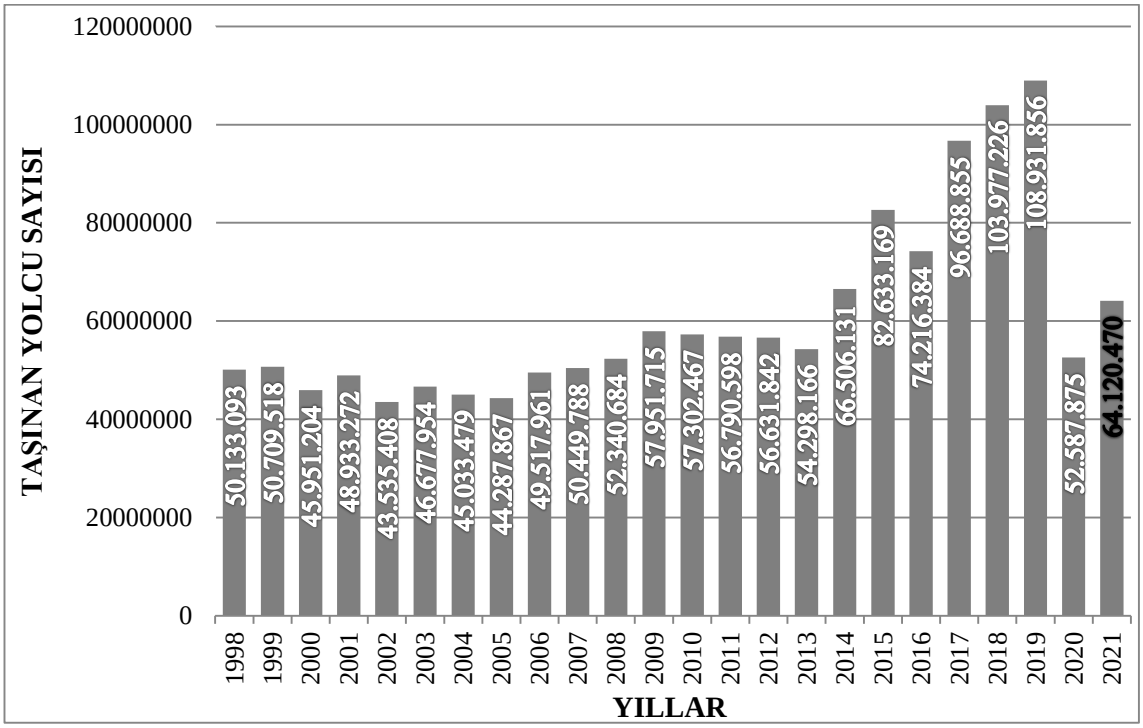


Şekil 4.16 İstinat duvarı (Bilgiç 2017)

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

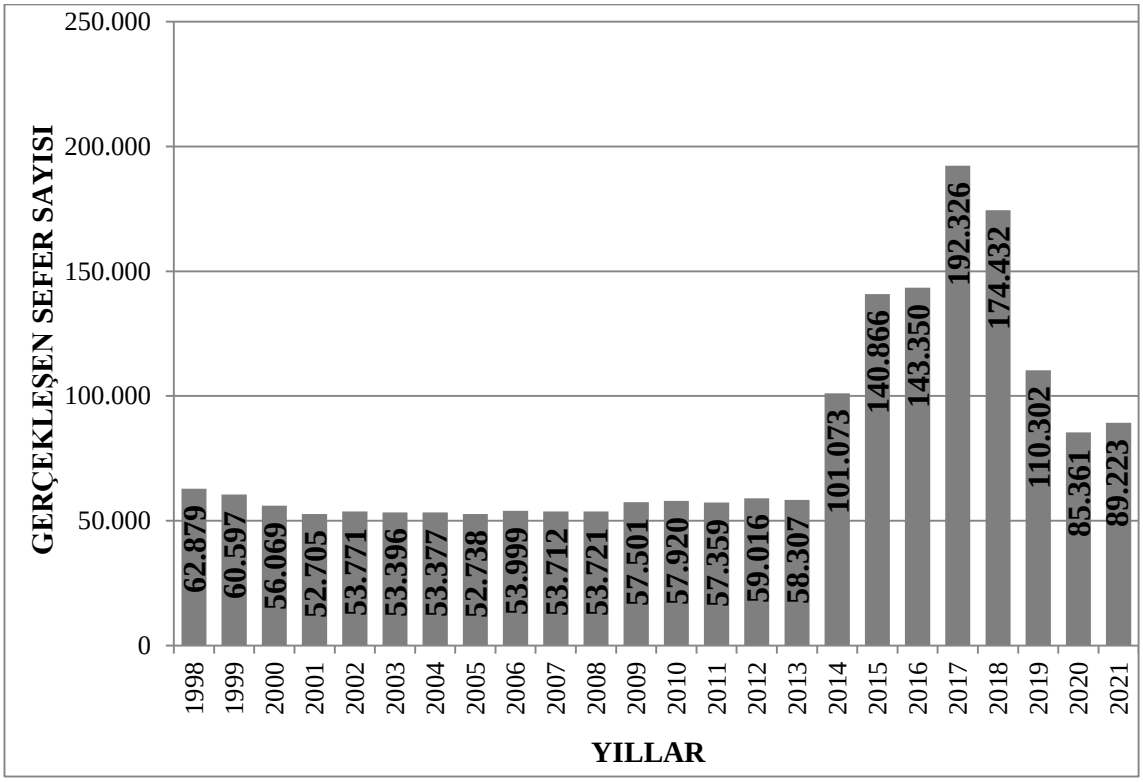
5.1 Ankara Metro Hattı

Ankara M1 (Kızılay-Batıkent) Metro hattı 28 Aralık 1997 tarihinde, M3 (Batıkent-Törekent) Metro hattı 12 Şubat 2014 tarihinde, M2 (Kızılay-Koru) Metro hattı 13 Mart 2014 tarihinde ve M4 (Atatürk Kültür Merkezi-Şehitler) Metro hattı 5 Ocak 2017 tarihinde halkın hizmetine açılmıştır. Şekil 5.1'de 1998 yılından 2021 yılların sonuna kadar M1-M2-M3-M4 metro hatları ile taşınan yolcu sayıları verilmiştir. Şekil 5.1'de taşınan yolcu değerlerinde İlk yıllarda arttığı, 2000 yılından 2016 yılına kadar taşınan yolcu değerlerinde dalgalanmaların yaşandığı, 2016'dan 2019 yılına kadar ani bir artışın olduğu, 2020 yılında pandemi yasakları nedeni ile azaldığı 2021 yılında pandemi yasakların yavaş yavaş kalkması ile yeniden arttığını görülmektedir. 1998 yılından 2021 yılın sonuna kadar toplam 1.396.086.512 yolcu taşınmıştır.



Şekil 5.1 Ankara metrosu yıllar bazında taşınan yolcu sayıları 1998-2021

Şekil 5.2'de 1998'den 2021 yılının sonuna kadar, M1-M2-M3-M4 metro hatları ile yıllar bazında gerçekleşen toplam sefer sayıları verilmiştir. 1998'den 2014 yılına kadar sadece M1 metro hattı çalışmasından dolayı sefer sayıları birbirine yakın verilerle takip etmektedir. 2014'te M2-M3 metro hatları ve 2015'te M4 metro hattı halkın hizmetine açılmasıyla metro seferlerinde artışa neden olmuştur. 1998'den 2021 yılın sonuna kadar M1-M2-M3-M4 metro hatları ile yıllar bazında gerçekleşen toplam sefer sayısı, 1.934.000 sefer sayısı gerçekleşti.

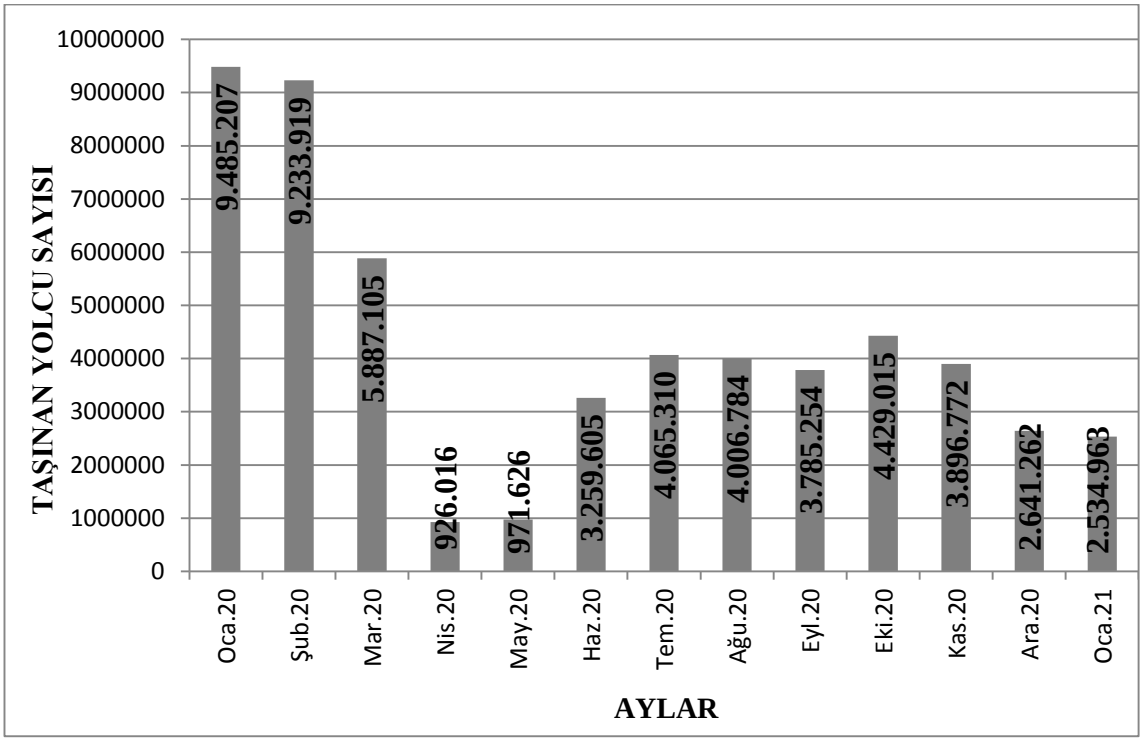


Şekil 5.2 Ankara metrosu yıllar bazında gerçekleşen toplam sefer sayıları 1998-2021

5.1.1 Ankara metrosu 2020-2021 yıllarında aylar bazında taşınan yolcu sayıları

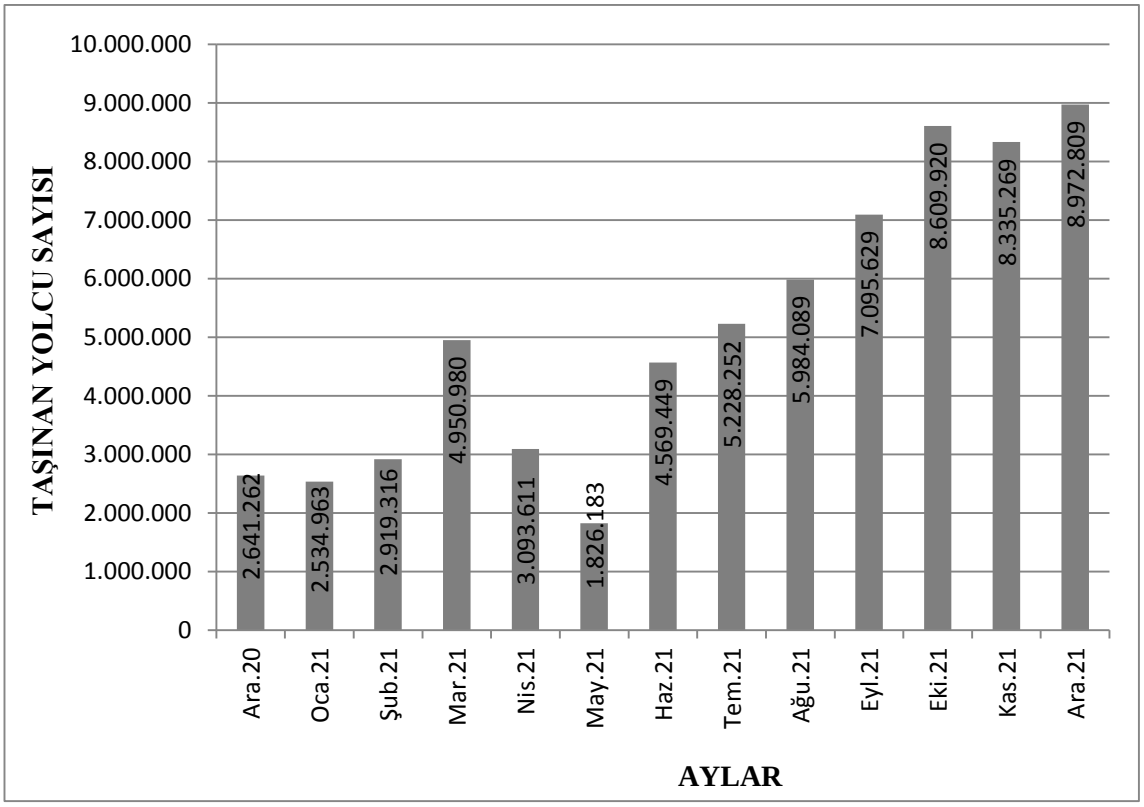
Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2020 yılında aylar bazında taşınan yolcu sayıları Şekil 5.3'te ve 2021 yılına ait aylar bazında taşınan yolcu sayıları ise Şekil 5.4'de verilmiştir. 2020 yılında pandemiden dolayı Nisan ve Mayıs aylarında taşınan yolcu sayılarında ani bir azalışa neden olduğu görülmüştür. Yasakların başlayıp bitmesiyle 2020 yılında Mayıs ayından sonra dalgalanmaların olduğu görülmektedir.

2020 yılında aylar bazında Ocak ayında Aralık ayının sonuna kadar, toplam 52.587.875 yolcu taşınmıştır.



Şekil 5.3 M1-M2-M3-M4 aylar bazında taşınan yolcu sayıları 2020

M1-M2-M3-M4 2021 yılında aylar bazında taşınan yolcu sayıları Şekil 5.4'de verilmiştir. 2021 yılında Ocak ayından Mayıs ayına kadar dalgalanmaların olduğu Mayıs ayından sonra taşınan yolcu sayılarında artışların olduğu görülmektedir. M1-M2-M3-M4 2021 yılında aylar bazında Ocak ayından Aralık ayının sonuna kadar, toplam 64.120.470 yolcu taşınmıştır.



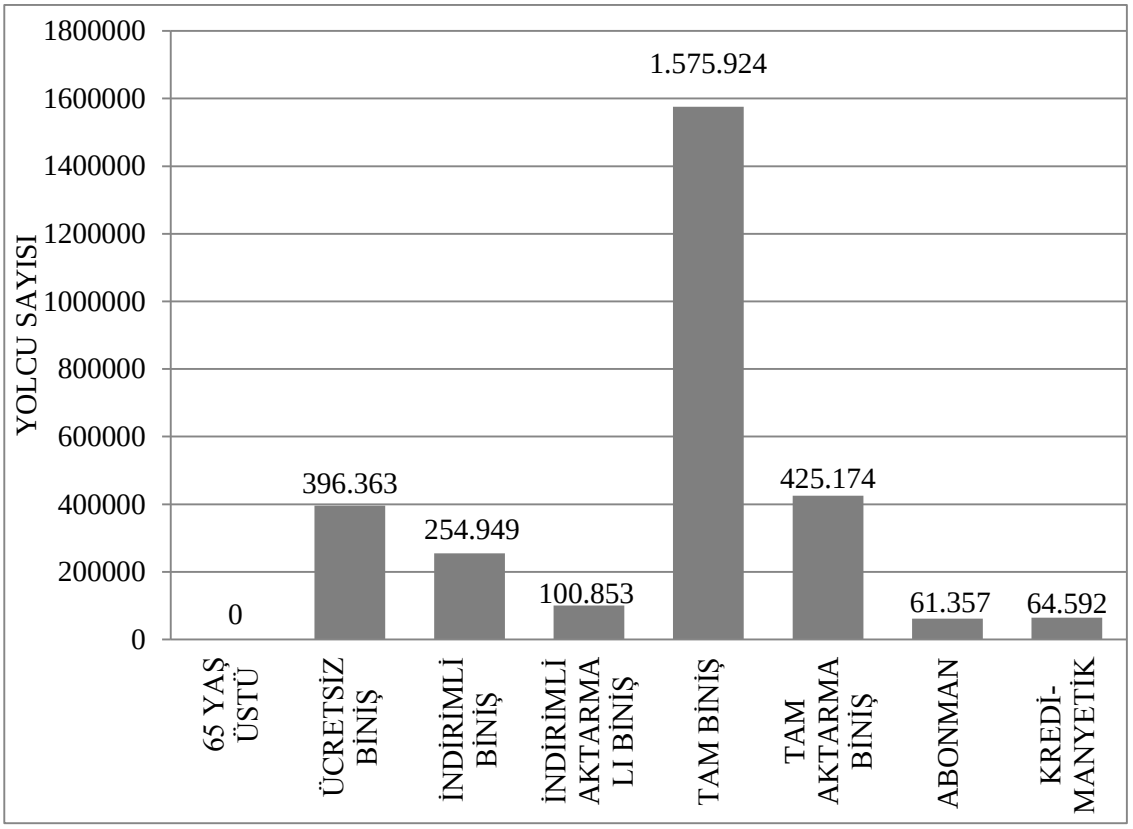
Şekil 5.4 M1-M2-M3-M4 aylar bazında taşınan yolcu sayıları 2021

5.1.2 Ankara metrosu 2021 yılında aylar bazında biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

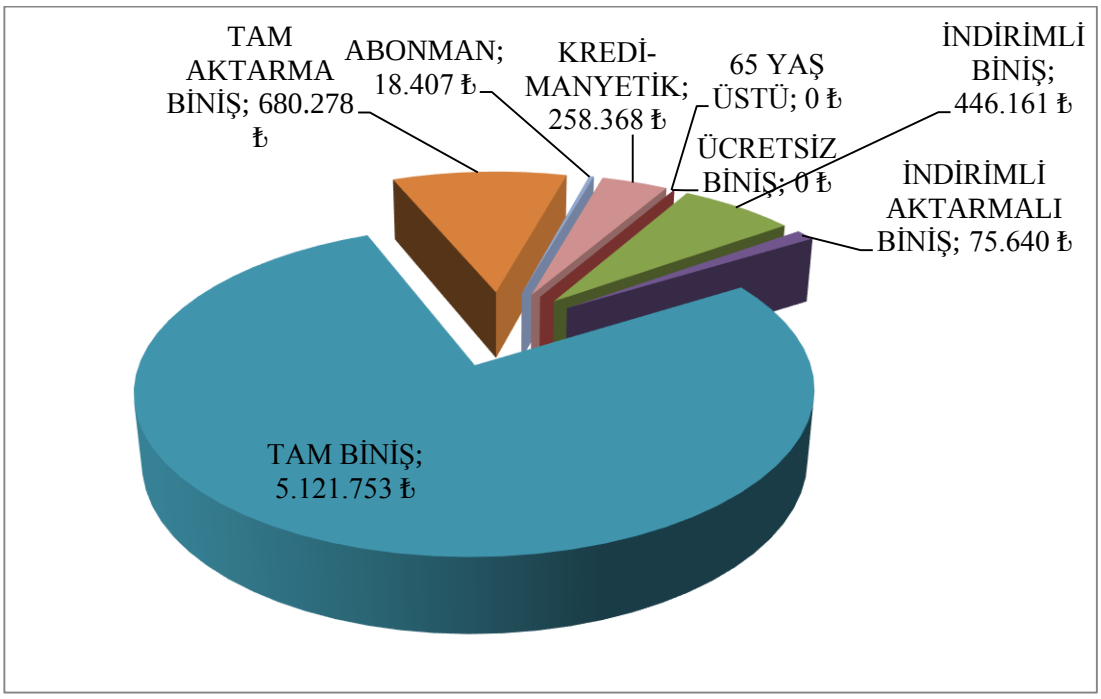
5.1.2.1 Ocak ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.5'te verilmiştir. Şekil 5.5'te 65 yaş üstü hiç binmemişken, Ocak ayında en fazla 1.575.924 kişi ile tam biniş tipi yolcu binmiştir.

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Ocak ayı toplam kazanç Şekil 5.6'da verilmiştir. Şekil 5.6'da 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, en fazla hasılat 5.121.753 TL ile tam biniş tipi yolcular toplamıştır. Ocak ayına ait toplam 6.600.607 TL kazanç sağlanmıştır.



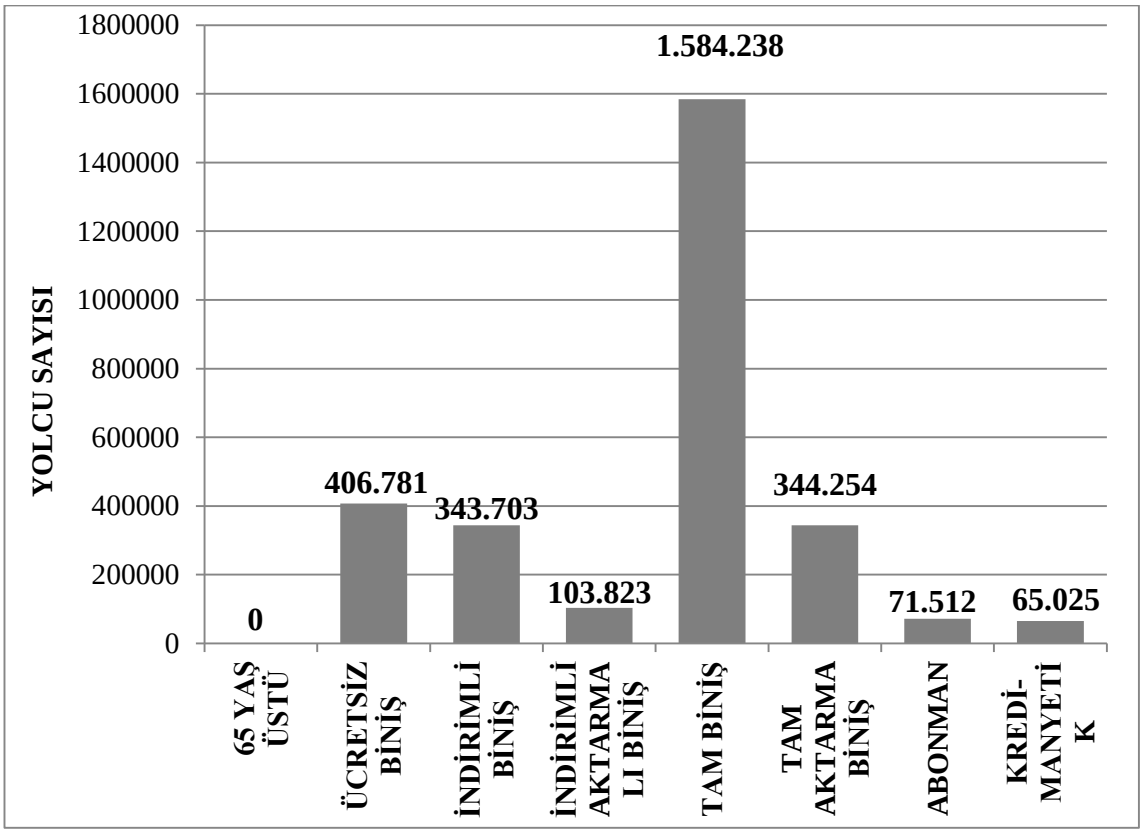
Şekil 5.5 Ocak ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021



Şekil 5.6 Ocak ayı toplam kazanç 2021

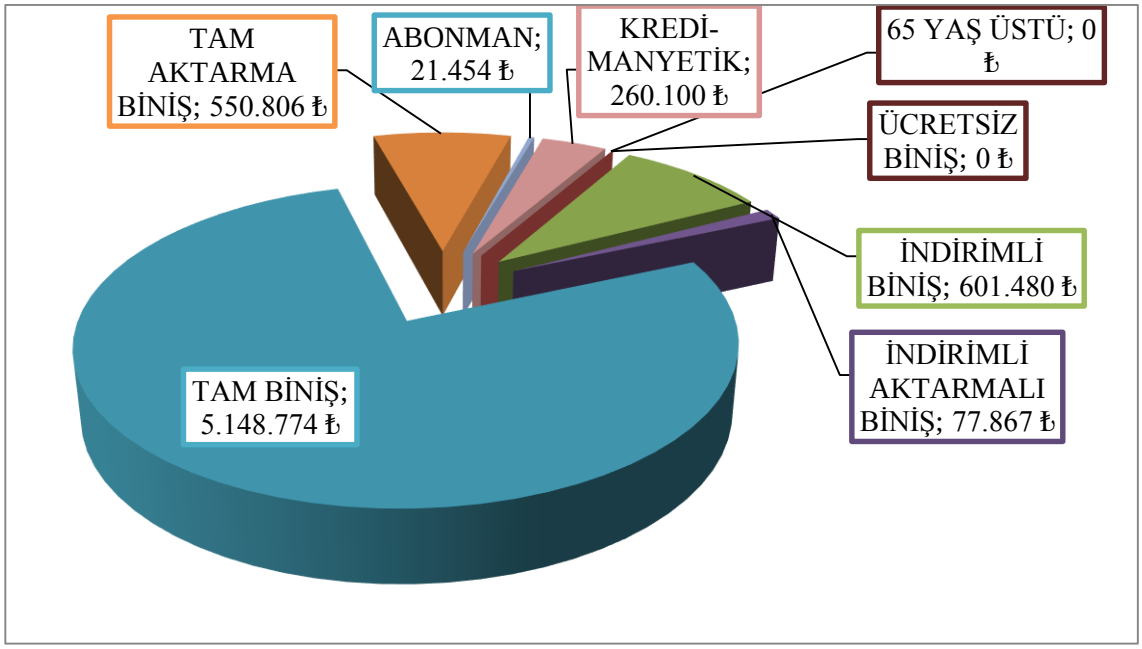
5.1.2.2 Şubat ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının şubat ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.7'de ve 2021 yılının Şubat ayına ait toplam kazanç Şekil 5.8'de verilmiştir. Şekil 5.7'de biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 0, ücretsiz biniş 406.781, indirimli biniş 343.703, indirimli aktarmalı 103.823, tam biniş 1.584.238, tam aktarma biniş 344.254, abonman 71.512 ve kredi-manyetik 65.025 kişi binmiştir. Böylece en az 65 yaş üstü binerken, en fazla tam biniş tipi yolcu binmiştir.



Şekil 5.7 Şubat ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Şubat ayı toplam kazanç Şekil 5.8'de verilmiştir. Şekil 5.8'de 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 550.806 TL, abonman 21.454 TL, kredi-manyetik 260.100 TL, indirimli biniş 601.480 TL, indirimli aktarmalı biniş 77.867 TL ve tam biniş 5.148.774 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Şubat ayına ait toplam 6.660.481 TL kazanç sağlamıştır.

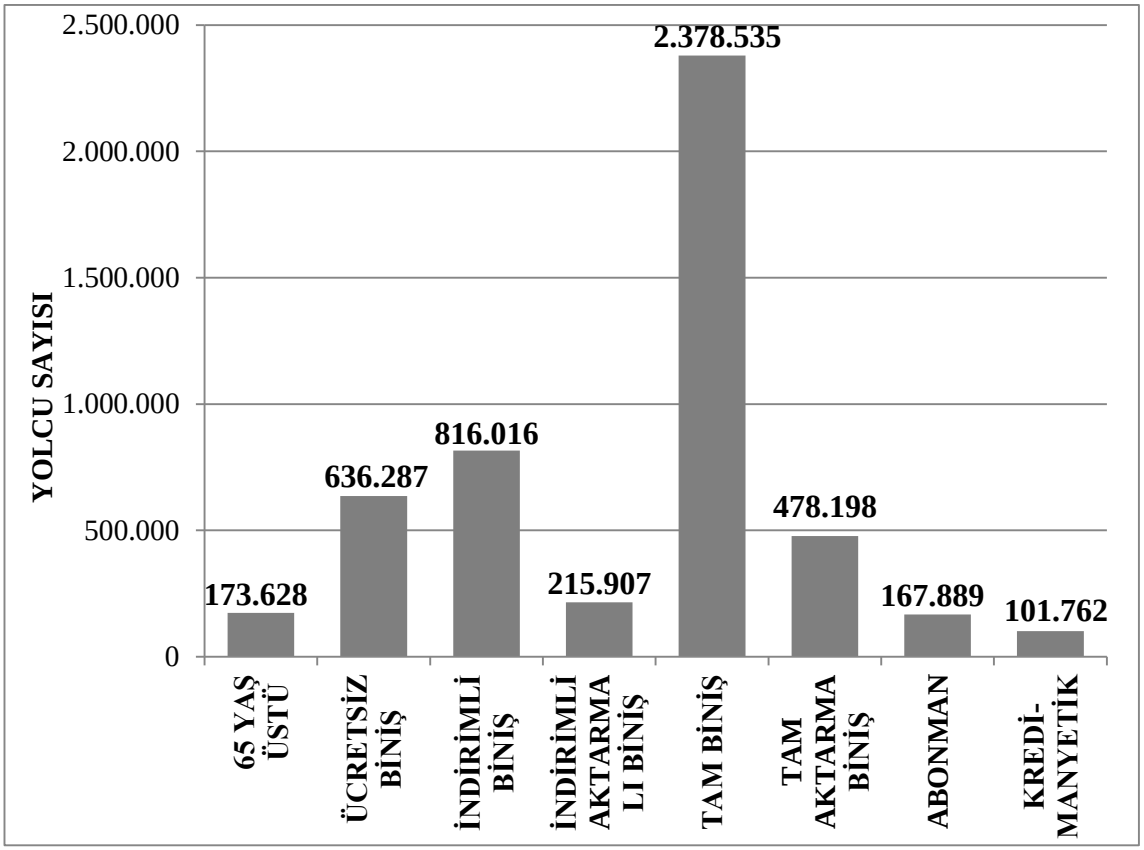


Şekil 5.8 Şubat ayı toplam kazanç 2021

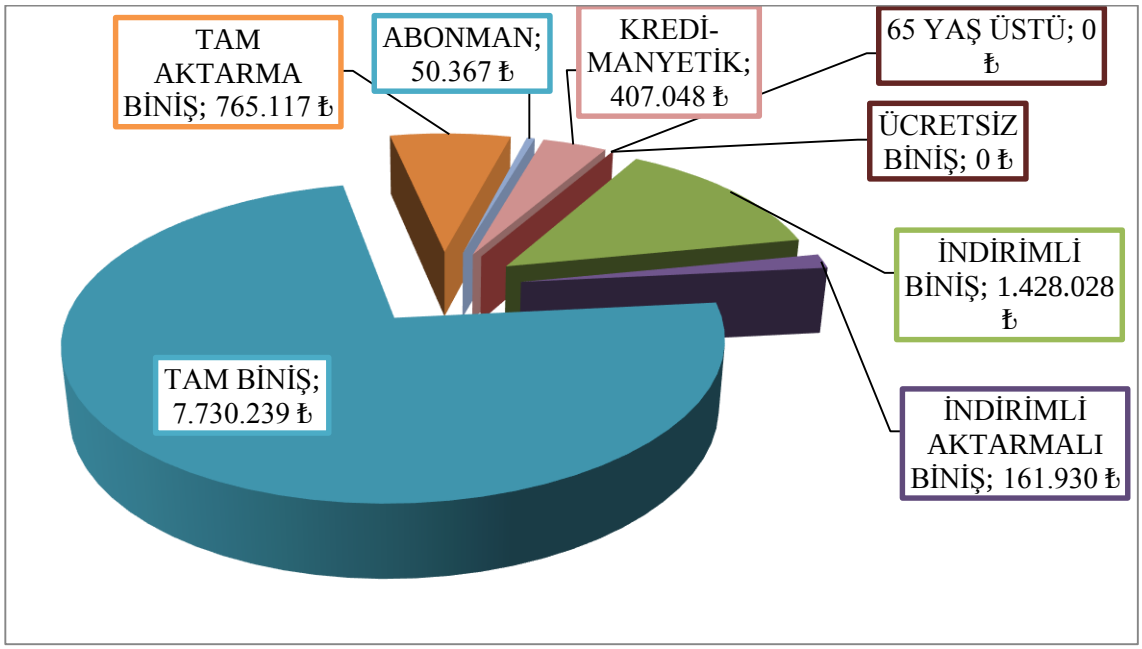
5.1.2.3 Mart ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Mart ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.9'da ve 2021 yılının Mart ayına ait toplam kazanç Şekil 5.10'da verilmiştir. Şekil 5.9'da biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 173.628, ücretsiz biniş 636.287, indirimli biniş 816.016, indirimli aktarmalı 215.907, tam biniş 2.378.535, tam aktarma biniş 478.198, abonman 167.889 ve kredi-manyetik 101.762 kişi binmiştir. Böylece en az kredi-manyetik binerken, en fazla tam biniş tipi yolcu binmiştir.

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Mart ayı toplam kazanç Şekil 5.10'da verilmiştir. Şekil 5.10'da 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 765.117 TL, abonman 50.367 TL, kredi-manyetik 407.048 TL, indirimli biniş 1.428.028 TL, indirimli aktarmalı biniş 161.930 TL ve tam biniş 7.730.239 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Mart ayına ait toplam 10.542.729 TL kazanç sağlamıştır.



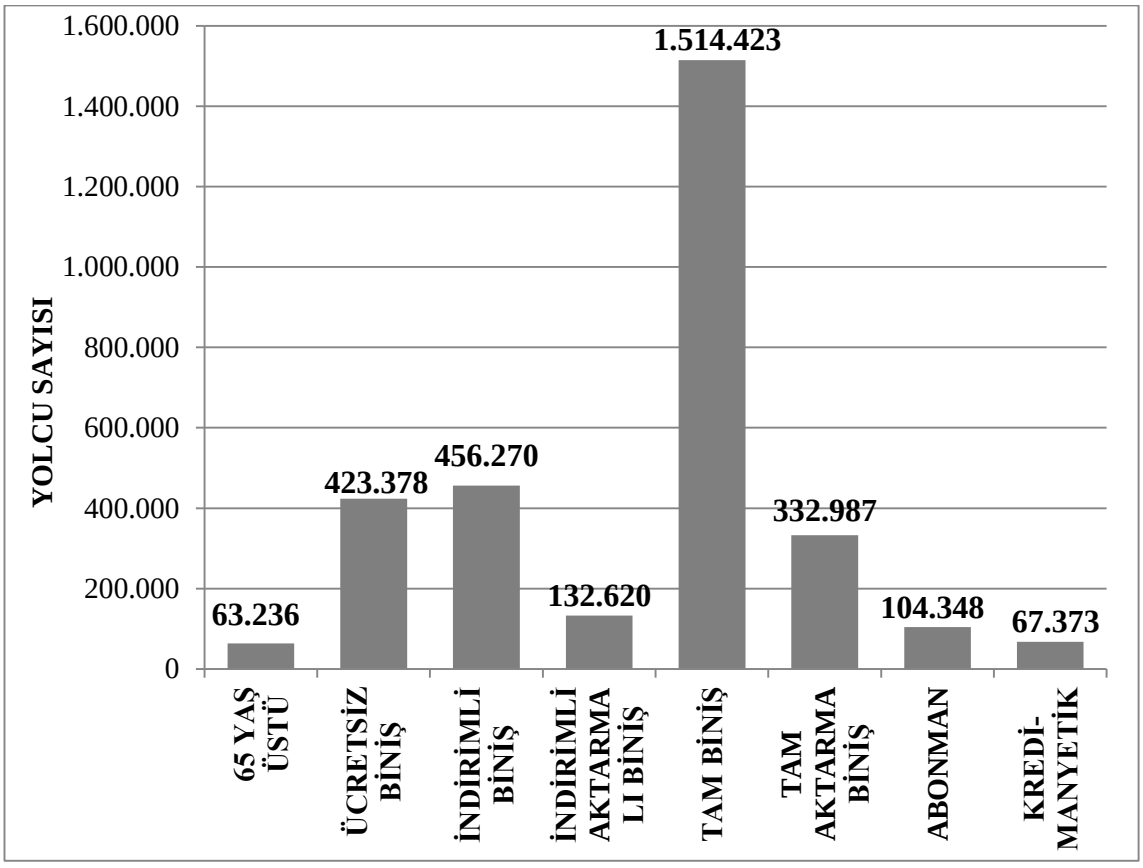
Şekil 5.9 Mart ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021



Şekil 5.10 Mart ayı toplam kazanç 2021

5.1.2.4 Nisan ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

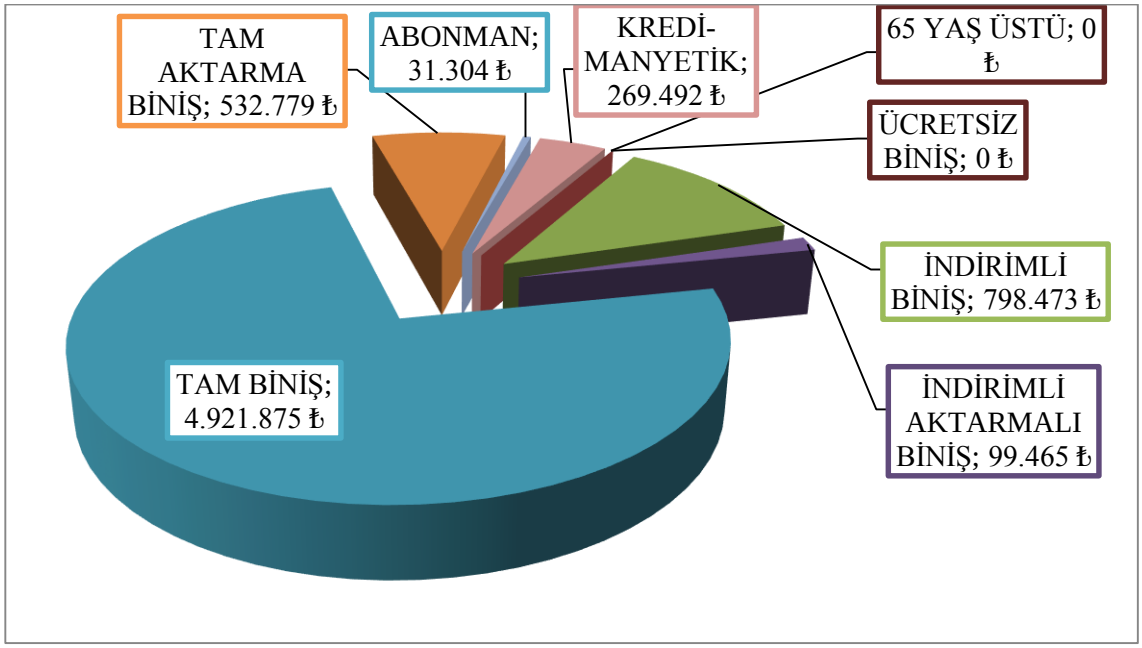
Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Nisan ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.11'de ve 2021 yılının Nisan ayına ait toplam kazanç Şekil 5.12'de verilmiştir. Şekil 5.11'de biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 63.236, ücretsiz biniş 423.378, indirimli biniş 456.270, indirimli aktarmalı 132.620, tam biniş 1.514.423, tam aktarma biniş 332.987, abonman 104.348 ve kredi-manyetik 67.373 kişi binmiştir. Böylece en az 65 yaş üstü binerken, en fazla tam biniş tipi yolcu binmiştir.



Şekil 5.11 Nisan ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Nisan ayı toplam kazanç Şekil 5.12'de verilmiştir. Şekil 5.12'de 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 532.779 TL, abonman 31.304 TL, kredi-manyetik 269.492 TL, indirimli biniş 798.473 TL, indirimli aktarmalı biniş 99.465 TL ve tam

biniş 4.921.875 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Nisan ayına ait toplam 6.653.388 TL kazanç sağlamıştır.

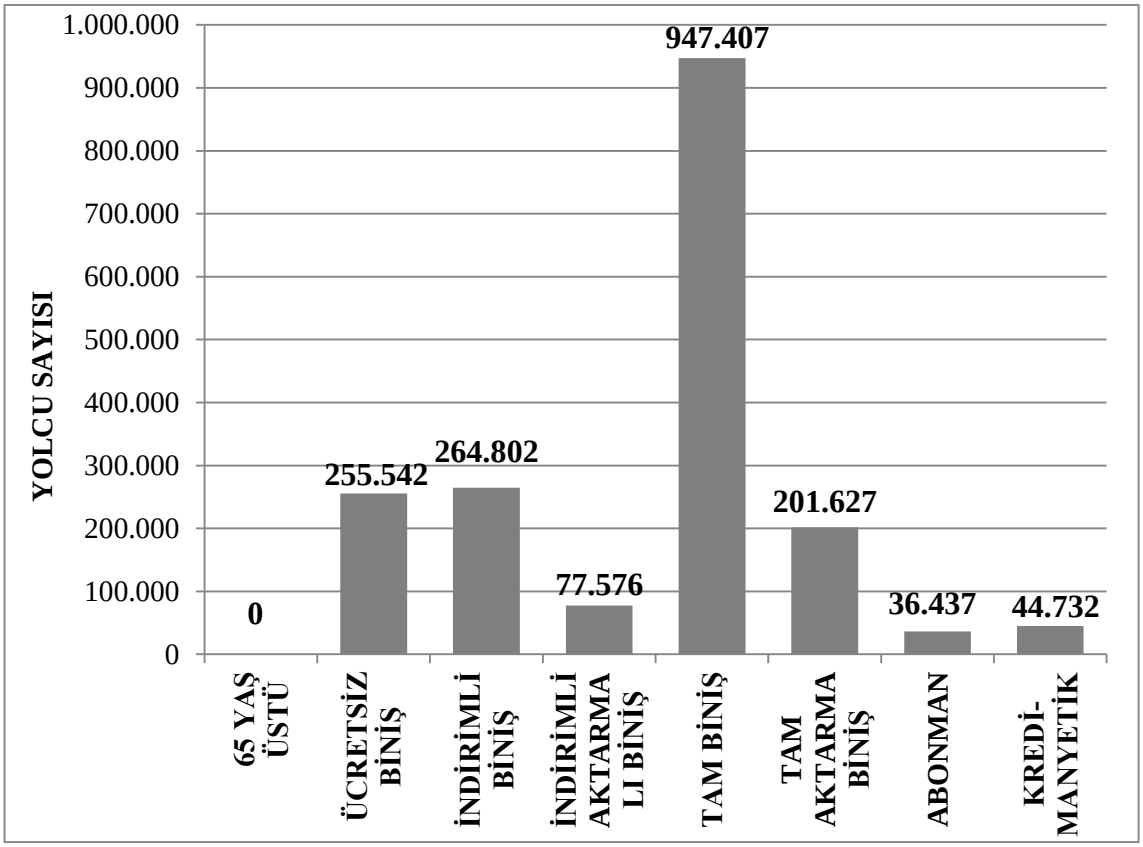


Şekil 5.12 Nisan ayı toplam kazanç 2021

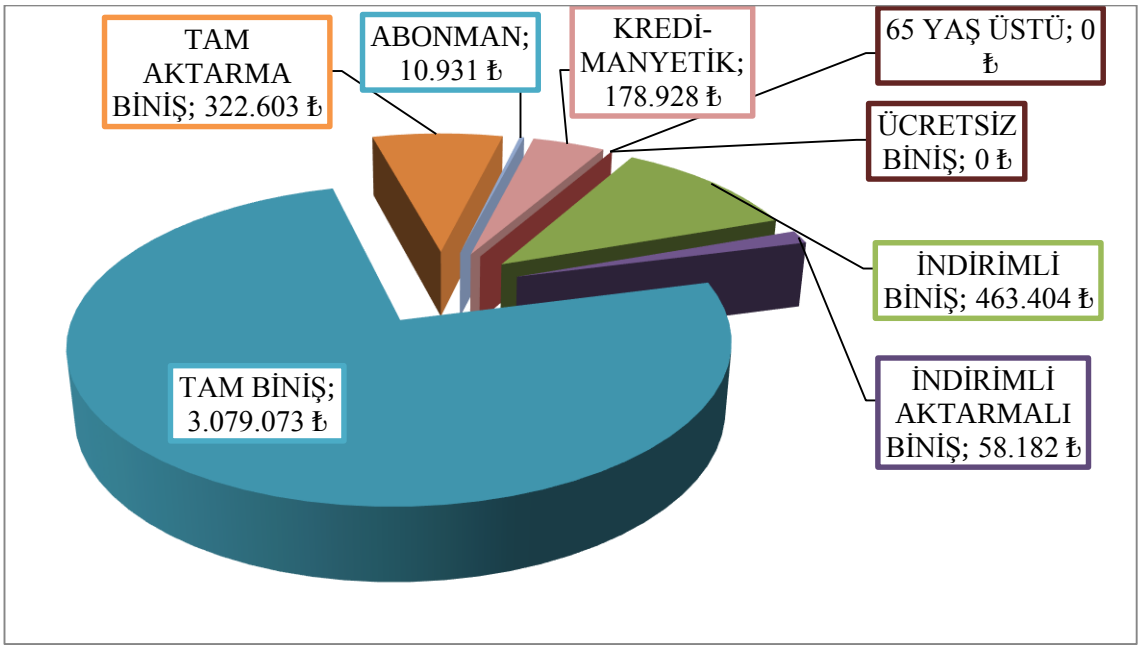
5.1.2.5 Mayıs ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Mayıs ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.13'te ve 2021 yılının Mayıs ayına ait toplam kazanç Şekil 5.14'de verilmiştir. Şekil 5.13'te biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 0, ücretsiz biniş 255.542, indirimli biniş 264.802, indirimli aktarmalı 77.576, tam biniş 947.407, tam aktarma biniş 201.627, abonman 36.437 ve kredi-manyetik 44.732 kişi binmiştir. Böylece en az 65 yaş üstü binerken, en fazla tam biniş tipi yolcu binmiştir.

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Mart ayı toplam kazanç Şekil 5.10'da verilmiştir. Şekil 5.10'da 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 765.117 TL, abonman 50.367 TL, kredi-manyetik 407.048 TL, indirimli biniş 1.428.028 TL, indirimli aktarmalı biniş 161.930 TL ve tam biniş 7.730.239 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Mart ayına ait toplam 10.542.729 TL kazanç sağlamıştır.



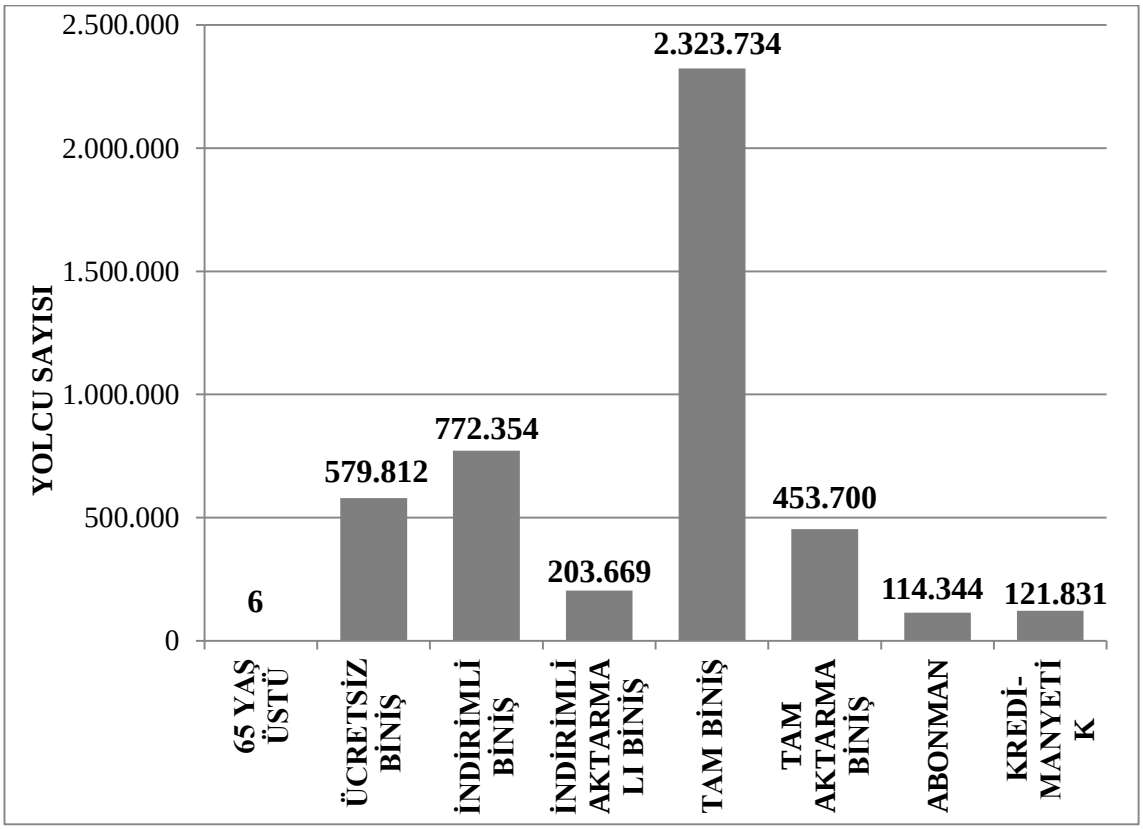
Şekil 5.13 Mayıs ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021



Şekil 5.14 Mayıs ayı toplam kazanç 2021

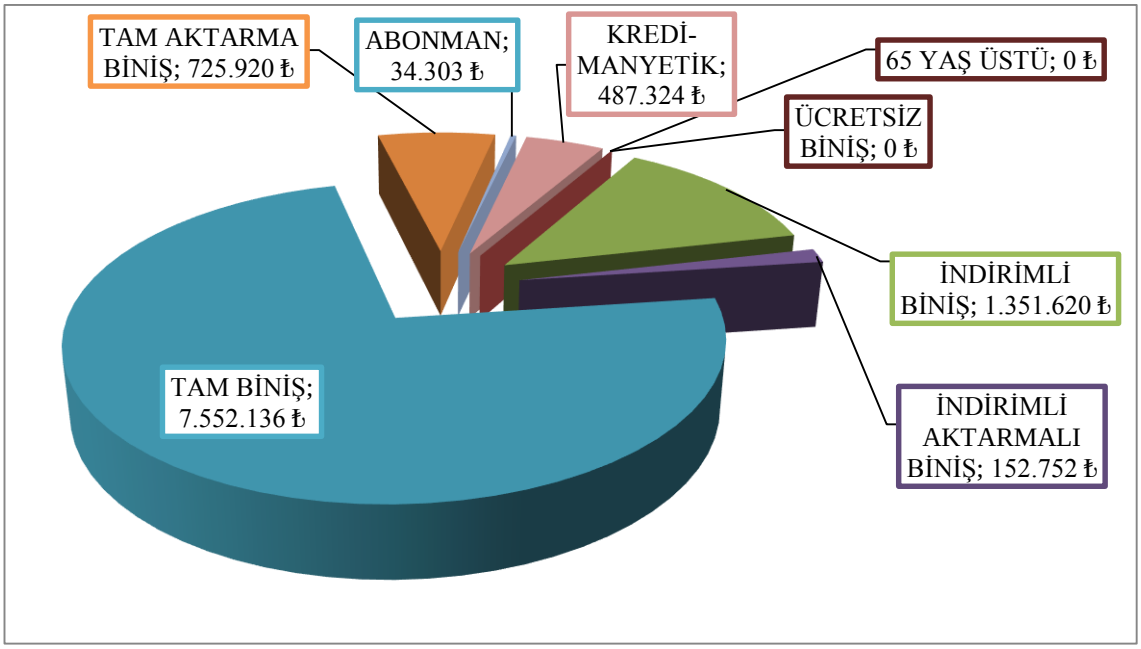
5.1.2.6 Haziran ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Haziran ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.15'te ve 2021 yılının Haziran ayına ait toplam kazanç Şekil 5.16'da verilmiştir. Şekil 5.15'te biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 6, ücretsiz biniş 579.812, indirimli biniş 772.354, indirimli aktarmalı 203.669, tam biniş 2.323.734, tam aktarma biniş 453.700, abonman 114.344 ve kredi-manyetik 121.831 kişi binmiştir. Böylece en az 65 yaş üstü binerken, en fazla tam biniş tipi yolcu binmiştir.



Şekil 5.15 Haziran ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Haziran ayı toplam kazanç Şekil 5.16'da verilmiştir. Şekil 5.16'da 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 725.920 TL, abonman 34.303 TL, kredi-manyetik 487.324 TL, indirimli biniş 1.351.620 TL, indirimli aktarmalı biniş 152.752 TL ve tam biniş 7.552.136 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Haziran ayına ait toplam 10.304.055 TL kazanç sağlamıştır.

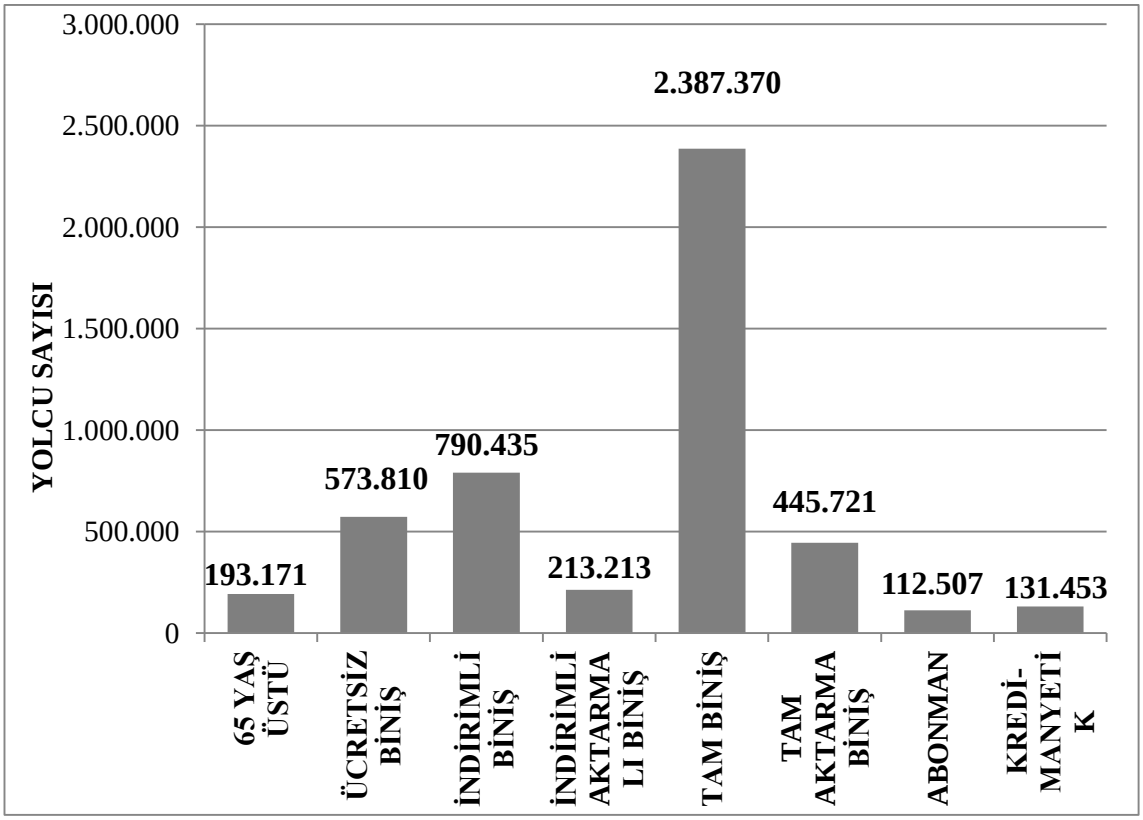


Şekil 5.16 Haziran ayı toplam kazanç 2021

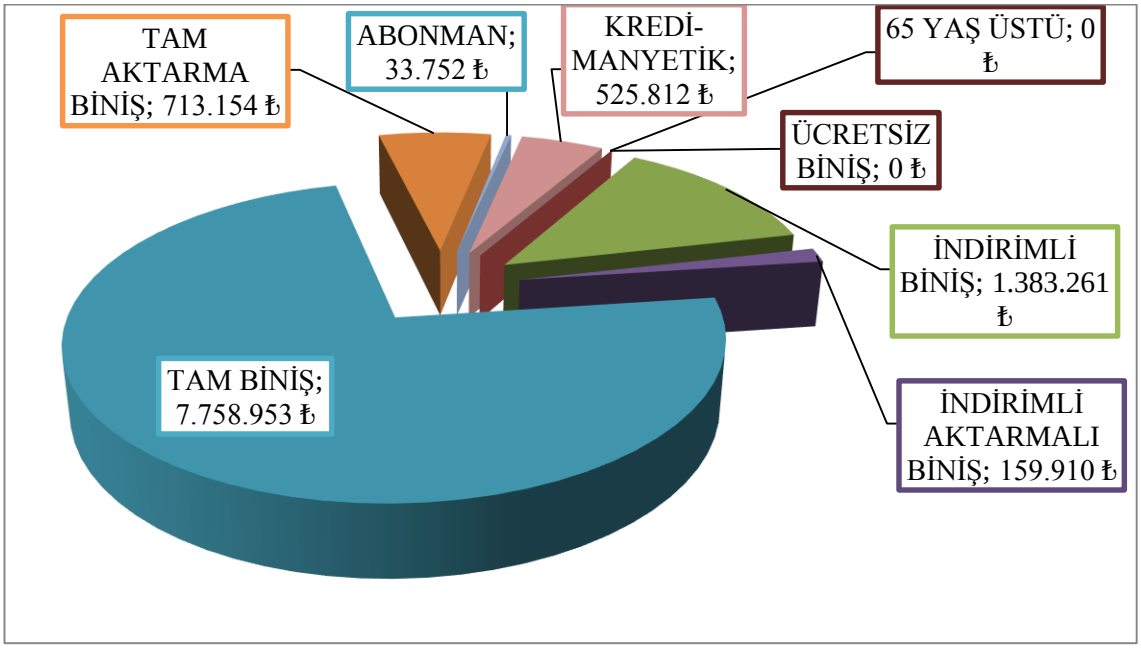
5.1.2.7 Temmuz ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Temmuz ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.17'de ve 2021 yılının Temmuz ayına ait toplam kazanç Şekil 5.18'de verilmiştir. Şekil 5.17'de biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 193.171, ücretsiz biniş 573.810, indirimli biniş 790.435, indirimli aktarmalı 213.213, tam biniş 2.387.370, tam aktarma biniş 445.721, abonman 112.507 ve kredi-manyetik 131.453 kişi binmiştir. Böylece en az 112.507 kişi ile abonman binerken, en fazla 2.387.370 kişi ile tam biniş tipi yolcu binmiştir.

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Temmuz ayı toplam kazanç Şekil 5.18'de verilmiştir. Şekil 5.18'de 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 713.154 TL, abonman 33.752 TL, kredi-manyetik 525.812 TL, indirimli biniş 1.383.261 TL, indirimli aktarmalı biniş 159.910 TL ve tam biniş 7.758.953 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Temmuz ayına ait toplam 10.574.842 TL kazanç sağlamıştır.



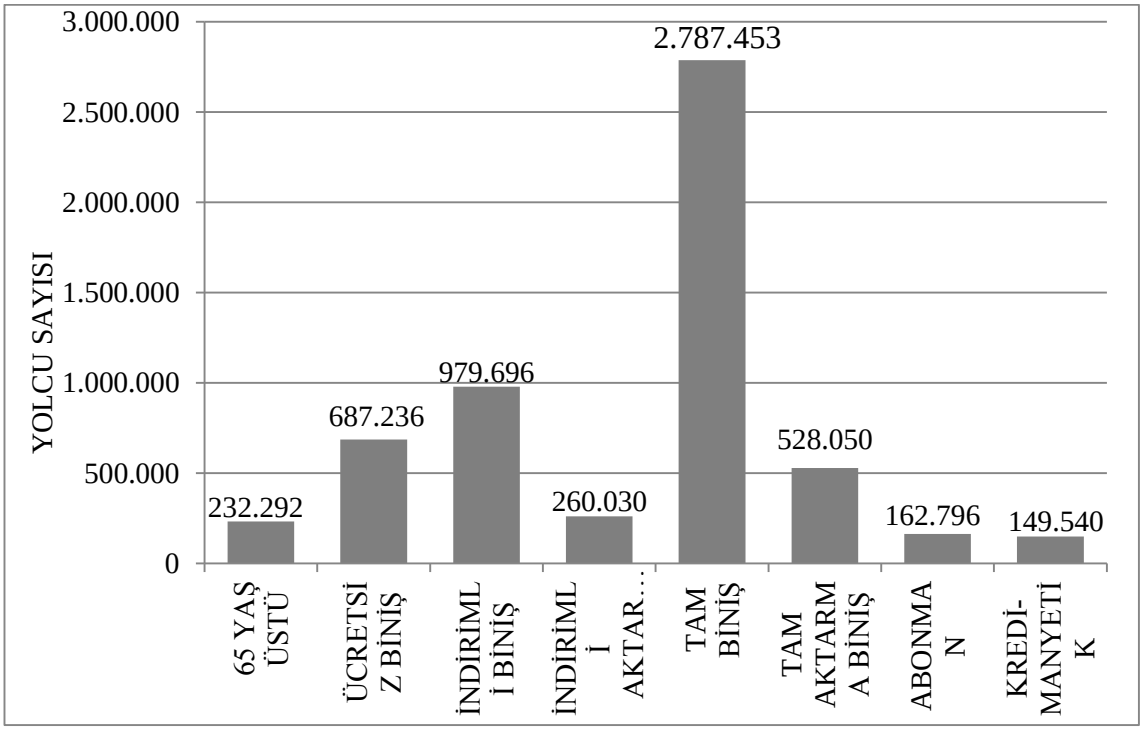
Şekil 5.17 Temmuz ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021



Şekil 5.18 Temmuz ayı toplam kazanç 2021

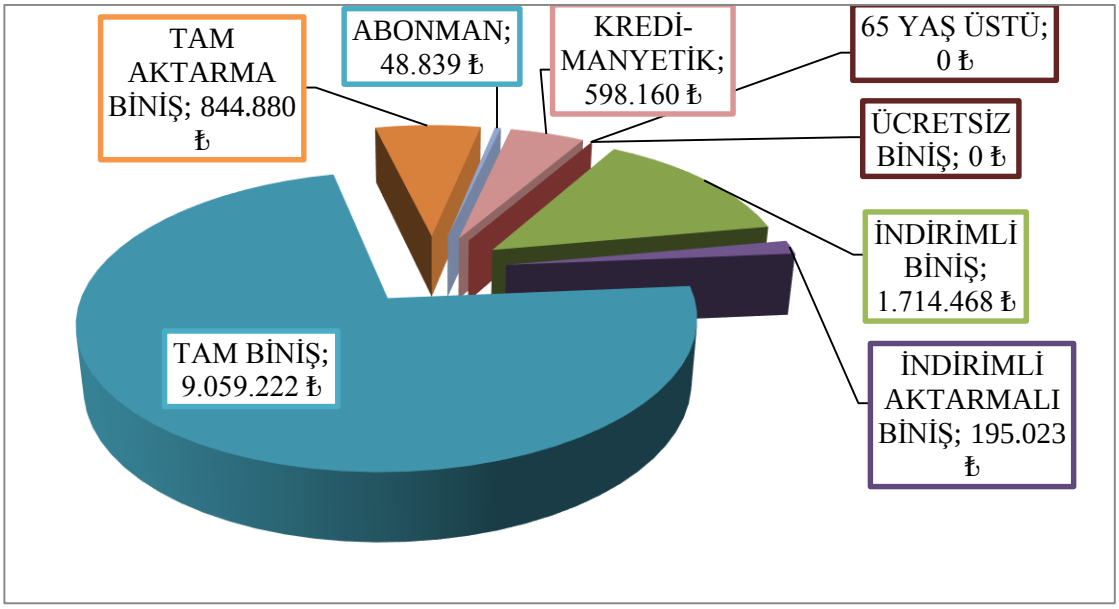
5.1.2.8 Ağustos ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Ağustos ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.19'da ve 2021 yılının Ağustos ayına ait toplam kazanç Şekil 5.20'de verilmiştir. Şekil 5.19'da biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 232.292, ücretsiz biniş 687.236, indirimli biniş 979.696, indirimli aktarmalı 260.030, tam biniş 2.787.453, tam aktarma biniş 528.050, abonman 162.796 ve kredi-manyetik 149.540 kişi binmiştir. Böylece en az 149.540 kişi ile kredi-manyetik binerken, en fazla 2.787.453 kişi ile tam biniş tipi yolcu binmiştir.



Şekil 5.19 Ağustos ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Ağustos ayı toplam kazanç Şekil 5.20'de verilmiştir. Şekil 5.20'de 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 844.880 TL, abonman 48.839 TL, kredi-manyetik 598.160 TL, indirimli biniş 1.714.468 TL, indirimli aktarmalı biniş 195.023 TL ve tam biniş 9.059.222 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Ağustos ayına ait toplam 12.460.52 TL kazanç sağlamıştır.

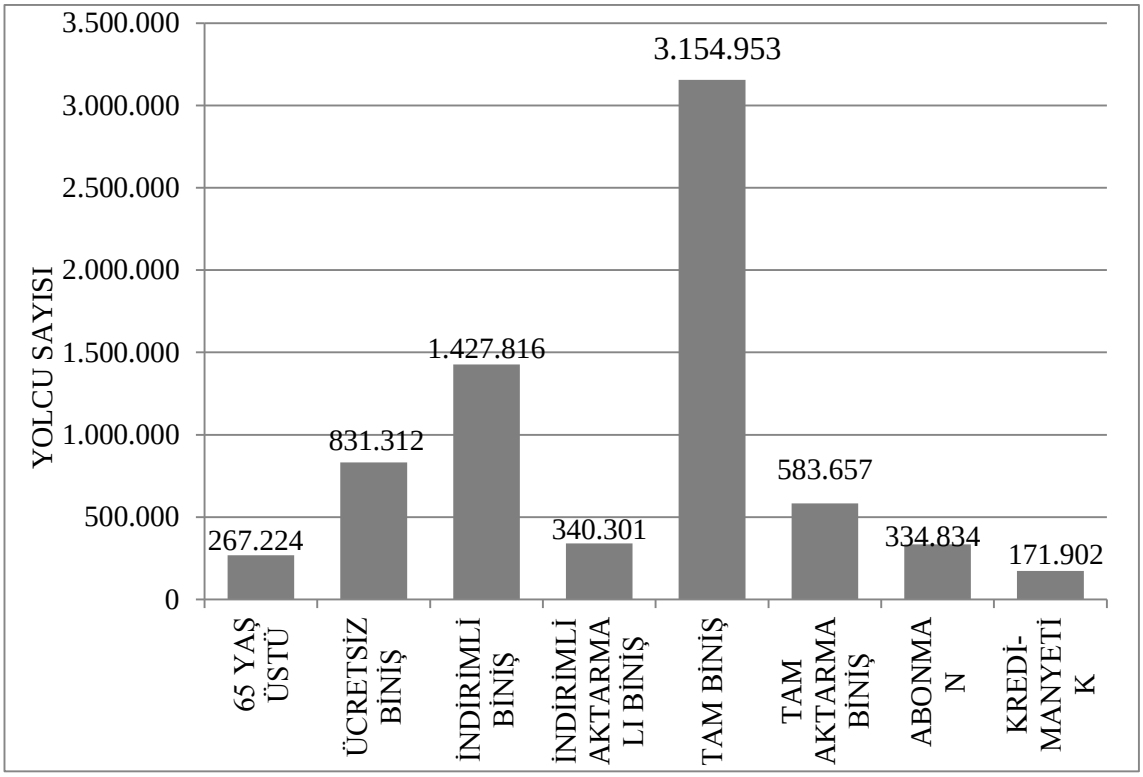


Şekil 5.20 Ağustos ayı toplam kazanç 2021

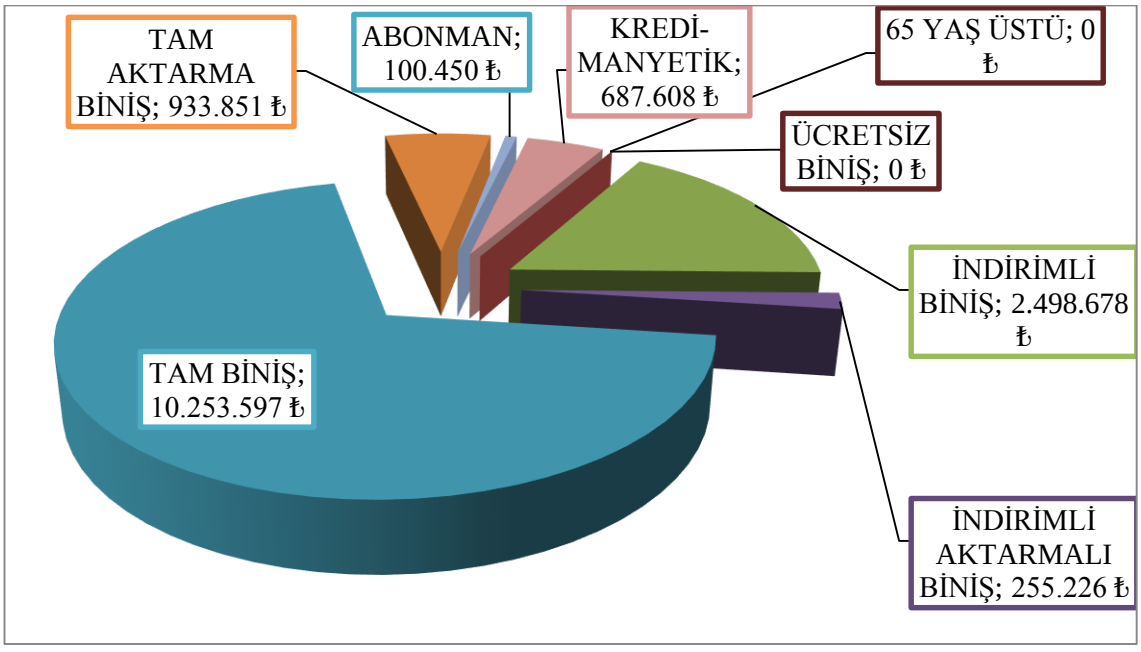
5.1.2.9 Eylül ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Eylül ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.21'de ve 2021 yılının Eylül ayına ait toplam kazanç Şekil 5.22'de verilmiştir. Şekil 5.21'de biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 267.224, ücretsiz biniş 831.312, indirimli biniş 1.427.816, indirimli aktarmalı 340.301, tam biniş 3.154.953, tam aktarma biniş 583.657, abonman 334.834 ve kredi-manyetik 171.902 kişi binmiştir. Böylece en az 171.902 kişi ile kredi-manyetik binerken, en fazla 3.154.953 kişi ile tam biniş tipi yolcu binmiştir.

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Eylül ayı toplam kazanç Şekil 5.22'de verilmiştir. Şekil 5.22'de 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 933.851 TL, abonman 100.450 TL, kredi-manyetik 687.608 TL, indirimli biniş 2.498.678 TL, indirimli aktarmalı biniş 255.226 TL ve tam biniş 10.253.597 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Eylül ayına ait toplam 14.729.410 TL kazanç sağlamıştır.



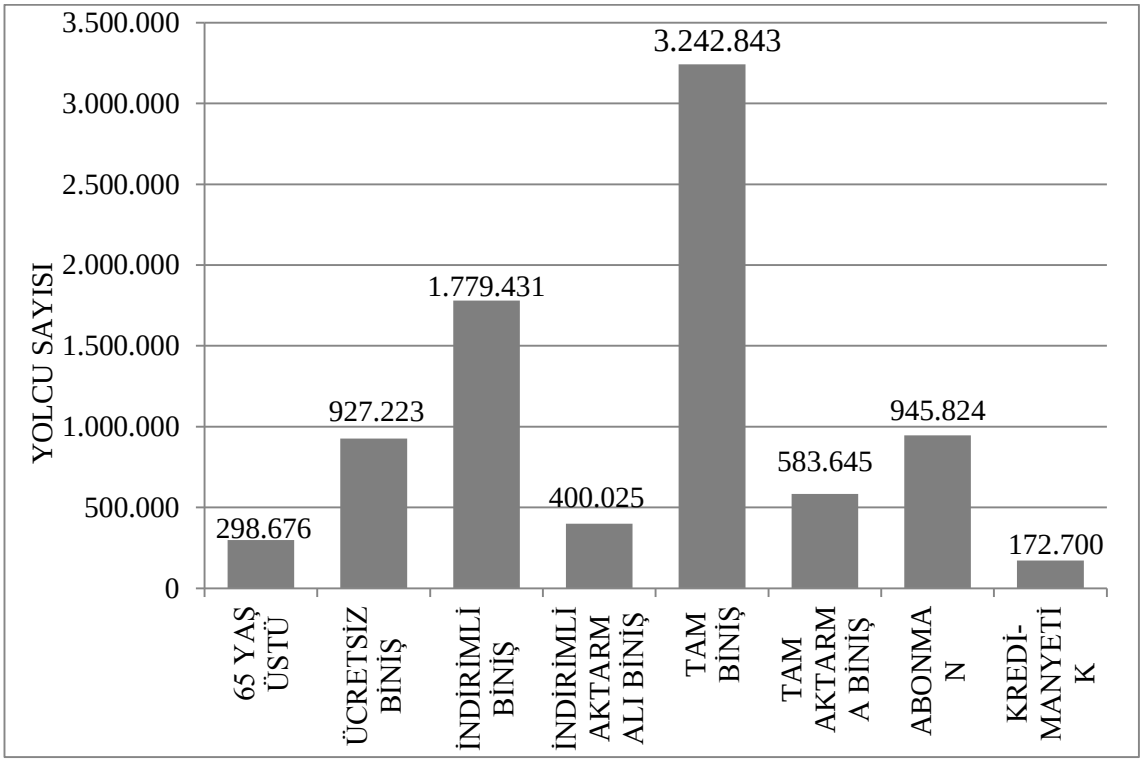
Şekil 5.21 Eylül ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021



Şekil 5.22 Eylül ayı toplam kazanç 2021

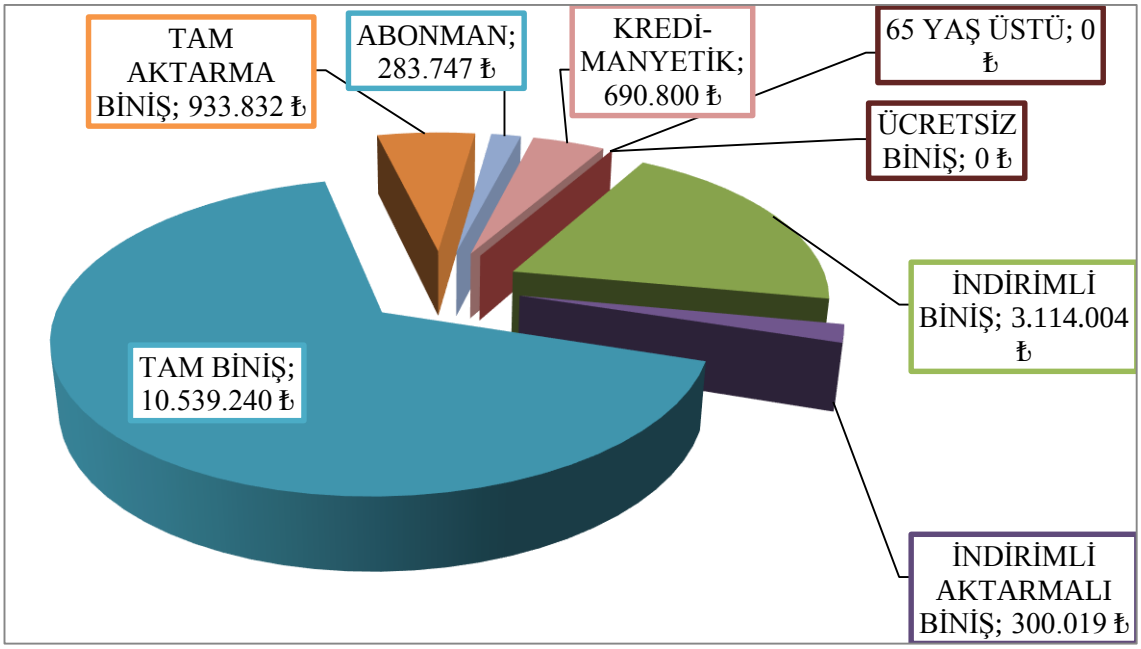
5.1.2.10 Ekim ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Ekim ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.23'te ve 2021 yılının Ekim ayına ait toplam kazanç Şekil 5.24'de verilmiştir. Şekil 5.23'te biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 298.676, ücretsiz biniş 927.223, indirimli biniş 1.779.431, indirimli aktarmalı 400.025, tam biniş 3.242.843, tam aktarma biniş 583645, abonman 945.824 ve kredi-manyetik 172.700 kişi binmiştir. Böylece en az 172.700 kişi ile kredi-manyetik binerken, en fazla 3.242.843 kişi ile tam biniş tipi yolcu binmiştir.



Şekil 5.23 Ekim ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Ekim ayı toplam kazanç Şekil 5.24'de verilmiştir. Şekil 5.24'de 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 933.832 TL, abonman 283.747 TL, kredi-manyetik 690.800 TL, indirimli biniş 3.114.004 TL, indirimli aktarmalı biniş 300.019 TL ve tam biniş 10.539.240 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Ekim ayına ait toplam 15.861.642 TL kazanç sağlamıştır.

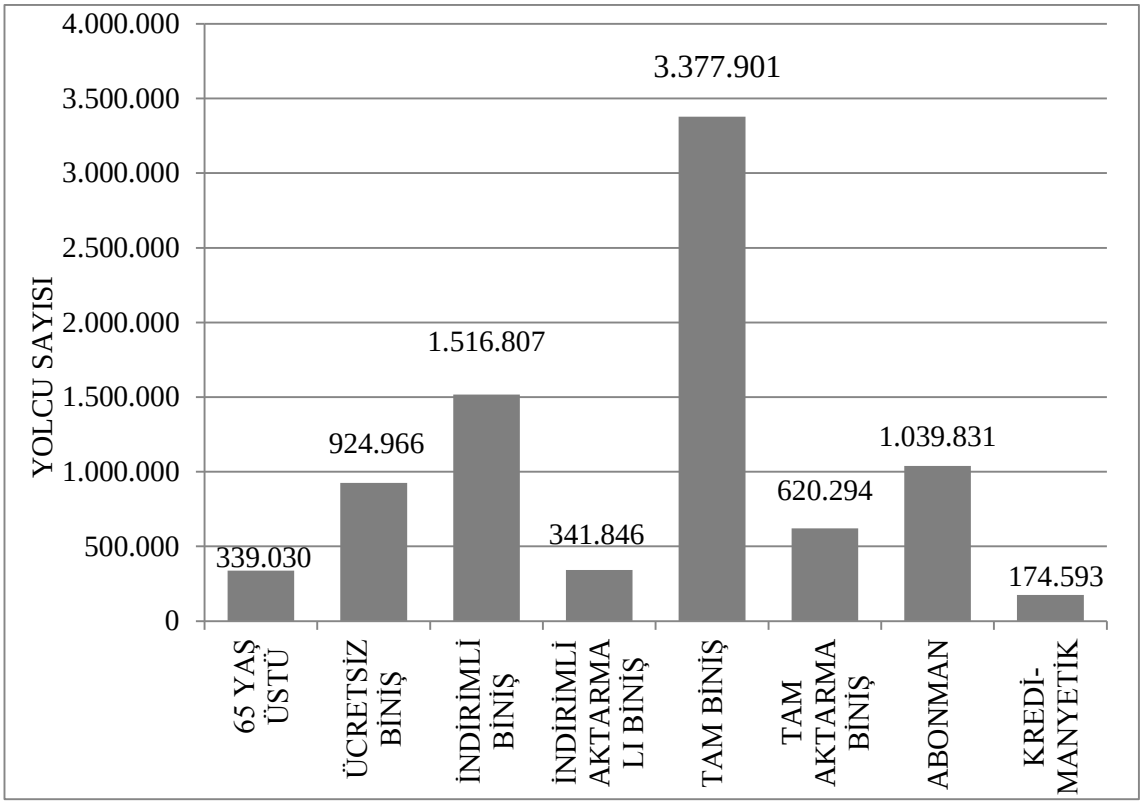


Şekil 5.24 Ekim ayı toplam kazanç 2021

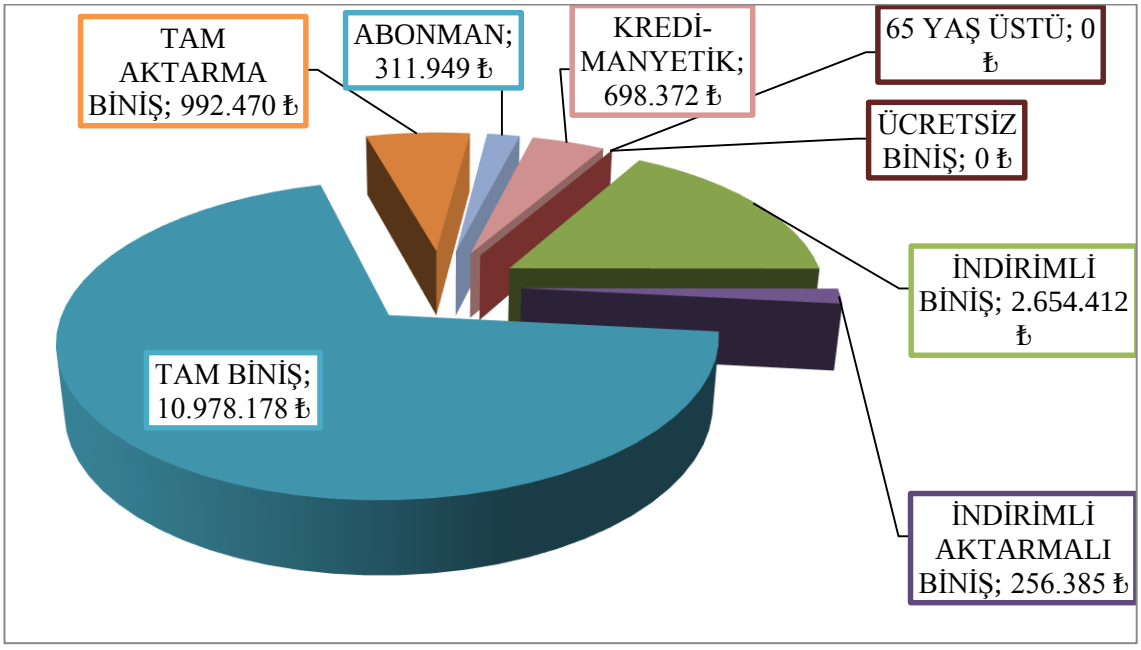
5.1.2.11 Kasım ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Kasım ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.25'te ve 2021 yılının Kasım ayına ait toplam kazanç Şekil 5.26'da verilmiştir. Şekil 5.25'te biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 339.030, ücretsiz biniş 924.966, indirimli biniş 1.516.807, indirimli aktarmalı 341.846, tam biniş 3.377.901, tam aktarma biniş 620.294, abonman 1.039.831 ve kredi-manyetik 174.593 kişi binmiştir. Böylece en az 174.593 kişi ile kredi-manyetik binerken, en fazla 3.377.901 kişi ile tam biniş tipi yolcu binmiştir.

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Kasım ayı toplam kazanç Şekil 5.26'da verilmiştir. Şekil 5.26'da 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 992.470 TL, abonman 311.949, kredi-manyetik 698.372 TL, indirimli biniş 2.654.412 TL, indirimli aktarmalı biniş 256.385 TL ve tam biniş 10.978.178 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Kasım ayına ait toplam 15.891.766 TL kazanç sağlamıştır.



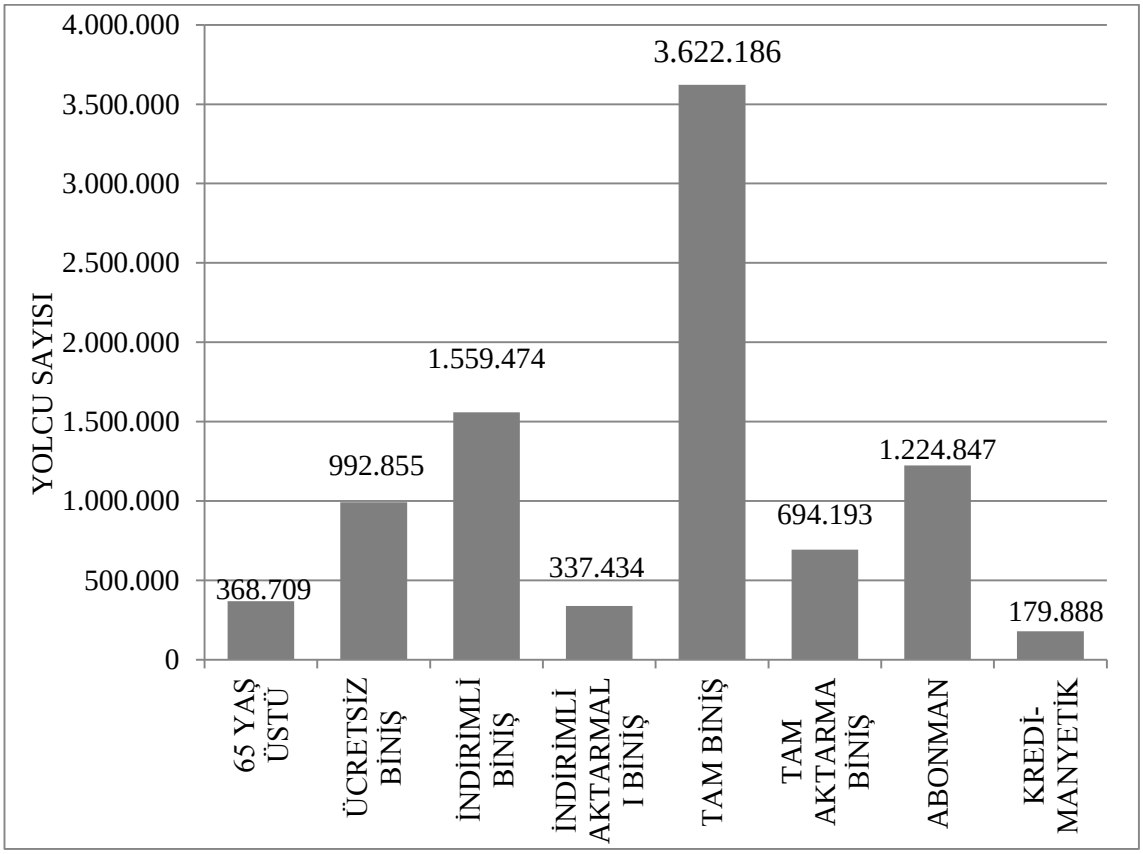
Şekil 5.25 Kasım ayı biniş tipi yolcu sayısı 2021



Şekil 5.26 Kasım ayı toplam kazanç 2021

5.1.2.12 Aralık ayı biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç

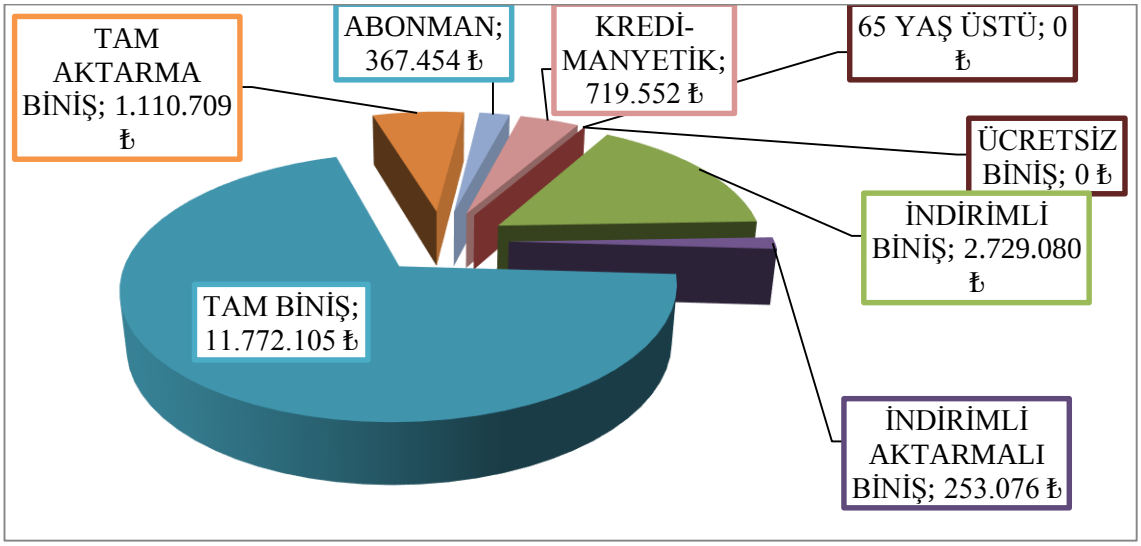
Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılının Aralık ayına ait biniş tipi yolcu sayıları Şekil 5.27'de ve 2021 yılının Aralık ayına ait toplam kazanç Şekil 5.28'de verilmiştir. Şekil 5.27'de biniş tipi yolcu sayılarında, 65 yaş üstü 368.709, ücretsiz biniş 992.855, indirimli biniş 1.559.474, indirimli aktarmalı 337.434, tam biniş 3.622.186, tam aktarma biniş 694.193, abonman 1.224.847 ve kredi-manyetik 179.888 kişi binmiştir. Böylece en az 179.888 kişi ile kredi-manyetik binerken, en fazla 3.622.186 kişi ile tam biniş tipi yolcu binmiştir.



Şekil 5.27 Aralık biniş tipi yolcu sayısı 2021

Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Aralık ayı toplam kazanç Şekil 5.28'de verilmiştir. Şekil 5.28'de 65 yaş üstü ve ücretsiz binişler sıfır hasılat toplarken, tam aktarmalı binişler 1.110.709 TL, abonman 367.454 TL, kredi-manyetik 719.552 TL, indirimli biniş 2.729.080 TL, indirimli aktarmalı biniş 253.076 TL ve tam

biniş 11.772.105 TL kazanç sağlanmıştır. Böylece Ankara metrosu M1-M2-M3-M4 metro hatları ile 2021 yılı Aralık ayına ait toplam 16.951.976 TL kazanç sağlamıştır.



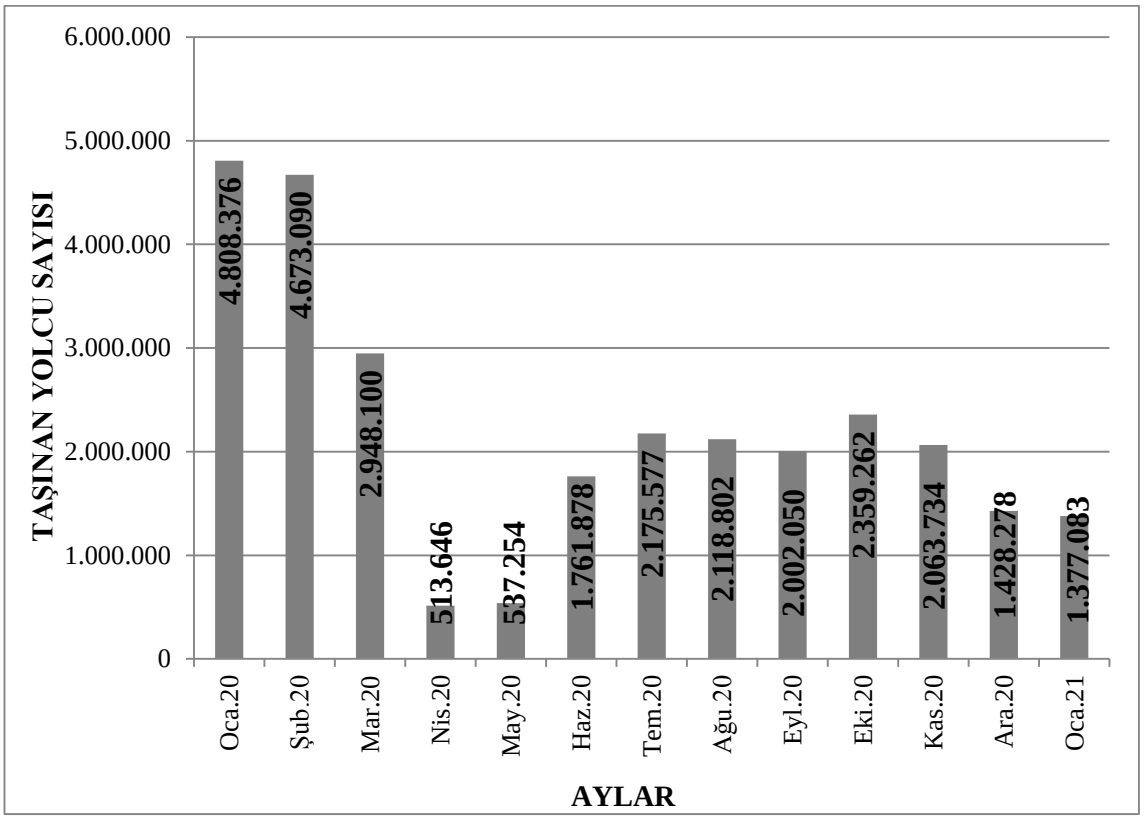
Şekil 5.28 Aralık ayı toplam kazanç 2021

5.1.3 Ankara M1 metro hattı (Kızılay-Batıkent)

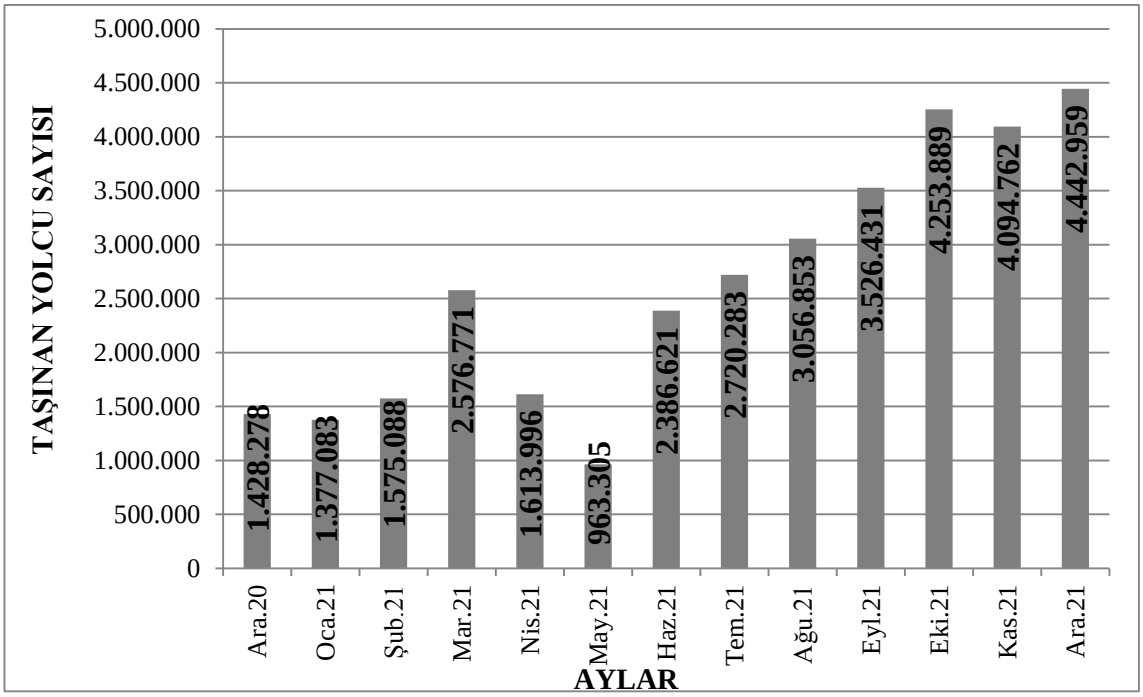
M1 metro hattı 12 istasyonlu ve 108 araçlı (18 adet 6'lı dizi) sistem 28 aralık 1997'de işletmeye açılmış olup hattın toplam uzunluğu 14.661 metredir. M1 metro hattının

1. Kızılay (aktarma: Ankaray)
2. Sıhhiye (aktarma: Sincan-Kayaş Banliyö Tren Hattı)
3. Ulus
4. Atatürk Kültür Merkezi (AKM)
5. Akköprü
6. İvedik
7. Yenimahalle (aktarma: Yenimahalle-Şentepe Teleferik Hattı)
8. Demetevler
9. Hastane
10. Macunköy
11. Ostim (Ortadoğu Sanayi ve Ticaret Merkezi)
12. Batıkent

güzergahında hizmet vermektedir. M1 metro hattı 2020-2021 yıllarında toplam taşınan yolcu sayısını aylar bazında Şekil 5.29'da ve Şekil 5.30'de verilmiştir. Şekil 5.29'da pandemi yasakların başlamasıyla M1 hattı 2020 yılında taşınan yolcu sayısında ani azalmalara neden olduğu görülmektedir. M1 hattı 2020 yılında Ocak ayından Aralık ayının sonuna kadar toplam 27.390.047 yolcu taşınmıştır. Şekil 5.30'da ise pandemi yasaklarının yavaş yavaş kalkmasıyla 2021 yılında taşınan yolcu sayılarında artışların olduğu görülmüştür. M1 hattının 2021 yılında Ocak ayından Aralık ayının sonuna kadar toplam 32.588.041 yolcu taşınmıştır.



Şekil 5.29 M1 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2020



Şekil 5.30 M1 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2021

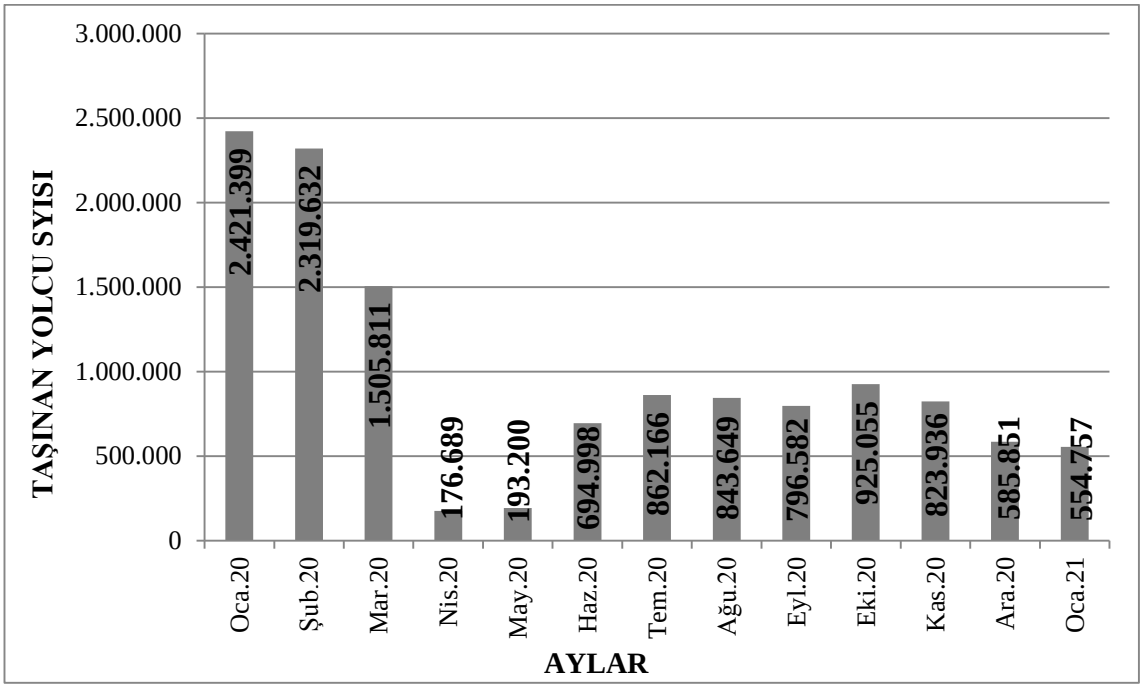
5.1.4 Ankara M2 metro hattı (Kızılay-Çayyolu)

Ankara Kızılay-Koru (M2) güzergahında yer alan metro hattının yapımına 27 Eylül 2002 tarihinde başlanmıştır ve 13 Mart 2014 tarihinde hizmete açılmıştır. M2 metro hattı bir ucundan diğer ucuna gitmesi 25 dakika sürmektedir. Kızılay'dan başlayıp Koru'da sona ermekte olan hat, 16.590 metre uzunluğa sahiptir ve 12 istasyonu bulunmaktadır. Bunlar;

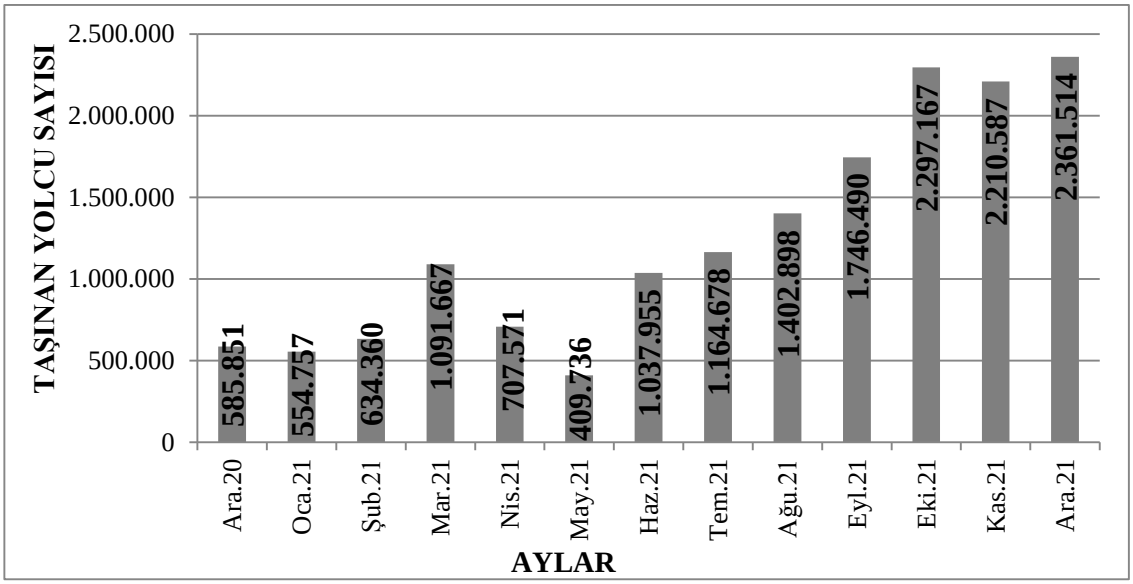
1. Kızılay (aktarma: Ankaray)
2. Necatibey
3. Milli Kütüphane
4. Söğütözü (aktarma: Ankaray)
5. MTA (maden tetkik ve arama)
6. Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ)
7. Bilkent
8. Tarım Bakanlığı/Danıştay
9. Beytepe

10. Ümitköy
11. Çayyolu
12. Koru

İstasyonlarından oluşmaktadır. Şekil 5.31 ve Şekil 5.32'de 2020 ve 2021 yıllarında M2 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayıları verilmiştir. Şekil 5.31'de 2020 yılında aylar bazında taşınan yolcu sayısı, Ocak ayından Aralık ayının sonuna kadar toplam 12.148.968 yolcu taşınmıştır. Şekil 5.32'de 2021 yılında aylar bazında taşınan yolcu sayısı, Ocak ayından Aralık ayının sonuna kadar toplam 15.619.380 yolcu taşınmıştır.



Şekil 5.31 M2 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2020



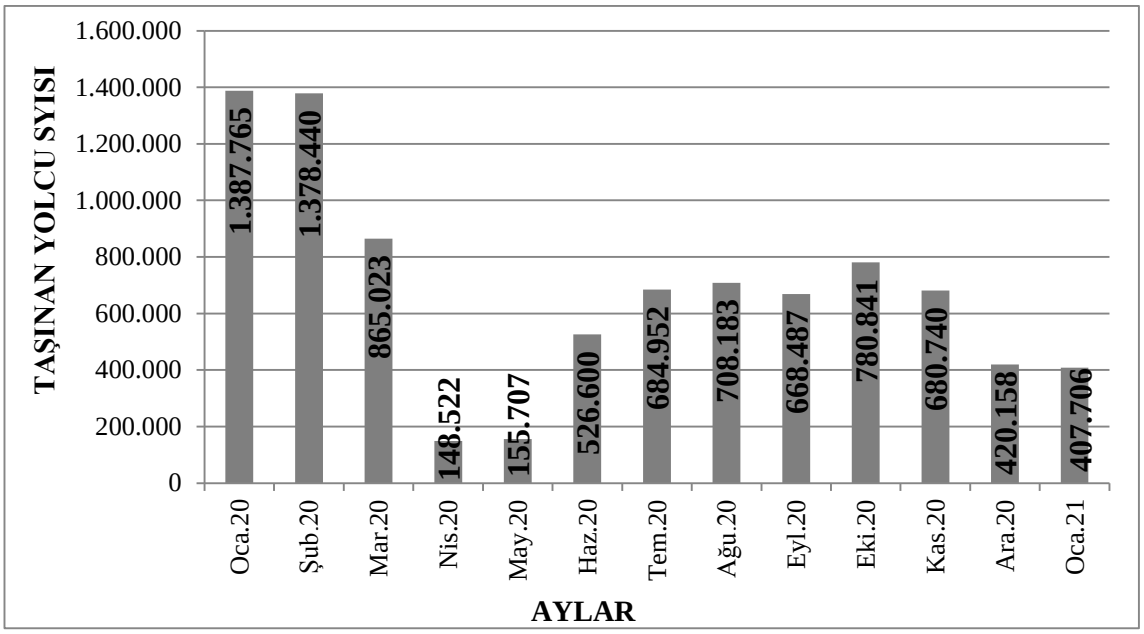
Şekil 5.32 M2 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2021

5.1.5 Ankara M3 metro hattı (Batıkent-OSB-Törekent)

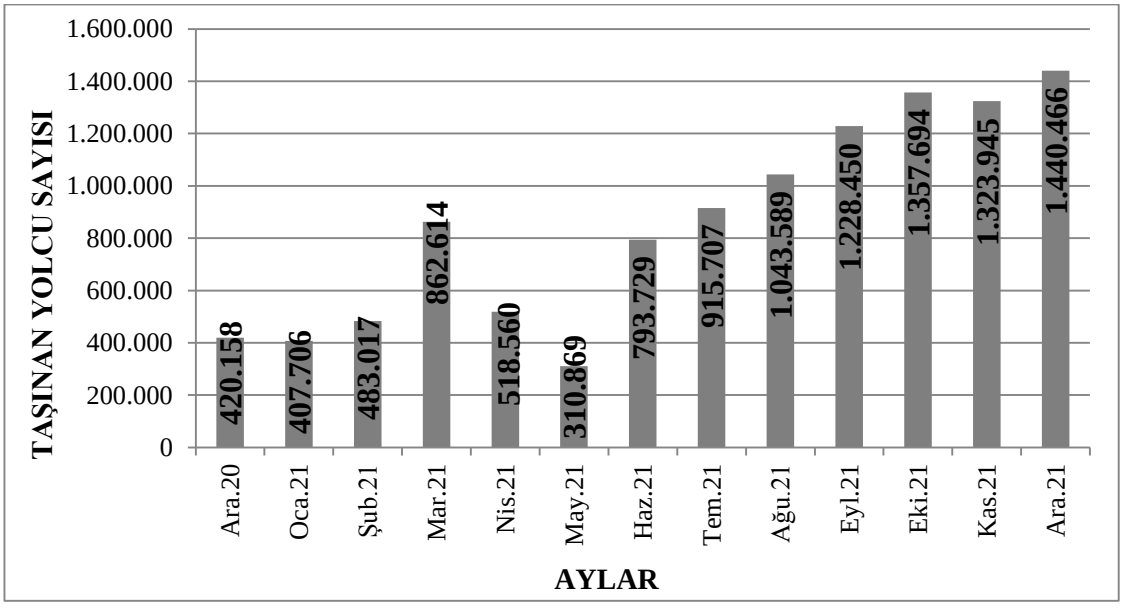
Ankara metro hatlarından bir diğeri M3(Batıkent-OSB-Törekent) metro hattıdır. M3 hattı M1 hattın devamı niteliğindedir. M3 metro hattın yapımına 19 Şubat 2001 tarihinde başlanmış olup, 12 Şubat 2014 tarihinde hizmete açılmıştır. M3 hattının toplam uzunluğu 15.360 metredir ve 12 istasyona sahiptir. Bunlar;

1. Batıkent
2. Batı Merkez
3. Mesa
4. Botanik
5. İstanbul Yolu
6. Eryaman 1-2
7. Eryaman 5
8. Devlet Mahallesi
9. Harikalar Diyarı
10. Fatih
11. GOP(Gaziosmanpaşa)
12. OSB (Organize Sanayi Bölgesi)

İstasyonlardan oluşmaktadır. Şekil 5.33'te M3 metro hattı 2020 yılında aylar bazında taşınan yolcu sayıları verilmiştir. M3 hattın 2020 yılında aylar bazında toplam 8.405.418 yolcu taşınmıştır. Şekil 5.34'de 2021 yılında aylar bazında taşınan yolcu sayıları verilmiştir. 2021 yılında aylar bazında taşınan yolcu sayısı 10.686.346 yolcu taşınmıştır. M3 hattı ile 2020-2021 yılında toplam 19.091.764 yolcu taşınmıştır.



Şekil 5.33 M3 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2020



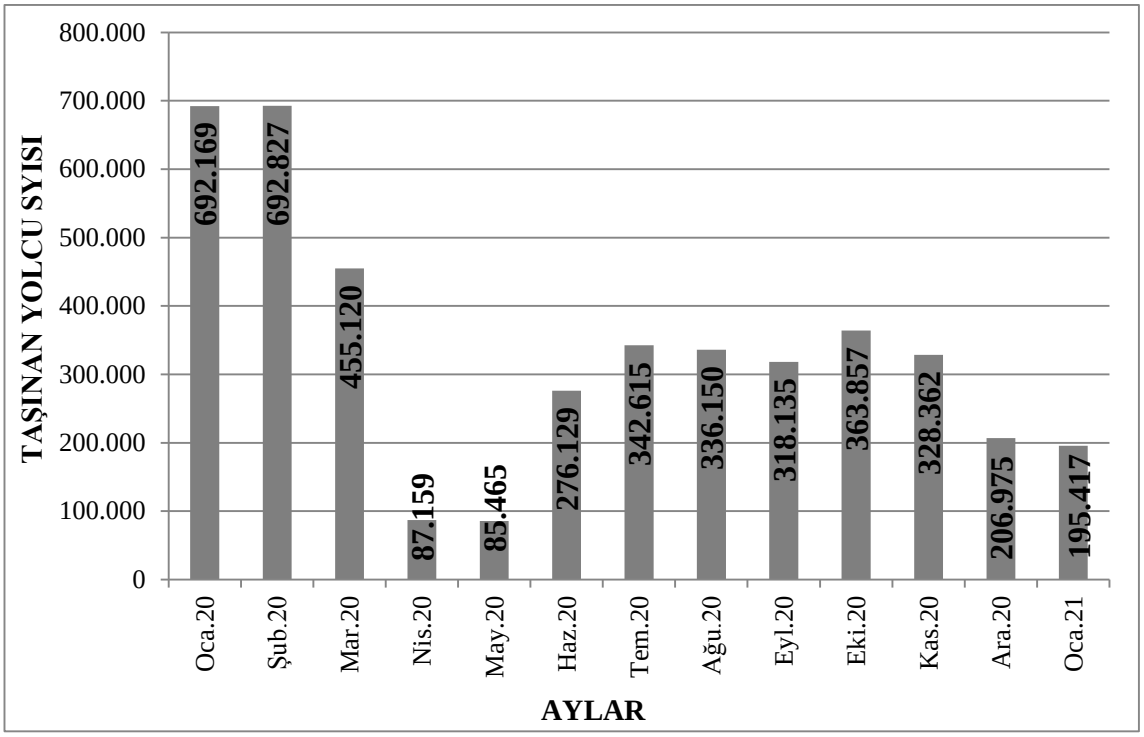
Şekil 5.34 M3 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2021

5.1.6 Ankara M4 metro hattı (Atatürk Kültür Merkezi-Şehitler)

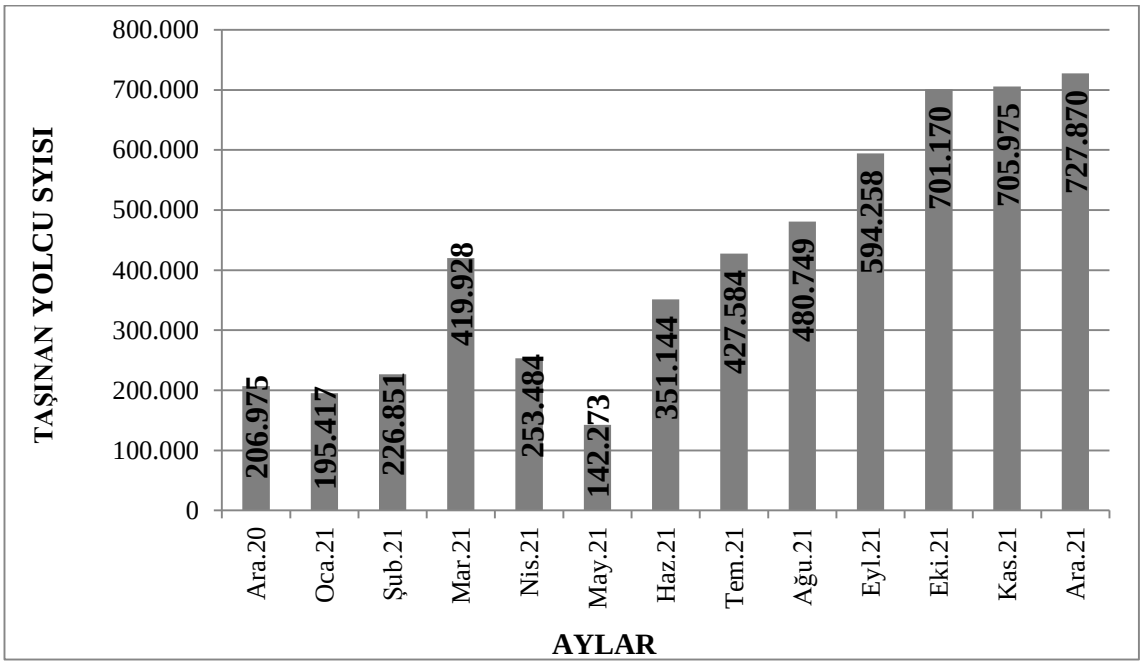
Ankara metro hatlarından bir diğeri M4 (AKM-Şehitler) metro hattıdır. M4 metro hattın inşaatına 15 Temmuz 2003'te başlandı ve 5 Aralık 2017'de hizmete açıldı. M4 metro hattı bir ucundan diğer ucuna gitmesi, 16 dakika sürmektedir. M4 metro hattının toplam uzunluğu, 9.220 metre ve 9 istasyondan oluşmaktadır. Bunlar;

1. AKM (Atatürk Kültür Merkezi)
2. ASKİ (Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi)
3. Dışkapı
4. Meteoroloji
5. Belediye
6. Mecidiye
7. Kuyubaşı
8. Dutluk
9. Şehitler

İstasyonlarından oluşmaktadır. Şekil 5.35 ve Şekil 5.36'da M4 metro hattı aylar bazında taşınan yolcu sayıları verilmiştir. Şekil 5.35'te 2020 yılında Ocak ayından Aralık ayın sonuna kadar, M4 metro hattı aylar bazında 4.184.963 yolcu taşınmıştır. Şekil 5.36'da 2021 yılında Ocak ayından Aralık ayın sonuna kadar 5.226.703 yolcu taşınmıştır. M4 metro hattı 2020-2021 yılında toplam 9.411.666 yolcu taşınmıştır.



Şekil 5.35 M4 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2020



Şekil 5.36 M4 hattı aylar bazında taşınan yolcu sayısı 2021

5.2 M1-M2-M3-M4 Raylı Sistemlerde Servis Gecikme Analizi

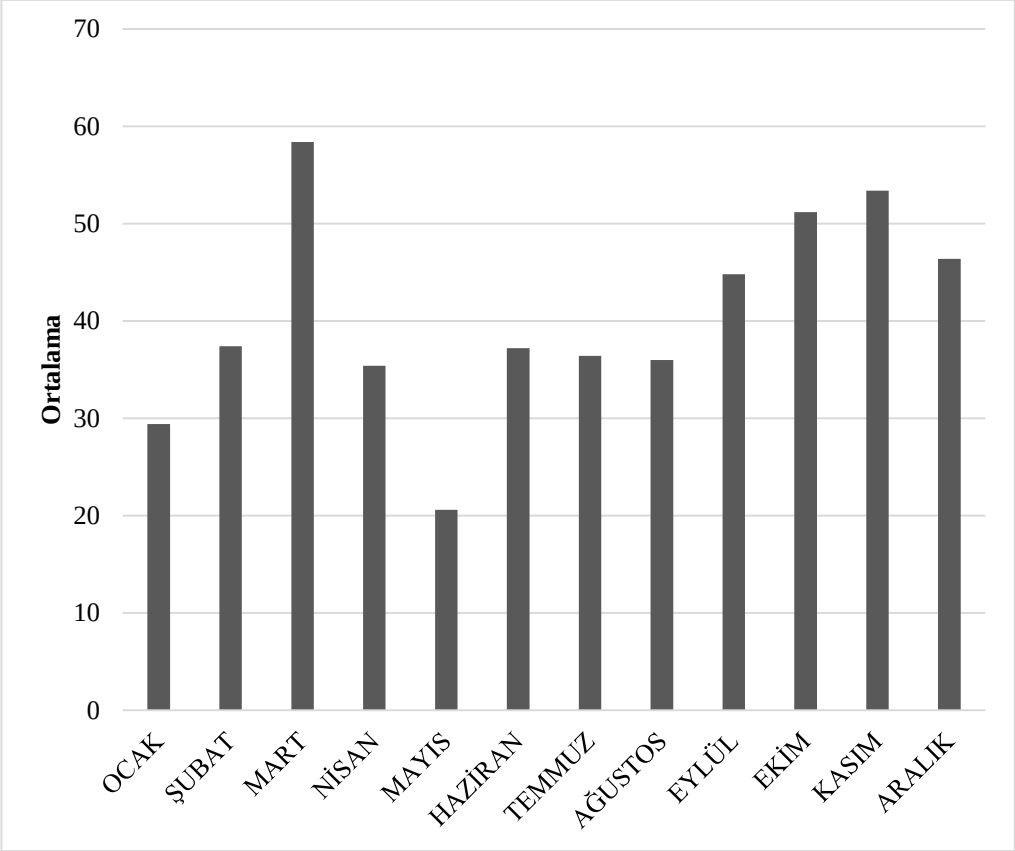
Çizelge 5.1'de M1-M2-M3-M4 metro hatlarının servis gecikme nedenlerini ve sayılarını verilmiştir. Bu beş farklı gecikme olaylarını ve sayılarını göz önüne alındığında servis gecikme nedenlerindeki farklılıkları, İki Yönlü Bağımsız ANOVA analizi kullanarak bu bağımsız değişkenle ilişkili olarak incelenmiştir. İki yönlü ANOVA kullanmak için bir bağımlı değişken ve en az iki bağımsız değişken olup ortak etki söz konusu ise İki Yönlü ANOVA kullanılır.

Çizelge 5.1 M1-M2-M3-M4 Hattı nedenlerine göre aylar bazında servis gecikme olay sayıları 2021

	TRENLERDEN KAYNAKLANAN GECİKME OLAY SAYILARI	YOLCULARDAN KAYNAKLANAN GECİKME OLAY SAYILARI	İŞLETMEDEN KAYNAKLANAN GECİKME OLAY SAYILARI	SİSTEM EKİPMANLARINDAN KAYNAKLANAN GECİKME OLAY SAYILARI	SİSTEM DIŞINDAN KAYNAKLANAN GECİKME OLAY SAYILARI
Ocak	105	26	12	4	0
Şubat	130	19	18	19	1
Mart	196	31	27	33	5
Nisan	110	28	19	19	1
Mayıs	58	15	10	18	2
Haziran	108	30	20	28	0
Temmuz	115	31	12	12	12
Ağustos	104	43	17	13	3
Eylül	136	39	22	27	0
Ekim	143	60	26	27	0
Kasım	141	74	25	25	2
Aralık	160	49	13	7	3

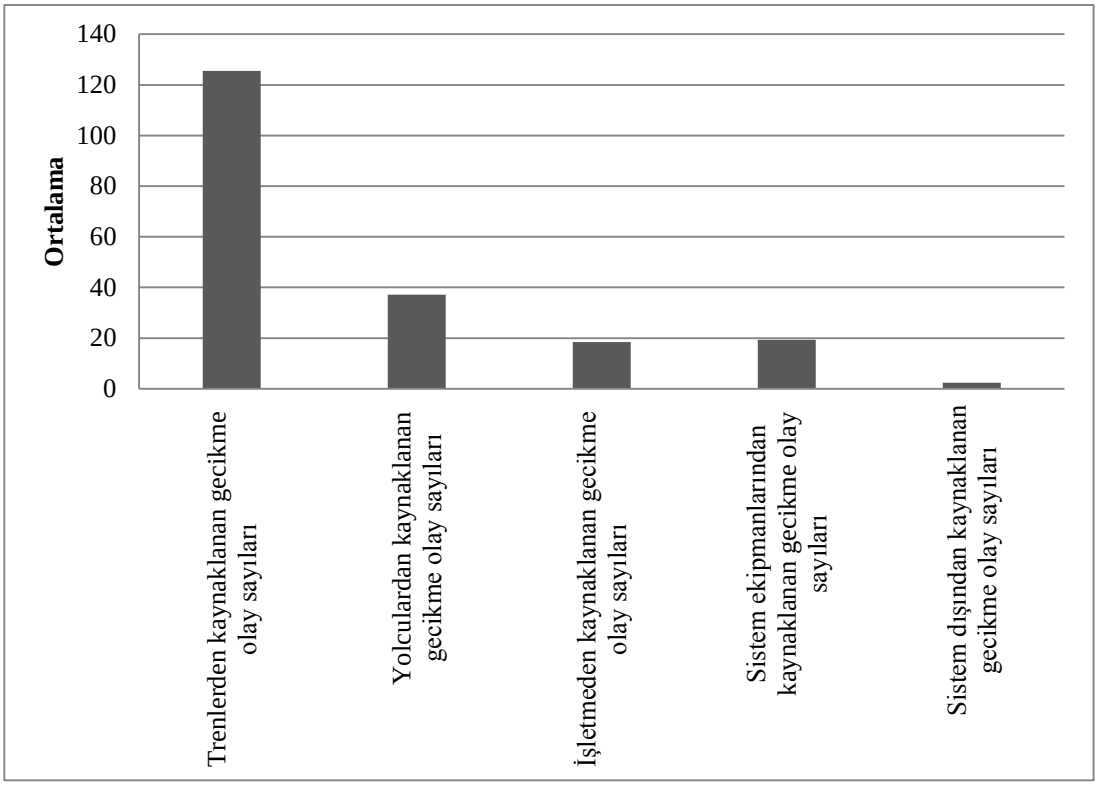
Çizelge 5.1'e bakıldığında M1-M2-M3-M4 metro hatlarında trenlerden kaynaklanan toplam 1.506 gecikme, yolculardan kaynaklanan toplam 445 gecikme, işletmeden

kaynaklanan toplam 221 gecikme, sistem ekipmanlarından kaynaklanan toplam 232 gecikme ve son olarak sistem dışından kaynaklanan toplam 29 gecikme olayı yaşanmıştır. Böylece 2021 yılında M1-M2-M3-M4 hatlarında farklı nedenlerden dolayı toplam 2.433 gecikme olmuştur.



Şekil 5.37 Aylar bazında meydana gelen servis gecikme nedenlerinin ortalamaları

Şekil 5.37 incelediğimizde M1-M2-M3-M4 hatlarında aylar bazında meydana gelen ortalama gecikme olaylarının Ocak ayında 29,4, Şubat ayında 37,4, Mart ayında 58,4, Nisan ayında 35,4, Mayıs ayında 20,6, Haziran ayında 37,2, Temmuz ayında 36,4, Ağustos ayında 36, Eylül ayında 44,8, Ekim ayında 51,2, Kasım ayında 53,4 ve Aralık ayında 46,4'tür. Böylece aylar bazında servis gecikme nedenlerini incelediğimizde, meydana gelen gecikme olayları en fazla Mart ayında en az ise mayıs ayında meydana gelmiştir.



Şekil 5.38 2021 yılında servis gecikme nedenlerinin ortalamaları

Şekil 5.38 incelendiğinde M1-M2-M3-M4 metro hatlarının 2021 yılında meydana gelen servis gecikme ortalamalarında, 125,5 ortalamayla trenlerden kaynaklanan ortalama gecikme olay sayısı, 37,08 ortalamayla yolculardan kaynaklanan gecikme olay sayısı, 18,42 ortalamayla işletmeden kaynaklanan gecikme olay sayısı, 19,33 ortalamayla sistem ekipmanlarından kaynaklanan gecikme olay sayısı ve son olarak 2,42 ortalamayla sistem dışından kaynaklanan gecikme olay sayısıdır. Böylece 2021 yılında M1-M2-M3-M4 hatlarında farklı nedenlerden dolayı en fazla trenlerden kaynaklanan gecikme olay sayıları olduğu ve en az sistem dışında kaynaklanan gecikme sayıları olduğu görülmektedir. Çizelge 5.2'de 2021 yılına ait M1-M2-M3-M4 hatlarında aylar bazında ve servis gecikme nedenlerine ait sayıları, toplam gecikme nedenleri, ortalamaları ve varyansları verilmiştir.

Çizelge 5.2 Bağımsız örneklemler için İki Yönlü ANOVA

ÖZET	SAYI	TOPLAM	ORTALAMA	VARYANS
Ocak	5	147	29,4	1.884,8
Şubat	5	187	37,4	2.738,3
Mart	5	292	58,4	6.041,8
Nisan	5	177	35,4	1.835,3
Mayıs	5	103	20,6	473,8
Haziran	5	186	37,2	1.707,2
Temmuz	5	182	36,4	1.998,3
Ağustos	5	180	36	1.663
Eylül	5	224	44,8	2.798,7
Ekim	5	256	51,2	3.086,7
Kasım	5	267	53,4	3.088,3
Aralık	5	232	46,4	4.365,8
Trenlerden kaynaklanan gecikme olay sayıları	12	1.506	125,5	1.175,727273
Yolculardan kaynaklanan gecikme olay sayıları	12	445	37,08333333	292,0833333
İşletmeden kaynaklanan gecikme olay sayıları	12	221	18,41666667	34,08333333
Sistem ekipmanlarından kaynaklanan gecikme olay sayıları	12	232	19,33333333	81,33333333
Sistem dışından kaynaklanan gecikme olay sayıları	12	29	2,416666667	11,53787879

Çizelge 5.3 ANOVA testi

VARYASYON KAYNAĞI	SS	DF	MS	F	P-DEĞERİ	F KRİTİK
Satırlar	6.286,85	11	571,5318182	2,23421892	0,0294	2,014
Sütunlar	115.472,4333	4	28.868,10833	112,8505391	0,0000	2,5837
Hata	11.255,56667	44	255,8083333			
Toplam	133.014,85	59				

Ss: Sum of Squares (kareler toplamı)

Df: Degrees of freedom (serbestlik derecesi = sd)

Ms: Mean Square (kareler ortalaması)

F: Varyans analizine ait test istatistiği

P: Önem derecesi

Çizelge 5.3'de açıklanan varyanslar (bağımsız değişkenler) ve açıklanamayan varyanslar (ha ta varyansları) inceleyecek olursak. Bizim burada açıklanan varyanslarımızın (satırlar, sütunlar) kareler toplamı satırlar =6.286,85 iken sütunlar= 115.472,4333'tür açıklanamayan varyansımızın değeri ise hata= 11.255,56667'dir. Satırlar ve sütunlar sırasıyla serbestlik derecelerine (Df) baktığımızda satırlar (df=k-1)= 12-1= 11, sütunlar (df=k-1)= 5-1=4 olarak buluruz. Kareler ortalamasının (Ms) değerleri ise kareler toplamının serbestlik derecesine (ss/df) (6.286,85 / 11= 571,5318182) bölünmesi ile bulunur. Varyans analizine ait test istatistiği (F) değeri ise açıklanan kareler ortalamasının açıklanamayan kareler ortalamasına (571,5318182 / 255,8083333= 2,23421892) bölünmesi ile hesaplanır. Bu çizelgede bizim için en önemli değer P değeridir. Eğer P<0,05'ten ise satırlar ve sütunlar anlamlı bir fark olduğunu söyleyebiliriz, ama eğer P>0,05'ten ise satırlar ve sütunlar anlamlı bir fark yok deriz. Çizelge 5.3'de ki ANOVA testi verilerine göre anlamlı farklılık (p<0,05) olduğu anlaşılmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karayolu yoğun taşımacılığının neden olduğu, çevre kirliliği, kazalar, trafik tıkanıklığı ve yüksek yakıt maliyetleri dünya ekonomisinin gelişmesinde en önemli unsur olan ulaşımı sınırlamakta ve yavaşlatmaktadır. Bundan dolayı dünya genelinde, demiryollarının önemi her geçen gün artmakta ve demiryolları, son yıllarda ülkemizde de olmak üzere dünya ülkelerinde her yönüyle yeniden yapılandırılmaktadır.

Bu tez çalışmasında öncelikle demiryollarının tarihi, altyapı ve üstyapı elemanları incelenmiştir. Demiryolu aracına etki eden kuvvetler tanımlanmış ve formülasyonlarla detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Teker ve ray arasında oluşan gerilmeler, bu gerilmelerin sebepleri ve bunlara bağlı olarak yaşanan sonuçlar anlatılmıştır. Demiryolu taşıtların yükleri altında yer alan balastlı ve tek hatlı demiryolu üstyapısında ortaya çıkan göçmeler ve ray bileşenlerinden meydana gelen problemler incelenmiştir. Balastlı ve balastsız yapıların karşılaştırılması yapılmış olup aralarındaki avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur. Demiryolu raylarında bakım ve onarım maliyetini aza indirmek ve hat işletim güvenliğini arttırmak bakımından büyük önem taşır. Uygulanan veya geliştirilen teknikler incelendiği zaman birçok yöntemin verimli çalışabilmesi ve iyi sonuçlar elde edilmesi açısından tek başına kullanımı yeterli değildir. Daha iyi veriler elde etmek ve iyileştirme yapabilmek için faklı yöntemlerin kombinasyonu daha büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Son olarak Ankara M1-M2-M3-M4 metro hatlarının aylar ve yıllar bazında taşınan yolcu sayıları, toplam sefer sayıları ve 2020-2021 yılına ait aylar bazında biniş tipi yolcu sayısı ve toplam kazanç konuları ele alınmıştır. Özellikle 2020 yılına ait verilerin pandemi yasaklarından dolayı yolcu sayılarında azalmalara neden olduğu görülmüştür. Daha sonra 2020-2021 yıllarına ait M1-M2-M3-M4 metro hatlarının hakkında genel bilgiler verilmiş, M1-M2-M3-M4 hatlarının uğradığı istasyonlara değinilmiş olup ve M1-M2-M3-M4 hatlarının aylar bazında taşınan yolcu sayıları ve toplam kazanç (2020-2021) şekil verileri incelenmiştir. 2021 yılının M1-M2-M3-M4 metro hatlarında servis gecikme nedenlerine ait İki Yönlü Varyans analizi (ANOVA) yöntemi kullanarak çıkan analiz sonuçlarının hepsinde anlamlı bulunmuştur.

KAYNAKLAR

Akbaş, G. 2008. Demiryollarında altyapının teknik tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 191 sayfa, İstanbul.

Aksop, E. Y. 2018. Demiryolu üstyapı hesaplarının analitik ve nümerik yöntemlerle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 97 sayfa, Sakarya.

Bilgiç, Ş. 2017. demiryolu ders notları-1, 42 sayfa.

Endüstriyel test cihazları. 2020. Web sitesi. https://www.endustriyeltestcihazlari.com/arazi-olcum-aletleri-nelerdir/ Erişim Tarihi: 23.1 2023.

Erdaloğlu, N. 2009. Metro istasyonlarında yolcu hareketlerinin incelenmesi, istanbul metrosu örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 83 sayfa, İstanbul.

Gençer, M. A. 2016. Ankara metrosu M1 (Kızılay-Batıkent) hattı hareket saatlerinin çizelgelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 125 sayfa, Kırıkkale.

Güngör, Y. 2013. Raylı sistemler teknolojisi, raylar ve bağlantılar. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 42 sayfa Ankara.

İnal, E. 2019. Demiryollarında contalı ve uzun kaynaklı rayların sonlu elemanlar yöntemi ile analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 78 sayfa, Sakarya.

Köse, H. 2015. Balastsız üstyapıda asfalt ve beton taşıyıcı tabakaların teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması. Yüksek Lisan Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 137 sayfa, İstanbul.

Sarıgüzel, E. E. 2021. Raylı sistemlerde risk analizi ile sistem emniyeti ve kalitesinin artırılması. Yüksek Lisans Tezi, . İstanbul Medeniyet Üniversitesi, 100 sayfa, İstanbul.

Sarıkavak, Y. 2017. Yüksek hızlı tren raylarındaki kaynak bölgesi gerilmelerinin ve yorulma davranışının deneysel ve teorik incelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 132 sayfa, Ankara.

Suvar, U. 2020. Kentiçi raylı sistemlerde tren seyirlerinin istatistiksel analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 125 sayfa, İstanbul.

Şahinoğlu, İ. 2020. Demiryollarında zemin iyileştirme yöntemlerinin sürdürülebilirliği. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, 257 sayfa, İstanbul.

Tanık, S. 2020. Demiryolları yapım işlerinde sağlık ve güvenlik planı. Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, 103 sayfa, Kırklareli.

T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar, Hava meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Demiryolları Malzeme, Yapım, Kontrol Ve Bakım Onarım Teknik Esasları. 2007. Web sitesi. https://aygm.uab.gov.tr/uploads/pages/kiyi-yapilari-deprem-teknik-sartnameleri/5.pdf. Erişim Tarihi: 23.12.2021.

Tokmak, Ö. 2021. Yüksek hızlı trenlerde teker ray etkileşimi ve gürültünün önlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, 124 sayfa, Karabük .

Tunç, H. 2007. Yeraltı metro istasyonlarında algısal faktörlerin irdelenmesi: Taksim metro istasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 143 sayfa, İstanbul.

Ünal, A. 2016. İstanbul ilindeki mevcut raylı sistemler ve planlanan raylı sistemler için toplu taşıma ataması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 107 sayfa, İstanbul.

Yeni şafak 2018. Web sitesi. https://www.yenisafak.com/ekonomi/validen-flas-hafriyat-kamyonu-aciklamasi-3179116 Erişim Tarihi: 23.01.2023.

Yılmaz, E. 2011. Ankara-Konya hızlı tren projesi altyapı işlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 68 sayfa, Konya.

Wikipedia. 2021. Web sitesi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C3%BCkleyici. Erişim Tarihi: 23.1.2023.

Wikipedia. 2022. Web sitesi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Buldozer. Erişim Tarihi: 23.1.2023.

Wikipedia. 2023. Wep sitesi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Ekskavat%C3%B6r Erişim Tarihi: 24.1 2023

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Yunus DİNÇ

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2020-2023
Lisans	Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	2016-2019

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2022-Halen	ÖZEL, Tefirom İnşaat	Saha Kontrol Şefi