

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONYA TRAMVAY HATLARININ ÇOK YÖNLÜ İNCELENMESİ,
BALASTLI VE BALASTSIZ TRAMVAY ÜSTYAPI TİPLERİNİN YAPIM VE
BAKIM MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erkan KONYA

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

ARALIK 2018



İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONYA TRAMVAY HATLARININ ÇOK YÖNLÜ İNCELENMESİ,
BALASTLI VE BALASTSIZ TRAMVAY ÜSTYAPI TİPLERİNİN YAPIM VE
BAKIM MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Erkan KONYA
(501161408)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK

ARALIK 2018



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501161408 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Erkan KONYA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KONYA TRAMVAY HATLARININ ÇOK YÖNLÜ İNCELENMESİ, BALASTLI VE BALASTSIZ TRAMVAY ÜSTYAPI TİPLERİNİN YAPIM VE BAKIM MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Murat ERGÜN**
İstanbul Teknik Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Ali Sercan KESTEN
Işık Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Kasım 2018**

Savunma Tarihi : **12 Aralık 2018**





Benim tüm cefamı çeken 'Aileme ve Merveme'...



ÖNSÖZ

Ülkemizde ve Dünya’da kalabalık şehirlerin en önemli problemlerinden birisi ulaşım sorunudur. İdareler bu problemleri çözebilmek için yoğun mesai harcamakta ve bireysel taşıtlanmayı azaltma çalışmalarını yürütmektedirler. Bu kapsamda yapılabilecek en makul ve verimli çözüm toplu ulaşım sistemleri olmaktadır.

Toplu ulaşım sistemleri çok çeşitli olup, kalabalık şehirler için alan kullanımı ve çevresel etkiler bakımından en uygun olan toplu ulaşım türünün raylı sistemler olduğu ön plana çıkmaktadır. Raylı sistemler bütün ulaşım sistemleri içerisinde birim alanda en fazla yolcunun taşındığı ulaşım türü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada da kentiçi raylı toplu ulaşım sistemlerinden olan tramvay incelenmiştir. Tramvay sistemi incelenirken Konya şehri için detaylı bir araştırma yapılmış ve balastlı ve balastsız üstyapı tiplerinin ayrıntıları anlatılmıştır. Ülkemiz için yapılması planlanan yeni hatlar ile ilgili olarak da balastlı ve balastsız üstyapı tiplerinin maliyet analizi yapılmış ve tavsiye niteliğinde hangi üstyapı tipinin seçilmesinin ekonomik olacağı anlatılmıştır.

Çalışmalarımın en başından beri tecrübelerini benden esirgemeyen, bütün bilgi ve birikimlerini benimle paylaşarak beni yönlendiren ve teknik olarak sıkıntıya düştüğüm zamanlarda da bana desteğini esirgemeyip tezime en büyük katkıyı sağlayan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK’e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında büyük özveri gösteren aileme, nişanlıma ve arkadaşlarıma şükranlarımı sunarım. Konya’daki tramvay hatlarıyla ilgili yapım ve bakım çalışmalarına ait detaylı verilere ulaşmamda bana yardımcı olan Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı çalışanlarına, Yapıray Demiryolu İnşaat Sistemleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. çalışanlarına ve manevi abim olan Sayın Ahmet ÇAĞLAR’a teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

Kasım 2018

Erkan KONYA
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxiii
ABSTRACT	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Kapsam.....	2
1.3 Yöntem	2
2. KENTİÇİ RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİ.....	3
2.1 Tramvay.....	3
2.2 Hafif Raylı Sistem (LRT).....	4
2.3 Monoray	6
2.4 Maglev	7
2.5 Banliyö	8
2.6 Lineer Metro.....	9
2.7 Metro	11
3. TRAMVAY HATLARINA İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI	13
3.1 Tramvay Nedir?.....	13
3.2 Tramvayın Tarihçesi.....	14
3.3 Tramvayın Türkiye'ye Girişi ve Tramvay Uygulamaları	15
3.4 Türkiye'deki Tramvay Hatları.....	16
3.4.1 İstanbul'daki tramvay hatları	18
3.4.2 Ankara'daki tramvay hatları	23

3.4.3 İzmir'deki tramvay hatları	23
4. KONYA'DA TRAMVAYIN TARİHÇESİ	27
4.1 Konya ve Tramvay	27
4.2 Modern Tramvayın Konya'ya Gelişi.....	30
4.3 Günümüz Konya'sı ve Tramvay.....	33
5. KONYADA'KI TRAMVAY ARAÇLARININ ÖZELLİKLERİ	37
5.1 Tramvay Araçlarının Teknik Özellikleri	37
5.1.1 Duewag GT8.....	37
5.1.2 Skoda 28T	41
5.2 Araç Güvenlik Özellikleri	47
6. KONYA'DAKİ TRAMVAY HATLARININ İNCELENMESİ.....	53
6.1 Konya'daki Tramvay Hatlarının Ortak Özellikleri	53
6.1.1 Konya'daki tramvay hatlarının ray ve ekartman özellikleri	54
6.1.2 Konya'daki tramvay hatlarında kullanılan beton malzemesi özellikleri ...	58
6.1.3 Konya'daki tramvay hatlarında kullanılan alüminotermite ray kaynağı	58
6.1.4 Konya'daki tramvay hatlarında kullanılan demiryolu makasları.....	61
6.2 Konya'daki Tramvay Hatlarını Birbirinden Ayıran Diğer Özellikleri.....	65
6.2.1 Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı	65
6.2.2 Alaaddin-Adliye tramvay hattı	78
6.3 Konya'daki Tramvay Hatlarının Standartlara Uygunluğu	92
6.3.1 Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının standartlara uygunluğu ...	94
6.3.2 Alaaddin-Adliye tramvay hattının standartlara uygunluğu.....	95
6.4 Konya'daki Tramvay Hatlarının Yolcu ve Kaza Analizleri	97
6.4.1 Yolcu analizleri	97
6.4.2 Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının kaza analizi	101
7. BALASTLI VE BALASTSIZ ÜSTYAPI TİPLERİNİN YAPIM VE BAKIM MALİYETLERİ ANALİZİ.....	111
7.1 Hat Yapım ve Bakım Maliyetleri İncelenirken Yapılan Kabuller.....	112
7.2 Balastlı Tramvay Hattı Üstyapı Tipine Ait Yapım Maliyeti Analizi	112
7.3 Balastsız Tramvay Hattı Üstyapı Tipine Ait Yapım Maliyeti Analizi	117
7.4 Balastlı Tramvay Hattı Üstyapı Tipine Ait Bakım Maliyeti Analizi.....	121
7.4.1 Balastlı üstyapıda makine maliyeti	121
7.4.2 Balastlı üstyapıda rutin bakım maliyeti	126
7.4.3 Balastlı üstyapıda makineli bakım çalışmasının işçi ekibi maliyeti	127
7.4.4 Balastlı üstyapı için ilave balast maliyeti.....	128

7.4.5 Balastlı üstyapıda geometrik bakım maliyeti.....	129
7.4.6 Balastlı üstyapıda ray taşıma maliyeti	130
7.4.7 Balastlı üstyapının bakımında balast eleme maliyeti.....	131
7.4.8 Balastlı üstyapının toplam bakım maliyeti	132
7.5 Balastsız Tramvay Hattı Üstyapı Tipine Ait Bakım Maliyeti Analizi	133
7.5.1 Balastsız üstyapıda makine maliyeti.....	133
7.5.2 Balastsız üstyapıda rutin bakım maliyeti	133
7.5.3 Balastsız üstyapıda ray taşıma maliyeti	135
7.5.4 Balastsız üstyapının toplam bakım maliyeti	135
7.6 Balastlı ve Balastsız Üstyapı Tiplerinin Toplam Yapım ve Bakım Maliyetleri Karşılaştırılması.....	136
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	141
KAYNAKLAR	145
ÖZGEÇMİŞ.....	153



KISALTMALAR

mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
m	: Metre
s	: Saniye
kg	: Kilogram
°C	: Santigrat Derece
°K	: Kelvin Derece
MPa	: Megapascal
Hz	: Hertz
kN	: Kilonewton
A	: Amper
V	: Volt
W	: Watt
kW	: Kilowatt
km/sa	: Kilometre/saat
kWh	: Kilowattsaat
AC	: Alternating Current (Alternatif Akım)
DC	: Direct Current (Doğru Akım)
Ah	: Ampersaat
Wh	: Wattsaat
kW/l	: Kilowatt/litre
d/dk	: Devir/dakika
E	: Sekant Modülü
I	: Atalet Momenti
S	: Enkesit Alanı
b_{ray}	: Ray Taban Genişliği
d_{ray}	: Ray Yüksekliği
f_{ctm}	: Betonun Ortalama Çekme Dayanımı

f_{ck}	: 28 Gün Sonra Betonun Karakteristik Silindir Dayanımı
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Soğutma ve Havalandırma)
ASR	: İvme Kayması
ABS	: Fren Blokajı
EDF	: Elektro Dinamik Fren
LRT	: Light Rail Transit (Hafif Raylı Sistem)
LRV	: Light Rail Vehicles (Yüksek Tabanlı Çift Yönlü Tramvay)
TCDD	:Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
İZBAN	: İzmir Banliyö Sistemi
İETT	: İstanbul Elektrik, Tramvay ve Tünel İşletmeleri
EGO	: Ankara Elektrik, Gaz, Otobüs Genel Müdürlüğü
AŞTİ	: Ankara Şehirlerarası Terminal İşletmesi
ESO	: Konya Elektrik, Su, Otobüs İşletmesi
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TL	: Türk Lirası
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu
Kfw	: Kreditanstalt Für Wiederaufbau
UITP	: Union International des Transports Public (Uluslararası Toplu Taşımacılar Birliği)
ATUS	: Akıllı Toplu Ulaşım Sistemi
NBD	: Net bugünkü değer

SEMBOLLER

ε : Şekil Değişirme

ρ : Gevşeme

ν : Poisson Oranı

γ : Özgöl Ağırlık

Ω : Ohm



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 3.1: İstanbul T1 tramvay hattı işletme bilgileri.	20
Çizelge 3.2: İstanbul T2 tramvay hattı işletme bilgileri.	21
Çizelge 3.3: İstanbul T3 tramvay hattı işletme bilgileri.	22
Çizelge 3.4: İstanbul T4 tramvay hattı işletme bilgileri	22
Çizelge 3.5: Ankaray tramvay hattı işletme bilgileri.....	23
Çizelge 3.6: Konak tramvay hattı işletme bilgileri.....	24
Çizelge 3.7: Karşıyaka tramvay hattı işletme bilgileri.	25
Çizelge 5.1: Duewag GT8 tipi tramvay aracının özellikleri.....	39
Çizelge 5.2: Skoda 28T tipi tramvay aracının özellikleri.....	44
Çizelge 6.1: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının geometrik özellikleri...69	
Çizelge 6.2: Alaaddin-Adliye tramvay hattının geometrik özellikleri	80
Çizelge 6.3: Alaaddin-Adliye tramvay hattında kullanılan tramvaylarda bulunan bataryaların teknik özellikleri	85
Çizelge 6.4: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının izleme aralığı yöntemiyle yapılan pik saat yolcu analizi	100
Çizelge 6.5: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2013 - 2017 yılları arasındaki kavşak, durak ve bölgelere göre olan kaza sayısı	102
Çizelge 6.6: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2017 yılına ait kavşak, durak ve bölgelere göre olan kaza sayısı.....	106
Çizelge 6.7: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2017 yılında meydana gelen kazaların gün ve aylara göre analizi	109
Çizelge 7.1: Balastlı üstyapı tipine ait malzeme keşif özeti.....	113
Çizelge 7.2: Balastlı üstyapı tipine ait işçilik keşif özeti.....	113
Çizelge 7.3: Balastsız üstyapı tipine ait malzeme keşif özeti.....	118
Çizelge 7.4: Balastsız üstyapı tipine ait işçilik keşif özeti.....	119

Çizelge 7.5: Balastlı hat bakım makinelerine ait amortisman maliyetleri	122
Çizelge 7.6: Balastlı hat bakım makinelerine ait günlük yakıt maliyetleri.....	123
Çizelge 7.7: Balastlı hat bakım makinelerine ait günlük diğer maliyetler.....	124
Çizelge 7.8: Balastlı hat bakım makinelerine ait günlük operatör maliyetleri	125
Çizelge 7.9: Toplam makine maliyeti.....	126
Çizelge 7.10: İşçi ekibi maliyeti	128
Çizelge 7.11: Balastlı demiryolunun geometrik bakım maliyeti	130
Çizelge 7.12: Balastlı hattın toplam bakım maliyeti.....	132
Çizelge 7.13: Balastsız hattın toplam bakım maliyeti	135
Çizelge 7.14: Balastlı ve balastsız demiryolu hattının yapım ve bakım maliyetleri	136



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Tramvay (İstanbul-Türkiye).....	4
Şekil 2.2: Hafif Raylı Sistem (Toronto-Kanada).....	6
Şekil 2.3: Monoray (Tokyo-Japonya).....	7
Şekil 2.4: Maglev (Şangay-Çin)	8
Şekil 2.5: Banliyö (İstanbul-Türkiye).....	9
Şekil 2.6: Lineer Metro (Osaka-Japonya).....	10
Şekil 2.7: Metro (İstanbul-Türkiye).....	12
Şekil 3.1: İlk yerli üretim tramvay ‘İpekböceği’	14
Şekil 3.2: 1871 Tarihi Tramvay (İstanbul-Türkiye)	16
Şekil 3.3: Kentiçi raylı ulaşım sistemleri haritası	18
Şekil 4.1: Konya’da ki ilk atlı tramvaylar	27
Şekil 4.2: Yazlık tramvay	28
Şekil 4.3: Kışlık tramvay	29
Şekil 4.4: Özel Halk Otobüsü.	30
Şekil 4.5: Konya için satın alınan tramvayların Almanya’dan nakledilişi	32
Şekil 4.6: Konya için ihale usulü ile satın alınan Skoda marka yeni tramvay.....	34
Şekil 4.7: Konya’ya yapılması planlanan yeni metro haritası	35
Şekil 5.1: 1992-2014 yılları arasında hizmet veren Duewag GT8 tipi tramvay.....	38
Şekil 5.2: 2013 yılından beri hizmet veren Skoda 28T tipi tramvay	42
Şekil 5.3: Skoda 28T tipi tramvayın ön görünüşü	42
Şekil 5.4: Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılan renk tasarımları ve halk oylaması sonuçları.....	43
Şekil 5.5: Skoda 28T tipi tramvay aracına ait iç dizayn görüntüsü	51
Şekil 5.6: Skoda 28T tipi tramvay aracına ait iç dizayn görüntüsü 2	52

Şekil 6.1: Konya'daki tramvay hatlarının ekartmanı.....	54
Şekil 6.2: 49E1 mantar (vinyol) ray resmi.....	55
Şekil 6.3: 60R1 oluklu ray resmi	55
Şekil 6.4: 49E1 mantar (vinyol) ray kesiti.....	56
Şekil 6.5: 60R1 oluklu ray kesiti	57
Şekil 6.6: Alüminotermite ray kaynağı yapımı	60
Şekil 6.7: Basit makas görünüşü.....	62
Şekil 6.8: Sırasıyla sağ ve sol atımlı makasın şematik görünüşü	62
Şekil 6.9: Kruvazman makası görünüşü	64
Şekil 6.10: Oluklu ray makası görünüşü.....	64
Şekil 6.11: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattından bir görünüş.....	66
Şekil 6.12: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı güzergâh planı	68
Şekil 6.13: B58 monoblok beton travers görünüşleri	72
Şekil 6.14: B58 monoblok beton travers kesitleri.....	73
Şekil 6.15: K tipi ray bağlantı sistemi.....	75
Şekil 6.16: HM tipi ray bağlantı sistemi	76
Şekil 6.17: HM tipi ray bağlantı sisteminin kullanıldığı bir demiryolu hattı	77
Şekil 6.18: Alaaddin-Adliye tramvay hattından bir görünüş	78
Şekil 6.19: Alaaddin-Adliye tramvay hattı güzergâhı	79
Şekil 6.20: Alaaddin-Adliye tramvay hattında kullanılan kilit taşlı kesit.....	82
Şekil 6.21: Alaaddin-Adliye tramvay hattında kullanılan çim hat kesiti.....	82
Şekil 6.22: Alaaddin-Adliye tramvay hattında kullanılan hemzemin hat kesiti	82
Şekil 6.23: Alaaddin-Adliye tramvay hattındaki kilit taşlı bölüme ait görsel	83
Şekil 6.24: Alaaddin-Adliye tramvay hattındaki çimli hatta ait görsel	83
Şekil 6.25: Pandrol CDM Qtrack elastik bağlantı malzemesi	88
Şekil 6.26: Alaaddin-Adliye arası tramvay hattı yapımında CDM-JIG'lerin ayarlanması	89
Şekil 6.27: CDM Qtrack sistem mekanizması.....	90
Şekil 6.28: Alaaddin-Adliye arası tramvay hattı yapımında CDM-BEAM'lerin ayarlanması.....	91
Şekil 6.29: Alaaddin-Adliye arası tramvay hattı yapımında CDM-SLAB'lerin görüntüsü.....	92
Şekil 6.30: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi ve Alaaddin-Adliye tramvay hatlarının yolcu analizi	98

Şekil 6.31: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2013 - 2017 yılları arasındaki kavşak, durak ve bölgelere göre olan kaza grafiği	105
Şekil 6.32: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2017 yılına ait kavşak, durak ve bölgelere göre olan kaza grafiği	108
Şekil 7.1: Net bugünkü değer doğrusu.....	116





KONYA TRAMVAY HATLARININ ÇOK YÖNLÜ İNCELENMESİ, BALASTLI VE BALASTSIZ TRAMVAY ÜSTYAPI TİPLERİNİN YAPIM VE BAKIM MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

İnsanoğlu hareketli bir varlıktır ve bu sebeple insanlar var olduğu günden beri çok farklı sebepler nedeniyle bir yerlerden başka yerlere hareket halindedirler. Bireyler kimi zaman göç amacıyla kimi zaman gezi amacıyla kimi zaman ise çalışma hayatının gereklerinden dolayı bir ulaşım ağına dahil olmak zorunda kalmaktadırlar. Ülkemizden örnek vermek gerekirse İstanbul’da yaşayan vatandaşlarımızın birçoğu iş hayatı ve eğitim sebebiyle gerektiği takdirde kıta değiştirmek zorundadırlar. Gelişen ve değişen teknoloji unsuruyla beraber artan insan nüfusu da göz önüne alındığı zaman ulaşım kalabalık şehirlerde problemleri de beraberinde getirmektedir.

Dünya’nın gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkesinde idarelerin karşılaştığı en büyük problemlerden biri ulaşım sorunu olmaktadır. Karşılaşılan bu problemi çözmek için ise en etkili ve verimli yol insanların bir arada ulaşımını sağlayan ve aynı zamanda sürdürülebilir ve çevreci olan toplu ulaşım sistemleridir. Toplu ulaşım sistemlerinin bir çok türü olup şehrin yapısına ve talebe göre değişiklik gösterebilmektedir.

Bu tez kapsamında toplu ulaşım sistemleri içerisinde yer alan ve raylı bir ulaşım sistemi olan tramvay incelenecektir. Raylı toplu ulaşım sistemleri çok çeşitli olup tramvay bu sistemin elemanlarından sadece birisidir. Tezin içeriğinde ilk olarak raylı toplu ulaşım sistemlerine ait genel bir literatür taraması yapılmış, akabinde ise tramvay sistemine ait daha detaylı inceleme sunulmuştur. Bu incelemenin sonrasında ise tramvayın Türkiye’ye girişi ile birlikte Türkiye’deki üç büyük şehirde kullanımda olan tramvay hatları incelenmiştir. Bu incelemelerde yapıldıktan sonra konuyu daha özele indirgeyip Konya şehri ele alınmıştır. Konya şehrinde tramvayın tarihçesi ve gelişimi araştırılıp daha sonra bu hatların detaylı incelemeleri yapılmıştır. Konya şehrinde bulunan iki tramvay hattının ilki balastlı şekilde yapılmış olan Alaaddin-Selçuk

Üniversitesi tramvay hattı diğeri ise balastsız şekilde inşa edilmiş olan Alaaddin-Adliye tramvay hattıdır. Tez içerisinde hatların ikisi de detaylı olarak incelenmiş, ortak ve farklı özelliklerinden bahsedilmiş ve son olarak hatların standartlara uygunluğu araştırılmıştır. Bu bağlamda incelenecek olan konunun seçilmesinin iki sebebi vardır. Bu sebeplerden ilki yapımı 2015 yılında tamamlanan Alaaddin-Adliye tramvay hattının yapım faaliyetlerinde görev almış olmamdan dolayı hat ile ilgili teknik bilgiye erişimin nispeten daha kolay olmasıdır. Diğer sebep ise Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının teknik verilerine de memleketimin Konya olması sebebiyle daha kolay ulaşma şansına sahip olmamdır.

Bölüm 5'te Konya'daki tramvay araçlarının ve bölüm 6'da Konya'daki tramvay hatlarının çok yönlü incelemesi yapıldıktan sonra tezin başlığında da yer alan maliyet karşılaştırılması kısmına geçilmiştir. Bu bölümün yapılma sebebi ise ekonomik yönden balastlı ve balastsız hatların birbirine kıyasla avantajları ve dezavantajlarının belirlenmesidir. Balastlı bir demiryolu hattında, hattın servis ömrü olan 40 yıllık süre boyunca hat ilk yapım maliyetinin %83,61'i oranında bakım maliyeti çıkmaktadır. Balastsız bir demiryolu hattında ise bu oran hattın ilk yapım maliyetinin %15,24'ü kadardır. Bunların akabinde yapılan çalışmalar sonucunda görülmüştür ki balastlı demiryolu hattının inşası, balastsız demiryolu hattının ilk inşa maliyetinin %25,31 oranında daha düşük çıkmıştır. Fakat diğer bir yandan uzun dönemde bakım işlemlerinin maliyeti hesaba katıldığında ise balastsız bir demiryolu hattı inşa etmenin balastlı demiryolu hattına göre %19 oranında daha hesaplı çıktığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda balastlı, balastsız tramvay hatlarının ve bu hatlarla ilgili Avrupa Standartları'nın gereklilikleri de ortaya konmuştur. Konya'daki tramvay hatlarının bu standartlara uygunluğu da bölüm 6.3'te denetlenmiş ayrıca sonuç bölümünde hatların standartlara uygunluğu ve yapılması gerekenlerle ilgili düşünceler paylaşılmıştır. Diğer bir noktada ise yapılan maliyet karşılaştırmaları neticesinde gelişmekte olan ülkemiz için yapılması planlanan hatlarla ilgili ekonomik yönden avantajı olan üstyapı tipinin hangisi olduğu tavsiye niteliğinde belirlenmiştir. Bu tez içerisinde sunulacak bulgular doğrultusunda yapılacak olan uygulamalar hem güvenli ve standartlara uygun tramvay hatları inşasını sağlayacak hem de ekonomik olarak avantajlı olan üstyapı tipini belirlemede fayda sağlayacaktır.

**DETAILED ANALYSIS OF THE TRAM TRACKS OF KONYA: THE
COMPARISON OF THE CONSTRUCTION AND MAINTENANCE COST
BETWEEN BALLASTED AND BALLASTLESS TRAM TRACK
SUPERSTRUCTURE TYPES**

ABSTRACT

Human being is restless, so since the beginning, because of various reasons, they move around. People has to get involved in transportation network, sometimes with the aim of travelling, sometimes moving and sometimes because of business life. As an example, some people living in İstanbul, who are transport from one continent to the other (Europe to Asia) because of educational need or business life. Accompanied by developing and increasing population problems, transportation brings major problems in crowded cities.

Transportation is being a visible problem of administration in developing and developed countries in all over the world and to resolve this problem in efficient and productive way is the mass transportation which is sustainable and also environmental. There are many types of mass transportation methods with different forms based on structure and demands of the city. For instance, in some seashore regions, ferries or boats may be an effective way of solving transportation problems or in over-populated regions may use suburban lines.

A tram (or tramway, trolley, streetcar) is a light-rail vehicle for public transport. Trams are distinguished from other forms of light rail in that they travel along tracks laid down in the right-of-way of city streets. Another distinguishing factor is the short length of the vehicle, which usually consists of a standalone car or three at most. A special type is the cable car. Tram systems are common throughout Europe and developing countries were common throughout the Western world in the early 20th century.

Early trams were pulled along by horses. Later trams, known as cable cars, attached to a moving cable underneath the road. The cable would be pulled by a steam engine at

a powerhouse. Modern trams generally use overhead electric cables, from which they draw current through a pantograph or a trolley pole.

In some countries, the word "tram" also refers to small localized transportation systems that do not run on rails. These can be small linked vehicles used to shuttle visitors around a tourist attraction or from a large parking lot into a building such as a shopping center. These trams run on regular paved road with rubber tires.

Horsecars were largely replaced by electric-powered trams following the improvement of an overhead trolley system on trams for collecting electricity from overhead wires by Frank J. Sprague. His spring-loaded trolley pole used a wheel to travel along the wire. In late 1887 and early 1888, using his trolley system, Sprague installed the first successful large electric street railway system in Richmond, Virginia. Within a year, the economy of electric power had replaced more costly horsecars in many cities. By 1889, 110 electric railways incorporating Sprague's equipment had been begun or planned on several continents

When we look at Turkey for example, the tram in the country in the 1880s were drawn by horses and vehicles were tires.

This thesis investigates trams which is part of rail systems in mass transportation. Details of the tram will be analysed. In the content of this thesis is, firstly the general scanning of technical literature of lined mass transportation is carried out. Afterwards the detailed tramway system in Turkey's three big cities will be examined. In particular, tram system in the city of Konya will be discussed. The history and development of using tramway systems will be studied and the lines will be examined. The first tram track of two tram tracks of Konya, constructed with ballast is the Alaaddin-Selçuk University line and the second one constructed ballastless is Alaaddin-Adliye tram line. Within this thesis, these two lines are researched, common and different characteristics are mentioned and finally the tracks are examined according to the convenience of standards. In the context, there are two reasons of giving importance to this issue. The first reason is my duty in construction of tracks completed in 2015 Alaaddin-Adliye, as I can reach the technical information of construction of this line easily. The other reason is, Konya is my hometown so I have the chance of getting to know about the technical information of construction of Alaaddin- Selçuk University track.

After making multi-dimensional examination of tram cars in section 5 and tram tracks in section 6, the cost comparison which is also included in the title of the thesis has been started. The reason of this section is to determine the advantages and disadvantages of ballasted and ballastless tram tracks compared to each other in terms of cost. In a ballasted tram tracks, maintenance cost was calculated as 83.61% of the initial construction cost of the tram tracks during 40 years which is the service life of the system. On the other hand, this rate is 15.24% of the initial construction cost of a ballastless tram tracks. As a result of these resources and exercises, it was shown that the initial construction of the ballasted tram tracks was 25.31% lower than the initial construction of the ballastless tram tracks. However, in other respects, considering the cost of maintenance process in the long term, it was concluded that constructing ballastless tram tracks was 19% more cost effective than constructing ballasted tram tracks.

As a result of this study, ballasted or ballastless tram tracks, and the necessity of European Standards related with this lines are explained. The compliance of the tracks in Konya with European Standards was also audited in section 6.3 and in the conclusion section, the compliance with standards and ideas about the necessity of this issue will be presented. In another point, result of the economical analysis, which superstructure type will be implement for the construction of planned lines of our developing country is determined from the economical point of view. The implementation in accordance with findings in this thesis is presented to provide both the construction of lines in secure and acceptable way to the standards and to gain favor to the identification of the most advantageous superstructure type economically.



1. GİRİŞ

Dünya çapında önemli ulaşım araçlarından biri olan tramvayın ülkemizdeki ve Konya'daki gelişim süreci, uygulamaları ve özellikleri bu tez kapsamında incelenmiştir. Konya'da ki farklı iki tramvay hattının benzer ve farklı özellikleri ele alınmış, ayrıca bu hatların yapım maliyetleri karşılaştırılmıştır.

Tramvay Konya'ya geldiğinden beri çok kullanılan ulaşım araçlarından biri olmuştur. Gelişen teknoloji ve trafik yoğunluğundan dolayı toplu ulaşım araçlarının daha çok tercih edilmesiyle de zamanla kullanım yoğunluğu daha da artan bir araç haline gelmiştir. Konya'da tek hatla başlayan tramvay kullanımı her bölgeye ulaşımı sağlamak ve gereksinimlere cevap vermek amacıyla zamanla hat uzatma işlemlerine ve daha ileriki süreçte ise iki hatta çıkarılmıştır. Böylece tramvayın şehirdeki toplu ulaşımı içerisindeki payı artmıştır. Alaaddin merkezli olan bu hatların birbirinden farklı bazı özellikleri vardır. Bu tez kapsamında Konya'daki bu hatların nasıl ve ne zamanlarda yapıldığı, hat güzergâhları ve durakların içeriği, kullanım yoğunluğu, kaza günleri ve sayıları, maddi ve ölümlü kaza sayıları, standartlara uygunluğu, hatlardaki ayırıcı ve ortak özellikler ile tramvay araçlarının özellikleri incelenmiştir. Hatların balastlı ve balastsız olma özelliğine göre yapım maliyetlerinin hesaplaması yapılmış ve incelenmiştir. Bu maliyetlere göre ekonomik karşılaştırmalar yapılarak Konya'daki tramvay hatlarının üzerinden balastlı ve balastsız tramvay hattı yapımının birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları incelenmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Tez kapsamında tramvayın Türkiye'deki kullanımı ve daha detaylı ölçekte Konya'daki kullanımı ele alınmıştır. Konya'nın tramvayla tanışması, zamanla gelişen teknoloji ile modern tramvay kullanımına geçişi, değişen tramvay araçlarının ve tramvay hatlarının özelliklerinden bahsedilerek hatların ve araçların standartlara uygunluğu incelenmiş, araç ve hatların iyileştirilebilmesi için neler yapılabileceği amaçlanmıştır. Ayrıca bu tramvay hatlarının yapım maliyetleri ve bu maliyetlere göre ekonomik karşılaştırmalar

yapılarak şehir içi toplu ulaşımda balastlı veya balastsız hatların ekonomik olarak hangisinin avantajlı olduğunun belirlenmesi amaçlanmaktadır.

1.2 Kapsam

Tez kapsamında öncelikle Türkiye’de işletimde olan hafif raylı sistemler incelenerek tramvayın Türkiye’deki kullanımı bazı şehirlerle gösterilmiştir. Tramvay hatlarının ve araçlarının özellikleri, tramvay hatlarının özelliklerine göre maliyet hesaplamaları, Konya tramvay hatları üzerinden detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada hatların maliyet hesaplarına yer verilerek ekonomik olarak karşılaştırılmasıyla değerlendirmelerin yapılması sunulmaktadır.

1.3 Yöntem

Çalışmada ilk olarak eski zamanlardan beri kullanılan o dönemlerde atlar vasıtasıyla çekilen ve günümüzde de gelişen teknoloji ve değişen nüfus yoğunluğuyla daha çok tercih edilen toplu taşıma araçlarından olan hafif raylı sistemlerden tramvay aracı incelenmiştir. Tezin ilerleyen kısımlarında tramvayla ilgili literatür araştırması yapılarak tramvayın Türkiye’ye girişi ve Türkiye’de farklı şehirlerdeki tramvay kullanımı incelenmiştir. Ardından Türkiye’deki üç büyük şehir olan İstanbul, Ankara ve İzmir’deki tramvay hatları incelenmiş ve tezin kapsamında detaylı olarak ele alacağımız Konya şehrindeki hatlar, kullanılan tramvay araçları, hatların ortak ve farklı özellikleri, hat yapım maliyetleri ve maliyet karşılaştırılması yapılmıştır.

Yapılan araştırmalar neticesinde Konya’daki tramvay hatlarıyla ilgili genel verilere ve istatistiklere Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından; hatlarla ilgili yapım verilerine ise yeni yapılan Alaaddin-Adliye tramvay hattının şantiyesinde görev almış olduğumdan dolayı iş arkadaşlarım vasıtasıyla ulaşılmıştır. Tramvay araçlarının teknik ve fiziki özellikleri, hatların ve durakların kullanım yoğunluğu, kaza istatistikleri, hatların yapım maliyetleri ile bakım maliyetleri de hesaplanmış ve bu maliyetlerle ilgili ekonomik değerler elde edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda yapım maliyetleri açısından hangisinin uygun olduğu analiz edilmiştir.

2. KENTİÇİ RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

Kent ulaşımında asıl amaç, kentte yaşayan halkın belirli standartlarda ulaşım gereksinimini karşılayarak, gelecekteki kentsel gelişmelere ve hedeflere uyarlanabilecek bir ulaşım sistemi planlamak ve yürütmektir. Buna bağlı olarak kentin ekonomik, toplumsal ve kentsel özellikleri göz önüne alınarak kent içi ulaşım sistemleri oluşturulmuştur. Çok çeşitli toplu taşıma araçlarıyla karada ve denizde ulaşım istenilen amaca ulaşarak sağlanmıştır. Fakat kara toplu ulaşım araçlarında kargaşa ve trafik tıkanıklığı gibi etkenlerle ulaşım aksamaktadır. Yoğunlaşan kent trafiği ve buna bağlı olarak ulaşımındaki yetersizlik raylı sistemlerini gerektirmiştir. Kent içi raylı sistemler havayı, suyu, toprağı kirletmeyen ve gürültüsüyle insanları rahatsız etmeyen bir sistem olduğu için çevre dostu bir ulaşım sistemidir. Günümüzde dünyadaki birçok kentte tramvaydan metroya kadar çok çeşitli raylı sistemler, kentlerin ulaşımında bir omurga görevi sağlayarak yaşamsal rol oynamaktadır. Son dönemlerde gelişmekte olan diğer ülkelerde de kent içi raylı sistemlerin altyapısı oluşturulmaya başlanmıştır. Ülkemizde İstanbul ve Ankara'dan sonra sırayla İzmir, Eskişehir, Bursa, Konya, Gaziantep, Samsun, Adana, Antalya ve Adapazarı'nda da raylı sistem geliştirilmiş birçok kentte de raylı sistem çalışmaları planlanmıştır [1,80,83,93].

2.1 Tramvay

Kent yolları üzerine döşenmiş elektrikli raylar üzerinde hareket eden yolcu taşıma vasıtasıdır. İlk zamanlar atlı sistemle başlayan tramvaylar teknolojinin değişmesi ve gelişmesiyle buhar ve basınçlı havayla çalıştırılırken bugün elektrikli tramvay sistemine dönüşmüştür. İlk tramvay hattı Amerika'da oluşturulmuştur. Daha sonra Avrupa ülkelerinde ve İngiltere'de geliştirilmiştir. Elektriğin kullanılmaya başlanmasıyla 1920'li yıllarda kentlerde tramvay kullanımı artmış olup tek toplu ulaşım aracı olmuştur. Tramvay sistemi inşaat maliyeti bakımından diğer ulaşım sistemlerine kıyasla daha ucuzdur. Tramvay sisteminde yolcu inme-binme genellikle

duraklardan sağlanmaktadır. Bu durak boyları yaklaşık 60 metre civarındadır. Durak aralıkları 400 mm-600 mm dir. Şekil 2.1’de bir örneği gösterilen tramvaylar; 2.200 mm-2.650 mm genişlikte olup 4-6 akslı 14-21 metre uzunluğunda ve yaklaşık 80-180 arası yolcu taşıma kapasitelidir. Kent içi ulaşımında daha hızlı ulaşım için tercih edilen tramvaylar kent içinde çevre kirlenmesi ve enerji tasarrufu açısından avantajlıdır [3,87].



Şekil 2.1: Tramvay (İstanbul-Türkiye) [2].

2.2 Hafif Raylı Sistem (LRT)

Hafif raylı sistem, bir sürücü tarafından sinyalizasyon sistemine uygun olarak hareket ettirilen, yüksek kapasitesi ve sürüş kalitesi, sessiz araçları, tahsisli yoluyla şehir içi raylı ulaşım sistemlerinden biridir. Tramvay ve metronun özelliklerini bulundurabilen daha çok tramvaya benzeyen karma bir araç modelidir. Şekil 2.2’de hafif raylı sistem aracına Kanada’dan bir örnek gösterilmiştir. Şehir içinde hareket etmesiyle tramvaya benzeyen bu sistem trafik sıkışıklığında yere inmesiyle metroya benzemektedir. Buna bağlı olarak hafif raylı sistemlerde tam korumalı bir hat varsa buna LRT veya hafif metroda denilebilir. Hafif metronun işletme hızı hafif raylı sistemden daha fazladır. Hafif raylı sistem geleneksel demiryollarından daha küçük araç, daha düşük kapasite

ve düşük hızla hareket eden bir sistem olarak inşa edilmesi ve bakımının daha ucuz olacak şekilde olması için tasarlanmıştır. Hafif raylı sistem, şehir içi ve şehirlerarası seyahatler için kısa bir ara ulaşım aracıdır; duraklar genellikle banliyö demiryollarına göre daha yakındır fakat yerel otobüs güzergahlarından ayrıdır. Kullandığı sistem gereği geleneksel demiryollarına göre daha az işletmesel düzenlemeye tabidir.

Hafif raylı sistemler diğer ulaşım araçlarına kıyasla daha yüksek frekanslı hizmetlere sahiptirler ve durdurmalar genellikle daha az önemlidir hatta başarısızdır. Bir otobüs durağı, eski istasyonların mesafelerinden biraz daha fazlasına kadar uzanabilirler. Bu sistemin diğer araçlar gibi temel kamu tarifelerine ihtiyacı yoktur. Hafif raylı sistemlerin birçoğunun ortak özelliği geleneksel demiryollarına göre kentsel çevreyle daha fazla bütünleşmesidir. Örneğin durak tasarımları halkın bilinçlendirilmesi ve yolcu algısı için fiziksel olarak toplumdan ayrılmak yerine toplumun bir parçası olarak kurgulanabilir. Ve bu yaklaşımla seyahat etmeyi, gezmeyi, görmeyi düşünmeye insanlar daha çok yaklaştırılabilir. Hafif raylı sistemler elektrik enerjisine sahiptir fakat çok az sayıda örneği bulunan bazı araçlar dizeldir. Bu araçlara Almanya’da denenilen modern bir konsept olan tramvay treni örnek verilebilir. Bu tren tramvay hatlarına ve elektrik enerjisine geçiş yapmadan önce şehir merkezine yolculuk için dizel gücünde bulunan hibrit araçlara sahiptir.

Son kırk sene içinde ulaşım sistemlerinin arasında önemli bir yere gelen hafif raylı sistemler günümüzde halen birçok ülkede en hızlı gelişim gösteren temiz enerji kullanan çevreci raylı sistem modelidir. İki istasyon arası mesafe genellikle 600-1.200 metre olan hafif raylı sistemler saatte 60-80 km/sa hızla gitmektedirler. Tramvay sistemlerine oranla daha yüksek yolcu kapasiteli olan her bir vagonun yaklaşık 300 kişi kapasiteli olduğu bu sistemde yolcuların yaklaşık %20-50’si oturandır. Hafif raylı sistemler hemzemin geçitler üzerinde sefer yapılabildiği gibi alçak veya yüksek bir platform üzerine de yapılabilmektedirler.



Şekil 2.2: Hafif Raylı Sistem (Toronto-Kanada) [4].

2.3 Monoray

Konvansiyonel raylı sistemlerden teker, hat altyapısı ve araç boyutları olarak diğer sistemlerden farklı olan kent içi ulaşım türlerinden biridir. Monorayda vagonlar, mono kelimesinden de anlaşıldığı gibi tek bir rayın üzerinde veya altında asılı şekilde hareket ederler. Bu sistemleri genellikle asılı sistem olan viyadük tipi yüksek istasyonlar kullanmakla beraber bu sistem hemzemin ve yeraltı istasyonlarında da uygulanabilmektedir. (Şekil 2.3) Monoraylar otobüs ve tramvaylar gibi toplu taşıma araçlarına göre karışık trafik içinde hareket edemezler. Gömülen raylı sistemlerden olan tramvaylar gibi diğer yaya ve araç trafiğiyle kesişemezler. Farklı yol seviyesinden dolayı diğer araçlarla çarpışma riski çok az olan monoraylar en emniyetli taşıma sistemlerinden biridir. Bu ray sisteminde kolon üzerine oturtulan kirişlere döşenen raylar ile gidiş ve geliş aynı anda gerçekleştirilebilir. Bu kirişler son zamanlarda gürültüyü azaltmak için çelik kirişlerle yenilenmiştir. Üçüncü ray denilen yöntemle ana hattın gelen elektriğin trene iletimini gerçekleştirir. Gidiş ve geliş aynı anda gerçekleştirilmesiyle yolculuk talebine göre sefer sıklığı sağlanarak sistemin verimliliği artırılabilir. Maliyet azlığı ve yapımının kısa sürmesiyle diğer kent içi ulaşım sistemlerine oranla daha avantajlıdır. Dünyanın en güvenli toplu taşıma sistemlerinden biri olan monoray sistemler çok yaygın olmamakla birlikte

örnekleri de özel uygulamalardır. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Malezya, Güney Kore, Çin gibi dünyanın pek çok ülkesinde kullanılmaktadır. Japonya yeni monoraylı sistemlerin üretiminde lider bir ülkedir. Tokyo Haneda, Chiba, Osaka, Tama, Kitakyushu, Shonan, Naha-Okinawa sistemleri buna örnektir. Çevreye tam duyarlı bu sistemlerle başarılı ve güvenli toplu taşıma yapılmakta ve yenileri planlanmaktadır.



Şekil 2.3: Monoray (Tokyo-Japonya) [5].

2.4 Maglev

Maglev sistemi, manyetik levitasyon ve manyetik güç kullanarak aracın havada tutulduğu sistemdir. Bu sistemle ilgili araştırmalar 1900'li yıllarda başlamış olup 1970'li yıllarda Almanya ve Japonya'da test hatları geliştirilmiştir. Ticari amaçlı ilk yüksek hızlı süper iletken Maglev treni 2004 yılında Şanghay'da açılmıştır. Şanghay'da açılan maglev hattına ait bir görüntü Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Manyetik levitasyonlu trenler köşelerinde 4 mıknatısın olduğu kutu şeklinde olup hareket manyetik etkilerle sağlanmaktadır. Aracın hareket prensibi, T veya U şeklindeki betonarme döşeme olan taşıyıcı altyapı üzerine dizilmiş mıknatısların etkileşimi sonucu ileri hareket sağlanmasına dayanmaktadır. Süper iletkenli mıknatıslar diğer mıknatıslar gibi aynı kutuplar eşleştğinde birbirini iterler, zıt kutuplar eşleştğinde

birbirlerini çekerler. Bu mıknatıslar diğer mıknatısların ürettiği manyetik alandan 10 kat daha güçlü alan oluştururlar. Bu manyetik alan treni havada tutup itme-çekme kuvvetiyle onu itecek kadar güçlüdür. Trenin durması ise trenin hızına göre akımın şiddetinin ayarlanmasıyla sağlanmaktadır. Maglev'in en önemli özelliğinden biri de sürücüsünün olmamasıdır. Sürücüsüz bu sistemlerde trenlerin hepsi otomatik olarak aynı hızla hareket ettiğinden dolayı birbirleriyle çarpışma riski yoktur. Çarpışma ihtimali düşük olan bu sistemlerde ray-tekerlek teması olmadığından da gürültü ve bakım-onarım maliyeti daha az olup konfor maksimumdur.



Şekil 2.4: Maglev (Şangay-Çin) [6].

2.5 Banliyö

Banliyö treni, kentin merkezi ile dışındaki yöre kentleri birleştiren gün içinde birçok yolcu taşıyan trendir. Banliyö hatları kentler arası demiryollarıyla aynı karakteristik özelliklere sahip olup taşıt gabarileri standartlara uymaktadır. Günümüzdeki artan nüfus yoğunluğu ve genişleyen coğrafya kullanımıyla ortaya çıkan trafik yoğunluğu, gürültü ve hava kirliliği gibi sorunlara karşı oluşturulmuş olan en temiz ve rahat çözümlerden biridir. Ülkemizde TCDD İstanbul'da, Ankara'da ve İzmir'de bu sistemi işletmektedir. Şekil 2.5'de İstanbul'daki banliyö hattına ait bir görüntü gösterilmiştir. Bu sistemde elektrikli set kullanımı Ankara ve İstanbul'da olurken İzmir'de dizel ile

alışan taşıtlar kullanılmaktadır. Ankara ve İstanbul'daki banliyö sistemlerinin tamamı TCDD'ye ait olmakla beraber, İzmir'deki banliyö sisteminin özel bir adı bulunmaktadır. Bu sistemin adı İZBAN olup %50 ortaklık paylarıyla beraber TCDD ve İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilmektedir.

Banliyö trenine örneklerden biri 1956 yılında yolcu taşımaya başlayan, 27,6 km uzunluğundaki Sirkeci-Halkalı hattıdır. 44,2 km uzunluğundaki Haydarpaşa-Gebze ise 1969 yılında hizmete girerek şehrin biçimlenip gelişmesi üzerinde önemli etkileri bulunan diğeri bir banliyö tren hattıdır.



Şekil 2.5: Banliyö (İstanbul-Türkiye) [7].

2.6 Lineer Metro

Kentlerde yerin altında yapılan hiçbir noktada karayolu ile kesişmesi olmayan bölgesel demiryolu ve banliyö hatları ile bağlantıları olan yeraltı demiryoludur. Dünya'daki ilk lineer metro 1986'da yılında açılmış olan Kanada-Vancouver şehrinin Skytrain projesidir. Bu sisteme diğeri örnekler olarak Malezya-Kuala Lumpur ile Japonya-Osaka şehirleri lineer metroları verilebilmektedir. Şekil 2.6'da Osaka'daki lineer metroya ait bir görüntü gösterilmiştir. Yaklaşık 35.000 yolcu/saat trafik kapasitesiyle metroların yarı kapasitesinde olan lineer metrolarda şehir trafiğinin dışında bir yolla

Çift hat üzerinde hareket etmesiyle çok sayıda vagon kullanılarak kapasite olarak orta ölçekli yolculuk ve mesafeli taşıma yapılmaktadır.

Bir elik ray sistemi üzerinde elik tekerlekler tarafından yönlendirilen sistemde hareket kullanılan boji sistemiyle elde edilmektedir. Kullanılan bojilerle raylardaki aşınmalar minimuma indirilerek tekerlek ve ray arasındaki sürtünme de azalmaktadır. Bunlar da bakımın kolaylaşmasını sağlamaktadır.

Egzoz gazı retmeyerek evre dostudur. Ayrıca gürültü, ekonomi ve hava kirliliği açısından da evre dostudur. Hava şartlarından etkilenmez. Çok az sayıda personel çalışmaktadır. Diğer sistemlere göre araç yarıçapı küçük olan lineer metrolarda tünel boyutunun küçülmesi ve daha küçük yarıçaplı kurpları dnebilmesiyle daha esnek hat yapılarak çoğu kentin ilgi odağı olmayı başarmıştır.

Lineer metro araçlarında döner motor olmamasından dolayı diğer araçlara göre daha sessiz seyahat edilirken ayrıca bu metrolarla daha dik eğimler de tırmanılabilmektedir. Bu motorun kullanılmamasından dolayı araç yüksekliği ve tünel boyutları değişkenlik göstererek diğer sistemlere oranla daha küçük çaplı araç ve tünel boyutlarıyla inşa masraflarını azaltmaktadır. Araç bakım masrafı da aynı oranda azalmaktadır. elik tekerlek ve farklı frenleme sistemi sayesinde enerji tüketimi az olan bu sistem ayıca bir tünel içinde hareket etmesinden dolayı hava koşullarından etkilenmeyerek daha güvenli bir ulaşım da sağlamaktadır.



şekil 2.6: Lineer Metro (Osaka-Japonya) [8].

2.7 Metro

Metro, büyük kentlerde yolcu taşımak için düzenlenmiş, semtler arasında işleyen zaman zaman yer üstünden gitse de ulaşımının büyük bir kısmını yer altındaki tünellerle erişime kapalı olarak sağlayan, elektrikle çalışan yer altı demiryoludur. Yüksek hız ve kapasiteli, 4 akslı kontrol sistemleriyle tam sinyalli ve tam korumalı olan bir raylı sistem modelidir. Diğer toplu ulaşım araçlarına göre yolcu kapasitesi fazladır. Yaklaşık 2.000 kişi kapasitesiyle LRT'ye göre kişi kapasitesi 3-5 kat fazlayken otobüslere göre bu oran 10-20 kat civarında olabilmektedir.

Artan nüfus yoğunluğuyla dünyada birçok ülke toplu ulaşım araçlarına önem vererek değişen ve gelişen teknolojiyle raylı sistemleri toplu ulaşım ağının içinde ana omurgasını oluşturacak şekilde planlamalar yapmaktadırlar. Yüksek nüfuslu olan birçok kentte hafif raylı sistemler ve metro kullanılmaktadır. İlk metro kullanımı 1863'te yüksek nüfusa sahip Londra'da sekiz milyon yolcu taşıma kapasitesiyle başlamıştır. Ardından Avrupa'nın önemli kentlerinden olan Paris'te 1900 yılında açılmıştır.

Kentlerde toplu taşıma hızını artıran metronun diğer ulaşım araçlarına göre işletme maliyeti azdır. Sürekli ulaşım sistemi sağlayan metro trafik sıkışıklığını önler ve kentte ulaşım hızını ve kalitesini arttırmaktadır. Toplu ve özel ulaşım araçları arasında denge kurulmuş olan kentlerde gelişim hızı ile birlikte yaşanabilir, kullanılabilir alanlar artmaktadır. Metrolar kentin merkez ve dışındaki alanlara ulaşılabilirliğini sağlayarak toplumsal birlikteliği ve sosyal yaşantıyı güçlendirmektedir.

Metroların vagon sayıları ve formu genellikle bulunduğu bölgeye göre değişmektedir ve hareket sistemleri çift doğrultuludur. Saatte 40 km'nin üzerine çıkmasa da hızları saatte ortalama 90-100 km/sa'dır.

Metroların temeli sağlam desteklerle toprağa oturtulur. Yeraltı hatlarında derinlik farklarına göre iki sistem vardır: 35-40 metre aşağıda açılan sistemle bir de yerin hemen altında 6-8 metre derinlikte açılan sistem. Sokak düzeyinin hemen altında olan sistemler maliyet açısından daha uygundur. Bunun sebebi de kazılma yöntemindendir. Kazılan hendeğin iki tarafına betonarme duvar örülerek sistem sağlamlaştırılır. Bu şekilde dikdörtgenler prizmasına benzeyen sistemin çatısı da genellikle betonarmedir. Kazı 6-8 metre orta derinlikte yapıldıysa sokakların planını izler ve duvarlar genellikle eliptiktir fakat derin kazılmış yerlerde hatlar sokak planını izlemez ve çizgilerden

oluşmaktadır. Ray açıklığı genellikle 1.435 mm olup bu değer Avrupa standarttır. Yeraltında galerilerin genişletilmesiyle yerüstünde de üzeri kapatılarak platform çatısı kurularak istasyon noktaları oluşturulmaktadır. İstasyonlarda peronlar arası mesafe yaklaşık 100-160 metre aralığındadır. Yeraltı istasyonlarında yolcuların sokak üstüne çıkması genellikle yürüyen merdivenlerle sağlanmaktadır.

Türkiye’de de metro hatları yaygınlaşmakla beraber İstanbul’da 2018 yılı itibariyle güncel olarak 160,45 km metro hattı bulunmaktadır. şekil 2.7’de İstanbul’da bulunan M5 şkdar-ekmeky metro hattına ait bir durak ve metro aracı görüntüsü gösterilmiştir. şu anda hali hazırda Türkiye’de metro sistemi bulunan şehir sayısı 5 olmakla beraber bu şehirler sırasıyla; İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Adana’dır.



şekil 2.7: Metro (İstanbul-Türkiye) [9].

3. TRAMVAY HATLARINA İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye’de tramvay tarihi ilk atlı tramvaylarla başlamıştır. Raylı sistemlerin gelişmesiyle tramvay kullanımı artmış ve gelişen teknolojiyle değişmiştir. Gelişen teknolojiyle tramvay kullanımı diğer toplu araç kullanımına göre artmıştır. Nüfusu yoğun olan illerimizde raylı sistem toplu ulaşım araçları geliştirilirken ülkemizde birçok şehre de raylı sistem altyapı çalışmaları düzenlenmiş ve toplu ulaşım araçları tahsis edilmiştir. Ve hala daha raylı sistem inşası devam eden 7 ilimiz bulunmaktadır.

Ülkemizde çok sayıda raylı sistem araçları kullanılmaktadır. Çok çeşitli markalardan araçlar ithal edilmiş olup araç imalatçıları için ülkemiz geniş bir pazar haline gelmiştir. Raylı sistemlerin modern şehircilik anlayışındaki yerinin yadsınamaz olduğu gerçektir. Bu sistemler maliyetleri açısından pahalı olup plan, proje, etüt aşamasında dikkat ve özveri gerektiren yatırımlardır. Yapım öncesi çözülemeyen her durum proje inşaa sürecini ve maliyetini etkilemektedir.

3.1 Tramvay Nedir?

Yol üzerinde çıkıntı yapmadan döşenen özel raylar üzerinde hareket eden kent içi yolcu taşımada kullanılan elektrikle çalışan raylı ulaşım aracıdır. Yol durumuna göre vatman denilen bir sürücü tarafından kontrol edilen, karayolu ulaşım araçlarıyla aynı alanda güzergah eden tramvaylarda inip binmek için alçak zeminli araçlar kullanılır. Karayolu trafik düzenine uyum sağlamak zorunda olan tramvayın amacı trafik sıkışıklığını gidererek diğer ulaşım araçlarına göre daha hızlı ulaşım sağlamaktır. Geçitlerde ve kavşaklarda bu araçlara geçiş üstünlüğü sağlanmaktadır. Tramvayların servisi, yol genişliği ve trafik durumuna göre değişmektedir. Geniş yol ve seyrek trafikte servisi iyiye, dar yol ve yoğun trafikte servisi düşüktür. Duman çıkarmaması ve yakıt maliyeti açısından çevre dostudur. Türkiye’deki raylı sistemlerin çoğu genellikle bulunduğu kentin yerel yönetimi tarafından sağlanmıştır. Bu durum kentleri ve ülkemizin yatırım değerlerini etkilemektedir. Buna bağlı olarak sivil ve kamu birçok yatırımcılar ‘Milli Marka’ çalışmalarına başlamışlardır. Ülkemizde 2010

yılında Durmazlar Makinanın ürettiği ‘İpekböceği’ adı verilen ilk yerli tramvay Bursa caddelerinde yerini alarak Türkiye’de yerli tramvay üretimine geçilmiştir. İpekböceği adı verilen yerli tramvaya ait görüntü Şekil 3.1’de gösterilmiştir [90].



Şekil 3.1: İlk yerli üretim tramvay ‘İpekböceği’ [10].

3.2 Tramvayın Tarihçesi

İlk tramvay sistemi atların çekilmesiyle oluşmuştur. Bu atla çekilen ilk tramvay hatları 1832 yılında ABD’de Harlem ile Manhattan arasında döşendi. Bu sistem 1838 yılında da Fransa’da Saint Amand Montrand ve Montbrison şehirlerinde döşendi. Bu atlı tramvaylar 1860-1880 yılları arasında Avrupa’da gelişti.

Mühendis Laubant 1853’te rayların yola gömüldüğü tramvay yolunu New York’ta inşa etti. Bu sebeple dönemindeki ve sonraki zamanlarda inşa edilen bu tip yollara ‘‘Amerikan Demiryolu’’ adı verildi. Rayların yola gömüldüğü ikinci şehir tramvay hattı yine Fransa’da Paris ve Boulogne şehirlerinde 1855’te döşendi.

Andrew Halidie’nin tasarladığı kablolu tramvay ilk 1873’te San Fransisco’da kullanıldı. Kablolu tramvayları merkezindeki buhar tahrikli şafta bağlı raylar arasında bir kanal içinde uzanan sonsuz bir kablo çekiyordu. Hızın hep aynı olduğu bu sistemde kablonun kilitlenmesi veya kopması halinde tüm tramvaylar yolda kalıyordu. Gelişen

teknolojilerle 19.yüzyılın sonunda atlı tramvaylar yerini elektrikli tramvaylara bıraktı. Elektrikli tramvayın Avrupa ve Amerika’da hızla gelişmesine çeşitli yeniliklerle 2 Şubat 1888’de Frank J.Sprague öncülük etti.

1834’te Vermont’taki Brandanda Thomas Devenport’un yaptığı küçük bir akü ile çalışan elektrik motoru üretilen elektrik gücünün bir havai hat aracılığı ile tramvaylara iletilmesini sağladı. Avrupa, Amerika ve İngiltere’de bu sistem hızla yayıldı. Havai hattın güç almak için yaylı veya boynuzlu ya da pantograf denilen ayarlanabilir bir düzenek vardı. Tramvayın oldukça geliştiği 1920’li yıllarda büyük ve orta büyüklükteki şehirlerde tek toplu ulaşım aracıydı. 1930’lu yıllarda ABD’de tramvayın yerini otomobil ve otobüsler almaya başladı. 1950’lerin başında İngiltere’de, 1930’larda Fransa’da tramvay kalktı.

Tramvayın ortadan kalkması durumuna çözüm olarak Amerikan tramvay şebekesi yöneticileri hızlı tramvay tipi araştırmaya başladılar ve 1936-1951 yılları arasında ABD ve Kanada’da 5000 PCC tramvayları hizmete girdi [70].

3.3 Tramvayın Türkiye’ye Girişi ve Tramvay Uygulamaları

Türkiye’de atlı tramvay ilk kez 1871’de Konstantin Karapano tarafından Azakkapı-Beşiktaş hattında kullanıldı. Atlı tramvaylar Azakkapı-Beşiktaş, Aksaray-Yedikule, Aksaray-Topkapı ve Eminönü-Aksaray olmak üzere 4 hatta çalışmaya başladı. İlk işletilen yılda 5.000 Türk Lirası civarında gelir elde edildi. Bu tramvaylarda 430 at kullanılarak yaklaşık 4,5 milyon yolcu taşındı. Daha sonraları Eminönü-Bahçekapı, Tünel-Galatasaray-Edirnekapı-Fatih, Şehzadebaşı-Beyazıt, Şişli-Pangaltı-Taksim-Tepebaşı-Kabristan sokağı gibi hatlar açıldı. Atlı tramvaylar gelişerek Osmanlı imparatorluğu sınırları içinden imparatorluğun büyük şehirlerinde kurulmaya başlandı. Selanik’ten başlayarak Şam, Bağdat, İzmir ve Konya’ya kadar yayıldı. Daha sonra atlı tramvaylar 30.000 altın karşılığıyla Savunma Bakanlığının denetimine geçti. Bu süreçte İstanbul uzun bir süre tramvaysız kaldı.

1909 yılında atlı tramvaylar elektrikli hale dönüştürülmeye başlandı ve 1914’te ise İstanbul’daki tramvaylar tamamen elektrikli hale getirildi. Tramvay işletmesi, 3642 sayılı yasayla 12 Haziran 1939 tarihinde hükümete devredildi. Daha sonra İstanbul Belediyesine ve 3645 sayılı yasayla 16 Haziran 1939 tarihinde İETT’ye bağlandı.

Kalabalıklaşan kent yaşamında tercih edilmemeye başlanmasıyla tramvaylar bu ihtiyacı karşılayamadı ve 1967 yılında İstanbul'da önce Anadolu yakasında sonra da Avrupa yakasında tramvay uygulaması tamamen kaldırıldı. Akabinde ise İstanbul'da Hafif Raylı Toplu Taşıma sistemine geçildi. 1990'lı yılların sonunda tarihi tramvay tekrar işletmeye alındı. Tünel-Taksim arasında turistik bir işlev görmesinin yanında 2 vagonla yılda 14.600 sefer ve 23.944 km yapmaktadır. Tarihi tramvay günlük ortalama 6.000 yolcu taşımaktadır. Şekil 3.2'de tarihi tramvaya ait bir görüntü gösterilmiştir [71,77,79].



Şekil 3.2: 1871 Tarihi Tramvay (İstanbul-Türkiye) [11].

3.4 Türkiye'deki Tramvay Hatları

Türkiye'de kent içi raylı sistemlerin uzunluğu 500 kilometrenin üzerine çıkmış durumdadır ve artmaya devam etmektedir.

Türkiye'de çok sayıda üreticiye ait tramvaylar kullanılmaktadır. Şehirlerde ilerlenen dönemlerde binlerce kilometre raylı ulaşım ağına ve raylı ulaşım araçlarına ihtiyaç duyulması beklenmektedir. Ülkemizde 2023 yılına kadar yaklaşık 1.200 km şehir içi

raylı sistemlerde kullanmak için 7.000 adet tramvay, metro ve LRT raylı ulaşım araçlarına ihtiyaç vardır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi 632 araçla Türkiye'nin en büyük şehir içi raylı sistem ağına sahiptir. İşletmede olan raylı sistem uzunluğu 160,45 km'dir. Mevcut ağ 348 metro aracı (144 CAF, 112 Alstom, 92 Hyundai Rotem), 140 hafif raylı (105 ABB, 32 Duewag, 3 RTE), 132 tramvay (55 Bombardier, 37 Alstom, 34 Hyundai Rotem, 6 Gotha) ve 12 diğer araçtan oluşmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi 9 yıllık bütçesi olan 60 Milyar TL'nin 35 Milyar TL'sini ulaşım giderlerine ayırarak, raylı sistem ağını önümüzdeki yıllarda 430 km'ye çıkarmayı hedeflemektedir.

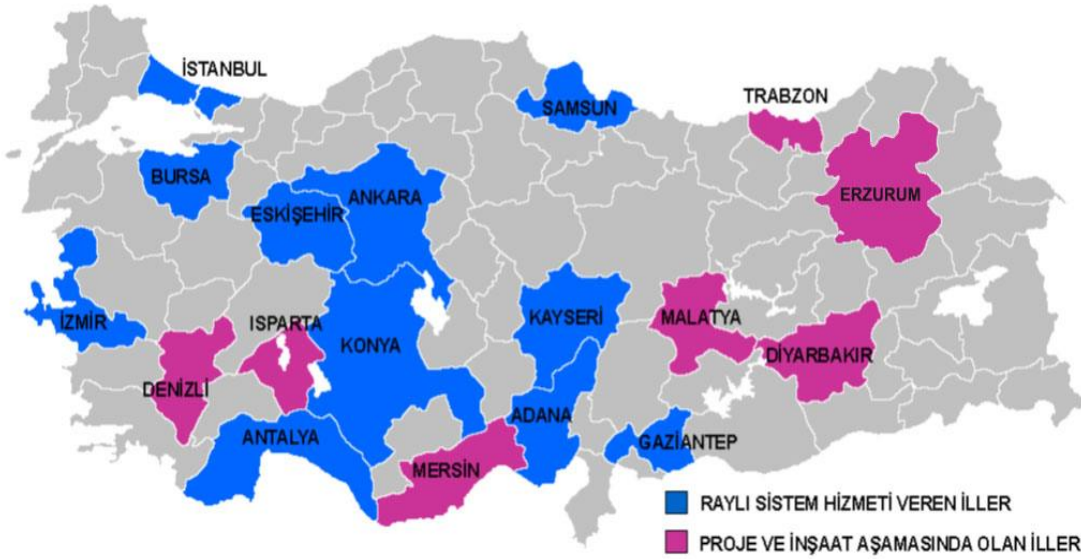
İzmir'de toplu ulaşım ağının %35'ini raylı sistem oluşturmaktadır. 160 adet raylı sistem aracına sahip olan İzmir Büyükşehir Belediyesi hızla raylı sistem ağını genişletmeye çalışmaktadır. Bursa Büyükşehir Belediyesi ise yerli üretim tramvay ve LRV'ler ile raylı sistem ulaşımını gerçekleştirmektedir [84].

Son yıllarda ülkemizin ihtiyaçlarına bakıldığında şehir içi raylı sistemlerin yaygınlaşması için destekler arttırılmıştır. Bu desteklerin artmasındaki önemli sebepler; raylı ulaşım sistemlerinin çevreci, ekonomik ve yolcu/alan faktörlerinde sağlanan avantajlar neticesinde olduğu düşünülmektedir. Türkiye'nin birçok şehrinde kentiçi toplu ulaşımında raylı sistemler kullanılmaktadır. Bunun akabinde birçok şehirde ise proje ve inşaat işlemleri devam etmektedir. Bu şehirler Şekil 3.3'deki haritada gösterilmiş ve aşağıda listelenmiştir. Türkiye'de raylı sistemleri toplu ulaşımında aktif olarak kullanan şehirler şunlardır;

- İstanbul,
- Ankara,
- İzmir,
- Bursa,
- Konya,
- Kayseri,
- Gaziantep,
- Eskişehir,
- Samsun,
- Adana,
- Antalya.

Türkiye’de raylı sistemlerin proje ve inşaat aşamasında olduğu şehirlerde şunlardır;

- Mersin,
- Trabzon,
- Malatya,
- Diyarbakır,
- Erzurum,
- Denizli,
- Isparta.



Şekil 3.3: Kentiçi raylı ulaşım sistemleri haritası [12].

3.4.1 İstanbul’daki tramvay hatları

İstanbul’da günümüzde kullanılan aktif 4 adet tramvay hattı bulunmaktadır. Bu hatlar sırasıyla aşağıda maddelenmiştir.

- a) T1 (Kabataş-Bağcılar Tramvay Hattı),
- b) T2 (Taksim-Tünel Nostaljik Tramvay Hattı),
- c) T3 (Kadıköy-Moda Tramvay Hattı),
- d) T4 (Topkapı-Mescid-i Selam Tramvay Hattı).

a) T1 Kabataş-Bağcılar tramvay hattı

T1 tramvay hattı şu anda Kabataş-Bağcılar arasında kullanılan hattır. T1 hattı İstanbul'un ilk hattı olan Topkapı-Sirkeci arasında 1992 yılında işletmeye açılmış olan hattın devamıdır. Bu hat 2006 yılında Kabataş'a bağlanmıştır. Kabataş bağlantısıyla Taksim-Kabataş funikülerine bağlanan hat, M1 metro hattı ile birlikte hacıosman durağından havaalanına kadar raylı sistemlerle birlikte kesintisiz ulaşım sağlamaktadır. T1 hattı yine 2006 yılında işletmeye açılan ve o zaman ki adı T2 olan Zeytinburnu-Bağcılar hattı ile birleşerek Kabataş-Bağcılar tramvay hattı oluşturulmuştur [92].

T1 tramvay hattı kademeli olarak inşa edilmiş olup, bu kısımlar zaman içerisinde hizmete alınmıştır. Bu kısımlar tarihsel olarak sırasıyla;

- Aksaray-Beyazıt arası 13 Haziran 1992 tarihinde,
- Sirkeci-Beyazıt arası 10 Temmuz 1992 tarihinde,
- Aksaray-Topkapı arası 29 Ekim 1992 tarihinde,
- Topkapı-Zeytinburnu arası 10 Mart 1994 tarihinde,
- Sirkeci-Eminönü arası 20 Nisan 1996 tarihinde,
- Eminönü-Fındıklı arası 1 Ocak 2005 tarihinde,
- Fındıklı-Kabataş arası 1 Haziran 2006 tarihinde,
- Zeytinburnu-Bağcılar arası 15 Eylül 2006 tarihinde işletmeye açılmıştır [2].

T1 ve T2 tramvay hatları 3 Şubat 2011 tarihinde birleştirilmiştir. Bu birleşmeden sonra T2 hattının ismi boşa çıktığından dolayı bu isim Taksim'deki tarihi tramvay hattına verilmiştir.

T1 tramvay hattına ait işletme bilgileri bir sonraki sayfada bulunan Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1: İstanbul T1 tramvay hattı işletme bilgileri [2].

İşletme Bilgileri	
Hat Uzunluğu	18,3 km
İstasyon Sayısı	31
Sefer Süresi	65 dk / tek yön
Vagon Sayısı	92
Günlük Sefer Sayısı	295 sefer / tek yön
Günlük Yolcu Sayısı	320.000 yolcu
İşletme Saatleri	06.00-00.00
Sefer Sıklığı	2 dk (pik saatte).

b) T2 Taksim-Tünel tarihi tramvay hattı

Bu hat İstanbul'un hatta Türkiye'nin sembollerinden olup, yolcu taşımacılığından ziyade, bir cazibe hattı olarak hizmet vermektedir. Çizelge 3.2'de güncel işletme bilgileri verilen tarihi hattın tarihçesine bakacak olursak;

1913 yılında Türkiye'nin ilk elektrik fabrikası İstanbul'da Silahtarağa'da kurulmuştur. 11 Şubat 1914 tarihinde ise tramvay şebekesine ilk elektrik verilmiş ve elektrikli tramvay işletmeciliğine geçilmiştir. 1933 yılında Cumhuriyet'in 10. yıl kutlama törenleri için Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK tarafından verilen emirle, İstanbul'da tramvay ve otobüs filosu (320 tramvay + 4 otobüs) eksiksiz olarak işletmeye alınmıştı. Tramvay işletmesi 16 Haziran 1939 tarihinde millileştirilerek 3645 sayılı yasa uyarınca İETT İşletmeleri Umumum Müdürlüğü'ne bağlandı. 1955 yılında Anadolu Yakası Üsküdar ve Havalisi Tramvay İşletmesi (Üsküdar-Kadıköy Halk Tramvayları Şirketi) tüm tesisleriyle İETT'ye devredildi. Şehrin her iki yakasında elli yıl süreyle hizmet veren elektrikli tramvaylar, şehrin sürekli artan hızına ayak uyduramadıkları gerekçesiyle 12 Ağustos 1961 tarihinde Avrupa yakasında, 14 Kasım 1966'da ise Anadolu yakasında son seferine çıkarak yolcularına hüznle veda etti. Yerine trolleybüsler devreye alındı [2].

1989 yılında müzede bulunan eski vagonların restore edilmesiyle beraber elektrikli tramvayın sembolik bir hat olarak nostalji amaçlı olarak yeniden hizmete girmesi gündeme geldi. Bunun için de en uygun yer olarak yayalaştırma çalışmaları süren İstiklal Caddesi uygun görüldü. Böylece bugünkü tarihi tramvay Taksim-Tünel

hattında işlemeye başladı. Kırmızı-beyaz rengi ve orijinal haliyle kısa sürede benimsenen tarihi tramvay, sadece İstiklal Caddesi ve Beyoğlu'nun değil İstanbul'un hatta Türkiye'nin simgesi haline geldi.

Çizelge 3.2: İstanbul T2 tramvay hattı işletme bilgileri [2].

İşletme Bilgileri	
Hat Uzunluğu	1,84 km
İstasyon Sayısı	5
Sefer Süresi	10 dk / tek yön
Vagon Sayısı	92
Günlük Sefer Sayısı	48 sefer / tek yön
Günlük Yolcu Sayısı	2.500 yolcu
İşletme Saatleri	07.00-23.00
Sefer Sıklığı	20 dk.

c) T3 Kadıköy-Moda tramvay hattı

T3 hattı 1 Kasım 2003 tarihinde işletmeye açılmış olan İstanbul'un diğer bir tarihi tramvay hattıdır. Bu hat güzergahına Kadıköy Meydanı'ndan başlayarak otobüs yolu üzerinden Bahariye Caddesi'ne geçer oradan da Moda'ya ulaşır. Moda'ya ulaşan tramvay hattı oradan tekrar Kadıköy Meydanı'na dönmektedir. Bu özelliği bakımından bir ring servisi gibi çalışan tramvay hattı seferlerini bu şekilde sürdürmektedir.

T3 tramvay hattı da önceki sayfalarda belirtilen T2 Taksim-Tünel tarihi tramvay hattı gibi tarihi ve yeniden restore edilen tramvaylarla seferini sürdüren nostaljik bir hatır. Bu hat üzerindeki tramvaylar da 1989 yılında restore edilen eski vagonlardan oluşmaktadır. Tramvayların bakımları ve yenileme işlemleri Kadıköy-İDO istasyonuna yakın bir konumda olan tramvay bakım atölyesinde yapılmaktadır [2]. Bu hat aracılığı ile Çizelge 3.3'te de belirtildiği gibi günlük olarak ortalama 1800 yolcu taşınmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi bu hat da toplu taşıma amacından ziyade bir cazibe hattıdır.

Çizelge 3.3: İstanbul T3 tramvay hattı işletme bilgileri [2].

İşletme Bilgileri	
Hat Uzunluğu	2,6 km
İstasyon Sayısı	10
Sefer Süresi	20 dk / tek yön
Vagon Sayısı	4
Günlük Sefer Sayısı	82 sefer / tek yön
Günlük Yolcu Sayısı	1.800 yolcu
İşletme Saatleri	07.00-21.00
Sefer Sıklığı	10 dk.

d) T4 Topkapı-Mescid-i Selam tramvay hattı

T4 hattı 2007 yılında Sultançiftliği ve Gaziosmanpaşa bölgelerinin yolcu trafiğini rahatlatmak amacıyla açılan bir tramvay hattıdır. 2009 yılında işletmeye açılan hattın 2.etabının çalışmaları sırasında Vatan Caddesi ve Edirnekapı bölgelerinden de geçirilmiş ve hat Topkapı'ya kadar uzatılmıştır. T4 hattının 7'si yer altında, 14'ü yüzeyde ve 1'i viyadük üzerinde olmak üzere toplamda 22 adet istasyonu bulunmaktadır. Çizelge 3.4'te bu tramvay hattına ait işletme bilgileri bulunmaktadır. Bu hat önceki sayfalarda belirtilen Kabataş-Bağcılar hattından sonra İstanbul'da bulunan en uzun ikinci tramvay hattıdır.

Çizelge 3.4: İstanbul T4 tramvay hattı işletme bilgileri [2].

İşletme Bilgileri	
Hat Uzunluğu	15,3 km
İstasyon Sayısı	22
Sefer Süresi	45 dk / tek yön
Vagon Sayısı	80
Günlük Sefer Sayısı	215 sefer / tek yön
Günlük Yolcu Sayısı	170.000 yolcu
İşletme Saatleri	06.00-00.00
Sefer Sıklığı	4 dk (pik saatte).

3.4.2 Ankara'daki tramvay hatları

Ankara'daki kentiçi raylı ulaşım sistemlerine baktığımız zaman şu anda halihazırda 3 adet metro hattı ve 1 adet tramvay hattı olduğu görülmektedir. Bu tramvay hattına özel bir isim verilmiş olup 'ANKARAY' adı ile anılmaktadır. 1990 yılında etüt proje olarak başlanılan hafif raylı sistemler projesi gerekli kamu ve kuruluşlar tarafından incelenerek 1991 yılında İçişleri Bakanlığı'nın onayı ile 2015 yılında 'Ankara Ulaşım Ana Planı' çerçevesinde ilk aşaması Söğütözü-Dikimevi arasında olmak üzere 9 km olan hat Mamak bölgesine kadar uzatılması düşünülen bir proje olmuştur. Ankaray projesinin temeli 1992 yılında atılmıştır. 30 Ağustos 1996 yılında 33 araçla işletmeye açılan hat Ankara şehri için önemli olan bir aks üzerinde yer alarak AŞTİ ile Dikimevi arasında hizmet vermektedir. EGO Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden alınan verilere göre 2015 yılında Ankaray ile 39.289.605 adet yolcu taşınmış olup, bu değer Çizelge 3.5'te günlük olarak yaklaşık ortalama değeri verilmiştir [13].

Çizelge 3.5: Ankaray tramvay hattı işletme bilgileri [13,14].

İşletme Bilgileri	
Hat Uzunluğu	8,53 km
İstasyon Sayısı	11
Sefer Süresi	13 dk
Araç Sayısı	33 (11 adet 3'lü dizi)
Günlük Sefer Sayısı	178 sefer / tek yön
Günlük Yolcu Sayısı	110.000 yolcu
İşletme Saatleri	06.00-00.10
Sefer Sıklığı	2 dk.

3.4.3 İzmir'deki tramvay hatları

Uzun yıllar boyunca kentiçi raylı sistem ulaşımı olarak bir adet banliyö hattı ile bir adet metro hattı bulunan İzmir şehri, son iki yıla kadar 20 km metro hattı ve 80 km'lik banliyö hattı ile ulaşım sağlamaktaydı. Son yıllarda kentiçi toplu ulaşımında tekrar raylı sistemlere yönelen İzmir Büyükşehir Belediyesi peş peşe iki adet tramvay hattını hizmete açmış ve İzban adı verilen banliyö hattını ise 136 km'ye ulaştırmıştır. Metro,

İzban ve tramvay hatları birbirleriyle entegre edilmiş olup, kentiçi raylı sistem ulaşım ağı 100 km’den son iki yılda 177,3 km’ye çıkarılmıştır [15,16].

Tram İzmir 2 hattın oluşmaktadır. Bunlar; Konak tramvayı ve Karşıyaka tramvayıdır. Konak tramvayı olarak bilinen hat Halkapınar-Fahrettin Altay semtleri arasında seferlerini sürdürürken, Karşıyaka tramvayı olarak bilinen hat ise Ataşehir-Alaybey semtleri arasında hizmet vermektedir.

Konak tramvayı 24 Mart 2018 tarihinde yolculu işletmeye açılmıştır. Bu sebeple henüz aylık bazda yolcu sayısı tahminleri kesin olarak yapılamamış olup, haber arşivlerindeki güncel rakamlara göre Çizelge 3.6’da belirtildiği gibi günlük 30.000 yolcuya ulaşmıştır. Bu rakamın zaman içerisinde 80.000 yolcuya kadar artması beklenmektedir [18].

Çizelge 3.6: Konak tramvay hattı işletme bilgileri [17,18].

İşletme Bilgileri	
Hat Uzunluğu	12,6 km
İstasyon Sayısı	19
Sefer Süresi	16 dk
Araç Sayısı	21
Günlük Sefer Sayısı	72 sefer / tek yön
Günlük Yolcu Sayısı	30.000-80.000 yolcu (tahmini)
İşletme Saatleri	06.00-00.00
Sefer Sıklığı	15 dk.

Karşıyaka tramvayı 11 Nisan 2017 tarihinde yolculu ön işletmeye açılmış olup, hat yaklaşık 3 ay boyunca halkın bu yeni ulaşım sistemine alışması için ücretsiz hizmet vermiştir. 3 aylık deneme süresinin sonunda 1 Temmuz 2017 tarihinde işleme geçmiştir. Bu hattın işletme bilgileri Çizelge 3.7’de verilmiştir [19].

Çizelge 3.7: Karşıyaka tramvay hattı işletme bilgileri [17,19].

İşletme Bilgileri	
Hat Uzunluğu	8,7 km
İstasyon Sayısı	14
Sefer Süresi	24 dk
Araç Sayısı	17
Günlük Sefer Sayısı	108 sefer / tek yön
Günlük Yolcu Sayısı	30.000 yolcu
İşletme Saatleri	06.00-00.00
Sefer Sıklığı	10 dk.





4. KONYA'DA TRAMVAYIN TARİHÇESİ

Konya şehri için atlı tramvaydan modern tramvaya kadar tramvayın tarihçesi ve gelişimi tez kapsamında bu bölümde incelenecektir.

4.1 Konya ve Tramvay

Konya Türkiye'de tramvay ulaşımının en erken başladığı şehirlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilinenin aksine tramvay ulaşımı Konya'da 1992 yılında değil meşrutiyetten hemen sonra 1917 yılında başlamıştır. Bu vesileye sebep olan kişi ise daha önceki dönemlerde Konya Valiliği yapan Sadrazam Avlonya'lı Ferit Paşa'dır. Sadrazam Ferit Paşa 1917 yılında Selanik'te elektrikli tramvayın devreye girmesi ile orada daha önce kullanılan atlı tramvayların Konya'ya nakledilmesini sağlamış ve Konya vilayeti tramvay ile tanışmıştır. Şekil 4.1'de Konya'ya gelen ilk tramvaylara ait bir görüntü gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Konya'da ki ilk atlı tramvaylar [21].

Bu tramvaylar Konya'ya getirildiğinde dönemin belediye başkanı merhum Muhlis Koner'di. Hattın uzunluğu yaklaşık olarak 30 km/tek hat olup 1924 yılına kadar bu tramvaylar ile yük ve yolcu taşımacılığı yapıldı. Tramvay araçlarına rağbetin azalmasının en büyük sebebi ise bu işi yapan müteahhitlerin daha çok kazanç sağlamak amacıyla tramvayları çekmek için çok yaşlanmış, zayıflamış, ıskartaya ayrılmış bakımsız atları kullanmasıydı. Halk bu konudan çok muzdarip olup neredeyse tramvayla gidecekleri süreyi yürüyerek de aynı zamanda alabiliyordu. Bu sebepler de Konya'da tramvaya olan ilginin azalmasına zemin hazırladı.

Tramvay araçları yazlık ve kışlık olarak iki farklı tipte bulunuyordu. Bu araçlara ait görseller yazlık ve kışlık olarak Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Yazlık olan tramvaylarda etrafı açık olan boşluklar vardı ve bu araçlara yandan binilirdi. Üç adet yazlık tramvay aracı vardı. Bu araçların üzerleri oluklu çinko ile örtülmüş ve dört kenarı çadır bezinden beyaz ve kırmızı renk tenteli idi. Araçların kasası ise dökme demir olup siyah renkteydi.



Şekil 4.2: Yazlık tramvay [22].

Kışlık olan tramvaylar ise 5 adetti. Bu araçlar yazlık olanların aksine tamamen kapalı vaziyette ve soğuğa karşı bir de araç içerisinde yanan odun sobası bulunurdu. Kışlık olan tramvayların iki tanesi kırmızı, iki tanesi yeşil, bir tanesi de sarı renkliydi. Araçlarda bayanlar ve erkekler için ayrı ayrı oturma yerleri mevcut olup, genellikle bayanların bineceği bölüm siyah saten bir perde ile ayrılmış vaziyette olurdu.



Şekil 4.3: Kışlık tramvay [22].

Bunların akabinde iki tane de sadece yük çekmek amacıyla kullanılan kapalı kasa tramvay vardı. Bu iki araç genellikle halkın kullanım talebinin yoğun olmadığı zamanlarda tren garı ile hükümet konağı mevki arasında bulunan eski şehir merkezi arasında yük taşıma amacıyla kullanılırdı.

1924 yılında bu tramvay hattının şehirden sökülmesinde, işletmecilerin para kazanma hırsı kadar etkili olan diğer bir konu ise yeni kurulan Konya otomobilciler şirketinin ufak iki otobüs getirterek İstasyon ile Hükümet Konağı önü arasında işlemeye başlamasıydı. Bu otobüsler tramvaya nazaran çok daha hızlı bir ulaşım sağlıyordu.

Doğal olarak halk da tercihini hızlı olandan yana kullanınca tramvaylara ihtiyaç kalmamış ve bu araçlar zamanla hurdaya ayrılmıştı.

Hurda haline gelen bu tramvaylar 1930 yılına kadar hangar altında civardaki mahalle ve açık alanlarda çocuklarının yeni oyun alanları haline gelmişti. Tramvay rayları ise belediye tarafından sökülmüş ve malzemenin boşa gitmemesi adına zaten daha şehre yeni gelmeye başlamış olan elektriğin dağıtımını sağlamak amacıyla ara sokaklara elektrik direği olarak kullanılmış ve zamanla kayboldu gitmişti [20].

4.2 Modern Tramvayın Konya'ya Gelişi

Atlı tramvaylar ortadan kalktıktan sonra Konya ilinde uzunca bir süre toplu ulaşım tek el olarak otobüsler hüküm sürdü. 1924 yılında özel bir kuruluş olan Konya otomobilciler şirketinin şehre iki adet ufak otobüs getirmesi ile başlayan motorlu taşıtlar ile toplu ulaşım, o günden sonra günden güne giderek değerini artırmış hatta atlı tramvayların bile kalkmasına zemin oluşturmuştur. Şehrin büyümesi ile birlikte ulaşım talebi de aynı doğrultuda artmıştır. Bu sebep doğrultusunda 1946 yılında Konya Belediyesi Konya Elektrik A.Ş. şirketini tasfiye ederek ESO adında bir şirket kurmuştur. 1924 yılından 1946 yılına kadar Konya otomobilciler şirketine ait olan 2 adet özel halk otobüsüyle süren ulaşım hizmetlerine ilaveten Konya Belediyesi'nde aynı yıl içinde 2 adet otobüs almış ve o döneme göre ulaşımı büyük ölçüde rahatlatmıştır. O dönemde kullanılan özel halk otobüsleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Özel Halk Otobüsü [23].

Belediye artan ihtiyaçların neticesinde Belediye Başkanı Sıtkı Bilgin dönemine denk gelen 1958-1960 yılları arasında 10 adet daha otobüs almıştır. 1970 yılına geldiğimizde ise şehirdeki otobüs sayısı 52 adede ulaşmıştı. şehir sürekli olarak büyüdüğü için zamanla bu otobüsler de yetersiz kalacak ve yeni ihtiyaçlar doğacaktır. Nitekim yle de oldu ve 1983 yılında “Konya Kent İçi Ulaşım Planı Sentez ve neriler Raporu” hazırlanıp bakanlığa sunuldu. Aynı yıl içerisinde bakanlık tarafından da onaylanarak benimsenmiştir. Aynı yıl içinde hafif raylı ulaşım sistemi kurulması amacıyla Devlet Planlama Teşkilatı’na başvurulmuştur. 03 Ekim 1985 tarihinde DPT’den yatırım teşvik belgesi alınmıştır. Başbakanlık, Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı ile DPT Müsteşarlığından alınan izinlerden sonra yurt dışından getirilecek malzeme ve hizmetler için 06 Mayıs 1986’da mukavele imzalamıştır. Projenin dış finansmanını sağlayan Alman Devlet Kuruluşu KfW ile Türkiye Cumhuriyeti arasında 09 Temmuz 1987’de 38 milyon Alman Markı tutarında bir kredi anlaşması imzalanmış daha sonra yapılan mukavelelerle bu miktar artırılmıştır. Konya raylı sistem işletmesinin temeli 13 Temmuz 1987’de zamanın başbakanı olan Turgut ÖZAL tarafından şimdiki Sakarya Depo Sahası’nın bulunduğu yere atılmıştır. Ayrıca verilen kredinin gereği olarak bir müşavirlik ihalesi yapılmış, bu ihaleyi Alman Obermeyer – Rail Consult firması kazanmış ve 23 Ekim 1987’de yine aynı firma ile müşavirlik sözleşmesi imzalanmıştır [23].

Yapılan bu ihale kapsamında 1988 yılında inşaat yapım işleri devam ederken 16 adet tramvaydan ilki 25 Kasım 1988’de Köln’den Konya’ya nakledilmiştir. şekil 4.5’te Almanya’dan Konya’ya nakil işlemine ait bir görüntü gösterilmiştir. Hattın yapım işleri 1992 yılında tamamlanınca, 15 Nisan 1992 yılında Sakarya Depo Sahası ile Cumhuriyet mevkileri arasındaki katener direklerine ilk elektrik verme işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle modern tramvay Konya’da ilk hareketini bu tarihte gerçekleştirmiştir. Yine aynı yılın içerisindeki 23 Nisan Ulusal Egemenlik ve ocuk Bayramı gününde ilk açılış yapılmış ve deneme seferleri başlamıştır. Bu tarihten itibaren vatmanların eğitimine de başlanmış ve Konyalı vatandaşlar modern tramvay ile haşır neşir olmaya başlamışlardır. Yaklaşık 5 ay kadar süren vatmanlık eğitiminin ardından, vatmanlar artık tramvay kullanmaya hazır hale gelmişlerdir. Bu süreç içinde hattın üzerinde de gerekli tüm testler Alman Obermeyer–Rail Consult firması ve Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılmış olup hattın hizmete aılmasında herhangi bir engel bulunmadığı ngrlmştir. Modern anlamda yapılan ilk tramvay

hattı 28 Eylül 1992 tarihinde resmen işletmeye açılmış ve belli bir süre halka ücretsiz olarak hizmet vermeye başlamıştır. Tramvaya binmek için alınan ücret dönemin parasıyla 7.000 TL olup bu ücret o dönemin kuru ile 13 Pfennig'e karşılık gelmekteydi. Konya Türkiye'de modern anlamda tramvay hattına sahip olan ilk şehir ünvanını İstanbul ile birlikte paylaşmaktadır. İstanbul'da da T1 Kabataş-Bağcılar tramvay hattının ilk bölümü olan Aksaray-Beyazıt bölümü 1992 yılında hizmete girmiştir. Yalnız tramvay ile metro tezin ikinci bölümünde de anlatıldığı üzere birbirinden farklı olup karıştırılmamalıdır. Çünkü İstanbul metrosunun ilk kesimi olan M1A Aksaray-Kartalpe bölümü 03.09.1989 tarihinde işletmeye açılmıştır. Yani T1 hattından daha önce hizmete girmiştir.



Şekil 4.5: Konya için satın alınan tramvayların Almanya'dan nakledilişi [23].

1992 yılından günümüze kadar Konya tramvay ile sürekli içli dışlı olmuş ve şehrin toplu taşıma ulaşımında ana omurgayı tramvay oluşturmuştur. Yapılan hattı uzatmak

için zaman içerisinde inşaat faaliyetleri devam etmiş ve halen de Konya trafiğini rahatlatmak ve insanların rahat, konforlu şehir içi ulaşımını sağlamaları için yeni hat planlamaları ve inşaat faaliyetleri devam etmektedir.

4.3 Günümüz Konya'sı ve Tramvay

Gelişen her şehirde olduğu gibi Konya'da da trafik sıkıntıları artmaya başlamış ve mevcut toplu ulaşım sistemleri ve yollar yetersiz gelmeye başlamıştır. Konya'nın Türkiye'nin 6. Büyük şehri olduğunuda göz önüne alırsak bu sıkıntıların oluşmaya başlaması çok normal karşılanmalıdır. Konya şehir merkezinde 1.500.000 insan yaşamakta olup ilçeleriyle beraber yaklaşık 2.500.000 insanı içerisinde barındırmaktadır. Konya'nın coğrafi özellikleri de göz önüne alınırsa, şehrin geniş bir ova üzerinde kurulduğu bilindiği için birçok proje hem maddi olarak hem de inşaat faaliyetlerinin hızla ilerlemesi açısından burada kolaylıkla pilot olarak uygulanabilir niteliktedir.

Geçtiğimiz yıllarda şehirdeki motorlu taşıt sayısının ve insan sayısının artışına bağlı olarak artan trafiğe karşı çözüm üretebilmek adına Konya Büyükşehir Belediyesi toplu ulaşım planlaması çalışmalarını arttırmıştır. Bu kapsamda çalışmalarını sürekli olarak devam ettiren belediye yıllar içerisinde hattın uzatılması işini yaptırmış, şehre yeni tramvay hattı kazandırmış, önce tramvay araçlarını modernleştirmiş akabinde araçları yenilemiş, yeni hat projelerinin ve metro projesinin çalışmalarını devam ettirmektedir.

1992 yılında Alaaddin-Cumhuriyet durakları arasında hizmet vermek üzere işletmeye açılmış olan tramvay hattının yetersiz olduğu kısa süre içerisinde anlaşılmıştır. Bu kapsamda 1994 yılında hattı uzatma çalışmaları başlamış ve 1996 yılında mevcut durumdaki hat Kampüs durağına kadar uzatılmıştır. 16 Nisan 1996 tarihinde dönemin Cumhurbaşkanı olan Süleyman DEMİREL hattın uzatılması işinin resmi açılışını yapmış ve şehirdeki tek tramvay hattı olan Alaaddin-Cumhuriyet tramvay hattı bu tarihten itibaren Alaaddin-Kampüs durakları arasında hizmet vermeye başlamıştır. Bu döneme kadar mevcut halde 16 adet tramvay aracı ile hizmet veren işletmeye yeni araçların da alınmasına karar verilmiştir. 1995 ile 1996 yılları arasında 25 adet yeni tramvay aracı alınmıştır. Bu sayede şehirde mevcut halde 16 olan tramvay aracı sayısı 41'e çıkmıştır. Hattın uzatılması işi sonrasında ve yeni alınan tramvay araçlarıyla birlikte Konya şehrinin trafiği önemli ölçüde azalmıştır. Yaklaşık 10 yıl boyunca hat

üzerinde herhangi bir uzatma ve yeni hat çalışması olmamış fakat artan nüfusa yönelik olarak 2001 yılında ilaveten 10 adet daha tramvay aracı alınmıştır. Bu sayede mevcut durumda parktaki araç sayısı 41 olan belediye 2001 yılı itibari ile bu sayıyı 51'e çıkartmıştır. 2006 yılında artan öğrenci nüfusunun ihtiyacını karşılamak amacıyla Selçuk Üniversitesi içerisine ring hattı yapılması kararlaştırılmış ve mevcut halde Kampüs durağında biten hattın Selçuk Üniversitesi'nin içerisini de kapsamı planlanmıştır. 2007 yılında ring hattı tamamlanmış ve tramvay Selçuk Üniversitesi'nin tamamını kapsamıştır. Konya'daki tramvay hattı 2013 yılına kadar mevcut araçlarla ve aynı hat üzerinde seferlerini sürdürmüştür. Bu hat ortalama olarak günde tek yönde 12.000 yolcunun taşınmasını sağlamıştır.

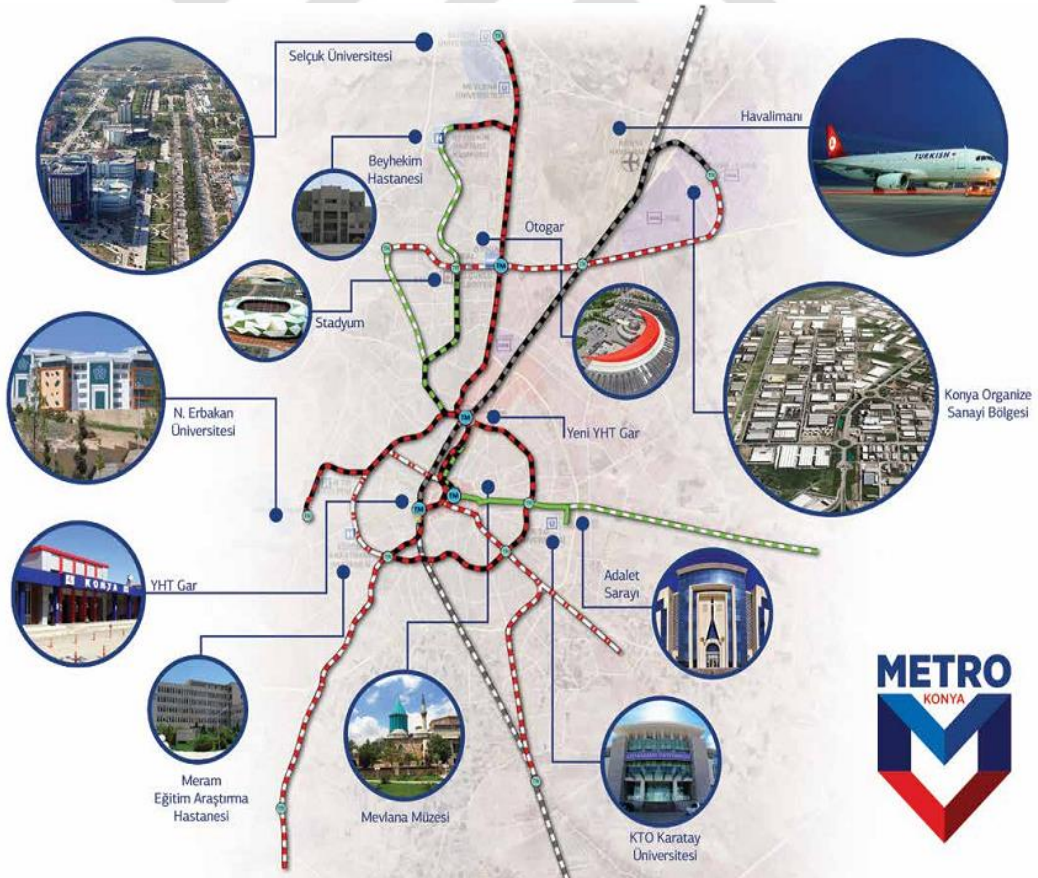
2012 yılında Konya'ya yeni bir tramvay hattı yapımı planlanmış ve yeni yapılacak hattın tamamlanmasıyla eskiyen tramvay araçları da göz önüne alınarak tüm araç parkının yenilenmesi kararlaştırılmıştır. Bu kapsamda 03.10.2012 tarihinde Konya Büyükşehir Belediyesi araç parkının yenilenmesi amacıyla yeni araç alımı için bir ihaleye çıkmıştır. İhale 104.700.000 EURO fiyat teklifi ile Çek Cumhuriyeti'nin Skoda firması üzerinde kalmıştır. İhalenin ayrıntılarına bakıldığında ise 60 adet tramvay aracı, 58 kalem yedek parçası ve 1 adet deray ekipmanı mal alımı gerçekleştirilecektir. Ayrıca bu ihale kapsamında tramvaylar için 5 yıl süreyle garanti, bakım-onarım ve sarf malzeme gideri yükleniciye ait olacaktır. Şekil 4.6'da yapılan ihale kapsamına göre alınan yeni tramvay araçlarından bir örnek gösterilmiştir [24].



Şekil 4.6: Konya için ihale usulü ile satın alınan Skoda marka yeni tramvay [25].

Yeni yapılacak hattın ise Alaaddin-Adliye bölgeleri arasında olması planlanmıştır. Bu amaçla yine Konya Büyükşehir Belediyesi Fen İşleri Daire Başkanlığı 01.07.2013 tarihinde ‘Alaaddin-Adliye Tramvay Hattının Yapımı ve Mevcut Kampüs Tramvay Hattının İyileştirilmesi İşi’ için ihaleye çıkmıştır. İhale 53.817.217,12 TL fiyat teklifi ile Türkiye’nin Yapı Merkezi İnş. Ve San. A.Ş.-Yapıray Demiryolu İnş. Sis. San. Tic. A.Ş. İş Ortaklığı şirketleri üzerinde kalmıştır [26].

Konya Büyükşehir Belediyesi halen ulaşım planlaması çalışmalarını sürdürmektedir. 2016 yılında dönemin başbakanı olan Prof. Dr. Ahmet DAVUTOĞLU Konya’daki bir basın toplantısı sırasında şehre metro müjdesi vermiştir. Bu proje 6 hattın oluşacak olup, ilk hattın 2023 yılına kadar tamamlanması planlanmaktadır. Bu projenin halihazırda etüt ve planlama çalışmaları devam etmektedir. Şekil 4.7’de planlaması yapılan ve Konya’daki raylı sistem toplu taşıma ağına kökten çözüm sunması beklenen metro hatlarının haritası gösterilmiştir.



Şekil 4.7: Konya’ya yapılması planlanan yeni metro haritası [27].

Bu hatlardan ilki olan ve 2023 yılına kadar tamamlanması planlanan hattın, Meram Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nden başlayıp yüksek hızlı tren garından geçerek havaalanına ulaşması beklenmektedir. Yapılacak metro hatları ile birlikte 19.08.2017 tarihinde temeli atılan Kayacık Lojistik Merkezi ve Yüksek Hızlı Tren Garı'nın da birbirine entegre edilmesi işlemi gerçekleştirilecek olup, projeler tamamlandığında Konya'yı bir cazibe merkezi haline getirmek amaçlanmaktadır [28].



5. KONYADA’KI TRAMVAY ARAÇLARININ ÖZELLİKLERİ

Konya şehri şimdiye kadar tramvay tarihi boyunca iki farklı modern tramvay aracına şahitlik etmiştir. Bunlardan birisi Duewag GT8 modeli olup, bu araç 1992 yılından 2013 yılına kadar aktif halde kullanılmıştır. Bu araçlardan mevcutta 51 adet bulunuyordu, şehrin tramvay araçlarının tamamen yenilenmesi sonrasında Konya Büyükşehir Belediyesi kardeş şehir kapsamında bu eski araçların 20 tanesini Bosna-Hersek ülkesinin Saraybosna şehrine hediye etti. 2012 yılında ise belediye B

ölüm 4.3’te de belirtildiği gibi ihale usulü ile 60 adet Skoda 28T modelinden tramvay aracı almıştır. 2013 yılında belirli zaman aralıkları ile bu araçlar teslim edilmeye başlanmış ve 2014 yılına gelindiğinde ise şehirdeki tramvay araçlarının tamamı yenilenmiştir. Aşağıdaki bölümlerde bu araçların teknik ve güvenlik açısından özellikleri açıklanacaktır.

5.1 Tramvay Araçlarının Teknik Özellikleri

Şehirde şimdiye kadar iki farklı tip araç kullanımı olduğu için iki araç çeşidinin de özellikleri ayrı ayrı ele alınmıştır. İlk olarak daha önce kullanımda olan şimdi ise şehirde kullanımı olmayan Duewag GT8 modelinden, sonrasında ise şu anda halihazırda hizmet vermekte olan Skoda 28T model isimli tramvay aracından bahsedilmiştir.

5.1.1 Duewag GT8

Duewag GT8 modeli araç 1992 ile 2014 yılları arasında kullanılmış olup, şu anda kullanımı yoktur. Araçların Saraybosna’ya hibe olarak verilen 20 tanesinin dışında kalanlarının tamamı Konya’daki Sakarya tramvay depo sahasında muhafaza edilmektedir. Duewag GT8 modeli Konya’da uzun yıllar boyunca toplu taşımada en çok kullanılan araç olup, şehrin raylı sistem ulaşımının gözbebeği olmuştur. Araca ait görsel Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Bu araçlar Bölüm 4.3’te belirtildiği gibi 2012 yılında

modernize edilmiş ve halkın rahat bir ulaşım sağlaması için araçların tamamına klima takılmıştır. Fakat kısa zaman içerisinde bu hizmetlerde yeterli gelmemiş ve halkın da isteği ile araçların yenilenmesi gereksinimi doğmuştur. Bu kapsamda aynı yılın ekim ayında ihale ile yeni araçlar alınmıştır.



Şekil 5.1: 1992-2014 yılları arasında hizmet veren Duewag GT8 tipi tramvay [29].

Duewag GT8 aracına ait teknik ve fiziki özellikler Çizelge 5.1’de açıklanmıştır.

Çizelge 5.1: Duewag GT8 tipi tramvay aracının özellikleri [30].



Genel Tanıtım

Üretici Firma	DUEWAG
Çalıştığı Bölge	Alaaddin - Selçuk Üniversitesi
Adet	51
Teslim Tarihi	1988-2004
Yolculu Çalışma Şekli	Bo'2'Bo'
Serviste Sürüş Şekli	Manuel
Ray Tipi	49E1 + 60R1

Boyutlar

Araç Boyu	29.760 mm
Araç Genişliği	2.500 mm
Araç İç Tavan Yüksekliği	2.150 mm
Araç Dış Tavan Yüksekliği	3.220 mm
Koridor Genişliği	970 mm
Kapı Eşik Seviyesi	535 mm
Kapı Genişliği	1.500 mm
Kapı Yüksekliği	2.200 mm
Sürücü Kabini Sayısı	1
Artikülasyon Sayısı	2 Adet (3 Part)
Ray Açıklığı (Ekartman)	1.435 mm
Alt Ekipman Ray Kotundan Yükseklik	110 mm
Boji Merkezleri Arasında ki Mesafe	7.100 mm

Çizelge 5.1'in devamı

Katener Yüksekliği	3.800 - 6.000 mm
Araç Ağırlığı ve Yolcu Kapasitesi	
Yolcu Adedi (6 kişi/m²)	268 (187 ayakta + 81 oturan)
Boş Ağırlık	28.700 kg
Boş Ağırlık/m	964 kg/m
Dolu Ağırlık	50.280 kg
Dolu Ağırlık/m	1.690 kg/m
Bojiler	
Tekerlek Çapı (Dış-İç)	670-590 mm
Tekerlek Genişliği	120 mm
Tekerlek Tipi	Esnek Tekerlek
Tekerlek Merkezleri Arası Mesafe	1.800 mm
Tahrik Sistemi	
Araç Gücü	300 kW
Besleme Voltajı	750 V DC
Motor Gücü	150 kW
Tahrik Sistemi	Katener
Sürücü Tipi	Dirençle Yol Verme
Boji Motorları Bağlantı Şekli	Seri Bağlı
Motor Tipi	Seri Uyarımlı DC Motor
Motor Gerilimi	750 V DC
Motor Devri	Max. 3.750 d/dk Nom. 2.500 d/dk
Motor Ağırlığı	1.050 kg
Motor Soğutma Şekli	Hava Soğutmalı
Kömür Fırça Sayısı	4 Fırça 8 Kömür
Enerji Harcaması	2.5 kWh/km
Performans	
Maksimum Hız	70 km/sa
Yatay Kurp (Hatta)	50 m

Çizelge 5.1'in devamı

Yatay Kurp (Depoda)	30 m
Dikey Kurp	300 m
Eğim	% 4
Frenler	
Frenleme Sistemi	Elektrik
Mekanik Frenler	Disk + Ray Freni
Ekipmanlar	
Yardımcı Güç Sistemi	20 kW
Otomatik Kuplaj	Kuplaj Yok
Gövde	Çelik Şasi + Paslanmaya Mukavim Gövde
Akü	24 V DC
Kapı Kontrol Tahriği	Elektrik
Isıtma Havalandırma, Klima	Isıtma/Klima (60 Araç) Safkar (30 Araç)

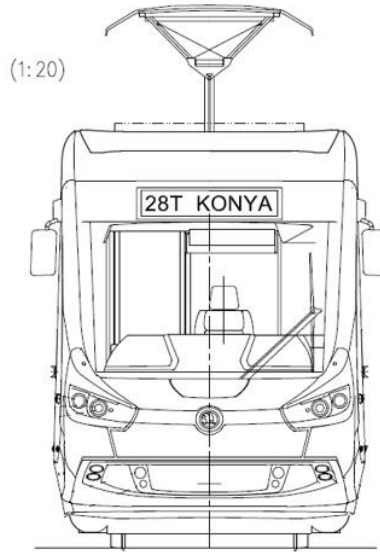
5.1.2 Skoda 28T

Skoda 28T modeli araç 2013 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Mevcutta bu araçtan 72 adet bulunmaktadır. Bu araçların 60 tanesi bölüm 4.3'te belirtildiği gibi 2012 yılında Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından ihale usulü ile Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattında kullanılmak üzere alınmıştır. 2015 yılında ise Alaaddin-Adliye arasında yapılan yeni hat için 12 adet daha tramvay aracı iş artırımı usulü ile yine Skoda firmasından alınmıştır. Bu ihale kapsamında iş artırımı usulü ile alınan tramvay araçları için de 5 yıl süreyle garanti, bakım-onarım ve sarf malzeme gideri yükleniciye ait olacaktır. Ayrıca mevcuttaki hat üzerinde de kullanılabilmesi ihalenin özel şartlarından birisi olmuştur. Yeni tramvay aracına ait bir görsel Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2: 2013 yılından beri hizmet veren Skoda 28T tipi tramvay [29].

Skoda 28T modeli tramvayın 1/20 ölçekli ön görünüşü Şekil 5.3'te verilmiş olup, bu görüntü Yapıray Demiryolu İnş. Sis. San. Tic. A.Ş.'nin arşivlerinden alınmıştır [57].



Şekil 5.3: Skoda 28T tipi tramvayın ön görünüşü [57].

Tramvaylar Konya şehri için özel olarak tasarlanmış olup Selçuklu motifleri ile iç ve dış yüzeyler süslenmiştir. Tramvay aracının renkleri belirlenirken ise halkın görüşü alınmış ve Konya Büyükşehir Belediyesi'nin internet sitesi üzerinden renk oylaması

yapılmıştır. Bu oylamanın sonucunda yeni tramvayların renkleri Şekil 5.4'te belirtildiği üzere yeşil ve beyaz olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.4: Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılan renk tasarımları ve halk oylaması sonuçları [31].

Skoda 28T aracına ait teknik ve fiziki özellikler Çizelge 5.2'de açıklanmıştır.

Çizelge 5.2: Skoda 28T tipi tramvay aracının özellikleri [30].



Genel Tanıtım

Üretici Firma	SKODA
Çalıştığı Bölge	Alaaddin-Selçuk Üniversitesi Alaaddin-Adliye
Adet	72
Teslim Tarihi	2013-2016
Yolculu Çalışma Şekli	Bo'2'Bo'
Serviste Sürüş Şekli	Manuel
Ray Tipi	49E1 + 60R1

Boyutlar

Araç Boyu	33.530 mm
Araç Genişliği	2.550 mm
Araç İç Tavan Yüksekliği	2.305 mm
Araç Dış Tavan Yüksekliği	3.560 mm
Koridor Genişliği	560 mm
Kapı Eşik Seviyesi	330 mm
Kapı Genişliği	8*1.300 mm 4*800 mm
Kapı Yüksekliği	2.030 mm
Sürücü Kabini Sayısı	2
Artikülasyon Sayısı	4 Adet (5 Part)
Ray Açıklığı (Ekartman)	1.435 mm
Alt Ekipman Ray Kotundan Yükseklik	65 mm

Çizelge 5.2'nin devamı

Boji Merkezleri Arasında ki Mesafe	11.230 mm
Katener Yüksekliği	3.800 - 6.050 mm
Araç Ağırlığı ve Yolcu Kapasitesi	
Yolcu Adedi (6 kişi/m²)	287 (231 ayakta + 56 oturan)
Boş Ağırlık	44.000 kg
Boş Ağırlık/m	1.353 kg/m
Dolu Ağırlık	64.165 kg
Dolu Ağırlık/m	1.973 kg/m
Bojiler	
Ortalama Boş Aks Yüğü	7.550 kg
Ortalama Dolu Aks Yüğü	11.500 kg
Maksimum Aks Dizayn Yüğü	11.800 kg
Dizayn Aks Yüğü	12.500 kg
Tekerlek Çapı (Dış-İç)	620-540 mm
Tekerlek Genişliği	115 mm
Tekerlek Tipi	Esnek Tekerlek
Tekerlek Merkezleri Arası Mesafe	1.800 mm
Boji Motoru ile Beraber Ağırlık	4.600 kg
Motorsuz Ağırlık	3.600 kg
Dişli Çevrim Oranı	7,04
Tahrik Sistemi	
Araç Gücü	400 kW
Güç/Metre	12,30 kW/m
Dolu Güç/Ton	9,09 kW/ton
Besleme Voltajı	750 V DC
Motor Gücü	100 kW
Tahrik Sistemi	Katener
	Batarya
Sürücü Tipi	Asenkron Motor
Boji Motorları Bağlantı Şekli	Seri Bağlı
Motor Tipi	Asenkron Motor
Motor Gerilimi	3x420 V AC Motor

Çizelge 5.2'nin devamı

Motor Devri	Max. 4.800 d/dk Nom. 2.200 d/dk
Motor Armatür Akımı	183 A nominal
Motor Ağırlığı	385 kg
Motor Soğutma Şekli	Su Soğutmalı
Performans	
Maksimum Hız	70 km/sa
Hızlanma İvmesi	1,2 m/s²
Frenleme İvmesi	1,4 m/s²
Acil Frenleme İvmesi	2,16 m/s²
Yatay Kurp (Hatta)	25 m
Yatay Kurp (Depoda)	20 m
Dikey Kurp	300 m
Eğim	% 6
Frenler	
Frenleme Sistemi	Elektrik-Hidrolik(Disk) Elektromanyetik (Ray freni) Elektrodinamik (Motor)
Mekanik Frenler	Disk + Ray Freni
Ekipmanlar	
Yardımcı Güç Sistemi	2x İnverter 750V DC / 3x 400V AC;6kW (Motor) 4x İnverter 750V DC / 3x 400V AC;12kW (Kabin) 2x Batarya Şarjı 750V / 24V DC; 3,3kW (Batarya) 1x İnverter 24V DC / 230V 50Hz; 2,5 kW (Batarya Soketi)
Otomatik Kuplaj	Elektrik Başlıklı Otomatik Kuplör
Elektrik Kuplaj Tahrik Sistemi	24 V DC
Kuplaj Sıkıştırma Mukavemeti	400 kN
Kuplaj Çekme Mukavemeti	300 kN

Çizelge 5.2'nin devamı

Gövde	Çelik Şasi + Paslanmaya Mukavim Gövde
Akü	24 V DC
Kapı Kontrol Tahriği	Elektrik
Isıtma Havalandırma, Klima	Klima Salon HVAC 80 kW (4x20,4 kW) Kabin HVAC 2x 4 kW Isıtma Salon HVAC 32 kW (4x8kW) Kabin 2x5 kW

5.2 Araç Güvenlik Özellikleri

Halkın güvenliği her şeyden önce geldiği için tramvay aracı seçilirken güvenlik özellikleri dikkate alınması gereken en önemli kriterlerden biridir. Önceki bölümde şehirde şimdiye kadar kullanılmış olan iki araç tipinin de teknik ve fiziki özellikleri çizelgeler aracılığıyla açıklanmıştır. Bu bölümde ise şehirde şu anda kullanılmakta olan Skoda 28T tipi tramvay aracının güvenlik ile ilgili özellikleri aşağıda maddeler halinde açıklanacaktır. Bu bilgilere Skoda Transportation şirketi tarafından ulaşılmış olup, Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı tarafından temin edilmiştir. [32]

- **İvme Kayması ;**

Araçta ivme kaymasına karşı otomatik bir korunma sistemi bulunmaktadır. Sistem, tekerlerin kayma ve patinaj tespiti prensibi temelinde çalışmaktadır. Şayet araç kaygan bir ray üzerinde hızlanırken belli bir aksta ivme kayması meydana gelir ise, ASR bu bojinin çekiş gücünü mevcut komuttan bağımsız olarak azaltır. Adezyon (sürtünme) yeniden sağlandıktan sonra çekiş gücü yeniden istenilen asıl değere artar.

- Fren Blokajı ;

Araçta fren blokajına karşı otomatik bir korunma sistemi bulunmaktadır. Sistem, aksların devir sayısının karşılaştırılması ve aradaki hız farkının tespiti prensibi temelinde çalışmaktadır. Araç kaygan bir ray üzerinde fren yaparken, belli bir aks kayar ise, ABS bu bojinin fren gücünü mevcut komuttan bağımsız olarak azaltır. Adezyon (sürtünme) yeniden sağlandıktan sonra fren gücü yeniden istenilen asıl değere artar. ABS tespit edilmesi durumunda otomatik olarak kumlama başlar. Tüm bojilerdeki Elektrohidrolik frenler de ayrıca blokaja karşı koruma ile donatılmıştır. Blokaja karşı koruma bojiler bazında bağımsızdır.

- Fren Gücü Düzeltme;

Aracın yük durumunda, mevcut sürüş şartlarına bağlı ve otomatik olarak işletim freninin frenleme gücü düzeltilir. Uygulamada bu belli bir sınıra kadar aracın frenleme mesafelerinin uzamadığı anlamına gelir.

- Geri Yönde Gidişe Karşı Koruma;

Değerlendirilen sürüş direncine bağlı olarak hem kalkış esnasındaki asgari çekiş gücü düzeltilir, hem de aracın yokuşta durması esnasında mekanik frenlerin sağlanma usulü düzeltilir. Şayet frenler salındıktan sonra araç harekete geçmez ise, otomatik olarak devamlı frenleme uygulanır.

- Elektrodinamik Fren Devre Dışı Olduğu Durumlarda Korunma;

EDF arızalı olduğu tespit edilir ise, normal işletim rejiminde sürüş blokajlı olur ve frenleme gücü otomatik olarak mekanik fren tarafından devir alınır.

- 24 V DC Enerji Tüketimi Tasarrufu;

Şarj çalışmıyor ise veya batarya şarj cihazları arızalı ise, 24 V DC ağındaki önemli tüketimler otomatik olarak kısıtlanır.

- Arıza Tespiti Durumunda Teşhis (Diagnostik);

Teşhis sistemi işletim esnasında devamlı olarak aracın belli devrelerinin davranışını, işleyişini değerlendirir ve arıza tespit edilmesi durumunda otomatik olarak uygun bir müdahalede bulunur.

- Ulaşılan Hızlanma Kontrolü;
Araç belli bir zaman aralığı içerisinde mevcut çekiş gücüne, sürüş dirençlerine ve araç ağırlığına uygun bir şekilde hızlanmaz ise, çekiş gücüne blokaj konulur. Çekiş gücünün yenilenmesi ancak çekiş gücü komutunun sıfırlanması sonrasında mümkündür.
- Azami Hız Kontrolü;
Araç, sürüş esnasında aracın durumuna bağlı olarak azami izin verilen hızı belirler. Araç bu hızı aşmaz ve bu hızda sabit kalmaya çalışır.
- Ray Frenlerinin Aktif Olduğu Durumda Çekişin Blokajı;
Ray frenleri çalışırken çekiş gücü komutu 5 km/sa hızından yüksek hızlarda yasaktır. Bu sistem ray freni çalışırken çekiş gücünü arttırmayı engeller.
- Sürüş Halindeyken Gerilimsiz Makaslardan Geçilmesi Sırasında Çekiş Blokajı;
Makaslar üzerinden çekiş gücü ile enerji alarak geçmek yasaktır. Bölüme çekiş ile girilmesi durumunda, sürüş blokajlı olur. Çekiş gücünün yenilenmesi ancak çekiş gücü komutunun sıfırlanması sonrasında mümkündür.
- 24 V Batarya Şarj Durumu Kontrolü;
Aracın kumanda sistemi 24 V bataryasının durumunu kontrol eder. Şayet batarya gerilimi tehlikeli bir şekilde düşer ise, düşük gerilim olduğu gösterilir. İlk adımda sadece panel üzerinde sinyal lambası ve ekranda grafik olarak görsel şekilde belirtilir. Uzun süreli devam eden düşük gerilim durumunda ses sinyalizasyonu tetiklenir. Batarya şarjının kritik sınır altına düşmesi durumunda belli bir süre sonra batarya otomatik olarak kapanır, yani araç kapanır. Bu fonksiyon bataryanın tümüyle derin olarak boşalmasını engeller.
- Kapalı Ünite Hattı Durum Kontrolü;
Besleme ve araçtaki bakım işlerinin güvenlik denetimi amacı ile anahtar ile açılabilen ünitelerde aracın cer devrelerine ulaşıldığı için ünitelerin kapağının kapalı olduğunu tanıyan bir sensör konulmuştur. Cer motor üniteleri, cer bataryaları üniteleri, ekipman üniteleri ve şarj cihazı üniteleri söz konusudur. Şayet herhangi bir kapağın açık olduğu

tespit edilir ise, donanımsal olarak cer bataryalarının devreye girmesi blokaajlıdır.

- Sürücü Hali Denetimi;

İşletim güvenliğinin artırılması için araç sürücü halini denetleyen bir mekanizma ile donatılmıştır. Sistem, hareket kolunun devamlı olarak basılı olmasının kontrolü ve vatman faaliyetinin kontrolü esasında çalışır. Sürüş, serbest sürüş veya frenleme hallerinde hareket kolunun hareketini kontrol eder. Faaliyet görülmez ise özel bir ses uyarısı tetiklenir. Şayet ses uyarısının başlangıcından itibaren belli bir süre içerisinde yukarıdaki şartlardan biri yerine getirilmez ise otomatik olarak azami işletim freni uygulanacaktır.

- Yolcu Kapılarında Engel Olması Durumunda Kapanma;

Kapılar, sıkıştırmaya karşı koruma ile donatılmıştır. Seçilen kapama rejimine bağlı olarak (yoğun yolcu / az yolcu) kapılar kapanırken bir engel tespit edilir ise kapanma süreci durup, kapılar kısmen veya tamamen açılır ve tekrar kapanmaya başlar. Engel tespit edilmesi durumunda hem görsel hem işitsel uyarı tetiklenir. Şayet engel kalkmaz ise bu süreç üç defa tekrarlanır ve sonra kapılar açık kalır.

- Kapı Alanının Aydınlatılması;

Kapı alanı aydınlatması, daima dış aydınlatmanın açık olmasına ve söz konusu kapının açık olmasına bağlıdır. Kapıların kapanması esnasında ayrıca uyarı ışığı yanar ve uyarı zili çalar. Şayet herhangi bir kapı devamlı olarak dört köşeli anahtar yardımıyla devre dışı bırakılmış ise uyarı ışığı devamlı olarak yanar. Şekil 5.5'te tramvay iç dizaynı ve kapı bölmelerine ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 5.5: Skoda 28T tipi tramvay aracına ait iç dizayn görüntüsü [33].

- Yolcu Acil Durum Freni;

Her bir karşılıklı kapı çiftinde kırmızı renkli yolcu acil durum freni şalterleri bulunmaktadır. Şalterler suistimale karşı mühür ile korunmuştur. Şalterin sağ tarafa çevrilmesi yolcu acil durum freni aktivasyonu talebi yaratır. Sürücü bu talebi görür ve 5 saniyelik bir süre içerisinde geçici olarak blokaj koyabilir, fren talebini erteleyebilir. Şayet talep sürücü tarafından bloke edilmez ise süre dolumu sonrasında acil durum frenlemesi devreye girer, bunun etkisi azami işletim frenine eşittir. Yolcu acil durum freni daima aracın duruşuna ve park edilişine kadar aktif kalır. Sürüşe devam edilebilmesi için yolcu acil durum freni şalterinin esas konumuna geri getirilmesi gereklidir. Şekil 5.6’da yolcu acil durum frenine ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 5.6: Skoda 28T tipi tramvay aracına ait iç dizayn görüntüsü 2 [33].

- **Makas Kumandası;**

Araç üzerinde makasların uzaktan kumandası için herhangi bir elektronik sistem yoktur. Ancak makaslar, aracın ekipmanları arasında bulunan makas demiri ile manuel olarak yönetilebilir. Her makas geçişi öncesinde vatman görsel olarak makasın doğru konumunu teyit etmelidir. Makas bölgelerinde görerek sürüş kuralları geçerlidir.

6. KONYA'DAKİ TRAMVAY HATLARININ İNCELENMESİ

Konya'da mevcut durumda bölüm 4'te bahsedildiği üzere iki adet aktif halde işletimde olan tramvay hattı bulunmaktadır. Bu hatlardan ilki, belirli bir kısmı 1992 yılında hizmete giren ve yıllar içerisinde uzatma işlemlerine tabi tutulan Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattıdır. Diğer hat ise 2015 yılının son aylarında hizmete giren Alaaddin-Adliye tramvay hattıdır. Alaaddin-Selçuk Üniversitesi ve Alaaddin-Adliye hatlarının Alaaddin bölgesinde aynı güzergahı kullanmalarından dolayı birçok ortak özelliği bulunmaktadır. Aynı şekilde farklılaşan yol güzergahları, konum ve gelişen teknolojinin kullanılması göz önüne alındığı zaman bu iki hattın birbirinden farklılaşan özgül özellikleri de bulunmaktadır. Bu bölüm tezin ana konusunun işlenileceği kısmı olduğu için bu özelliklerin tümü detaylıca ele alınacaktır. Bu özelliklerden iki hat için de ortak olanlar bölüm 6.1'de belirtilecektir. Hatların farklı olan özellikleri ise o hatta ait ilgili bölümde açıklanacaktır. Bu özellikler kısaca; hat karakteristikleri, geometrik özellikler, hattın standartlara uygunluğu, durak bilgileri, elektrikleştirme özellikleri, pik yolcu sayısı ve saatleri, hat kaza durumu, enerji sarfıyatı... vb'dir [75,76,78,88].

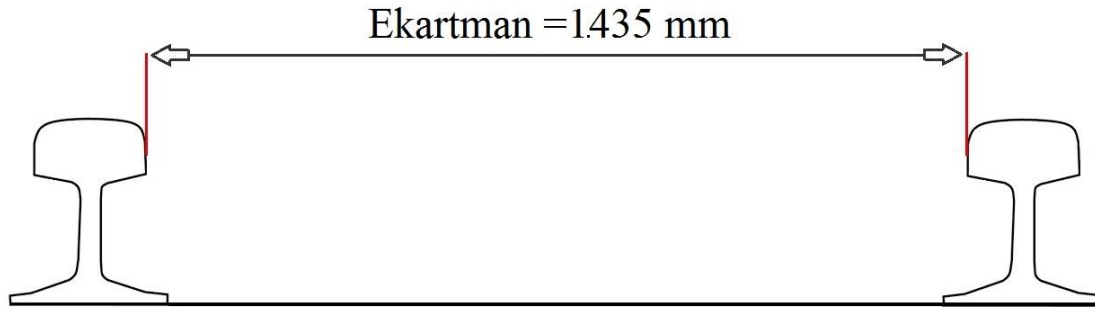
6.1 Konya'daki Tramvay Hatlarının Ortak Özellikleri

Bu bölümde kentte bulunan tramvay hatları genel hatlarıyla ele alınacaktır. Bu hatlardan ilki olan Alaaddin-Selçuk Üniversitesi Hattı, bölüm 4.2'den hatırlayacağımız üzere Türkiye'nin İstanbul'daki T1 Kabataş- Bağcılar Hattı ile beraber, ilk modern tramvay hattı unvanını elinde bulundurmaktadır. 2013 yılında yapımına başlanan Alaaddin-Adliye Hattı ise yine ülkemizdeki ilkleri barındıran tramvay hatlarından biri olup Türkiye'nin ilk katenersiz tramvay hattı unvanını elinde bulundurmaktadır. Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattı ile Alaaddin-Adliye hatları ray özellikleri, beton cinsleri, ray bağlantı kaynakları ve kullanılan demiryolu makasları bakımından ortak özelliklere sahiptir. Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattında, hattın düz kesimlerinde 49E1 mantar (vinyol) ray ve hemzemin geçitler ile köprülerde ise 60R1 oluklu ray kullanılmıştır. Aynı şekilde Alaaddin-Adliye hattında da düz

kesimlerde 49E1 mantar ray, hemzemin geçitlerde de 60R1 oluklu ray kullanılmıştır. Bu iki hat üzerinde de aynı rayların kullanılmasının ana sebebi, Alaaddin bölgesinde iki hattında aynı güzergahı kullanması olmuştur. Hatların hemzemin geçitlerinde kullanılan beton özellikleri de aynı olup C65/80 beton kullanılmıştır. Bu betonun seçilmesinde etkili olan etken ise standartlara uygun olmasıdır. İki hattın da ray bağlantı cinsi alimnotermit kaynak olup, bunun sebebi de yine standartlara uygunluktur.

6.1.1 Konya'daki tramvay hatlarının ray ve ekartman özellikleri

şehirdeki tramvay hatlarının ray ve ekartman özellikleri bu bölümde incelenecektir. Hatların ekartman ölçüsünü açıklamadan önce ekartman ölçüsünün ne anlama geldiğini açıklamak gerekirse; tren yolu ekartmanı, hat üzerinde bulunan rayların i yüzleri arasında bulunan mesafeyi ifade etmektedir. Kentte bulunan iki tramvay hattı da Avrupa normlarına uygun şekilde yapıldığı için ekartman ölçüsü olarak 1.435 mm kullanılmıştır. şekil 6.1'de kentte bulunan tramvay hatlarının ekartmanına ait tarafımdan çizilmiş bir görsel gösterilmiştir.



şekil 6.1: Konya'daki tramvay hatlarının ekartmanı

Hatların üzerinde kullanılan raylarda aynı olduğu için, bu rayların özellikleri de bu bölümde açıklanmıştır. Bu raylara ait resimler şekil 6.2 ve şekil 6.3'te gösterilmiştir. Raylara ait kesit resimleri şekil 6.4 ve şekil 6.5'te açıklanmış ve ilgili şeklin altında kesit özellikleri de belirtilmiştir. Raylardan 49E1 olarak adlandırılan mantar (vinyol) tipi rayın Türkiye'de üretimi bulunmaktadır. 60R1 olarak adlandırılan oluklu rayın ise ülkemizde üretimi olmayıp yurtdışından ithal edilmektedir. Bu ray özel bir ray olup,

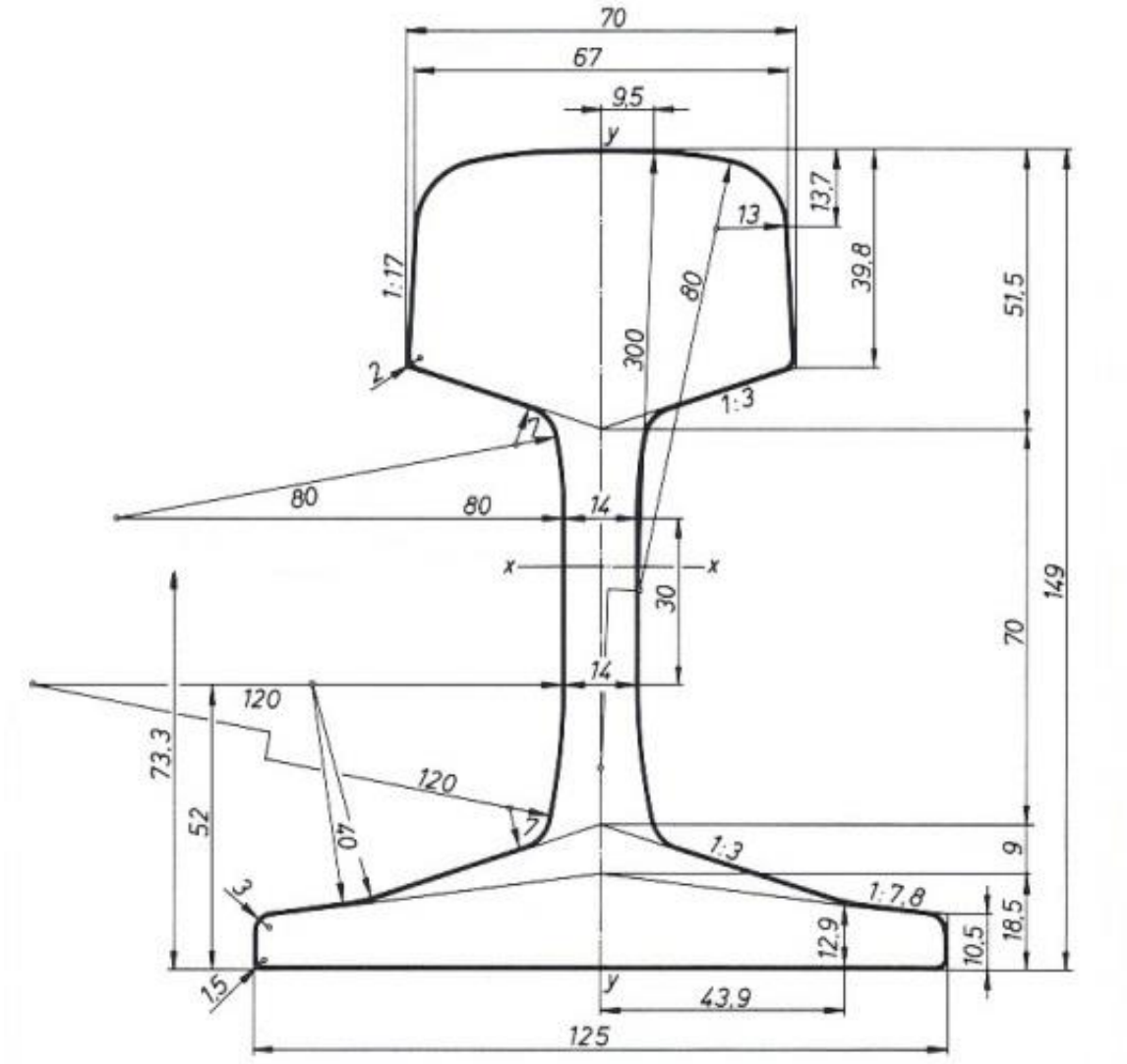
genellikle hemzemin geçitlerde ve depo sahalarındaki makas bölümlerinde kullanılmaktadır.



Şekil 6.2: 49E1 mantar (vinyol) ray resmi [34].



Şekil 6.3: 60R1 oluklu ray resmi [35].



Şekil 6.4: 49E1 mantar (vinyol) ray kesiti [36].

Mantar Ray [57]

Profil (sürekli kaynaklı ray):

49 E1

Atalet momenti:

$I = 1.823 \text{ cm}^4$

Enkesit alanı:

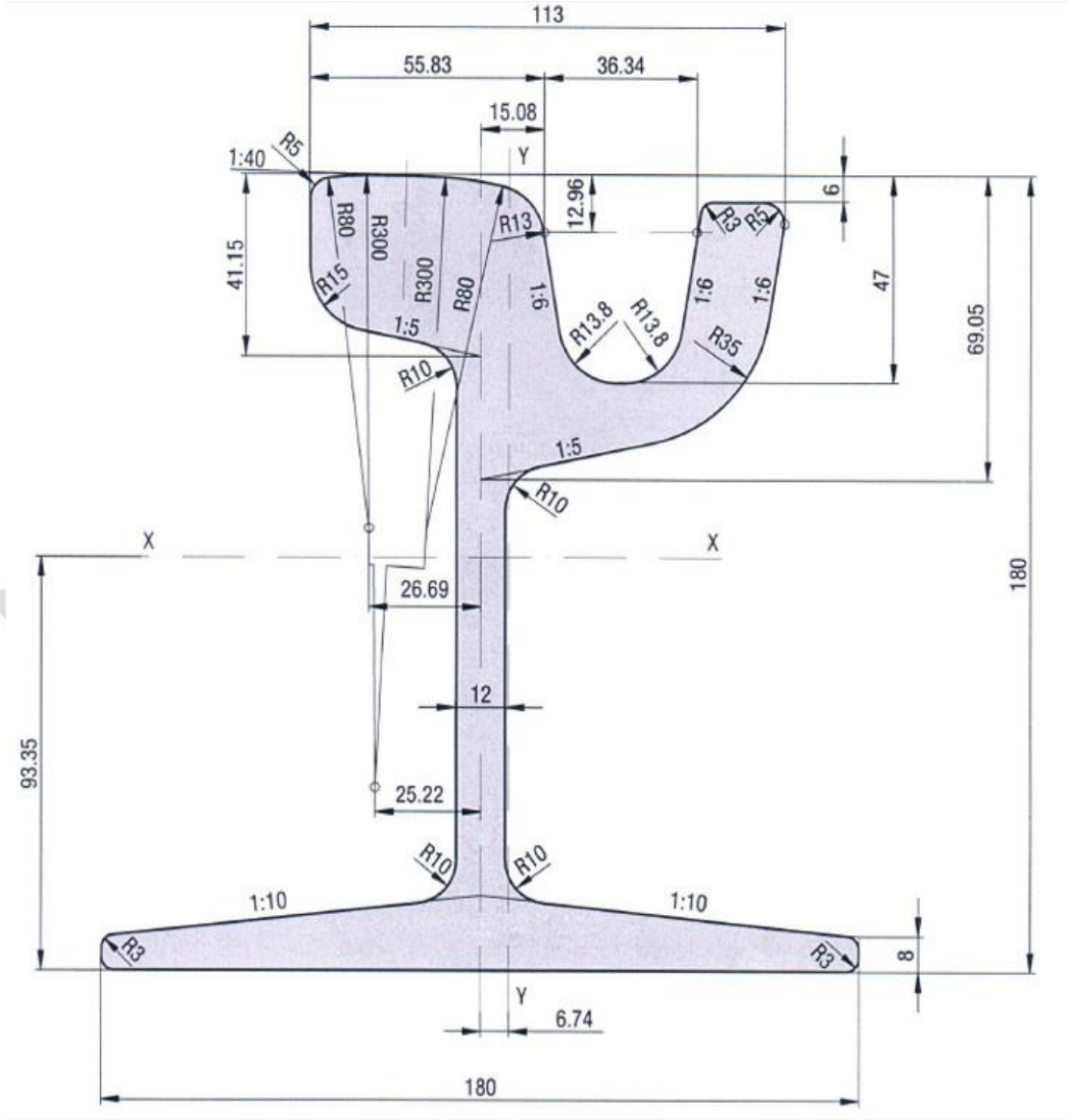
$S = 6.292 \text{ mm}^2$

Ray taban genişliği:

$b_{\text{ray}} = 125 \text{ mm}$

Yükseklik:

$d_{\text{ray}} = 149 \text{ mm}$



Şekil 6.5: 60R1 oluklu ray kesiti [37].

Oluklu Ray [57]

Profil (sürekli kaynaklı ray):

60 R1

Atalet momenti:

$I = 3.334 \text{ cm}^4$

Enkesit alanı:

$S = 7.705 \text{ mm}^2$

Ray taban genişliği:

$b_{\text{ray}} = 180 \text{ mm}$

Yükseklik:

$d_{\text{ray}} = 180 \text{ mm}$

6.1.2 Konya'daki tramvay hatlarında kullanılan beton malzemesi özellikleri

Bu bölümde, kentte bulunan tramvay hatlarının ikisinde de farklı kesimlerde kullanılan beton malzemesinin özellikleri açıklanacaktır. Bu beton malzemesi C65/80 olarak adlandırılan ve karakteristik silindir numune (150 mm x 300 mm) basınç dayanımı 65 MPa olan malzemedir. Malzemenin ismindeki 80 sayısı ise yine aynı şekilde basınç dayanımından gelmekte olup, betonun küp numune (150mm x 150 mm x 150 mm) basınç dayanımı ise 80 MPa'dır. Bu beton malzeme, Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattı üzerinde traverslerde ve hemzemin geçitlerin tabanında kullanılmıştır. Yeni yapılan Alaaddin-Adliye hattında ise travers kullanılmamış, hat çimli hat olarak yapılmıştır. Bu hat üzerinde ise beton malzemesi hattın tamamı boyunca çimin altındaki kısım boyunca tabanda ve yine hemzemin geçitlerin tabanında kullanılmıştır. Hatlarda kullanılan beton malzemesinin karakteristik özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Beton [39]

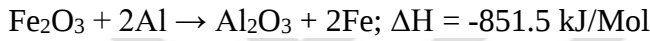
Dayanım sınıfı:	C 65/80
Ortalama çekme dayanımı:	$f_{ctm} = 4,49 \text{ Mpa}$
Ray oturma alanında eğilme çekme dayanımı:	$f_{ct,fl,RS} = 6,22 \text{ Mpa}$
Travers merkezinde eğilme çekme dayanımı:	$f_{ct,fl,SC} = 6,39 \text{ Mpa}$
28 gün sonra karakteristik silindir dayanımı:	$f_{ck} = 65 \text{ Mpa}$
28 gün sonra karakteristik küp dayanımı:	$f_{ck,cube} = 80 \text{ Mpa}$
Sekant modülü:	$E_{cm} = 39.941 \text{ Mpa}$
Azami dayanımda şekil değiştirme:	$\epsilon_{c2} = 2,357 \text{ ‰}$
Nihai şekil değiştirme:	$\epsilon_{cu2} = 2,737 \text{ ‰}$
Poisson oranı:	$\nu = 0,2$
Özağırlık:	$\gamma_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$
Sıcaklık uzama katsayısı:	$1,00 \text{ E-05 } 1/K^\circ$
Çimento tipi:	CEM I 42,5 R

6.1.3 Konya'daki tramvay hatlarında kullanılan alüminotermite ray kaynağı

Demiryolu taşımacılığında konfor ve emniyete etki eden faktörler arasında ray birleşim bölgeleri önemli bir yer tutmaktadır. Ray birleşim bölgeleri, hatların en zayıf bölgelerinden biridir. Konfor, emniyet ve maliyet açısından önemine bağlı olarak bu bölgelerin imalatına özen gösterilmesi gerekir. Ayrıca demiryolu bakımlarında da en

önemli kesimlerinden biri ray birleşim bölgeleridir. Dünya genelinde yaygın olarak 2 tip ray birleştirme yöntemi kullanılmakta olup, bu yöntemler ray birleştirme kaynağı ve cebireli birleşimdir. Ray birleşim kaynağı da kendi içerisinde 4 tipe ayrılmaktadır. Bu tipler içerisinde, ‘özel bir durum olmadıkça’ konfor, emniyet ve maliyet kriterleri göz önüne alındığı zaman en uygun olanı alüminotermi ray kaynağıdır. Konya Şehri’ndeki tramvay hatlarında da bu ray birleştirme yöntemi kullanılmış olup, bu kaynak türü ve birleştirme işlemi aşağıda detaylıca açıklanmıştır. [41]

Alüminyum elementi metal oksitlerle reaksiyona girebilmektedir. Özellikle bu elementimizin demir oksitler ile reaksiyona girmesi sonucu ortaya yeni, sağlam ve endüstriyel açıdan kaliteli bir malzeme çıkar. Ortalama 2.370 °C’de gerçekleşen bu reaksiyon sonucunda oluşan bu malzemeye termi adı verilir. Malzemenin kimyasal reaksiyonu aşağıda gösterilmiştir.



Bu reaksiyon sırasında demir oksit alüminyum karışımı 25.000 °C civarında sıcaklığı olan bir eriyik hâline gelir. 15-30 sn süren reaksiyon sırasında demir metali ağır olduğu için alta çöker ve (Al₂O₃) alüminyum oksit (cüruf) hafif olduğu için potanın üst kısmında toplanır.

Termi denilen malzemenin ateşe dayanıklı potalar içerisinde eritilerek iki ray arasında bırakılan kaynak aralığına akıtılmak suretiyle yapılan kaynağa alüminotermi ray kaynağı denir.

Potanın alt kısmından açılan delikten bir kalıbın içine akıtılan eriyik kalıp içinde bulunan ray uçlarını da eriterek birleştirir ve kalıbın şeklini alır. Fazlalıklar sıyrıldığında düzgün kaynaklanmış bir ray profili elde edilir. Yapılan bu işlem esnasında çekilmiş bir görüntü Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



Şekil 6.6: Alüminotermite ray kaynağı yapımı [40].

Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra mutlaka kaynak kontrolü yapılmalıdır. Bu hayati bir önem taşımaktadır. Çünkü ray kaynağında herhangi bir bozukluk olursa bu ilerleyen zamanlarda rayın ayrılmasına ve bundan dolayı derayman olayına sebep olabilmektedir. Derayman durumunda da miktarı belli olmamakla beraber hem maddi zararlar hem de insan hayatını tehlikeye sokacak durumlar oluşmaktadır. Raylar kontrol edilirken yapılması gereken iki yöntem vardır. Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır;

- Göz Kontrolü: Gözle doğrudan görülmeyen cebire yatakları, taban altındaki çıkıntılar ayna kullanılarak muayene edilir. Bu kontrolde ray ile kaynak malzemesi arasında metal deformasyonu ray ile ergimiş metalin kaynaşmaması, ray maddesinin içine cüruf ve camlaşmış kum tanelerinin nüfuz etmesi, kırıklar, çatlaklar, kum, cüruf, iğne delikleri ve metal deformasyonları olmamalıdır. Kaynak yüzeyinde herhangi bir çukur, leke ve görünür bir bozukluk olmamalıdır. Yuvarlanma yüzeyi, mantar üstü bölgelerinde devamsızlık, kaynak malzemesi azlığı vb. olmamalı, kaynak yüzeyi düzgün ve pürüzsüz olmalıdır. Gözle görülemeyen kusurlar özel aletlerle kontrol edilmeli, bunların yenilenmesine kaynak uzmanlarınca karar

verilmelidir. Gerekğinde tahribatsız muayene metodu ile kaynak kontrolü yapılmalıdır.

- Geometrik Kontrol: Göz kontrolünden sonra 1 metrelik masterla geometrik kontrole geçilir. Master kaynak bölgesini ortalayacak şekilde ray mantarının üst ve yan yüzeyleri kontrol edilir. Ray mantarının üst kısmında yapılan ölçümde masterların orta kısmındaki düşüklük 0.15 mm'yi geçmemelidir. Masterın her iki yanında yapılan ölçümlerde toplam boşluk 1 mm'yi geçmemelidir. Yuvarlanma yüzeyinde oluşacak herhangi bir çukurluk normal yollarda 1/500, yüksek hız yapılan yollarda 1/1000 eğiminden küçük olacak şekilde düzeltilmelidir. Bu düzeltmeler ray mantarında kesit kayıtlarına sebep olmamalıdır [42].

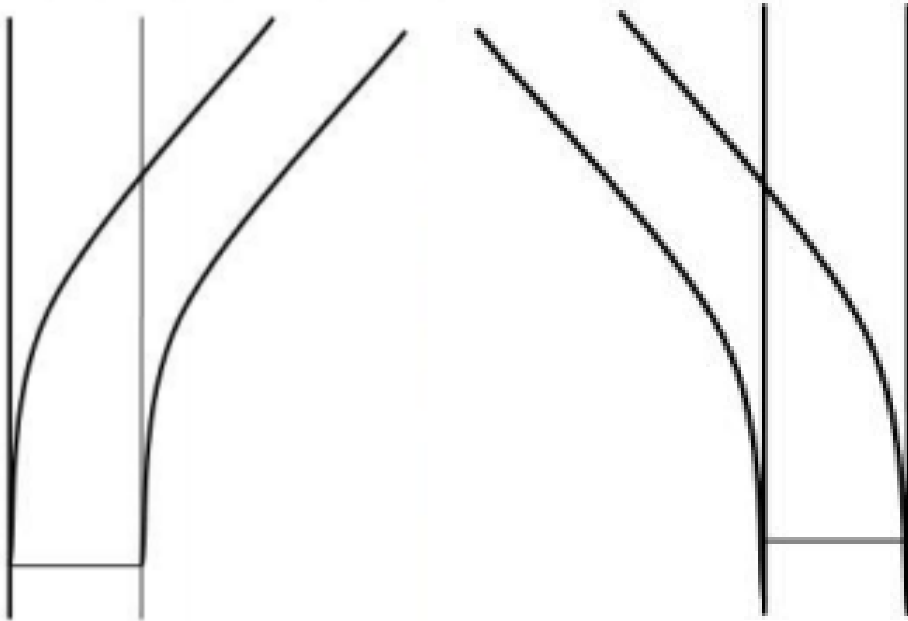
6.1.4 Konya'daki tramvay hatlarında kullanılan demiryolu makasları

Demiryolları prensip olarak tek yönlüdür. Bu sebeple araçların bir yoldan diğerine geçmesi için bir mekanizma kullanılması gerekir. Bu mekanizmaların adına demiryolu makası denir. Yani bu sistemler iki demiryolunu, birleştiren ve ayıran sistemlerdir. Makasların çalışma prensibini kısaca açıklayacak olursak;

Makas düzeni temel olarak 2 makastan oluşur. Bu makas raylar dıştan, kesintisiz devam eden esas raylara birbirini takiben dayanır. Demiryolu üzerindeki trenin değiştirileceği yöne göre lokomotifin ön tekerlekleri, makas raylarla sola ya da sağa yönlendirilebilir. Bu durumda tekerlekleri esas rayların kesiştikleri yerden geçebilmeleri için kavşak ray denilen bir başka düzen karşılır. Eğer makasın bulunduğu yerde hattın devamı olan tren yolu sağa yönelip devam ediyorsa bu makasa sağ atımlı makas, hattın devamı olan tren yolu sola yönelip devam ediyorsa da bu makasa sol atımlı makas denir. Şekil 6.7'de sol atımlı basit makasa ait bir görsel verilmiştir. Şekil 6.8'de ise şematik olarak sağ ve sol atımı belirten basit makaslar gösterilmiştir.



Şekil 6.7: Basit makas görünüşü [52].



Şekil 6.8: Sırasıyla sağ ve sol atımlı makasın şematik görünüşü [54].

Demiryolu makasları, arazi düzeni mahallinde bir manevra koluyla, uzaktan makas kulübesinden makas çubukları yoluyla veya elektrikli sistemlerle çalışırlar.

Demiryolundaki trenlerin makaslardan geçmeleri esnasında kilitleme aletleri, makas rayların değişmez bir durumda kalmalarını sağlamaktadır. Makaslar yerlerine iyice yerleşip kilitlendikten sonra kontrol sistemi yolun açık olduğunu bildiren sinyali gönderir.

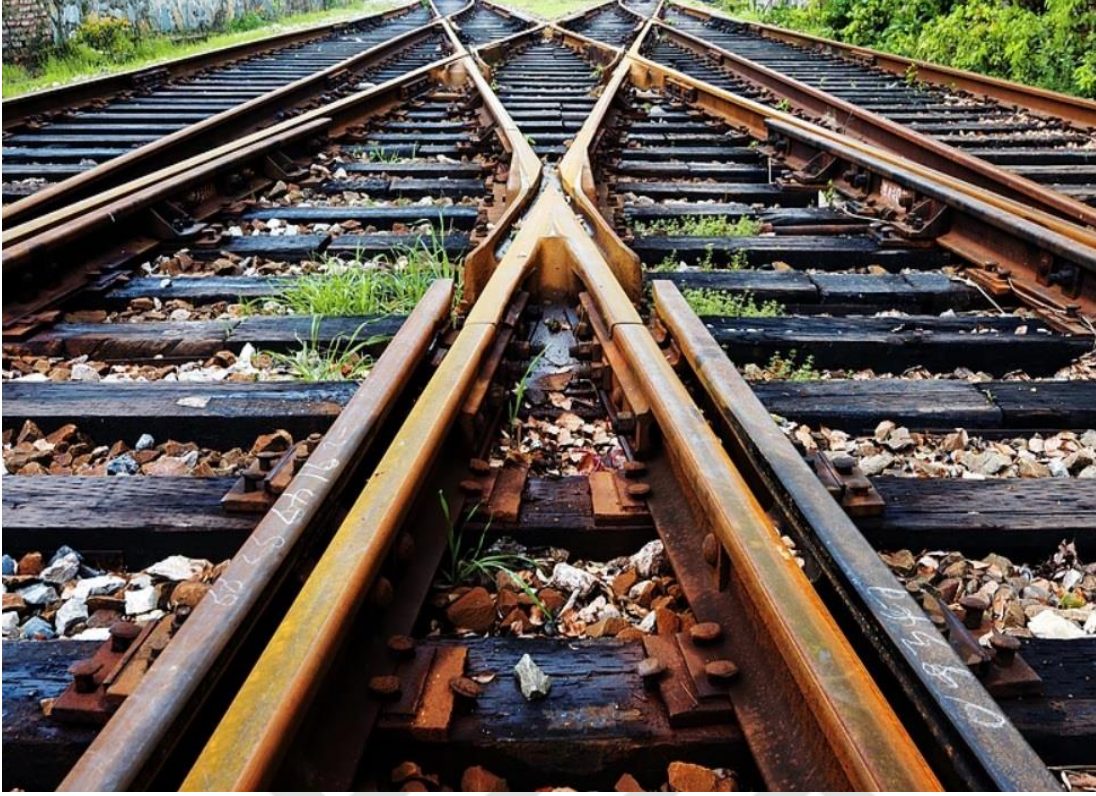
Bir vagona yönelik bulunduğu yola dikey bir yön verilmek istenildiği zaman dairesel bir yol üzerinde dönen tekerciklerin taşıdığı bir döner alandan yararlanılmaktadır.

Demiryolu Makas Çeşitleri;

- Basit makas,
- Birleşik makas,
- Kruvazman makası,
- Çapraz makas,
- S makas.

Makaslar dil takımı, ara raylar, tavşan ayağı ve göbek takımı gibi ana parçalardan oluşurlar. Makasların boyutları çeşit ve tiplerine göre değişmektedir [54].

Konya'daki Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattı üzerinde basit makas ve kruvazman makası kullanılmıştır. Kruvazman makasının bu hat üzerinde kullanıldığı yer depo sahası olup hat üzerinde kullanılmasına imkân yoktur. Çünkü kruvazman makasının kullanılma amacı bakım ve depo işlemleri için olup bu hat üzerinde Sakarya Depo, Bakım ve Stok Sahası üzerinde kullanılmaktadır. Basit makas ise hem hat üzerinde, hem depo sahasında hem de hemzemin geçitlerde kullanılmış olup amaç tramvayların bir yoldan diğerine geçişini sağlamaktır. Şekil 6.9'da kruvazman makasına ait bir görsel bulunmaktadır. Tramvay hattı üzerindeki tüm makasların çalışması, elektrik sistemi sayesinde işletim merkezi üzerinden yapılmaktadır. Oluklu ray makası ise nihayetinde bir basit makas sistemi olup, bu ismi almasının sebebi sadece kullanılan rayın farklı olmasından dolayıdır. Şekil 6.10'da da oluklu ray makasına ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 6.9: Kruvazman makası görünüşü [53].



Şekil 6.10: Oluklu ray makası görünüşü [55].

6.2 Konya'daki Tramvay Hatlarını Birbirinden Ayıran Diğer Özellikleri

Bölüm 6.1'de şehirde bulunan hatların ortak özellikleri verilmişti. Fakat bu özelliklerin aksine hatların birbirinden farklı olan birçok özelliği daha bulunmaktadır. Bu bölümün amacı farklılaşan bu özellikleri detaylıca ele almak ve aradaki farkı mukayese edebilmektir. Bu bölümün ilerleyişine baktığımız zaman öncelikli olarak Bölüm 6.2.1'de Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı detaylıca incelenecek olup, akabinde ise Bölüm 6.2.2'de Alaaddin-Adliye tramvay hattının incelemesi yapılacaktır. Yapılacak olan bu çok yönlü incelemenin içeriğine bakacak olursak;

- Hat uzunluğu,
- Hemzemin, çim veya balastlı hat uzunluğu,
- Minimum kurp yarıçapı, maksimum eğim ve dever,
- Makas sayıları,
- Elektriklendirme sistemi,
- Travers özellikleri,
- Peron uzunluğu,
- Maksimum hız,
- İşletme hızı ...vb. gibi konulardır.

6.2.1 Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı

Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının yapımına 1988 yılında başlanmıştır. 28.09.1992 tarihinde hattın ilk etabı olan Alaaddin-Cumhuriyet arasındaki 23 km/tek hatlık kısmı hizmete açılmıştır. Bu kısım 19 duraktan oluşmaktadır. 1994 yılında bu hattın uzatılması kararlaştırılmış ve zaman kaybetmeden inşa faaliyetlerine başlanmıştır. 19.04.1996 tarihinde açılışı yapılan mevcut hat Cumhuriyet durağından Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüsü girişine kadar uzatılmış ve bu sayede mevcut hattın uzunluğu 36.5 km/tek hatta çıkmıştır. Bu uzatma işlemi ile beraber şehrin toplu ulaşım sorunu önemli ölçüde çözülmüş ve 11 yıl boyunca şehre raylı sistem anlamında yeni bir ulaşım sistemi yatırımı yapılmamıştır. 2006 yılına geldiği zaman mevcut hatta yeni bir uzatma işlemi yapılmasına karar verilmiştir. Bu kararın alınmasında artan öğrenci nüfusu ve büyüyen üniversite kriterleri etkili olmuştur. 2006 yılında başlayan hat uzatma işlemi 2007 yılında tamamlanmış ve aynı yıl içerisinde 15.08.2007 tarihinde hizmete açılmıştır. Bu işlem sayesinde şehirde tek

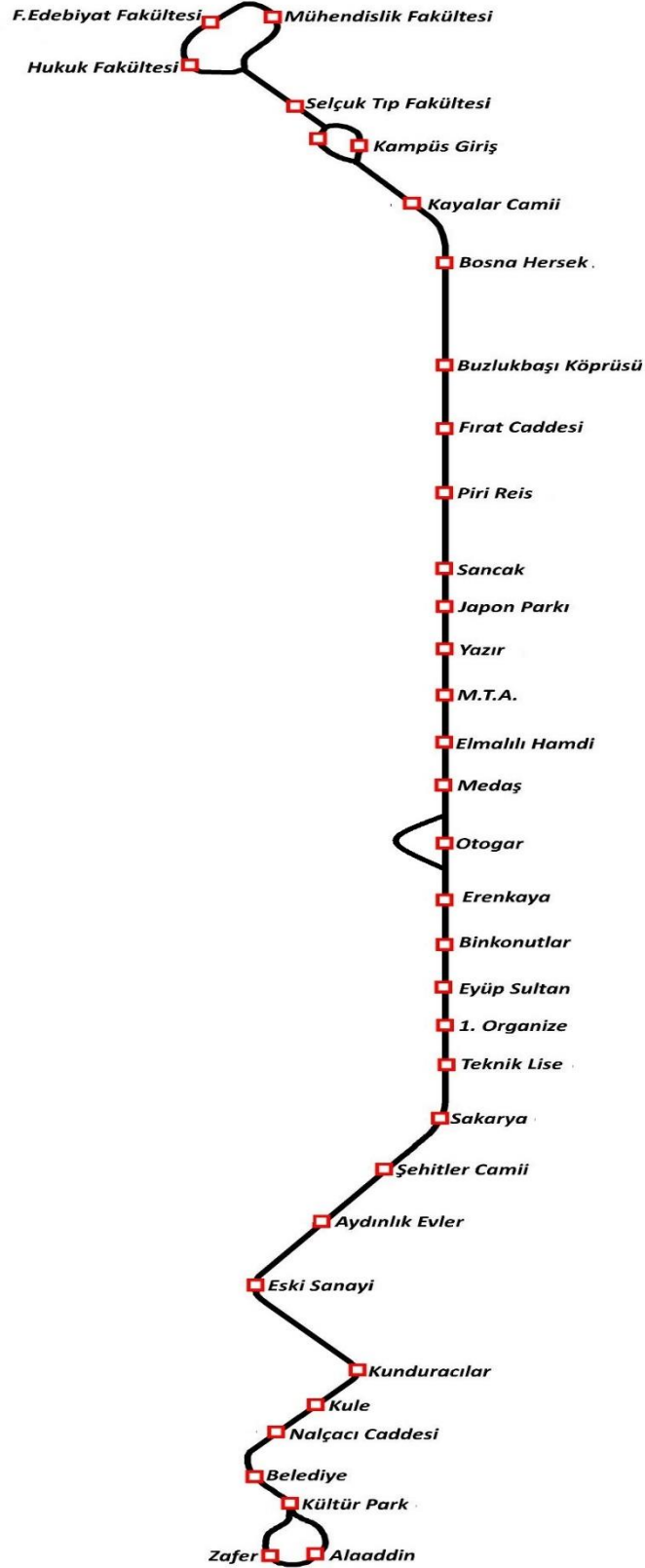
hat olma unvanını koruyan tramvay hattı 42.5 km/tek hat uzunluğuna ulaşmış ve Türkiye'deki en uzun tramvay hattı olmuştur. 2007 yılından günümüze kadar bu tramvay hattında herhangi bir uzatma işlemi olmamış ve 2013 yılında Alaaddin-Adliye hattı yapım işlemi devam ederken bu hat üzerinde de yenileme çalışmaları yapılmıştır. Günümüzde hala aktif olarak kullanılan bu hat şehrin toplu ulaşımının ana omurgasını oluşturmaktadır. Bu hat balastlı bir hat olup hattın inşasında B58 monoblok travers ve bölüm 6.1.1'de özellikleri açıklanan 49E1 mantar (vinyol) tipi ray kullanılmıştır. Hattın üzerindeki hemzemin geçitler ve köprülerde ise zemine gömülü tip betonarme plak kullanılmıştır. Hemzemin geçitler ile köprülerin olduğu kısımlarda 60R1 tipi oluklu ray kullanılmıştır. 2013 yılında yapılan iyileştirme çalışmalarında hemzemin geçitlerde oluşan deplasmanları azaltmak ve gürültüyü minimumu indirmek amacıyla CDM adı verilen özel bir izolator ile raylar kaplanmıştır. Bu izolator malzeme aynı zamanda Alaaddin-Adliye tramvay hattının ray bağlantı malzemesi olduğu için, malzeme ile ilgili detaylı açıklama ilgili bölümde yapılacaktır. Tramvay hattının üzerinde mevcut halde 33 adet durak bulunmaktadır. Bu durakların isimleri zaman içerisinde bazı değişimlere ve eksilip artmalara maruz kalmıştır. Hat üzerinde 2013 yılından beri güncel olarak kullanılan durakların isimleri ise aşağıda maddelenmiştir. Şekil 6.11'de Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattına ait bir görsel gösterilmiştir.



Şekil 6.11: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattından bir görünüş [51].

- Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı durakları:
 - Alaaddin – Zafer – Kültürpark – Belediye - Nalçacı Caddesi – Kule – Kunduracılar – Eski Sanayi – Aydınlık Evler – Şehitler Camii – Sakarya – Teknik Lise – 1. Organize – Eyüp Sultan – Binkonutlar – Erenkaya Caddesi – Otogar – Medaş – Elmalılı Hamdi – MTA – Yazır – Japon Parkı – Sancak – Piri Reis – Fırat Caddesi - Buzluk Başı Köprüsü – Bosna Hersek – Kayalar Camii – Kampüs Giriş – Selçuk Tıp Fakültesi – Mühendislik Fakültesi – Fen Edebiyat Fakültesi – Hukuk Fakültesi

Hat üzerinde 2013 yılında yapılan bakıma kadar 35 durak bulunmaktaydı ve durak isimleri olarak Őimdiki isimlerden bazıları farklıydı. Kaldırılan iki duraktan ilki Eski Sanayi ile Aydınlık Evler duraklarının arasındaki Altge it durağıydı. Diğ r bir kaldırılan durak ise, hattın 1992 yılında hizmete açıldığı zamanki birinci etabının son durağı olan Cumhuriyet durağıydı. Bu durak ise Erenkaya Caddesi ile Otogar arasında bulunmaktaydı. Hat 1992 yılında ilk kullanıma açıldığı zaman Şehrin otogarı bu bölgede değıldi ve Şekil 6.12'deki güzergâh planında da görüldüğü üzere Őimdiki otogarin olduğu bölümde tramvayların depo, dönüş, bakım ve makas işlemlerinin gerçekleştirildiği bir dönüş sahası vardı.



Şekil 6.12: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı güzergâh planı [30].

Alaaddin ve Selçuk Üniversitesi bölgesi arasındaki şehrin ilk tramvay hattının geometrik özellikleri Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Bu özelliklerden ilgili olanlarla ilgili gerekli açıklamalar ayrıca alt başlıklarda yapılmıştır [30].

Çizelge 6.1: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının geometrik özellikleri [30].

Alaaddin-Selçuk Üniversitesi Tramvay Hattı Geometrik Özellikleri	
Hat Toplam Uzunluğu	42,5 km/tek hat
Hemzemin Hat Uzunluğu	11 km/tek hat
Balastlı Hat – Çim Hat Uzunluğu	31,5 km/tek hat (Balastlı Hat)
Toplam Makas Sayısı	44 Adet (2 Adet S49 Makası, 1 Adet Kruvazman Makası, 41 Adet Oluklu Ray Makası.)
Ana Hat Üzerindeki Makas Sayısı	15 Adet
Ray Tipi	Balastlı Kısımda 49E1 Mantar Ray, Hemzemin Kısımda 60R1 Oluklu Ray.
Travers Tipi	B58 Monoblok Beton Travers
Ekartman Genişliği	1.435 mm
Bağlantı Tipi	Alaaddin-Selçuk Üni. Girişi (K Tipi) Kampüs İçi (HM Tipi (Vossloh))
Kurp Yarıçapı (min)	Atölye içi (25 metre), Ana güzergahta (50 metre)
Hat Üzerinde Mak. Değer	130 mm
Hat Üzerinde Mak. Eğim	%3
Peron uzunluğu	70 mt.
Enerji Beslemesi	750 V DC
Katener Yüksekliği	5,00-5,70 metre arası

Çizelge 6.1'in devamı

Trafo Güçleri	GW1=1,1 MVA (6 puls), GW2=2,2 MVA (6 puls), GW3=1,1 MVA (6 puls), GW4=2,2 MVA (6 puls), GW5=1,1 MVA (6 puls), GW6=1,1 MVA (6 puls), GW7= 1,1 MVA (12 puls).
Trafolar Arası Mesafe	GW1-GW2 arası 3,850 metre, GW2-GW3 arası 3,850 metre, GW3-GW4 arası 3,200 metre, GW4-GW5 arası 3,200 metre, GW5-GW6 arası 3,150 metre, GW6-GW7 arası 3,350 metre.
Maksimum Hız	Projelendirme Hızı: 70 km/sa, Sınırlandırılmış Araç Hızı: 60 km/sa.
İşletme Hızı	23 km/sa
Depo Sahası	60.000 m ² (6.000 m ² Kapalı Alan)
Tekerlek Çapı (Dış-İç)	620 – 540 mm

Bu hattın yapımında B58 tipi monoblok beton travers ve bu kısımda 49E1 mantar (vinyol) ray kullanılmıştır. Bu travers ve hat yapılırken ilgili şartnamelerden yararlanılmıştır. Bu şartnameler kaynak olarak gösterilmiş olup, o dönemde hangi basımından yararlanıldığı bilinmediği için şu anda güncel versiyonlarından kaynak olarak faydalanılmıştır [43,44].

Konya Büyükşehir Belediyesi, Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattını kendi bünyesindeki ekiplerine inşa ettirdiği için bu hat üzerinde kullanılan travers ve rayları, o dönem ihale usulü ile tramvay araçlarını aldığı Alman Obermeyer – Rail Consult firmasından satın almıştır. Fakat 2007 yılında yapılan Selçuk Üniversitesi Kampüs İç hat uzatma işleminde ise travers ve ray teminini, işi yüklenen Yapı Merkezi İnş. Ve San. A.Ş.-Yapıray Demiryolu İnş. Sis. San. Tic. A.Ş. İş Ortaklığı sağlamıştır. Bu firma

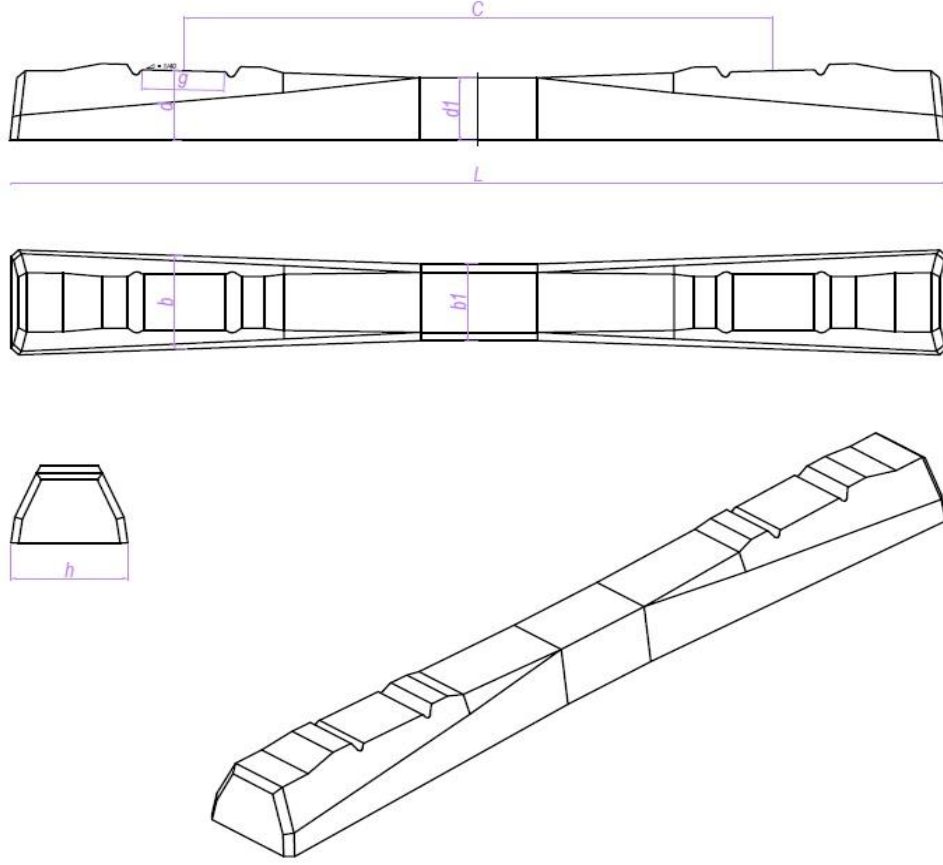
aynı zamanda yurtiçi ve yurtdışında ‘RAYTON’ adını verdiği Yapı Merkezi Holding’in bünyesinde bulunan bir firmada travers üretim hizmetleri gerçekleştirmektedir.

B58 monoblok beton traversin üretim esnasında ise ön germe işlemi uygulanmıştır. Ön germe işlemi, donatı çubukları yerine kopma dayanımı çok daha yüksek olan (normal donatı: 5.000 kg/cm²; ön germe halatı:18.600kg/cm²) halatların kullanılarak imalat yapıldığı yöntemdir. Yöntemde verilen germe kuvvetinin prefabrike beton elemana aktarılması ve bu yolla taşıma kapasitesinin artması sağlanır. Bu yöntem genel olarak sanayi tipi inşaatlarda kullanılır. Ön germe yönteminin kullanılma amacı ise iki farklı nedene dayanmaktadır. Bunlardan ilki büyük açıklıkların normal betonarme kirişlere göre daha küçük kesitlerle geçilebilmesine imkan sağlamasıdır. Diğer amaç ise üretilen cismin üzerinde oluşacak olan malzeme yorulmasının, normal betonarme yönteme göre nispeten oldukça düşük olması ve cismin kullanım ömrünün uzamasıdır. Bu yöntemin travers üretiminde uygulanmasının asıl amaçlarından biri hattın uzun dönem malzeme yorulmasına karşı direncini arttırmak ve traversin kullanım ömrünü uzatmaktır.

İlerleyen sayfalarda bu hat üzerinde kullanılan demiryolu elemanlarının özellikleri açıklanacaktır. Açıklanacak olan bu elemanları sırasıyla belirtecek olursak;

- B58 monoblok beton travers,
- Traversin yapımında kullanılan ön germe halatı,
- Hattın tasarım parametreleri ve
- Hat üzerinde kullanılan bağlantı çeşitleridir.

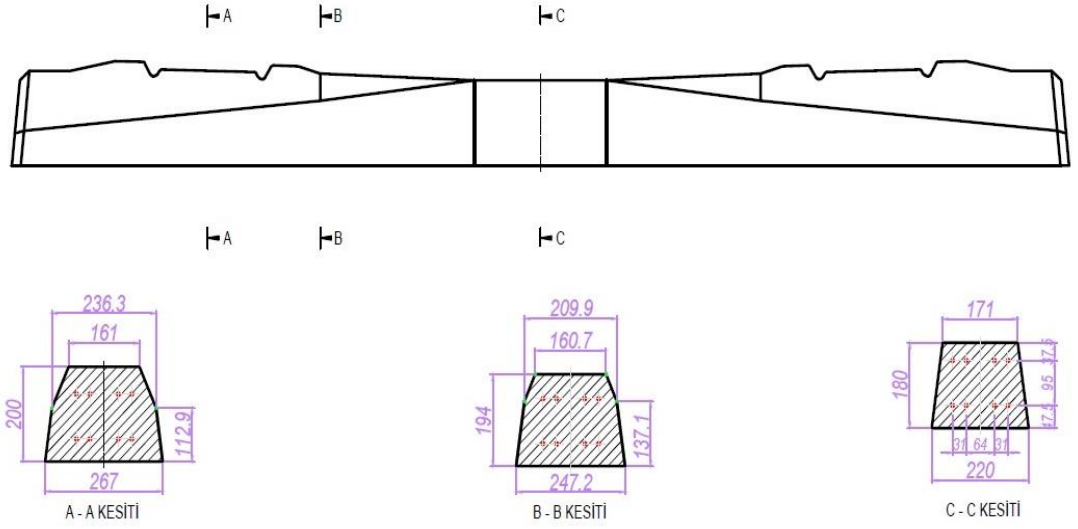
Şekil 6.13 ve Şekil 6.14’te B58 monoblok beton traverse ait çizimler gösterilmiştir. Çizimler Yapıray Demiryolu İnş. Sis. San. Tic. A.Ş. şirketinden temin edilmiş olup, kaynak olarak bilgisi verilmiştir. Çizimleri verilen B58 monoblok beton traverse ait teknik özellikler ise diğer sayfada açıklanmıştır [45].



Şekil 6.13: B58 monoblok beton travers görünüşleri [45].

Travers Geometrisi

Travers uzunluğu:	$L = 2400 \text{ mm}$
Merkezden merkeze ray oturma uzaklığı:	$c = 1510 \text{ mm}$
Ray oturma alanı altındaki genişlik:	$b = 267 \text{ mm}$
Ray oturma alanı altındaki derinlik:	$d = 200 \text{ mm}$
Merkez genişliği:	$b_1 = 220 \text{ mm}$
Merkez derinliği:	$d_1 = 180 \text{ mm}$
Travers tabanının geniş kısmın genişliği:	$h = 300 \text{ mm}$
Eğimli bölüm uzunluğu:	$g = 210 \text{ mm}$
Ön-germe halatlarının alt life göre ağırlık merkezi:	$z_{s,p} = 90 \text{ mm}$
Taban alanı:	$A_R = 6190 \text{ cm}^2$
Ray oturma yüzeyi eğimi:	1:40



Şekil 6.14: B58 monoblok beton travers kesitleri [45].

Yukarıdaki şekilde B58 monoblok traverse ait kesitler gösterilmiştir. Bu kesitlerin resimlerinde gördüğümüz üzere traversin içerisinde donatılar gözükmemektedir. Donatı olarak ise ön germe işlemi uygulanmış halat kullanılmıştır. Aşağıda ise ön germe işlemi uygulanmış halatın teknik özellikleri açıklanmıştır [38].

Öngerme Halatı

Çap:	$d_p = 7,0 \text{ mm}$
Kesit alanı:	$a_p = 38,5 \text{ mm}^2$
Karakteristik 0,1% akma dayanımı:	$f_{p0,1k} = 1.470 \text{ Mpa}$
Karactersitik çekme dayanımı:	$f_{pk} = 1.670 \text{ Mpa}$
Elastisite modülü:	$E_p = 205.000 \text{ Mpa}$
$0.7 \cdot f_{pk}$ ile $t=1000$ saatlik gevşeme :	$\rho_{1000} = 2,50 \%$
Pr.En-10138 ve EC-2'ye göre gevşeme:	Class 2 – R1
Akma dayanımının %0,1'nde şekil değiştirme:	$\epsilon_{yd} = 7,170 \%$
Çekme dayanımında şekil değiştirme:	$\epsilon_{uk} = 25 \%$
Poisson oranı:	$\nu = 0,3$
Birim ağırlık:	$\gamma_s = 78,5 \text{ kN/m}^3$
Sıcaklık uzama katsayısı:	$1,20 \text{ E-05 } 1/\text{K}^\circ$

Bu hat yapılırken Bölüm 4.2’de de belirtildiği gibi tramvay araçlarının ihalesini Almanya’dan bir şirketin kazandığı belirtilmişti. Bu sebeple hattın inşası da tramvay araçlarına uymak zorundaydı. Tramvay hattının inşasını ise Konya Büyükşehir Belediyesi kendi imkânları ile yapmıştı. Belediyenin hattı imal ederken ise hem tramvay araçları için hem de güvenlik için bazı standartlara uyması gerekiyordu. Bu standartları ise Avrupa normlarını kullanarak sağlamıştı. Bu standartlara göre hattın tasarımında seçilen parametreler aşağıda gösterilmiştir [30].

Hat Tasarım Parametreleri [30,43]

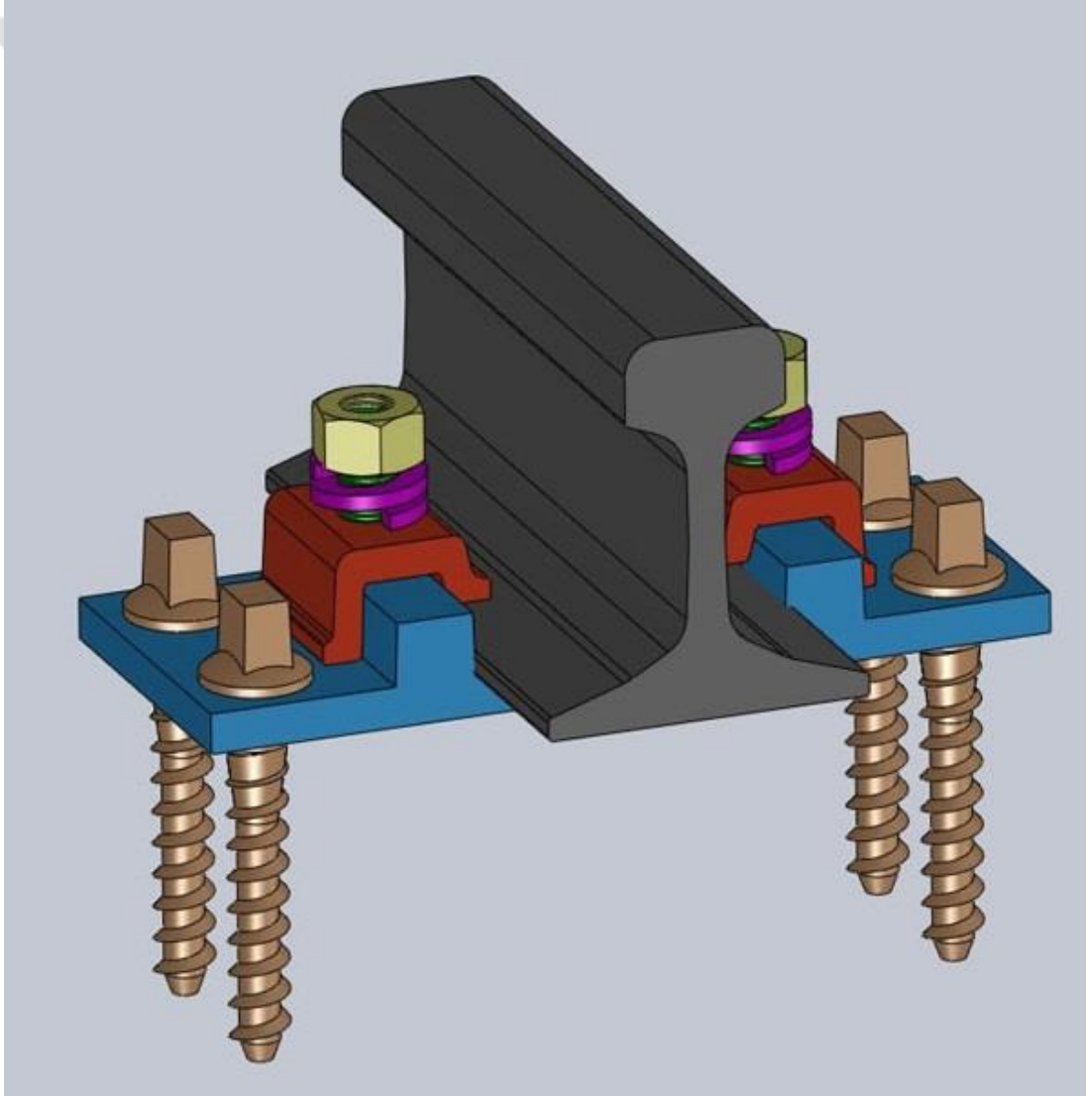
Ekartman:	1.435 mm
Travers aralığı:	a = 600 mm
Bağlantı elemanı tipi:	K tipi bağlantı sistemi, HM tipi bağlantı sistemi
Ray altı yastığı tipi:	Zw 1.000
Balast ve alt temel için yatak modülü:	$C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$

Hattın imalatında iki farklı tip ray bağlantı elemanı kullanılmasının sebebi ise hat uzatma işleminin farklı zamanlarda olması, güvenlik açısından ve ekonomik nedenlerden ötürü olmuştur. K tipi bağlantı elemanı, HM tipi bağlantı elemanına göre nispeten daha eski bir malzeme olup 1980’li ve 1990’lı yıllarda yapılan ilk imalat işlemlerinde tercih edilmiştir. Nispeten daha yeni tarihli olan hat uzatma işleminde, HM tipi bağlantı elemanın seçilmiş olmasının sebebi ise bu malzemenin ekonomik olarak daha avantajlı konumda olması ve güvenlik açısından daha ileride olmasından dolayıdır. Aşağıda hem K tip hem de HM tipi ray bağlantı elemanlarına ait gerekli bilgiler açıklanmıştır.

K Tipi Bağlantı

Bu bağlantı sistemi çelik selet, tirfon, krapo, krapo bulonu, çift katlı rondela ve plastik seletten oluşur. Elastik bir bağlantı olup, ahşap, beton, plastik traverslerde ve travers olmayan beton bağlantılarda kullanılabilen bir bağlantı sistemidir. Beton traverslerde bir selet üzerine iki tirfon ile bağlantı yapılır. Bu bağlantı şeklinde hat üzerindeki yatay

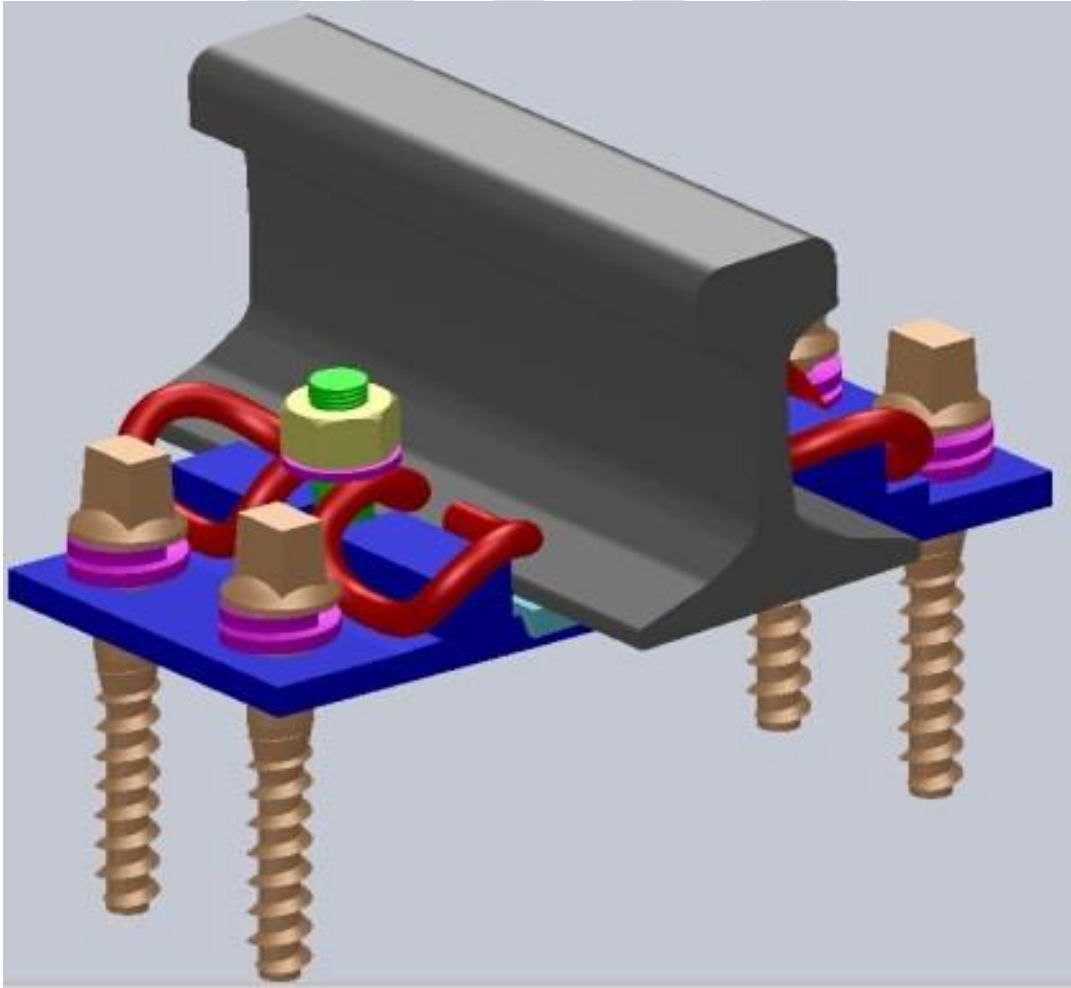
kurplarda oluşan merkezkaç kuvvetini bu iki tirfon karşılamaktadır. Bulon-tirfon tipi bağlantı sistemindeki olumsuzluklar bu sistem için de geçerlidir. Sadece konvansiyonel hatlarda bulunan ahşap traversli makaslarda hız düşük olduğunda kullanımı devam etmektedir. “K” tipi ve bulon-tirfon tipi bağlantılar rondela, ray altı ve selet altı plastik seletleri ile yumuşatılarak elastik bağlantı hâline getirilmiştir. Bu bağlantılarda plastik seletler kullanılmazsa rijit bağlantı durumuna geçer. Bu bağlantı tipi Konya’daki ilk tramvay hattı olan Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattının Alaaddin’den Selçuk Üniversitesi girişine kadar olan kısmında kullanılmıştır. Şekil 6.15’te bu bağlantı sistemine ait şematik bir gösterim verilmiştir [46].



Şekil 6.15: K tipi ray bağlantı sistemi [47].

HM Tipi Bağlantı

Gergi kıskacı, aç kılavuzu, ara plastik selet, tirfon ve besleme rondelasından oluşan, sadece beton traverslerde kullanılan, tek elastik sistemdir. Diğer sistemlerdeki olumsuzlukların tamamı bu sistemde giderilmiştir. Kurplardaki merkezkaç kuvvetleri beton traverslerin inşası esnasında oluşturulan omuzlar vasıtasıyla karşılandığından malzeme kırılmaları ve laçkalıkları görülmemektedir. Merkezkaç kuvvetinin oluşturduğu 10-12 tonluk fazla yükte, malzemenin yatay ve düşey eksenindeki elastikiyetinden kaynaklanan 10 mm'lik yol açıklığı oluşmakta, büyük kuvvetlerde ise yol açıklığı sabit kalmakta daha fazla açıklık oluşturmamaktadır. Bu sistemde tirfonlar, tirfonöz motoru ile tork ayarına uygun olarak sıkıldığı takdirde traverslerin ömrü uzun ve bakım masrafları az olmaktadır. Bu bağlantı sistemine ait bir görsel Şekil 6.16'da verilmiştir [46].



Şekil 6.16: HM tipi ray bağlantı sistemi [48].

Bağlantı malzemeleri ne kadar çok elastik olursa traverslerdeki yük dağılımı dengesizliği doğru orantılı olarak ortadan kalkar. Elastik olmayan bir yolda yükleri iki veya üç travers karşılar, yoldaki elastiklik arttıkça yola gelen yükleri karşılayan travers sayısı da artar. Mevcut yük daha geniş alana yayıldığı için altyapı ve üstyapı elemanları daha uzun ömürlü olur.

“HM” bağlantıların tirfonları, tirfenez motoru ile ve 200 KN basınçla sıkılmalıdır. Sıkım esnasında gergi kışkacının altı ile aç kılavuzu arasında 0,5 mm’lik boşluk kalmalıdır. Belirtilen basınçla sıkım yapıldığında bu boşluk kalır. HM tipi bağlantı sistemine bir örnek görsel Şekil 6.17’de gösterilmiştir.



Şekil 6.17: HM tipi ray bağlantı sisteminin kullanıldığı bir demiryolu hattı [49].

HM tipi bağlantının uygulanması için bazı teknik şartlar gerekmektedir. Bunlar aşağıda belirtilmiştir.

HM tipi bağlantının uygulanabileceği teknik şartlar: [50]

Tipik uygulama alanı:	Yüksek hız / Konvansiyonel hat balastlı ve traversli hat
Aks yükü:	≤ 26 ton
Hız:	Yüksek hızlı hat için ≥ 250 km/sa, Konvansiyonel hat için ≤ 250 km/sa
Kurb yarıçapı:	Yüksek hızlı hat için ≥ 400 m, Konvansiyonel hat için ≤ 250 m
Ekartman genişliği:	$1.435 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$
Ray pedinin statik sertliği:	$\geq 30 \text{ kN/mm}$

6.2.2 Alaaddin-Adliye tramvay hattı

Alaaddin-Adliye tramvay hattının yapımına 2013 yılında başlanmıştır. 2 yıl kadar süren bir yapım sürecinin ardından 2015 yılı içerisinde hizmet vermeye başlamıştır. Bu hattın açılışını ise Mevlana'yı anma etkinlikleri kapsamında, Hz. Mevlana'nın ölüm yıl dönümüne denk gelen 17.12.2015 tarihinde Şeb-i Arus gününde dönemin başbakanı Prof. Dr. Ahmet DAVUTOĞLU yapmıştır. Hattın uzunluğu 14 km/tek hat olup, bu hat Türkiye'nin özel tramvay hatları arasında bulunmaktadır. Bunun sebebine gelecek olursak Türkiye'nin ilk katenersiz tramvay hattı olma özelliğini taşımaktadır. Hat üzerinde belirli bölgelerde katener direği olmadığı için tramvay araçları gerekli enerjiyi, araçlarda üretim aşamasında özel olarak istenen bataryalardan temin etmektedir. Hat üzerinde belirli bölgelerde katener direği yapılmamasının sebebi, hattın şehirdeki tarihi ve turistik dokunun bulunduğu bölgelerin üzerinden geçtiği için şehrin silüetini bozmamaktır. Yine hat, şehrin tarihi dokusu ve yoğun kent merkezi trafiğinin bulunduğu bölgeden geçtiği için bu hattın yapımında özel bir ray bağlantı sistemi tercih edilmiştir. Bu sistemin adı CDM olup, özel izolatör bir kauçuk ile kaplanmış, titreşim ve gürültü sorunu en aza indirilmeye çalışılmıştır. Şekil 6.18'de bu tramvay hattına ait bir görsel verilmiştir.

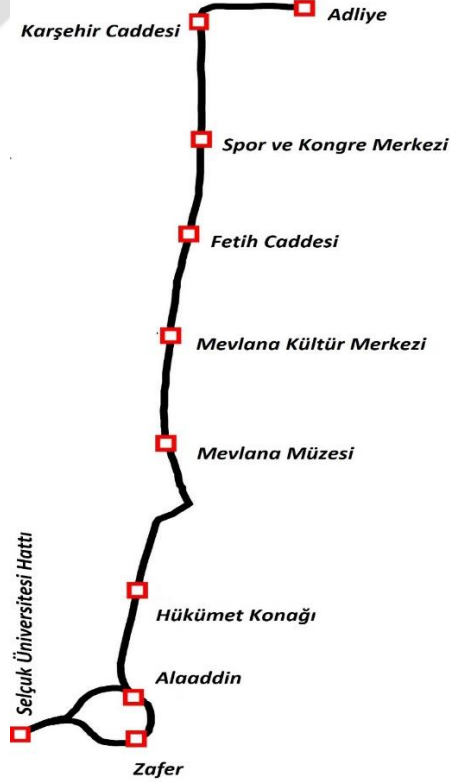


Şekil 6.18: Alaaddin-Adliye tramvay hattından bir görünüş [56].

Yeni yapılan tramvay hattı üzerinde mevcut durumda 9 adet durak bulunmaktadır. Durakların isimleri aşağıda belirtilmiştir.

- Alaaddin-Adliye Tramvay Hattı durakları:
 - Zafer – Alaaddin – Hükümet Konağı – Mevlana Müzesi – Mevlana Kültür Merkezi – Fetih Caddesi – Spor ve Kongre Merkezi – Karşehir Caddesi – Adliye

Alaaddin ve Mevlana Müzesi durakları arası hem taşıt hem yaya trafiğine açık olup sokak tramvayı şeklinde ilerlemektedir. Diğer kesimler ise hemzemin geçitler hariç tamamen çim hat şeklindedir. Farklı alan ve şekillerde kullanılan tip kesitlerin birbirleri ile olan farklarından ilerleyen sayfalarda bahsedilecektir. Yine aynı şekilde bu hat üzerinde Alaaddin ve Mevlana Müzesi durakları arasındaki bölge, şehrin tarihi ve turistik dokusunun bulunduğu kısım olduğu için silueti bozmamak amacıyla hattın iki durak arasındaki 2,4 km’lik bölümünde katener direkleri kullanılmamıştır. Şekil 6.19’da Alaadin-Adliye tramvay hattının güzergâhına ait plan gösterilmiştir.



Şekil 6.19: Alaaddin-Adliye tramvay hattı güzergâhı [30].

Alaaddin ve Adliye bölgesi arasındaki yeni yapılan tramvay hattının geometrik özellikleri Çizelge 6.2’de gösterilmiştir. Bu özelliklerden bahsedilenlerle ilgili gerekli açıklamalar ayrıca alt başlıklarda yapılmıştır.

Çizelge 6.2: Alaaddin-Adliye tramvay hattının geometrik özellikleri [30].

Alaaddin-Adliye Tramvay Hattı Geometrik Özellikleri	
Hat Toplam Uzunluğu	14 km/tek hat
Hemzemin Hat Uzunluğu	9 km/tek hat (Betona Gömülü Hemzemin ve Çim Hat) 2,5 km/tek hat (Sokak Tramvayı (Yaya+Trafik))
Balastlı Hat – Çim Hat Uzunluğu	3,5 km/tek hat (Çim Hat)
Toplam Makas Sayısı	11 Adet (2 Adet S49 Makası, 1 Adet Kruvazman Makası, 8 Adet Oluklu Ray Makası.)
Ana Hat Üzerindeki Makas Sayısı	10 Adet
Ray Tipi	Betona Gömülü Kısımda 60R1 Oluklu Ray, Çim Hat Kısımında 49E1 Mantar Ray.
Travers Tipi	Travers kullanılmamıştır.
Ekartman Genişliği	1.435 mm
Bağlantı Tipi	Pandrol-Cdm Q-Track Kauçuk Malzeme (Titreşim Sönümleyici)
Kurp Yarıçapı (min)	Atölye içi (25 metre), Ana güzergahta (42 metre)
Hat Üzerinde Mak. Değer	20 mm
Hat Üzerinde Mak. Eğim	%1,5
Peron uzunluğu	70 mt.
Enerji Beslemesi	Katenerli bölge 750 V DC, Katenersiz Bölge Araç Üzeri Batarya.
Katener Yüksekliği	5,00-5,70 metre arası

Çizelge 6.2'nin devamı

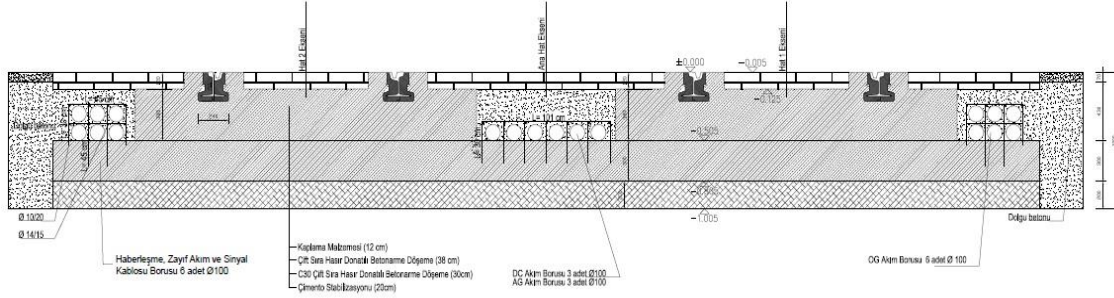
Trafo Güçleri	TM1= 1,5 MVA (12 puls), TM2= 1,5 MVA (12 puls), TM3= 3 MVA (12 puls).
Trafolar Arası Mesafe	TM1-TM2 arası 1.000 metre, TM2-TM3 arası 2.000 metre.
Maksimum Hız	Projelendirme Hızı: 70 km/sa, Sınırlandırılmış Araç Hızı: 50 km/sa.
İşletme Hızı	16 km/sa
Depo Sahası	40.000 m² (1.800 m² Kapalı Alan)
Tekerlek Çapı (Dış-İç)	620 – 540 mm
Katenersiz Hat Uzunluğu	2.400 m

Alaaddin-Adliye tramvay hattı güzergâh boyunca belirli bir bölgede katenersiz bir tramvay hattı oluşu sebebiyle ülkemizdeki özel toplu taşıma yatırımlarından biri olmuştur. Bölüm 6.1'de Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı ile ortak özellikleri açıklanan hattın, diğer hatta göre farklı olan geometrik özellikleri de bu bölümde açıklanacaktır. Bu açıklamalar sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

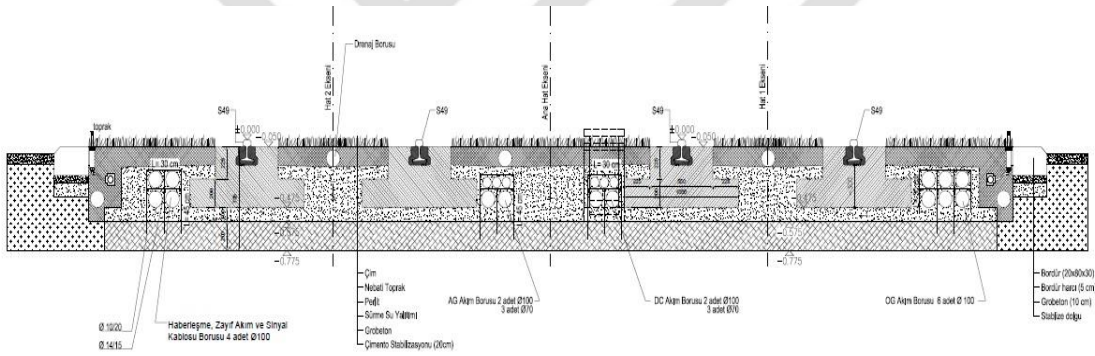
- Hattın inşası sırasında kullanılan farklı tip kesitler,
- Katenersiz imalata olanak veren araç bataryaları,
- Hattın tasarım parametreleri ve
- Hat üzerinde kullanılan bağlantı çeşitleridir.

Bu hat üzerinde üç farklı tip kesit olmakla beraber bunlar kullanım yerlerine göre belirlenmiştir. Bunlardan kısaca bahsedilecek olursa, ilk olarak sokak tramvayı şeklinde balastsız betona gömülü kilitli taş tip kesiti bulunmaktadır. Bu tip üzerinde tramvay aracı, motorlu taşıtlar, motorsuz taşıtlar ve yayalar hareket halinde bulunabilmektedir. İkinci tip de yine balastsız şekilde betona gömülü çim hat şeklindedir. Çim hat üzerinde motorlu taşıtların hareketi engellenmiş sadece tramvay araçlarının ve yayaların geçişine izin verilmiştir. Üçüncü tip kesit ise tramvay hattı ile kavşakların kesişiminde ortaya çıkan hemzemin geçitlerin üzerinde bulunduğu tip kesittir. Hemzemin geçitlerin bulunduğu hat da balastsız şekilde ve betona gömülü asfalt hat şeklindedir. Bu kısım kavşaklar üzerinde bulunduğu için yoğun trafiğe maruz

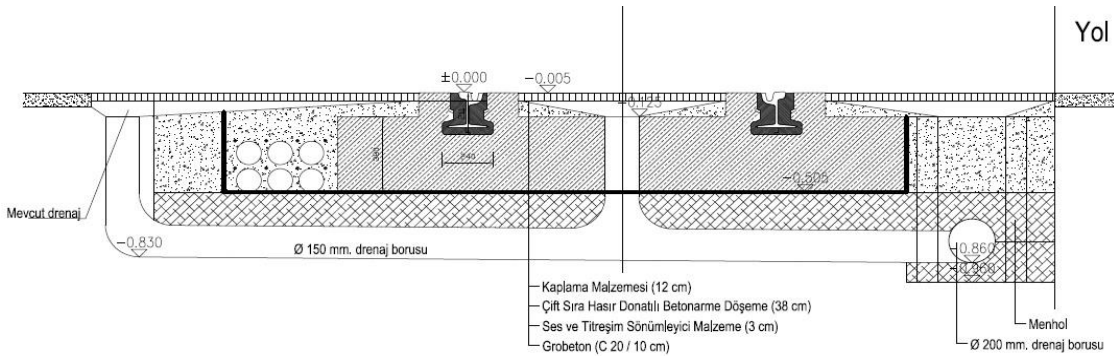
kalmakta ve bu sebeple raylar asfalt içine gömülü bulunmaktadır. Hat üzerinde inşa çalışmalarında Bölüm 6.1.1’de belirtilen 49E1 mantar (vinyol) tipi ve 60R1 tipi oluklu ray kullanılmıştır. Tip kesitler sırasıyla Şekil 6.20, Şekil 6.21 ve Şekil 6.22’de gösterilmiştir [82,85,86,89].



Şekil 6.20: Alaaddin-Adliye tramvay hattında kullanılan kilit taşı kesit [57].



Şekil 6.21: Alaaddin-Adliye tramvay hattında kullanılan çim hat kesiti [57].



Şekil 6.22: Alaaddin-Adliye tramvay hattında kullanılan hemzemin hat kesiti [57].

Farklı tip kesitlere ait çizimleri verilen hattın, aşağıda sokak tramvayı ve çim hat şeklinde bulunan iki farklı bölgesine ait resimler Şekil 6.23 ve 6.24'te gösterilmiştir. Dikkat edildiği zaman Şekil 6.23'te bulunan kilit taşı kesim Alaaddin ve Mevlana Müzesi bölgeleri arasındaki bölümde kaldığından dolayı burada katener direklerinin olmadığı göze çarpmaktadır.



Şekil 6.23: Alaaddin-Adliye tramvay hattındaki kilit taşı bölüme ait görsel [58].



Şekil 6.24: Alaaddin-Adliye tramvay hattındaki çimli hatta ait görsel [59].

Alaaddin-Adliye tramvay hattı üzerindeki tramvay araçları Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattındaki araçlarla dış görünüş ve donanım olarak aynı olsa da motor ve teknik özellikler açısından farklılık göstermektedir. Bu farklılığın sebebine gelecek olursak; bu tramvaylarda elektrik enerjisi olmadan 3 km'ye kadar ilerleme sağlayabilen nano lityum titanyum bataryaların bulunmasıdır. Bu bataryalar geri dönüşümlü enerji kullanmakta olup, tramvay aracı hat üzerinde ilerlerken katenersiz bölümden katenerli bölüme geçtiğinde enerji temin edebilmesi sayesinde kendini şarj etme özelliğine sahiptir. Bu araçlar Çek Cumhuriyeti ülkesine ait Skoda firması tarafından Konya Şehri için özel olarak üretilmiş olmakla beraber ihale kapsamında anlaşılan fiyatın üzerine herhangi bir değişiklik yapılmadan alınmıştır. Bataryalı olarak istenen tramvay araçlarında fiyat değişmediği için, Belediye yeni bir ihaleye çıkmaya gerek görmemiş ve iş artırımını kapsamında satın alma işlemini gerçekleştirmiştir. 2015 yılında Belediye tarafından iş artırımını olarak yapılan bu işlemde alınan 12 adet tramvay aracının tamamı bataryalıdır. Aşağıdaki Çizelge 6.3'te Konya'da kullanılan tramvay araçlarındaki bataryanın teknik özellikleri açıklanmıştır [60].

Çizelge 6.3: Alaaddin-Adliye tramvay hattında kullanılan tramvaylarda bulunan bataryaların teknik özellikleri [60,61].

Performans Özellikleri	
Gerilim Aralığı	17 V – 27,5 V
Nominal Kapasite	60 Ah
Özgün Deşarj Enerjisi (deşarj/şarj)	1,4 Wh
Tepe Gücü	21,9 kW / 34,3 kW
Enerji Yoğunluğu	106 Wh / l
Güç Yoğunluğu	1,673 kW / l
Özgül Enerji	51,9 Wh / kg
Özgül Güç	799 W / kg
İç Şarj Empedansı (25 °C 'de)	4 mΩ
İç Deşarj Empedansı (25 °C 'de)	3,8 mΩ
Maksimum Sürekli Şarj	360 A
Maksimum Sürekli Deşarj	360 A
Darbe Şarj/Deşarj Değeri	600 A max
Ömür Özellikleri	
Şarj ve Deşarj Çevrim Ömrü (25 °C)	> 16.000
Şarj ve Deşarj Çevrim Ömrü (55 °C)	> 4.000
Takvim Ömrü (25 °C)	25 yıl
Sıcaklık Limitleri	
İşletme Ve Depolama Sıcaklık Aralığı	- 40 °C 'den + 55 °C 'ye kadar
Gerilim Limitleri	
Deşarj Kesme Gerilimi (- 40 °C ' + 30 °C)	17,0 V
Deşarj Kesme Gerilimi (+30°C + 55 °C)	19,0 V
Şarj Kesme Gerilimi (+ 20 °C + 55 °C)	27 V
Şarj Kesme Gerilimi (- 40 °C + 20 °C)	27,5 V
Modül Boyutları	
Uzunluk x Genişlik x Yükseklik	279 mm x 158 mm x 303 mm
Ağırlık	27,4 kg

Araçlar katenerli bölgeden katenersiz bölgeye geçerken ve aynı şekilde katenersiz bölgeden katenerli bölgeye geçerken, pantografin kırılması ve bataryaların deşarj olup tamamen boşalması gibi maddi kayba neden olacak durumların yaşanmaması için bu bölgelere sensörler konulmuştur. Tramvaylar konulan sensörler sayesinde, bu bölgelerden geçerken tramvayı kullanan vatmana uyarıda bulunacak ve vatman durumu kontrol edebilecektir [60,81].

Bölüm 6.1.1’de belirtildiği gibi bu tramvay hattın ekartmanı da 1.435 mm’dir. Bunun sebebi hem Avrupa normlarına uygunluk sağlamak hem de Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı ile Alaaddin bölgesinde aynı rayları kullandığı için hatların birbirine uygun hale gelmesidir. Bir sonraki sayfada tramvay hattının proje aşamasındayken kabul edilen ve daha sonra hayata geçirilen tasarım parametreleri verilmiştir.

Hat Tasarım Parametreleri [57,43]

Ekartman:	1.435 mm
Travers aralığı:	-
Bağlantı elemanı tipi:	Pandrol CDM QTrack
Ray altı yastığı tipi:	Zw 1.000
Balast ve alt temel için yatak modülü:	$C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$

Alaaddin-Adliye tramvay hattının yapımında travers ve balast kullanılmamıştır. Hattın traversli ve balastlı olarak geçtiği tek bölüm Alaaddin bölgesidir. Bu bölgede diğer tramvay hattı tarafından da kullanıldığı için yeni yapılan bir bölge değildir. Alaaddin bölgesinde yeni hat yapılırken bakım ve iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu bakım ve iyileştirme çalışmaları kapsamında raylar sökülmüş, kaynakları yenilenmiş, hat temizlenmiş ve buraj işlemi yapılmıştır. Hat genel olarak betona gömülü olarak inşa edilmiştir. Adliye tramvay hattının inşasında da Bölüm 6.1.1’de belirtilen 49E1 mantar (vinyol) tipi ray ve 60R1 tipi oluklu ray kullanılmıştır.

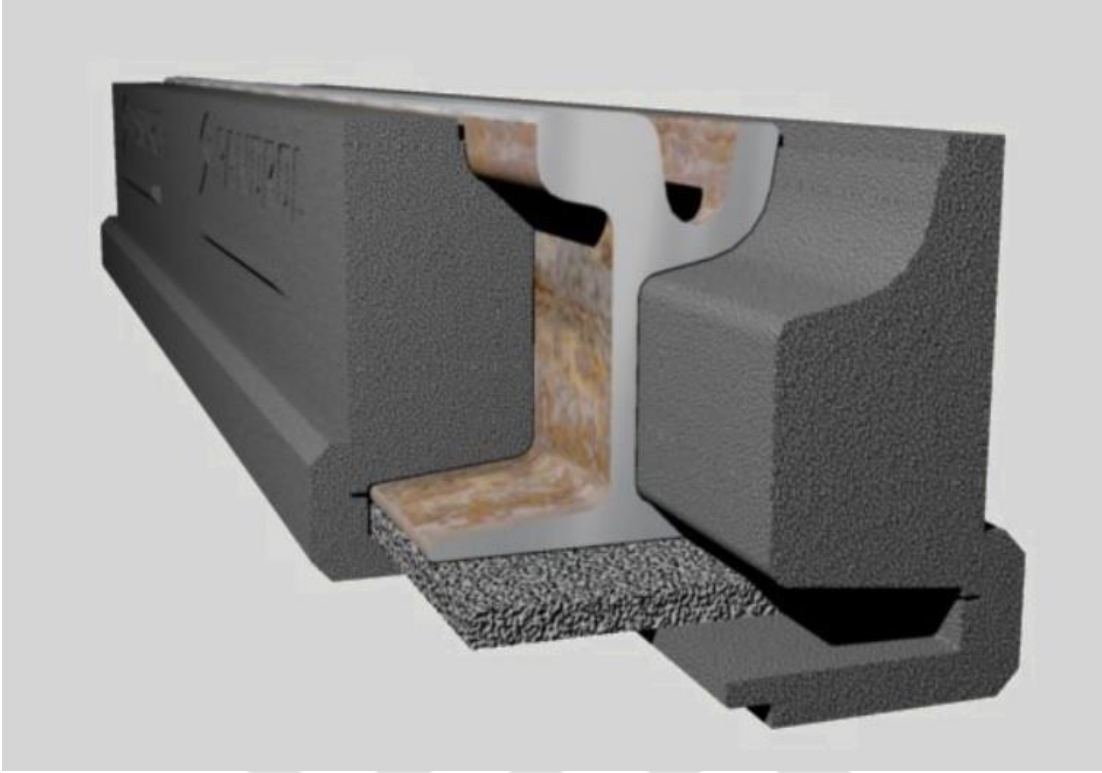
Konya Büyükşehir Belediyesi, Alaaddin-Adliye hattını ihale usulü ile inşa ettirdiği için hat üzerinde kullanılan bağlantı elemanlarını ve rayları da yükleniciden temin etmiştir. Bu hat özel bir hat olup travers kullanılmadığı ve şehrin tarihi, turistik mekanlarından geçtiği için özel bir bağlantı elemanı kullanılması kararlaştırılmıştır.

Bu bağlantı elemanının diğerlerinden farkı ise hem elastik olması hem ses izolatörü özelliği göstermesi hem de titreşim sönümleyici olmasıdır. İlerleyen sayfalarda bağlantı elemanından ayrıca bahsedilecektir.

Hattın yapımının işvereni olan Konya Büyükşehir Belediyesi ile yapım işini üstlenen Yapı Merkezi İnş. Ve San. A.Ş.-Yapıray Demiryolu İnş. Sis. San. Tic. A.Ş. İş Ortaklığı, yapım işi tamamlandıktan sonra bu tramvay hattı sayesinde uluslararası arenada ödül kazanmıştır. Belediye'nin yaptırdığı katenersiz tramvay hattı, dünyanın toplu taşımacılık alanındaki en büyük etkinliği olan UITP Dünya Toplu Taşımacılar Zirvesi kapsamında 2 yılda bir düzenlenen Toplu Taşımacılık Projeleri Yarışması'nda bölgesel kategoride ödüle layık görüldü. Ödülü 'Katenersiz Tramvay Uygulamaları' adı altında almış bulunmaktadır. Ödül, 15-17 Mayıs 2017 tarihlerinde Kanada'da düzenlenen UITP Dünya Toplu Taşımacılar Zirvesi ve Fuarı kapsamında Konya Büyükşehir Belediyesi'ne takdim edildi [62].

Pandrol CDM Qtrack Elastik Bağlantı Malzemesi [63]

CDM Qtrack, sürekli olarak desteklenmiş ve sabitlenmiş, balastsız bir ray bağlantı sistemi olup, rayın tamamını benzersiz bir şekilde içerisine alır. Bu malzeme özel olarak uyarlanmış sertlik özelliklerine sahip, elastik prefabrik reçine ile yapıştırılmış kauçuk profillerden oluşur. Aşağıda bulunan Şekil 6.25'te Pandrol Qtrack ray bağlantı sistemine ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 6.25: Pandrol CDM Qtrack elastik bağlantı malzemesi [63].

CDM Qtrack sistemi, üç farklı adımda belirli bir teknik izlenerek gerçekleştirilir.

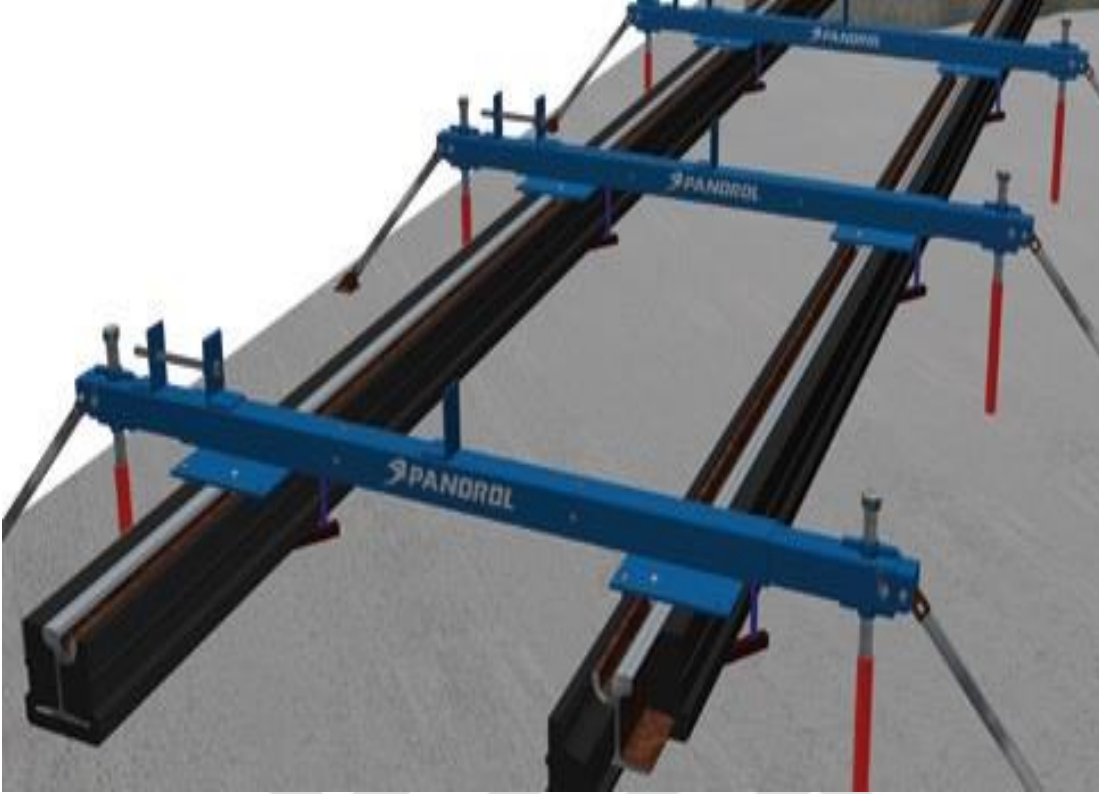
1. CDM Qtrack-JIG: Raylar sahada CDM kauçukları ile kaplanır ve daha sonra özel olarak hazırlanmış kurulum aparatı olan CDM-JIG'leri ile hizalanır. Bu aparatın kullanılmasının amacı rayların istenilen kot değerine getirilmesini sağlamak yani iki rayın eş hizada olmasını ayarlamaktır. Şekil 6.26'da Alaaddin-Adliye tramvay hattının inşası esnasında CDM Qtrack-JIG'lerin ayarlama işlemi yapılırken çekilen bir görüntüsü verilmiştir.
2. CDM Qtrack-BEAM: Raylar CDM kauçukları ile kaplanmış ve CDM-JIG'leri ile hizalanmış vaziyette şantiye sahasına iletilir. CDM-BEAM'lerin amacı hizalanmış rayların sabit bir şekilde betona gömülmesini sağlamak ve priz esnasında hizanın bozulmamasını ayarlamaktır. Bu adımda kaplanmış halde şantiyeye gelen raylar eğimine ve deverine uygun olarak betona gömülür.
3. CDM Qtrack-SLAB: Birinci ve ikinci adımlar tamamlandıktan sonra betonu dökülen tüm hat, aynı anda tasarımında belirlenen eğride, bir yol kaplama katmanı ile donatılan ve drenaj elemanları, elektrik kutuları vb. içeren bir betonarme döşeme haline getirilir. CDM-SLAB'lerin asıl amacı ise hattın

ekartmanını ayarlamaktır. Bu esnada betonun prizi tamamlandığı için bu adımdan sonra ayarlama işlemi için yapılabilecek başka bir seçenek kalmamaktadır.



Şekil 6.26: Alaadin-Adliye arası tramvay hattı yapımında CDM-JIG’lerin ayarlanması [64].

Sistem betona monte edildiğinde rayın her tarafına destek, sıkı dikey ve yanal destek kriterlerinin karşılanması sağlar. Aynı zamanda çevreden titreşim ve elektriksel yönden ayrıştırma sağlar. Elastik bir sistem olduğu için kullanım ömrü daha çok olup, ilk yapım maliyeti nispeten daha yüksek olsa da uzun süreçte daha ekonomik sonuçlar doğurmaktadır. Şekil 6.27’de bu bağlantı sistemine ait mekanizmaya ait bir görsel gösterilmiştir.



Şekil 6.27: CDM Qtrack sistem mekanizması [65].

Sistemin en önemli faydalarından bahsedecek olursak; [65]

- Sistem üzerinde selet, krapo, tirfon vb malzemeler bulunmadığı için yapım hızı diğer sistemlere göre çok hızlı olmaktadır. Günde 144 metreye kadar ilerleme sağlanabilmektedir.
- Bu bağlantı sisteminde hat betona gömülü olacağı için ray üzerinde ondülasyon oluşmamaktadır. Aynı zamanda hat betona gömülü olacağı için hattın ekartmanında da herhangi bir değişme ihtimali olması diğer sistemlere göre çok düşük ihtimaldedir.
- Rayların mevsimsel farklılıklardan dolayı geçireceği genleşmelerden hat etkilenmemekte, bu genleşme farklarını kauçuk ve reçine absorbe edebilmektedir.
- Hat üzerinde işletimden doğan gürültü kirliliği sistemin bağlanmasında kullanılan kauçuklardan dolayı önemli ölçüde azaltılabilmektedir.
- Bağlayıcı malzemeler reçine ve kauçuktan olduğu için titreşim büyük ölçüde absorbe edilecektir. Bu sayede tramvay hattının çevresindeki yapıların da temellerinin zarar görmesi engellenebilmektedir.

Şekil 6.28’de CDM Qtrack-BEAM haline getirilen bağlantı sisteminin şantiyede kendi tarafımdan çekilmiş bir görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 6.28: Alaadin-Adliye arası tramvay hattı yapımında CDM-BEAM’lerin ayarlanması.

Şekil 6.29’da ise betonu dökülmüş ve priz alma işlemini çoğunlukla tamamlamış vaziyette bulunan CDM Qtrack-SLAB’e ait kendi tarafımdan çekilmiş bir görüntü verilmiştir.



Şekil 6.29: Alaadin-Adliye arası tramvay hattı yapımında CDM-SLAB'lerin görüntüsü.

6.3 Konya'daki Tramvay Hatlarının Standartlara Uygunluğu

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından Türkiye Cumhuriyeti Devleti üzerinde yapılan ve yapılacak olan şehir içi toplu raylı ulaşım sistemleri için belirlenen minimum gereksinimler bu bölümde açıklanacaktır. Ayrıca Konya'daki tramvay hatlarının bu şartlara uygunluğu incelenmiştir. Bakanlığın yayınladığı bu gereksinimler oluşturulurken birçok standarttan yararlanılmış ve yararlanılan standartlar kaynak olarak verilmiştir [66-69].

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının tramvay tasarım kriterlerine göre bir tramvay hattında sağlanması gereken minimum gereksinimlerin Konya'daki tramvay hatları ile ilgili olan bölümleri aşağıda maddelenmiştir.

- Korumasız (cadde ve sokak tramvayı) hatta tasarım hızı maksimum 50 km/saattir. Konfor kriterini sağlamak için tasarım 60 km/saat hıza göre yapılmalıdır.

- Taşıt yolundan ayrılmış, yaya girişi önlenmiş, yaya ve taşıt trafiği önlenmiş korumalı hatlarda (örneğin refüjde ve tünellerde) tasarım hızı maksimum 70 km/saattir. Konfor kriterini sağlamak için tasarım 80 km/saat hıza göre yapılmalıdır.
- Depo ve atölye sahası üzerinde bulunan hatlarda ise maksimum hız 15 km/saattir.
- Aliyman üzerinde;
 - Konfor katsayısı (Yanal İvme: m/s²) maksimum 0,65, mutlak maksimum 1,0 olmalıdır.
 - Eğim maksimum %7,0, mutlak maksimum %12,0 olmalıdır.
 - Geçiş eğrisi uzunluğu minimum 25 m, mutlak minimum 10 m olmalıdır.
- Dairesel kurp üzerinde;
 - Minimum yatay kurp yarıçapı uzunluğu 25 m, mutlak minimum ise 20 m olmalıdır.
 - İki kurp arasındaki minimum aliyman uzunluğu 25 m, mutlak minimum 6 m olmalıdır.
 - Minimum yatay kurp uzunluğu 25 m, mutlak minimum 10 m olmalıdır.
- Bileşik kurp kullanımı tavsiye edilmemekle birlikte, maddi veya işletme ile ilgili zorlamaların üstesinden gelmek için gereken yerlerde kullanılabilir. Yarıçapları 1.600 m veya daha az olan iki veya daha fazla dairese kurp, bileşik kurp oluşturmak üzere birbirine bağlanacak olduğu takdirde, dairese kurplar geçiş eğrileri ile birleştirilebilecek ve izin verilen maksimum hız bileşik kurpun bütün kısımlarında aynı kalacak şekilde ayarlanacaktır.
- Ters kurp kullanımı tavsiye edilmemekle beraber, zorunda kalınan yerlerde kullanılabilir. Böyle durumlarda ise dairese kurplar için belirlenen minimum gereksinimler sağlanacak şekilde inşa çalışması yapılmalıdır.
- Aliyman ile kurp arasında geçiş eğrisi yapılacaktır.
- Karma trafik olan kısımlarda dever uygulaması istenmemektedir. Fakat bölünmüş hatlarda dever kullanılabilir. Maksimum dever $d_{max}(m) = 0,00443 * \frac{V^2}{R}$ formülüne göre belirlenecektir.

- Düşey kurp üzerinde;
 - Minimum düşey kurp yarıçapı uzunluğu 1.000 m, mutlak minimum ise 625 m olmalıdır.
 - Minimum düşey kurp uzunluğu 20 m, mutlak minimum 10 m olmalıdır.
- Ray açıklığı (hattın ekartmanı) 1.435 mm olmalıdır.
- Maksimum izin verilen dingil yükü 10.000 kg (10 ton) olmalıdır.
- Tramvay aracı pantograf aracılığıyla katener direğinden aldığı 750 V DC ile çalışmalıdır.
- Tramvay aracı peronda durduğu esnada platform ile araç arasında 50-80 mm arasında bir boşluk kalmalıdır.
- Katener direği yüksekliği minimum 5,00 m olmalıdır.

6.3.1 Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının standartlara uygunluğu

Alaaddin-Selçuk Üniversitesi arası tramvay hattı Bölüm 6.3'teki standartların gerektirdiği şartlara göre incelenmiş ve hattın standartlara uygunluğu Çizelge 6.1'de belirtilen özelliklere göre değerlendirilmiştir.

- Alaaddin-Selçuk Üniversitesi arasındaki tramvay hattı hemzemin geçitler haricinde korumalı bir tramvay hattı olup taşıt ve yaya trafiğine karşı korunmuştur. Buna göre ilgili şartnamelere göre projelendirme hızı maksimum 70 km/saat olabilmektedir. Hattın gerçekteki projelendirme hızı ise 70 km/saat olup, sınırlandırılmış araç hızı ise 60 km/saattir. Ayrıca hat üzerindeki gerçek işletme hızı ise 23 km/saattir. Bu sebeplerle standartlara uygundur.
- Hat üzerindeki maksimum eğim, ilgili şartnamelere göre maksimum %7,0 olabilmekteyken bu hat üzerindeki gerçek eğim değeri %3,0'dır.
- Minimum yatay kurp yarıçapı uzunluğunun ilgili şartnamelerde 25 m ve mutlak minimum ise 20 m olması istenmiştir. Bu hat üzerinde ise minimum kurp yarıçapımız atölye içinde 25 m, ana güzergahta 50 m olup standartlara uymaktadır.
- Standartlarda birleşik ve ters kurp kullanımı zorunlu olmadıkça tavsiye edilmemiştir. Hattımızın üzerinde ise bu tarz kurplar bulunmamakla beraber sadece sakarya depo ve atölye sahasında bir adet birleşik kurp bulunmaktadır. Bu özelliği ile de standartlara uymaktadır.

- Standartlarda hat üzerinde dever uygulamasına izin verilmiş bunun sınırlandırılması, $d_{max}(m) = 0,00443 * \frac{V^2}{R}$ formülüne göre belirlenmiştir. Bu formül ile hesap yapıldığı zaman Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattında 221,5 mm'ye kadar devere izin verilmiştir. Hat üzerindeki maksimum dever ise 130 mm olduğundan dolayı uygundur.
- Standartlarda minimum düşey kurp yarıçapı uzunluğu 1.000 m, mutlak minimum ise 625 m olmalıdır ibaresi bulunmakta olup, hat üzerinde düşey kurp bulunmamakta olduğu için uygundur.
- Hattın ekartmanı 1.435 mm olduğu için standartlara uygundur.
- Standartlara göre maksimum dingil yükü 10.000 kg (10 ton) olarak belirtilmiştir fakat Bölüm 5.1.2'deki Çizelge 5.2'ye göre Konya'da kullanılan Skoda 28T tipi tramvay aracının;
 - Ortalama boş aks yükü: 7.550 kg,
 - Ortalama dolu aks yükü: 11.500 kg,
 - Maksimum aks dizayn yükü: 11.800 kg,
 - Dizayn aks yükü: 12.500 kg olup standartlara uymamaktadır.
- Hattın enerji beslemesi 750 V DC olup standartlardaki uygun enerji beslemesi değeri de bu olduğundan dolayı standartlara uygundur.
- Standartlara göre tramvay aracı peronda durduğu esnada platform ile araç arasında 50-80 mm arasında bir boşluk kalmalıdır. Kendi tarafımdan yapılan ölçümler sonucunda bu değer 60 mm olduğu ölçülmüştür. Bu değer standartlara uymaktadır.
- Standartlarda katener direğinin yüksekliği minimum 5,00 m olarak belirlenmiştir. Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattında ise katener direklerinin yüksekliği 5,00-5,70 m arası yapılmıştır. Bu sebeple standartlara uygundur.

6.3.2 Alaaddin-Adliye tramvay hattının standartlara uygunluğu

Alaaddin-Adliye arası tramvay hattı Bölüm 6.3'teki standartların gerektirdiği şartlara göre incelenmiş ve hattın standartlara uygunluğu Çizelge 6.2'de belirtilen özelliklere göre değerlendirilmiştir.

- Alaaddin-Adliye tramvay hattı karışık trafik olan bir hattır. Buna göre ilgili şartnamelere göre projelendirme hızı maksimum 60 km/saat olabilmektedir. Hattın gerçekteki projelendirme hızı ise 70 km/saat olup, sınırlandırılmış araç hızı ise 50 km/saattir. Ayrıca hat üzerindeki gerçek işletme hızı ise 16 km/saattir. Bu sebeplerle standartlara uygundur.
- Hat üzerindeki maksimum eğim, ilgili şartnamelere göre maksimum %7.0 olabilmekteyken bu hat üzerindeki gerçek eğim değeri %1,5'tir.
- Minimum yatay kurp yarıçapı uzunluğunun ilgili şartnamelerde 25 m ve mutlak minimum ise 20 m olması istenmiştir. Bu hat üzerinde ise minimum kurp yarıçapımız atölye içinde 25 m, ana güzergahta 42 m olup standartlara uymaktadır.
- Standartlarda birleşik ve ters kurp kullanımı zorunlu olmadıkça tavsiye edilmemiştir. Hattımızın üzerinde ise bu tarz kurplar bulunmamakla beraber bu özelliği ile de standartlara uymaktadır.
- Standartlarda hat üzerinde dever uygulamasına izin verilmiş bunun sınırlandırılması, $d_{max}(m) = 0,00443 * \frac{V^2}{R}$ formülüne göre belirlenmiştir. Bu formül ile hesap yapıldığı zaman Alaaddin-Adliye hattında 27 mm'ye kadar devere izin verilmiştir. Hat üzerindeki maksimum dever ise 20 mm olduğundan dolayı uygundur.
- Standartlarda minimum düşey kurp yarıçapı uzunluğu 1.000 m, mutlak minimum ise 625 m olmalıdır ibaresi bulunmakta olup, hat üzerinde düşey kurp bulunmamakta olduğu için uygundur.
- Hattın ekartmanı 1.435 mm olduğu için standartlara uygundur.
- Standartlara göre maksimum dingil yükü 10.000 kg (10 ton) olarak belirtilmiştir fakat Bölüm 5.1.2'deki Çizelge 5.2'ye göre Konya'da kullanılan Skoda 28T tipi tramvay aracının;
 - Ortalama boş aks yükü: 7.550 kg,
 - Ortalama dolu aks yükü: 11.500 kg,
 - Maksimum aks dizayn yükü: 11.800 kg,
 - Dizayn aks yükü: 12.500 kg olup standartlara uymamaktadır.
- Hattın enerji beslemesi 750 V DC olup standartlardaki uygun enerji beslemesi değeri de bu olduğundan dolayı standartlara uygundur.

- Standartlara göre tramvay aracı peronda durduğu esnada platform ile araç arasında 50-80 mm arasında bir boşluk kalmalıdır. Kendi tarafımdan yapılan ölçümler sonucunda bu değerin 60 mm olduğu ölçülmüştür. Bu değerle standartlara uymaktadır.
- Standartlarda katener direğinin yüksekliği minimum 5,00 m olarak belirlenmiştir. Alaaddin-Adliye hattında ise bazı bölgelerde katener direği olmamakla beraber, katener direklerinin olduğu bölgede direklerin yüksekliği 5,00-5,70 m arası yapılmıştır. Bu sebeple standartlara uygundur.

6.4 Konya'daki Tramvay Hatlarının Yolcu ve Kaza Analizleri

Konya'daki tramvay hatlarının yolcu ve kaza analizleri bu bölümde incelenmiştir. Yolcu analizleri her iki hat için de incelenmiş olup, kaza analizi sadece Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattı için yapılmıştır. Çünkü veri olarak sadece Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattının verilerine ulaşılmıştır. Alaaddin-Adliye hattı diğer hatta göre nispeten daha yeni bir tramvay hattı olduğu için istatistik oluşturulamamıştır.

6.4.1 Yolcu analizleri

Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattını 01.01.2017-31.12.2017 tarihleri arasında kullanan yolcu sayısı 25.902.174'tür. Aynı şekilde aynı tarihler arasında Alaaddin-Adliye tramvay hattını ise 1.159.565 yolcu kullanmıştır. Bu verilere göre elde edilen çizelge aşağıdaki Şekil 6.30'da gösterilmiştir.

01.01.2017 - 31.12.2017
1 YILLIK YOLCU ANALİZİ



Şekil 6.30: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi ve Alaaddin-Adliye tramvay hatlarının yolcu analizi [30].

Konya Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilen verilere göre Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattının duraklara göre günlük yolcu sayısı analizi aşağıda maddelenmiştir. Bu veriler 08.01.2017 tarihli günün verileridir. Kampüs içi duraklarının verileri olmayıp sebebi ise öğrencilere kampüs içerisinde ücretsiz ring servisi sağlanmasından dolayıdır. Veriler tek yönlü durak verileridir.

- Alaaddin: 2.981 yolcu.
- Zafer: 4.710 yolcu.
- Kültürpark: 206 yolcu.
- Belediye: 254 yolcu.
- Nalçacı Caddesi: 300 yolcu.
- Kule: 2.033 yolcu.
- Kunduracılar: 234 yolcu.
- Eski Sanayi: 848 yolcu.
- Aydınlık Evler: 1.196 yolcu.
- Şehitler Camii: 331 yolcu.

- Sakarya: 318 yolcu.
- Teknik Lise: 474 yolcu.
- 1. Organize: 668 yolcu.
- Eyüp Sultan: 329 yolcu.
- Binkonutlar: 353 yolcu.
- Erenkaya Caddesi: 124 yolcu.
- Otogar: 2.229 yolcu.
- Medaş: 369 yolcu.
- Elmalılı Hamdi: 493 yolcu.
- MTA: 385 yolcu.
- Yazır: 310 yolcu.
- Japon Parkı: 1.268 yolcu.
- Sancak: 379 yolcu.
- Piri Reis: 415 yolcu.
- Fırat Caddesi: 481 yolcu.
- Buzluk Başı Köprüsü: 351 yolcu.
- Bosna Hersek: 971 yolcu.
- Kayalar Camii: 196 yolcu.
- Kampüs Giriş: 1.812 yolcu.
- Selçuk Tıp Fakültesi: Kampüs içi ring.
- Mühendislik Fakültesi: Kampüs içi ring.
- Fen Edebiyat Fakültesi: Kampüs içi ring.
- Hukuk Fakültesi: Kampüs içi ring.

Aynı şekilde Konya Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilen verilere göre Alaaddin-Adliye hattının duraklara göre günlük yolcu sayısı analizi aşağıda maddelenmiştir. Bu veriler de Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattı gibi 08.01.2017 tarihli aynı günün verileridir. Veriler tek yönlü durak verileridir.

- Zafer: 536 yolcu.
- Alaaddin: 349 yolcu.
- Hükümet Konağı: 216 yolcu.
- Mevlana Müzesi: 143 yolcu.
- Mevlana Kültür Merkezi: 87 yolcu.

- Fetih Caddesi: 71 yolcu.
- Spor ve Kongre Merkezi: 54 yolcu.
- Karşehir Caddesi: 37 yolcu.
- Adliye: Son durak.

Konya Büyükşehir Belediyesi bünyesindeki çalışanlarına, tramvay hatlarında zamana göre sıklık düzenlemesi ve sefer sayısı adetlerini ayarlamak için izleme aralığı yolcu analizi yöntemiyle pik saat yolcu analizi yaptırmıştır. Bu analizin amacı yolcuların daha rahat, hızlı ve konforlu bir ulaşım geçirmesini sağlamaktır. Bu analiz şimdilik sadece Alaaddin- Selçuk Üniversitesi hattında yapılmış olup sebebi ise Alaaddin- Adliye hattının yeni olması sebebiyle henüz doygunluğa ulaşmamış olmasıdır. Belediye'nin yaptırdığı bu analize ait pik yolcu sayıları ile ilgili veriler Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının izleme aralığı yöntemiyle yapılan pik saat yolcu analizi [30].

12.01.2018 tarihli Alaaddin-Selçuk Üniversitesi Tramvay Hattının İzleme Aralığı Yöntemiyle Pik Saat Yolcu Analizi.

07:00-09:00 Pik Saatleri	12:00-15:00 Pik Saatleri	17:00-19:00 Pik Saatleri
Arası Yolcu Analizi	Arası Yolcu Analizi	Arası Yolcu Analizi
16.617 yolcu	21.116 yolcu	24.540 yolcu

Yukarıdaki Çizelge 6.4'teki veriler doğrultusunda Konya Büyükşehir Belediyesi Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 07:00-09:00 saatleri arasında 5 dk'da bir, 12:00-15:00 saatleri arasında 4 dk'da bir ve 17:00-19:00 saatleri arasında ise 3 dk'da bir sefer uygulamaktadır. Bu saatlerin dışında kalan diğer zamanlarda ise 8 dk'da bir sefer uygulanmaktadır. Bu tarife gece 00:00'a kadar geçerli olup hat üzerinde 24 saat süreyle işletim sürmektedir. 00:00-06:00 saatleri arasında ise 30 dk'da bir sefer uygulanmaktadır. Alaaddin-Adliye tramvay hattında ise henüz sefer sıklaştırması yapılmamış olup günlük olarak 06:00-00:00 saatleri arasında işletim hizmeti vermektedir. Bu saatler arasında ise 08:00 ve 20:00 saatleri içerisinde bulunan dilimde 15 dk'da bir sefer geri kalan zamanlarda ise 20 dk'da bir sefer gerçekleşmektedir.

Elde edilen bu bilgilere göre inceleme yaptığımız zaman Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında günlük olarak 205 sefer/tek yön gerçekleşmektedir. Günlük olarak 08.01.2017 tarihindeki verilere göre bu tramvay hattını kullanan günlük 25.018 yolcu/tek yön bulunmaktadır. Verilerin sonucuna göre bir seferde ortalama 122 yolcu/tek yön taşınmaktadır.

Aynı şekilde yapılan bu inceleme Alaaddin-Adliye tramvay hattına da uyarlandığı zaman, bu hat üzerinde günlük olarak 66 sefer/tek yön gerçekleşmektedir. Günlük olarak 08.01.2017 tarihindeki verilere göre hattı kullanan günlük 1.493 yolcu/tek yön bulunmaktadır. Verilerin sonucuna göre bir seferde ortalama 23 yolcu/tek yön taşınmaktadır.

6.4.2 Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattının kaza analizi

Bu bölümde Alaaddin ve Selçuk Üniversitesi bölgeleri arasındaki tramvay hattının kaza analizi yapılmıştır. Analizde hat üzerindeki kavşaklarda maddi hasarlı, yaralanmalı ve ölümlü kazalar incelenmiştir. Kaza incelemeleri 2013 ve 2017 yılları arasındaki süreci ele almaktadır. Daha sonra ise sadece 2017 yılına ait kaza analizi yapılmıştır. Bu incelemeden sonra ise kazaların aylara ve günlere göre dağılımı hakkında bilgi sahibi olmak için 2017 yılına ait kaza günleri ve aylarının durumu incelenmiştir. İncelemenin yapıldığı veriler ise Konya Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilmiştir.

2013 ve 2017 yılları arasında Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı üzerinde 120 adet kaza olmuştur. Bu kazalardan 70 tanesi maddi hasarlı, 47 tanesi yaralanmalı ve 3 tanesi ölümlü olarak sonuçlanmıştır. Çizelge 6.5'de bu kazalardan hangilerinin nerede ve ne sonuçla gerçekleştiğine dair detaylı bilgi verilmiştir.

Çizelge 6.5: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2013 - 2017 yılları arasındaki kavşak, durak ve bölgelere göre olan kaza sayısı [30].

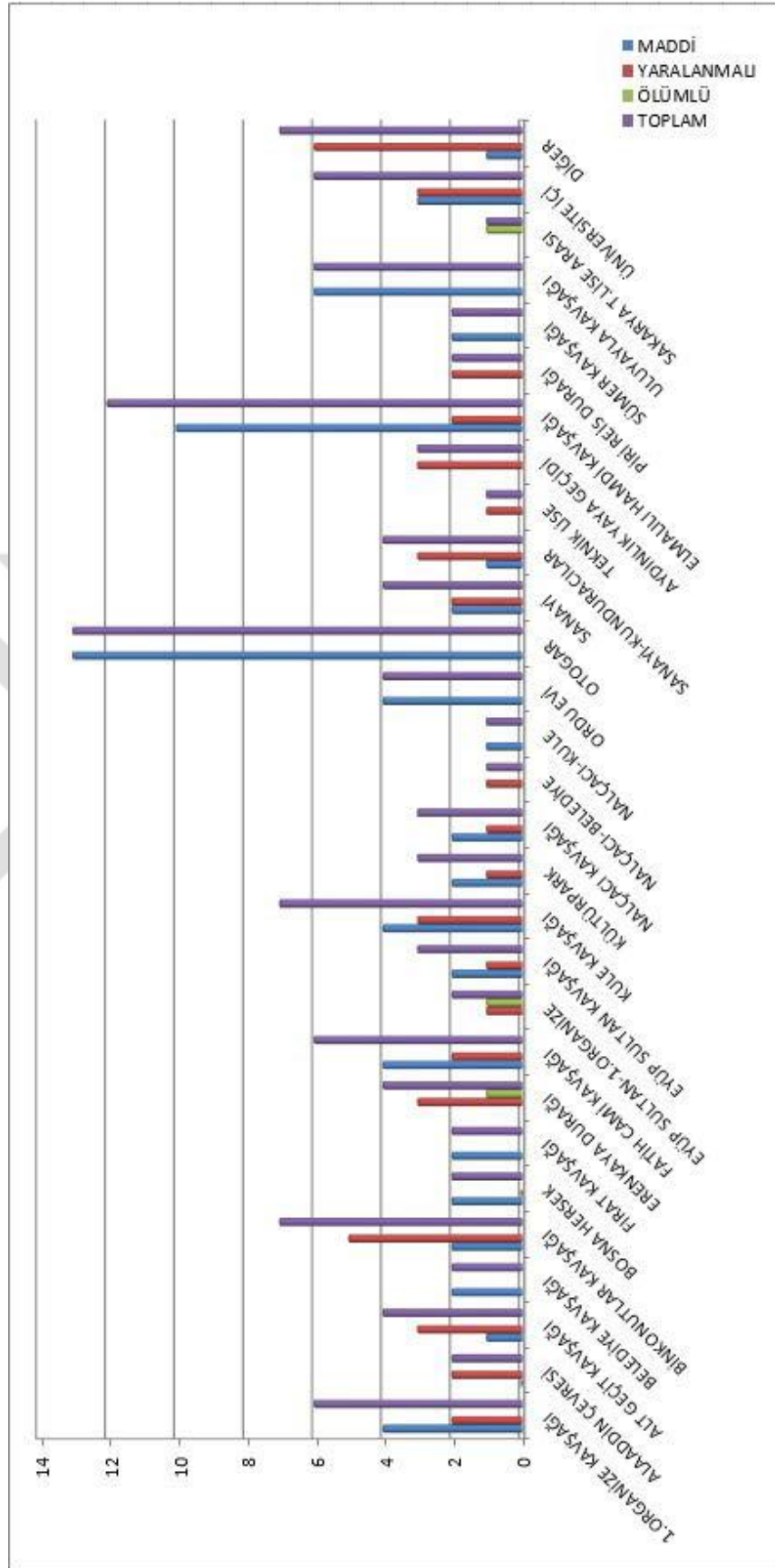
KONYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ, ULAŞIM PLANLAMA VE RAYLI SİSTEMLER DAİRE BAŞKANLIĞI, RAYLI SİSTEM ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ, ALAADDİN-SELÇUK ÜNİVERSİTESİ TRAMVAY HATTI, 2013 - 2017 YILLARI ARASI KAVŞAKLARDAKİ KAZA SAYISI.				
KAVŞAKLAR	ADET			
	MADDİ	YARALANMALI	ÖLÜMLÜ	TOPLAM
1.ORGANİZE KAVŞAĞI	4	2	-	6
ALAADDİN ÇEVRESİ	-	2	-	2
ALT GEÇİT KAVŞAĞI	1	3	-	4
BELEDİYE KAVŞAĞI	2	-	-	2
BİNKONUTLAR KAVŞAĞI	2	5	-	7
BOSNA HERSEK KAVŞAĞI	2	-	-	2
FIRAT KAVŞAĞI	2	-	-	2
ERENKAYA DURAĞI	-	3	1	4
FATİH CAMİ KAVŞAĞI	4	2	-	6
EYÜP SULTAN- 1.ORGANİZE ARASI	-	1	1	2
EYÜP SULTAN KAVŞAĞI	2	1	-	3
KULE KAVŞAĞI	4	3	-	7

Çizelge 6.5'in devamı

KÜLTÜRPARK KAVŞAĞI	2	1	-	3
NALÇACI KAVŞAĞI	2	1	-	3
NALÇACI- BELEDİYE ARASI	-	1	-	1
NALÇACI-KULE ARASI	1	-	-	1
ORDU EVİ KAVŞAĞI	4	-	-	4
OTOGAR KAVŞAĞI	13	-	-	13
SANAYİ KAVŞAĞI	2	2	-	4
SANAYİ- KUNDURACILAR ARASI	1	3	-	4
TEKNİK LİSE KAVŞAĞI	-	1	-	1
AYDINLIK EVLER YAYA GEÇİDİ	-	3	-	3
ELMALILI HAMDİ KAVŞAĞI	10	2	-	12
PİRİ REİS DURAĞI	-	2	-	2
SÜMER KAVŞAĞI	2	-	-	2
ULUYAYLA KAVŞAĞI	6	-	-	6
SAKARYA- T.LİSE ARASI	-	-	1	1
ÜNİVERSİTE İÇİ	3	3	-	6
DİĞER	1	6	-	7
TOPLAM	70	47	3	120

Çizelge 6.5’te de görüldüğü üzere en çok kaza Otogar ve Elmalılı Hamdi Kavşağı’nda olmuştur. Kazaların en çok olduğu kavşaklar olan bu iki kavşak için Belediye tramvay hattını o bölgelerde yeraltına almayı düşünmektedir. Çünkü bu iki kavşağın olduğu bölgede hat çevreyolları ve şehrin ana arterleriyle ile kesişmektedir. Şekil 6.31’de kazalara ait verilerin olduğu grafik bulunmaktadır.





Şekil 6.31: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2013 - 2017 yılları arasındaki kavşak, durak ve bölgelere göre olan kaza grafiği [30].

Aynı şekilde kaza analizi sadece 2017 yılı için yapıldığı zaman, Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2017 yılında 19 adet kaza olmuştur. Bu kazalardan 12 tanesi maddi hasarlıdır. Geriye kalan 7 tanesi ise yaralanmalı kaza olup bu yıl içerisinde bu hat üzerinde hiç ölümlü kaza meydana gelmemiştir. Çizelge 6.6'da bu kazalardan hangilerinin nerede ve ne sonuçla gerçekleştiğine dair detaylı bilgi verilmiştir.

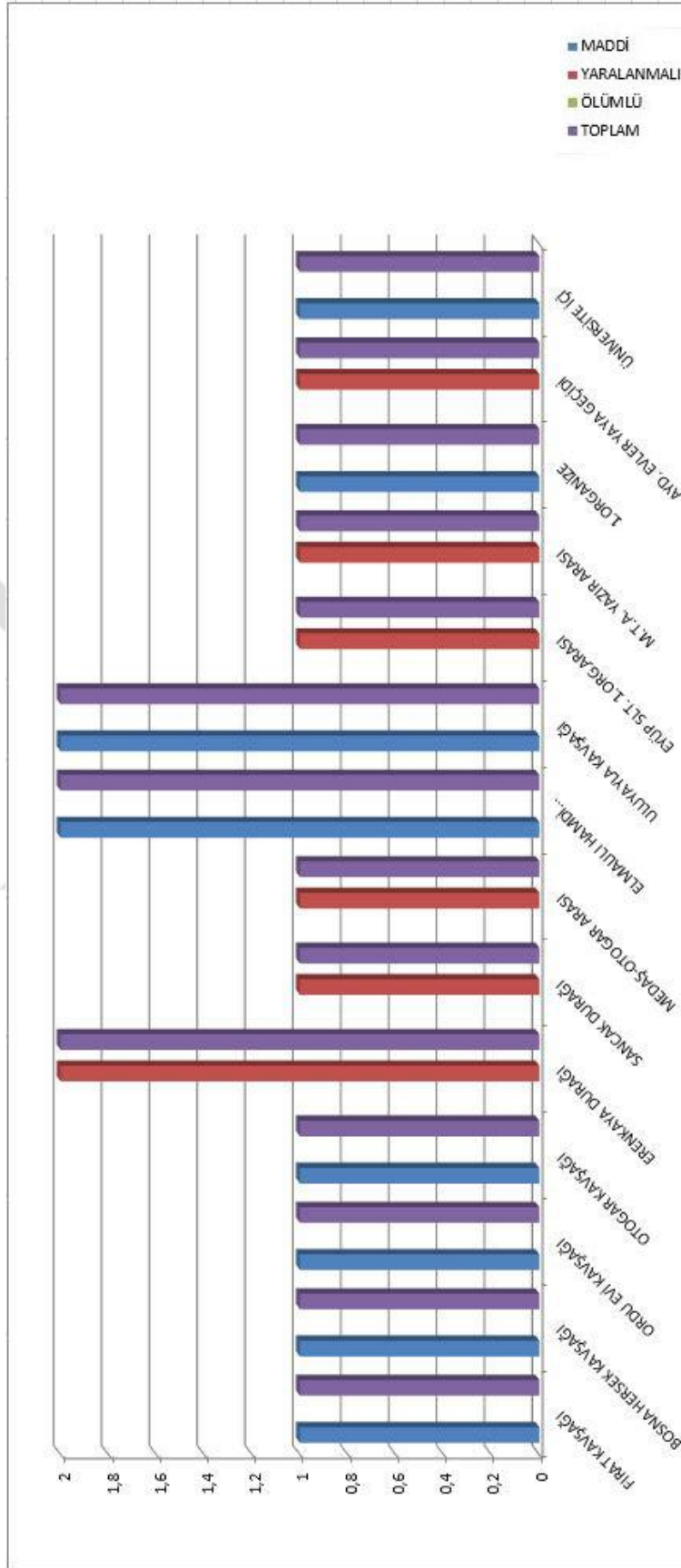
Çizelge 6.6: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2017 yılına ait kavşak, durak ve bölgelere göre olan kaza sayısı [30].

KONYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ, ULAŞIM PLANLAMA VE RAYLI SİSTEMLER DAİRE BAŞKANLIĞI, RAYLI SİSTEM ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ, ALAADDİN-SELÇUK ÜNİVERSİTESİ TRAMVAY HATTI, 2017 YILINA AİT KAVŞAKLARDAKİ KAZA SAYISI.				
KAVŞAKLAR	ADET			
	MADDİ	YARALANMALI	ÖLÜMLÜ	TOPLAM
EYÜP SULTAN KAVŞAĞI	2	-	-	2
FIRAT KAVŞAĞI	1	-	-	1
BOSNA HERSEK KAVŞAĞI	1	-	-	1
ORDU EVİ KAVŞAĞI	1	-	-	1
OTOGAR KAVŞAĞI	1	-	-	1
ERENKAYA DURAĞI	-	2	-	2
SANCAK DURAĞI	-	1	-	1
MEDAŞ- OTOGAR ARASI	-	1	-	1

Çizelge 6.6'nın devamı

ELMALILI HAMDI KAVŞAĞI	2	-	-	2
ULUYAYLA KAVŞAĞI	2	-	-	2
EYÜP SULTAN- 1.ORGANİZE ARASI	-	1	-	1
M.T.A.-YAZIR ARASI	-	1	-	1
1.ORGANİZE DURAĞI	1	-	-	1
AYDINLIK EVLER YAYA GEÇİDİ	-	1	-	1
ÜNİVERSİTE İÇİ	1	-	-	1
TOPLAM	12	7	-	19

Yukarıdaki Çizelge 6.6'ya göre düzenlenmiş 2017 yılındaki kazalara ait verilerin bulunduğu grafik Şekil 6.32'de gösterilmiştir.



Şekil 6.32: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2017 yılına ait kavşak, durak ve bölgelere göre olan kaza grafiği [30].

2017 yılında olan kazaların türüne ait çizelgeyi ve grafiği gösterdikten sonra şimdi de kazaların aylara ve günlere göre olan dağılımını aşağıdaki Çizelge 6.7’de inceleyeceğiz.

Çizelge 6.7: Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattında 2017 yılında meydana gelen kazaların gün ve aylara göre analizi [30].

KONYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ, ULAŞIM PLANLAMA VE RAYLI SİSTEMLER DAİRE BAŞKANLIĞI, RAYLI SİSTEM ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ, ALAADDİN-SELÇUK ÜNİVERSİTESİ TRAMVAY HATTI, 2017 YILINA AİT KAZA GÜNLERİ.								
AY \ GÜN	ADET							
	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA	CUMARTESİ	PAZAR	TOPLAM
OCAK	2	2	1	2	1	1	-	9
ŞUBAT	-	-	-	-	-	-	-	-
MART	-	-	-	-	1	-	-	1
NİSAN	-	-	-	-	-	-	-	-
MAYIS	-	2	-	-	-	-	-	2
HAZİRAN	-	-	-	-	-	-	-	-
TEMMUZ	-	-	-	-	1	-	-	1
AĞUSTOS	-	-	-	1	-	-	-	1
EYLÜL	-	-	-	-	1	-	-	1
EKİM	-	1	-	-	-	-	-	1
KASIM	1	1	-	-	-	-	-	2
ARALIK	1	-	-	-	-	-	-	1
TOPLAM	4	6	1	3	4	1	-	19

Çizelge 6.7’ye göre günlere ve aylara göre kaza durumunu incelediğimiz zaman, günlere göre kaza açısından bir istatistik oluşturulamamakla beraber, aylara göre inceleme yapıldığında ise ocak ayında kaza sayısının diğer aylara göre bir hayli fazla olduğu göze çarpmaktadır. Bu durumun nedenini araştıran belediye ağır şartlarda geçen kış mevsiminin etkisinin olduğu sonucuna varmış ve sebebin donduğu için

kayganlaşan yollardan olduğunu belirtmiştir. Bu duruma önlem olarak ise yol tuzlama ve don çözücü malzemeler ile yol yüzeyinin ısını yükseltme işlemini uygulamaktadır.



7. BALASTLI VE BALASTSIZ ÜSTYAPI TİPLERİNİN YAPIM VE BAKIM MALİYETLERİ ANALİZİ

Balastlı ve balastsız tramvay hattı üstyapı tiplerinin yapım maliyetlerini inceleyeceğimiz bu bölümde öncelikle maliyet kavramından bahsetmeliyiz. Maliyet bir ürünü elde etmek için katlanılan tüm faktörlerin parasal anlamda karşılığına denmektedir. Diğer bir deyişle ürün elde etmek için yapılan tüm fedakarlıklardır. Bu fedakarlıklarda gerek harcanan emek olsun gerekse tüketilen malzeme olsun hepsi maliyet konusu içerisine girer [96,97].

Gelişmekte olan ülkelerde yeni yapılacak bir projede ilk yatırım maliyeti en önemli karar verme mekanizması olmaktadır, gelişmiş ülkelerde ilk yatırım maliyetinden ziyade projenin hizmet ömrü süresince ortaya çıkabilecek bakım ve onarım maliyetleri de göz önüne alınarak kümülatif bir değerlendirme yapılarak karar verilmektedir.

Tezin bu bölümünde ise Konya şehri için yapılan 2 farklı tramvay hattının yapım maliyetleri incelenmiştir. Alaaddin-Selçuk Üniversitesi tramvay hattı balastlı bir hat ve Alaaddin-Adliye tramvay hattının da balastsız bir hat olmasından dolayı her iki üstyapı tipi için de yapım maliyet analizleri ilerleyen bölümlerde gösterilecektir. Bu analizler yapılırken hem malzeme giderleri hem de işçilik giderleri ayrı ayrı ele alınacaktır. Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattının inşaatı için bulunan veriler 2007 yılına ait olduğu için bu verilerin dolar bazında yıllık enflasyon oranına göre günümüz değeri de ayrıca hesaplanacaktır. Alaaddin-Adliye hattının verileri ise 2014 yılına ait olup kıyaslama yapmak açısından herhangi bir net bugünkü değer hesabı yapılmasına gerek yoktur.

Daha önceki bölümlerde Konya şehrindeki tramvay hatlarının detaylı olarak tüm özellikleri incelenmişti. Şimdi ise balastlı ve balastsız tramvay hattı üstyapı tiplerine ait maliyet analizleri incelenecektir.

7.1 Hat Yapım ve Bakım Maliyetleri İncelenirken Yapılan Kabuller

Tez kapsamında yapılacak incelemeler ele alınırken bazı kabuller yapılmıştır. Yapılan bu kabullerden kısaca bahsetmek gerekirse;

- Yapılan işlemlerde geçerli olarak kullanılan para birimi dolar kabul edilmiştir.
- 2014 yılına ait dolar kurunun TL karşılığı TCMB'den alınan verilere göre 1 \$ = 2,10 TL kabul edilmiştir.
- 2014 yılına ait motorin fiyatının dolar cinsinden değeri 0,75 \$ dolar kabul edilmiştir.
- 2007-2014 yılları arasında Amerika'nın enflasyon oranı çeşitli kaynaklar araştırılıp yaklaşık olarak % 3 kabul edilmiştir.
- 2014 yılında Türkiye'de ki asgari ücretin SGK primi ve vergiler dahil yaklaşık olarak karşılığı 1000 \$'a tekabül ettiği bilindiğine göre ve TCDD ile yüklenici şirketlerin izlediği politikalarla belirlediği iş anlaşmalarına göre demiryolu işlerinin ağır işlere girdiği göz önünde bulundurularak en alt vasıftaki bir işçinin SGK primi ve vergiler dahil aylık 2050 \$ gideri olduğu kabul edilmiştir.
- Yapılan bu işlemlerde kullanılan hat yapım ve bakım makinelerinin TCDD tarafından 2014 yılına ait ilk alım değerleri TL cinsinden öğrenilmiş olup kabul edilen Dolar-TL karşılığına göre ilerleyen sayfalarda çevrilmiştir.

7.2 Balastlı Tramvay Hattı Üstyapı Tipine Ait Yapım Maliyeti Analizi

Bu bölümde balastlı tramvay hattı üstyapı tipine ait yapım maliyeti analizi Konya şehrindeki Alaaddin-Selçuk Üniversitesi hattı üzerinden incelenecektir. İnceleme yapılırken elde edilen veriler Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiş olup veriler 2007 yılına aittir. İncelemenin sonunda bu verilere göre hesaplanan maliyet analizi için net bugünkü değer hesabı yapılmıştır. Çizelge 7.1'de balastlı üstyapı için kullanılan malzemelere ait keşif özeti gösteren bilgiler bulunmaktadır.

Çizelge 7.1: Balastlı üstyapı tipine ait malzeme keşif özeti [30].

ALAADDİN-SELÇUK ÜNİVERSİTESİ TRAMVAY HATTI İNŞAATI					
BALASTLI ÜSTYAPI MALZEME KEŞİF ÖZETİ					
Sıra	Yapılacak İşin Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyat (\$)	Tutar (\$)
1	49E1 (49,43 kg/m'lik) 18,0 m boyda normal ray	ton/m	0,10	630	63,00
2	B58 monoblok beton travers	adet/m	1,67	30	50,10
3	Vossloh W14 bağlantı malzemesi	adet/m	1,67	12	20,04
4	Alüminotermi ray kaynağı	adet/m	0,12	45	5,40
5	Balast malzemesi	m ³ /m	2,40	14	33,60
6	Subbalast malzemesi	m ³ /m	1,4	12	16,80
GENEL TOPLAM					188,94

Yukarıdaki çizelgede bulunan bilgiler doğrultusunda bu malzemelerin kullanılması için gereken işçilik maliyetlerine ait keşif özeti ise bir sonraki sayfadaki Çizelge 7.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2: Balastlı üstyapı tipine ait işçilik keşif özeti. [30]

ALAADDİN-SELÇUK ÜNİVERSİTESİ TRAMVAY HATTI İNŞAATI					
BALASTLI ÜSTYAPI İŞÇİLİK KEŞİF ÖZETİ					
Sıra	Yapılacak İşin Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyat (\$)	Tutar (\$)
1	Aplikasyon	m	1	0,46	0,46
2	Yol malzemesinin depolara taşınması, boşaltılması, istifi ve muhafazası	ton/m	0,43	12,43	5,35

Çizelge 7.2'nin devamı

3	Depodaki yol malzemesinin (ray,traves,küçük malzeme) poz mahalline nakil için yüklenmesi ve poz mahallinde boşaltılması	ton/m	0,43	5,83	2,51
4	Poz mahalline getirilen yol malzemesinin hat kenarına taşınması ve rayların markalanması	m	1	1,38	1,38
5	Depolardaki balastın hat kenarına taşınarak vagonlara yüklenecek şekilde figüre edilmesi	m	1	2,46	2,46
6	Depolardaki balastın platform üstüne taşınarak kordon halinde figüre edilmesi	m	1	4,30	4,30
7	Kordon balastın profile göre platforma serilmesi	m	1	2,57	2,57
8	1.tabaka balastın vagonlara yüklenmesi iş yerine nakli, boşaltılması ve hatta döşenmesi	m	1	5,86	5,86
9	2.tabaka balastın vagonlara yüklenmesi iş yerine nakli, boşaltılması ve hatta döşenmesi	m	1	5,86	5,86

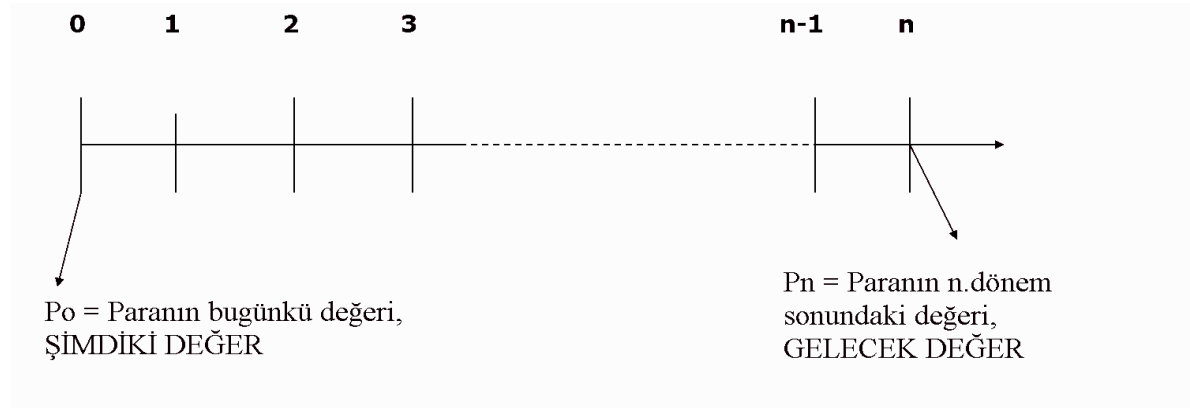
Çizelge 7.2'nin devamı

10	49E1 rayla çerçevede B5a8 monoblok beton traversle poz yapılması	m	1	10,46	10,46
11	2.tabaka balast üzerine rölevaj,dresaj buraj (en az iki işlem) yapılması	m	1	5,13	5,13
12	Ray kesilmesi	adet/m	0,06	2,62	0,16
13	Yeni pozu yapılan ve işletmeye açılan hatta 1. ay bakımı	m	1	1,29	1,29
14	Yeni pozu yapılan ve işletmeye açılan hatta 2. ay bakımı	m	1	1,23	1,23
15	Yeni pozu yapılan ve işletmeye açılan hatta 3. ay bakımı	m	1	0,95	0,95
16	Alüminotermi ray kaynağı yapılması	adet/m	0,12	35,32	4,24
17	Rayların taşlanması	m	1	4,60	4,60
18	İşaretlerin konması	m	1	0,53	0,53
19	Poz bölgesinin inşaat atıklarından temizlenmesi	m	1	0,36	0,36
20	İşçi maliyeti (S.G.K primi dahil)	adam/m	0,0005	1700	0,85
21	Formen maliyeti (S.G.K primi dahil)	adam/m	0,0001	3400	0,34
22	Mühendis maliyeti (S.G.K primi dahil)	adam/m	0,0001	6800	0,68
23	İnşaat araçları için yakıt	l/m	20	0,75	15
GENEL TOPLAM					76,57

Çizelge 7.1 ve 7.2’de balastlı üstyapının malzeme ve işçilik keşifleri verilmiştir. Bu bilgiler ışığında balastlı üstyapıya ait yapım maliyeti analizinin sonucu aşağıda gösterilmiştir. Bu maliyetler 1 metre balastlı tramvay hattı için olan değeri göstermektedir. Elde ettiğimiz değer 2007 yılı için olan sonuç olup, net bugünkü değere enflasyon rakamları uyarınca öteleme yapılacaktır [91,95].

- Malzeme maliyeti = **188,94 \$**
- İşçilik maliyeti = **76,57 \$**
- Toplam yapım maliyeti (1 metre için) = $188,94 + 76,57 = \mathbf{265,51 \$}$
- 1 km balastlı üstyapı yapım maliyeti = $265,90 * 1000^m = \mathbf{265.510 \$}$

Amerika Birleşik Devletlerinin yıllık enflasyon oranı %3 olarak kabul edilirse 1 m balastlı tramvay hattının yapım maliyetinin net bugünkü değeri aşağıda hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken kabul edilen enflasyon oranı kaynak olarak verilmiştir [72]. Hesaplamalarda kullanılan formüle ait çizelge Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil 7.1: Net bugünkü değer doğrusu.

$$NBD = P * (1 + i)^n$$

NBD = Net bugünkü değer

P = Anapara

i = Enflasyon oranı

n = yıl

$$NBD = 265,510 * (1 + 0,03)^7$$

$$NBD = 326,544 \$$$

Bir önceki sayfadaki hesaplamalara göre 2007 yılında 1 metre balastlı tramvay hattı için yapılan üstyapı inşa maliyeti 265,90 \$ olan paranın 2014 yılındaki karşılığı 326,54 \$ olduğu görülmektedir. Enflasyon oranının Amerika'ya göre alınmasının sebebi hesapların dolar cinsinden yapıldığı ve karşılaştırmalarında dolar cinsinden yapılacağı için daha gerçekçi sonuçlara ulaşmak amacıyla. Bu sonuçlara göre 2014 yılında 1 m balastlı bir demiryolu hattı yapımı için harcanacak para yaklaşık olarak **330 \$** diyebiliriz.

7.3 Balastsız Tramvay Hattı Üstyapı Tipine Ait Yapım Maliyeti Analizi

Bu bölümde ise balastsız tramvay hattı üstyapı tipine ait yapım maliyeti analizi Konya şehrindeki Alaaddin-Adliye hattı üzerinden incelenecektir. İnceleme yapılırken elde edilen veriler Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'ndan ve Yapıray Demiryolu İnşaat Sistemleri A.Ş'den temin edilmiş olup veriler inşa faaliyetlerinin gerçekleştiği 2014 yılına aittir. İncelemenin sonunda 1 km balastsız demiryolu hattına ait yapım maliyetini bulunmuştur. Yapım maliyeti bulunurken kullanılan malzeme ve işçilik keşif özeti çizelgelerle gösterilmiştir. Çizelge 7.3'te balastsız üstyapı için kullanılan malzemelere ait keşif özeti gösteren bilgiler bulunmaktadır.

Çizelge 7.3: Balastsız üstyapı tipine ait malzeme keşif özeti [30,57].

ALAADDİN-ADLİYE TRAMVAY HATTI İNŞAATI					
BALASTSIZ ÜSTYAPI MALZEME KEŞİF ÖZETİ					
Sıra	Yapılacak İşin Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyat (\$)	Tutar (\$)
1	49E1 (49,43 kg/m'lik) 18,0 m boyda normal ray	ton/m	0,10	630	63,00
2	Betonarme Prefabrik Plak	m	1	70	70
3	Pandrol CDM QTrack bağlantı malzemesi	m	2	22,13	44,26
4	Alüminotermi ray kaynağı	adet/m	0,12	45	5,40
5	Dolgu Beton (C30/37), h=10 cm, w=250 cm	m ³ /m	0,25	45,45	11,36
6	Hasır Donatı (50 kg/m ³)	ton/m	0,01	522,73	5,23
GENEL TOPLAM					199,25

Yukarıdaki çizelgede bulunan bilgiler doğrultusunda bu malzemelerin kullanılması için gereken işçilik maliyetlerine ait keşif özeti ise Çizelge 7.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.4: Balastsız üstyapı tipine ait işçilik keşif özeti [30,57].

ALAADDİN-ADLİYE TRAMVAY HATTI İNŞAATI					
BALASTSIZ ÜSTYAPI İŞÇİLİK KEŞİF ÖZETİ					
Sıra	Yapılacak İşin Cinsi	Birimi	Miktarı	Birim Fiyat (\$)	Tutar (\$)
1	Aplikasyon	m	1	0,46	0,46
2	Yol malzemesinin depoları taşınması,boşaltılması, istifi ve muhafazası	ton/m	0,43	12,43	5,35
3	Depodaki yol malzemesinin (ray,traves,küçük malzeme) poz mahalline nakil için yüklenmesi ve poz mahallinde boşaltılması	ton/m	0,43	5,83	2,51
4	Poz mahalline getirilen yol malzemesinin hat kenarına taşınması ve rayların markalanması	m	1	1,38	1,38
5	49E1 (49,43 kg/m’lik) ray ile doğrudan tespitli yol döşenmesi	m	1	5,52	5,52
6	Satın alınan ve beton pompa ile basılan C30 betonun dökülmesi	m ³ /m	0,63	50	31,5
7	Kazı işleri	m ³ /m	3,44	3,13	10,77
8	Deplase işleri	m	1	57,65	57,65
9	Çimento stabilizasyonu	m ³ /m	0,78	19,73	15,39
10	Grobeton dökümü	m ³ /m	0,39	43,14	16,82
11	Ray kesilmesi	adet/m	0,06	2,62	0,16
12	Çeşitli demir işleri	m	1	4	4

Çizelge 7.4'ün devamı

13	Kalıp işleri	m ² /m	0,98	2	1,96
14	Yeni pozu yapılan ve işletmeye açılan hatta 1. ay bakımı	m	1	1,29	1,29
15	Yeni pozu yapılan ve işletmeye açılan hatta 2. ay bakımı	m	1	1,23	1,23
16	Yeni pozu yapılan ve işletmeye açılan hatta 3. ay bakımı	m	1	0,95	0,95
17	Alüminotermite ray kaynağı yapılması	adet/m	0,12	35,32	4,24
18	Rayların taşlanması	m	1	4,60	4,60
19	İşaretlerin konması	m	1	0,53	0,53
20	Poz bölgesinin inşaat atıklarından temizlenmesi	m	1	0,36	0,36
21	İşçi maliyeti (S.G.K primi dahil)	adam/m	0,0005	2050	1,03
22	Formen maliyeti (S.G.K primi dahil)	adam/m	0,0001	4100	0,41
23	Mühendis maliyeti (S.G.K primi dahil)	adam/m	0,0001	8200	0,82
24	İnşaat araçları için yakıt	l/m	20	0,75	15
25	Çimlendirme işlemi	m	1	54	54
GENEL TOPLAM					237,93

Çizelge 7.3 ve 7.4'te balastsız üstyapının malzeme ve işçilik keşifleri verilmiştir. Bu bilgiler ışığında balastsız üstyapıya ait yapım maliyeti analizinin sonucu aşağıda gösterilmiştir. Bu maliyetler 1 metre balastsız tramvay hattı için olan değer göstermektedir. Elde ettiğimiz değer 2014 yılı için olan sonuçlardır.

- Malzeme maliyeti = 199,25 \$
- İşçilik maliyeti = 237,93 \$
- Toplam yapım maliyeti (1 metre için) = 199,25 + 237,93 = **437,18 \$**
- 1 km balastlı üstyapı yapım maliyeti = 437,18 * 1000^m = **437.180 \$**

Bu sonuçlara göre 2014 yılında 1 m balastsız bir demiryolu hattı yapımı için harcanacak para yaklaşık olarak **440 \$** diyebiliriz.

7.4 Balastlı Tramvay Hattı Üstyapı Tipine Ait Bakım Maliyeti Analizi

Balastlı demiryolu hatlarının bakımı bu bölümde incelenecektir. Bakım işlemleri üç ana başlık altında toplanmaktadır. Bu başlıklar sırasıyla işçilik, malzeme ve makine maliyetleridir. Yalnız makine maliyetleri çok detaylı bir konu olup kendi içerisinde birçok alt başlıktan oluşmaktadır. Alt başlıklar içerisinde en öne çıkanlar ise makinenin ilk alım maliyeti, makinelerin çalışma maliyeti ve makineleri kullanan operatör ve işçilerin maliyetidir. Bakım maliyetleri incelenirken Dr. Veysel ARLI'nın 'Balastlı ve Balastsız Üstyapıların Ekonomik Yönden Karşılaştırılması' yüksek lisans tezinden faydalanılmış olup o tarihteki veriler güncel rakamlarla uyuşmadığı için günümüz verilerine Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'ndan ulaşılmıştır. Bu veriler ise yine 2014 yılı için geçerli olan verilerdir [30,73].

7.4.1 Balastlı üstyapıda makine maliyeti

Balastlı demiryollarının bakım çalışmalarında kullanılması zorunlu olan bazı pahalı demiryolu makineleri vardır. Makine maliyetinin konusu içerisine makine amortisman maliyeti, makine yakıt maliyeti, makine yedek parça maliyeti ve makine operatör maliyeti girmektedir. TCDD'nin araç parkında birçok bakım makinesi bulunmakla beraber tez kapsamında TCDD'nin en çok tercih ettiği Plasser&Theurer firmasına ait makinelerin kullanıldığı varsayılmıştır. Çünkü ilerleyen sayfalarda bu makinelerin amortisman maliyeti için değerler verilecektir ve bu değerler bahsedilen firmanın makinelerinin değerleridir [74,94].

Biraz daha özele incek olursak buraj makinesi, balast eleme makinesi, balast tokmaklama makinesi, balast regülatörü makinesi ve ray taşıma makinesi bakım

makinelerini oluşturmaktadır. Bu makinelerin servis ömrü TCDD tarafından 20 yıl olarak kabul edilmektedir. Makinelerin 20 yıllık servis ömrü süresince her gün hizmet veremeyeceği bilindiği için TCDD tarafından mevsim şartları ve makine arızaları da göz önünde bulundurularak yılın yarısı kadar yani yaklaşık bir yılda 180 gün hizmet verebileceği öngörülmüştür. Bu bilgiler ışığında hat bakım makinelerinin servis ömrü;

- Makinelerin servis ömrü $20 \times 180 = 3600$ gündür.

Verilen bu bilgiler doğrultusunda Çizelge 7.5'te bahsedilen makinelere ait günlük amortisman maliyetleri incelenmiştir.

Çizelge 7.5: Balastlı hat bakım makinelerine ait amortisman maliyetleri [30].

Sıra	Makine Adı	Makinenin Ücreti (\$)	Makinenin Servis Süresi (gün)	Amortisman Maliyeti (\$/gün)
1	Buraj Makinesi	1.320.000	3.600	366,67
2	Ray Taşlama Makinesi	2.900.000	3.600	805,55
3	Balast Tokmaklama Makinesi	1.170.000	3.600	325
4	Balast Eleme Makinesi	3.230.000	3.600	897,22
5	Balast Regülatörü Makinesi	1.220.000	3.600	338,89

Makinelere ait yakıt giderlerini hesaplarken makinelerin motor güçlerini bilmemiz gerekmektedir. Çünkü bir makine ortalama olarak bir saatte beygir cinsinden motor gücünün %15'i kadar olan sayısal değere karşılık gelen mazot litresi tüketimi yapmaktadır. Yakıt giderlerinin yanı sıra makinelerin çalışmaları sırasında makine yağı, benzin, üstüğü, taşlama taşı gibi giderleri de makine yakıt giderlerine dahil edilmiştir. Bu malzemelerin kullanım miktarı ise yakıtın %20'si kadardır. Yani %15'in %20'sini hesaplırsak, $0,15 \times 0,20 = 0,03$ olmaktadır. Mazot dışında diğer giderlerde

makinenin motor gücünün %3'üne denk gelmektedir. Bu bağlamda makinelerin toplam saatlik yakıt sarfıyatı maliyeti %15 + %3 ile makinenin motor gücünün %18'ine denk gelmektedir. Bir örnek vermek gerekirse 200 HP gücündeki bir makine saatte yaklaşık $200 \times 0.18 = 36$ l mazota eş değer yakıt ve sarf malzemesi tüketmektedir.

Mazotun litre fiyatı ise daha önceki bölümlerdeki Çizelge 7.2 ve 7.4'te de belirtildiği gibi 0,75 \$/l olduğu varsayımıyla makinelerin yakıt giderlerine ait veriler oluşturulup Çizelge 7.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.6 oluşturulurken bir makinenin günde 4 saat çalıştığı varsayılmıştır.

Çizelge 7.6: Balastlı hat bakım makinelerine ait günlük yakıt maliyetleri [30].

Sıra	Makine Adı	Motor Gücü (HP)	Malzeme Miktarı (kg/sa)	Yakıt Maliyeti (\$/gün)
1	Buraj Makinesi	250	45,00	135,00
2	Ray Taşlama Makinesi	200	36,00	108,00
3	Balast Tokmaktama Makinesi	274	49,32	147,96
4	Balast Eleme Makinesi	200	36,00	108,00
5	Balast Regülatörü Makinesi	500	90,00	270,00

Makinelere ait diğer bir gider kalemi ise makinelerin bakım, onarım, yedek parça, kasko, sigorta... vb giderleridir. Bu giderler için tek tek fiyat analizi yapmak zor olduğundan dolayı belli bir katsayı ile bu işlemin giderleri bulunacaktır. Bu katsayıda Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın genel fiyat analizinde makine satın alma bedelinin saatlik 0,000220 katı olarak verilmiştir. Buna göre çizelge 7.7'de makine diğer giderleri gösterilmiştir. Diğer maliyetler makine bedelinin saatlik 0,000220 katı alınarak hesaplanmıştır. Makinelerin günlük 4 saat kullanıldığı unutulmamalıdır.

Çizelge 7.7: Balastlı hat bakım makinelerine ait günlük diğer maliyetler [30].

Sıra	Makine Adı	Makinenin Ücreti (\$)	Diğer Maliyetler (\$/gün)
1	Buraj Makinesi	1.320.000	1.161,60
2	Ray Taşlama Makinesi	2.900.000	2.552,00
3	Balast Tokmaktama Makinesi	1.170.000	1.029,60
4	Balast Eleme Makinesi	3.230.000	2.877,60
5	Balast Regülatörü Makinesi	1.220.000	1.073,60

Diğer bir makine gideri ise makineyi kullanan operatörün maliyetidir. Operatörler sınıf olarak işçilerle aynı kategoriye girmektedir. Buna göre bir operatörün aylık giderinin sigorta bedelleri ile birlikte yaklaşık olarak 2050 \$ olduğunu daha önceki bölümlerde çizelgelerde görmüştük. Bu veriyi günlük bazda değerlendirmek gerekirse bir ayın tatil günleri çıkarılmalıdır. Buna göre bir operatör ayda yaklaşık olarak 22 iş günü çalışmaktadır. Buraj makinesinde 3, ray taşlama makinesinde 2, balast tokmaktama makinesinde 2, balast eleme makinesinde 2 ve balast regülatörü makinesinde de 2 operatör çalışmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda aşağıdaki Çizelge 7.8’de makinelere ait operatör maliyetleri çıkarılmıştır. Bir operatörün maliyeti şu şekilde hesaplanır;

- Operatör maliyeti (\$/gün) = Operatör sayısı * operatör aylık maliyeti / 22 (gün/ay).

Çizelge 7.8:Balastlı hat bakım makinelerine ait günlük operatör maliyetleri [30].

Sıra	Makine Adı	Operatör Sayısı	Operatör Maliyeti (\$/gün)	Toplam Operatör Maliyeti (\$/gün)
1	Buraj Makinesi	3	93,18	279,54
2	Ray Taşlama Makinesi	2	93,18	186,36
3	Balast Tokmaktama Makinesi	2	93,18	186,36
4	Balast Eleme Makinesi	2	93,18	186,36
5	Balast Regülatörü Makinesi	2	93,18	186,36

Makinelerin tüm giderleri önceki sayfalarda bulunmuştur. Bu veriler ışığında bir makinenin günlük toplam maliyetini hesaplamak için bulunan tüm bu maliyetleri toplamamız gerekmektedir. Bu hesaplamalar da Çizelge 7.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 7.9: Toplam makine maliyeti

Sıra	Makine Adı	Amortisman Maliyeti (\$/gün)	Yakıt Maliyeti (\$/gün)	Günlük Diğer Maliyetler (\$/gün)	Operatör Maliyeti (\$/gün)	Toplam Makine Maliyeti (\$/gün)
1	Buraj Makinesi	366,67	135,00	1.161,60	279,54	1942,81
2	Ray Taşlama Makinesi	805,55	108,00	2.552,00	186,36	3651,91
3	Balast Tokmıklama Makinesi	325	147,96	1.029,60	186,36	1688,92
4	Balast Eleme Makinesi	897,22	108,00	2.877,60	186,36	4069,18
5	Balast Regülatörü Makinesi	338,89	270,00	1.073,60	186,36	1868,85

7.4.2 Balastlı üstyapıda rutin bakım maliyeti

Rutin bakım aslında hem balastlı hem de balastsız üstyapılarda ortak olarak yapılan bir bakım maliyet kalemidir. Bu sebeple bu bölümde yaptığımız hesaplamaların hepsi ilerleyen bölümlerde karşımıza çıkacak olan balastsız üstyapıda rutin bakım maliyeti bölümünde de periyot farkı ile birlikte aynı hesaplar tekrar gösterilecektir. Bu bakım maliyetinin ana kalemini balastlı hatlarda 9 yılda bir değiştirilmesi gereken ray altı plastik seletlerinin bedelleri oluşturmaktadır.

Balastlı üstyapıda traversler 60 cm’de bir konulmaktadır ve balastsız üstyapıda ise 60 cm’de bir bağlantı sistemi raylarla bağlanmaktadır. Buna göre 1 km hatta yaklaşık olarak 1.670 adet travers bulunmaktadır. 1670 traversin karşılığında ise her traversde 2 adet ray altı plastik seleti olduğuna göre 1 km hatta 3.340 adet ray altı plastik seleti bulunmaktadır.

Aynı şekilde balastsız üstyapıda da 3.340 adet bağlantı sistemi olduğuna göre 3340 adet ray altı plastik selet vardır. Bir plastik seletin maliyeti ise 2,3 \$ olduğuna göre;

- 1 km hattın ray altı plastik selet maliyeti $2,3 * 3.340 = 7.682$ \$ olur.

Fakat hatların servis ömrü 40 yıl kabul edildiği zaman 4 kere bu işlemin tekrarlanması gerektiğine göre;

- Plastik seletin maliyeti $7.682 * 4 = 30.728$ \$ olmaktadır.

Belediye'den elde edilen veriler ve tecrübeler sonucu ortaya çıkan istatistiklere göre 10 km demiryolu hattının rutin bakımı için 1 yıl içerisinde 3 işçi gerekmektedir. Daha önceki bölümlerde bir işçinin aylık maliyetinin 2.050 \$ olduğunu görmüştük. Buna göre 1 km hat bakım maliyeti için gereken işçi gideri aşağıda hesaplanmıştır.

- 1 işçinin yıllık gideri $2.050 * 12 = 24.600$ \$
- 3 işçinin yıllık gideri $24.600 * 3 = 73.800$ \$

Yani 10 km hat bakımı için yıllık olarak toplam 73.800 \$ harcama yapmamız gerekmektedir. Buna göre;

- 1 km hat bakımı için $73.800 / 10 = 7.380$ \$/km gider elde edilmiştir.

Yalnız hattın servis ömrü 40 yıl olduğuna göre bu işlem hattın servis ömrü boyunca 4 kere tekrarlanmalıdır. Bu sebeple;

- İşçilik maliyeti $7.380 * 4 = 29.520$ \$ olmaktadır.

Yapılan malzeme ve işçilik hesaplamaları doğrultusunda 1 km hattın rutin bakım maliyeti iki giderin de toplamına eşittir. Buna göre 1 km balastlı veya balastsız hat için toplam rutin bakım maliyeti;

- Toplam Rutin Bakım Maliyeti = Toplam Malzeme Maliyeti + Toplam İşçilik Maliyeti' dir.
- Toplam Rutin Bakım Maliyeti (\$/km) = $30.728 + 29.520 = 60.248$ \$/km olmaktadır.

7.4.3 Balastlı üstyapıda makineli bakım çalışmasının işçi ekibi maliyeti

Balastlı üstyapılarda makinelerin ve bu makineleri kullanan operatörlerin yanı sıra birde sahada görev yapmak zorunda olan işçi ekibi gereklidir. Bu ekibinde kendine has

bir maliyeti bulunmaktadır. Bakım çalışmalarına ait maliyet hesabı çıkarırken bu durumu da göz önünde bulundurmak gereklidir. Bir demiryolu işçi ekibinin içerisinde sırasıyla;

- 1 formen,
- 1 sürveyan,
- 8 inşaat işçisi bulunur.

Yani bir demiryolu iş ekibi 10 kişiden oluşmaktadır. Bu 10 kişiden 9'u işçi sınıfında, 1'i ise formen sınıfında olup maliyet hesabı buna göre yapılacaktır.

2014 yılı için, bir işçinin sigorta primi dahil aylık maliyetinin 2050 \$, formenin ise 4100 \$ olduğundan daha önceki bölümlerde bahsedilmişti. Buna göre bir demiryolu iş ekibinin günlük maliyeti aşağıda hesaplanmıştır. Hesaplamaların sonucuna göre iş ekibinin günlük maliyeti Çizelge 7.10'da gösterilmiştir. İş ekibindeki işçilerin bir ay içerisinde 26 gün çalıştığı varsayılmıştır.

- Formen sınıfındaki 1 elemanın günlük aldığı ücret $4100 / 26 = 157,69$ \$/gün
- İşçi sınıfındaki 1 elemanın günlük aldığı ücret $2050 / 26 = 78,85$ \$ / gün

Çizelge 7.10: İşçi ekibi maliyeti [30].

Sıra	İşçi Ünvanı ve Sınıfı	Maliyet (\$/ay)	Eleman Adedi	İşçilik Maliyeti (\$/gün)
1	Formen / Formen	4100	1	157,69
2	Sürveyan / İşçi	2050	1	78,85
3	İşçi / İşçi	2050	8	630,80
İŞÇİ EKİBİ MALİYETİ				867,34 \$/gün

7.4.4 Balastlı üstyapı için ilave balast maliyeti

Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiler doğrultusunda balastlı bir demiryolu hattına iki yılda bir hat üzerindeki balast miktarının %3'ü kadar balast ilavesi yapılması gerektiği söylenmiştir. Buna ilaveten 9 yıllık periyodik balast eleme bakımından sonra ise hat üzerindeki balastın % 10'u kadar balast ilavesi yapılması gerekmektedir [30].

Bölüm 7.1'den hatırlanacağı üzere bir demiryolunda $2,4 \text{ m}^3/\text{m}$ balast bulunmakta ve balastın kalınlığının ise Konya tramvayında $0,3 \text{ m}$ olduğu bilinmektedir. Buna göre 1 km balastlı demiryolu hattı için 40 yıl olan servis ömrü boyunca 20 kere balast ilavesi yapılacağı bilinmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda 1 km demiryolu hattına 40 yıl boyunca ne kadar ilave balast ekleneceği aşağıda hesaplanmıştır.

- $1.000 \text{ m} * 2,4 \text{ m}^3/\text{m} = \mathbf{2.400 \text{ m}^3}$, 1 km 'deki balast miktarı.
- $2.400 * 0,03 = \mathbf{72 \text{ m}^3}$, 2 yılda 1 hatta ilave edilecek balast miktarı.
- $72 * 20 = \mathbf{1440 \text{ m}^3}$, 40 yıllık servis ömrü boyunca 2 yılda 1 ilave edilecek toplam balast miktarı.
- $2.400 * 0,10 = \mathbf{240 \text{ m}^3}$, 9 yılda 1 hatta balast eleme bakımında eklenecek balast miktarı.
- $240 * 4 = \mathbf{960 \text{ m}^3}$, 40 yıllık servis ömrü boyunca 9 yılda 1 ilave edilecek toplam balast miktarı.

1 m^3 balastın birim fiyatı ise bölüm 7.1'deki çizelge 7.1'den hatırlanacağı üzere $14 \text{ \$/m}^3$ 'tü. Buna göre hattın servis ömrü boyunca ilave edilecek balastın toplam maliyeti aşağıda hesaplanmıştır.

- $(1.440 + 960) * 14 = 2.400 * 14 = \mathbf{33.600 \text{ \$/km.}}$

Buradan anlaşılacağı üzere 1 km balastlı demiryolunun 40 yıllık servis ömrü boyunca iki yıllık periyodik bakımı ve 9 yıllık balast eleme bakımlarının yapılmasının neticesinde toplam 2.400 m^3 yeni balast alımı istenmektedir. Bu alım neticesinde ise toplam $33.600 \text{ \$}$ maliyet ortaya çıkmaktadır.

7.4.5 Balastlı üstyapıda geometrik bakım maliyeti

Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiler doğrultusunda balastlı bir demiryolu hattına iki yılda bir geometrik bakım yapılmasının gerektiği söylenmiştir. Geometrik bakımın içerisine sırasıyla buraj işlemi, balastın tokmaklanması ve regülatör ile düzeltme işlemleri girer. Yani bu aşamada bölüm 7.3.1'de gördüğümüz balastlı üstyapıda kullanılan bakım makinelerinden 3 farklı aracın çalışması gerekmektedir. Bu makineler sırasıyla buraj makinesi, balast tokmaklama makinesi ve balast regülatörü makinesidir. Buraj makinesi tek çapa vurarak saatte 500 m 'ye kadar ilerleme sağlamaktadır. Bu hat şehir

içi yolcu trafiğinde kullanılacağı için tek çapa vurularak yapılacak bakım yeterli olacaktır. Eğer aksi bir durum olursa ve yük trafiğinin olduğu hatlarda bakım işlemi yapılacak olursa buraj makinesi çift çapa vurarak saatte 250 m ilerleme sağlayacaktır. Aynı şekilde diğer makinelerde saatlik olarak 500 m ilerleme sağlayabilmektedir. Yani 1 km balastlı demiryolu hattının geometrik bakımı için yukarıda bahsedilen makinelerin ve Bölüm 7.3.3'te bahsedilen işçi ekibinin yarım günlük mesaisi yeterli olacaktır. Bu bilgiler doğrultusunda Çizelge 7.9'da gösterilen toplam makine maliyetlerinden geometrik bakım için kullanılacak olan makinelerin maliyetleri ve çizelge 7.10'dan gösterilen işçi ekibi maliyetleri çekilmelidir. Bu makinelerin ve ekibin yarım günlük çalışma maliyetleri ise aşağıdaki Çizelge 7.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.11: Balastlı demiryolunun geometrik bakım maliyeti.

Sıra	Makine ve İşçi Ekibi	Günlük Maliyet (\$/gün)	Geometrik bakım için gereken yarım günlük maliyet (\$/km)
1	Buraj Makinesi	1.942,81	971,41
2	Balast Tokmaktama Makinesi	1.688,92	844,46
3	Balast Regülatörü Makinesi	1.868,85	934,43
4	İşçi Ekibi	867,34	433,67
GEOMETRİK BAKIM MALİYETİ			3.183,97 \$/ GÜN

Hattın servis ömrünün 40 yıl olduğu bilindiğine göre bu bakım 20 kere yapılmalıdır. Buna göre toplam geometrik bakım maliyeti $3.183,97 * 20 = 63.679,40$ \$/km'dir.

7.4.6 Balastlı üstyapıda ray taşıma maliyeti

Balastlı bir demiryolu hattında balast ilave etme ve geometrik bakım işlemiyle beraber iki yıllık periyotta yapılan bu bakımlara ilaveten birde ray taşıma işlemi eklenir. Ray taşıma işleminin yapılma amacı ray yüzeyinde zamanla sürtünmeden dolayı oluşan

ondüasyonların giderilmesi, ray kusurlarını giderme ve rayın kesit profilinin tekrardan eski haline dönmesidir.

Hat bakım araçlarından olan ray taşıma makinesi 1 günde yaklaşık 2.000 m'ye kadar olan uzunlukta rayı taşıyabilmektedir. Verilen bilgiler doğrultusunda ray taşıma makinesinin yarım günlük mesaisi 1 km balastlı hattın ray taşıma işlemini gerçekleştirebilmektedir. Ray taşıma işleminde operatör hariç herhangi bir işçiye ihtiyaç duyulmayıp ayrıca ilaveten bir gider kalemi de yoktur. Buna göre çizelge 7.9'da gösterilen makinelerden olan ray taşıma makinesinin 1 günlük maliyetinin yarısı 1 km balastlı hattın ray taşıma işleminin maliyetine eşit olmaktadır. Buna göre aşağıda ray taşıma işleminin maliyeti hesaplanmıştır.

Ray taşıma makinesinin 1 günlük makine maliyeti 3.651,91 \$/gün'dür.

- Yarım günlük mesaide ray taşıma makinesinin maliyeti $3.651,91 / 2 = 1.825,96$ \$/gün

Hattın 40 yıllık servis ömrü boyunca 20 kere ray taşıma bakımı yapılacağına göre;

- Toplam ray taşıma maliyeti = $1.825,96 * 20 = 36.519,20$ \$/km'dir.

7.4.7 Balastlı üstyapının bakımında balast eleme maliyeti

Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiler doğrultusunda balastlı bir demiryolu hattına dokuz yılda bir balast eleme bakımının yapılmasının gerektiği söylenmiştir. Ayrıca yine bu bilgiler ışığında bir balast eleme makinesi ortalama olarak saatte 125 m hattın balast eleme işlemini yapabildiği öğrenilmiştir. Balast eleme makinesi hantal bir makine olduğundan dolayı ısınma ve çalışmaya hazırlanması sırasında yaklaşık 2 saat geçmektedir [30].

Ayrıca Bölüm 7.3.1'de belirtildiği üzere bir bakım makinesi günde ortalama 4 saat çalışmaktadır. Buna göre bir balast eleme makinesi günde yaklaşık 2 saat verimli olarak çalışmaktadır ve yaklaşık 250 m hattın balast eleme işlemini gerçekleştirmektedir. Yani 1 km balastlı bir demiryolu hattının, balast eleme bakımının yapılabilmesi için balast eleme makinesinin 4 gün çalışması gerekmektedir. Çizelge 7.9'da balast eleme makinesinin günlük maliyetinin 4.068,18 \$/gün olduğunu görmüştük. Balast eleme işleminde ayrıca bir adet işçi ekibinin de makine ile beraber

çalışması gerekmektedir. Bu ekibin günlük maliyeti ise Çizelge 7.10'daki bilgilere göre 867,34 \$/gün'dür.

Verilen bu bilgiler doğrultusunda 40 yıllık servis ömrü süresince 1 km balastlı demiryolu hattının balast eleme bakımının maliyeti aşağıda hesaplanmıştır.

- 4 gün boyunca balast eleme makinesinin çalışma maliyeti= $4 * 4.068,18 = 16.272,72$ \$'dır.
- 4 gün boyunca demiryolu işçi ekibinin çalışma maliyeti= $4 * 867,34 = 3.469,36$ \$'dır.
- 1 km demiryolu hattının balast eleme maliyeti = $16.272,72 + 3.469,36 = 19.742,08$ \$/km'dir.

Servis ömrü boyunca 4 kere bu bakımın yapılması gerektiğine göre;

- Toplam balast eleme maliyeti = $19.742,08 * 4 = 78.968,32$ \$/km'dir.

7.4.8 Balastlı üstyapının toplam bakım maliyeti

Bu bölümde balastlı bir demiryoluna ait toplam bakım maliyeti Bölüm 7.3'ün içerisindeki ilgili başlıklardan çekilerek hesaplanmış ve detaylı olarak Çizelge 7.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.12: Balastlı hattın toplam bakım maliyeti.

Sıra	Bakım Çalışması	Maliyet (\$/km)
1	Rutin Bakım Çalışması	60.248
2	Balast Ekleme Çalışması	33.600
3	Geometrik Bakım Çalışması	63.679,40
4	Ray Taşlama Çalışması	36.519,20
5	Balast Eleme Çalışması	78.968,32
TOPLAM BAKIM MALİYETİ		273.014,92 \$

1 km balastlı hattın servis ömrü boyunca toplam bakım maliyeti **273.014,92 \$'dır.**

Bu verilerden yola çıkarak balastlı bir üstyapı da toplam bakım maliyetinin kalem kalem % cinsinden karşılığını görmek istersek şu şekilde çıkmaktadır.

- Rutin Bakım Çalışması: % 22,07
- Balast Ekleme Çalışması: % 12,31
- Geometrik Bakım Çalışması: %23,32
- Ray Taşlama Çalışması: %13,38
- Balast Eleme Çalışması: %28,92

7.5 Balastsız Tramvay Hattı Üstyapı Tipine Ait Bakım Maliyeti Analizi

Balastsız demiryolu hatlarının bakımı bu bölümde incelenecektir. Balastsız demiryolu hatlarının bakımı balastlı hatlara göre nispeten daha kolay olmaktadır. Çünkü balastsız hattın bakımı ray taşlama ve rutin bakım çalışmalarından oluşmaktadır. Balastsız demiryolu hattının bakımı için Bölüm 7.3.1’de belirtilen makinelerden sadece ray taşlama makinesi gerekmektedir. Balastlı hatların bakımında kullanılan diğer makinelere ihtiyaç olmayıp diğer bir gider kalemi olarak sadece malzeme ve işçilik gerekmektedir.

7.5.1 Balastsız üstyapıda makine maliyeti

Bu bölümde balastsız üstyapının bakım çalışmasında kullanılan ray taşlama makinesinin günlük toplam giderinin ne kadar olacağı incelenecektir. Ray taşlama makinesi bölüm 7.3.1’de incelenen makinelerin içerisinde olduğundan dolayı ilaveten yeni bir hesaplama gerektirmez. Buna göre ray taşlama makinesinin amortisman süresi, yakıt gideri, diğer giderleri ve operatör gideriyle beraber Çizelge 7.9’da belirtildiği gibi 3.651,91 \$/gün maliyete sebep olduğu bilinmektedir. Verilen bilgiler doğrultusunda;

- Ray taşlama makinesinin maliyeti **3.651,91 \$/gün’dür.**

7.5.2 Balastsız üstyapıda rutin bakım maliyeti

Rutin bakım Bölüm 7.3.2’de de belirtildiği gibi hem balastlı hem de balastsız üstyapılarda ortak olarak yapılan bir bakım maliyet kalemidir. Bu bakım maliyetinin

ana kalemini balastsız hatlarda 18 yılda bir değiştirilmesi gereken ray altı plastik seletlerinin bedelleri oluşturmaktadır.

Balastsız üstyapıda bağlantı sistemi 60 cm’de bir konulmaktadır. Bir hat üzerinde 2 ray olduğu ve her rayın altında bir adet plastik selet olduğu bilgisiyle beraber 1 km hatta yaklaşık olarak 3.340 adet ray altı plastik seleti bulunmaktadır. Bir plastik seletin maliyeti ise 2,3 \$ olduğuna göre;

- 1 km hattın ray altı plastik selet maliyeti $2,3 * 3.340 = 7.682$ \$ olur.

Fakat hatların servis ömrü 40 yıl kabul edildiği zaman 18 yıllık bakım periyodu ile beraber bu işlemin 2 kere tekrarlanması gerektiğine göre;

- Plastik seletin maliyeti $7.682 * 2 = 15.364$ \$ olmaktadır.

Belediye’den elde edilen veriler ve tecrübeler sonucu ortaya çıkan istatistiklere göre 10 km demiryolu hattının rutin bakımı için 1 yıl içerisinde 3 işçi gerekmektedir. Daha önceki bölümlerde bir işçinin aylık maliyetinin 2.050 \$ olduğunu görmüştük. Buna göre 1 km hat bakım maliyeti için gereken işçi gideri aşağıda hesaplanmıştır.

- 1 işçinin yıllık gideri $2.050 * 12 = 24.600$ \$
- 3 işçinin yıllık gideri $24.600 * 3 = 73.800$ \$

Yani 10 km hat bakımı için yıllık olarak toplam 73.800 \$ harcama yapmamız gerekmektedir. Buna göre;

- 1 km hat bakımı için $73.800 / 10 = 7.380$ \$/km gider elde edilmiştir.

Yalnız hattın servis ömrü 40 yıl olduğuna göre bu işlem hattın servis ömrü boyunca 2 kere tekrarlanmalıdır. Bu sebeple;

- İşçilik maliyeti $7.380 * 2 = 14.760$ \$ olmaktadır.

Yapılan malzeme ve işçilik hesaplamaları doğrultusunda 1 km hattın rutin bakım maliyeti iki giderin de toplamına eşittir. Buna göre 1 km balastsız hat için toplam rutin bakım maliyeti;

- Toplam Rutin Bakım Maliyeti = Toplam Malzeme Maliyeti + Toplam İşçilik Maliyeti’ dir.
- Toplam Rutin Bakım Maliyeti (\$/km) = $15.364 + 14.760 = 30.124$ \$/km olmaktadır.

7.5.3 Balastsız üstyapıda ray taşlama maliyeti

Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiler doğrultusunda balastsız bir demiryolu hattına iki yıllık periyotlarla ray taşlama işleminin yapılması gerektiği söylenmiştir [30].

Ray taşlama işleminin yapılma amacı ray yüzeyinde zamanla sürtünmeden dolayı oluşan ondülasyonların giderilmesi, ray kusurlarını giderme ve rayın kesit profilinin tekrardan eski haline dönmesidir.

Hat bakım araçlarından olan ray taşlama makinesi 1 günde yaklaşık 2.000 m'ye kadar olan uzunlukta rayı taşıyabilmektedir. Verilen bilgiler doğrultusunda ray taşlama makinesinin yarım günlük mesaisi 1 km balastsız hattın ray taşlama işlemini gerçekleştirebilmektedir. Ray taşlama işleminde operatör hariç herhangi bir işçiye ihtiyaç duyulmayıp ayrıca ilaveten bir gider kalemi de yoktur. Buna göre çizelge 7.9'da gösterilen makinelerden olan ray taşlama makinesinin 1 günlük maliyetinin yarısı 1 km balastlı hattın ray taşlama işleminin maliyetine eşit olmaktadır. Buna göre aşağıda ray taşlama işleminin maliyeti hesaplanmıştır.

Ray taşlama makinesinin 1 günlük makine maliyeti 3.651,91 \$/gün'dür.

- Yarım günlük mesaide ray taşlama makinesinin maliyeti
 $3.651,91 / 2 = 1.825,96 \text{ \$/gün}$

Hattın 40 yıllık servis ömrü boyunca 20 kere ray taşlama bakımı yapılacağına göre;

- Toplam ray taşlama maliyeti = $1.825,96 * 20 = 36.519,20 \text{ \$/km'dir.}$

7.5.4 Balastsız üstyapının toplam bakım maliyeti

Bu bölümde balastlı bir demiryoluna ait toplam bakım maliyeti Bölüm 7.3'ün içerisindeki ilgili başlıklardan çekilerek hesaplanmış ve detaylı olarak Çizelge 7.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.13: Balastsız hattın toplam bakım maliyeti.

Sıra	Bakım Çalışması	Maliyet (\$/km)
1	Rutin Bakım Çalışması	30.124
2	Ray Taşlama Çalışması	36.519,20
TOPLAM BAKIM MALİYETİ		66.643,20 \$

1 km balastsız demiryolu hattının servis ömrü boyunca toplam bakım maliyeti **66.643,20 \$'dır.**

Bu verilerden yola çıkarak balastsız bir üstyapı da toplam bakım maliyetinin kalem kalem % cinsinden karşılığını görmek istersek şu şekilde çıkmaktadır.

- Rutin Bakım Çalışması: % 45,19
- Ray Taşlama Çalışması: %54,81

7.6 Balastlı ve Balastsız Üstyapı Tiplerinin Toplam Yapım ve Bakım Maliyetleri Karşılaştırılması

Balastlı ve balastsız demiryolu hatlarının her iki tipinde kendi içerisinde birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bölüm 7. boyunca iki üstyapı tipinin de yapım ve bakım maliyet analizlerini yapmıştık. Bu bölümde ise iki üstyapı tipinin de 40 yıllık servis ömürleri boyunca toplamda ne kadar maliyet gerektirdiği Çizelge 7.14'te gösterilmiştir. Çizelgedeki tüm bilgiler Bölüm 7. boyunca detaylıca açıklanmıştır.

Çizelge 7.14: Balastlı ve balastsız demiryolu hattının yapım ve bakım maliyetleri

Üstyapı Tipi	Yapım Maliyeti (\$/km)	Servis Ömrü Süresince Bakım Maliyeti (\$/km)	Toplam Maliyet (\$/km)
Balastlı Üstyapı	326.544	273.014,92	599.558,92
Balastsız Üstyapı	437.180	66.643,20	503.823,20
Fark	-110.636	206.371,72	95.735,72

Bu verilerden yola çıkarak balastlı ve balastsız bir üstyapı da toplam yapım ve bakım maliyetinin kalem kalem % cinsinden karşılığını görmek istersek şu şekilde çıkmaktadır.

Balastlı üstyapıda toplam yapım ve bakım maliyetinin;

- Yapım Çalışması: %54,46'ünü oluştururken,
- Bakım Çalışması: %45,54'ünü oluşturmaktadır.

Balastsız üstyapıda toplam yapım ve bakım maliyetinin;

- Yapım Çalışması: %86,77'sini oluştururken,
- Bakım Çalışması: %13,23'ünü oluşturmaktadır.

Yukarıdaki çizelgede açıklanan değerlere göre;

- Balastlı demiryolu hattı ilk yapım maliyeti olarak balastsız demiryolu hattına göre **110.636 \$/km** daha avantajlıdır.
- Balastlı demiryolu hattının ilk yapım maliyeti balastsız demiryolu hattına göre **% 25.31** daha düşüktür.
- Balastsız demiryolu hattı da 40 yıllık servis ömrü boyunca gereken bakımlardan doğacak olan maliyetlerden dolayı balastlı demiryolu hattına göre **206.371,72 \$/km** daha avantajlıdır.
- Balastsız demiryolu hatlarını ilk yapım maliyeti ve 40 yıllık servis ömrü süresince gereken bakımlardan doğacak maliyetlerden dolayı balastlı demiryolu hattına göre **95.735,72 \$/km** daha avantajlıdır.
- Bu da demek oluyor ki balastlı ve balastsız demiryolu hatlarının, servis ömrü süresi boyunca olan bakımı ve yapımı beraber düşünüldüğü takdirde;
 - Balastsız demiryolu hatları, balastlı demiryolu hatlarına göre ekonomik olarak uzun dönem analizlerinde **%19** oranında daha uygundur.

Çizelge 7.14'teki verilere göre 40 yıllık servis ömrü süresince yapılacak bakım için yatırılacak bugünün net değerini balastlı hat için 273.014,92 \$/km, balastsız hat için ise 66.643,20 \$/km bulmuştuk. İlk yapım maliyetleri ise balastlı hat için 326.544 \$/km, balastsız hat için ise 437.180 \$/km bulunmuştur. Bu değerler bugünkü peşin değerler olup bu değerlerin yıllık değere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bugünkü net değerleri 40 yıllık servis ömrüne göre dağıtmak için aşağıdaki formül kullanılmalıdır. Bu formül peşin değer in süreye göre yayılı para değerine çevrilmesini sağlar.

- Peşin değerin yıllık değeri = $Y = P * \frac{(i)(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$
 - Y: Peşin değerin yıllık değeri.
 - P: Peşin değer.
 - i: Enflasyon oranı.
 - N: Süre.

Balastlı hat için yapım ve bakım maliyetlerinin 40 yıllık servis ömrüne göre yıllık değere çevrilmesi işlemi aşağıda gösterilmiştir.

- $326.544 + 273.014,92 = 599.558,92 \text{ \$/km}$
- $P = 599.558,92 \text{ \$/km}$
- $i = \%3 = 0,03$
- $N = 40 \text{ yıl}$
- $Y = P * \frac{(i)(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} = 599.558,92 * \frac{(0,03)(1+0,03)^{40}}{(1+0,03)^{40} - 1}$
- **$Y = 25.938,35 \text{ \$/km/yıl}$**

Balastlı bir demiryolu hattının 40 yıllık servis ömrü boyunca bakımı ve ilk yapım maliyetinin yıllık olarak **25.938,35 \\$/km** olduğu bulunmuştur.

Aynı şekilde aynı formül ile balastsız demiryolu hattının da yıllık değeri hesaplanacaktır. Bu hesaplama ise yine aynı formül kullanılarak yapılacak olup balastsız hattın maliyet değerleri kullanılacaktır.

Balastsız hat için yapım ve bakım maliyetlerinin 40 yıllık servis ömrüne göre yıllık değere çevrilmesi işlemi de aşağıda gösterilmiştir.

- $437.180 + 66.643,20 = 503.823,20 \text{ \$/km}$
- $P = 503.823,20 \text{ \$/km}$
- $i = \%3 = 0,03$
- $N = 40 \text{ yıl}$
- $Y = P * \frac{(i)(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} = 503.823,20 * \frac{(0,03)(1+0,03)^{40}}{(1+0,03)^{40} - 1}$
- **$Y = 21.796,59 \text{ \$/km/yıl}$**

Balastsız bir demiryolu hattının 40 yıllık servis ömrü boyunca bakımı ve ilk yapım maliyetinin yıllık olarak **21.796,59 \$/km** olduğu bulunmuştur.

Elde ettiğimiz bu sonuçlar ışığında balastsız demiryolu hattı imalatının her ne kadar ilk yatırım maliyeti fazla olsa da zaman içinde bakım ve onarım işlemleri için gerekli harcamaları daha az olduğundan dolayı uzun dönemde daha ekonomiktir. Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi servis ömrü süresince bakımlarıyla beraber balastlı demiryolu hattının imalatı yıllık olarak **25.938,35 \$/km** olup, balastsız demiryolu hattının imalatı ise yine bakımlarıyla beraber yıllık olarak **21.796,59 \$/km** harcama gerektirmektedir. Yani balastsız demiryolu inşa etmek, balastlı demiryolu inşa etmeye göre yıllık olarak **4.141,76 \$/km** tasarruf sağlamaktadır.





8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toplu ulaşım sistemleri halkın daha ucuza ve kısa sürede bir yerden başka bir yere ulaşmasını sağlayan en verimli yoldur. Ucuz ve zamandan tasarruf etmenin yanında toplu ulaşım sistemleri çevre bakımından da daha verimlidir. Çünkü özel bir araçla kıyasladığımız zaman birim olarak kişi başına düşen CO₂ salınımı çok daha az miktarlarda olmaktadır. Toplu ulaşım sistemleri içerisinde bulunan raylı sistemler ise taşınan kişi başına oranladığımız zaman hem daha ekonomik hem de daha çevreci sonuçlar vermektedir. Raylı toplu ulaşım sistemleri de kendi içerisinde çok çeşitli olmakla beraber tramvay bu sistemin elemanlarından sadece birisidir. Tez kapsamında kentiçi raylı toplu ulaşım sistemlerinden tramvay bu çalışmada detaylıca incelenmiştir [80].

Gelişmekte olan birçok ülkede tramvay toplu ulaşımın ana omurgasını oluşturmaktadır. Bunun sebeplerine bakacak olursak tramvay hatlarının yapım ve işletmesinde;

- Metro hattı inşası kadar maliyetli olmaması,
- Sefer sıklığında metroya yakın bir zamanda çalışma olanağı,
- Taşıt ağırlıklarının metro kadar fazla olmaması sebebiyle zaman içerisinde altyapıya verdiği zararın daha az olması,
- Taşınan yolcu sayısında metroya yakın bir değer izlemesi... vb. avantaj olarak söylenebilmektedir.

Tramvay hatlarının yapımında üstyapı olarak iki farklı tip seçilebilmektedir. Bunlar balastlı tramvay hattı ve balastsız tramvay hattıdır. Tez kapsamında balastlı ve balastsız tramvay hatları detaylı olarak incelenmiş ve Konya şehri özeline inilerek birbirleriyle olan tüm farklarından bahsedilmiştir. Balastlı ve balastsız tramvay hatlarının birbirleriyle olan farklarından en önemlisi;

- Balastlı tramvay hatlarında travers ve balast kullanılarak hat rijitliğinin sağlanması,
- Balastsız tramvay hatlarında ise beton kullanılarak rayların betona gömülmesi ile rijitliğin sağlanmasıdır.

Konya'daki tramvay hatlarının incelemesi yapılırken, hatların standartlara uygunluğu da araştırılmış ve hatların Avrupa Standartları'na uygunluğu denetlenmiştir. Yapılan bu araştırmalar neticesinde Konya'da bulunan Alaaddin-Selçuk Üniversitesi ve Alaaddin-Adliye tramvay hatlarının her ikisinin de;

- Hat ekartmanı,
- Maksimum hat eğimi,
- Projelendirme ve işletme hızları,
- Minimum yatay ve düşey kurp yarıçapları,
- Dever ölçüsü,
- Hattın enerji beslemeleri,
- Tramvay hattı durağı ölçüleri,
- Kataner direği yükseklikleri bakımından standartlara uygun olduğu görülmektedir.

Fakat Konya'daki tramvay hatlarının ikisinde de standartlarda olması gereken maksimum dingil yükünün 10.000 kg değerine uymadığı görülmüştür. Standartların aksine Konya'daki araçların maksimum dingil yükü 12.500 kg değerine sahiptir. Bu durumun zaman içerisinde tramvay hatlarına zarar verebileceğinden dolayı, Konya Büyükşehir Belediyesi bu duruma karşı hat üzerinde yoğun talep olan zamanlarda sefer yapan tramvay araçlarının vagonlarını arttırıp dingil başına düşen yükü azaltarak çözüme gitmiştir.

Tez kapsamında yapılan diğer bir detaylı araştırma ise balastlı ve balastsız demiryolu hattının yapım ve servis ömrü süresince yapılan bakım maliyetlerinin çıkarılmasıdır. Bu çalışmalar neticesinde balastlı bir demiryolu hattının ilk inşaa maliyeti 2014 yılı için güncel verilerle **326.544 \$/km** çıkmıştır. Buna karşılık balastsız bir demiryolu hattının ilk inşaa maliyeti ise **433.180 \$/km** çıkmıştır. Fakat hatların 40 yıllık servis ömrü boyunca sadece ilk yapım maliyetlerinin yeterli olmayacağı bilinmekle beraber bu süre

boyunca hatların üzerinde bazı rutin ve periyodik bakımların yapılması gerekmektedir. Bu bakımların maliyetleri ise balastlı bir demiryolu hattında neredeyse hattın ilk inşası kadar maliyet gerektirirken, balastsız bir demiryolu hattında ise bu oran ilk inşa maliyetine göre oldukça düşüktür. Balastlı bir demiryolu hattının servis ömrü boyunca yapılması gereken bakımlardan dolayı ortaya çıkan bakım maliyeti **273.014,92 \$/km**'dir. Buna karşılık balastsız demiryolunda da aynı servis ömrü süresince ortaya çıkan bakım maliyeti ise **66.643,20 \$/km**'dir. Görüldüğü üzere balastsız demiryolu hattının bakım maliyeti, balastlı demiryolu hattına göre oldukça düşük bir seviyede olup balastlı hattın bakım maliyetinin yaklaşık **%25**'i civarındadır. 40 yıllık servis ömrü süresince balastlı ve balastsız demiryolu hatlarının yapım ve bakım işlemlerinin tamamı için gereken toplam maliyet balastsız demiryolu hattında daha düşük olup balastlı demiryoluna göre uzun dönemde daha avantajlı çıkmaktadır. Balastlı bir demiryolu hattının ilk inşa ve servis ömrü boyunca bakımı için 2014 yılının güncel verilerine göre **599.558,92 \$/km** maliyet çıkmasına karşın balastsız demiryolunda ise aynı şekilde yapım ve servis ömrü süresince bakım işlemleri için **503.823,20 \$/km** maliyet çıkmaktadır.

Yapılan bu çalışmalar neticesinde görülmüştür ki balastlı demiryolu hatlarının inşası, ilk yatırım maliyeti açısından düşük olmasına rağmen servis ömrü boyunca gerektirdiği bakım giderleri sebebiyle balastsız demiryolu hatlarının maliyetlerini geçmektedir. Yine yapılan çalışmalar göstermiştir ki 40 yıllık servis ömrü boyunca, bir km balastlı demiryolu hattının yapım ve bakım işlemleri için peşin değer yıllık değeri karşılığı olarak harcanması gereken para **25.938,35 \$/km**'dir. Buna karşın balastsız bir demiryolu hattında ise aynı şekilde bir km hattın yapım ve bakım işlemleri için harcanması gereken para yıllık olarak **21.796,59 \$/km**'dir. Yapılan bu çalışmaların sonucunda balastsız bir demiryolu hattını bakım ve yapım maliyetleri dahil inşa etmek balastlı bir demiryolu hattını inşa etmeye göre yıllık olarak **4.141,76 \$/km** tasarruf sağlamaktadır. Bu çalışmalar sonucunda yeni yapılacak bir proje için yetkili karar verme mercilerinin göz önüne alması gereken nihai önemli konu yapılacak projenin servis ömrünün belirlenmesi ve ilk etapta o proje için ne kadar bütçe ayrılabilceğidir. Çünkü balastlı üstyapının ilk inşa maliyeti balastsız üstyapıya göre **% 25.31** oranında daha düşüktür. Ama unutulmamalıdır ki uzun dönem analizleri sonucunda balastsız bir demiryolu hattı inşa etmek de balastlı bir hattı inşa etmeye göre **% 19** oranında ekonomik avantaj sağlamaktadır.

Son olarak bu çalışma, yetkili karar verme mercileri açısından yeni yapılacak bir projenin üstyapı tipinin seçilmesinde tavsiye niteliğinde bir rehber olma görevi üstlenebilecektir.



KAYNAKLAR

- [1] **Evren, G.** (2002). *Demiryolu*, Birsen Yayınevi, ISBN 978-975-5111933, İstanbul, Türkiye.
- [2] **URL-1**, <<https://www.metro.istanbul/Hatlarimiz?hatturu=tramvay>>, erişim tarihi: 11.09.2018.
- [3] **Baştürk, G.** (2014). *Kent içi raylı toplu taşıma sistemleri incelemesi ve dünya örnekleri ile karşılaştırılması*, (ulaştırma ve haberleşme uzmanlığı tezi), Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- [4] **URL-2**, <<https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/toronto-subway>>, erişim tarihi: 11.09.2018.
- [5] **URL-3**, <<https://www.japantimes.co.jp/news/2014/09/17/national/monorail-serving-tokyos-haneda-airport-marks-50th-anniversary/#.W5eJEOgzaM8>>, erişim tarihi: 11.09.2018.
- [6] **URL-4**, <<https://www.scmp.com/news/china/article/1110152/shanghais-maglev-passenger-traffic-lower-expected>>, erişim tarihi: 11.09.2018.
- [7] **URL-5**, <<http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/son-dakika-merakla-beklenen-banliyoler-aciliyor-bakan-acikladi-40605351>>, erişim tarihi: 12.09.2018.
- [8] **URL-6**, <<https://agbrief.com/headline/osaka-metro-plans-subway-extension-to-yumeshima/>>, erişim tarihi: 12.09.2018.
- [9] **URL-7**, <<https://www.aksam.com.tr/guncel/turkiyenin-ilk-surucusuz-metrosu-uskudarumraniyecekmekey-hattinin-test-surusleri-devam-ediyor/haber-755038>>, erişim tarihi: 12.09.2018.
- [10] **URL-8**, <<https://www.burulas.com.tr/tramvay-arac-ozellikleri.aspx>>, erişim tarihi:12.09.2018.

- [11] **URL-9**, <<https://www.sabah.com.tr/ekonomi/2017/05/04/beyoglunun-simgesi-tarihi-tramvay-yenileniyor>>, erişim tarihi: 12.09.2018.
- [12] **Pektaş, İ.** (2017). *Raylı ulaşım sistemleri sektör analizi*, Anadolu Raylı Ulaşım Sistemleri Kümelenmesi, Ankara, Türkiye
- [13] **URL-10**, <<https://www.ego.gov.tr/tr/haber/4112/ego-gecen-yil-turkiye-nufusu-kadar-kisiyi-4-5-kez-tasidi>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [14] **URL-11**, <<https://www.ego.gov.tr/tr/sayfa/2156/rayli-sistemler-dairesi-baskanligi-ankaray>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [15] **URL-12**, <<https://www.izmirmetro.com.tr/Sayfa/13/1/tarihce>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [16] **URL-13**, <<http://www.izban.com.tr/Sayfalar/Single.aspx?MenuId=8>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [17] **URL-14**, <<http://www.tramizmir.com/tr/tramvay/42/27>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [18] **URL-15**, <<http://www.hurriyet.com.tr/izmirde-tramvay-hizmete-alindi-40744142>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [19] **URL-16**, <<http://www.rayhaber.com/2018/01/karsiyaka-tramvayi-gunde-30-bin-yolcu-tasiyor/>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [20] **Doğan, M. S.** (2018), *Öteki Konya*, Çizgi Kitabevi Yayınları, ISBN 978-605-1961347, Konya, Türkiye.
- [21] **URL-17**, <<http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=96682>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [22] **URL-18**, <<https://www.pusulahaber.com.tr/elektrik-enerjisinin-konyadaki-seruveni-tarih-52727h.htm>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [23] **URL-19**, <<http://atus.konya.bel.tr/otobustarihce.php?langCode=tr>>, erişim tarihi: 15.09.2018.
- [24] **Konya Büyükşehir Belediyesi Fen İşleri Daire Başkanlığı**, (2018), *Ulaşım Planlaması Dökümanları*, Konya, Türkiye.

- [25] **URL-20**, <<https://aktif.net/tr/Aktif-Blog/Uygulamalar/Konya-Rayli-Siteminde-Aktif-Imzasi>>, erişim tarihi: 16.09.2018.
- [26] **URL-21**, <<http://www.yapiray.com.tr/tr/Default.aspx#>>, erişim tarihi: 03.05.2018.
- [27] **URL-22**, <<http://www.merhabahaber.com/konya-yeni-metro-hatlari-aciklandi-442161h.htm>>, erişim tarihi: 16.09.2018.
- [28] **URL-23**, <<http://www.milliyet.com.tr/konya-da-lojistik-merkez-ve-yht-garinin-konya-yerelhaber-2227649/>>, erişim tarihi: 16.09.2018.
- [29] **URL-24**, <<http://www.urbanrail.net/as/tr/konya/konya.htm>>, erişim tarihi: 16.09.2018.
- [30] **Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistem Daire Başkanlığı**, (2018), *Toplu Ulaşım Sistemleri Dökümanları*, Konya, Türkiye.
- [31] **URL-25**, <http://www.konhaber.com/haber-konyaray_anketi_sonuclandi-93568.html>, erişim tarihi: 16.09.2018.
- [32] **Škoda Transportation A.S**, (2018), *Škoda 28T Tram Vehicle Information Notes*, Konya, Türkiye.
- [33] **URL-26**, <<https://www.skoda.cz/de/referenz/strassenbahn-forcity-classic-konya/?from=prod>>, erişim tarihi: 16.09.2018.
- [34] **URL-27**, <<https://www.railway-technology.com/contractors/rail/wirth-rail/attachment/wirth-rail3/>>, erişim tarihi: 01.10.2018.
- [35] **URL-28**, <http://en.aszizhu.com/products_detail/productId=49.html>, erişim tarihi: 01.10.2018.
- [36] **URL-29**, <<https://www.kardemir.com/Urun.aspx?s=UGRUP7&a=3&Lng=tr-TR>>, erişim tarihi: 01.10.2018.
- [37] **URL-30**, <<https://anshanyingyi.en.made-inchina.com/product/eMtJbooTgqYL/China-Flange-Rail-Girder-Rail-Grooved-Rail-Steel-Rail-Crane-Rail-Rail.html>>, erişim tarihi: 01.10.2018.

- [38] **CEN**, (2000), *prEN-10138-2 (Prestressing steels - Part 2: Wire)*, Brussels, Belgium.
- [39] **TSE**, (2002), *TS-EN 206-1 (Beton - Bölüm 1: Özellik, performans, imalat ve uygunluk)*, Ankara, Türkiye.
- [40] **URL-31**, <<http://www.muhendisalemi.com/termit-kaynagi-nedir-nasil-yapilir/>>, erişim tarihi: 01.10.2018.
- [41] **Özkul F.** (2014), *Demiryollarında ray birleştirme yöntemlerinin incelenmesi, alüminotermi ve yakma alın kaynak yöntemlerinin karşılaştırılması*, (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [42] **TC MEB**, (2013), *Raylı Sistemler Teknolojisi, Alüminotermi Kaynağı*, Ankara, Türkiye.
- [43] **TSE**, (2016), *TS-EN 13230-1 (Demiryolu uygulamaları – Demiryolu - Beton traversler ve mesnetler - Bölüm 1: Genel kurallar.)*, Ankara, Türkiye.
- [44] **TSE**, (2016), *TS-EN 13230-2 (Demiryolu uygulamaları – Demiryolu - Beton traversler ve mesnetler - Bölüm 2: Öngerilmeli yekpare traversler.)*, Ankara, Türkiye.
- [45] **Yapıray Demiryolu İnş. Sis. San. Tic. A.Ş.** (2018), *Şirket İçi İş Dökümanları, Traversler*, İstanbul, Türkiye.
- [46] **TC MEB**, (2013), *Raylı Sistemler Teknolojisi, Raylar ve Bağlantılar*, Ankara, Türkiye.
- [47] **URL-32**, <<http://www.railway-fasteners.com/rail-fasteners-system.html>>, erişim tarihi: 06.10.2018.
- [48] **URL-33**, <<http://dutch.railwayfastenings.com/sale-4091814-tension-clamp-rail-fastening-system-for-railroad-w12-rail-fasteners.html>>, erişim tarihi: 06.10.2018.
- [49] **URL-34**, <<https://www.progressiverailroading.com/railproducts/product/System-W-40-HH-Heavy-Haul-Fastening-Solution-for-Ballasted-Concrete-Ties-5420>>, erişim tarihi: 07.10.2018.

- [50] **TSE**, (2010), *TS-EN 13146-9 (Demiryolu uygulamaları – Demiryolu - Bağlantı sistemleri için deney yöntemleri.)*, Ankara, Türkiye.
- [51] **URL-35**, <<http://www.yenihaberden.com/konyada-toplu-ulasim-ucretlerine-zam-259981h.htm>>, erişim tarihi: 07.10.2018.
- [52] **URL-36**, <<https://www.bysharing.com/tr/product/demiryolu-makaslari-taskin-teknik-makine-oto-inssaninssan-ve-tic-limited-sirketi-189880.html>>, erişim tarihi: 07.10.2018.
- [53] **URL-37**, <<https://www.indiamart.com/srp-engineersfaridabad/services.html>>, erişim tarihi: 07.10.2018.
- [54] **TC MEB**, (2014), *Raylı Sistemler Teknolojisi, Makaslar*, Ankara, Türkiye.
- [55] **URL-38**, <<http://dizayndemiryolu.com/urun/demiryolu-makasi-uretimi/ri59-demiryolu-makaslari/193>>, erişim tarihi: 07.10.2018.
- [56] **URL-39**, <<http://www.hurriyet.com.tr/katanersiz-tramvay-uygulamasina-uluslararasi-od-40436952>>, erişim tarihi: 07.10.2018.
- [57] **Yapıray Demiryolu İnş. Sis. San. Tic. A.Ş.** (2018), *Şirket İçi İş Dökümanları, Konya Alaaddin-Adliye Tramvay Hattı*, İstanbul, Türkiye.
- [58] **URL-40**, <<http://www.konyaninsesi.com.tr/adliye-ve-selcuk-universitesi-hatlarinda-tramvay-seferleri-basliyor-44750h.htm>>, erişim tarihi: 11.10.2018.
- [59] **URL-41**, <<http://www.bogaziciproje.com.tr/projelerimiz/konya-tramvay-2>>, erişim tarihi: 11.10.2018.
- [60] **Kanmaz O.** (2015), *Katenersiz Tramvay Sistemleri ve Konya Uygulaması*, (yüksek lisans tezi), Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [61] **URL-42**, <<https://altairnano.com/products/battery-module/>>, erişim tarihi: 11.10.2018.
- [62] **URL-43**, <<http://www.rayhaber.com/2017/04/katanersiz-tramvay-uygulamasina-uluslararasi-odul>>, erişim tarihi: 12.10.2018.
- [63] **URL-44**, <<http://www.pandrol.com/product/pandrol-qtrack/>>, erişim tarihi: 12.10.2018.

- [64] **URL-45**, <<http://www.yapiray.com.tr/en/project.aspx?Id=36>>, erişim tarihi: 12.10.2018.
- [65] **URL-46**, <<http://www.pandrol.com/wp-content/uploads/PCT-All-included-datasheets.pdf>>, erişim tarihi: 12.10.2018.
- [66] **TSE**, (1998), *TS-12511 (Şehiriçi yollar - Raylı taşıma sistemleri - Bölüm 7: Ulaşım sistemi sembolü tasarım ve yerleştirme kuralları.)*, Ankara, Türkiye.
- [67] **TSE**, (2017), *TS-EN 13481-2+A1 (Demiryolu uygulamaları – Raylar - Bağlama sistemleri için performans gereksinimleri - Bölüm 2: Beton traversler için bağlama sistemleri.)*, Ankara, Türkiye.
- [68] **TSE**, (2014), *TS-EN 13848-1+A1 (Demiryolu uygulamaları – Yol - Yol Geometrisinin Kalitesi - Bölüm 1: Yol Geometrisinin nitelendirilmesi.)*, Ankara, Türkiye.
- [69] **TC UBAK**, (2011), *Ulaşım ve Fizibilite Etüdü Teknik Şartnamesi, Raylı ve Kablolü Toplu Taşıma Tasarım Kriterleri*, Ankara, Türkiye
- [70] **URL-47**, <<http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2014/08/TRAMVAY-VE-TAR%C4%B0HTE-%C4%B0LK-RAYLI-S%C4%B0STEMLER.doc>>, erişim tarihi: 28.10.2018.
- [71] **URL-48**, <<https://nostaljiktramvay.iett.istanbul/tr/nostaljiktramvay/pages/istanbulda-ilk-tramvay/702>>, erişim tarihi: 28.10.2018.
- [72] **URL-49**, <<https://www.thebalance.com/u-s-inflation-rate-history-by-year-and-forecast-3306093>>, erişim tarihi: 04.11.2018.
- [73] **Arlı V.** (2002), *Balastlı ve Balastsız Üstyapıların Ekonomik Yönden Karşılaştırılması*, (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [74] **URL-50**, <<https://www.plassertheurer.com/de/maschinen-systeme>>, erişim tarihi: 04.11.2018.

- [75] **M. Hamurcu, H. Alağuş and T. Eren**, (2017), *Selection of rail system projects with analytic hierarchy process and goal programming* Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, vol. 8
- [76] **Armstrong-Wright, A.** (1986). *Urban transit systems, guidelines for examining options.*
- [77] **Kayserilioğlu, R.S.** (2001). *Dersaadet'ten İstanbul'a Tramvay*, İETT Genel Müdürlüğü Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- [78] **Vuchic, R.V.** (1981). *Urban Public Transportation: Systems and Technology*, Prentice-Hall; 1st edition, ISBN 100-139-394966.
- [79] **Vuchic, R.V.** (2015). *Kentiçi toplu ulaşım ve yaşanabilir şehirler*, Metro İstanbul Çevirisi, 1. cilt.
- [80] **Transist.** (2017). *Bildiri Kitabı*, (s.244)
- [81] **Jurgen, K.R.** (2002). *Electric and Hybrid Electric Vehicles*, SAE technical papers, Boston, United States of America
- [82] **Einsenman, J.** (1995). *Ballasted Track As An Alternative To Balasted Track*, Rail International, Maryland, United States of America
- [83] **Esveld, C.** (2001). *Modern Railway Track*, MRT Production, ISBN 978-908-0032439, Groenwal, Netherlands.
- [84] **Köse, H.** (2015), *Balastsız Üstyapıda Asfalt ve Beton Taşıyıcı Tabakaların Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması*, (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [85] **Berksoy, B.** (1995). *Demiryollarında Balastsız Yollar*, Işık Matbaacılık, İstanbul, Türkiye.
- [86] **Moderen, O.** (2010), *Balastsız demiryolu üstyapısının yapısal modellenmesi ve analizi*, (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [87] **Özalp, O.** (2008). *Kentiçi raylı sistemlerin üstyapısı ve dinamik analizi*, (yüksek lisans tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

- [88] **Öztürk, Z.** (2014). *Demiryolu üstyapısında özel konular doktora ders notları*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [89] **UIC**, (2002). *Feasibility study: Balastless track, International Union Railway Infrastructure Commission*, Civil Engineering Group Report, Paris, Fransa.
- [90] **Öztürk, Z., Öztürk, T.** (2005). *Kentiçi demiryolunda üstyapı tasarımları ve uygulanma esasları*, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, 22-24 Eylül, Antalya, Türkiye.
- [91] **Demirağ, M. N.** (2007). *Kentiçi Raylı Sistemlerde Hat Bakım ve Maliyeti*, (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [92] **Sevim, R.** (2006). *İstanbul'da Kentiçi Raylı Sistemler ve Üstyapı Hesapları*, (yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [93] **Öztürk, Z., Arlı, V.** (2009). *Demiryolu Mühendisliği*, İstanbul Ulaşım A.Ş. Yayınları, ISBN 647-677-212, İstanbul, Türkiye.
- [94] **Lichtberger, B.** (2006). *Track Compendium*, Eurail press, Germany.
- [95] **Öztürk, Z., Öztürk, T.** (2010). *An Approach to Ground Transport Superstructure costs for Istanbul*, Technical Journal, Vol. 21, No. 2, s. 5059-5064
- [96] **Öztürk, Z., Öztürk, T.** (2004). *Comparison of Railway Infrastructures with and without Ballast Referring to Istanbul metro system*, ARI, Vol. 54, No. 1, s. 85-90
- [97] **Dündar, M. T., Öztürk, Z.** (2016). *Metro Sistemlerinin Yapım ve İşletme Maliyetleri için Bir Çalışma*, Teknik Dergi, Vol. 27, No. 4, ISSN: 1300-3453, İstanbul, Türkiye.