

**KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE HAT
BAKIMI VE İŞLETME MALİYETLERİ**

MUSTAFA TAŞKIN

YÜKSEKLİSANS TEZİ

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

T.C.
ONDOKUZMAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE HAT BAKIMI VE İŞLETME
MALİYETLERİ

MUSTAFA TAŞKIN

YÜKSEKLİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. MEHMET ÇAKIROĞLU

SAMSUN – 2010

KENTİÇİ RAYLI SİSTEMLERDE HAT BAKIMI VE İŞLETME MALİYETLERİ

ÖZ

Ülkemizde son yıllarda nüfus yoğunluğunun ve buna bağlı olarak trafik yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde trafik yoğunluğunu azaltmak ve çevreye duyarlı bir toplu taşıma yapmak için kentiçi raylı sistemlerin arttığı görülmektedir. Yapılan raylı sistemlerin işlevlerini yerine getirebilmesi ve sürekliliği için bu sistemlerin sürekli olarak bakımının yapılması gerekmektedir.

Bakım çalışmalarının nasıl ve hangi yöntemlerle yapıldığı ve bakım maliyetlerinin ne kadar olduğu bir raylı sistem için en önemli kriterlerdendir.

Bu çalışmada İstanbul kentiçi raylı sistemler olan Tramvay, LRT (Hafif Raylı Sistem) ve Metroda yapılan kritik koruyucu bakım çalışmalarının nasıl ve hangi periyotlarda yapıldığı ve çıkabilecek arızaların nasıl giderileceği düzeltici bakım kapsamında anlatılmıştır. Ayrıca incelenen kentiçi raylı sistemlerin 5 yıllık (2005-2009) yılları arasında taşıdığı yolcu sayıları ve toplam bakım maliyetleri çıkarılmıştır. Yıllık taşınan yolcu sayısı göz önüne alınarak her bir sistem için yıllık yolcu başına bakım maliyetleri göz önüne serilmiştir.

İncelenen üç raylı sistemin bakım maliyetlerine bakıldığında üstyapı sistemi doğru olarak seçilen sistemlerin bakım maliyetlerinin daha az olduğu görülmektedir. Kentiçi raylı sistemlerde hat bakımları gündüz hat enerjili olduğundan dolayı gece yapılmaktadır. İleriki yıllarda nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan trafik artışı göz önüne alındığında, bakım süreleri kısılacağından dolayı yatırım maliyeti yüksek olup bakım maliyeti düşük olan betona tespitli üstyapı sistemlerinin seçilmesi daha doğru olacaktır.

Bu çalışmada ayrıca kentsel raylı sistemlerin işletme maliyetleri de incelenmiştir. Çalışmada tramvay sistemi olarak Eminönü-Zeytinburnu hattı, hafif metro sistemi olarak Aksaray-Havaalanı hattı ve metro olarak da Taksim-4.Levent hattı incelenmiştir. Çalışmada bu hatların işletmecisi olan İstanbul Ulaşım A.Ş. den alınan maliyet tabloları kullanılmıştır. Bu tablolar işletme maliyetleri alt başlıklarına göre ve bazı kabuller yapılarak yeniden ayrıştırılıp düzenlenmiştir. Çalışmada kullanılan yolculuk bilgileri,

araç kilometreleri, yapılan bakım ve tüketilen elektrik miktarı gibi diğer veriler de İstanbul Ulaşım A.Ş.'nin ilgili birimlerinden alınmıştır.

Çalışmanın daha sonraki bölümünde, kentsel raylı sistemlerin maliyetleri enerji, personel, bakım onarım, tesis, yönetim giderleri gibi alt başlıklar altında, İstanbul Ulaşım A.Ş.'den ve alt birimlerinden alınan maliyet tabloları incelenmiş, bu tablolara ve bu tablolardan elde edilen değerlere göre sistemlerin birim maliyetleri hesaplanmıştır. Sonuç bölümünde ise çalışma konusu kentsel raylı sistemlerin hat bakımı ve işletme maliyetleri açısından hangisinin daha karlı bir yatırım olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Raylı taşımacılık, hat bakım maliyeti, işletme maliyeti, kent içi toplu taşıma.

TRACK MAINTENANCE AND OPERATING COSTS OF PUBLIC RAILWAY SYSYEMS

ABSTRACT

Nowadays; there is an increase of rail transit systems in the Turkish cities which have crowded population and high-level traffic volume. The main goal is to decrease traffic volume and have public transportation systems which have environmental sensitive. Certainly, there should be continuous maintenance for urban railway systems to increase their life.

The important criteria for the maintenance are how and which methods are used in and cost of maintenance.

In this study, railway maintenance practices are explained for the Istanbul LRT, Metro and Tram systems. This study contains; periods and methods for the critical preventative maintenance and the fixing methods for the failures. In addition, Total cost of the maintenance and carried passengers sum for a year has been studied between 2005 and 2009 years. And finally, cost of the maintenance obtained according to per passenger for each rail transit system yearly.

When we look at the maintenance costs for the three railway systems examined, it seems that properly selected superstructure systems have less maintenance costs. In urban railway systems track maintenance is being done at nights because of the daytime electrified train operation. For the future, if we take the population growth and proportionally increasing traffic jam into account, maintenance time will decrease and investment cost will increase and thus low cost slab track systems will be more suitable for railways.

Also in this study operating costs of urban rail systems are reviewed. The rail transit systems considered in the study are Eminönü- Zeytinburnu tram, Aksaray-Havaalanı light rail system and Taksim-4.Levent metro system. The operating cost tables of Istanbul Ulaşım A.Ş, the operator of rail transit lines, are used. These cost tables are reviewed and restored according to the operating costs items considered in this study. Vehicle-km, passenger, electric consumption, maintenance data used in this cost study are taken from departments of Istanbul Ulaşım A.Ş.

In the studies next sections, operating costs of the rail systems introduced in the second section are examined according to cost tables taken from Istanbul Ulaşım A.Ş. and its sub units and unit costs of these rail systems are obtained from these data's. In conclusion suggestions are made to improve the accuracy of the calculation of operating costs and track maintenance of rail transit systems in Istanbul.

Keywords: Rail transportation, track maintenance of rail, operating costs, intercity passenger transportation.

İÇİNDEKİLER

Başlık Adı	Sayfa No
ÖZ	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	xii
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
1.2. Bakım Açısından İncelenen Kent İçi Raylı Sistemler	3
1.2.1. Metro	3
1.2.2. Hafif Raylı Sistem (LRT)	5
1.2.3. Cadde Tramvayı	8
1.3. Bakım	9
1.3.1. Koruyucu Bakım	10
1.3.1.1. Hattın Sürücü Kabininden Kontrolü	12
1.3.1.2. Hat ve 3.Ray Görsel Kontrolü	12
1.3.1.3. Makas Görsel Kontrolü	14
1.3.1.4. Makas Boyutsal Kontrolü	15
1.3.1.5. Makas Yağlama	15
1.3.1.6. Bağlantı Elemanları Sıklığı Kontrolü	16
1.3.1.7. Hat Geometrik Kontrolü	17
1.3.1.8. 3.Ray İzolatör Ve Ankraj Kontrolü	19
1.3.1.9. 3.Ray Besleme Bağlantıları Kontrolü	21
1.3.1.10. 3.Ray Pozisyon Ve Aşınma Kontrolü	22
1.3.1.11. 3.Ray Genleşme Derzi Boşluk Kontrolü Ve Yağlama	22
1.3.1.12. Durdurucu Tampon Bakımı	23
1.3.1.13. İzole Cebire Kontrolü	24
1.3.1.14. Ray Taşlama	24
1.3.2. Düzeltici Bakım	25
1.3.2.1. Ray Bağlantı Elemanlarının Değiştirilmesi	26
1.3.2.2. Ray Kusurlarının Tamiri	27
1.3.2.3. Ray Değiştirme	34
1.3.2.4. Travers Değiştirme	40
1.3.2.5. Hat Geometrisinin Düzeltilmesi	43
1.3.2.6. İzolecebirenin Tamiri Ve Değiştirilmesi	50
1.3.2.7. Balastlı Üstyapıda Hat Geometrik Bozukluklarının Düzeltilmesi	52
1.3.2.8. Balast Eleme	57
1.3.2.9. Dolgu Kaynağı Ve Isıl İşlem Uygulamaları	59
1.3.2.10. Makas Dil Takımı Ve Göbek Değiştirilmesi	64
1.3.2.11. Ray Taşlama	66
1.3.2.12. 3.Ray Düzeltici Bakım İşleri	66
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	69
2.1. Yıllık Bakım Planı ve Bakım Maliyetleri	69
2.1.1. Örnek Yıllık Bakım Planı	69
2.1.2. Yıllık Yolcu Sayıları	73

2.2. İşletme Maliyetleri	76
2.2.1. Enerji Maliyetleri	76
2.2.1.1. Eminönü-Zeytinburnu tramvay hattı enerji maliyetleri	78
2.2.1.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metrosu Enerji Maliyetleri	79
2.2.1.3. Taksim-4. Levent Metrosu Enerji maliyetleri	81
2.2.2. Hat Bakımı Maliyetleri	82
2.2.2.1. Eminönü-Zeytinburnu Tramvayı Hat Bakım Maliyetleri	85
2.2.2.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metrosu Hat Bakım Maliyetleri	87
2.2.2.3. Taksim-4. Levent Metrosu Hat Bakım Maliyetleri	90
2.2.3. Sabit Tesislerin Bakım Maliyetleri	92
2.2.3.1. Eminönü-Zeytinburnu Tramvayı Sabit Tesis Bakım Maliyetleri	93
2.2.3.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metrosu Sabit Tesis Bakım Maliyetleri	94
2.2.3.3. Taksim-4. Levent Metrosu Sabit Tesis Bakım Maliyetleri	95
2.2.4. Araç Bakım Maliyetleri	96
2.2.4.1. Eminönü-Zeytinburnu Tramvay Hattı Araç Bakım Maliyetleri	97
2.2.4.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metro Araç Bakım Maliyetleri	99
2.2.4.4. Taksim-4. Levent Metrosu Araç Bakım Maliyetleri	101
2.2.5. Personel Maliyetleri	103
2.2.6. Genel Giderler	104
2.2.7. Kira Giderleri	106
2.2.8. Amortismanlar	106
2.3. Toplam Maliyetler	107
2.3.1. Eminönü-Zeytinburnu Tramvay Hattı Toplam Maliyetleri	107
2.3.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metrosu Toplam Maliyetleri	110
2.3.3. Taksim-4. Levent Metrosu Toplam Maliyetleri	113
3. BULGULAR ve İRDELEMELER	115
3.1. Yıllık Bakım Maliyetleri ve Yolcu Başına Bakım Maliyetleri	116
3.1.1. Metro: Taksim-4. Levent	116
3.1.2. LRT: Aksaray-Havaalanı	117
3.1.3. Tramvay: Eminönü-Zeytinburnu	118
3.1.4. Karşılaştırma	119
4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	120
5. KAYNAKLAR	122
ÖZGEÇMİŞ	123

ŞEKİLLER LİSTESİ

Başlık Adı	Sayfa No
Şekil 1.1 İstanbul Metrosu Üstyapı Kesiti	4
Şekil 1.2 Stedef V.S.B Sistem - Beton Travers Üzerindeki Ray Montajı	5
Şekil 1.3 Hafif Metro Hattında Beton Traversli Üstyapı Kesiti	6
Şekil 1.4 Hafif Metro Hattında Ahşap Traversli Üstyapı Kesiti	7
Şekil 1.5 Hafif Metro Hattında Betona Tespitli Üstyapı Kesiti	7
Şekil 1.6 Tramvay Hattı Klasik Üstyapı Kesiti	8
Şekil 1.7 Tramvay Hattı Üstyapı Kesiti(Ray Altı Mesnet Taşlı)	9
Şekil 1.8 Hat Bakım Şeması	10
Şekil 1.9 Makas Boyutsal Kontrol Noktaları	15
Şekil 1.10 Trifonaj (Trifonöz) Makinesi	16
Şekil 1.11 Hat Geometrisi Ölçüm Cihazı ve El Bilgisayarı	17
Şekil 1.12 Ölçüm Cihazı Üzerinde Bulunan Ölçüm Kutuları	18
Şekil 1.13 Burulma Ölçme Kolu	18
Şekil 1.14 Hat Geometrisi Ölçüm Cihazı Grafik Verileri	19
Şekil 1.15 Beton Travers Üzerindeki İzolatör Takımı	20
Şekil 1.16 3.Ray Ankraj Takımı	20
Şekil 1.17 3.Ray Besleme Bağlantısı Takımı ve 3.Raya Montajı	21
Şekil 1.18 3.Ray Pozisyonu	22
Şekil 1.19 3.Ray Genleşme Derzi Takımı	23
Şekil 1.20 İzolecebire (Yalıtılmış Ray Bağlantı Elemanı) Takımı	24
Şekil 1.21 Dübel Delme Makinesi	27
Şekil 1.22 Raylar Üzerinde Oluşan Ondülasyon Bozuklukları	28
Şekil 1.23 Raylarda Patinaj Sonucu Oluşan Apletler Ve Ray Raynaklarındaki Düşüklükler	29
Şekil 1.24 Raylardaki Oval Boşluklar	30
Şekil 1.25 Raydaki Enine Veya Yatay Çatlaklar	31
Şekil 1.26 Raydaki Düşey Çatlaklar	31
Şekil 1.27 Ray Yuvarlanma Temas Yüzeyinin Yorulması	32
Şekil 1.28 Raylarda Kabuklanmalar	32
Şekil 1.29 Ray Mantarındaki Kabuklanmalar	33
Şekil 1.30 Yanal Ve Düşey Aşınmış Ray	33
Şekil 1.31 Ray Aşınma Ölçüm Aleti	34
Şekil 1.32 Düşey Nivelmanı Düzelmek İçin Travers Altına Paslanmaz Çelik Levha Yerleştirilmesi	35
Şekil 1.33 Farklı Yanal Aşınmalara Sahip Rayların Değiştirilmesi	36
Şekil 1.34 Ray Kafalarının Kaldırılıp Mastara Getirilmesi	37
Şekil 1.35 Ray Yan Yüzeyinin Ve Tabanının Mastara Getirilmesi	37
Şekil 1.36 Kalıp Tutma Aparatının Ayarlanması ve Raya Sabitlenmesi	37
Şekil 1.37 Kaynak Kalıplarının Montajı ve Kumlama	38
Şekil 1.38 Kalıpların Hazırlanması ve Potanın Neminin Alınması	38
Şekil 1.39 Termit Potasının Yerleştirilmesi	39
Şekil 1.40 Rayların Isıtılması Ve Termit Porsiyonun Erimesi	39
Şekil 1.41 Kaynağın Sıyırma Makinesi İle Traşlanması ve Rayın Traşlanması	40

Şekil 1.42 Balastlı Hatlarda Travers Değiştirme	41
Şekil 1.43 Travers Değiştirme Makinesi İle Travers Değiştirme	42
Şekil 1.44 Balastsız Üstyapılarda Travers Değiştirme İşlemi Esnasında Rayların Kaldırılması	43
Şekil 1.45 Renkli Nabla Ölçüleri	44
Şekil 1.46 Farklı Renkteki Nablalar Kullanılarak Yapılabilecek Ekartman Değerleri	44
Şekil 1.47 Nabla Bağlantı Sistemi İle Ekartmanı Sabitleyip Hat Eksenin Kaydırılması	45
Şekil 1.48 Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Ekartman Değerleri	45
Şekil 1.49 Yatay Nivelman (Fleş)	46
Şekil 1.50 Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Fleş Değerleri	47
Şekil 1.51 Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Dever Değerleri	47
Şekil 1.52 Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Burulma Değerleri	48
Şekil 1.53 Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Burulma1 ve Burulma2 değerlerine Etki Eden Mesafeler	49
Şekil 1.54 Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Düşey Nivelman Değerleri	49
Şekil 1.55 İzolenin Tahrip Olması	50
Şekil 1.56 İzolecebireli Rayın Değiştirilmesi	51
Şekil 1.57 Yeni İzolecebire Raylarının Yapılması	51
Şekil 1.58 Buraj Kazması ve Buraj Çapası	53
Şekil 1.59 Küçük Buraj Makineleri	53
Şekil 1.60 Buraj Makinesi	55
Şekil 1.61 Makas Buraj Makinesi	56
Şekil 1.62 Balast Temizleme Makinesi	59
Şekil 1.63 Kaynak Noktalarındaki Problemler	60
Şekil 1.64 Makas Göbek Ucu Detayları (1/7 ve 1/9 Makaslar İçin)	61
Şekil 1.65 Makas Göbek Ucu Şablonları	61
Şekil 1.66 Ray Mantarının Isıl İşlemle Kaldırılması	62
Şekil 1.67 Ray Mantarının Isıl İşlemle Düşürülmesi	63
Şekil 1.68 Ray Yan Yüzeyinin Isıl İşlemle Deplasmanı	63
Şekil 1.69 Basit Makas Tertibatı	65
Şekil 1.70 Ray Taşlama Makinesi	66
Şekil 1.71 3.Ray Pozisyon Değerleri	67
Şekil 1.72 3.Ray Koruyucu Kapakları Ve Koruyuc Levha Destekleri	68
Şekil 2.1. Tramvay Araç-Km Başına Elektrik Tüketim Maliyeti	79
Şekil 2.2. Hafif Metro Araç-Km Başına Elektrik Tüketim Maliyeti	80
Şekil 2.3. Metro Araç-Km Başına Elektrik Tüketim Maliyeti	82
Şekil 2.4. Araç-Km Başına Tramvay Hat Bakım Maliyeti	87
Şekil 2.5. Hafif Metro Araç-Km Başına Hat Bakım Maliyeti	89
Şekil 2.6. Metro Araç-Km Başına Hat Bakım Maliyeti	92
Şekil 2.7. Tramvay Hattı Araç-km Başına Sabit Tesis Bakım Maliyetleri	94
Şekil 2.8. Hafif Metro Hattı Araç km Başına Sabit Tesis Bakım Maliyetleri	95
Şekil 2.9. Metro Hattı Araç-km Başına Sabit Tesis Bakım Maliyetleri	96

Şekil 2.10. Tramvay hattı araç-km başına araç bakım maliyeti	98
Şekil 2.11. Hafif Metro Hattı Araç-km Başına Araç Bakım Maliyeti	100
Şekil 2.12. Metro hattı araç-km başına araç bakım maliyeti	102
Şekil 2.13. Yıllara Göre Tramvay Hattı Maliyet Dağılımı	109
Şekil 2.14. Tramvay Hattı Araç-km Başına Birim İşletme Maliyeti	110
Şekil 2.15. Hafif Metro Hattı Araç-km Başına Birim İşletme Maliyeti	111
Şekil 2.16. Yıllara Göre Hafif Metro Hattı Maliyet Dağılımı	112
Şekil 2.17. Metro Hattı Araç-km Başına Birim İşletme Maliyeti	113
Şekil 2.18. Yıllara Göre Metro Hattı Maliyet Dağılımı	114
Şekil 3.1. Yıllara Göre Kentiçi Raylı Sistemlerin Yolcu Sayıları	115

ÇİZELGELER LİSTESİ

Başlık Adı	Sayfa No
Çizelge 1.1 3.Ray İle Beslenen Metro Hattında Yapılan Periyodik Bakımlar	11
Çizelge 2.1 İstanbul Metrosu Yıllık Bakım Planı	70
Çizelge 2.2 Yıllık Bakım Planının Haftalık Bazda Dağıtılması	71
Çizelge 2.3 Haftalık Bakım Programı	72
Çizelge 2.4 2005 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları	73
Çizelge 2.5 2006 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları	73
Çizelge 2.6 2007 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları	74
Çizelge 2.7 2008 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları	74
Çizelge 2.8 2009 Yolcu Taşıma Sayıları	75
Çizelge 2.9 Tramvay Elektrik Tüketimi ve Maliyeti	78
Çizelge 2.10 Tramvay Araç ve Sabit Tesisler Elektrik Maliyeti	78
Çizelge 2.11 Hafif Metro Elektrik Tüketimi ve Maliyeti	79
Çizelge 2.12 Hafif Metro Araç ve Sabit Tesisler Elektrik Maliyeti	80
Çizelge 2.13 Metro Elektrik Tüketimi ve Maliyeti	81
Çizelge 2.14 Metro Araç ve Tesisler Elektrik Maliyeti	81
Çizelge 2.15 Tramvay hattı 2007 yılı hat bakım işleri ve maliyetleri	85
Çizelge 2.16 Tramvay hattı hat bakım maliyetleri	86
Çizelge 2.17 Hafif metro hattı 2007 yılı hat bakım maliyetleri	88
Çizelge 2.18 Hafif metro hat bakım maliyetleri	89
Çizelge 2.19 Metro hattı 2007 yılı hat bakım işleri ve maliyetleri	91
Çizelge 2.20 Metro hattı hat bakım maliyetleri	91
Çizelge 2.21 Tramvay hattı sabit tesis bakım maliyetleri	93
Çizelge 2.22 Hafif metro hattı sabit tesis bakım maliyetleri	94
Çizelge 2.23 Metro hattı sabit tesis bakım maliyetleri	95
Çizelge 2.24 Tramvay hattı araç bakım sayıları	97
Çizelge 2.25 Tramvay hattı araç bakım maliyetleri (malzeme)	98
Çizelge 2.26 Tramvay hattı araç bakım maliyetleri	98
Çizelge 2.27 Hafif metro araç bakım sayıları	99
Çizelge 2.28 Hafif metro araç bakım maliyetleri (malzeme)	99
Çizelge 2.29 Hafif metro araç bakım maliyetleri	100
Çizelge 2.30 Metro hattı araç bakım sayıları	101
Çizelge 2.31 Metro yıllık araç bakım maliyetleri (malzeme)	101
Çizelge 2.32 Metro yıllık araç bakım maliyetleri	102
Çizelge 2.33 2007 Yılı Personel maliyetleri	103
Çizelge 2.34 2008 Yılı Personel maliyetleri	103
Çizelge 2.35 2009 Yılı Personel maliyetleri	104
Çizelge 2.36 Toplam Personel maliyetleri	104
Çizelge 2.37 2007 Yılı Genel Giderleri	105
Çizelge 2.38 Tramvay, Hafif Metro ve Metro Genel Giderleri	106
Çizelge 2.39 Tramvay, Hafif Metro ve Metro Kira Giderleri	106
Çizelge 2.40 Tramvay, Hafif Metro, Metro ve Diğer Amortisman Giderleri	107
Çizelge 2.41 Tramvay, Hafif Metro ve Metro Amortisman Giderleri	107

Çizelge 2.42 Tramvay toplam işletme giderleri	108
Çizelge 2.43 Hafif metro toplam işletme giderleri	110
Çizelge 2.44 Metro toplam işletme giderleri	113
Çizelge 3.1 Yıllık Yolcu Taşıma Sayıları	115
Çizelge 3.2. Yıllara Göre Toplam Maliyetler	116
Çizelge 3.3. Metro Yıllık Bakım Maliyetleri	117
Çizelge 3.4. LRT Yıllık Bakım Maliyetleri	117
Çizelge 3.5. Tramvay Yıllık Bakım Maliyetleri	118
Çizelge 3.6. Yolcu/km Başına Bakım Maliyetlerinin Karşılaştırılması	119

1.GENEL BİLGİLER

1.1.Giriş ve Çalışmanın Amacı

Ülkemizde nüfus yoğunluğunun ve buna bağlı olarak artan trafik yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde kara taşımacılığın getirmiş olduğu çevre kirlenmesi, kazalar ve trafik sıkışıklığının giderilmesi için kent içi raylı sistemlere önem verilmektedir. Son yıllarda bazı şehirlerimizde yeni raylı sistem inşaatları yapılmakta ve ilerde oluşabilecek problemler göz önünde bulundurularak yeni yatırımlar yapılmaktadır. (Keskin, 1992)

Raylı sistemler yatırım maliyeti açısından düşünüldüğünde yüksek maliyetlerle kurulduğu için, etüt aşamasında doğru olan kent içi raylı sistemin seçilmesiyle birlikte, yapım aşamasından sonra işletme ve bakım maliyetleri açısından optimum olan üstyapı tipinin de seçilmesi önem arz etmektedir. Üstyapının doğru seçilmesi işletme aşamasında çıkan problemlerden dolayı oluşan sefer kayıpları ve yüksek bakım maliyetlerini minimuma indireyecektir. İstanbul kent içi raylı sistemlerinde şu an 4 saatlik bir maksimum bakım süresi bulunmaktadır ki bu süre ilerleyen yıllarda artan trafik yoğunluğu ile birlikte daha da azalacaktır. Bu durumda hatların işletmeye kapalı bakım süreleri daha da azalacağından dolayı bakım kalemlerinin ve bakım sürelerini minimize edecek şekilde üstyapı sistemlerinin seçilmesi zorunlu olacaktır. Yeni yapılan kent içi raylı sistemlerde bakım maliyetleri ve servis ömrü göz önünde bulundurularak daha az bakım gerektiren ve servis ömürleri daha fazla olan üstyapı tiplerinin seçildiği açıkça görülmektedir. (İstanbul Ulaşım A.Ş., 2007)

Bu çalışmanın başında İstanbul kent içi raylı sistemler olan Tramvay, LRT ve Metro'nun üstyapı sistemi ve bakımların sınıflandırılması anlatılmıştır. Ele alınan sistemlerin bakım sınıflandırılmaları yapılmış ve bakım tipleri anlatılmıştır.

Bakımda önemli olan sistemin arıza vermeden arıza verebilecek nedenlerini bulup yapmak ve arıza verebilecek durumları ortadan kaldırmaktır. Sistemi tehlikeye sokacak durumları öncesinden bulmak koruyucu bakımın prensibidir. Raylı sistemler veya diğer tüm mekanik sistemlerde bakım hiçbir zaman arıza durumunda yapılan bir iş değildir. İncelen kent içi raylı sistemlerde yapılan koruyucu bakımlar anlatılmış ve nasıl yapılması gerektiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca kent içi raylı sistemlerde yapılan düzeltici bakımlar ve düzeltici bakımların nasıl yapılması gerektiği üzerinde

durulmuştur. Düzeltici bakımda amaç; koruyucu bakımda görülen arıza problemlerini gidermek ve üstyapının kalitesini daima korumaktır.

İkinci bölümde ise incelen kent içi raylı sistemlerden biri olan Metro'nun bakım planına ve tüm sistemlerin yıllık bakım maliyetleri ile birlikte yıllık yolcu sayılarına değinilmiştir. Örnek bir koruyucu bakım planının nasıl olması gerektiği çok önemlidir. Şüphesiz ki düzeltici bakım maliyeti koruyucu bakım maliyetinden yüksek olduğundan dolayı; sistem büyük bir arıza vermeden, arızayı verecek yolların kapatılması, arıza verme süresinin uzatılması veya arızaya arızanın başlangıcında müdahale edilmesi koruyucu bakımın planlı bir şekilde yürütülmesiyle mümkündür. Yıllık koruyucu bakım planı bu özelliğiyle önem arz etmektedir.

Üçüncü bölümde, incelenen tüm sistemlerin 3 yıllık bütün işletme maliyetleri çıkarılmış ve aralarında fazla bir fark olmadığı görülmüştür. Ayrıca 5 yıllık periyodik ve düzeltici bakım maliyetleri çıkartılmış ve 5 yıllık yolcu başına bakım maliyetleri hesaplanmıştır.

Dördüncü bölümde ise sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir. Bakım maliyetleri açısından hangi sistemin daha makul olduğu ve uzun vadede karlı olabileceği değerlendirilmiştir.

1.2.Bakım Açısından İncelenen Kentiçi Raylı Sistemler

Kent içi raylı sistemler sınıflandırılırken en önemli kriter sistemin yolcu kapasitesidir. Ticari hız, bir dizindeki vagon sayısı, aracın ivmesi, yolun geometrik özellikleri, sinyal sistemi, karayolu ile kesişme noktalarının varlığı veya karayolundan korunma oranı, istasyon uzunlukları, istasyonlar arasındaki mesafe, zirve saatinde dizin çalıştırma sıklığı gibi parametreler kapasite ile ilişkili olan faktörlerdir. İncelenen kent içi raylı sistemlerin sınıflandırılması yolcu kapasitesine göre değerlendirilmiştir (Kelleci, 2003).

1.2.1.Metro

Tek yönde saatteki yolcu kapasitesi 60.000 - 70.000 arasında olan kent içi raylı toplu taşıma sistemidir. Genellikle 1435 mm ray açıklığına sahip, 6 veya 8 araçlı dizinler halinde yolcu taşıma kapasitesine sahip, kataner veya 3.ray hattından beslenen, sinyalizasyon sistemine tabi olarak işletilen ve ortalama hızı 70-90 km/sa olan kent içi raylı sistemlerdir. Metro sistemlerinde genellikle istasyonların büyük çoğunluğu yer altı istasyonlarından oluşur, dolayısıyla altyapı yatırım maliyeti diğer kent içi raylı sistemlere göre yüksektir.

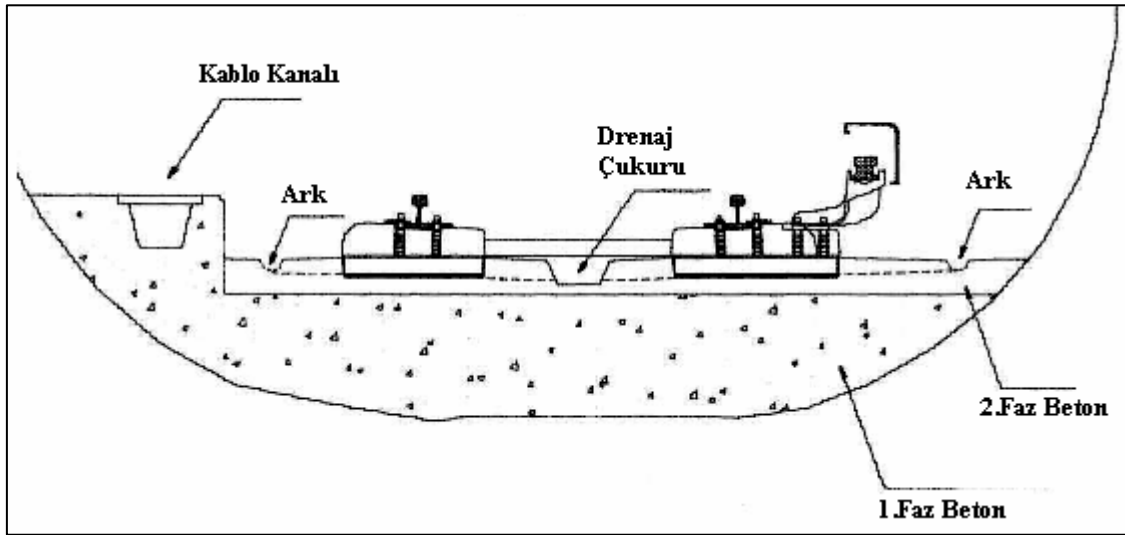
Burada İstanbul kent içi raylı sistemler dahilinde olan İstanbul Metrosu incelenmiş ve İstanbul Metrosu'nun üstyapı sistemine değinilmiştir (Şekil 1.1).

İstanbul Metrosu üstyapı sistemi aşağıdaki alt sistemlerden oluşmaktadır.

- Drenaj sistemi dahil olmak üzere, üstyapı yatak yapısı
- Traversler ve ray bağlantı ekipmanları
- Raylar
- Makaslar

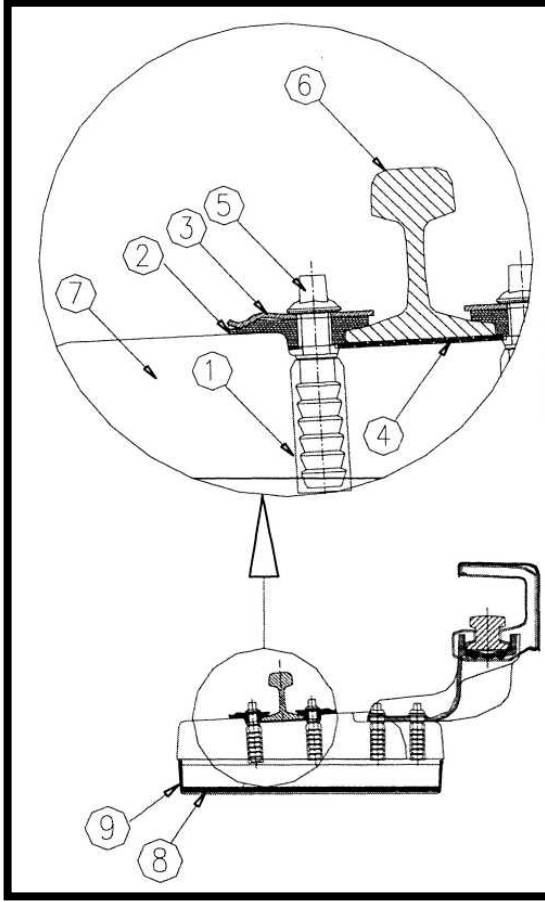
Üstyapı sistemi makaslar dışındaki tüm hat için ikiz blok beton traversler, makaslar için ahşap traversler ve traverslerle ilişkili olan elastik travers çizimleri ve travers altı mikroselüler yastıklar ve elastik ray bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Traversin alt kısmını kaplayan elastik travers çizmesi, beton plaka ve travers arasındaki

teması engelleyerek, traversin kolay bir şekilde yeniden çıkarılmasını sağladığı gibi traversin direkt olarak betonla temasına engel olarak kaçak akım oluşmasını engeller. Traversin alt kısmı ve elastik travers çizmesi arasına yerleştirilen mikroselüler elastik ped, trenin seyri sırasında zeminden kaynaklanan gürültüyü azaltma işlevi görür. İstanbul Metrosunda kullanılan bu sisteme STEDEF V.S.B. (Stedef Balastsız Üstyapı) denir, (Şekil 1.2). Sistemin en önemli avantajı; bakım masraflarının az olması ve 30-250 Hz arasında oluşan, özellikle çevredeki yapılara rahatsızlık veren titreşimleri ray altı pedi ve mikroselüler ped olan travers altı pedleri vasıtasıyla sönmölendirebilmesidir. (Alstom, 2002)



Şekil 1.1. İstanbul Metrosu Üstyapı Kesiti

Üstyapının bir bölümünü oluşturan drenaj sistemi, ray tespitleme bölgesinde biriken suların tahliye edilmesini sağlayan çukur ve kanallar içerir ve böylece sızıntı ve derz bölgelerinden gelen su birikintilerini önler.



No	Adet	Adı
1	4	Plastrail Dübel
2	4	Nabla Obal
3	4	Nabla Bıçağı
4	2	Oluklu Ray Altı Pedi
5	4	Plastrail Vida
6	2	Ray
7	1	Travers
8	2	Elastomer Ped
9	2	Travers Çizmesi
Not: Şekil 3. ray monte edilmiş uzun traversdir. Miktarlar normal travers üzerindeki parçaların adetidir.		

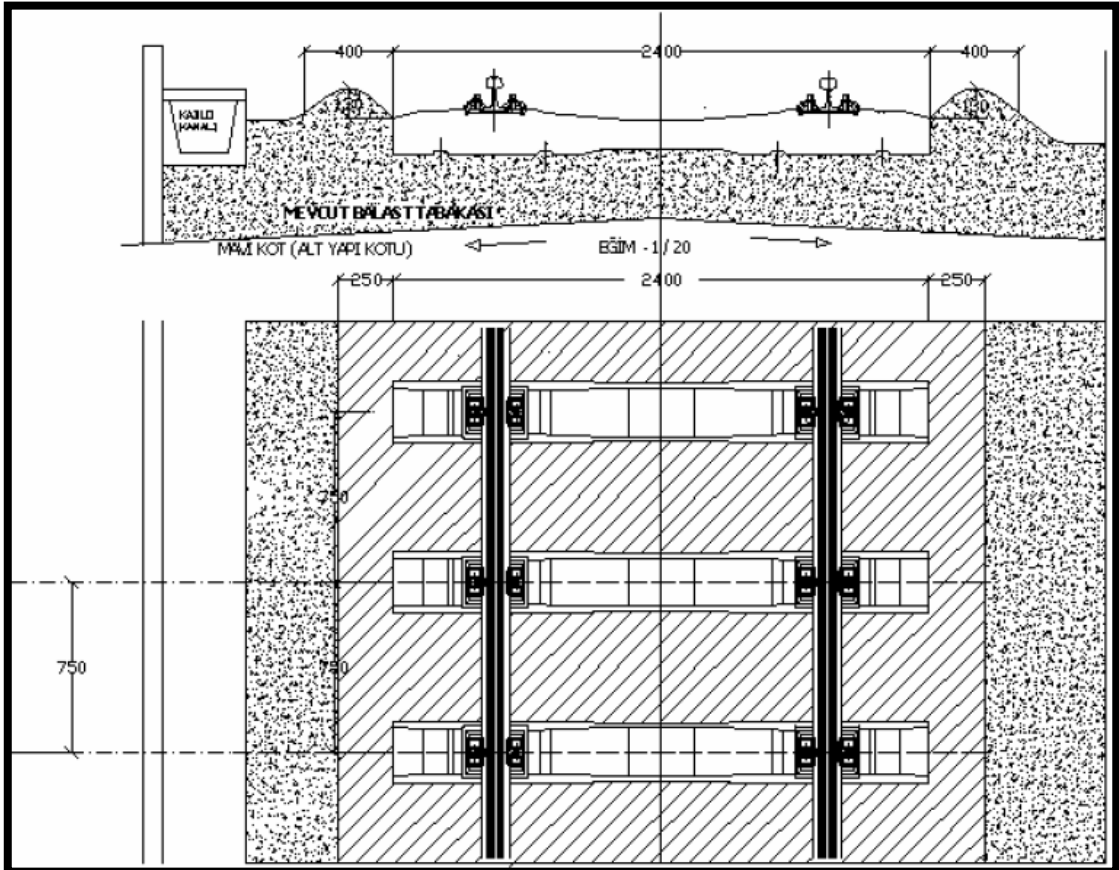
Şekil 1.2. Stedef V.S.B Sistem - Beton Travers Üzerindeki Ray Montajı

1.2.2.Hafif Raylı Sistem (LRT)

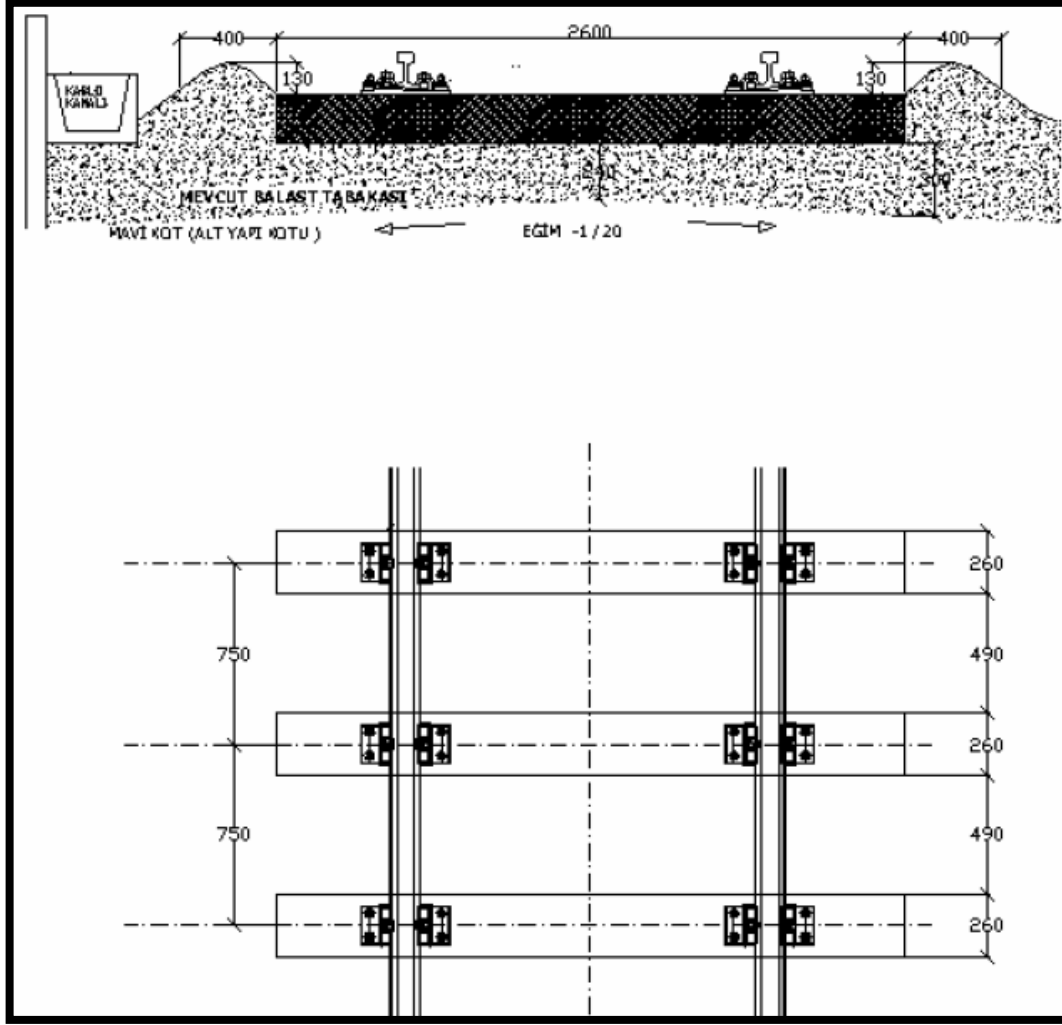
Ray açıklığı genellikle 1435 mm olan, 750 V DC veya 1500 V AC ile üçüncü raydan veya katanerden enerji alan, bir sürücü tarafından sinyalizasyon sistemine uygun olarak kumanda edilen (bazı sistemlerde bütün operasyonlar sinyalizasyon sistemi tarafından gerçekleştirilmekte) sistemlerdir. Ayrıca 600-1000 m aralıklarla özel istasyonlarda yolcu indirip bindiren, yaklaşık 300 yolcu kapasiteli araçlardan oluşan diziler halinde, ortalama 60-80 km/h hız ile kendine ait hatlarda işletilen raylı toplu taşıma sistemleridir. Kendine ait hatlar genellikle zemin seviyesinde olmasına karşın fiziki duruma göre aç-kapa tünel, yarma, viyadük ve kısa tünellerden geçmektedir. Sinyalizasyonun önemi büyüktür. (Toprak, 1999) Tek yönde saatteki yolcu taşıma kapasitesi 34.000-35.000 civarında olan kent içi raylı sistemlerdir.

Burada İstanbul kent içi raylı sistemler dahilinde olan Aksaray-Otogar-Esenler-Havaalanı LRT sistemi incelenmiş ve LRT sistemin üstyapı sistemine değinilmiştir. Hafif Metro hattı 2 aşama olarak inşa edilmiştir. 1.Aşama olarak Aksaray-Esenler arası hat tamamen balastlı bir üstyapı seçilerek inşa edilmiştir. 2.Aşama olan Otogar-Havaalanı arası ise Yenibosna' ya kadar balastlı, devamındaki Yenibosna-Havaalanı arası ise betona tespitli bir şekilde inşa edilmiştir.

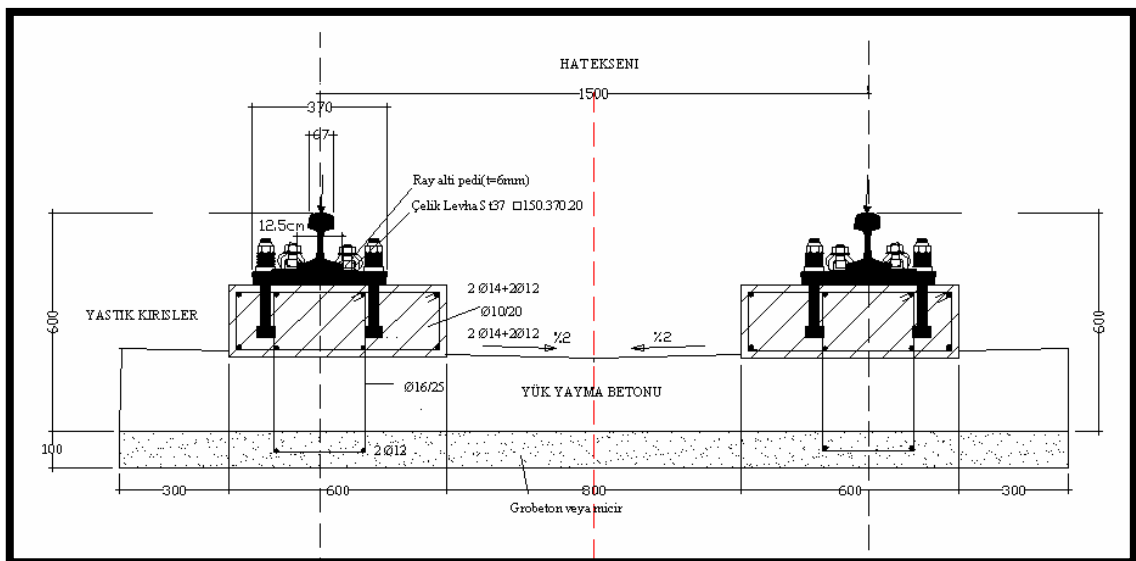
Balastlı üstyapıda kullanılan S49 rayı B55 beton travers üzerine Vossloh bağlantı sistemi ile monte edilmiştir (Şekil 1.3). Balastlı olan kısımda minimum 40 cm, maksimum 60 cm kalınlığında sert kalker olan balast kullanılmıştır. Peronlarda, viyadüklerde ve makas bölgelerinde ise ahşap travers kullanılmıştır. Ahşap traverslerde K tipi bağlantı malzemesi kullanılmıştır (Şekil 1.4). Yenibosna- Havaalanı hattında kullanılan betona tespitli üstyapı sisteminde, sistem yük yayma betonu üzerinde bulunan beton kiriş üzerine sabitlenmiştir (Şekil 1.5) (Sevim, 2007).



Şekil 1.3. Hafif Metro Hattında Beton Traversli Üstyapı Kesiti



Şekil 1.4. Hafif Metro Hattında Ahşap Traversli Üstyapı Kesiti



Şekil 1.5. Hafif Metro Hattında Betona Tespitli Üstyapı Kesiti

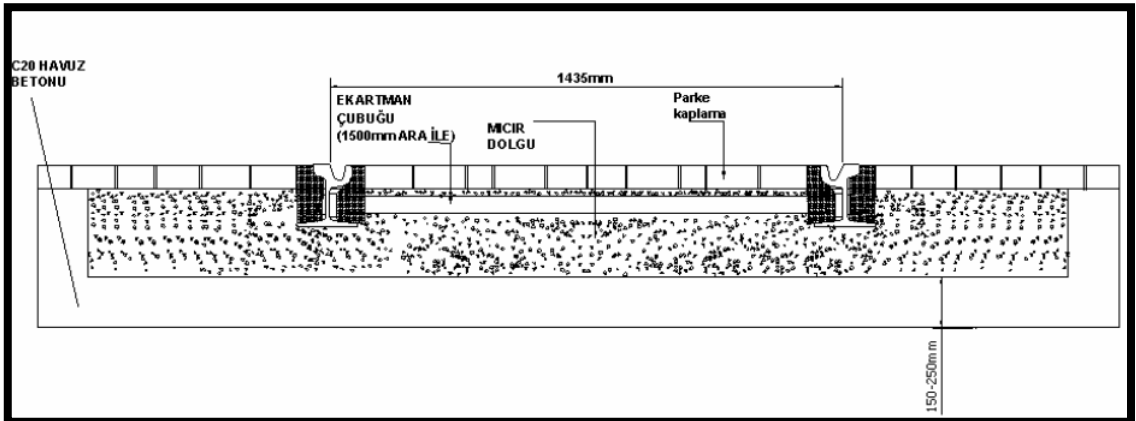
1.2.3.Cadde Tramvayı

Karayolu ulaşım araçları ile aynı alanı kullanan, yol ve trafik durumuna göre bir sürücü tarafından kumanda edilen, elektrik enerjisini katanerden alan, daha çok inip binmenin olduğu, günümüzde daha çok bir adım atılarak binilebilen alçak zeminli araçların kullanıldığı, en düşük yolcu kapasiteli raylı toplu taşıma sistemidir. Karayoluna aynı seviyede döşenen raylar üzerinde hareket ettiğinden, mevcut karayolu trafik düzenine uymak zorunda olup bu araçlara geçit ve kavşaklarda karayolu araçlarına göre geçiş üstünlüğü sağlanmaktadır (Toprak, 1999).

Cadde tramvayı sisteminde peronlar arası mesafe diğer raylı toplu taşıma sistemlerine göre daha kısadır. Bunlarında ray açıklığı genelde 1435 mm olmakta ve 750 V DC ile beslenmektedir. Cadde tramvayı sistemi, metro ve hafif metro sistemlerine göre maliyeti en düşük, yolcu sirkülasyonu en kolay sistemdir.

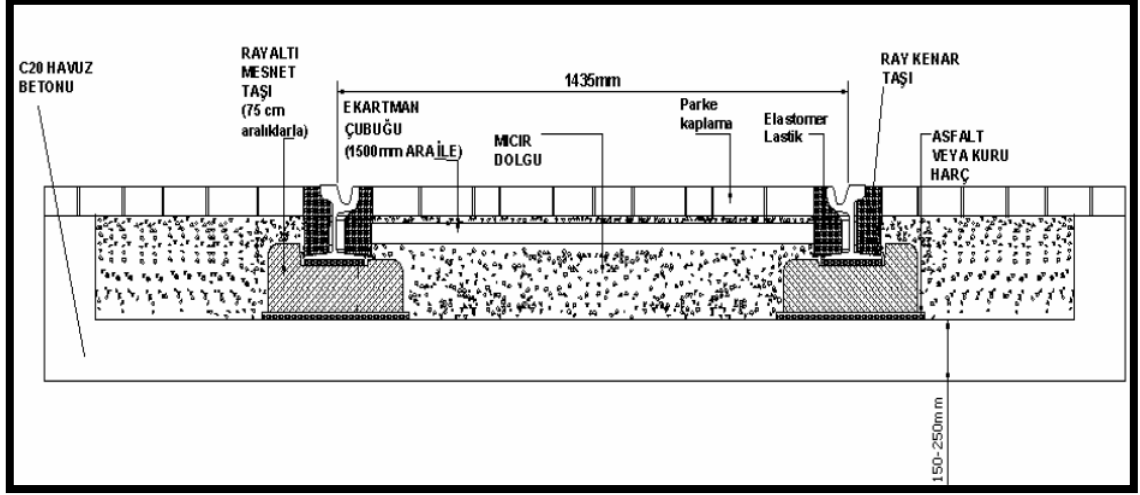
Burada İstanbul kentiçi raylı sistemler dahilinde olan Kabataş-Zeytinburnu Cadde Tramvayı incelenmiş ve Cadde Tramvayının üstyapı sistemine değinilmiştir.

Tramvay Hattı inşa edilirken aşama aşama inşa edilmiş ve işletmeye açılmıştır. İnşa sürecinde tramvay hattı için ayrılan güzergahta hızlı bir inşaa sürecine girilmiş; fakat uluslararası standartlara uymayan bir üstyapı tasarlanmış ve inşa edilmiştir (Şekil 1.6). Bu üstyapı tipi, mevcut şartlara cevap veremeyince çeşitli zamanlarda yapılan rehabilitasyon projeleri ile üstyapının kalitesi artırılmaya çalışılmıştır.



Şekil 1.6. Tramvay Hattı Klasik Üstyapı Kesiti

Şekil 1.6. da kullanılan üstyapı sistemi, demiryolu üstyapısına gelen yükleri karşılamamış ve mevcut üstyapı rayların altına 1,5 m aralıklarla mesnet taşı konularak daha stabil hale getirilmiştir (Şekil 1.7). (Erel, 2002)



Şekil 1.7. Tramvay Hattı Üstyapı Kesiti(Ray Altı Mesnet Taşı)

İşletme altında hatta yapılan bu üstyapı değişikliği, hem maliyet hem de işçilik açısından birçok zorluğu beraberinde getirmiştir. Yapılan bu değişiklikle hatta meydana gelen problemler azalsa da, üstyapı bakımları gün geçtikçe artmaya devam etmiştir. Bu nedenle tramvay hattında yeni rehabilitasyon projeleri hazırlanmış ve betona tespitli demiryolu üstyapısı mevcut üstyapı ile değiştirilmeye başlanmıştır. İlk başlarda karayolu araçları ile kesişen kavşaklarda kauçuk kavşak imalatına girilmiştir. Üstyapısı daha sıklıkla bozulan, daha sık bakım gerektiren bölgeler tespit edilerek çim parkeli betona tespitli yeni bir üstyapı tipi tasarlanmıştır.

1.3.Bakım

Ele alınan raylı sistemlerde yapılan bakımlar 2 grupta sınıflandırılabilir:

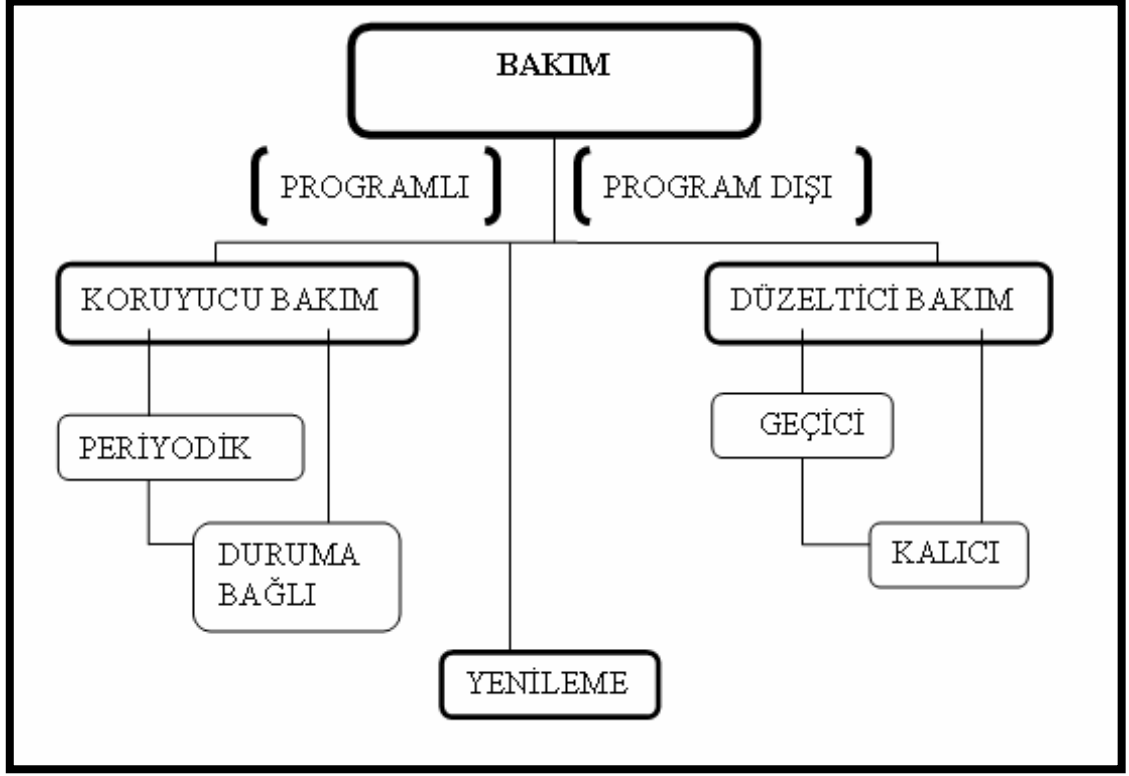
1. Koruyucu Bakım (Programlı Bakım)

- Sistematik koruyucu bakım
- Duruma bağlı koruyucu bakım
- Yenileme

2. Düzeltici Bakım (Program Dışı Bakım)

- Kalıcı bakım
- Geçici bakım

Bakım sınıflandırılması Şekil 1.8 üzerinde şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Hat Bakım Şeması

1.3.1.Koruyucu Bakım

Koruyucu bakım işlemleri program dahilinde olan sistematik bakımlar olarak bilinir. Dolayısıyla burada sadece periyodik olan bakımlar göz önüne alınacaktır. Duruma bağlı koruyucu bakım, düzeltici kalıcı bakımla aynı paralelde olduğu için düzeltici bakımda anlatılacaktır.

Periyodik bakım, belli periyotlarla yapılan bakımları içermektedir ve yapılan işe göre aşağıdaki periyotlarda bakım yapılabilir;

- Haftalık kontroller
- On beş günde bir gerçekleştirilen kontroller
- 1 ayda gerçekleştirilen kontroller
- 3 ayda bir gerçekleştirilen kontroller

- 6 ayda bir gerçekleştirilen kontroller
- 1 yılda bir gerçekleştirilen kontroller

Bu periyotlar yapılacak iş için sabit periyotlar olmayabilir. Hattın işletmede kaldığı süre boyunca yapılacak işlerin periyotları geçmiş raporlara göre tekrar düzenlenir.

3.ray ile beslenen bir metro hattında genel olarak aşağıdaki periyodik bakımlar yapılır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. 3.Ray İle Beslenen Metro Hattında Yapılan Periyodik Bakımlar

Periyodik Bakım Adı	Periyodik Bakım Tipi ve Sistemi			
	Görsel	Ölçme	Hizmet	Bağlı Olduğu Sistem
Hattın Sürücü Kabininden Kontrolü	Görsel			Hat
Hat ve 3 Ray Görsel Kontrolü	Görsel			Hat
Makas Görsel Kontrolü	Görsel			Makas
Makas Boyutsal Kontrolü		Ölçme		Makas
Makas Yağlama			Hizmet	Makas
Bağlantı Elemanları Kontrolü		Ölçme		Üstyapı
Hat Geometrisi Kontrolü		Ölçme		Üstyapı
İzalatör Ve Ankraj Kontrolü		Ölçme		3.Ray
Besleme Bağlantısı Kontrolü		Ölçme		3.Ray
Pozisyon Ve Aşınma Kontrolü		Ölçme		3.Ray
Boşluk Kontrolü Ve Yağlama		Ölçme		3.Ray
Durdurucu Tampon Bakımı		Ölçme	Hizmet	Hat
İzole Cebire Kontrolü		Ölçme	Hizmet	Üstyapı
Ray Taşlama		Ölçme	Hizmet	Üstyapı

1.3.1.1.Hattın Sürücü Kabininden Kontrolü

Bu bakım işletme saatleri içerisinde ve tren normal seyir halindeyken sürücü kabininden yapılır. Bu kontroller esnasında; ray hattı geometrisinde ki bozukluklar, özellikle hattın tren yükü altında çökmesi şeklinde ortaya çıkan kusurlar, ray kıvrılmalarının tespiti, anormal gürültüler, ondülasyon oluşumu, ray kaynakları vuruntuları, tünel içerisindeki sızıntılar, tren gabarisi açısından tehlike yaratabilecek depolamalar veya birikintiler tespit edilir. Bakımlar bir birleri ile ilişkili olduğundan dolayı sürücü kabininden yapılan kontroller esnasında kaydedilen anormalliklerin etkin bir şekilde izlenmesi için ray hattının yürüyerek yapılan muayenesi esnasında kontroller yapılır. Hat geometrisi ile alakalı kusurlar gözle muayene edilir. Ray hattının üzerinden tren geçerken oluşan düşey hareketlerin ölçümleri ise ilgili bölgeye esneme cihazı (flexometre) yerleştirilerek ölçümler alınır. Bu bakım haftada bir yapılır. Hat işletmesi devam ettikçe hafta da birkaç güne çıkartılabilir.

1.3.1.2.Hat ve 3. Ray Görsel Kontrolü

Bu bakımın amacı, kusurların tespit edilmesi ve düzeltici bakım çalışmalarının başlatılması amacıyla, ray hattı ekipmanlarının kontrol edilmesidir. Bu kontrollerde aşağıdaki görsel tespitlere dikkat edilmelidir.

Rayların görsel kontrolü

Ray mantarlarındaki eziklikler, karıncalanmalar, ondülasyonlar, yatay ve enine çatlaklar, tabakalaşmalar ve raylar üzerindeki aşınma durumları, raylardaki korozyonlar, özellikle kurplardaki dış rayın yağlı olup olmadığı, görsel olarak kontrol edilir.

Traverslerin görsel kontrolü

Traverslerdeki kırıklara ve kırılan bölgelerde donatının görünüp görünmediğine, çatlaklara, traversler ikiz blok travers ise travers çubuklarının durumuna bakılır.

Kaynakların görsel kontrolü

Bölgedeki tüm kaynaklara bakılıp kaynakta göz ile görünen kılcal çatlak, gaz boşluğu, çökme, ondülasyon başlamasının olup olmadığına bakılır.

Ray bağlantı elemanlarının görsel kontrolü

Eksik veya gevşek ray bağlantı elemanının olup olmadığına bakılır.

Hat geometrisinin görsel kontrolü

Hat geometrisinde yanal veya düşey bozulmaların olup olmadığına bakılır.

Hat yatağı ve drenaj sistemlerin görsel kontrolü

Hat yatağındaki sızıntıların olup olmadığına, tünel kesitinden ray üzerine gelen sızıntılara, hat kesitinde tali ve drenaj çukurlarında, mazgallarda tıkanma veya birikme olup olmadığına görsel olarak bakılır.

İzole Cebirelerin (Yalıtımlı ray bağlantı elemanlarının) görsel kontrolü

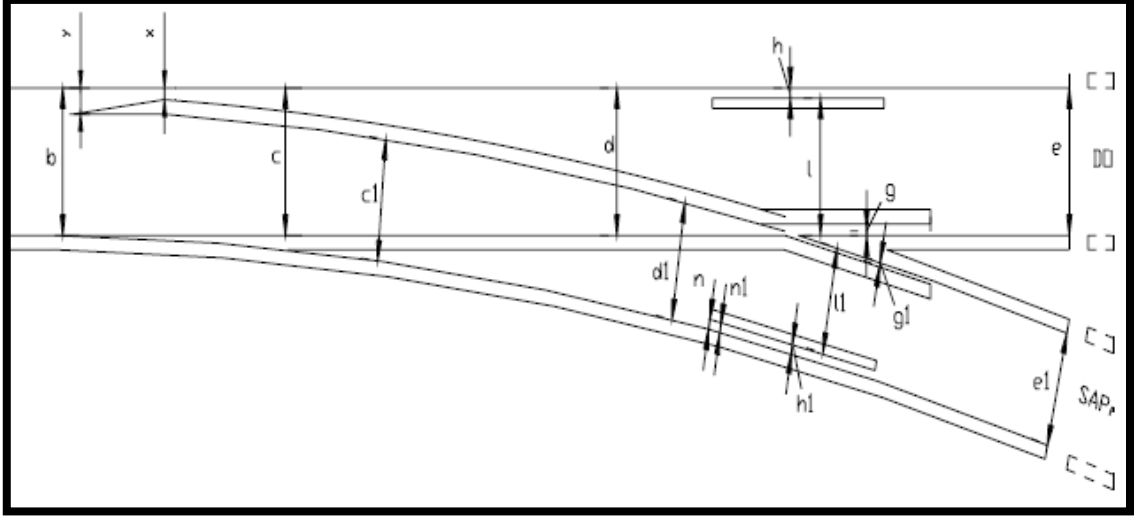
İzolecebişeler yalıtımlı ray bağlantı elemanlarıdır. Bunların asıl görevleri hat üzerinde bir ray ile diğşer rayı birbirinden izole ederek sinyal sisteminin istenildiğı şekilde çalışmasına imkan vermektir. Hattın belli bölgelerinde (özellikle makaslarda) bulunan yalıtımlı ray bağlantı elemanlarının metal tozu, yağ, toz ile kaplı olup olmadığının tespiti yapılır ve seyir rayı üzerindeki çapaklanmadan dolayı yalıtımın bozulup bozulmadığına bakılır.

1.3.1.3.Makas Görsel Kontrolü

Ray bağlantı elemanlarının ve tirfonların eksik veya kırık olup olmadığı, kayma yatakları bağlantı elemanlarının (kırlangıç demirlerinin) eksik, kırık veya yerinden çıkıp çıkmadı, kayma yataklarının yağ durumu, dil rayı ile kayma yatakları arasındaki mesafenin toleranslar dahilinde olup olmadığı, dil rayı ile yaslanma rayı arasındaki takozların eksik veya kırık olup olmadığı, takozlar ile dil rayı arasındaki boşluğun toleranslar dahilinde olup olmadığı, raylarda ve termit kaynaklarda çatlak, kırık vb. deformasyonların olup olmadığı, ray yüzeyindeki anormal aşınmalar, ondülasyonlar, karıncalanmalar, kabuklaşmaların mevcudiyeti, ray mantarına yağ bulaşmışımı, raylara su akıyormu, makas ökçesi (topuk) kısmının durumu, İzolecebişrelerde metal akması, ondülasyon ve gevşek vida olup olmadığı kontray seletlerinde kırık veya çatlak olup olmadığı, kontraya tekerlek temas izinin normal olup olmadığı, kontray yağ durumunun nasıl olduğu, kontray vidalarının eksik veya bozuk olup olmadığı, makas göbeğinin ve tavşan ayaklarının aşınma durumu ve metal parçalarının kopup kopmadığı, göbek bağlantı bulonlarının gevşek olup olmadığı, traverslerde çatlak ve hasar olup olmadığı, dil ucunda kırık olup olmadığı, dil rayında ve yaslanma rayında metal akmasının olup olmadığı, dil rayı yaslanma rayı arasındaki boşluğun toleranslar dahilinde olup olmadığı, dil ile kilitleme mekanizması bağlantılarının normal çalışıp çalışmadığı görsel olarak kontrol edilir.

1.3.1.4.Makas Boyutlarının Kontrolü

Makas boyutsal kontrolü “makas gabari ölçüm aleti” ile yapılır. Ölçüm aletiyle makasın belli noktalarındaki ölçümler alınır ve bunların standartlar dahilinde olması istenir. Göbek ve tavşan ayağındaki aşınma durumlarına kumpasla bakılır. Tolerans dışı ölçümler belirlenir ve bunlar kalıcı bakım yapılacak şekilde programlanır. Şekil 1.9’de makas üzerinde alınması gereken kritik ölçüm noktaları belirtilmiştir.



Şekil 1.9. Makas Boyutsal Kontrol Noktaları

1.3.1.5. Makas Yağlama

Makas yağlama işleminde, makas kayıcı yatakları temizlenerek gres ile yağlanır. Makas dil rayının hareket ettiği yataklara makas kayıcı yatakları denir. Makas kayıcı yatakları ile dil rayının temasının muntazam olması gerekir, temas düzgün değilse veya kayıcı yatak ile dil rayı tabanı arasındaki mesafe toleranslar dışında ise kayıcı yataklar altına şim takviyesi yapılarak düzgün temas sağlanır.

1.3.1.6. Bağlantı Elemanları Sıklığı Kontrolü

Bağlantı elemanlarının sıklık kontrolü hat işletmeye açıldıktan 1 yıl sonra yapılır. Yıllık bakım sonucunda elde edilen verilere göre değerlendirme yapılır ve bir sonraki bakım yılı kararlaştırılır. Bağlantı elemanlarının türlerine göre bunlar 5–6 yılda bir tekrarlanarak yapılır. Bağlantı elemanlarının sıklık kontrolü rastgele olarak seçilen birbirini takip eden 20 traversite yapılır. Düz hatlarda ve yarıçapı 400 m’den büyük olan kurplarda 200 m’lik bir kısımda, yarıçapı 400 m’den ve uzunluğu 25 m den küçük kurplarda 20 m’lik bir kısımda, yarıçapı 400 m’den küçük ve uzunluğu 25–50 m arasında olan kurplarda 40 m’lik kesimde, yarıçapı 400 m’den küçük uzunluğu 50 m’den fazla olan kurplarda 50 m’lik bir kısım kontrol edilir. Bağlantı elemanları sıklığı

toleranslar dahilinde değil ise hemen müdahale edilebileceği gibi kalıcı bakım kapsamında da müdahale edilebilir.

Bağlantı elemanlarının sıklık kontrolü ile birlikte ray altı seletlerine de bakılır. Deforme olan veya eksik olan ray altı seletleri varsa tespit edilir. Bağlantı elemanlarını sıkma işlemi anahtar vasıtaıyla yapılabileceği gibi trifonözle yapmak en uygun yöntemdir (Şekil 1.10). Bu makine sıkma işlemi yapılırken kaç tork'a kadar sıkılacaksa belirlenir ve o şekilde sıkma işlemi yapılır.



Şekil 1.10. Trifonaj (Trifonöz) Makinesi

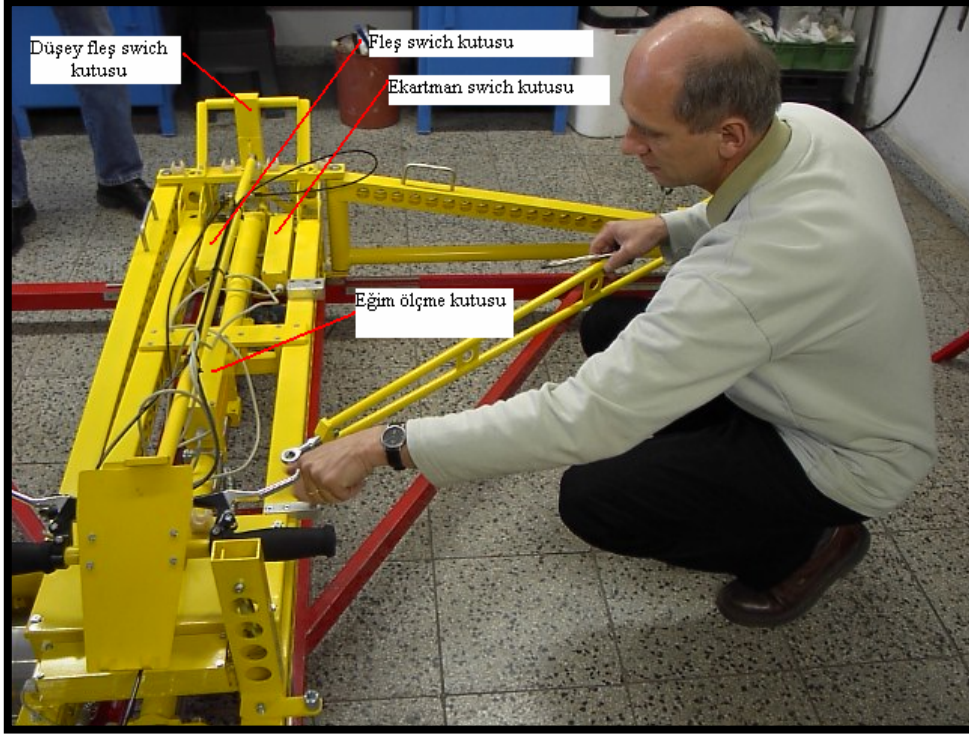
1.3.1.7.Hat Geometrisi Kontrolü

Hat geometrisi kontrolünde; ray aşınmaları, ekartman, yatay nivelman (yatay fleş), düşey nivelman (düşey fleş), dever gibi geometrik değerlere bakılır. Basit manuel aletlerle geometrik kontrol yapılacağı gibi, ray üstünde hareket eden araçlarla da hat geometrisi dijital kayıtlar alınmak suretiyle de kontrol edilebilir. Özellikle kentiçi raylı sistemlerde bakımı kolaylaştıran ve zaman kazandıran, hassas ölçümleri ile hataları tespit edebilen, bakımı kolay olan hat geometrisi ölçüm araçlarının kullanılması gerekir. Şekil 1.11’de görülen hat geometrisi ölçüm cihazına, aynı şekil üzerinde görülen el bilgisayarı bağlanarak hattın tüm geometrik değerleri kayıt altına alınır. Araç üzerindeki 3 küçük kutuda bulunan proplar ekartman, fleş ve düşey fleşi ölçerken ortadaki kutu ise

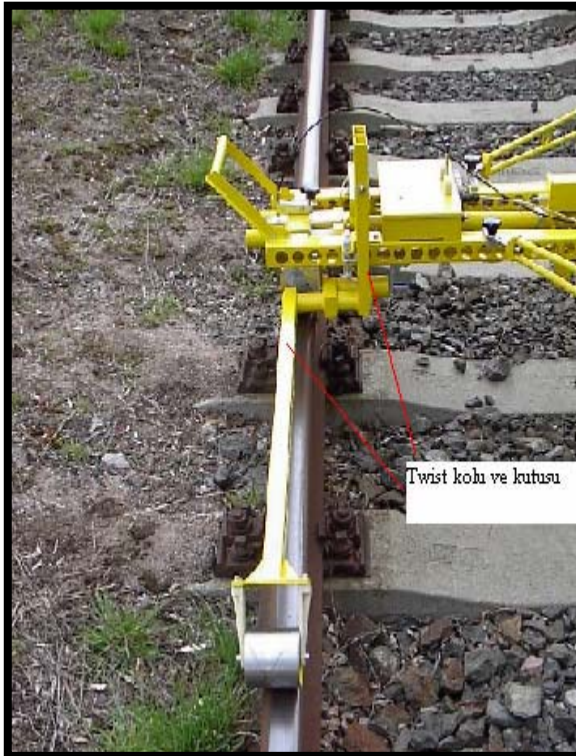
eğimi ölçer ( ekil 1.12). Sol tarafa sonradan eklenen tekerli kol ise burulmayı ölçer ( ekil 1.13).  l  m aracı ekartman, metredeki ekartman değişimi, dever, dinamik dever, sağ ve sol ray düşey fleş, sağ ve sol ray yatay fleş, burulma gibi geometrik değerleri ölçebilmektedir. Araç  zerine yerleştirilen el bilgisayarındaki tüm veriler bilgisayara aktararak ve analiz programı vasıtasıyla tüm geometrik değerleri grafik üzerinde ve sayısal olarak görme imkanı vardır. Analiz yaparken kendi ülke standardına göre analiz yapılabilceği gibi, Avrupa Standartlarına göre de analiz yapma imkanı verir.



Şekil 1.11. Hat Geometrisi  l  m Cihazı ve El Bilgisayarı

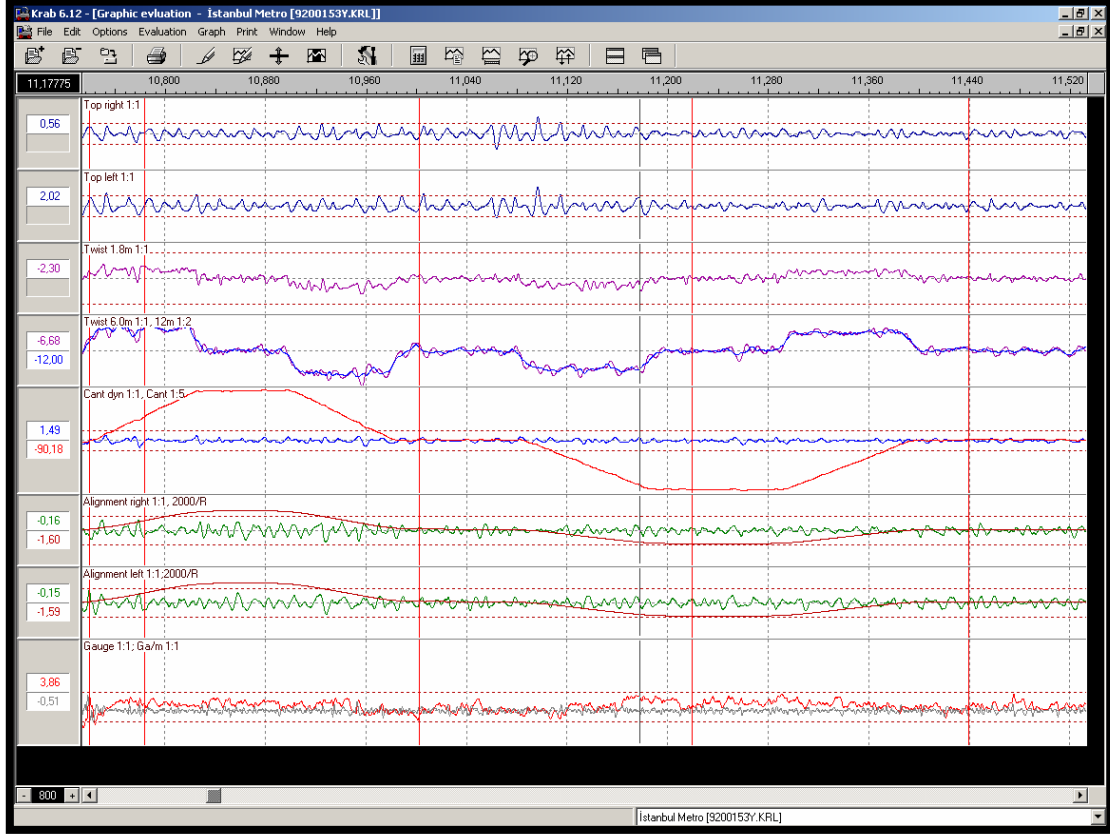


Şekil 1.12. Ölçüm Cihazı Üzerinde Bulunan Ölçüm Kutuları



Şekil 1.13. Burulma Ölçme Kolu

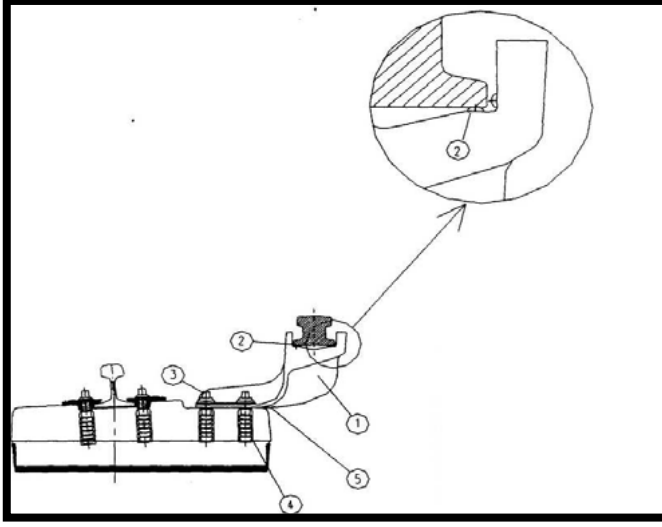
Şekil 1.14’da hat geometrisi ölçümü yapılmış bir hattın grafik değerleri görülmektedir. Ölçüm sonucu tolerans dışı olan değerler kalıcı bakım kapsamında programa alınarak gerekli düzeltmeler yapılır ve düzeltmelerden sonra tekrar ölçüm yapılır. Hat geometrisi kontrolü yılda en az bir kez yapılır.



Şekil 1.14. Hat Geometrisi Ölçüm Cihazı Grafik Verileri

1.3.1.8. 3.Ray İzolatör ve Ankraj Kontrolü

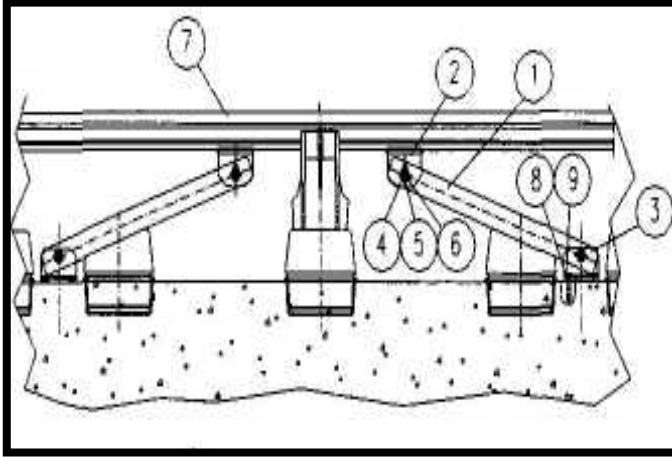
İzolatör tork kontrolü bakımı 3.Ray ile alakalı bir bakımdır. İzolatörler her 5 traverste bir bulunur ve bunlar ankraj çubukları ile birlikte 3.rayı taşır. Şekil 1.15’de izolatör örneği görülmektedir. İzolatörde kırık, çatlak veya başka kusurlar mevcut ise ilgili izolatör bir hafta içinde değiştirilmelidir. İzolatör üstünde bulunan kaygan plastik ray eksik veya kırık ise ilgili izolatör bir hafta içerisinde değiştirilir. Eksik, gevşek veya hasarlı plastirail vidalar kontrol edilir ve eksiklik veya hasar en kısa zamanda programa alınır. İzolatör altındaki elastomer pedin mevcudiyetine ve konumuna bakılır ve gerekli ise uygun konuma ayarlanır.



No	Adet	Adı
1	4	Plastik Dübel
2	4	Nabla Obal
3	4	Nabla Bıçağı
4	2	Oluklu Ray Altı Pedi
5	4	Tirfon

Şekil 1.15. Beton Travers Üzerindeki İzolatör Takımı

Ankraj izolatör profili göz ile kontrol edilir ve profil kırık veya eğri ise bir hafta içerisinde değiştirilir. Üst ve alt destekler göz ile kontrol edilir, kanatların kaynaklarına ve civatalarına bakılır ve eksik civatalar varsa bir hafta içerisinde tamamlanır. Beton tespit vidalarına bakılır ve eksiklik varsa bir hafta içerisinde tamamlanır. Şekil 1.16'de ankraj örneği görülmektedir.

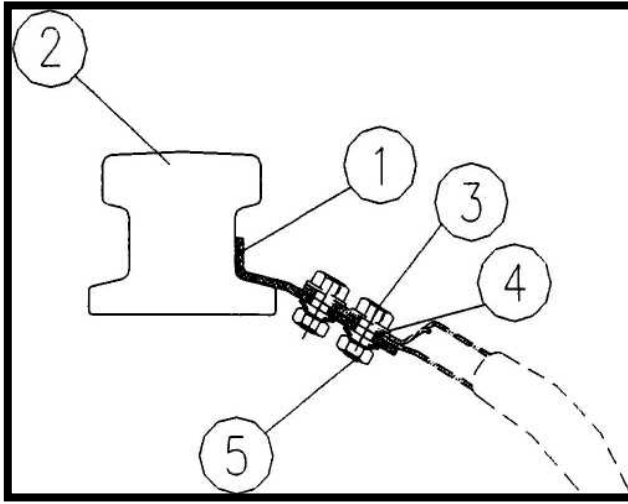


No	Adet	Adı
1	2	Ankraj İzolatörü
2	2	Üst Destek
3	2	Alt Destek
4	4	Somun
5	4	Pul-Rondela
6	4	Vida
7	2	3. Ray
8	8	Vida
9	8	Pul-Rondela

Şekil 1.16. 3.Ray Ankraj Takımı

1.3.1.9 3.Ray Besleme Bağlantısı Kontrolü

Bakır levha ile 3.ray arasındaki kaynakların hasarlı olup olmadığı görsel olarak kontrol edilir. Bakır levhalardan birinin kaynağının olmaması durumunda bir hafta içerisinde levha 3.raya kaynatılır. İki adet bakır levhanın kaynağı düşmüşse hemen veya bir sonraki gün levhalar kaynatılmalıdır.



No	Adet	Adı
1	1	Bakır Levha
2	1	3. Ray
3	2	Somun
4	2	Vida
5	2	Pul-Rondela

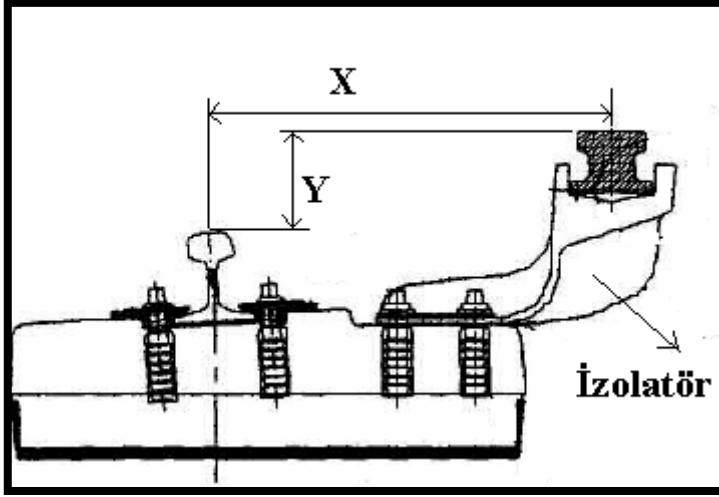
Şekil 1.17. 3.Ray Besleme Bağlantısı Takımı ve 3.Raya Montajı

750 Volt DC Kablolarını bakır levhaya bağlayan vida ve somunların eksik ve hasarlı olmadığını tespitini yapılır. Hasarlı ise hemen değiştirilir ve vidalar 40 Nm tork değeri ile sıkılır.

750 Volt DC Kabloların hasarlı olup olmadığını kontrol edilir ve hasarlı ise ilgili birim ile koordineli olarak çalışma yapılır. Şekil 1.17’de güç besleme bağlantısı şekli görülmektedir.

1.3.1.10 3.Ray Pozisyon ve Aşınma Kontrolü

3.rayın taşıyıcı raya olan yatay (x) ve düşey (y) mesafeleri(Şekil 3.10), 3.ray pozisyon kontrol aleti ile ölçülür. Ölçüm her 50mt.'de bir yapılır ve tolerans dışı olan noktalar bakım programına alınır.

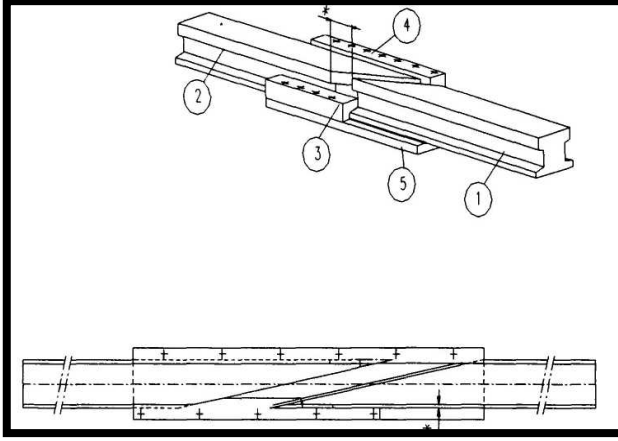


Şekil 1.18. 3.Ray Pozisyonu

3.Rayın aşınması düşey olarak kumpasla her 50mt.'de bir ve hassas noktalarda (sulu olan, ark oluşan yerler) kontrol edilir. Aşınma değeri maksimum aşınma değerini geçerse 3.rayda gerekli olan noktada kaynak yapılır veya duruma göre değiştirilir.

1.3.1.11. 3.Ray Genleşme Derzi Boşluk Kontrolü Ve Yağlama

İki 3.ray arasındaki boşluğun yüzeylerinin temizliğine ve genleşme eklerinin çalışmasına engel teşkil eden herhangi bir yabancı cismin olup olmadığı görsel olarak kontrol edilir. Yabancı cisimler varsa temizlenir ve solvent ve benzeri maddelerle genleşme ek yerleri temizlenerek greslenir. Cebire lamalarının 3.rayları doğru şekilde yönlendirip yönlendirmediği görsel olarak kontrol edilir. Genleşme derzleri uçları arasında yükseklik farkına bakılır şayet iki uç arasında kot farkı varsa taşlama yapılarak düzeltilir. Genleşme derzleri arasındaki boşluk kontrol edilir ve maksimum 300 mm'de olmasına dikkat edilir. Şekil 1.19'de 3.ray genleşme derzi takımı görülmektedir.



No	Adet	Adı
1	1	3. Ray
2	1	3. Ray
3	1	Cebire Laması
4	1	Cebire Laması
5	1	Destek

Şekil 1.19. 3.Ray Genleşme Derzi Takımı

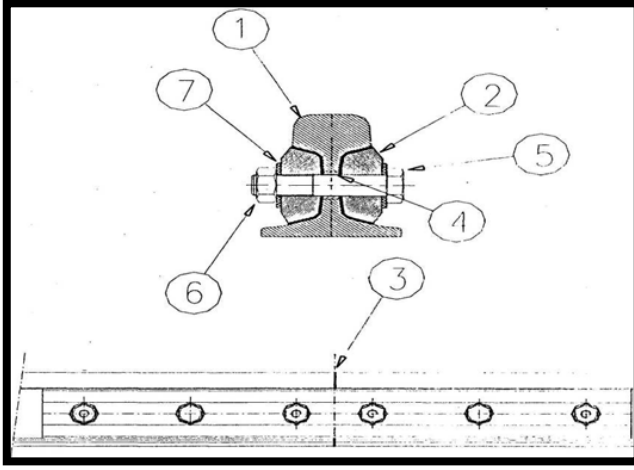
1.3.1.12. Durdurucu Tampon Bakımı

Durdurucu tampon sürtünme elemanları ve ilave geciktiricilerden oluşur. Sürtünme elemanları tamponun gövde kısmındadır ve bunlar raya bağlanmıştır. İlave geciktiriciler ise tampon gövdesinin arka kısmında bulunan zik zag şeklinde monte edilmiş yay düzeneğinden oluşur. Bakım yapılacağı esnada sürtünme elemanları ve geciktirici düzeneğin raya monte edilen tüm kısımları sökülmelidir. Tamponun monte edildiği ray kısmı, sökme işleminden sonra temizlenmeli ve tampondan sökülen vidalar ve sürtünmeyi sağlayan düzenekler temizlendikten sonra raya tekrar monte edilmelidir.

Durdurucu tamponun ön kısmındaki kauçuğun hasar durumu görsel olarak kontrol edilmeli, hasar varsa yenisiyle değiştirilmelidir.

1.3.1.13. İzole Cebire Kontrolü

İzole cebireler yalıtımlı ray bağlantılarıdır. Bulonlar, somunlar, izoleli conta ve ray ek yerleri gibi bağlantı elemanları görsel olarak kontrol edilir. İzole cebirenin üstünde izoleli contanın erimesi sonucu ray birleşim yerinin birleşmesi, metal tozlarının toplanması yağlarının fazla olması akımın geçmesine ve sinyalin düşmesine neden olduğu için ray üstünü taşıyarak ve ray akması oluşan yeri kılcal testere ile az keserek ray metalinin yapışması önlenmelidir. İzole cebirenin direnci yılda en az bir kere ölçülmelidir, şayet direnç 1000 ohm'dan fazla ise izole cebire normal, düşük ise program kapsamında izole cebire değiştirilmelidir.



No	Adı
1	Ray
2	Cebire
3	İzoleli Conta
4	İzoleli Ray Eki
5	Bulon
6	Somun
7	Pul-Rondela

Şekil 1.20. İzolecebire (Yalıtılmış Ray Bağlantı Elemanı) Takımı

1.3.1.14. Ray Taşlama

Koruyucu taşlama muhtemel kırılma sorunlarını önlemek ve daima sorunsuz bir hat işletmek için gerekli bir çalışmadır. Ray mantarı üzerinde dingil yüklerinden dolayı ray üzerindeki ince bir tabakada malzeme bozulması ve mekanik özelliğinin zayıflaması görülür. Bu olaya ray yorulması denir. Yorulmaya maruz kalan ray az ama sık sık yapılan koruyucu taşlama ile ortalama 0.3mm taşlanarak temizlenir.(Guidat, 1996) Yorulma belirtilerinin ölçülmesi ile yapılan taşlama planlaması pratik olmadığı için

taşılama periyodik olarak yapılmalıdır. Kentiçi raylı sistemlerde en az 2 yılda bir koruyucu taşılama yapılmalıdır.

Yeni açılan tüm hatlarda rayın taşınması esnasında veya üretimden kaynaklanan ray hatalarını ve ray döşenmesi esnasında çarpan balast tanelerinin kusurlarını temizlemek için mutlaka koruyucu taşılama yapılmalıdır.

1.3.2. Düzeltici Bakım

Düzeltici bakım işleri, kalıcı ve geçici bakım kapsamında yer alan işlemleri içermektedir ve koruyucu bakım kapsamında yapılan görsel kontroller veya raydan çıkma gibi beklenmedik kazalar sonucu oluşan hasarları ve komponent değiştirilmelerini içermektedir. Düzeltici bakım kapsamında aşağıdaki bakımlar yapılır.

- Ray bağlantı elemanlarının değiştirilmesi
- Ray kusurlarının tamiri
- Ray değiştirme
- Travers değiştirme
- Hat geometrisinin düzeltilmesi
- İzolecebişrelerin değiştirilmesi
- Buraj
- Balast eleme
- Dolgu kaynağı ve ısıt işlemler uygulamaları
- Makas dil takımı ve göbek değiştirilmesi
- Ray taşılama
- 3.Ray Bakım İşleri

1.3.2.1 Ray Bağlantı Elemanlarının Değiştirilmesi

Bağlantı elemanı ray ile traversi birbirine bağlayan elastik veya rijit malzemelerdir. Bağlantı elemanlarının iyi ve çalışır durumda olması üstyapı geometrisinin kalitesini göstermektedir. Kalitesiz ve bakımı yapılmayan bağlantı elemanlarının bulunduğu bir üstyapıda diğer bakımların düzenli bir şekilde yapılması yolun kalitesini hiçbir zaman arttırmaz.

Ahşap traverslerde ray bağlantı elemanı kusuru olarak tirfonların laçkalaşması görülmektedir. Laçkalaşma sebepleri ise; yapım aşamasında tirfonların yeterince sıkılmaması, ray altı seletlerin ezilmesi veya yerinden oynaması, çelik seletlerin zamanla üzerinde geçen yüke bağlı olarak traverse gömülmesi, tirfon deliklerinin bozulması, tirfonların zamanla paslanıp mukavemetini kaybetmesi ve pul veya rondelaların kırılmasından kaynaklanmaktadır. Rayın ahşap traverse oturduğu bölgede traverse herhangi bir bozulma olmamış veya tirfon deliğinde laçkalaşma olmamışsa, tahrip olan seletler değiştirildikten sonra tirfonlar sıkılarak arızalar giderilir. Ahşap traverslerde tirfon dönmeye karşı mukavemet göstermiyor ve devamlı dönüyor ise traversedeki tirfon deliği laçkalaşmıştır. Bu durumda deliğe kama çakılarak yeniden sıkma işlemi yapılır. Şayet birden fazla tirfon deliği bozulmuşsa, bu durumda travers delikler özel burgu uçları ile temizlenmeli, isfine çakılarak tıkanmalı ve isfine üzerine yeniden delik açılarak tirfonlar sıkılmalıdır.

Beton traverslerde travers üzerindeki dübellerin hasarlı olması veya dübellerin dişlerinin görevini yerine getirememesi ve tirfon dişlerinin hasar görmesi sonucu tirfonun işlevini yerine getirememesinden kaynaklanan bağlantı elemanı arızaları görülmektedir. Dübelde problem olmaması durumunda, arıza tirfonun değiştirilmesi ile giderilebilir. Dübel hasarlı ise; hasarlı olan dübel, şekil 1.21’de gösterilen dübel delme makinesi kullanılarak yenisi ile değiştirilir. Dübel değiştirildikten sonra tirfon takılıp minimum tork değerinde sıkılır.



Şekil 1.21. Dübel Delme Makinesi

Bağlantı elemanlarının işlevlerini yerine getirmesi üstyapı açısından çok önemlidir. Bağlantı elemanlarında laçkalaşma olması üstyapıda; ray altı seletlerinin gevşek durmasına ve zamanla travers üzerinden kaymasına , teker ray etkileşimi sonucu tekerden ray vasıtasıyla travers üzerine gelen yükün düzgün yayılı yük şeklinde dağılmamasına ve dolayısıyla traverslerde ezilme ve çatlaklara, ray sabitlenmediğinden dolayı yanal hareketler artar ve dolayısıyla tıfronlarda kırılmalar ve eğilmelerin olmasına, tırfon deliklerinin laçkalaşmasına, ekartman ayarının bozulmasına, raylarda boyuna doğru yürümelere, dresajda bozulmalara, üstyapı malzemelerinin kısa sürede bozulmasına ve yapılan diğer bakımların ömrünün kısa olmasına neden olabilir.

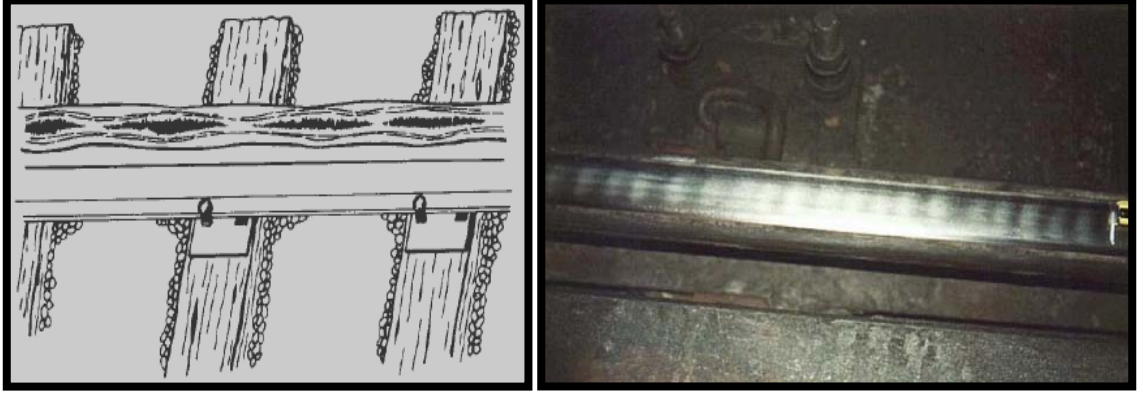
1.3.2.2. Ray Kusurlarının Tamiri

Ray kusurlarını ray mantarında, gövdesinde ve taban kısmında oluşan kusurlar şeklinde ayırmak mümkündür. Ray kusurları ray üretiminden kaynaklanan ve rayın yorulmasına sebep olan iç boşluklar şeklinde olabileceği gibi, işletme altında çalışan rayların zamanla mekanik yapılarının değişmesinden de kaynaklanmaktadır. Bazı ray kusurlarına bakım aşamasında müdahale edilip düzeltileceği gibi, özellikle rayın üretiminden kaynaklanan kusurlarda düzeltme yapılamaz. Bu durumlarda ilgili ray değiştirilmek zorundadır.

Ray mantarı üzerindeki karıncalanmalar, tünel ortamlarında tünelden gelen su sızıntılarının ray üzerine damlamasından oluşur. Açık havalarda oluşan karıncalanmalar

ise özellikle işletmede olmayan raylar üzerinde yağmur gibi etkenlerden meydana gelir. Karıncalanmaların önlenmesi için tünel ortamında ray üzerine gelen su sızıntılarını kesmek veya ray üzerine gelmesini engellemektir. Karıncalanma meydana gelen raylar taşlanarak karıncalanmalar giderilir.

Ondülasyon ray üzerinde (mantar kısmında) periyodik biçimde oluşan düzlemsel bozukluklardır (Şekil 1.22).



Şekil 1.22. Raylar Üzerinde Oluşan Ondülasyon Bozuklukları

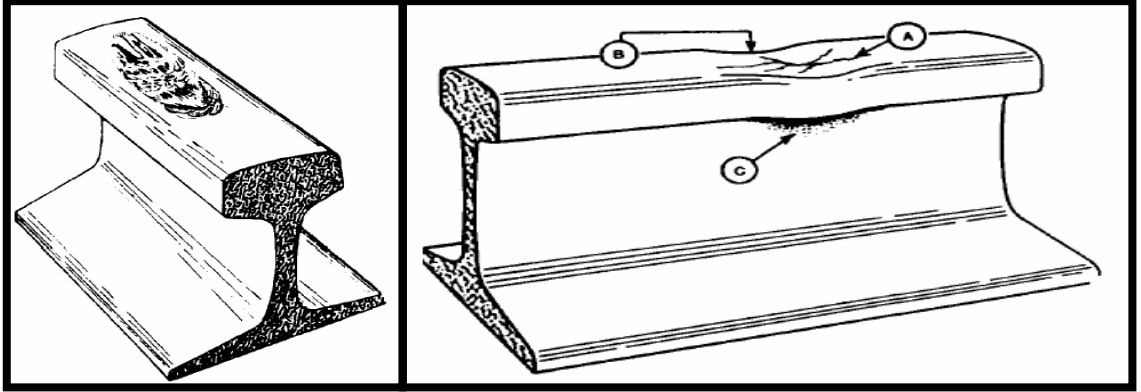
Ondülasyonlar dalga boylarına göre değişik şekillerde oluşmaktadır. UIC (Uluslararası Demiryolları Birliği) tarafından hazırlanan ray hatları katalogunda, dalgalı aşınmalar 3-8 cm boylarındaki kısa dalgalar (2201 No'lu hata) ve 8-30 cm boyundaki uzun dalgalar (2202 No'lu hata) olarak sınıflandırılmıştır. Alias, rayların dalgalı aşınmasını, dış görünüşlerine ve oluşum biçimlerine göre 3 farklı sınıfta incelemekte ve 3 ile 8 cm uzunluğundaki kısa dalgalı aşınmalar, 15-30 cm uzunluğundaki orta dalgalı aşınmalar ve 50-200 cm uzunluğundaki uzun dalgalı aşınmalar diye sınıflandırmaktadır. Stuart Grassie, dalga boyuna göre sınıflandırmaların demiryolu mühendislerine çoğu zaman yararlı olmadığını, onlar için aşınmanın ortadan kaldırılması yada en azından azaltılması için ne yapılması gerektiğinin önemli olduğunu belirterek, bu aşınmaları oluşum mekanizmalarına göre sınıflandırmaktadır. Grassie tarafından önerilen sınıflandırmaya göre 6 değişik dalgalı aşınma tipi söz konusu olur:

- Ağır yük,
- Hafif yük,
- Yuvarlanma kontak yorulması,
- Çizmeli travers,
- İz,

- Uğuldayan raylar.

Dalgalı aşınmanın olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için en iyi çözüm, rayların taşlanması ve ray mantarı profilinin düzeltilmesidir (Erel, 1996).

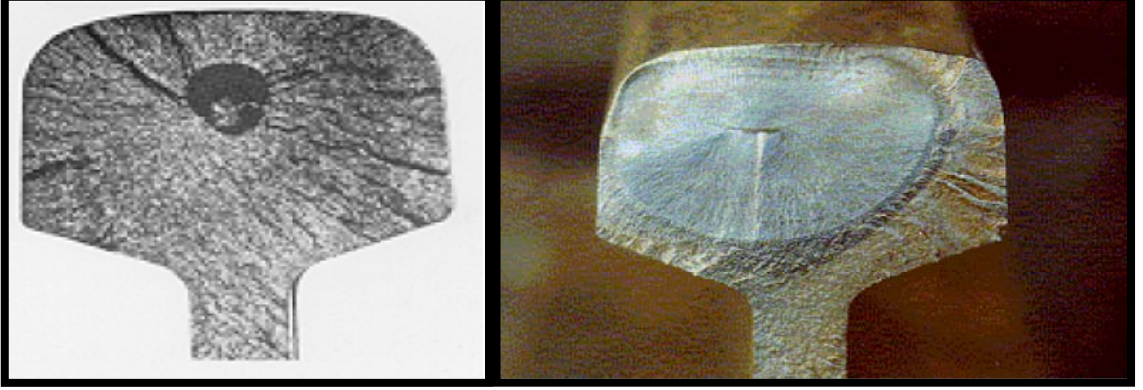
Ray mantarı ve kaynaklardaki eziklikler; ray mantarındaki eziklikler aracın patinaj veya apleti yapması sonucu oluşan kusurdur (Şekil 1.23). Bu kusurlar rayın taşlanması ile giderilebilir. Ray kaynaklarındaki eziklikler ise kaynakların doğru bir şekilde yapılmamasından ve yanlış kaynak porsiyonlarının kullanılmasından kaynaklanır (Şekil 1.23). Özellikle sert raya normal sertlikteki kaynak yapılması en büyük kusurlardan biridir. Bu durumda kaynak raya oranla daha fazla aşındığından dolayı, kaynak bölgelerinde çukurlaşma göze batmaktadır. Tren geçişlerinde sürekli olarak vuruntu olduğu için bu noktaya gelen noktasal yük daima fazla olur. Bu durum hattaki ondülasyonu arttırdığı gibi, raylarda kırılmalara da sebep olur. Böyle bir yanlış uygulamada, geçici olarak ısıtıl işlem yapılarak kaynak bölgesi yükseltileceği gibi, kaynak bölgesinin üst kısmının alınarak yerine rayla aynı sertliğe sahip dolgu kaynağı yapmak gerekir.



Şekil 1.23. Raylarda Patinaj Sonucu Oluşan Apletler ve Ray Kaynaklarındaki Düşüklükler

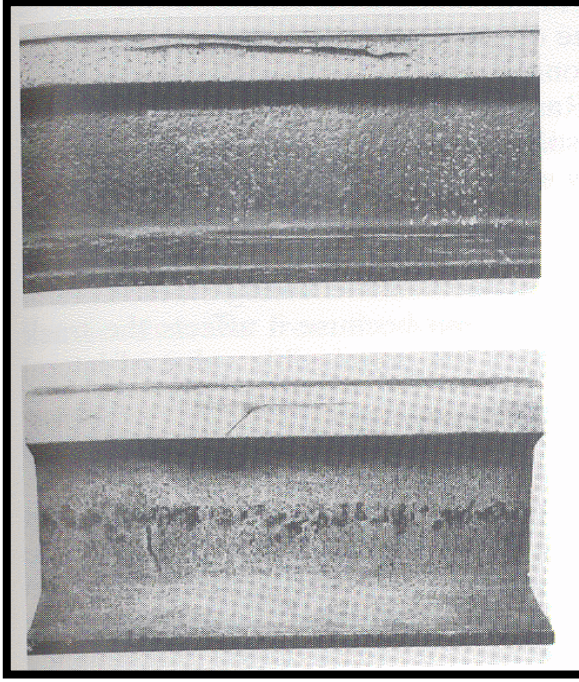
Ray mantarında oluşan oval boşluklar ray üretimi esnasında oluşan bir kusurdur.

Bu boşluk zamanla ray üzerine ulaşır ve rayın kırılmasına sebebiyet verir. Dikkat edilmemesi durumunda çok ciddi sıkıntılara sebep olur. bu hata ultrasonik cihazlarla görüldüğü gibi ray yüzeyine ulaştığında gözle de görülebilir (Şekil 1.24). Bu gibi durumlarda ilgili ray bölgesi kesilerek yeni ray döşenir



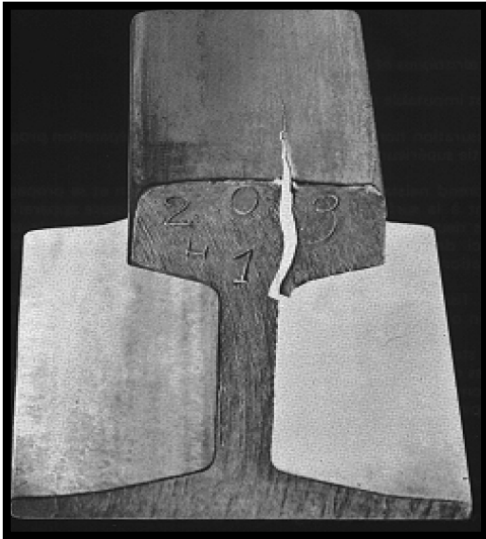
Şekil 1.24. Raylardaki Oval Boşluklar

Ray mantarında enine veya yatay çatlakların olması gibi hatalar üretim aşamasında olur (Şekil 1.25). Bu gibi durumlarda çatlaklar taş motoru ile açılarak rayın serliğine göre aynı sertlikte kaynak kullanılarak dolgu kaynağı yapılır. Yatay çatlaklar ray gövdesine kadar inmiş veya enine çatlaklar ray gövdesinde mevcut ise ilgili bölgeye kupon ray atılmak suretiyle raylar değiştirilir. Ana hat üzerine en az 6 m'lik kupon ray atılması gerekirken, makas bölgesi gibi çalışma alanının kısıtlı olduğu bölgelere kupon ray en az 3 mesnet noktasına (traverse) oturacak şekilde atılmalıdır. (yaklaşık 2m civarı).



Şekil 1.25. Raydaki Enine veya Yatay Çatlaklar

Boyuna düşey çatlaklarda; düşey çatlak ray mantarına ulaşarak rayı ikiye ayırır, (Şekil 1.26). Ray üretiminden kaynaklanır, ultrasonik aletle fark edilir. Bu hatalı raylar hemen kupon rayla (minimum 6 m raylarla) değiştirilmelidir.



Şekil 1.26. Raydaki Düşey Çatlaklar

Yuvarlanma temas yüzeyinin yorulması; rayın yuvarlanma yüzeyinin derece derece ayrışmasıdır (Şekil 1.27). Nedeni trafik yükü altında malzemenin yorulmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle kentiçi raylı sistemlerde makas bölgelerinde görülmektedir. Bakım kontrollerinde gözlem altında tutularak program dahilinde ray değiştirilir.



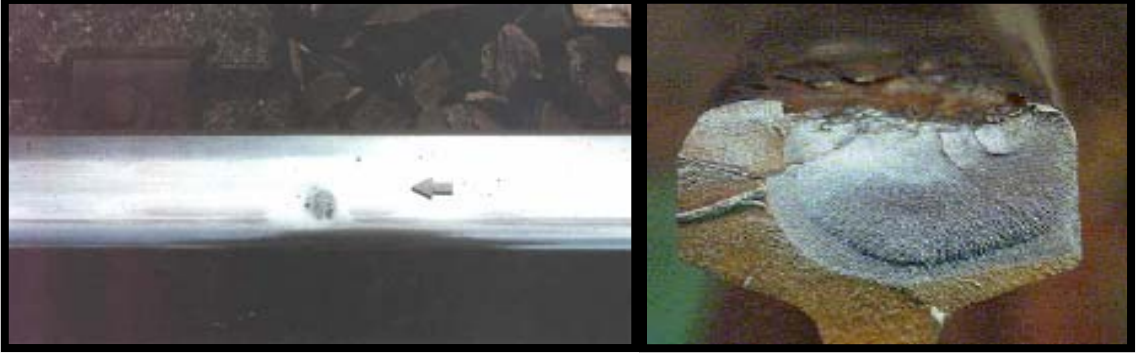
Şekil 1.27. Ray Yuvarlanma Temas Yüzeyinin Yorulması

Raylarda kabuklanma genellikle kurplardaki dış raylarda meydana gelir ve bunlar ray mantarının iç kısmının köşesinde ilk zamanlarda dağınık halde uzun koyu noktalar belirir. Bu noktalar metalin ayrışmasının ilk belirtileridir. Daha sonra mantar yan yüzeyinde açılmalar ve çatlaklar oluşarak kendini göstermeye başlar (Şekil 1.28). Bu hatalar ultrasonik cihazlar ve görsel kontroller sonucu fark edilebilir.



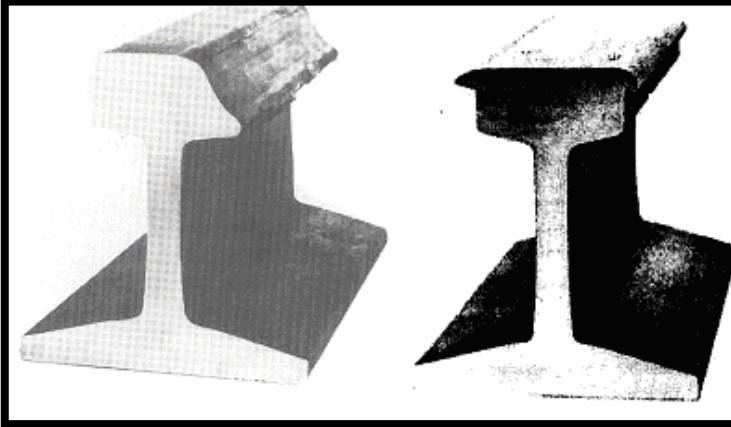
Şekil 1.28. Raylarda Kabuklanmalar

Ray mantarında da tabakalaşmalar görülmektedir. Özellikle teker yuvarlanma yüzeyinin ray mantarına temas ettiği yüzeylerde rayda kabuklanmalara neden olup ray mantarında siyah benekler şeklinde kendini gösterir (Şekil 1.29). Ray mantarındaki tabakalaşmalar raylarda enine çatlakların oluşmasına neden olurlar.



Şekil 1.29. Ray Mantarındaki Kabuklanmalar

Rayın yanal ve düşey aşınmaları özellikler yarıçapı küçük olan kurplarda ve korozyona uğrayan kesimlerde ölçülür (Şekil 1.30). Rayın düşey ve yanal aşınması bir sürmeli kumpas vasıtasıyla ölçülebileceği gibi özel ray aşınma ölçüm cihazlarıyla da ölçülebilir (Şekil 1.31). S49 raylar için rayın maksimum düşey aşınması 14 mm'nin, maksimum yanal aşınması 10 mm'nin altında olmalıdır. Rayın maksimum toplam aşınması ise düşey aşınma + 1/2 ray mantarı yanal aşınması civarı kadar, yani 20 mm'nin altında olması gerekir (Alstom, 2002). Aşınma durumu maksimuma ulaşan raylar derhal değiştirilmelidir.



Şekil 1.30. Yanal ve Düşey Aşınmış Ray



Şekil 1.31. Ray Aşınma Ölçüm Aleti

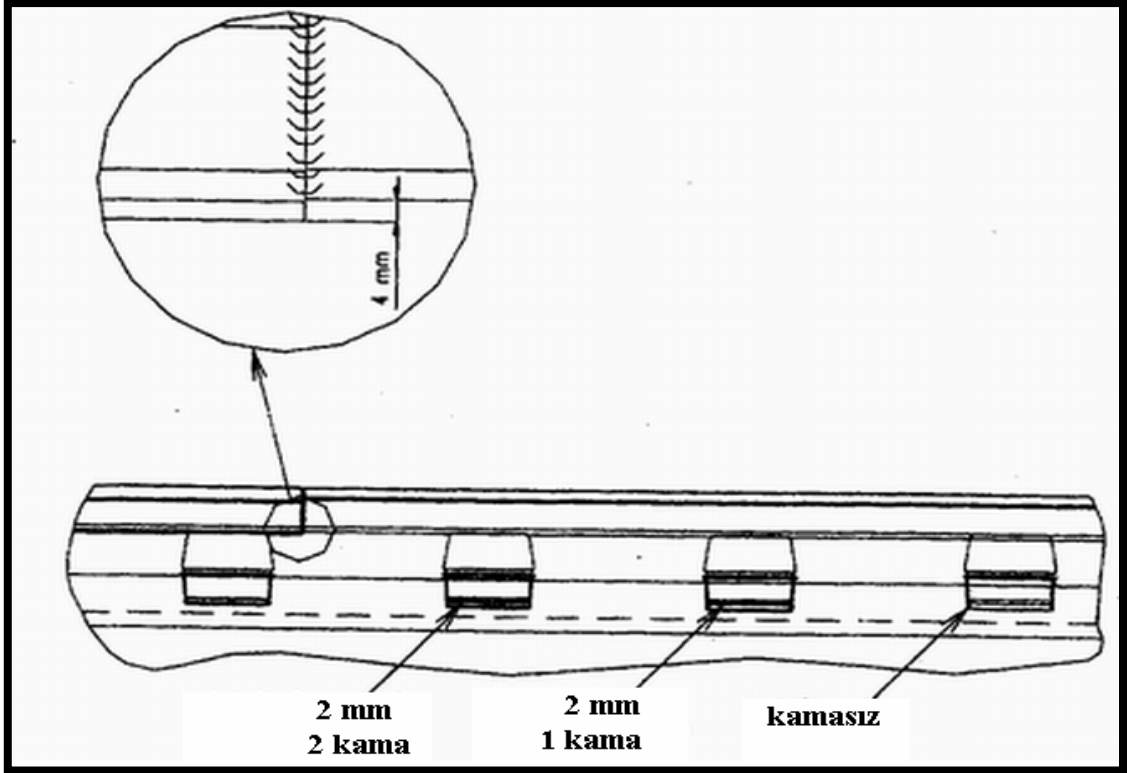
Rayların korozyona uğraması özellikle ıslak kesimlerde olur. Korozyona uğrayan rayların özellikle taban kesimlerinde küçülme görülür. Taban kesitleri küçülen raylar değiştirilerek sorun giderilebilir.

1.3.2.3 Ray Değiştirme

Ray mantarında yatay veya yanal çatlakların derine inmesi, yanal ve düşey aşınmaların maksimuma ulaşması, hatalı kaynak yapılması, kaynak bölgelerinde 5 mm'nin üstünde düşüklüklerin olması, raylarda kabuklanma oluşmuş veya raylar korozyona maruz kalmış ise raylar değiştirilmelidir.

Ray değiştirme işlemi şu şekilde gerçekleşir. Öncelikle yeni ray çalışma alanına getirilir. Kusurlu olan ray, ray kesme makinesi ile kesilir ve bağlantı elemanları çıkarılarak kusurlu olan ray calaskar veya ray maşaları vasıtasıyla tutularak hattan alınır. Çalışma bölgesine getirilen yeni ray hatta konulmadan önce kaynak paylarını da dikkate alacak şekilde ölçülür ve doğru bir şekilde ray kesme makinesi ile kesimi yapılarak calaskar veya ray maşaları vasıtasıyla tutularak hatta yerleştirilir. Yeni ray ile eski rayın kesiştiği noktalarda düşey ve yanal aşınmalarına bakılır. Yeni ve eski rayın birleşme noktalarındaki düşey aşınma farkı 2 mm'den fazla ise öncelikle düşey nivelmanlarının düzeltilmesi gerekir. Bu yükseklik farkının giderilmesi için balastlı

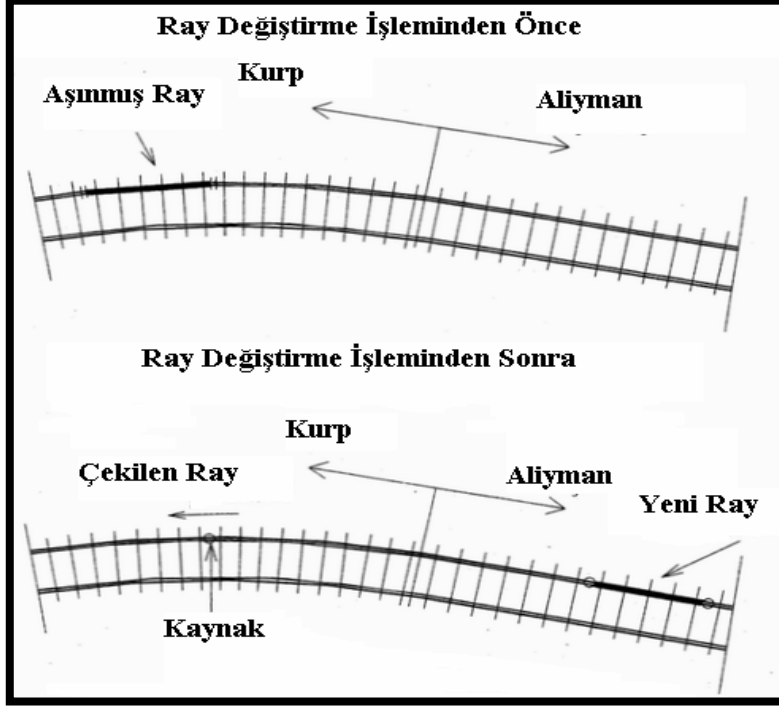
üstyapılarda travers kaldırılıp rayların kot farkı kadar yükseklikte travers altı besleneceği gibi, daha önceden kullanılmış ve düşey aşınması hat üzerindeki rayın düşey aşınmasına eşit olan raylarda kullanılabilir. Betona gömülü traverslerin alt bölümü ile elastik ped arasına travers ölçülerine uygun 2 mm kalınlığında paslanmaz çelik levhalar bırakılır. Şekil 1.32’de 4 mm düşey kot (nivelman) farkı bulunan rayın değiştirilmesi esnasında travers altına bırakılacak çelik levhaların ölçüleri görülmektedir.



Şekil 1.32. Düşey Nivelmanı Düzelmek İçin Travers Altına Paslanmaz Çelik Levha Yerleştirilmesi

Eski ray ile yeni rayın birleşme noktalarında yanıl aşınma farkı varsa bunlar mümkün olduğunca birbirine kaynaklanmayacaktır. Yanıl aşınma özellikle kurp bölgelerinde dış raylarda meydana gelmektedir. Bir kurpun dış rayının tamamının değiştirilmesi durumunda alıymana yakın yanıl aşınmanın az olduğu bölgelerde rayın her iki ucunda ray kesme makinesi ile kesim yapılarak ilgili bölgeye, kurpun fleşine göre yeni rayda bükme yapılarak hatta monte edilir. Kurpun içinde dış rayın bir parçası değiştirilecekse kusurlu olan ray, ray kesme makinesi ile kesilerek çıkartılır ve yeni ray

ile aynı yanal aşınmaya yakın düz hat kesimindeki ray, ray kesme makinesi ile kesilerek kurp bölgesinde çıkartılan ray kesimine doğru çekilir. Dolayısıyla kurp bölgesinde aynı yanal aşınmaya sahip raylar birbiri ile kaynaklanır ve yeni ray ise düz yol kesimine yerleştirilerek ray kaynakları yapılır (Şekil 1.33).

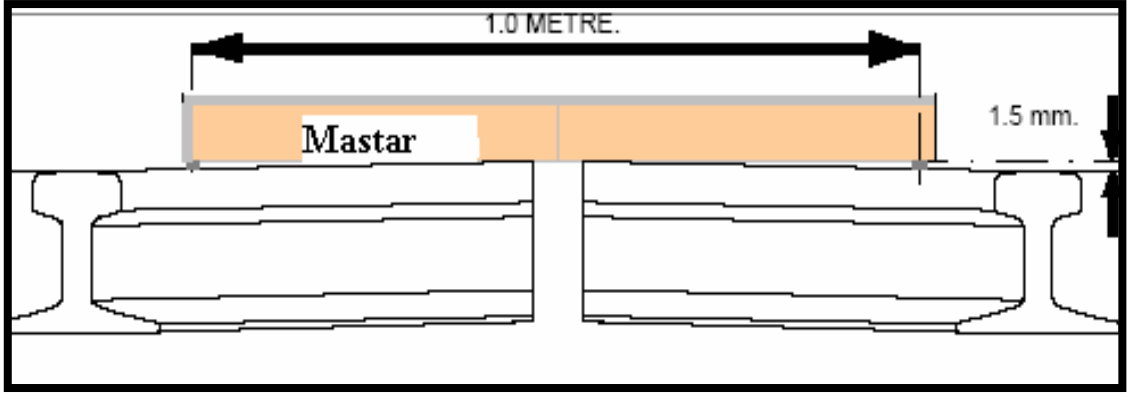


Şekil 1.33: Farklı Yanal Aşınmalara Sahip Rayların Değiştirilmesi

Yeni raylar hatta yerleştirildikten sonra düşey nivelmanları ayarlanarak termit kaynak yapılır.

Termit Kaynak

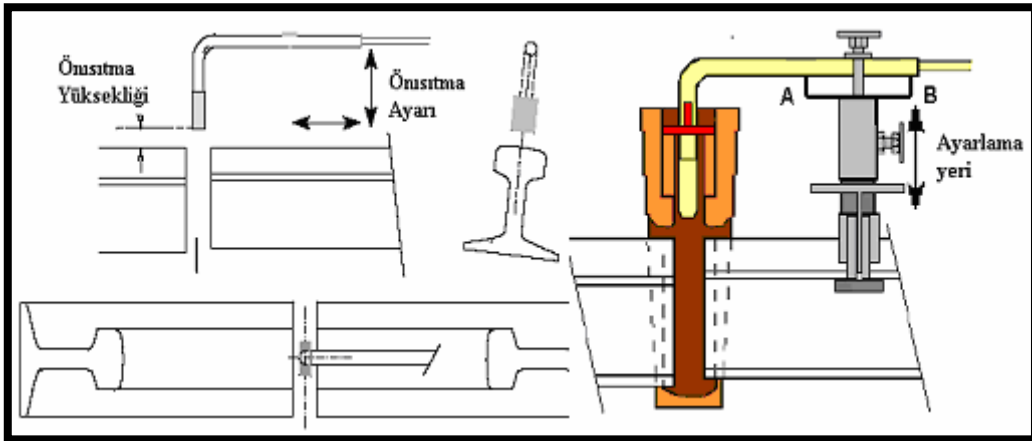
Raylar düşey nivelmana getirildikten sonra 1 m'lik master vasıtasıyla ray kafaları kullanılacak porsiyona göre dökülen termitin soğuması sırasında rayda oluşacak çökmeyi karşılayacak şekilde belli bir yüksekliğe kaldırılır (Şekil 1.34) ve rayın taban ve yan yüzeylerine masterla bakılarak teraziye getirilir (Şekil 1.35)



Şekil 1.34: Ray Kafalarının Kaldırılıp Mastara Getirilmesi



Şekil 1.35. Ray Yan Yüzeyinin ve Tabanının Mastara Getirilmesi



Şekil 1.36: Kalıp Tutma Aparatının Ayarlanması ve Raya Sabitlenmesi

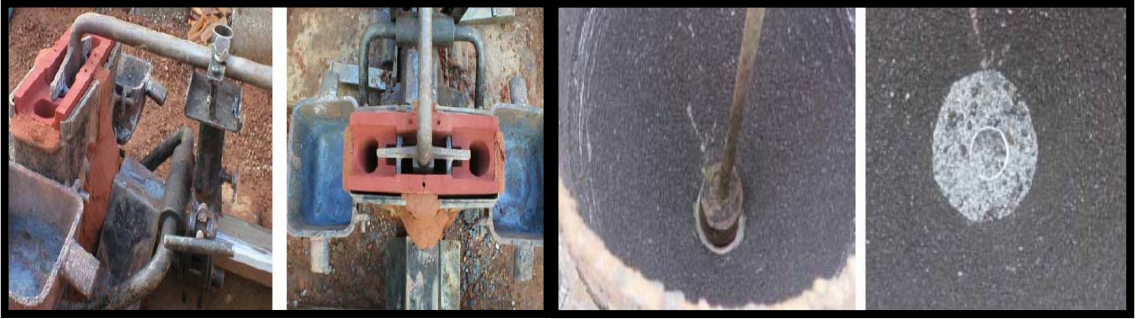
Termit kaynak kalıpları içine yerleştirilmiş olan ateşe dayanıklı hazır kalıplar ray boşluğunun merkezine gelecek şekilde ayarlanarak kalıp tutucuların kolları vasıtasıyla

raya sabitlendirilerek termit kaynak kumu veya özel macun vasıtasıyla ray ile kalıplar arasındaki boşluklar doldurulur, (Şekil 1.37).



Şekil 1.37. Kaynak Kalıplarının Montajı ve Kumlama

Bir yandan termit kaynak kalıpları bağlanırken diğer yandan magnezit termit potası 3–4 m ötede nemi alınacak şekilde ısıtılır ve pota ucuna tıpa yerleştirilerek kullanılacak şekilde bekletilir (Şekil 1.38)



Şekil 1.38. Kalıpların Hazırlanması ve Potanın Neminin Alınması

Hazırlanan termit potası kalıp tutucuların üzerine, kalıpların üst kısmını ortalayacak şekilde yerleştirilir (Şekil 1.39). Ray kesitine ve sınıfına uygun termit porsiyonu pota içerisine yerleştirilerek ayarlar tekrar gözden geçirilir.



Şekil 1.39: Termit Potasının Yerleştirilmesi

Belirlenmiş gaz basınçlarının uygulanması suretiyle şaloma tutuşturularak gerekli ayarlar yapıldıktan sonra şaloma kalıp tutucu üzerine tekrar yerleştirilerek ön ısıtma yapılır. Ön ısıtma işlemi kullanılan gazların basıncına göre sabit bir süre boyunca devam eder. Ateşe dayanıklı olan ve kalıplar üzerine yerleştirilecek olan tıpa kalıplardan çıkan alevler ile ısıtılır. Süre dolduktan sonra şaloma çıkarılarak kalıp tıpası kalıplar üzerine maşa vasıtasıyla yerleştirilir ve termit potası kalıplar üzerinde merkezi bir konuma sahip olacak şekilde ayarlanır. Potadaki termit özel ateşleyici vasıtasıyla tutuşturularak reaksiyon başlatılır (Şekil 1.40). Aşırı şekilde eriyen termit porsiyonu kalıplar üzerinden uygun yollarla ray aralığını doldurur ve artan erimiş termit ise cüruf kaplarını doldurur. (Keskin, 1992)



Şekil 1.40. Rayların Isıtılması ve Termit Porsiyonun Erimesi

Kullanılan porsiyona göre belli bir süre bekleddikten sonra ekipmanlar belli bir sıra dahilinde sökölür ve ray mantarı üzerinde bulunan fazla termit soğumaya bırakılmadan kaynak sıyırma makinesi tarafından tıraşlanır. Tüm ray bağlantı elemanları ray mantarının son profil taşlama işlemi başlamadan önce monte edilir. Uygun ray taşlama makinesi kullanılarak belirlenmiş taşlama toleranslarına uygun şekilde minimum düzeyde taşlanır (Şekil 1.41)



Şekil 1.41: Kaynağın Sıyırma Makinesi ile Tıraşlanması ve Rayın Taşlanması

1.3.2.4. Travers Değıştirme

Traversler görsel kontrol esnasında tespit edilen durumlarda yani beton traverslerde kırık veya çatlak olması, kırık olması durumunda donatının görülmesi, ahşap traverslerde tirfon hizasında kırıkların ve çatlakların fazla olup önlenememesi durumunda veya ahşap traversin çürümesi durumunda, traverslerin parçalanması durumunda değıştirilir.

Balastlı üstyapılarda ahşap travers değıştirme işleminde öncelikle değıştirilecek traversler belirlenir ve işaretlenir. Değıştirilecek traverslerin yanlarına yenileri

getirilerek hazır vaziyette bekletilir. Traverslerin kolay çıkması ve tekrar yerleştirilmesi için raylar krikolar vasıtasıyla birkaç cm kaldırılmalıdır. Değiştirilecek traversin etrafındaki balast temizlenerek hat kenarına alınır. Çıkarılan travers ile yerine konulacak traversin kalınlığına dikkat edilmelidir. Şayet yeni konulacak travers kalın ise travers yatağı, traverslerin kalınlık farkı kadar kırılır ve travers yerleştirilir. Yeni konulacak traversin ince olması durumunda ise kalınlık farkı kadar travers yatağı üzerinde bulunan ray altı kısmına mıcır benzeri gibi dolgu kullanılarak besleme yapılır ve travers yerleştirilir. Yerleştirme işleminden sonra tüm bağlantı elemanları sıkılır, buraj yapılarak traves altında oluşması muhtemel olacak boşluklar doldurulur ve yanıl stabiliteyi korumak amacıyla travers başlarındaki balast tokmaklanır veya sıkıştırılır (Şekil 1.42)



Şekil 1.42. Balastlı Hatlarda Travers Değiştirme

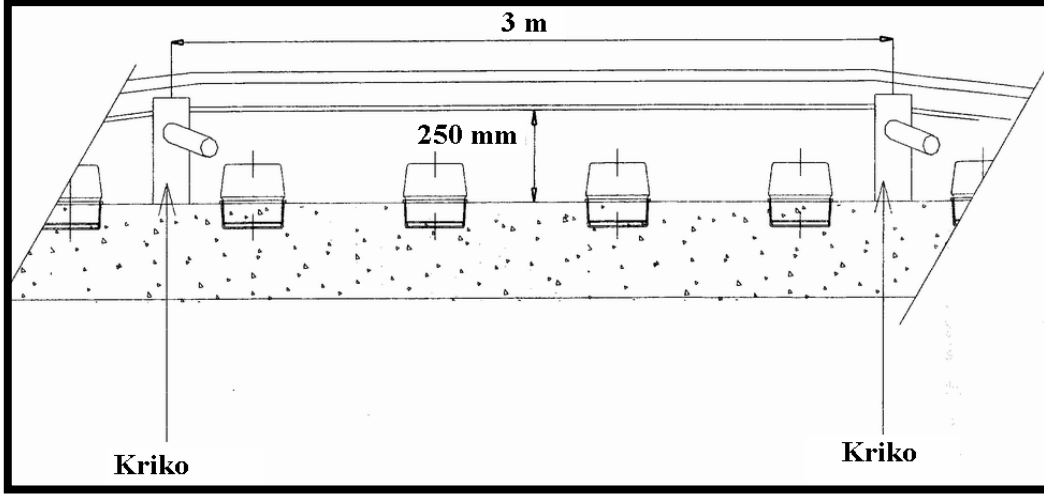
Balastlı üstyapılarda beton travers değiştirme işlemi de aynı şekilde yapılır. Beton traversler standart olduğu için travers yataklarını besleme veya kırma gibi bir durum ortaya çıkmaz. Yerleştirme işleminden sonra tüm bağlantı elemanları sıkılır, travers altında oluşması muhtemel boşluklar için buraj yapılır ve travers başlarında ki balast tokmaklanır veya sıkıştırılır.

Balastlı hatlarda travers değiştirme makinesi vasıtasıyla çok rahat bir şekilde traversleri değiştirmek mümkündür (Şekil 1.43)



Şekil 1.43. Travers Değiştirme Makinesi ile Travers Değiştirme

Betona gömülü traverslerin değiştirilmesi, raylar altına bırakılan krikolar vasıtasıyla traversin çıkabileceği yüksekliğe kadar kaldırılması suretiyle gerçekleştirilebilir. Rayların traversin çıkabileceği yüksekliğe kadar kaldırılması için değiştirilecek traversin sağ ve sol tarafından yaklaşık 20 m mesafedeki bağlantı elemanlarının tümünün sökülmesi gerekir. Raylar kaldırıldıktan sonra mutlaka rayların altı ahşap takozlarla desteklenmelidir. Traversin daha rahat bir şekilde yerinden çıkarılması için ikiz blok beton traverslerde bloklar arasındaki travers çubukları uygun yerden kesilerek çıkartılabilir. Bu durumda bloklar ayrı ayrı çıkartılabilir. Eski travers çıkartıldıktan sonra mutlaka travers yatağı basınçlı hava veya süpürge ile temizlenmelidir. Yeni elastik pedleri ve travers çizmesi giydirilmiş olan traversler düzgün bir şekilde yerine bırakılır. Traversin mevcut yere girememesi durumunda traversin bırakılacağı yer biraz genişletilip o şekilde travers bırakılır. Travers bırakıldıktan sonra genişletilen kısım tekrar betonlanır. 3.ray izolatörlerinin bulunduğu uzatılmış traverslerin değiştirilmesi durumunda aynı şekilde 3.rayında kaldırılması gerekir. Travers yerine bırakıldıktan sonra tüm bağlantı ekipmanları uygun tork değerlerinde sıkılır, (Şekil 1.44). (Günoral, 2002)



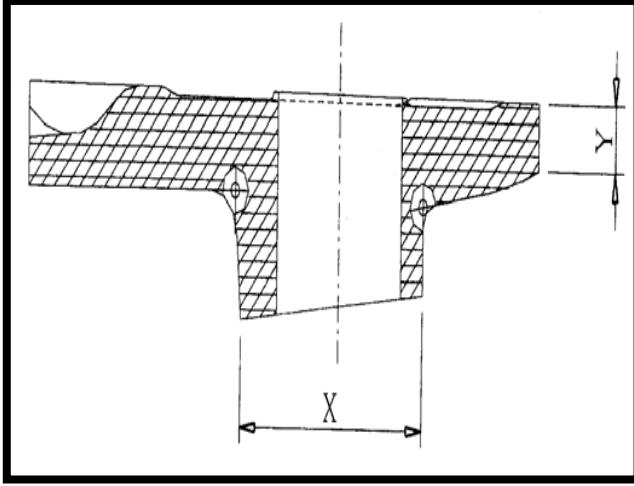
Şekil 1.44. Balastsız Üstyapılarda Travers Değişirme İşlemi Esnasında Rayların Kaldırılması

1.3.2.5. Hat Geometrisinin Düzeltilmesi

Koruyucu bakım hat geometrisi kontrolünde; ekartman, yatay nivelman (yatay fleş), düşey nivelman (düşey fleş), dever, burulma gibi geometrik değerlere bakılır. Hat geometrik değerlerinde ekartman bozukluğu, yatay ve düşey fleş bozukluğu ve dever hatası gibi kusurların çıkma olasılığı vardır.

Ekartman

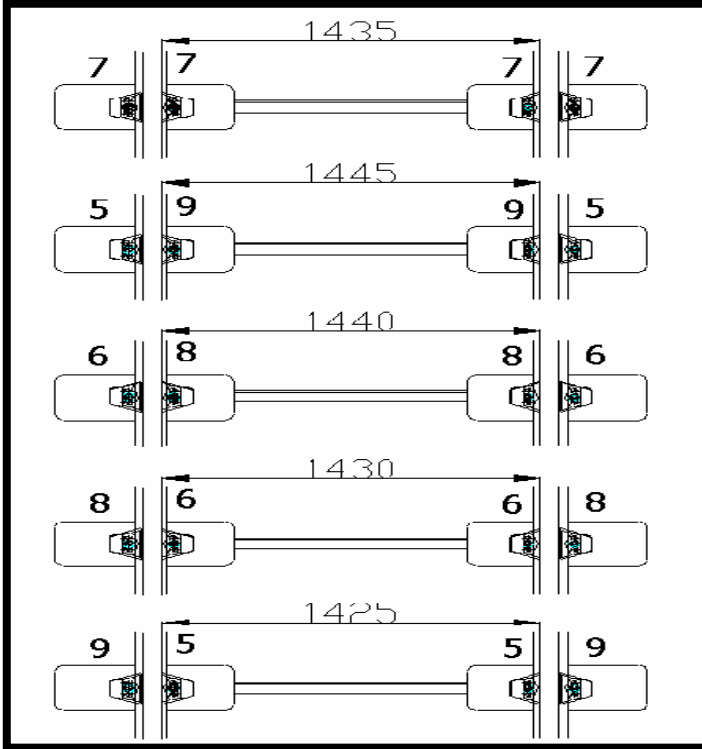
Ekartman bozukluğunda yani hat açıklığının toleranslar dışında olması durumunda, üst yapıda kullanılan bağlantı elemanının tipine göre ekartman hatası kısmen düzeltilebilir. Nabla bağlantı sisteminde farklı renkli nabla izolatorleri kullanılarak (Şekil 1.45) hattın ekartman ve ekseninde oynama yapılabilmektedir.



Tip/No	Renk	'X' Ölçüsü
5	Fildişi	42,5
6	Yeşil	45
7	Mavi	47,5
8	Kırmızı	50
9	Siyah	52,5

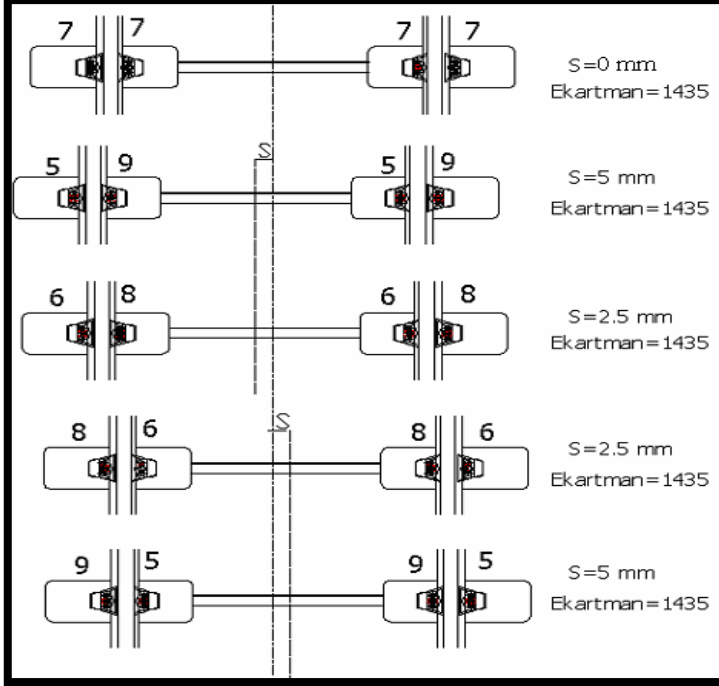
Şekil 1.45. Renkli Nabla Ölçüleri

Şekil 1.45’de de görüldüğü gibi X uzaklığı değişen farklı tip ve renkteki nabla izolatörleri kullanılarak hattın ekartmanında ± 10 mm civarında 2,5 mm’nin katları olacak şekilde düzeltme yapılabilmektedir. Şekil 1.46’da ise farklı renk nablalar kullanarak ekartman ölçülerinde yapılabilecek farklı ölçüler verilmiştir.

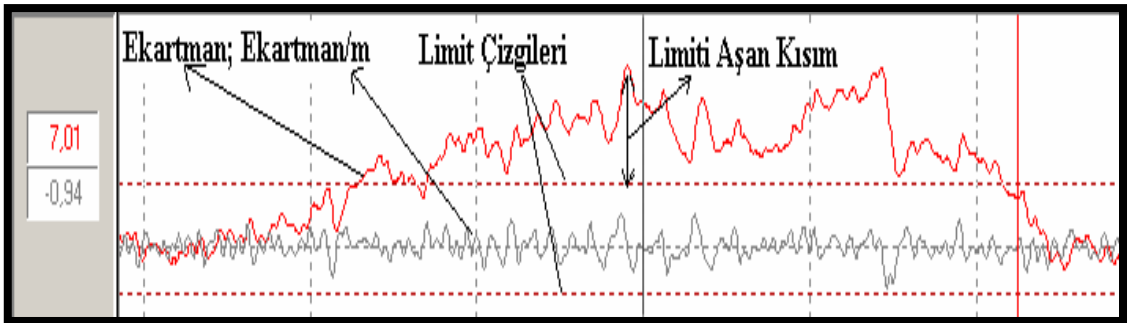


Şekil 1.46. Farklı Renkteki Nablalar Kullanılarak Yapılabilecek Ekartman Değerleri

Nabla bağlantı elemanlarında aynı şekilde farklı nabla izolatör renkleri kullanılarak hat ekartmanı (hat açıklığını) değiştirmeden hattın eksenini de 2,5 veya 5 mm sağa veya sola kaydırmak mümkündür. Şekil 1.47’de hat eksenini kaydırılmış bir hat şeması görülmektedir.



Şekil 1.47. Nabla Bağlantı Sistemi İle Ekartmanı Sabitleyip Hat Eksenini Kaydırılması

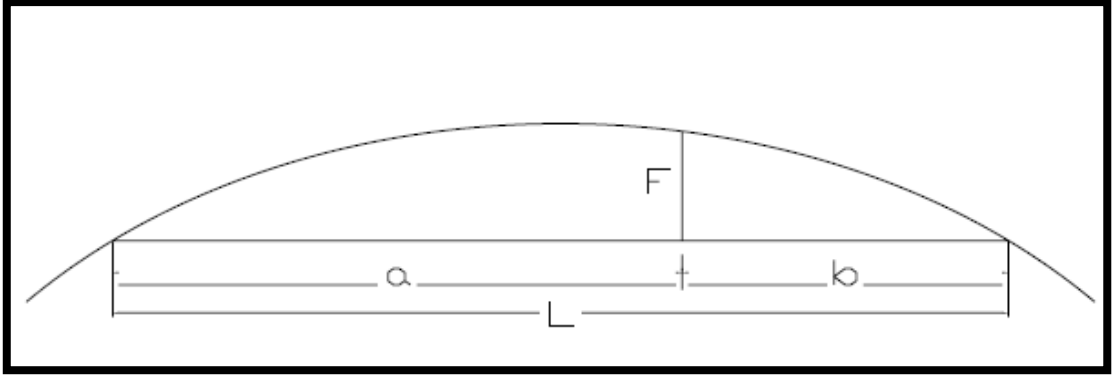


Şekil 1.48. Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Ekartman Değerleri

Şekil 1.48’de hat geometrisi ölçüm cihazı ile yapılan bir ölçümde ekartman ve metredeki ekartman değişiminin tolerans çizgisi dahilinde ve haricindeki değerler rahat bir şekilde ekran üzerinde okunabilir.

Yataydaki Sapmalar (Fleş)

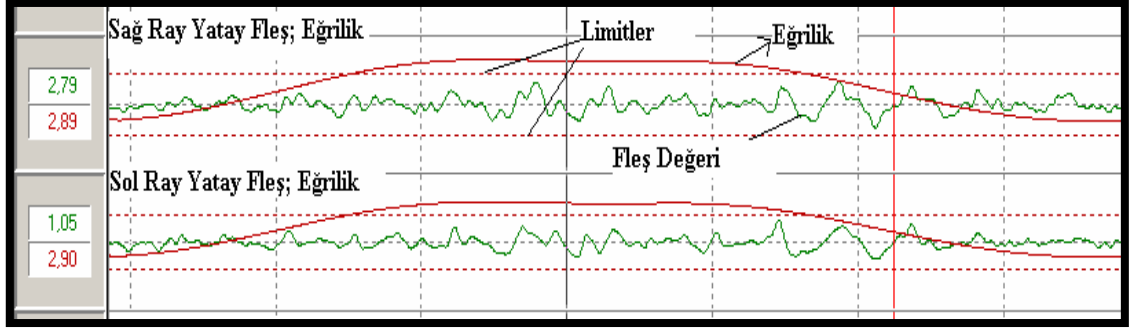
Yatay fleş (yatay nivelman) yatay kurplarda veya geçiş eğrilerinde belli bir kiriş uzunluğu olarak, kirişin herhangi bir noktasından alınan dikmenin yayı kestiği mesafeye denir (Şekil 1.49). Yatay nivelmanın bozuk olması durumunda balastsız hatlarda fleş düzeltmesi bağlantı elemanları vasıtasıyla düzeltilmektedir. Örneğin nabla bağlantı sisteminde anlatıldığı gibi ekartman toleranslar dahilinde bırakılarak farklı renkli nabla izolatörler kullanılarak hat eksenini referans olarak alınıp raylar kendi eksenlerine getirtilerek yatay nivelman düzeltilmiş olur.



Şekil 1.49: Yatay Nivelman (Fleş)

Betona gömülü travers sistemlerinde hattın düz yol, geçiş eğrisi ve kurp gibi geometrik kısımları traverslerin döşenmesi anında hesaplanarak, traversler betona gömülür. Dolayısıyla bu tip hatlarda ekartman bozukluğu, hat ekseninin kayması, yatay nivelman bozukluğu ve dever hatası gibi kusurların çıkma ihtimalleri düşüktür. Ekartman ve fleş arızalarının çıkma nedeni ise ray bağlantı elemanlarının aşınması veya görevini tam olarak yerine getirememesi durumunda meydana gelir.

Yeni yapılacak bir balastlı hat veya betona tespitli sistemlerde kurp ve geçiş eğrilerinin bulunduğu alandaki raylar projesine bakılarak fleşleri hesaplanıp, sahada raylar büküldükten sonra döşeme alanında montajı yapılmalıdır. Mevcut balastlı hat üzerinde dever, yatay ve düşey nivelman gibi bozukluklarının olması durumunda buraj yapılarak bu bozukluklar giderilebilir.

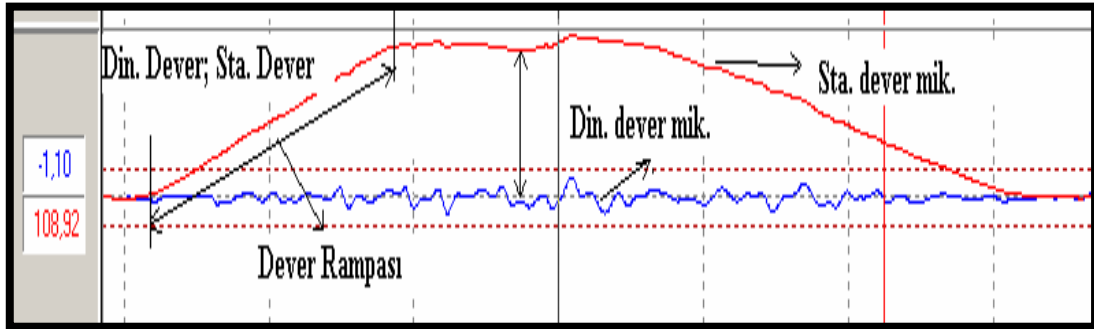


Şekil 1.50. Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Fleş Değerleri

Şekil 1.50’da ölçümü yapılan bir hatta sağ ve sol rayın fleş değerleri ve kurp yarıçapına bağlı olarak eğrilik grafiği rahat bir şekilde görülebilmektedir.

Dever

Kurplarda merkezkaç kuvvetini yenebilmek için iç raya göre dış raya verilen yükseklik fazlasına dever denir.

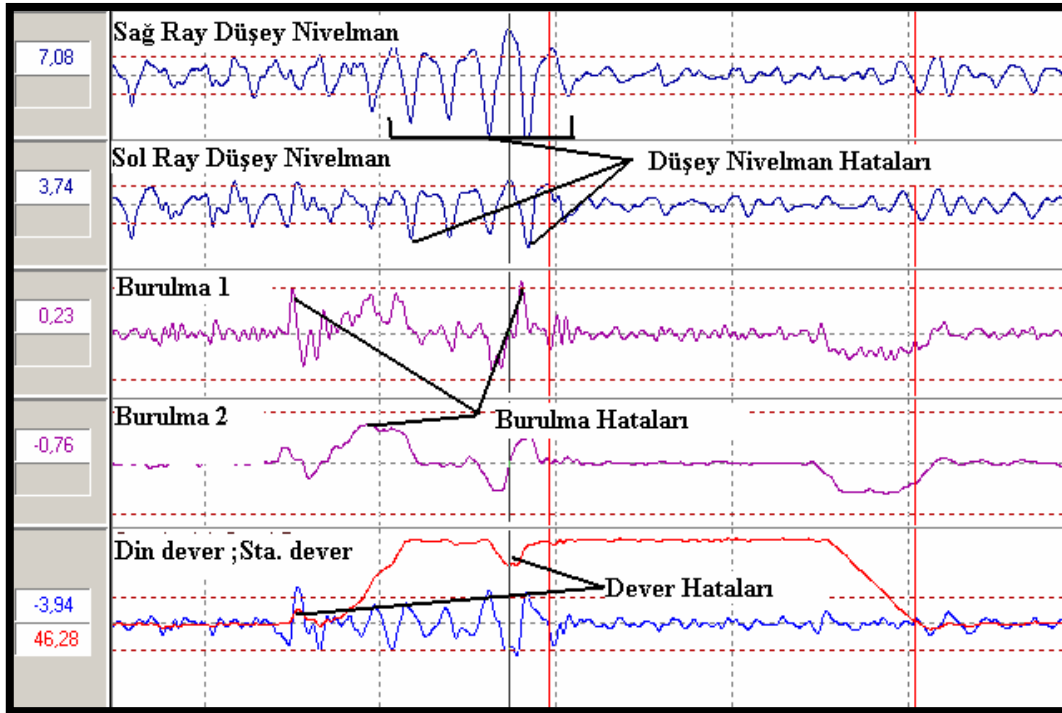


Şekil 1.51. Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Dever Değerleri

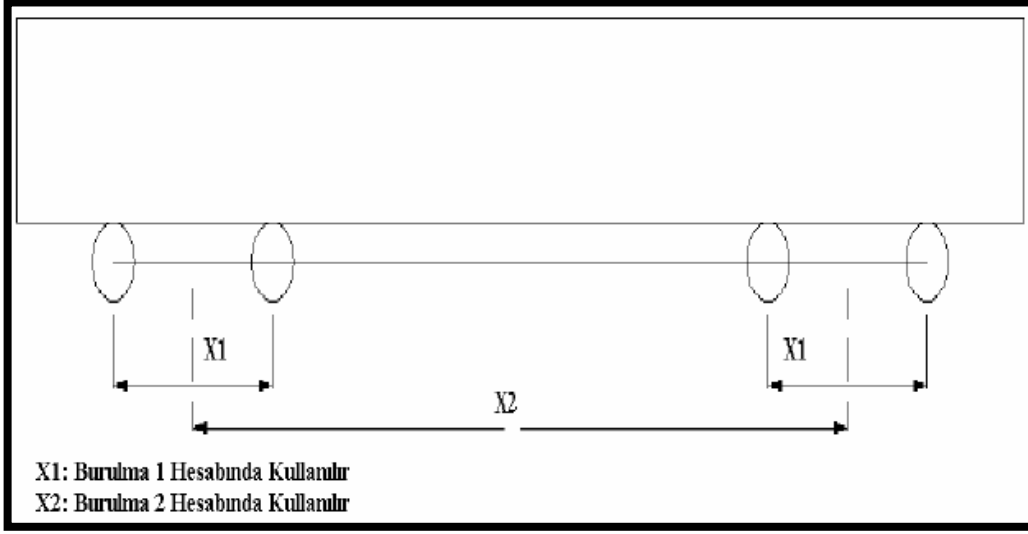
Şekil 1.51’de bir hattın statik dever ve dinamik dever grafiği görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi düz yolda 0 (sıfır) olan dever miktarı geçiş eğrisinde belli bir açı ile artarak kurp bölgesinde sabitlenmektedir. Kurp bölgesi bitiminden sonra geçiş bölgesinde tekrar belli bir açı ile azalarak düz yolda 0 (sıfır) olmaktadır. Balastlı üstyapılarda dever bozuklukları travers kaldırılıp buraj yapılmak suretiyle giderilirken, balastsız üstyapılarda ise traversler kaldırılıp, travers altlarına paslanmaz çelik levhalar bırakılarak dever hataları düzeltilir.

Burulma

Burulma yoldaki nivelman ve dever hatalarından, düz yolda ise iki ray arasındaki kot farklarından, gizli boşluklardan meydana gelir. Şekil 1.52’de deveri ve düşey nivelmanı bozuk bir hat üzerindeki burulma değerleri görülmektedir. Burulma değerlerinin hesabında boji üzerindeki dingillerin aksları arasındaki mesafe ve diğer bojinin aksı ile olan mesafe önemlidir. Burulma 1 Şekil 1.53’de de görüldüğü gibi bir bojinin dingil aksları arasındaki mesafe ile ilişkili iken burulma 2 iki boji aksı arasındaki mesafe ile ilişkilidir.



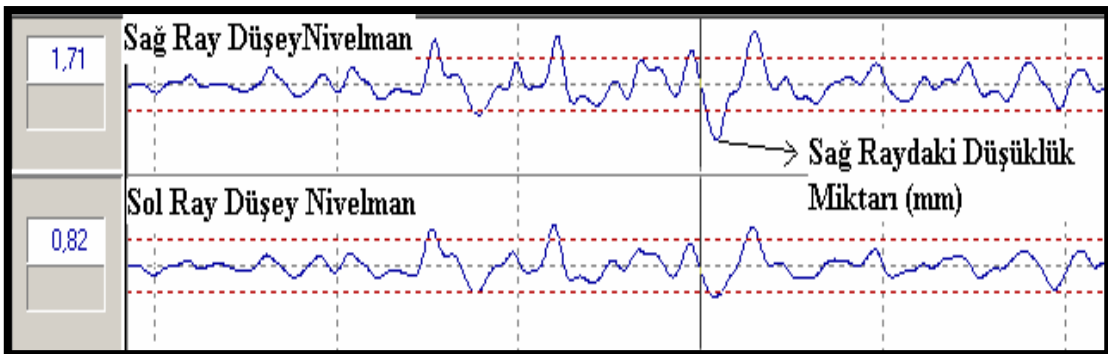
Şekil 1.52. Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Burulma Değerleri



Şekil 1.53. Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Burulma1 ve Burulma2 değerlerine Etki Eden Mesafeler

Ray üstü sapmalar (Ray düşey nivelmanı)

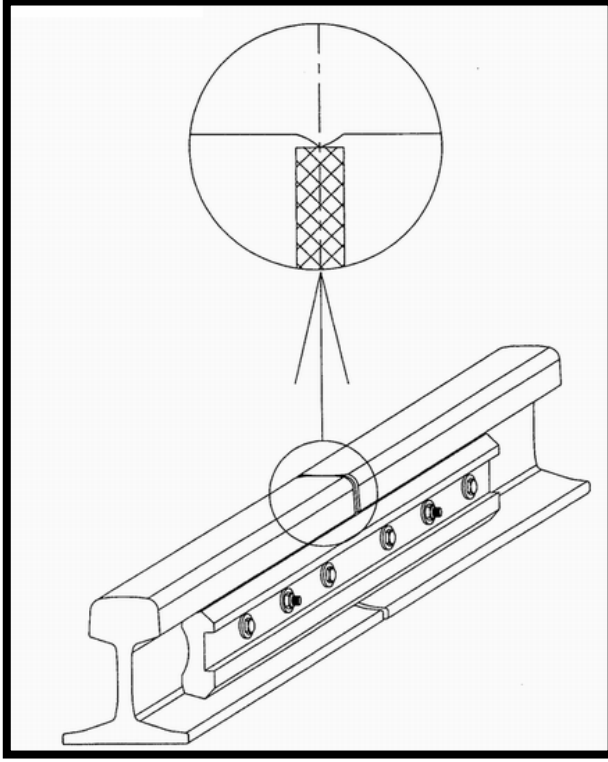
Ray boyunca mantar yüzeyinden yapılan ölçümler sonucu tespit edilen hatalardır. Ölçüm cihaza sağ ve sol rayda ayrı ayrı ölçüm alır. Sağ ve sol rayların nivelmanının ölçümü sonucunda ray yüzeyindeki hatalar, kaynakların yüksek veya düşük olma durumları ve ölçüm cihazının büyük tonajlı olması durumunda travers altındaki gizli boşlukları tespit eder, (Şekil 1.54)



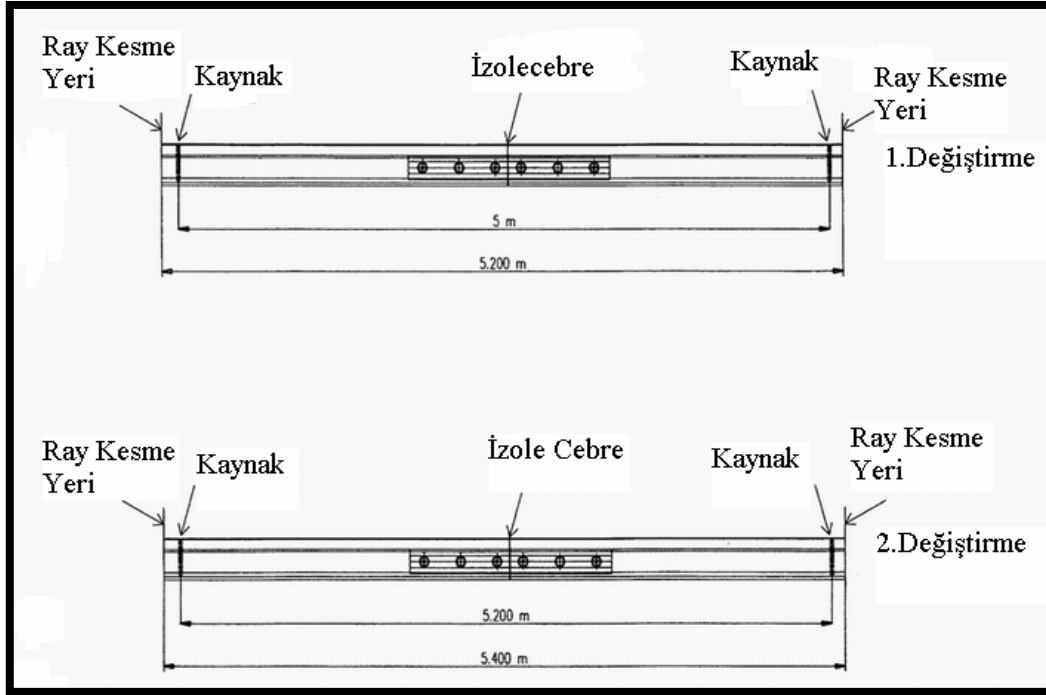
Şekil 1.54. Hat Geometrisi Ölçüm Sonucunda Görülen Düşey Nivelman Değerleri

1.3.2.6. İzole Cebirelerin Tamiri ve Değiştirilmesi

İzole cebireler yalıtımlı ray bağlantı elemanlarıdır. Özellikle izole cebirelerde ray mantarı kısmında çapaklanmadan dolayı yalıtım bozulabilir. Bu durumda çapaklar kıl testere kullanılarak alınabilir ve mantar kısmında oluşacak yarık yalıtımı sağlayan slikon macunlarla doldurulabilir. İzole cebirenin bulunduğu kısmın tamamen tahrip olması durumunda (Şekil 1.55) izole cebirenin değiştirilmesi gerekir. İzolecebreinin bulunduğu rayın değiştirilme işlemi rayların değiştirilmesi ile aynı şekilde yapılır. Önemli olan nokta izole cebireli rayın bulunduğu kısımda kaynak noktalarını dikkate alarak ray kesme işlemini yapmaktır. Şayet izole cebireli rayın başında ve sonundaki kaynaklar arası mesafe 5 m ise kaynak dışından 20 cm dışarıda olacak şekilde kesim yapılmalıdır (Şekil 1.56)



Şekil 1.55. İzolenin Tahrip Olması



Şekil 1.56. İzolecebreli Rayın Değiştirilmesi

Şekil 1.57’de ise yeni yapılan bir hatta izole cebirenin yapımı görülmektedir.



Şekil 1.57. Yeni İzolecebre Raylarının Yapılması

1.3.2.7. Balastlı Üstyapıda Hat Geometrik Bozukluklarının Düzeltilmesi (Buraj)

Balastlı üstyapıya sahip hatlarda meydana gelen geometrik bozuklukların düzeltilmesi işlemlerinin tümüne buraj denir. Buraj işleminde öncelikle hat kotuna ve eksenine getirilir. Kotu ve eksenine getirilen hatta travers altları balastla doldurularak buraj işlemi yapılmış olur.

Elle Buraj

Küçük el makineleri ve ekipmanları ile hat geometrik bozuklukları aşağıda anlatılacağı gibi yapılır.

Yolun Kotuna Getirilmesi (Rölevaj)

İşletmede olan ve sürekli çalışan bir hatta, araçlardan gelen yüklerin etkisi, hava koşulları ve altyapıdan kaynaklanan olumsuzluklardan dolayı hat zamanla balasta gömülerek, proje kotunu kaybeder. Toleransı aşan düşey sapmalar (düşey nivelmanlar) özellikle üstyapı elemanlarına zarar verdiği gibi yolculuk konforunu da olumsuz yönde etkiler. Tolerans dışındaki düşey nivelman bozuklukları iki şekilde düzeltilir.

Röperler Esas Alınarak Yolun Kotuna Getirilmesi;

Düz yollarda röperlere yakın olan ray, kurplarda ise iç ray nivelman rayı (kotu esas alınacak ray) olarak seçilir. Kaldırma işlemine başlanacak ilk röper noktasında nivelman rayı röpere göre, diğer ray ekartman ölçüm aleti ile kotuna kaldırılır.

Kaldırma işlemi her iki ray altına konulan karşılıklı krikolar vasıtasıyla aynı anda kaldırılarak yapılır. Krikolara yakın traverslerin altları doldurularak burajlanır. Sonra diğer röper noktasına geçilerek aynı işlem bu nokta için de yapılır. Ray nivosu kullanılarak iki röper arasındaki hat, nivelman rayı üzerinden ölçülerek kotuna getirilir. Kaldırılan hattın burajı, buraj kazması ve çapası kullanılarak işçi marifetiyle yapılacağı gibi (Şekil 1.58), küçük buraj makineleri de kullanılarak yapılır (Şekil 1.59). (Günoral, 2002)



Şekil 1.58. Buraj Kazması ve Buraj Çapası



Şekil 1.59. Küçük Buraj Makineleri

Buraj şekil 1.59’da da görüldüğü gibi her traverste ray altlarından ray kenarına 40-45 cm mesafeden başlayarak dört taraflı yapılmalıdır. Buraj traversin ucundan başlayıp ray altına doğru veya traversin ortasından başlayıp ray altına doğru yapılmalıdır. Kazma ile buraj yapılırken kazmanın hareketi daima ray altına doğru olmalıdır. Amaç ray altını doldurmaktır. Burajdan sonra travers araları ve uçlarında azalan balast takviye edilmeli ve sıkıştırılmalıdır.

Yüksek Noktalar Esas Alınarak Yolun Kotuna Getirilmesi;

Genellikle röper noktaları bulunmayan ve kısa mesafeli nivelman bozukluklarında uygulanan yöntemdir. Bu metotta tecrübeli bir eleman ray üzerine eğilerek yüksek noktaları tespit eder. Tespit edilen ardışık iki yüksek nokta arasındaki raylar yukarda anlatıldığı şekilde kaldırılarak yüksek ray kotuna getirilir. İki ray üzerinde aynı işlemi yapmak yanlış olacağından dolayı kotu yüksek olan ray ekartman ölçüm aletiyle tespit edilip nivelman rayı olarak seçilir ve diğer rayda nivelman rayı referans alınarak kaldırılır. Sonuç olarak, kaldırma işlemi yüksek olan raya göre yapılır.

Yolun Eksenine Getirilmesi (Dresaj)

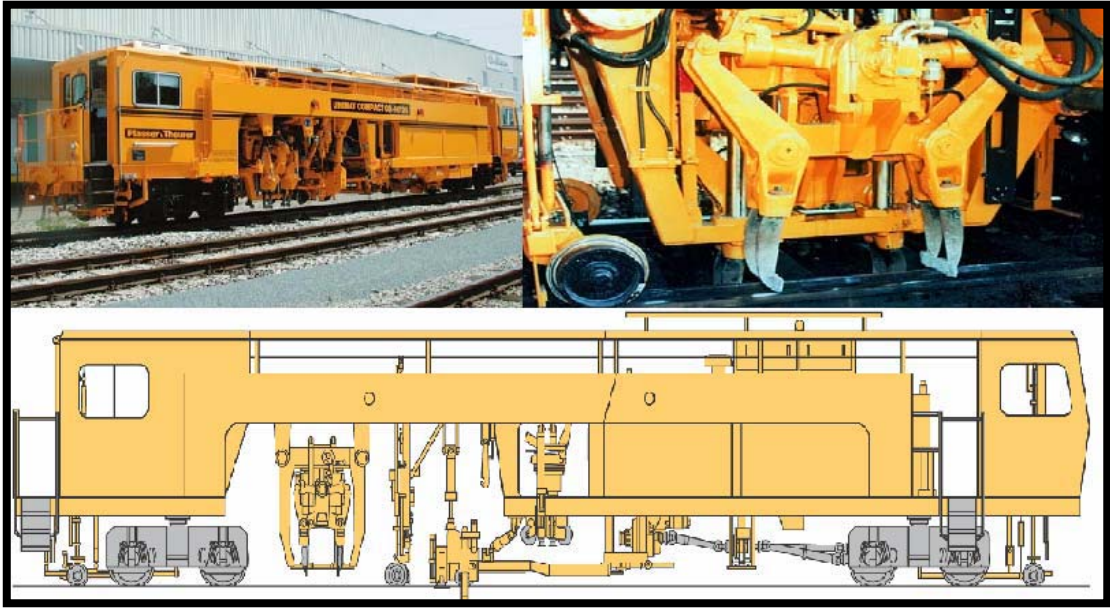
Balastlı sistemlerde yanal stabilite betona tespitli sistemlere göre az olduğundan dolayı trafik yükleri altında ve hava koşullarından dolayı yol ekseninde kaymalar görülür. Yolun projedeki eksenine getirilme işlemine dresaj denir.

Dresaj işleminde uygulanacak en iyi metod röper noktaları esas alınarak yolun eksenine getirilmesidir. Bu yöntemde öncelikle iki röper noktasının karşısındaki hat eksene getirilir ve sonrasında iki röper noktası arasına fleş ipi çekilerek fleş hesaplanıp ipe göre yol eksenine getirilir. İşçi marifetiyle dresaj yapılırken en az 3 krika ve krikolar yanlardan manivela ile desteklenecek şekilde çalışılmalıdır. Yolun kayma yönüne göre bir krika önde iki krika arkada olmalıdır. Krikolar yolu kaldırmayacak şekilde konulmalıdır.

Dresaj işleminde yolda bir defada 50 mm'den fazla ripaj (dresaj esnasında yolun sağa sola kaydırılması) yapılmamalıdır. 50 mm den fazla ripajlar ikiye veya üçe bölünmelidir. 25 mm'ye kadar ripajlarda travers başları boşaltılmalı, 25-50 mm arasındaki ripajlarda traversler arasındaki balast boşaltılmalıdır. Kaydırma işlemi bittikten sonra boşaltılan balastlar tekrar travers başlarına veya travers aralarına konularak sıkıştırılmalı ve krikolar ondan sonra alınmalıdır. Ripaj işlemi bittikten sonra mutlaka fleş ipi kullanılarak ölçüler tekrar alınmalıdır.

Makineli Buraj

Gelişen demiryolu bakım makineleri teknolojisiyle bakım araçlarının çeşidinde artış görülmektedir. Balastlı üstyapılarda buraj yapan araçların da çeşitliğinin fazla olmasıyla birlikte bunların hemen hemen tümünün çalışma prensibi aynıdır. Buraj makinesinin kapasitesi makinedeki çapa sayısı ile orantılıdır. Çapa sayısı ne kadar fazla ise yol düzeltme metrajı o kadar artmaktadır. Şekil 1.60'da buraj makinesi görülmektedir.

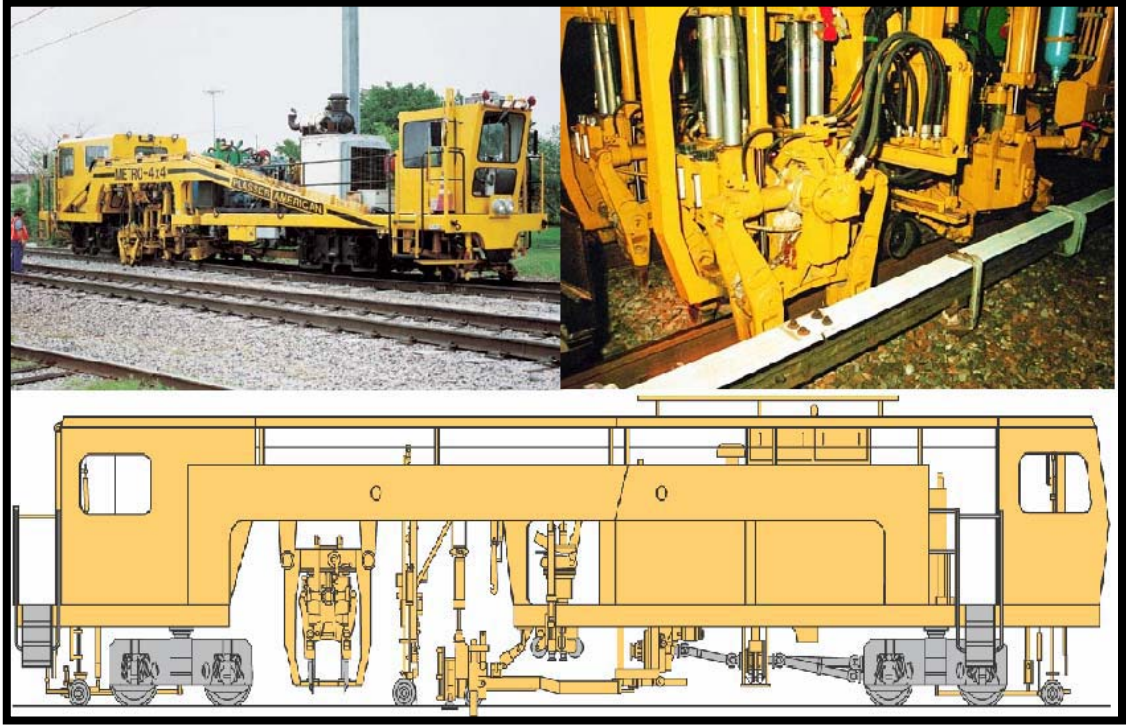


Şekil 1.60. Buraj Makinesi

Makineli burajda hattın dresaj ve rölevajıyla birlikte buraj işlemi yapılır. Buraja başlamadan önce üstyapıdaki diğer elemanların bakımının yapılmış olması gerekir. Bağlantı elemanlarının kontrolü yapılmalı ve bozuk olanlar değiştirilmeli, traversler kontrol edilmeli ve kırık veya çürük ahşap traversler varsa değiştirilmeli, travers aralıkları ve ekseni kayan traversler düzeltilmeli, bozuk olan balast tabakası temizlenmeli, ray mantarı üzerindeki vuruntulu bölgeler (düşük veya yüksel kaynak bölgeleri) düzeltilmeli, buraj yapılırken balast takviyesi için çalışma bölgesine balast getirilmeli, özellikle ray yuvarlanma yüzeyinde oluşan ondülasyonlar taşıma makinesi ile taşlanmalı, hat geometrisine ait bilgiler bilinmeli ve hat üstyapısında zarar görebilecek ekipmanlar, kablolar belirlenmelidir.

Makineli buraj yaparken hattı bozulmaması ve proje değerlerine uygunluğu için hat üzerindeki sabit noktalar (röper noktaları) esas alınarak buraj yapılmalıdır. Buraj yapılmadan önce hatta aplikasyon yapılmalı ve proje değerlerine göre dresaj ve rölevaj değerleri tespit edilerek çalışma yapılmalıdır.

Makasların burajları makas buraj makineleri ile yapılır (Şekil 1.61). Buraj yapılırken önce doğru yol sonra sapan yol yapılır. Göbek kısmında uzun traversler olduğu için doğru yolun burajı yapılırken sapan yol ray altından kriko vasıtasıyla kaldırmaya yardımcı olunur.



Şekil 1.61. Makas Buraj Makinesi

Buraj işlemi bittikten sonra travers bağlarında ve travers aralarında balast eksikliği varsa mutlaka takviye edilmeli ve balast tokmaklanarak veya kompaktörler vasıtasıyla mutlaka sıkıştırılmalıdır.

1.3.2.8. Balast Eleme

Balastlı demiryolu hatlarında üstyapıyı oluşturan en önemli unsurlardan biride balasttır. Balast tabakası;

1. Dingil yüklerinden dolayı meydana gelen ve traversler tarafından iletilen basınç kuvvetlerini kısmen karşılayarak, altyapı tabakası üzerinde geniş bir alana düzgün olarak yaymak ve dolayısıyla balast altı zeminin aşırı zorlanmasını engeller.

2. Ray ve traverslerden oluşan yol çerçevesinin boyuna ve enine yöndeki deplasmanlarına iç sürtünme yardımıyla engel olur.

3. Su ve hava geçirgenliği özelliğinden dolayı yol çerçevesinin kuru kalmasını sağlar, yağmur ve kar sularının balast altı zeminin mukavemetini bozmasına engel olur.

4. Yolun yapısını don olayından koruyarak, taşıma gücünün azalmasına engel olur.

5. Üstyapıya yeterli elastisiteyi vermek suretiyle yolculukta konforu arttırmak ve üstyapı elemanlarında oluşabilecek bozuklukları azaltarak bakımda ekonomiklik sağlar.

Balast tabakasının yaptığı bu görevler düşünüldüğü zaman balastın bakımının çok önemli olduğu görülmektedir. Balast çevreden ve ortamdan etkilenen bir üstyapı malzemesi olduğu için zamanla kırılmalar, kirlenmeler ve bozulmalar olmaktadır. Bu durumda balast görevini ve işlevini yerine getiremez olmaktadır. Bunun için kirlenen balastın elenmesi gerekmektedir. Balast eleme; elle ve makineli olmak üzere iki çeşit yapılmaktadır. (Arlı, 2002)

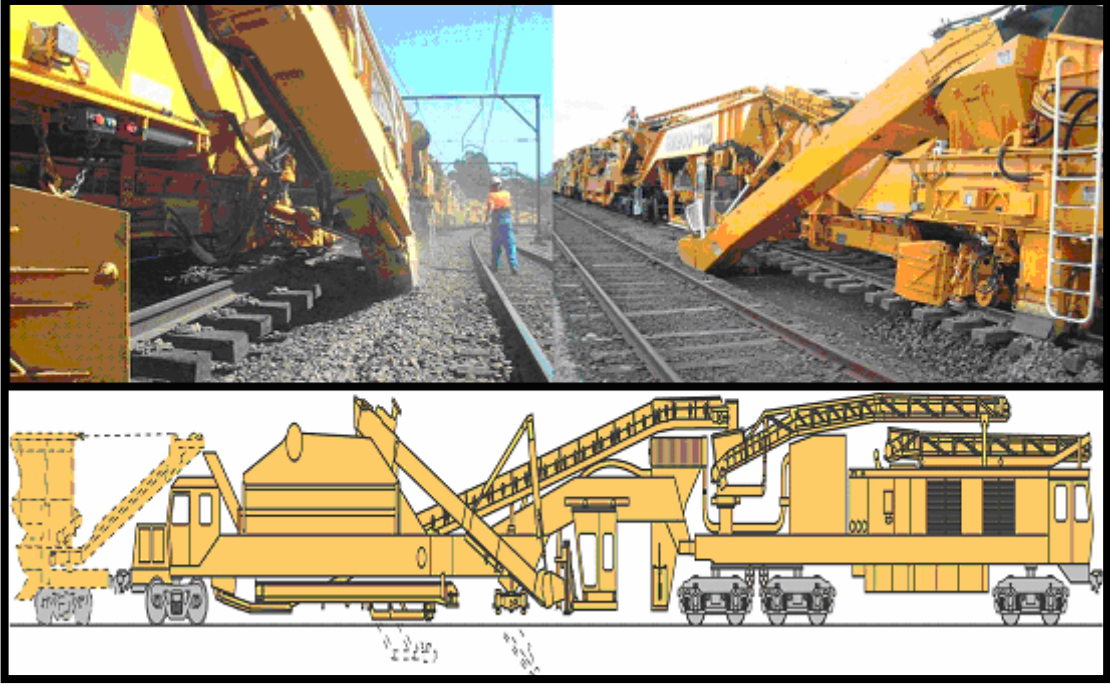
Elle Balast Eleme

Elle balast eleme genellikle travers aralarında ve travers başlarında yapılan kısa mesafeli kirlenmelerin giderilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Travers aralarındaki balast elenirken öncelikle iki travers arasındaki balast alt zemine kadar boşaltılır ve diğer iki travers arasındaki balast yaba veya çelik eleklerle elenerek boşaltılan kısma doldurulur. Bu şekilde dağıtım yapılarak eksik olan balasta yeni takviye balast eklenerek balast eleme tamamlanır. Burada dikkat edilecek husus iki travers arası boşaltılırken travers altındaki balastın kaymamasıdır. Şayet travers altındaki balast dağılırsa ray kotunda bozulmalar oluşur ve tekrar buraj yapma ihtiyacı doğar.

Travers başlarındaki veya altındaki balast elenirken öncelikle bozuk traversler varsa bunların tespit edilmesi ve eleme sırasında değiştirilmesi gerekmektedir. Burada da travers arasındaki balast elemeye olduğu gibi iki travers arasındaki balast boşaltılır ve balastı elenecek travers boşluğa doğru kaydırılarak altındaki balast boşaltılır. Boşaltılan balast yaba veya eleklerle elenerek takviye balastla birlikte travers altına serilir. Travers tekrar yerine alınarak buraj yapılır ve aynı işlem diğer traverslerde de devam eder. Balast elemesi yapılan yerler sürekli gözlem altında tutulmalı ve balast yeteri sıklığa ulaşıncaya kadar takip edilip gerektiğinde burajı yapılmalıdır.

Makineli Balast Eleme

Makineyle balast eleme, elle balast eleme şeklindedir. Makine ile balast elemeye geçmeden önce yer tespitinin iyi yapılması, çalışılacak yerde bozuk veya işlevini yerine getiremeyen traversler varsa değiştirilmesi, tüm bağlantı elemanlarının sıkılı olması, ilgili bölgeye temiz balast takviyesinin olabilmesi ve hattın makine gabarisine engel olmayacak şekilde düzenlenmesi gerekir. Makine ile eleme yapılırken komşu üç travers araları ve ortada kalan traversin altı boşaltılarak eleme yapılır. Altı boşaltılan traversin altına takoz bırakılmak suretiyle hat kotunda tutulmaya çalışılır. Balast eleme makinelerinin özelliğine göre elenen kirli balast makine marifetiyle vagonlara direkt bırakılabilir veya uygun yerlere dökülerek sonradan da alınabilir. Şekil 1.62’de balast temizleme makinesi görülmektedir.



Şekil 1.62. Balast Temizleme Makinesi

Balast eleme ve temizleme işlemi bittikten sonra buraj makinesiyle çalışılan bölgede buraj yapılmalıdır.

1.3.2.9. Dolgu Kaynağı ve Isıl İşlem Uygulamaları

Raylı sistemlerde teker ve ray arasındaki temasın düzgün olması önemlidir. Ray üzerindeki yuvarlanma yüzeyinde sürekliliği bozan bazı noktalara veya bölgelere rastlamak mümkündür. Özellikle şehirlerarası işletmede conta noktalarında bu süreksizliği görürken kentiçi raylı sistemlerde iki rayı birleştiren kaynak noktalarında bu süreksizliklere rastlamak mümkündür (Şekil 1.63). Süreksizlikler, kaynaklarda yanlış porsiyon kullanımından dolayı kaynağın aşınması, işçilik hatasından dolayı mantar yüzeyine yakın gaz boşluklarının oluşmasından dolayı zamanla mantarın çökmesi, kaynak yapıldıktan sonra kaynak kısmının soğumaya bırakılmadan fazla taşlanarak düşük kalması gibi hatalardan dolayı oluşabilmektedir. Bu gibi süreksizlikler dolgu kaynağı ve ısıl işlem uygulamaları ile giderilebilmektedir.



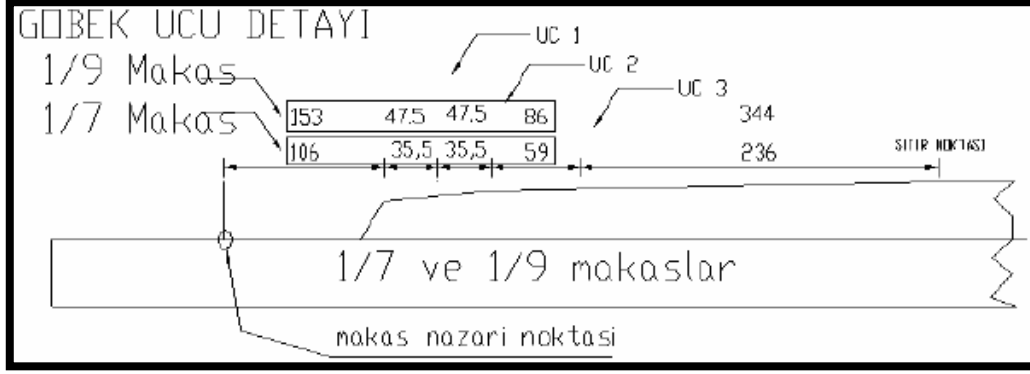
Şekil 1.63. Kaynak Noktalarındaki Problemler

Dolgu kaynağı yapılacak noktanın işaretlenip ön ısıtma yapılmadan önce spiral motorla düzgün bir şekilde taşlanıp temizlenmesi gerekir. Ön taşlama esnasında özellikle tekerlerin raya vurması sonucu oluşan sert yüzeyin alınması önemlidir. Kaynak için düzgün bir yüzey oluşturulduktan sonra kaynak yapılacak bölgenin ön ısıtmasının yapılması gerekir. Ön ısıtma rayın mantar, gövde ve taban kısmının tümünde ve kaynak yapılacak kısmın 100 mm sağ ve solunda yapılmalıdır. Ön ısıtma 400–450 oC'ye kadar yapılmalıdır. Ön ısıtmadan hemen sonra ray soğumaya bırakılmadan kaynak işlemi yapılmalıdır. Şayet kaynak bitmeden rayın sıcaklığı düşmüşse gerekirse tekrar ön ısıtma yapılır. Kaynak dolgusu tatbikinden sonra rayda taşlama yapılarak ve mümkün mertebe profil verilerek ray yuvarlanma yüzeyinin düzgün olması sağlanır.

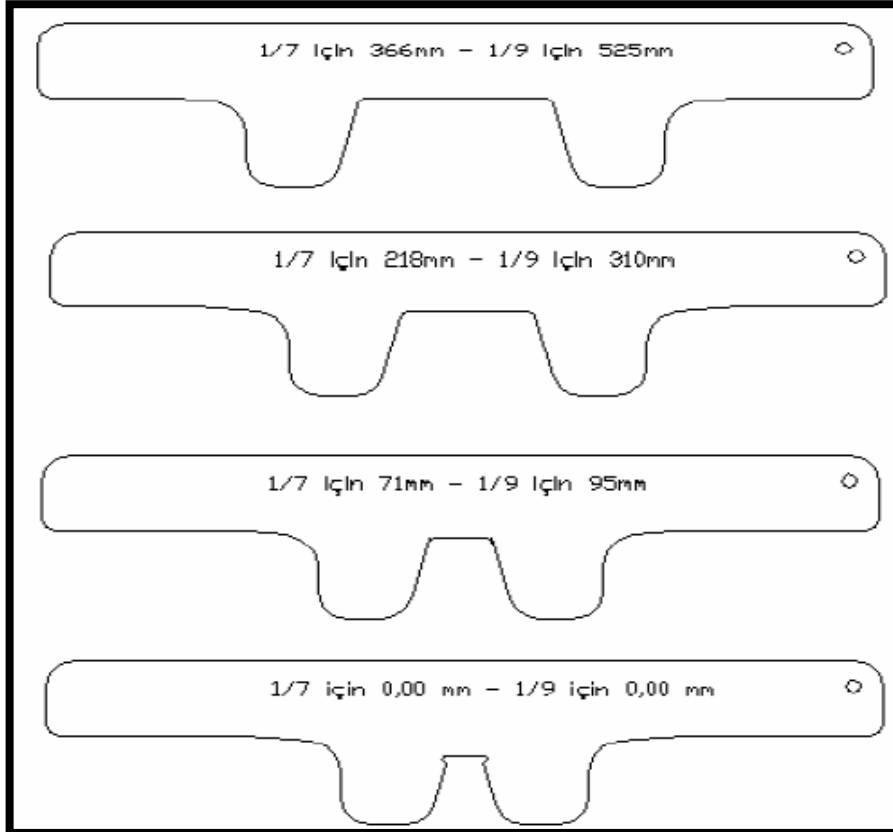
Kaynak noktalarındaki problemlerle birlikte, ray mantarı üzerinde oluşan apleti, kılcal çatlaklar, rayın üretimi dışında mantar veya yan yüzeyde oluşan kırılma alanları, parça kopması gibi bozukluklarda dolgu kaynağı yapılarak onarım yapmak mümkündür.

Makas göbek ve tavşan ayaklarında da oluşan aşınma veya ezilmeler aynı şekilde dolgu kaynağı yapılarak onarılır fakat makas göbek ve tavşan ayaklarında dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biride, kaynak bittikten sonra bu noktaların

teker şablonuna uygun olarak taşlanmasıdır. Bunun için göbek ve tavşan ayakları taşlanırken, makas özelliğine uygun şablonların kullanılması gerekmektedir. Şekil 1.64’de göbek ucu detayları verilmiş ve bu göbek ucu detaylarına göre kullanılması gereken göbek şablonları Şekil 1.65’de gösterilmiştir.



Şekil 1.64. Makas Göbek Ucu Detayları (1/7 ve 1/9 Makaslar İçin)

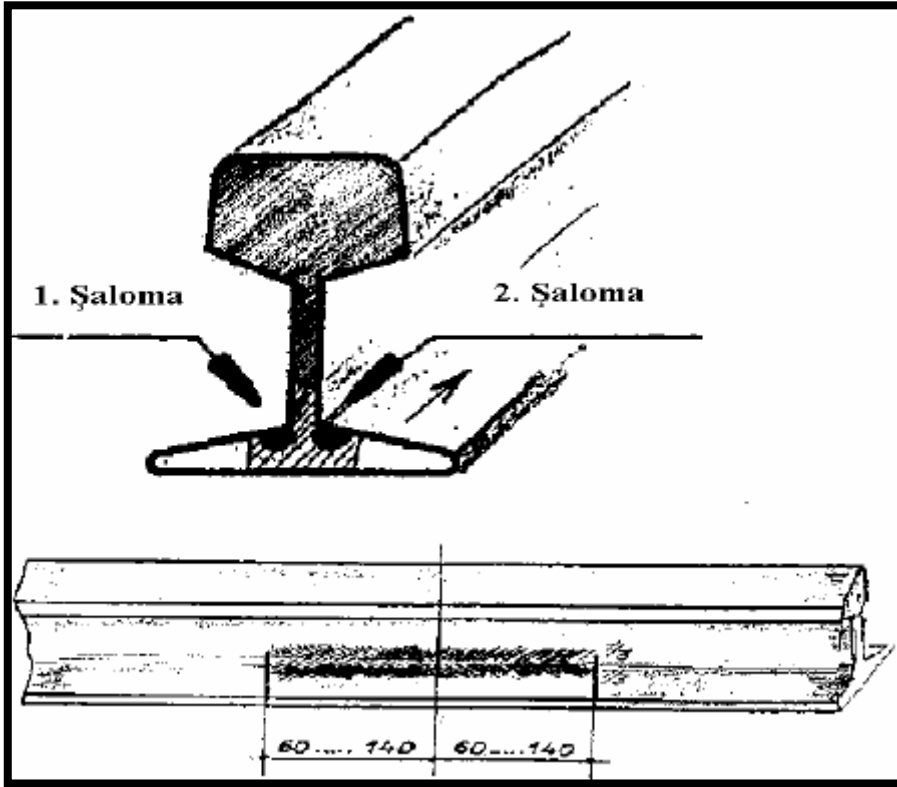


Şekil 1.65. Makas Göbek Ucu Şablonları

Isıl işlem uygulamaları özellikle yüksek veya düşük raylarda uygulanan bir yöntemdir. Isıl işlemle düzeltmede malzeme lokal olarak ısıtılır, bu şekilde kısıtlanmış olarak oluşan ısıya bağlı uzamalar kalıcı bir sıkışma meydana getirir.

Soğutma işlemi ile beraber sıkışmış bölgede, istenilen şekli sağlayan kuvvetler oluşacaktır.

Isıl işlemle düzeltmede gereksiz yere uzun süreli ve yüksek seviyede ısıtma yapılmamalıdır. En etkili ve başarılı yöntem, rayı belirli bir ısı tahkiki altında çok hızlı bir şekilde koyu kırmızı hale gelecek şekilde ısıtmaktır. Sıcaklık 650 C'ye kadar rayın iç yapısı bozulmadığı için sıcaklık kesinlikle 650 C'yi geçmemelidir. (DVS-Merkblatt,1988)

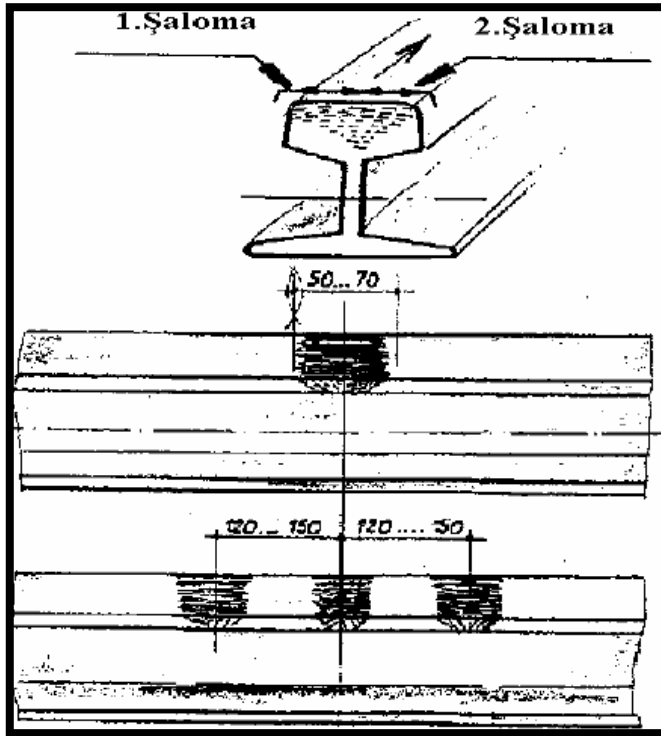


Şekil 1.66. Ray Mantarının Isıl İşlemle Kaldırılması

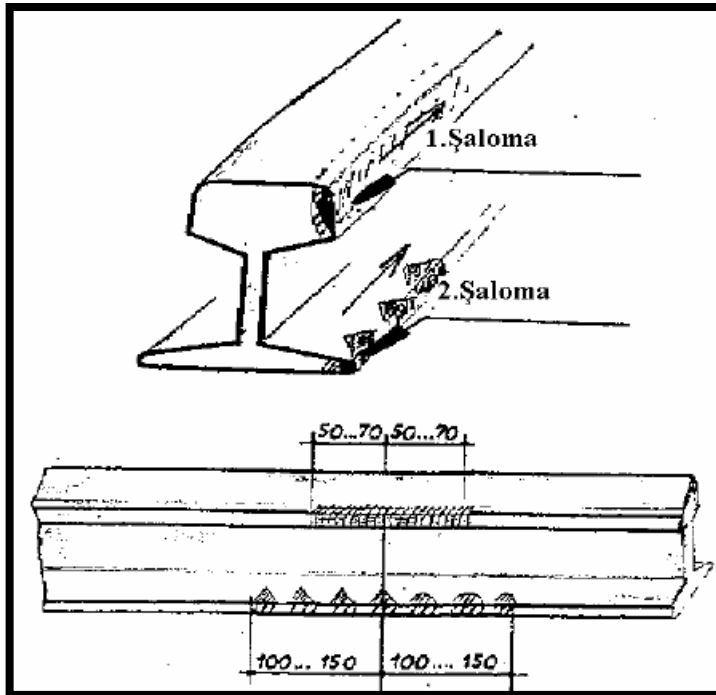
Şekil 1.66'da ray mantarının kaldırılması için ray tabanına uygulanan çift şalomalı ısıtma işlemi görülmektedir.

Şekil 1.67'de ray mantarının düşürülmesi için ray kafasına uygulanan çift şalomalı ısıtma işlemi görülmektedir.

Şekil 1.68’de rayın yanal deplasmanı veya bükme için ray mantarı kenarına ve taban kenarına uygulanan çift şalomalı ısıtma işlemi görülmektedir.



Şekil 1.67. Ray Mantarının Isıl İşlemle Düşürülmesi



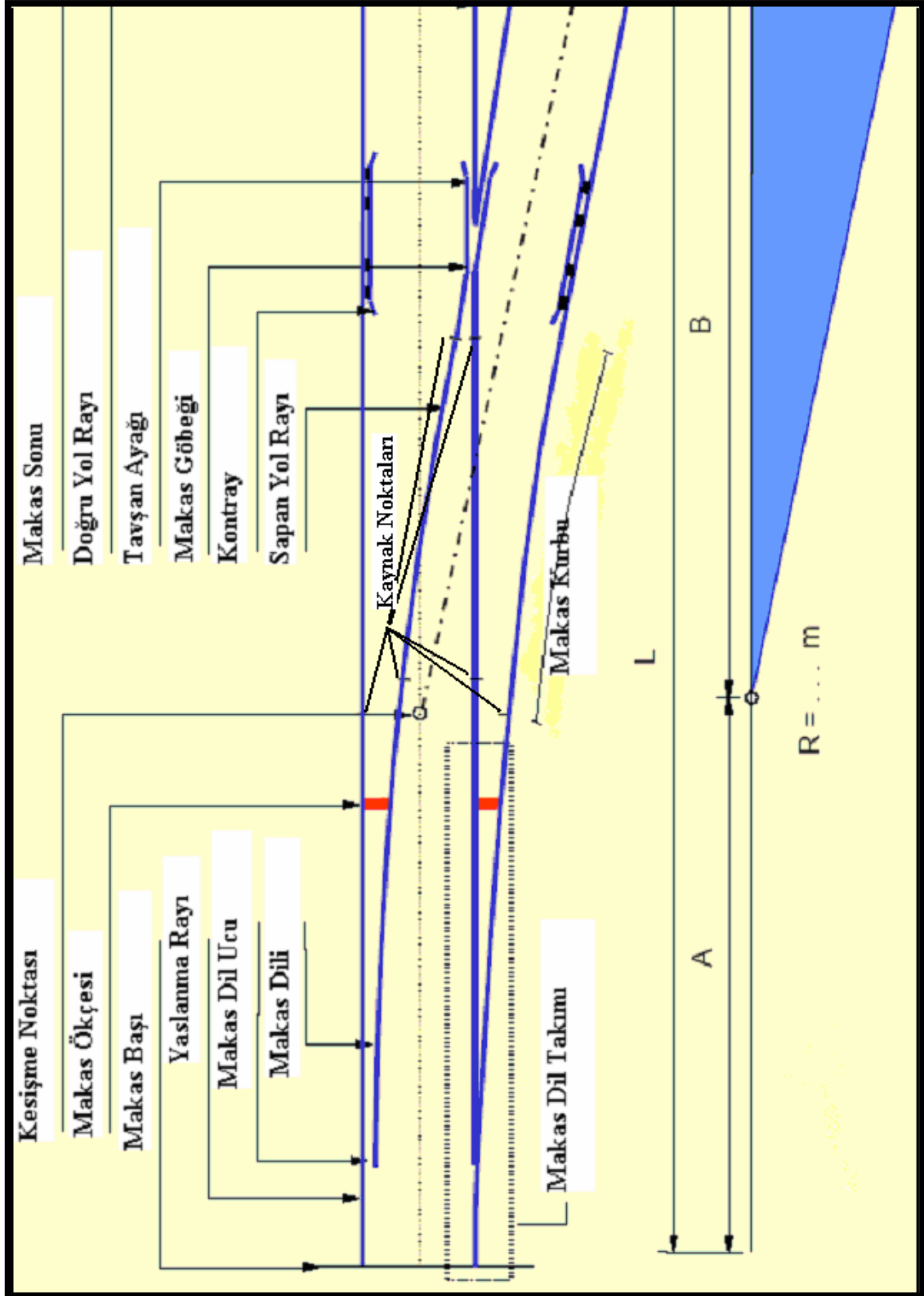
Şekil 1.68. Ray Yan Yüzeyinin Isıl İşlemle Deplasmanı

1.3.2.10. Makas Dil Takımı Ve Göbek Değiştirilmesi

Hat üzerinde bulunan makaslar; sağ ray, sol ray dil takımı olmak üzere iki dil takımından ve bir adet göbekten oluşur. Dil takımı ise yaslanma rayı ve makas dili olmak üzere iki parçadan oluşur. Bir makasta hiçbir zaman dil ve yaslanma rayı ayrı ayrı değiştirilmez, makas dili veya yaslanma rayından biri değiştirilecekse, dil takımının tümü değiştirilmelidir.

Bir makas üzerinde; dil ucundan 2 adet, makas sonundan 4 adet ve bazı makas tiplerinde de dil takımı ile göbeğin birleşim yerlerinde 4 adet olmak üzere 10 adet termit kaynak veya birleşim yeri vardır (Şekil 1.69). Dil takımını değiştirirken, göbek ile birleşim yerlerindeki termit kaynaklarla, dil ucundaki termit kaynakların dışından olacak şekilde rayların kesilmesi gerekmektedir. Makas takımı traversler üzerine veya sabit çelik seletler üzerine oturduğu için makas dil takımı veya göbek takımında ekstra hiçbir işlem yapılmaz. Sadece kesilen dil takımının mesafesi ölçülür ve yerine bırakılacak olan dil takımının da mesafesi ölçülerek, kaynak yapılacak kadar mesafeler bırakılacak şekilde yeni dil takımında varsa fazlalıklar kesilir. Dil takımını değiştirirken öncelikler tüm bağlantı elemanları sökülür, ray altı pedleri alınır ve birleşim yerlerindeki termit kaynaklar dış taraftan kesilerek dil takımı bakım aracının üstünde vinç tertibatı varsa vinç ile, yoksa ray maşaları vasıtasıyla kaldırılarak makastan alınır. Yeni dil takımı aynı şekilde makas üzerine yerleştirilerek ara kısımda bulunan bağlantı elemanları sıkılır. Dil ucu ve sonlarına termit kaynak yapılarak geri kalan tüm bağlantı elemanları sıkılır.

Makas göbeğinin değiştirilmesi işlemi de aynı şekilde yapılmaktadır. Öncelikle bağlantı elemanları sökülür, ray altı elastik pedler alınır ve birleşim yerlerindeki termit kaynaklar dış taraftan kesilerek, makas vinç veya ray maşaları vasıtasıyla hattan alınır. Aynı şekilde göbek yerleştirilir, uç kısımlarına termit kaynak yapılır ve tüm bağlantı elemanları sıkılır.



Şekil 1.69. Basit Makas Tertibatı

1.3.2.11. Ray Taşlama

Dar kurlarda dış raydaki hızlı yanal aşınmanın, alıymanlarda ray mantarı iç köşelerindeki aşınmanın ve ray yüzeyindeki ondülasyonların nedeni hiç şüphesiz uygunsuz ray teker ilişkisidir. Bu yüzden, hat bakımının en önemli amacı, raytekerlek temasının iyileştirilmesidir. Düzeltici bakım kapsamında yapılan taşlamalar raya yeniden profil vermek ve ondülasyonlu bölgeleri temizlemek için yapılır. Taşlama işlemi ray taşlama makineleri vasıtasıyla yapılır, (Şekil 1.70).

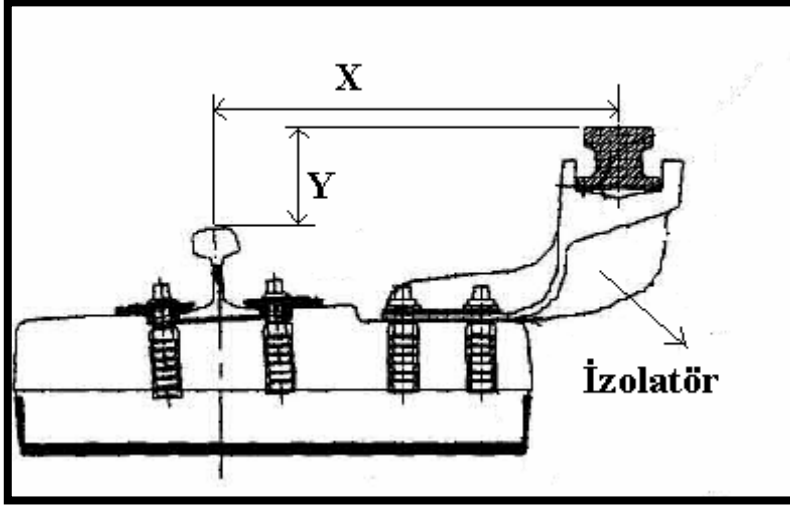


Şekil 1.70. Ray Taşlama Makinesi

1.3.2.12. 3.Ray Düzeltici Bakım İşleri

3.Ray da düzeltici bakım işlemleri olarak; 3.rayın düşey ve yatay pozisyonunun toleranslar dışında çıkması, genişleme derzi boşluklarının toleransın üstünde veya altında olması, 3.ray besleme bağlantı kablolarında oksitlenmeden dolayı kopmaların olması ve 3.ray ekipmanlarının (kapak, izolatör, soket profil vb. gibi) kırılması veya işlevlerini yerine getirememesi şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

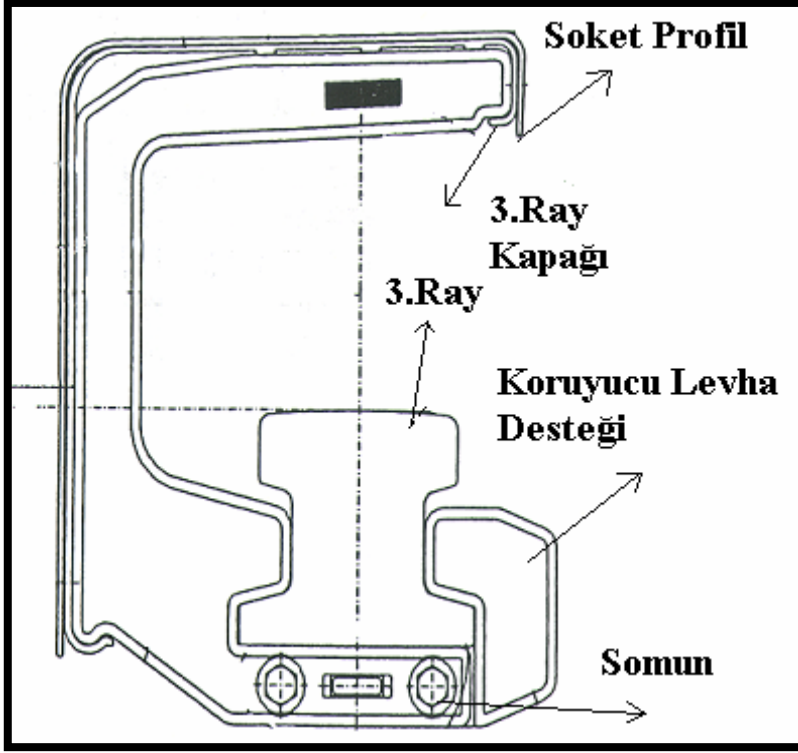
“x” mesafesini düzeltmek için krikoyla 3.ray kaldırılıp, izolatörün ileri geri hareket mesafesi kullanılarak 3.ray uygun konuma getirilir. ”y” mesafesini düzeltmek için; 3.ray yüksekse üst kısımdan 3.ray taşlanır, 3.ray düşükse, 3.rayı krikoyla kaldırılıp izolatör yerinden sökülerek izolatörün altına milimetrik şimler bırakılarak düşey mesafe ayarlanır (Şekil 1.71).



Şekil 1.71. 3.Ray Pozisyon Değerleri

Genleşme derzlerinin boşluk ayarlarını düzelmenin tek yolu 3.rayın serbest olan en yakın ucundan; mesafe fazla ise 3.rayın iteklenmesi, mesafe az ise 3.rayın çekilmesi gerekmektedir.

3.ray ekipmanlarının kırılması veya işlevlerini yerine getirememesi durumunda bunların değişmesi gerekmektedir. Koruyucu kapaklar 2-6 m arasında değiştiği için 6 m olan koruyucu kapakların değiştirilmesi 2 kişi tarafından yapılmalıdır. 3.ray koruyucu kapağını çıkarmak için önce her iki ucta kapakları birleştiren soket profiller çıkarılır ve kapağın arkasına geçilerek, 2 kişi aynı anda kapağın içine girdiği oluktan kapağın uç kısmını çekerek çıkarırlar. 3.ray koruyucu levha desteği de aynı şekilde kapak çıkarıldıktan sonra koruyucu levha desteklerinin somunları çıkarılarak koruyucu levha desteği 3.raydan çıkarılıp değiştirilir. İzolatörlerin değiştirilmesi ise bu iki işlemin takibinden sonra travers trifonlarının da çıkarılmasından sonra gerçekleştirilir.



Şekil 1.72. 3.Ray Koruyucu Kapakları Ve Koruyucu Levha Destekleri

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yıllık Bakım Planı ve Bakım Maliyetleri

2.1.1. Örnek Yıllık Bakım Planı

Yıllık bakım planları planlı şekilde olan periyodik bakımlar için yapılan programlardır. Periyodik (Koruyucu-Planlı) bakımlar belli periyotlarla ve belli sürelerde yapıldığı için programlanması ve bakım için ne kadar süre harcanacağı yaklaşık olarak bellidir.

Bu çalışmada örnek olarak İstanbul Metrosu'nda kullanılan yıllık bakım programı irdelenmiştir. Diğer kentiçi raylı sistemlerde de buna benzer yıllık bakım programları mevcuttur.

Çizelge 2.2'de de görüldüğü gibi hangi sistemin bakımının yapılacağı, bakımı yapılacak ekipmanın kodu, işin tanımı ve kodu (referansı), bakım aralığı (periyodu), işin süresi ve işi yapacak personel sayısı bakım tablosunda mevcuttur. Bu bakımların tümü haftalara dağıtılarak bakım periyoduna göre yıllık olarak yapılır. Yine aynı tabloda görüldüğü gibi bakımı yapılacak sistemin iş referansına göre tüm ekipmanlar ayrı ayrı sayfalarda yazılmıştır. Makro halinde hazırlanan program her hafta için çalıştırıldığında, o hafta yapılacak işleri ayrı bir sayfada, ve yapılacak işlerin ekipmanlarını ayrı bir sayfada hazırlar.

Çizelge 2.3'de ise, makro çalıştırıldığında 1. haftada süreleri yazan işler 1. haftanın bakım programını oluşturmaktadır.

Çizelge 2.1. İstanbul Metrosu Yıllık Bakım Planı

Sistem	Ekipman kodu	Ekipman Miktarı	Ekipman için İş Sınıfı Oluşumu	İş Referansı	İş Tanımı	Bakım Zaman Aralığı (Ay)	Bakım Günü	İş Süresi (dak.)	Personel Sayısı	Lojistik Süre (dak.)
Hat	HAT	36	1	HAT-2-CK-1	Görsel Kontrol	0,25	7	2	1	6
Hat	HAT	36	2	HAT-2-CK-2	Hat ve 3 Ray Görsel Kontrol	0,5	15	35	2	30
Makas	MKS	21	1	MKS-2-CK-1	Makas Görsel Kontrol	0,5	15	40	2	10
Makas	MKS	21	2	MKS-2-CK-2	Makas Boyutsal Kontrol	2,5	75	50	3	0
Makas	MKS	4	5	MKS-2-CK-5	Kritik Makas Görsel ve Boyutsal Kontrolü	0,25	7	60	2	15
Makas	MKS	21	1	MKS-1-SG-1	Makas yağlama	2,5	75	55	3	30
3.Ray	ERY	30	2	ERY-2-CK-2	İzalatör Tork Kontrolü	12	365	8	2	7
3.Ray	BBV	25	1	BBV-2-CK-1	Besleme Bağlantısı Kontrolü	6	180	9,5	2	3
3.Ray	ERY	45	1	ERY-2-CK-1	Pozisyon ve aşınma Kontrolü	12	360	5,5	2	2
3.Ray	GDZ	8	1	GDZ-2-CK-1	Boşluk Kontrolü ve Yağlama	12	360	30	2	15
Üstyapı	YMH	6	1	YMH-2-TG-1	Tork Kontrolü	12		40	2	30
Üstyapı	DTP	1	1	DTP-2-SG-1	Tampon Bakımı	12	365	260	2	30
Üstyapı	ICR	14	1	ICR-2-CK-1	İzole Cebre kontrolü	12	365	17	2	15
Drenaj	HAT	74	1	HAT-2-OV-1	Hat özel incelemesi	0,5	15	2	2	10
Üstyapı	YMH	8	2	YMH-2-OV-2	Hat Kontrolü	12	365	30	2	20
Makas	MMO	19	1	MMO-2-SG-2	Elektriksel+mekanik	3	90	20	2	3

Çizelge 2.2. Yıllık Bakım Planının Haftalık Bazda Dağıtılması

Haftalar ve yapılacak bakıma harcanan toplam süreler																	
Sistem		Ekipman kodu	Ekipman Miktarı	Ekipman için İş Smi Oluşumu	İş Referansı	İş Tanımı	Bakım Zaman Aralığı (Ay)	Bakım Süresi (Gün)	İş Süresi (dak.)	Personel Sayısı	Lojistik Süre (dak.)	1-Oca	8-Oca	15-Oca	22-Oca	29-Oca	5-Eyl
2																	
3	Hat	HAT	36	1	HAT-2-CK-1	Görsel Kontrol	0,25	7	2	1	6	144	144	144	144	144	144
4	Hat	HAT	36	2	HAT-2-CK-2	Hat ve 3 Ray Görsel Kontrol	0,5	15	35	2	30	2520		2520		2520	
5	Makas	MKS	21	1	MKS-2-CK-1	Makas Görsel Kontrol	0,5	15	40	2	10	1680			1680		
6	Makas	MKS	21	2	MKS-2-CK-2	Makas Boyutsal Kontrol	2,5	75	50	3	0						
7	Makas	MKS	4	5	MKS-2-CK-5	Kritik Makas Görsel ve Boyutsal Kontrolü	0,25	7	60	2	15	480	480	480	480	480	480
8	Makas	MKS	21	1	MKS-1-SG-1	Makas yağlama	2,5	75	55	3	30			3465			
9	3.Ray	ERY	30	2	ERY-2-CK-2	İzalatör Tork Kontrolü	12	365	8	2	7				480		480
10	3.Ray	BBV	25	1	BBV-2-CK-1	Besleme Bağlantısı Kontrolü	6	180	9,5	2	3				475		475
11	3.Ray	ERY	45	1	ERY-2-CK-1	Pozisyon ve açılma Kontrolü	12	360	5,5	2	2						
12	3.Ray	GDZ	8	1	GDZ-2-CK-1	Boşluk Kontrolü ve Yağlama	12	360	30	2	15		480			480	
13	Üstyapı	YMH	6	1	YMH-2-TG-1	Tork Kontrolü	12		40	2	30		480			480	480
14	Üstyapı	DTP	1	1	DTP-2-SG-1	Tampon Bakımı	12	365	260	2	30						
15	Üstyapı	İCR	14	1	İCR-2-CK-1	İzole Cebre kontrolü	12	365	17	2	15						
16	Drenaj	HAT	74	1	HAT-2-OV-1	Hat özel incelemesi	0,5	15	2	2	10	296			296		296
17	Üstyapı	YMH	8	2	YMH-2-OV-2	Hat Kontrolü	12	365	30	2	20		480		480		
18	Makas	MMO	19	1	MMO-2-SG-2	Elektriksel+mekanik	3	90	20	2	3	760					60
Levelled Schedule / MMO-2-SG-2 / HAT-2-CK-1 / HAT-2-CK-2 / MKS-2-CK-5 / MKS-2-CK-1 / MKS-2-CK-2 / MKS-1-SG-1 / ERY-2-CK-2 / BBV-2-CK-1 / EI																	
İş referansına göre ekipmanların yazılı olduğu sayfalar																	

Çizelge 2.3. Haftalık Bakım Programı

Şeflik: Hat bakım ve inşaat		İstanbul Metrosu Haftalık Bakım Planı										Tarih: 2007-1.Hafta			
Ekipman	Ekipman Miktarı	İş Referansı	İş Tanımı	Bakım Zaman Aralığı (Ay Olarak)	İş Süresi (dakika)	Personel Sayısı	W1	2007-WEEK #1							
Equipment	Qty of Equipment	Task Reference	Task Name	Periodicity (in Months)	Task Duration (Minutes)	Number of Staff	W1	Pazar tesisi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	
HAT	36	HAT-2-CK-1	Görsel Kontrol	0,25	2	1	144								
HAT	36	HAT-2-CK-2	Hat ve 3 Ray Görsel Kontrol	0,5	35	2	2520								
Makas	21	MKS-2-CK-1	Makas Görsel Kontrol	0,5	40	2	1680								
Makas	4	MKS-2-CK-5	Kritik Makas Görsel ve Boyutsal Kontrolü	0,25	50	2	480								
HAT	74	HAT-2-OV-1	Hat özel incelemesi	0,5	2	2	296								
Makas Motoru	19	MMO-2-SG-2	Elektriksel+mekanik	3	20	2	760								
TOTAL							5880								

2.1.2. Yıllık Yolcu Sayıları

İstanbul Kentiçi raylı sistemlerinin yıllar bazında aylık olarak ve toplamda taşıdıkları yolcu sayıları aşağıdaki tablolarda ki gibidir.

2005 yıllık yolcu sayısı;

Çizelge 2.4. 2005 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları

2005-AYLIK YOLCU SAYISI				
AYLAR	LRT	TRAMVAY	METRO	TOPLAM
OCAK	5.634.765	4.134.291	3.846.731	13.615.787
ŞUBAT	4.991.063	3.766.049	3.711.633	12.468.745
MART	5.786.935	4.816.341	4.308.687	14.911.963
NİSAN	5.783.229	5.154.020	4.097.353	15.034.602
MAYIS	5.996.870	5.159.643	4.058.162	15.214.675
HAZİRAN	5.800.122	4.883.690	3.757.242	14.441.054
TEMMUZ	5.768.121	4.608.360	3.307.696	13.684.177
AĞUSTOS	5.600.092	4.774.611	3.213.383	13.588.086
EYLÜL	5.943.786	4.835.818	3.699.682	14.479.286
EKİM	6.493.918	5.620.228	4.260.830	16.374.976
KASIM	6.278.843	4.934.469	4.291.557	15.504.869
ARALIK	6.395.644	5.347.133	4.720.927	16.463.704
TOPLAM	70.473.388	58.034.653	47.273.883	175.781.924

2006 yıllık yolcu sayısı;

Çizelge 2.5. 2006 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları

2006-AYLIK YOLCU SAYISI				
AYLAR	LRT	TRAMVAY	METRO	TOPLAM
OCAK	5.785.948	4.042.621	3.781.268	13.609.837
ŞUBAT	5.646.283	4.412.080	4.178.860	14.237.223
MART	6.593.220	5.660.382	4.789.792	17.043.394
NİSAN	6.490.320	5.489.164	4.333.461	16.312.945
MAYIS	6.776.212	5.569.916	4.515.296	16.861.424
HAZİRAN	6.773.129	4.954.793	4.371.052	16.098.974
TEMMUZ	6.262.532	6.125.517	4.100.507	16.488.556
AĞUSTOS	6.470.292	5.780.608	3.828.888	16.079.788
EYLÜL	6.137.399	5.706.565	3.957.581	15.801.545
EKİM	6.465.178	6.335.543	4.338.507	17.139.228
KASIM	7.005.316	6.560.282	5.086.982	18.652.580
ARALIK	7.216.568	6.636.424	5.294.564	19.147.556
TOPLAM	77.622.397	67.273.895	52.576.758	197.473.050

2007 yıllık yolcu sayısı;

Çizelge 2.6. 2007 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları

2007-AYLIK YOLCU SAYISI				
AYLAR	LRT	TRAMVAY	METRO	TOPLAM
OCAK	6.205.838	4.214.854	3.847.790	14.268.482
ŞUBAT	6.260.378	5.203.796	4.674.924	16.139.098
MART	7.335.301	6.484.567	5.194.881	19.014.749
NİSAN	7.202.847	6.294.732	4.586.385	18.083.964
MAYIS	7.522.529	6.539.470	4.905.720	18.967.719
HAZİRAN	7.655.837	5.653.155	5.004.989	18.313.981
TEMMUZ	6.779.840	7.511.092	4.688.318	18.979.250
AĞUSTOS	7.322.860	7.117.438	4.384.397	18.824.695
EYLÜL	6.533.309	6.697.476	4.224.292	17.455.077
EKİM	6.934.232	7.327.224	4.626.754	18.888.210
KASIM	7.687.842	7.986.295	5.932.961	21.607.098
ARALIK	8.048.734	7.882.967	5.880.145	21.811.846
TOPLAM	85.489.547	78.913.066	57.951.556	222.354.169

2008 yıllık yolcu sayısı;

Çizelge 2.7. 2008 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları

2008-AYLIK YOLCU SAYISI				
AYLAR	LRT	TRAMVAY	METRO	TOPLAM
OCAK	6.656.201	4.394.426	3.915.482	14.966.109
ŞUBAT	6.941.264	6.137.580	5.229.875	18.308.719
MART	8.160.906	7.428.758	5.634.230	21.223.894
NİSAN	7.993.597	7.218.522	4.854.072	20.066.191
MAYIS	8.351.044	7.677.794	5.329.903	21.358.741
HAZİRAN	8.653.585	6.449.950	5.730.866	20.834.401
TEMMUZ	7.339.880	9.210.080	5.360.392	21.910.352
AĞUSTOS	8.287.768	8.763.426	5.020.502	22.071.696
EYLÜL	6.954.758	7.860.453	4.508.977	19.324.188
EKİM	7.437.316	8.474.129	4.934.152	20.845.597
KASIM	8.436.867	9.722.281	6.919.629	25.078.777
ARALIK	8.976.861	9.363.653	6.530.491	24.871.005
TOPLAM	94.190.047	92.701.052	63.968.571	250.859.670

2009 yıllık yolcu sayısı;

Çizelge 2.8. 2009 Kentiçi Yolcu Taşıma Sayıları

2009-AYLIK YOLCU SAYISI				
AYLAR	LRT	TRAMVAY	METRO	TOPLAM
OCAK	7.139.246	4.581.648	3.984.366	15.705.260
ŞUBAT	7.696.203	7.238.924	5.850.703	20.785.830
MART	9.079.434	8.510.429	6.110.737	23.700.600
NİSAN	8.871.158	8.277.884	5.137.383	22.286.425
MAYIS	9.270.811	9.014.267	5.790.764	24.075.842
HAZİRAN	9.781.364	7.359.050	6.562.018	23.702.432
TEMMUZ	7.946.181	11.293.375	6.128.809	25.368.365
AĞUSTOS	9.379.819	10.790.068	5.748.895	25.918.782
EYLÜL	7.403.395	9.225.374	4.812.849	21.441.618
EKİM	7.976.900	9.800.556	5.261.973	23.039.429
KASIM	9.258.870	11.835.621	8.070.383	29.164.874
ARALIK	10.012.013	11.122.462	7.252.766	28.387.241
TOPLAM	103.815.394	109.049.658	70.711.646	283.576.698

2.2. İşletme Maliyetleri

İşletme maliyetleri kentsel raylı sistemlerde üzerinde durulması gereken bir konudur.

Bu tezin konusunu oluşturan raylı sistem işletme maliyetleri, şu başlıklar altında incelenmiştir:

- Enerji maliyetleri,
- Hat bakım maliyetleri,
- Sabit tesislerin bakım maliyetleri,
- Araçların bakım maliyetleri,
- Personel maliyetleri,
- Genel yönetim giderleri,
- Kira giderleri,
- Amortisman giderleri.

Bu çalışmada İstanbul'da hizmet vermekte olan Eminönü-Zeytinburnu tramvayı (çalışma başladığında Kabataş kısmı henüz faaliyete girmemiş olduğundan Eminönü- Zeytinburnu şeklinde alınmıştır), Aksaray-Havaalanı hafif metrosu ve Taksim- 4.Levent metrosu 2007, 2008 ve 2009 yılı için incelenmiştir. Çalışmada İstanbul Ulaşım A.Ş. nin 2007, 2008 ve 2009 yılına ait maliyet tabloları kullanılmıştır. Bazı kısımlarda bu tablolardaki rakamlar yerine ilgili müdürlükten alınan değerlerin kullanımı daha uygun görülmüştür.

2.2.1. Enerji Maliyetleri

Raylı sistemlerde enerji maliyetleri işletme açısından önemlidir. Raylı sistemlerin enerji tüketiminin en büyük kısmı araçları tarafından yapılmaktadır. Bunun dışında istasyonlarda ve hatta da aydınlatma vb. ihtiyaçlardan dolayı elektrik gereksinimi vardır ancak bu gereksinim araçların tüketimi ile kıyaslandığında çok fazla değildir. Raylı sistemlerin elektrik iletimi daha önce de kısaca değinildiği gibi havai katener sistemleriyle ya da 3. ray ile yapılmaktadır. Her sistemin kendi içinde avantajları ve dezavantajları vardır.

Kentsel raylı sistemlerde çeşitli şekillerde ve değişik gerilim seviyelerinde besleme hatları kullanılmaktadır. Raylı sistem elektrifikasyon sistemlerinde ilk zamanlar 600 VDC sistemi kullanılmıştır. Kent içi raylı ulaşım sistemlerinde son zamanlara kadar 750 VDC sistemi yoğun olarak kullanılmış ise de günümüzde artan yolculuk kapasiteleri dolayısı ile tren konfigürasyonlarında araçların sayısının artırılması, güç talebinin artması nedeniyle yeni yapılan hatların birçoğunda 1500 VDC gerilim seviyesi seçilmektedir (Alkaşı ve Açıkbaş, 2006).

İstanbul'daki kentsel raylı sistemlerde 750 VDC sistemi kullanılmasına karşın yatırım ve bakım maliyetlerinin düşük olması gibi avantajları olduğundan dolayı yeni planlanan hatların çoğu için 1500 VDC sistemi seçilmektedir. Ayrıca bu avantajlardan ve ileride yapılması planlanan hat entegrasyonlarından dolayı mevcutta 750 VDC katener sistemi olan bazı hatların bile cer gücü sistemlerinin değiştirilmesi zaman zaman gündeme gelmektedir. Ülkemizde Bursaray bu gerilim seviyesini kullanmaktadır. Dünyada bazı hatlarda da 600 VDC sistemi 1500 VDC'ye dönüştürülmüştür (Açıkbaş, 2006).

Bir raylı sistem hattında harcanan enerjiyi etkileyen ana etkenler aşağıda sıralanmıştır;

- **Hat Geometrisi;** eğimler, istasyon yerleri ve istasyonların birbirlerine olan mesafesi, kurplar, hız kısıtlamaları vb.
- **Araç Karakteristikleri;** kontrol sistemleri, ağırlıkları, yapıları, motorları, güç sistemleri vb.
- **Cer Gücü Sistemleri;** trafo yerleri ve sayısı, kullanılan ekipman tipleri, besleme sistemleri vb.
- **İşletme Karakteristiği;** sefer aralıkları, tren dizileri konfigürasyonları, işletme şekli (otomatik, yarı otomatik) vb, (Açıkbaş, 2006).

Bu çalışmada incelenen raylı sistemlerde araçların elektrik tüketimi net bir şekilde bilinmektedir; ancak bu sistemlerin üçünün de İstanbul Ulaşım Anonim Şirketi'ne ait olmasından dolayı sabit tesislerin ve hatların elektrik giderleri birbirinden ayrı olarak mevcut değildir. Bu yüzden hat enerji maliyetleri ve sabit tesis enerji maliyetleri ilgili, müdürlüklerden alınan katsayılarla hesaplanmıştır.

2.2.1.1. Eminönü-Zeytinburnu tramvay hattı enerji maliyetleri

Eminönü-Zeytinburnu tramvay hattı 750 VDC katener sistemi ile çalışmaktadır. Hattın 2007, 2008 ve 2009 yılları içinde tükettiği enerji Çizelge 2.9 da gösterilmiştir.

Elektrik maliyetleri hesaplanırken muhasebe tarafından elektrik için ödenen miktar kullanılmıştır. Bu değer araçların elektrik tüketimine karşılık ödenmiş gibi kabul edilmiştir. Çizelge 2.9’ da tramvay hattının yıllık elektrik tüketimi ve maliyetleri verilmiştir.

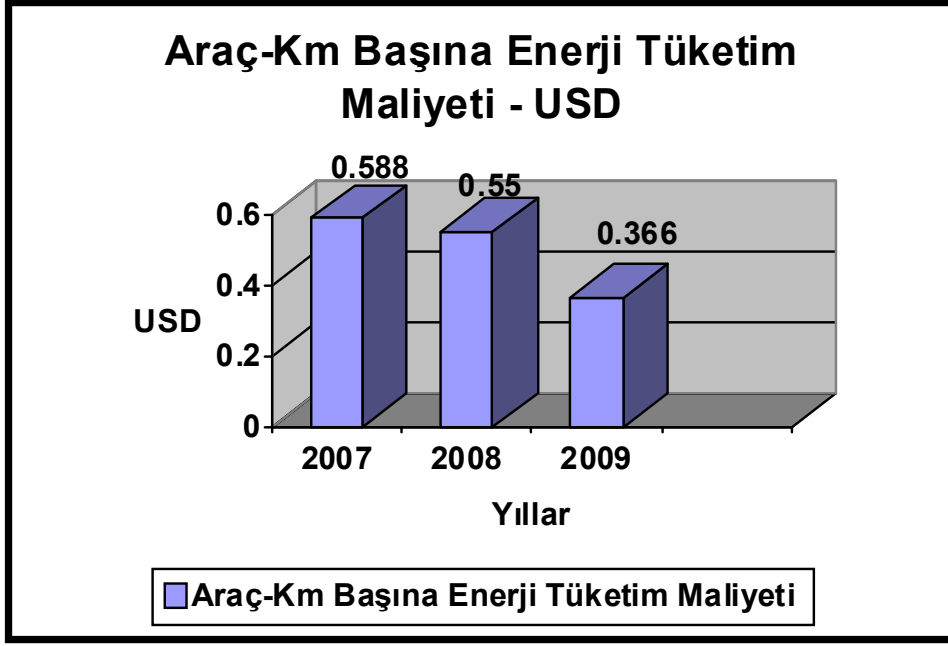
Çizelge 2.9. Tramvay Elektrik Tüketimi ve Maliyeti (<http://www.istanbul-ulasim.com.tr/default.asp>, 12.02.2010)

Yıl	Tüketim (KwH)	Maliyet (USD)
2007	12.110.090	1.698.326
2008	12.236.680	1.765.337
2009	13.845.220	1.657.569

Çizelge 2.9’ da görülen enerji maliyetleri hem araçlardaki hem de sabit tesislerde ve hattaki toplam elektrik tüketimidir. Bu tüketimin %99’u araçlar tarafından yapılmıştır (İstanbul Ulaşım A.Ş., 2007). Tüketilen elektriğin kalan %1’lik kısmı ise hat ve sabit tesisler için harcanmıştır. Şekil 2.1’ de elektrik tüketim maliyetleri görülmektedir ve Çizelge 2.10’da bu değerler verilmiştir.

Çizelge 2.10. Tramvay Araç ve Sabit Tesisler Elektrik Maliyeti (İstanbul Ulaşım A.Ş.)

Yıl	Araç Tüketimi (USD)	Sabit Tesis Tüketimi (USD)	Toplam (USD)
2007	1.681.343	16.983	1.698.326
2008	1.747.684	17.653	1.765.337
2009	1.640.993	16.576	1.657.569



Şekil 2.1. Tramvay Araç-Km Başına Elektrik Tüketim Maliyeti

Şekil 2.1. de tramvayın araç kilometre başına elektrik maliyetinin düştüğü görülmektedir. Bu elektriğin satın alındığı kurumla yapılmış anlaşmalara bağlı olabilir.

2.2.1.2.Aksaray-Havaalanı Hafif Metrosu Enerji Maliyetleri

Aksaray-Havaalanı hafif metrosu da Eminönü-Zeytinburnu tramvayı gibi 750 VDC katener sistemi ile çalışmaktadır. Çizelge 2.11 de bu hattın 2007, 2008 ve 2009 yıllarında tükettiği elektrik miktarları ve tüketilen elektriğin maliyeti verilmiştir.

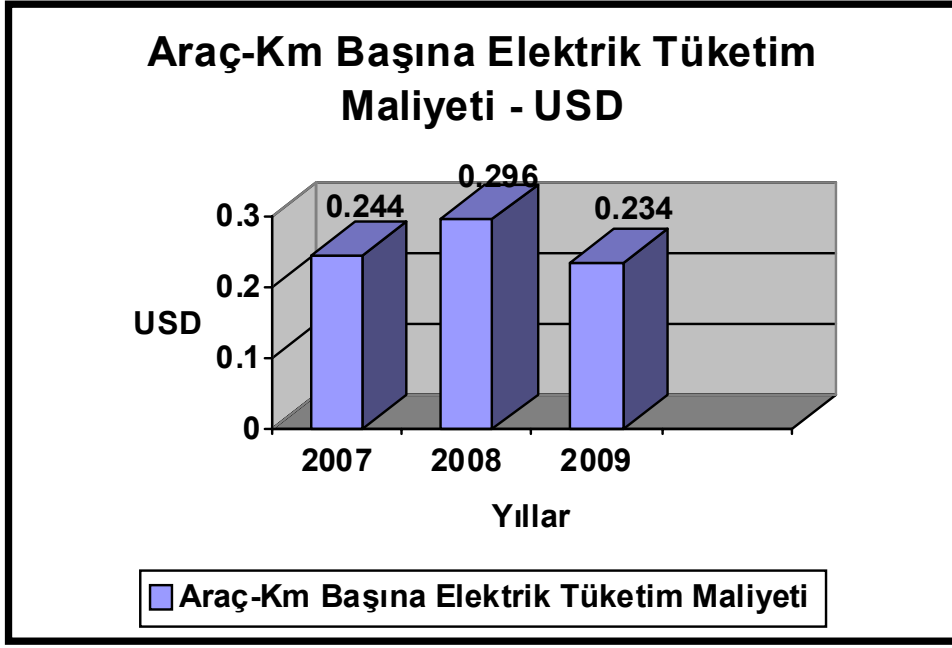
Hafif metro hattında tüketilen elektriğin %89' u araçlar tarafından, kalan % 11'i ise sabit tesisler tarafından harcanmıştır. Bu değerler Çizelge 2.12 ve Şekil 6.3'te görülmektedir.

Çizelge 2.11. Hafif Metro Elektrik Tüketimi ve Maliyeti (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Tüketim (KwH)	Maliyet (USD)
2007	29.999.613	1.950.220
2008	31.878.400	2.408.556
2009	33.922.976	2.057.555

Çizelge 2.12. Hafif Metro Araç ve Sabit Tesisler Elektrik Maliyeti (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Araç Tüketimi (USD)	Sabit Tesis Tüketimi (USD)	Toplam (USD)
2007	1.735.696	214.524	1.950.220
2008	2.143.615	264.941	2.408.556
2009	1.831.224	226.331	2.057.555



Şekil 2.2. Hafif Metro Araç-km Başına Elektrik Tüketim Maliyeti

Hafif metro araç-km başına elektrik maliyetlerinde Eminönü-Zeytinburnu tramvayındaki düşüş görülmemektedir, 2008 yılında elektriğin maliyeti artmış, 2009 da ise 2008 yılının altına inmiştir. Şekil 2.2’te hafif metro hattı için araç-km başına tüketilen elektriğin maliyeti görülmektedir. Araç-km başına maliyet 2009 yılı için daha düşüktür. Bunun sebebi de tramvayda olduğu gibi şirketin elektrik alım fiyatıyla ilgili olabilir.

2.2.1.3.Taksim–4.Levent Metrosu Enerji maliyetleri

Taksim–4.Levent metrosu da 750 VDC sistemi ile çalışmaktadır. Enerji araçlara 3.ray ile iletilmektedir. Bu hat diğer iki sistemle karşılaştırıldığında toplamda daha az elektrik tüketmektedir. Çizelge 2.13’te metro hattı elektrik tüketim miktarı ve maliyeti verilmiştir. Bunun hattın diğerlerinden kısa olması, işletmesinin düzenli olması, istasyon sayısının az olması gibi sebepleri vardır. Metro hattında istasyonlarda ve diğer tesislerde kullanılan elektrik tüketimi ise diğer iki sisteme göre daha fazladır. İstasyonlar yeraltında olduğundan aydınlatma ve havalandırma sistemleri çok önemlidir, ayrıca istasyonlarda bulunan yürüyen merdivenler ve bantlar da elektrik tüketimini önemli ölçüde arttırmaktadır.

Çizelge 2.13. Metro Elektrik Tüketimi ve Maliyeti (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

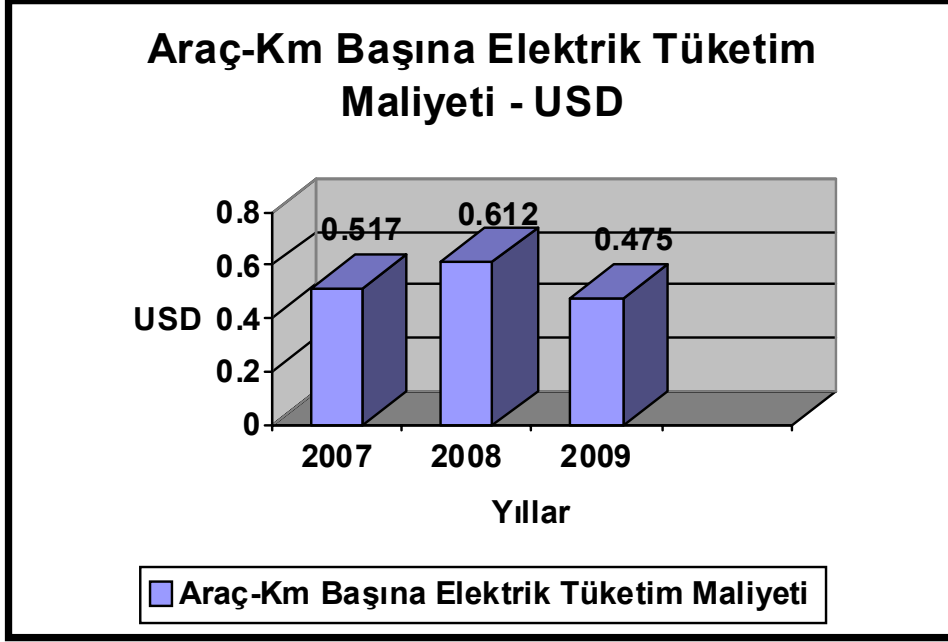
Yıl	Tüketim (KwH)	Maliyet (USD)
2007	17.537.220	1.808.896
2008	17.903.514	2.247.903
2009	19.313.443	1.831.764

Elektrik tüketiminin araçlar ve tesisler arasındaki dağılımına baktığımızda bunu daha iyi anlayabiliriz. Taksim–4.Levent metrosunda tüketilen elektriğin sadece %44’ü araçlar tarafından kullanılmaktadır, geri kalan kısmı ise tesisler tarafından kullanılmıştır (İstanbul Ulaşım A.Ş., 2007). Çizelge 2.14’ de metro hattında araçlar ve sabit tesisler tarafından kullanılan elektriğin maliyetleri verilmiştir.

Çizelge 2.14. Metro Araç ve Tesisler Elektrik Maliyeti (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Araç Tüketimi (USD)	Sabit Tesis Tüketimi (USD)	Toplam (USD)
2007	795.914	1.012.982	1.808.896
2008	989.077	1.258.926	2.247.903
2009	805.976	1.025.788	1.831.764

Taksim-4. Levent metrosunda da hafif metroda olduğu gibi 2009 yılında elektrik maliyetlerinde düşüş gerçekleşmiştir. Şekil 2.3 de düşüş görülmektedir. Bunun sebebi yukarıda da belirtildiği gibi elektriği satan firmayla yapılmış anlaşmalar olabilir.



Şekil 2.3. Metro Araç-km Başına Elektrik Tüketim Maliyeti

2.2.2. Hat Bakımı Maliyetleri

Klasik demiryolu üstyapısı, balast tabakası içine hat çerçevesinin yerleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Göreceli olarak düşük inşa gideri ve kısa yapım süresi, yapım hatalarını düzeltme imkanı, deyer ve geometride değişiklik imkanları, balastlı üstyapının çok önemli avantajlarıdır. Ancak balast yatağı demiryolu üstyapısının en zayıf elemanı durumundadır ve en yüksek bakım harcamalarını gerektirmektedir.

Yüksek hızlı hatlardaki deneyimler, balastlı hatların bakım ihtiyacının zaman ve maliyet açılarından daha fazla olduğunu göstermiştir. Yüksek hız hatlarında büyük hat kesimlerinin köprüler, viyadükler veya uzun tüneller içinde döşeniyor olması ve buralarda zaten uygun bir taşıyıcı tabakanın bulunması, ayrıca daha küçük taşıyıcı sistem kesiti ve daha küçük tünel gabarisi gerektirmesi gibi nedenlerle balast yerine beton tabaka veya plak gibi balastsız üstyapı tipi uygulanmaktadır. Balastsız üstyapı, sanat yapılarının dışında kalan kesimlerde de fazla bakım gerektirmeyen iyi bir seyir

yolu sağlayabilmek için uygulanmaktadır. Ayrıca, balastsız üstyapı sağladığı avantajlardan dolayı, kent içi raylı sistemler olan metro, hafif metro ve tramvay hatlarında da kullanılmaktadır. Bakım işlerinin kentlerde mevcut trafik altında yapılmasının, hem güç hem de çok masraflı olduğu, ayrıca trafiği aksattığı açıktır. Bundan dolayı genellikle hat bakım çalışmaları gece saatlerinde yapılmaktadır. Bir çok demiryolu kurumunda gece bakım çalışma süresi 5 saat civarındadır. Bazı hatlarda gece de işletme seferleri yapıldığı için bakım süresi devamlı azalmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, çok az bakım gerektiren balastsız hatlara talep artmaktadır (Öztürk ve Arlı, 2006).

Raylı sistem hatlarında iki tip bakım uygulanmaktadır. Bunlardan ilki koruyucu (önleyici) bakım ikincisi ise düzeltici (onarıcı) bakımdır.

Koruyucu bakım donanımında olabilecek muhtemel arızaların önüne geçilmesi için ekipmanda yapılan inceleme, muayene ve tetkiklerdir. Amaç, donanımın istenen koşullar altında tutulmasını sağlamaktır. Koruyucu bakım bir plan çerçevesinde haftalık, on beş günlük, aylık, üç aylık, altı aylık ve yıllık periyotlarla gerçekleştirilir.

Koruyucu bakım kontrolleri iki şekilde; a) görsel olarak ve b) ölçümle yapılır. Görsel kontroller sefer esnasında makinist tarafından ya da görevli kişiler tarafından hattın gezilmesi suretiyle olur. Görsel kontrollerde hat, 3. ray ve makaslar kontrol edilir. Ölçümle yapılan kontrollerde ise makas boyutları, bağlantı elemanları, hat geometrisi, besleme bağlantıları ve aşınmalar kontrol edilir. İstanbul Ulaşım A.Ş.' de uygulanan koruyucu bakımlar ve periyotları aşağıdaki gibidir;

- Makas bakımı; her hafta
- Mazgal temizliği; her ay
- Makas kontrolü; ayda bir
- Teknik hat kontrol; üç ayda bir
- Hız kontrol; üç ayda bir
- Makas ölçümü; yılda bir
- Ondülasyon ölçümü; yılda bir
- Ray aşınma ölçümü; yılda bir

Düzeltilici bakım bir arıza neticesinde sistemi eski haline getirmek için yapılan işlemlerin tümüne denir. Düzeltici bakımın amacı, sistemin çalışır ve emniyet kuralları açısından normal bir duruma getirilmesinin temin edilmesidir. Ray bağlantı elemanlarının değiştirilmesi ray kusurlarının tamirata ve rayların değiştirilmesi, travers

değiştirme, hat geometrisinin düzeltilmesi, izole cebirelerin değiştirilmesi, dolgu kaynağı yapılması, rayların taşlanması, makas dil takımı ve göbeklerinin değiştirilmesi, 3.ray izolatörlerinin değiştirilmesi, 3.Ray besleme bağlantısı bakır levhalarının kaynaklanması, 3.ray pozisyonun korunması ve 3.rayın pozisyona getirilmesi, 3.ray genişleme derzlerinin ayarlanması gibi bakımlar düzeltici bakımlardır.

Bu kısımda sunulan tablolarda yalnızca bakımlarda sarf edilen malzeme maliyetleri verilmiştir. İşçilik maliyetleri personel maliyetleri kısmında incelenmiştir. Ayrıca hatların bakımlarında kullanılan araçların akaryakıt giderleri de hat bakım maliyetlerine dahil edilmiştir.

2.2.2.1. Eminönü-Zeytinburnu Tramvayı Hat Bakım Maliyetleri

Eminönü-Zeytinburnu tramvay hattı altyapısının yetersizliğinden, giderek artan yolcu talebinden dolayı sürekli olarak onarıcı bakıma ihtiyaç duymaktadır.

Hattın 2007 yılı maliyetleri hat bakım müdürlüğünden alınan maliyet tablosundan alınmıştır. Bu bakımların listesi ve maliyetleri Çizelge 2.15. de gösterilmiştir.

Çizelge 2.15. Tramvay Hattı 2007 Yılı Hat Bakım İşleri ve Maliyetleri
(<http://www.istanbul-ulasim.com.tr/default.asp>, 12.02.2010)

	İşin Cinsi	Birim/ B. Fiyat	Toplam Tutar (USD)
1	PARKE ÇALIŞMASI	m ²	66
		\$12,09	798
2	YOL TAMİRATI	m	145
		\$114,31	16.575
3	MAKAS KAYNAK DOLGUSU	Adet	12
		\$234,17	3.410
4	RAY KAYNAK DOLGUSU	Mtül	47
		\$151,28	7.110
5	ASFALTLAMA	Ton	118
		\$62,49	7.374
6	TERMİT KAYNAĞI	Adet	51
		\$149,37	7.618
7	RAY TAŞLAMA	Mtül	-
		\$80,00	-
8	YTA YÖNELİK YOL ÇALIŞMALARI	Takım	2.408
		\$35,62	85.762
9	MASTİK DOLGU YAPIMI	Mtül	2.454
		\$11,14	27.332
10	DİĞER İŞLER		-
			91.773
Bakım Çalışmaları Toplamı			247.752

Ancak bu tabloda yer alan yeni tramvay aracına yönelik yol bakım çalışmaları işletme maliyetlerinde hesaba katılmayacaktır. Yani 2007 yılı bakım maliyeti **161.990 USD** olarak alınmıştır.

2008 yılı içinse hat bakım müdürlüğünden alınan maliyet tablosu ile muhasebeden alınan işletme maliyetleri tablosundaki rakam birbirine yakın olduğundan muhasebeden alınan 333.779 USD maliyet olarak kabul edilmiştir.

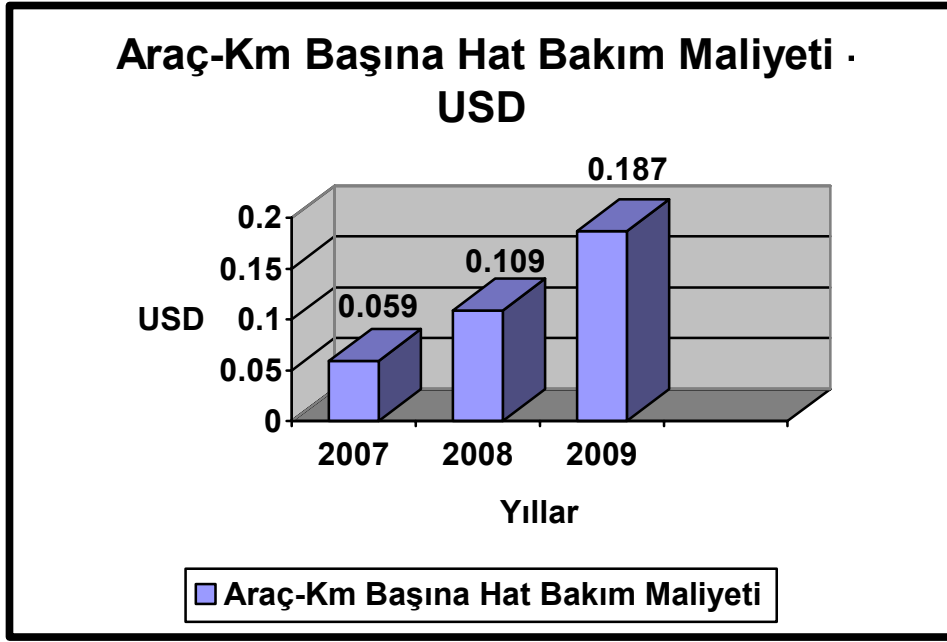
2009 yılında ise muhasebe tarafından başlatılan uygulamayla bütün bakım onarım giderleri tek kalem altında toplandığından bu değer hattın bir önceki yıl içinde ilgili bakım maliyetinin toplam bakım maliyetine oranı kullanılarak ilgili kısımlara dağıtılmıştır.

Ayrıca akaryakıt giderleri de hat bakım maliyetlerine dahil edilmiştir.

Çizelge 2.16. Tramvay Hat Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Hat Bakım	Akaryakıt	Toplam
2007	161.990	8.134	170.124
2008	333.779	17.525	351.304
2009	596.624	40.036	636.660

Tramvay hattı bakım maliyetlerinin yüksek çıkmasının bir nedeni hatta yapılan uzatmalar ve bu uzatmalardan ötürü gerekli olan, yeni bir noktaya makas koyulması, istasyon yerinin kaydırılması gibi revizyonlardır. Bu revizyonların maliyetleri ayrı olarak tutulmadığından bakım maliyetleri içerisinde görünmektedir.



Şekil 2.4. Araç-km Başına Tramvay Hat Bakım Maliyetleri

2.2.2.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metrosu Hat Bakım Maliyetleri

Aksaray-Havaalanı hafif metrosunda balastlı bir altyapı vardır ve bu hat bakım maliyetlerini yükseltmektedir. Balastlı raylı sistemlerde balastların çok düzenli şekilde kontrol edilmesi ve hasarların ya da bozuklukların en kısa sürede onarılması gerekmektedir. Balastlardaki bozulma sistemin diğer tüm birimlerini etkiler, raylardaki ve araç yürüyen aksamındaki aşınma değerleri yükselir, raylar ondülasyon yapabilir, kaynaklar kopabilir hatta araçlar yoldan çıkabilir.

Çizelge 2.17' de hafif metro hattının Ulaşım A.Ş. Atölye Müdürlüğünden alınmış 2007 yılı maliyetleri görülmektedir. 2008 yılındaki maliyetleri yine müdürlükten alınmıştır. 2009 yılı için ise tramvayda olduğu gibi maliyetler 2008 yılının ilgili maliyetlerinin toplam maliyete olan oranı kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 2.17. Hafif Metro Hattı 2007 Yılı Hat Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

BAKIM ÇALIŞMALARI			
	İşin Cinsi	Birim/B. Fiyat	Toplam (USD)
1	MAKAS GÖBEĞİ DOLGU KAYNAĞI	Takım	38
		\$195,00	7.410
2	RAY CONTASI DOLGU KAYNAĞI	Adet	85
		\$70,00	5.950
3	TERMİT KAYNAĞI YAPIMI	Adet	72
		\$240,00	17,280
4	RAY CONTASI BAKIMI	Adet	1.033
		\$8,50	8.781
5	RAY TAŞLAMASI	Mtül	950
		\$3,15	2.993
6	MANUEL BURAJ	M.Ray	36
		\$4.16	150
7	MAKİNE İLE BURAJ	M.Yol	29.400
		\$2.88	84.672
8	MANUEL DRESAJ	M.Yol	250
		\$10,00	2.500
9	CONTALARDA BALAST DEĞİŞİMİ	m ³	-
		\$20,00	-
10	BALAST TESVİYE	Mtül (tek yol)	22.954
		\$2,35	53.942
11	BALAST TAKVİYESİ	m ³	1.000
		\$22,00	22.000
12	KANAL TEMİZLİĞİ	Mtül	6.500
		\$3,00	19.500
13	RAY DEĞİŞTİRME	Ton	33,86
		\$1.735,00	58.745
14	İZOLE CONTA DEĞİŞİMİ	Adet	1
		\$327,00	327
15	MAKAS DİLİ DEĞİŞİMİ	Takım	1
		\$8.450,00	8.450
16	YABANİ OT İLAÇLAMA	Km	72
		\$25,00	1.800
17	MAKAS BAKIM VE YAĞLAMA	Adet	591
		\$11,00	6.501
18	HAT KONTROLÜ ÇALIŞMASI	Yevmiye	86
		\$50,00	4.300
19	DİĞER İŞLER	Adet	
		\$61,00	12.500
Bakım Çalışmaları Toplamı			317.800

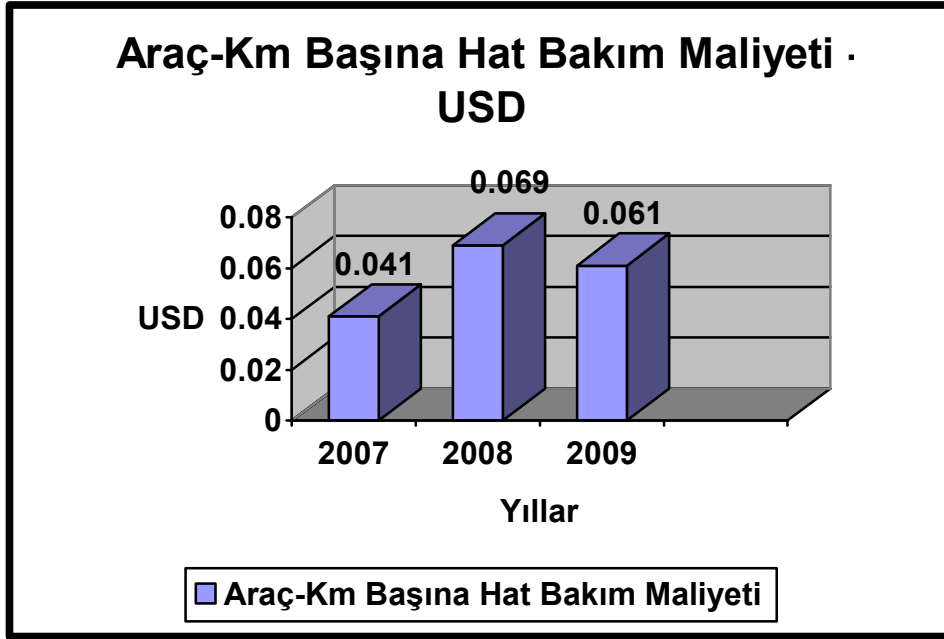
Çizelge 2.18’ de Hafif metro hattının 3 yıllık maliyetleri verilmiştir.

Çizelge 2.18. Hafif metro hat bakım maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Hat Bakım (USD)	Akaryakıt (USD)	Toplam (USD)
2007	317.800	8.810	326.610
2008	541.652	18.375	560.027
2009	339.519	60.742	400.261

Hafif metro hattının bakım maliyetlerinin hattın bazı kısımlarının balastlı olmasından ve hattın diğer sistemlerden daha uzun olmasından dolayı diğer iki sisteme göre daha fazla olması gerekir. Tramvay hat bakım maliyetlerinin yüksek olmasının nedeni önceki bölümde bahsedilen revizyonlardır.

Şekil 2.5’ de hafif metro hattı araç-km başına hat bakım maliyetleri görülmektedir. 2008 yılında araç-km başına bakım maliyeti 2007 yılına göre yaklaşık %75 artış göstermiştir, 2009 yılı hat bakım maliyeti ise 2008 yılına yakındır.



Şekil 2.5. Hafif Metro Araç-km Başına Hat Bakım maliyeti

2.2.2.3. Taksim–4.Levent Metrosu Hat Bakım Maliyetleri

Taksim–4.Levent metrosu 2000 yılında işletmeye açılmıştır. Hat yeni olduğundan bakım maliyetleri benzer sistemlere göre oldukça düşüktür. İleriki yıllarda hat eskidikçe bu maliyet daha da atacaktır. Hattın balastsız olmasının da bakım maliyetlerinin düşük olmasında payı vardır. Çizelge 2.19’da metro hattı 2007 yılı hat bakım maliyetleri verilmiştir.

2007 yılı bakım maliyetleri için diğer iki sistemde olduğu gibi sadece malzemelerin maliyeti alınmıştır. Bu yıl içerisinde çalışma konusu üç hattın toplam bakım onarım maliyetleri diğer yıllara göre düşük olduğundan bu rakamda karar kılınabilmektedir. Ancak 2008 ve 2009 yılı maliyetleri ise toplam bakım maliyetleri dağıtılarak elde edilmiştir. Çünkü malzeme maliyetleri toplam bakım maliyetleri yanında çok ufak kalmaktadır. Örneğin hattın bakımı için 2008 yılında kullanılan malzeme tutarı 103.906 USD’dir. Ancak muhasebe kayıtlarında metro işletmesi için 558.000 USD, hafif metro işletmesi için 205.000 USD ve tramvay içinse 334.000 USD bakım onarım gideri gözükmektedir. Bunun yanında Sabit Tesisler Müdürlüğü ve Elektrik Elektronik Tesisler Müdürlüğünün bakım onarım gideri toplamı da 1.200.000 USD’den fazladır. Bu maliyetler 2007 yılı toplam bakım onarım maliyetinin çok üzerindedir.

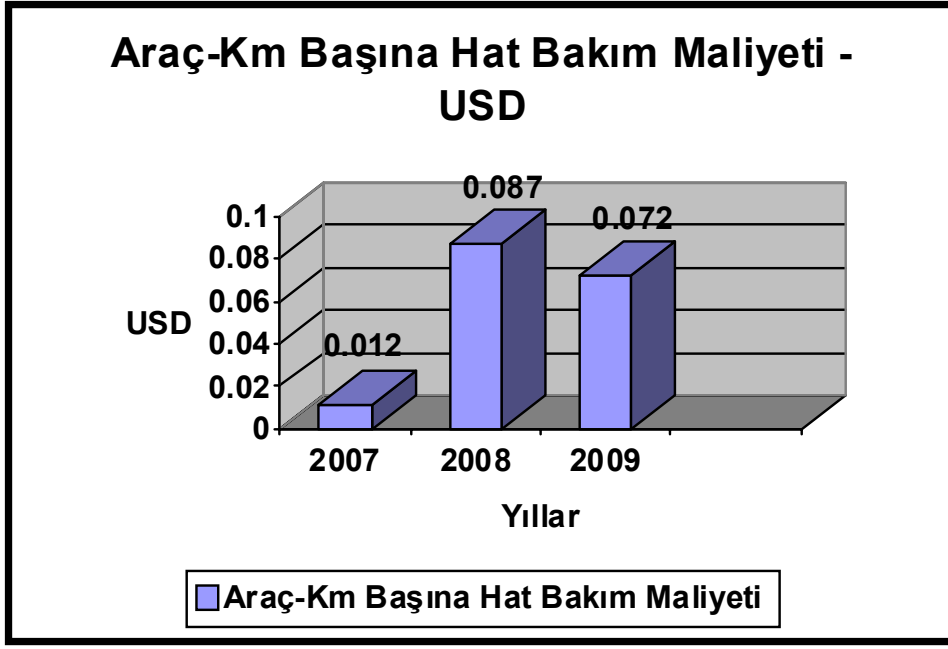
Çizelge 2.19. Metro Hattı 2007 Yılı hat Bakım İşleri ve Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Sıra No	İşin Cinsi	Sistem Adı	Miktar	Birim	B.Fiyat (USD)	TUTAR (USD)
1	Makas Göbeği Değiştirme	Makas	1	Adet	15.470	15.470
2	Makas Dil Rayı ve Yas. Rayı Değiştirme	Makas	1	Adet	12.866	12.866
3	Makas Göbek ve Tavşan Ayağı Kaynağı	Makas	7	Adet	98,09	686,63
4	Makas Genel Arızalar	Makas			1.623	1.623,8
5	Thermit Kaynağı	Makas	2	Adet	158,89	317,78
6	Conta Dolgu Kaynağı	Üstyapı	1	Adet	72,89	72,89
7	3.Ray Genel Arızalar	3.Ray			160,49	160,49
8	Travers Değiştirme	Üstyapı	7		170,20	1191,4
9	Ray Taşlama İşlemleri	Üstyapı	1.240	Metre	0,40	496,00
10	Üstyapı Geometrisi	Üstyapı			452,00	452,00
11	Mazgal Temizliği-Açılması	Drenaj Sistemleri	24	Adet	5,00	120,00
Bakım Çalışmaları toplamı			33.458,11			

Çizelge 2.20. Metro Hattı Hat Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Hat Bakım (USD)	Akaryakıt (USD)	Toplam (USD)
2007	33.458	8.810	42.268
2008	301.947	18.375	320.322
2009	148.795	60.742	209.537

Bakım maliyetleri 2009 yılı için 2008 yılından daha azdır. Bu durum maliyetleri dağıtırken hata olabileceğini düşündürse de 2008 yılında 103.906 USD olan malzeme maliyetleri 2009 için 30.000 USD civarındır. Çizelge 2.20’ de metro hattı bakım maliyetleri verilmiştir, maliyetlerdeki değişim tabloda görülmektedir. Şekil 2.6. da metro hattının araç-km başına hat bakım maliyetleri verilmiştir. Burada bakım maliyetlerinin düşük olduğu açıkça görülmektedir, bunun sebebi de yukarıda belirtildiği gibi hattın çok yeni olmasıdır.



Şekil 2.6. Metro Araç-km Başına Hat Bakım maliyeti

2.2.3. Sabit Tesislerin Bakım Maliyetleri

Raylı sistemlerde sabit tesis maliyetlerinin maliyetler içindeki yeri sistemin türüne göre farklılık göstermektedir. Tramvay istasyonlarında bakım maliyetleri sistemin diğer maliyetlerine göre çok düşüktür. Hafif metro ve metroda ise aydınlatma, yürüyen merdivenler ve bantlar, altyapı sistemleri gibi bakım ve onarım maliyetleri yüksek elemanlar vardır.

Sabit tesis maliyetleri her sistem için ayrı olarak bulunmadığından 2007 ve 2008 yılları için Sabit Tesisler Müdürlüğü ve Elektrik Elektronik Tesisler Müdürlüğü harcamaları tramvay, hafif metro ve metro arasında o yılki araç kilometre değerlerine oranlanarak dağıtılmıştır.

2009 yılı için ise araç, hat ve sabit tesis maliyet değerleri tek bir değer olarak bulunduğundan bu maliyetler 2008 yılı içerisindeki oranlara göre hesaplanmıştır. Örneğin, araç bakımları için o hattın 2008 yılı araç bakım maliyetlerinin toplam bakım maliyetlerine oranı kullanılmıştır. Aynı yöntem sabit tesis ve hat bakım maliyetlerinde de uygulanmıştır.

Ayrıca bu üç raylı sistemin su harcamaları da sabit tesis maliyetlerine dahil edilmiştir.

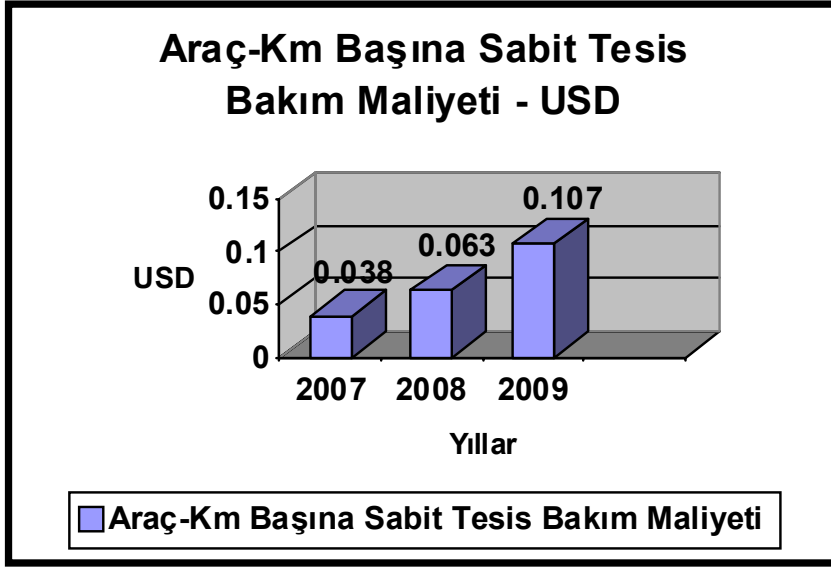
2.2.3.1. Eminönü-Zeytinburnu Tramvayı Sabit Tesis Bakım Maliyetleri

Eminönü-Zeytinburnu tramvay hattı sistemin diğer bakım maliyetlerine göre düşüktür. Bunun sebebi de sistemdeki sabit tesislerin basit oluşundandır. İstasyonlar hafif metro yada metro hatlarındaki kadar donanımlı değildir. Ama yine de istasyonlarcaddelerde olduğu için doğadan ve çevredeki faktörlerden kolaylıkla etkilenmektedir bu yüzden zaman zaman beklenmedik maliyetler çıkabilmektedir.

Çizelge 2.21. Tramvay Hattı Sabit Tesis Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

	Sabit Tes. ve E.E. Tes. (USD)	Su Gideri (USD)	Toplam (USD)
2007	106.752	4.346	111.098
2008	194.519	8.457	202.976
2009	347.699	16.692	364.391

Tramvay sabit tesis bakım maliyetlerinde bu artışın nedeni yine önceki bölümde sözü edilen tramvay hattındaki uzatma çalışmalarının ve revizyonların bakım giderleri içerisinde yer almasıdır.



Şekil 2.7. Tramvay Hattı Araç-km Başına Sabit Tesis Bakım Maliyetleri

2.2.3.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metrosu Sabit Tesis Bakım Maliyetleri

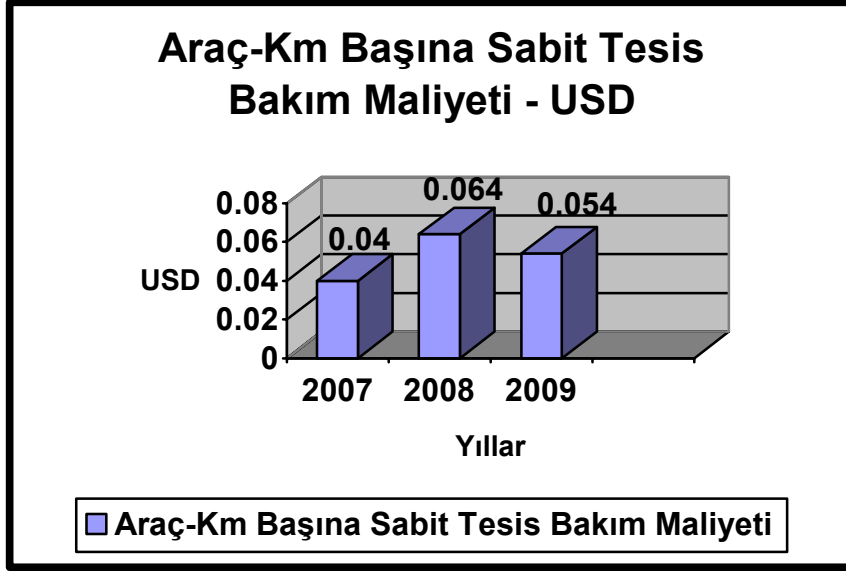
Aksaray-Havaalanı hattında istasyonların bazıları yüzeyde bazıları viyadükte ve bazıları da tünelde olduğundan çok çeşitli sabit tesis bakımları gerekebilmektedir. Çizelge 2.22’de bu hattın bakım maliyetleri verilmiştir. Bu hattın sabit tesis bakımları metro hattına göre daha yüksektir ancak bunun sebebi bu hattın daha eski ve bir çok kısmının balastlı olmasıdır.

Çizelge 2.22. Hafif Metro Hattı Sabit Tesis Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

	Sabit Tes. ve E.E. Tes. (USD)	Su Gideri (USD)	Toplam (USD)
2007	295.292	27.232	322.524
2008	492.720	26.263	518.983
2009	339.519	19.799	359.318

Çizelge 2.22’de görüldüğü gibi hattın 2009 yılı toplam bakım maliyeti 2008 yılına göre daha düşüktür. Bunun sebebi üç sistem için toplam olarak verilen 2008 yılı hat bakım ve sabit tesis bakım maliyetlerini bu üç sistemin araç-km değerlerine göre

paylaştırmanın çok sağlıklı bir yöntem olmaması olabilir. Aynı durum Şekil 2.8. de verilen araç-km başına sabit tesis bakım maliyetlerinde de görülmektedir.



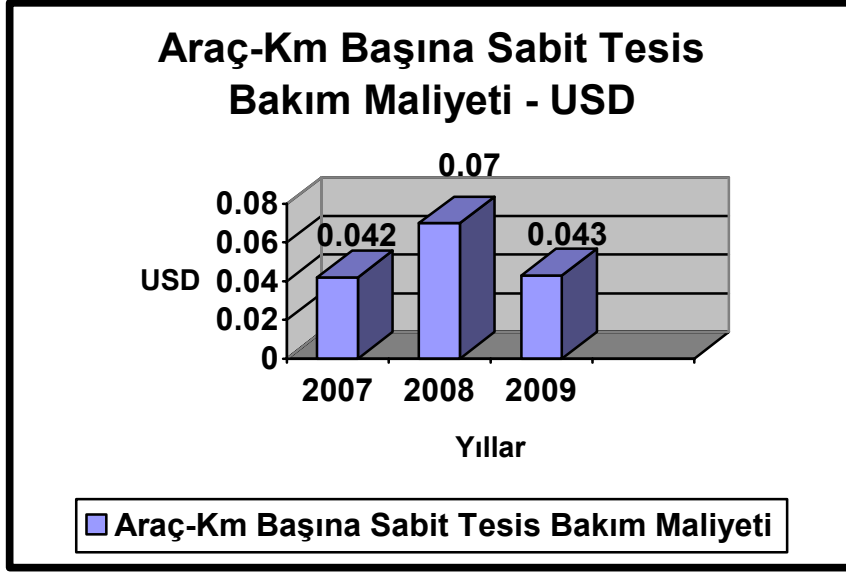
Şekil 2.8. Hafif Metro Hattı Araç-km Başına Sabit Tesis Bakım Maliyetleri

2.2.3.3. Taksim-4.Levent Metrosu Sabit Tesis Bakım Maliyetleri

Taksim-4.Levent metrosunda 6 adet istasyon bulunmaktadır ve bu istasyonlar yüzeyde olmadıkları için havalandırma, aydınlatma ve yolcuları istasyon içinde taşımaya yarayan birçok sistem bulunmaktadır. Çizelge 2.23'te hattın sabit tesis maliyetleri verilmiştir.

Çizelge 2.23. Metro Hattı Sabit Tesis Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

	Sabit Tes. ve E.E. Tes. (USD)	Su Gideri (USD)	Toplam (USD)
2007	129.289	18.949	148.238
2008	218.359	35.064	253.423
2009	108.145	14.441	122.586



Şekil 2.9. Metro Hattı Araç-km Başına Sabit Tesis Bakım Maliyetleri

Çizelge 2.23’de görüldüğü gibi bu hattın da 2008 yılı bakım maliyeti diğer yıllara göre fazladır. Metro hattında 2008 yılı maliyetlerinin gereğinden fazla olması yine 2008 yılında bakım giderlerinin araç-km değerlerine göre dağıtılmasından kaynaklanmaktadır. Metro hattı sabit tesis bakımları 2008 yılı için bu nedenle yüksek çıkmıştır. Yine aynı nedenden ötürü Şekil 2.9. da araç-km maliyetlerinde de 2007 ve 2009 yılı değerleri birbirine yakınken 2008 yılı maliyeti bunlara oranla yaklaşık %75 daha fazladır.

2.2.4. Araç Bakım Maliyetleri

Raylı sistemlerde araç bakımları sistemlerin türüne göre farklı periyotlarla yapılmaktadır.

Bu bölümde de yalnız bakım için sarf edilen malzeme maliyetleri ele alınmıştır. Ancak işçilik maliyetleri de bilgi fikir vermesi amacıyla verilmiştir. İşçi saat ücreti Ulaşım A.Ş ilgili birimleri tarafından 9 USD olarak hesaplanmıştır.

Net araç bakım maliyetlerinin dışında atölye müdürlüğünün 2007 yılına ait harcaması olan **663.740 USD** tramvay, hafif metro ve metro sistemleri arasında sabit tesis maliyetlerinde olduğu gibi o yılki araç kilometre değerlerinin oranlarına göre her sistemin araç bakım maliyetlerine eklenmiştir.

2008 yılında ise atölye müdürlüğü bakım harcamaları yine aynı şekilde araç kilometrelerin toplam araç kilometreye oranına göre dağıtılmıştır.

2009 yılı için ise yine hat ve sabit tesis bakımlarındaki yöntem uygulanmıştır.

Buna rağmen araç bakımlarındaki maliyet değişiminin net ve sağlıklı bir şekilde gözlemlenebilmesi için çıplak araç bakım maliyetlerinin karşılaştırması da yapılacaktır.

2.2.4.1. Eminönü-Zeytinburnu Tramvay Hattı Araç Bakım Maliyetleri

Bugün kullanılmakta olan Bombardier markalı araçlar 2004 yılında hizmete girmiştir. Daha öncesinde ABB tipi araçlar kullanılmakta idi.

ABB araçlarının bakımı hafif metro araç bakımı kısmında incelenmiştir.

RTE aracı bir konsept araçtır ve denemeleri bu hatta yapılmıştır, bu aracın bakım maliyetleri de ABB araçlarıyla aynı kabul edilmiştir.

Yeni tramvay araçları olan Bombardier markalı araçların dört adet periyodik bakımı vardır. Bunlardan sırasıyla;

- B2 bakımı; her 20.000km
- B4 bakımı; her 40.000km
- B8 bakımı; her 80.000km
- B16 bakımı; her 160.000km’de yapılmaktadır.

Bu araçların tümüne 2004 yılı içerisinde işletmeye girene kadar depoda beklediklerinden dolayı zamana bağlı bakım yapılmıştır. Ancak bu bakım maliyeti işletme maliyetlerine dahil edilmemiştir. Bu hattaki araçlara yapılan bakımların sayısı Çizelge 2.24’ te verilmiştir.

Çizelge 2.24. Tramvay Hattı Araç Bakım Sayıları (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	B2	B4	B8
2007	53	48	46
2008	61	54	53
2009	109	55	20

B2, B6, B8 bakımının maliyeti araç başına işçilik dahil ortalama 85USD’dır, bunun 45USD’ı işçilik,40USD’ı ise malzeme içindir. B4 bakımı ise 110 USD’dır, yine bu bakımın da 45 doları işçiliktir. Bu bakımların maliyetleri ile ilgili çalışmalar Ulaşım A.Ş. bünyesinde devam etmektedir.

Bu yıl içerisinde 53 Bombardier aracının B2 bakımı, 48 ABB aracının da 1. bakımı yapılmıştır. Bu bakımların 3.644USD'lık bir maliyeti olmuştur. 2005 yılındaki toplam maliyet 8.070 USD, 2006 yılındaki toplam ise 8.735 USD'dır.

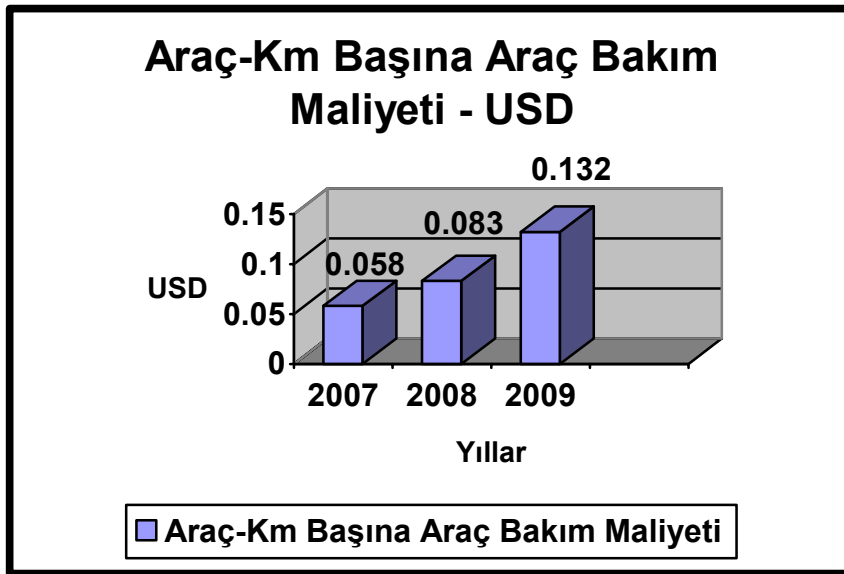
Çizelge 2.25. Tramvay Hattı Araç Bakım Malzeme Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	B2(USD)	B4(USD)	B8(USD)	TOPLAM
2007	2.120	3.120	1.840	7.080
2008	2.440	3.510	2.120	8.070
2009	4.360	3.575	800	8.735

Çizelge 2.26. Tramvay Hattı Araç Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Atölye Md. (USD)	Bakım (USD)	Toplam (USD)
2007	76.213	90.044	166.257
2008	265.506		265.506
2009	447.801		447.801

Araç bakımlarında kullanılan malzeme maliyetleri Çizelge 2.25' de verilmiştir. Araç bakım maliyetleri için atölye müdürlüğünün ve toplam giderlerinin araç-km değerlerine göre dağıtılması ile elde edilmiş maliyetler Çizelge 2.26' de gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Tramvay hattı araç-km başına araç bakım maliyeti

Çizelge 2.26’da araç bakım maliyetlerindeki artış görülmektedir. Bu artışın nedeni araç kilometrelerinin artmasıyla araçların daha fazla bakıma girmeleridir. Ayrıca bu hatta uzatmalar yapılmış fakat hattaki araç sayısı arttırılmamıştır. Bu nedenle her aracın sefer kilometresinde artış olmuştur, bu da araç bakım sayısının yani araç bakım maliyetlerinin artmasına neden olmuştur.

Şekil 2.10’ da tramvay hattındaki araçların araç-km başına araç bakım maliyetleri görülmektedir. Araç-km başına maliyetlerde toplam araç bakım maliyetleri gibi her önceki yıla göre artış göstermiştir.

2.2.4.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metro Araç Bakım Maliyetleri

Bu hatta 2004 yılı içerisinde 80 adet ABB aracı hizmete girmiştir. ABB araçlarının üç adet bakımı vardır. Araçlara her 10.000 kilometrede 1. bakım, her 100.000 kilometrede 2. bakım ve her 400.000 kilometrede 3. bakım yapılmaktadır. Araçlara yapılan bakımların sayısı Çizelge 2.27 da görülmektedir.

Çizelge 2.27. Hafif metro araç bakım sayıları (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Bakım	2007	2008	2009
1. Bakım	765	849	781
2. Bakım	63	71	69
3. Bakım	31	31	27

1. bakım maliyeti 78USD işçilik ve 45USD malzeme olmak üzere toplam 123USD’dır. 2. bakım maliyeti ise 257USD’dır, bu rakamın 162USD işçilik ve 95USD malzeme maliyetidir. 3. bakım ağır bakım olarak geçmekle beraber 1. ve 2. bakıma göre daha yüksek maliyete sahiptir. 3. bakım ortalama 5,5 günde tamamlanmaktadır ve işçilik maliyeti 13.860USD’dır, malzeme tutarı ise 7.871USD’dır.

Çizelge 2.28. Hafif Metro Araç Bakım Malzeme Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

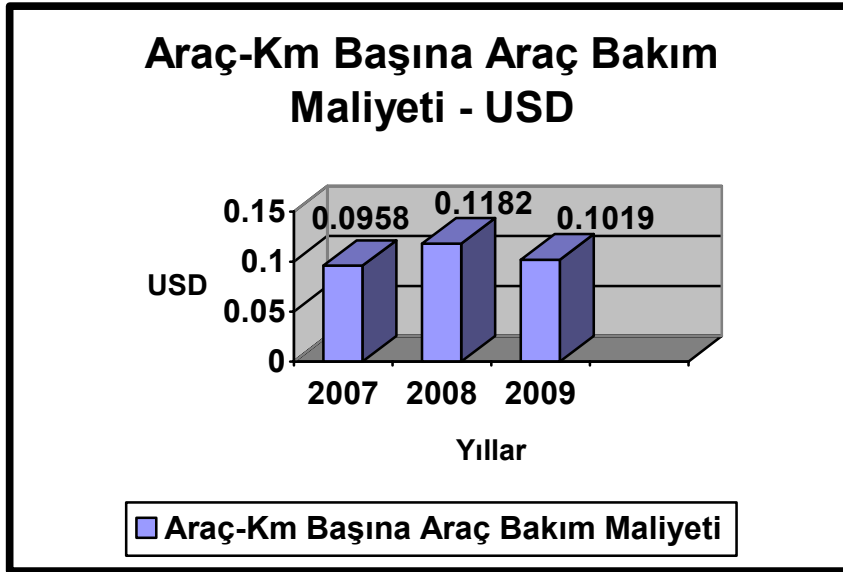
Bakım	2007(USD)	2008(USD)	2009(USD)
1. Bakım	34.425	38.205	35.145
2. Bakım	5.985	6.745	6.555
3. Bakım	244.001	244.001	212.517
TOPLAM	284.411	288.951	254.217

Çizelge 2.28’de araç bakımları için kullanılan malzemelerin maliyeti görülmektedir. Araç bakım maliyetleri için atölye müdürlüğünün ve toplam giderlerinin araç-km değerlerine göre dağıtılması ile elde edilmiş bulunan maliyetler Çizelge 2.29 da verilmiştir.

Çizelge 2.29. Hafif Metro Hattı Araç Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Atölye Md. (USD)	Bakım (USD)	Toplam (USD)
2007	495.226	269.530	764.756
2008	961.167		961.167
2009	673.183		673.183

Şekil 2.11’de araç-km başına araç bakım maliyetleri görülmektedir. Bu maliyetler tramvay hattında olduğu gibi birbirinden çok farklı değildir bunun sebebi bu hattın daha eski olması ve araç bakımlarının belli bir rutine girmiş olmasıdır.



Şekil 2.11. Hafif Metro Hattı Araç-km Başına Araç Bakım Maliyeti

2.2.4.4. Taksim-4.Levent Metrosu Araç Bakım Maliyetleri

Taksim-4.Levent metro hattında Alstom marka araçlar kullanılmaktadır. Bu vardır araçların şu an yapılmakta olan üç tip bakımı.

- P1 bakımı; her 10.000km
- P6 bakımı; her 60.000km
- P12 bakımı; her 120.000km

Bu bakımlar normal bakımlardır, hat henüz yeni olduğundan araçlar ağır bakım ihtiyacını gerektirecek kilometreye gelmemişlerdir.

P1 bakımının maliyeti araç başına ortalama 97,95USD'dır, bu rakamın 55,05USD'ı malzeme, 42,90USD'ı ise işçilik maliyetidir. P6 bakımı ise bu bakımdan malzeme olarak 4,80, işçilik olarak ise 29,51USD doları daha fazladır. P12 bakımının maliyeti ise 132,36USD olan P6 bakımından işçilikte 98,456 ve malzemede 46,837USD daha maliyetli olup toplam 277,55USD tutmaktadır. Metro araçlarına 2007, 2008 ve 2009 yılında yapılan bakım sayıları Çizelge 2.30 da gösterilmiştir.

Çizelge 2.30. Metro Hattı Araç Bakım Sayıları (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Bakım	2007	2008	2009
P1	73	80	78
P6	8	8	8
P12	9	8	7

Çizelge 2.31. Metro Yıllı Araç Bakım Malzeme Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

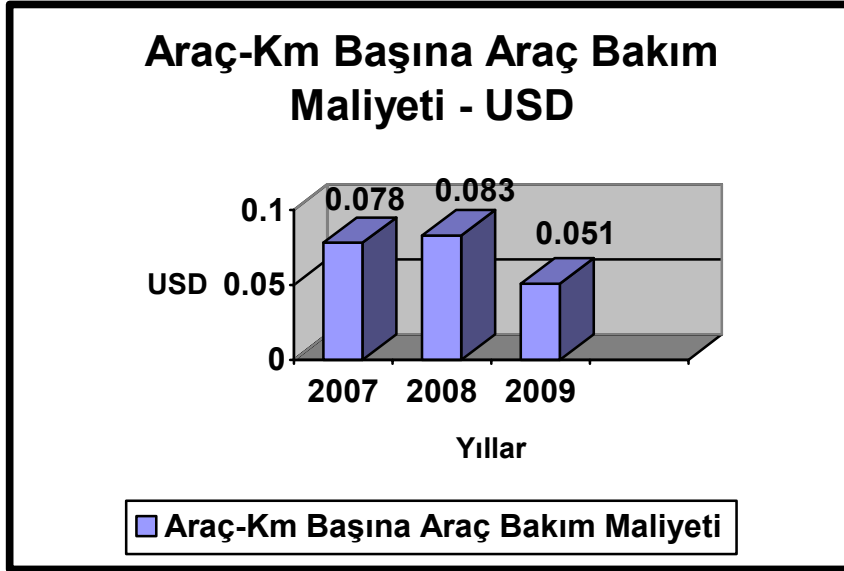
Bakım	2007(USD)	2008(USD)	2009(USD)
P1	12.556	13.760	13.416
P6	1.504	1.504	1.504
P12	2.772	2.464	2.156
TOPLAM	16.832	17.728	17.076

Metro araçları bakıma diğer iki sistemden farklı olarak diziler halinde girmektedir, yani bir P1 bakımı 4 aracın P1 bakımından geçmesi manasına gelmektedir. Çizelge 2.32'te metro araçlarının bakımında kullanılan malzemelerin maliyeti verilmiştir.

Çizelge 2.32. Metro Yıllık Araç Bakım Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Atölye Md. (USD)	Bakım (USD)	Toplam (USD)
2007	92.302	181.215	273.517
2008	299.123		299.123
2009	148.144		148.144

Şekil 2.12’de görüldüğü gibi metro hattı araç bakım maliyetlerinde bir düşüş olmuştur. Bakım sayıları üç yıl içinde hemen hemen aynı olmasına karşın ortaya çıkan bu düşüşün sebebi belirli olmayan maliyetlerin dağıtılmasının sağlıklı yapılamıyor olmasıdır.



Şekil 2.12. Metro hattı araç-km başına araç bakım maliyeti

2.2.5. Personel Maliyetleri

Personel maliyetleri işletme maliyetleri içinde en büyük gider kalemini oluşturmaktadır. Bu giderler içinde maaşları oluşturan primler ikramiyeler, tazminatlar, sigortalar ve yardımlar bulunmaktadır. Tramvay hafif metro ve metro personeli dışındaki personelin maaşları da araç kilometreler oranında dağıtılmıştır.

Çizelge 2.33. 2007 Yılı Personel maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

	Kadrolu (USD)	Taşeron (USD)
TRAMVAY	1.845.761	1.273.594
HAFİF METRO	1.654.706	1.521.531
METRO	4.798.224	1.541.188
GENEL YÖNETİM	9.227.033	70.470
ATÖLYE MD.	1.244.221	
SABİT TES. MD.	1.295.957	
E.E. TES. MD.	820.823	
TOPLAM	20.886.725	4.406.783

Taşeron personelden şoförlük, jeton dağıtım ve satışı, istasyon görevlisi, güvenlik, çaycılık, temizlikçilik gibi konularda hizmet alınmaktadır.

Çizelge 2.34. 2008 Yılı Personel maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

	Kadrolu (USD)	Taşeron (USD)
TRAMVAY	2.360.772	1.575.829
HAFİF METRO	2.296.274	2.232.849
METRO	5.280.503	1.892.209
GENEL YÖNETİM	9.376.332	574.101
ATÖLYE MD.	1.430.131	
SABİT TES. MD.	1.385.831	
E.E. TES. MD.	847.337	
TOPLAM	22.977.180	6.274.988

Çizelge 2.35. 2009 Yılı Personel maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

	Kadrolu (USD)	Taşeron (USD)
TRAMVAY	3.019.483	1.949.786
HAFİF METRO	3.186.592	2.143.872
METRO	5.811.256	1.578.476
GENEL YÖNETİM	9.528.047	1.481.007
ATÖLYE MD.	1.643.819	
SABİT TES. MD.	1.481.938	
E.E. TES. MD.	874.707	
TOPLAM	25.545.843	7.153.141

Aşağıdaki tabloda personel maliyetleri tramvay, hafif metro ve metroya dağıtılmış halde görülmektedir. Burada yine genel yönetim ve diğer müdürlüklerin toplam maliyetleri sistemlerin araç-km değerlerine göre her üç sisteme dağıtılmıştır.

Çizelge 2.36. Toplam Personel Maliyetleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Tramvay (USD)	Hafif Metro (USD)	Metro (USD)	Toplam (USD)
2007	5.662.630	10.211.282	9.419.597	25.293.508
2008	6.683.718	12.128.024	10.440.426	29.252.167
2009	7.822.364	14.031.476	10.845.144	32.698.984

2.2.6. Genel Giderler

Genel giderler işletme maliyetleri başlıkları altına sokulamayan diğer giderlerden oluşmaktadır. Bunlar bazı vergi ve harçlar, personel taşıma, yemek, sigorta ücretleri, personel iş elbisesi, tanıtım giderleri, ısınma gibi giderlerdir. Bu maliyetler içinde en dikkat çekici olan Çizelge 2.37’de görüldüğü gibi Akbil bakım onarım gideridir. Genel giderler altındaki diğer dikkat çekici maliyetler ise genel yönetim sigorta giderleri ve genel yönetim vergi ve harç giderleridir.

Çizelge 2.37. 2007 Yılı Genel Giderleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)(USD)

Genel Giderler	Tramvay	Hafif Metro	Metro	Genel Yönetim	At. Md.	Sa. Ts. Md.	E.E. TS. MD	Toplam
Vergi, Resim, Harç				290.371				290.371
Sigorta Giderleri	17.724	3.491	6.476	229.786	237.515	90.464	54.436	639.892
Taşıma Giderleri	18.849	23.621	18.886	9.114	3.329	7.770	2.496	84.065
Seyahat Giderleri				90.302				90.302
Danışmanlık Ücreti				58.125				58.125
Kanunen Kabul Edl. Gidr.				53.153				53.153
Posta-Tel.				104.501				104.501
Kırtasiye ve Basılı Kağıt				79.519				79.519
Akbil Bakım Onarım	590.122	739.790	374.940	0				1.704.852
Personel İş Elbisesi	11.952	15.088	11.811	84.367	40.155	30.488	9.854	203.715
Personel Yemek Giderleri	27.048	31.087	86.441	211.717	42.776	56.878	42.344	498.291
Isıtma Fuel Oil Giderleri		978		22.447				23.425
Bilgi İşlem Giderleri.				32.419				32.419
Tanıtım Giderleri		1.729	0	158.271	0	0	0	160.000
Diğer Giderler	11.830	13.312	63.528	353.911	2.256	11.691	6.532	463.060
TOPLAM	677.525	829.096	562.082	1.778.003	326.031	197.291	115.662	4.485.690

Tramvay, hafif metro ve metro haricindeki diğer birimlerin genel giderleri bu sistemlere dağıtılırken önceki bölümlerde yapıldığı gibi diğer birimlerin genel giderleri araç kilometre oranlarına göre bu 3 sisteme dağıtılmıştır.

Çizelge 2.38. Tramvay, Hafif Metro ve Metro Genel Giderleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Tramvay (USD)	Hafif Metro (USD)	Metro (USD)
2007	1.163.132	2.172.352	1.150.206
2008	1.554.347	2.616.991	1.520.373
2009	1.056.889	2.219.463	1.101.680

2.2.7. Kira Giderleri

Ulaşım A.Ş. İBB'nin sahibi olduğu özel bir kuruluştur. Şirket İBB'ye, işlettiği hatlara karşılık belirli kiralar ödemektedir. Bunlar işletme maliyeti sayılmasa da şirketin büyük gider kalemlerinden olduğu için maliyet hesaplarına dahil edilmiştir.

Çizelge 2.39. Tramvay, Hafif Metro ve Metro Kira Giderleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.)

Yıl	Tramvay (USD)	Hafif Metro (USD)	Metro (USD)
2007	10.895.615	14.657.861	8.862.203
2008	13.019.683	16.200.841	10.294.167
2009	2.873.460	3.566.073	2.335.666

2.2.8. Amortismanlar

Amortismanlar bir işletmede eskijen varlıklar için kardan ayrılan paraya denir. Ulaşım A.Ş. de hatların amortismanları muhasebe tarafından belirlenmektedir. Bu kısımda dikkat çeken bir nokta Çizelge 2.40 da görüldüğü üzere hafif metro amortismanlarının diğer iki sisteme göre çok düşük olmasıdır.

Çizelge 2.40. Tramvay, Hafif Metro, Metro ve Diğer Amortisman Giderleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.) (USD)

YIL	Tramvay	Hafif Metro	Metro	Genel	Tesis	Atölye
2007	11.797.760	51.754	7.390.258	570.822	325.605	1.261.416
2008	8.640.954	12.741	4.947.476	264.505	1.040.648	257.087
2009	642.983	55.033	3.535.320	356.637	652.418	554.257

Çizelge 2.41’ de sabit tesis, atölye ve genel amortisman giderleri araç-km değerine göre her üç raylı sisteme dağıtıldıktan sonraki toplamaları verilmiştir.

Çizelge 2.41. Tramvay, Hafif Metro ve Metro Amortisman Giderleri (İstanbul Ulaşım A.Ş. verileri.) (USD)

Yıl	Tramvay	Hafif Metro	Metro
2007	12.231.302	1.250.989	7.915.324
2008	8.956.199	884.751	5.322.462
2009	710.775	261.775	3.617.423

2.3. Toplam Maliyetler

Her üç sistem içinde toplam maliyetler ayrı ayrı gösterilmiştir. Grafiklerle de maliyetlerin dağılımı ve zaman içindeki değişimi açıklanmaya çalışılmıştır.

2.3.1. Eminönü-Zeytinburnu Tramvay Hattı Toplam Maliyetleri

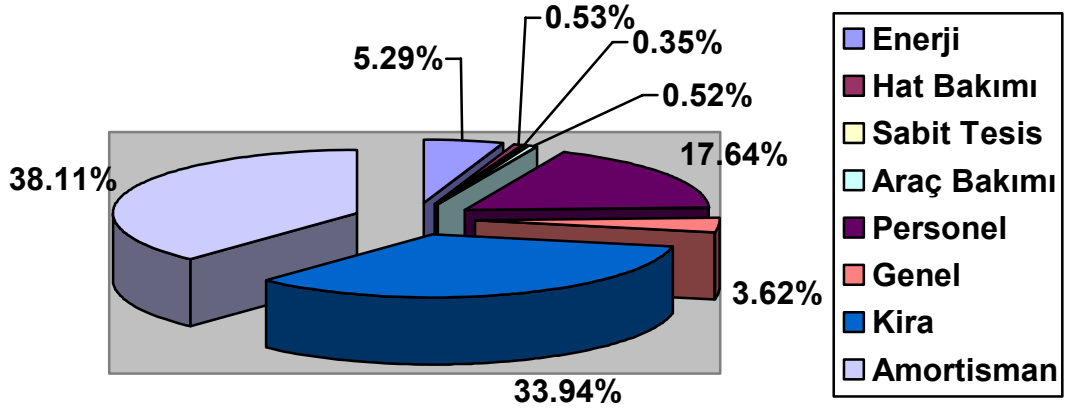
Eminönü-Zeytinburnu tramvay hattının 2009 yılı maliyetleri önceki yıllara göre oldukça düşüktür. Bunun başlıca nedeni kira giderlerinin ve amortisman değerlerinin az olmasıdır. Ancak bununla beraber tüm bakım maliyetlerinin arttığı görülmektedir. Enerji maliyeti de önceki yıllardan düşüktür ancak birbirlerine aşağı yukarı çok yakın değerlerdir.

Çizelge 2.42. Tramvay Toplam İşletme Giderleri (USD)

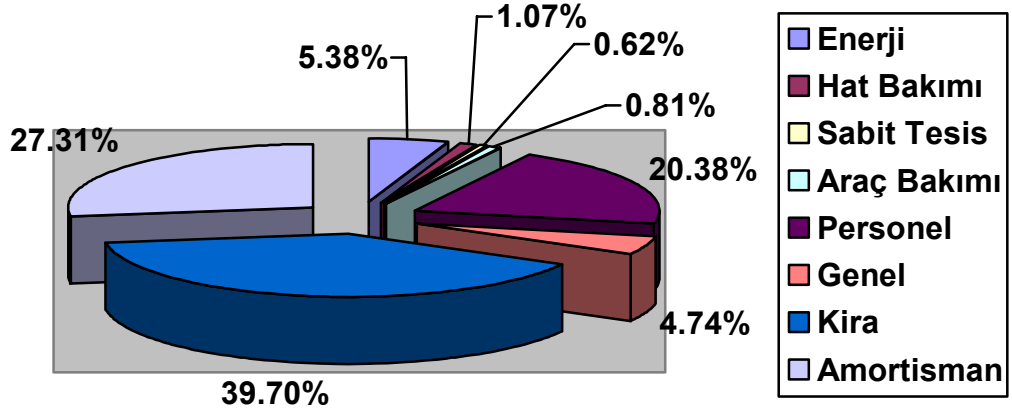
TRAMVAY	2007	2008	2009
ENERJİ	1.698.326	1.765.337	1.657.569
HAT BAKIM	170.124	351.304	848.880
SABİT TESİS	111.098	202.976	458.855
ARAÇ BAKIM	166.257	265.506	597.068
PERSONEL	5.662.630	6.683.718	10.429.819
GENEL	1.163.132	1.554.347	1.409.185
KİRA	10.895.615	13.019.683	3.831.280
AMORTİSMAN	12.231.302	8.956.199	947.700
TOPLAM	32.098.483	32.799.068	20.180.356

Tramvay hattının 2007, 2008 ve 2009 yıllarındaki gider kalemleri ve bu kalemlerin toplam giderler içindeki yüzdesi aşağıdaki Şekil 2.13’de gösterilmiştir. Maliyetlerin en büyük kalemini kiralar oluşturmaktadır. Bakım ve enerji giderleri ise toplam maliyetin küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Şekil 2.13’de Eminönü-Zeytinburnu tramvay hattı maliyetlerinin dağılımları görülmektedir. Kira gideri aslında işletme maliyetleri içinde olmamalıdır ancak işletme için kayda değer büyüklükte bir rakamdır. Bu yüzden araç-km başına maliyet kiralı+amortismanlı, kirasız+amortismanlı ve kirasız+amortismansız olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Şekil 2.14 de araç-km başına maliyetler verilmiştir. Kira ve amortismandan sonra en büyük gider ise personel giderleridir.

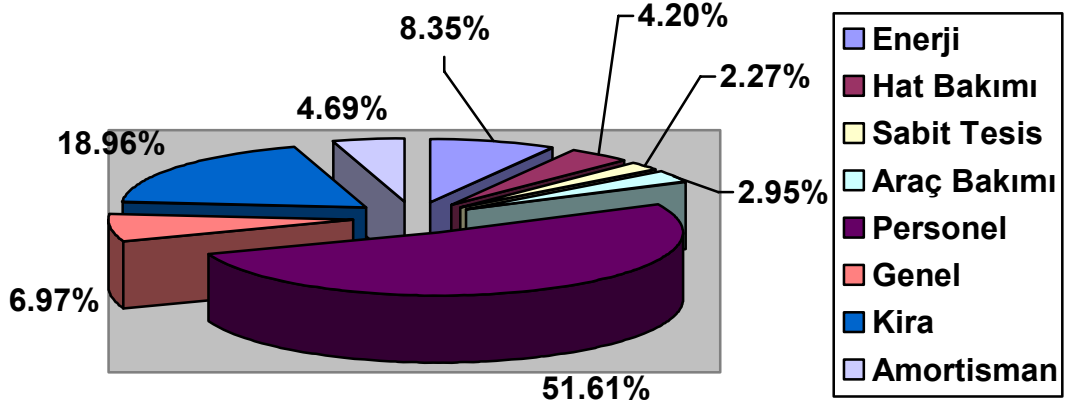
Tramvay 2007 Yılı Gider Dağılımı



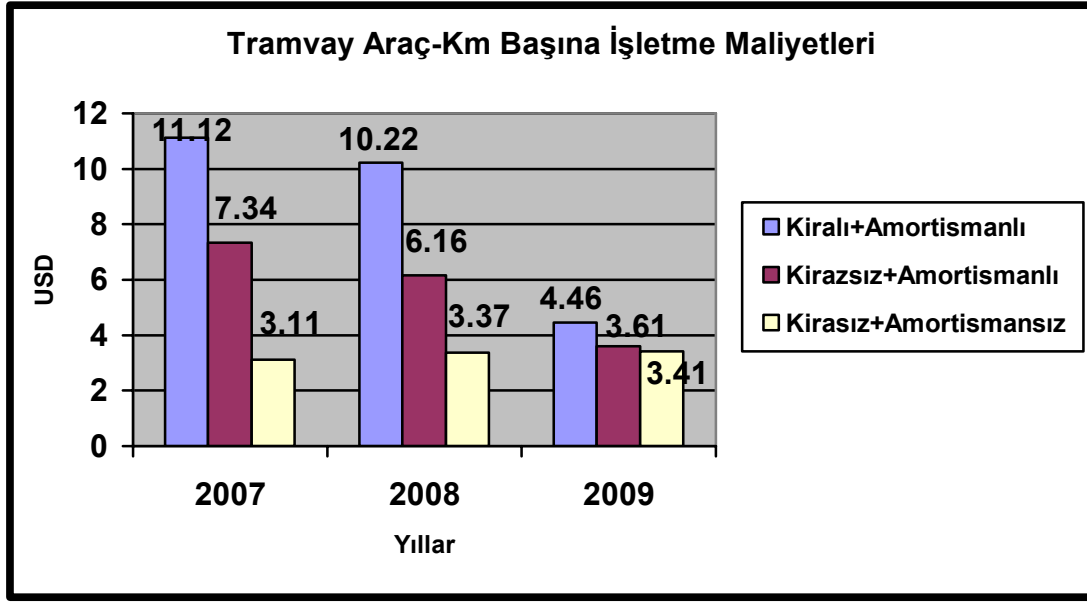
Tramvay 2008 Yılı Gider Dağılımı



Tramvay 2009 Yılı Gider Dağılımı



Şekil 2.13. Yıllara Göre Tramvay Hattı Maliyet Dağılımı



Şekil 2.14. Tramvay Hattı Araç-km Başına Birim İşletme Maliyeti

2.3.2. Aksaray-Havaalanı Hafif Metrosu Toplam Maliyetleri

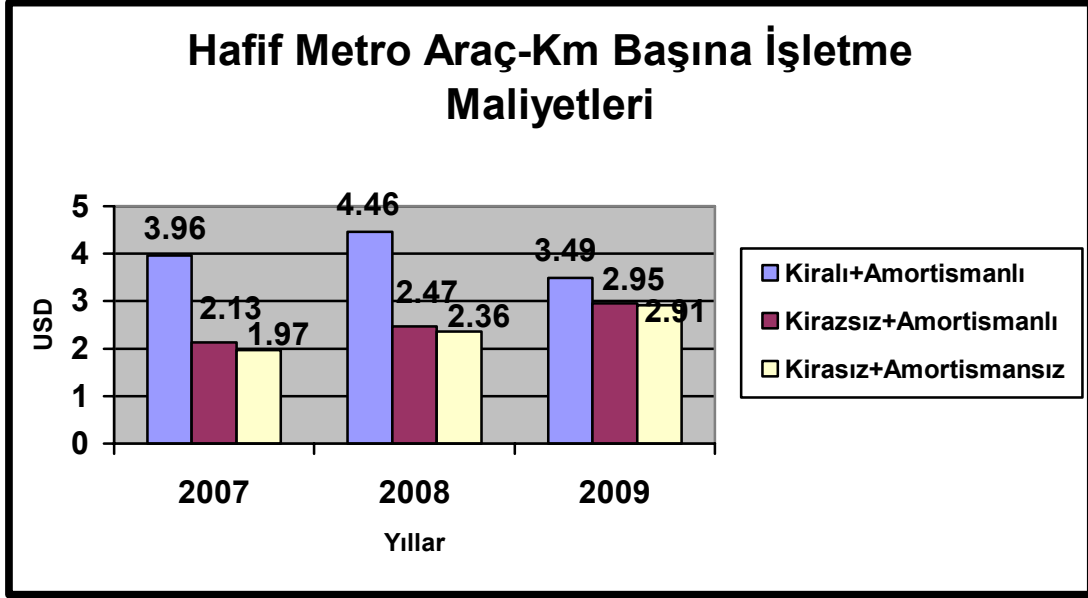
2009 yılında hafif metro hattı maliyetlerinde de kiralar ve amortismanlar önceki yıllara göre daha düşüktür. Ayrıca bakım maliyetleri de önceki yıllara göre düşük bulunmuştur. Kira değerlerindeki düşüş şirketin İBB ile arasındaki sözleşmelerden kaynaklanabilir ancak bakım maliyetlerinin düşük çıkmasının nedeni maliyetlerin dağıtımının sağlıklı yapılamamasıdır.

Çizelge 2.43. Hafif metro Toplam İşletme Giderleri (USD)

LRT	2007	2008	2009
ENERJİ	1.950.220	2.408.556	2.057.555
HAT BAKIM	326.610	560.027	533.681
SABİT TESİS	322.524	518.983	479.091
ARAÇ BAKIM	764.756	961.167	897.577
PERSONEL	10.211.282	12.128.024	18.708.635
GENEL	2.172.352	2.616.991	2.959.284
KİRA	14.657.861	16.200.841	4.754.764
AMORTİSMAN	1.250.989	884.751	349.033
TOPLAM	31.656.593	36.279.340	30.739.620

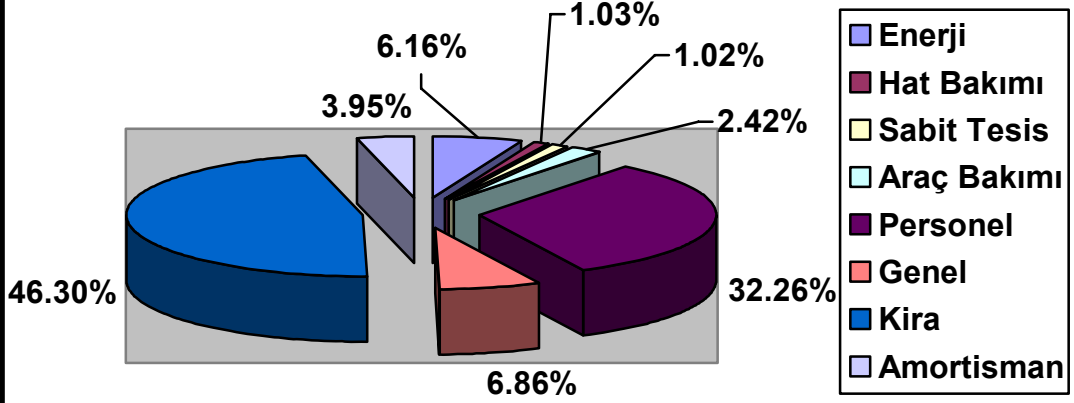
Ancak bakım maliyetleri hafif metro içinde toplam maliyetlerin küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Hafif metro toplam maliyetleri Çizelge 2.43'te verilmiştir.

Araç-km başına maliyetler ise Şekil 2.15’de görüldüğü gibi yine tramvay hattında olduğu gibi kiralı+amortismanlı, kirasız+amortismanlı ve kirasız+amortismansız olarak hesaplanmıştır.

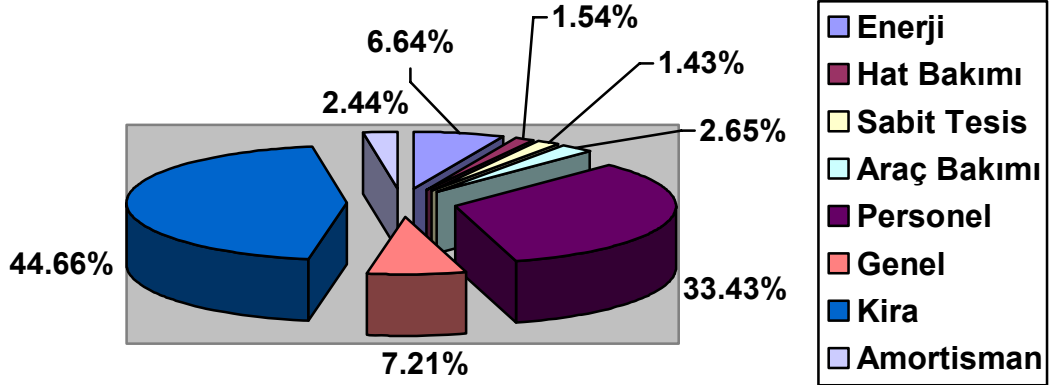


Şekil 2.15. Hafif Metro Hattı Araç-km Başına Birim İşletme Maliyeti

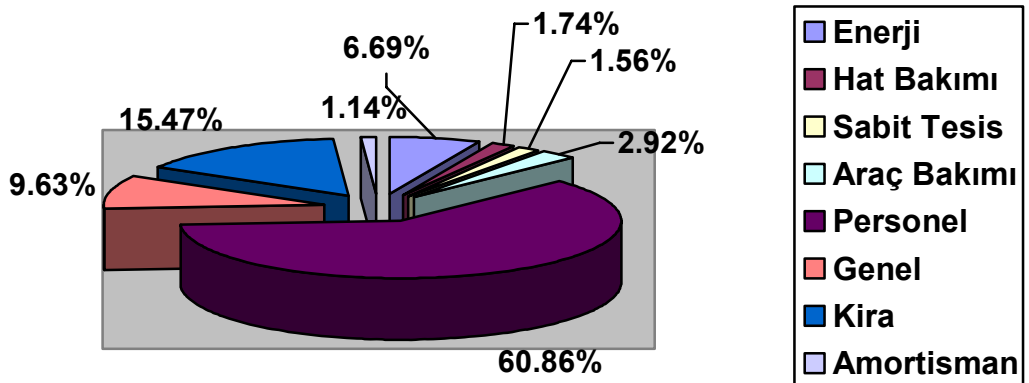
Hafif Metro 2007 Yılı Gider Dağılımı



Hafif Metro 2008 Yılı Gider Dağılımı



Hafif Metro 2009 Yılı Gider Dağılımı



Şekil 2.16. Yıllara Göre Hafif Metro Hattı Maliyet Dağılımı

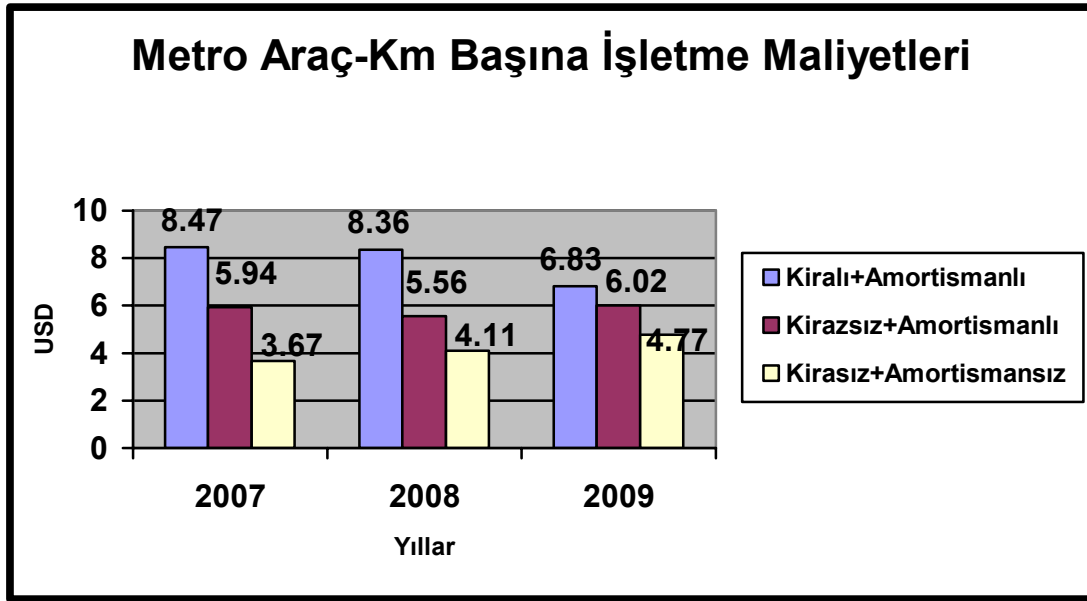
2.3.3. Taksim-4.Levent Metrosu Toplam Maliyetleri

Taksim-4.Levent metrosu maliyetlerinde de 2009 yılı değerleri yine diğer sistemlerdeki gibi kira ve amortisman maliyetlerinin daha az olmasından dolayı daha düşüktür. Çizelge 2.44’da metro hattı toplam işletme maliyetleri verilmiştir.

Çizelge 2.44. Metro Toplam İşletme Giderleri (USD)

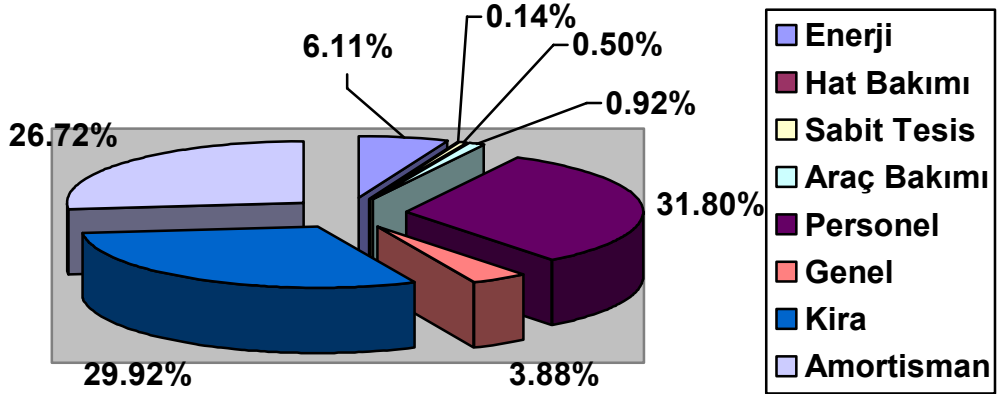
METRO	2007	2008	2009
ENERJİ	1.808.896	2.247.903	1.831.764
HAT BAKIM	42.268	320.322	279.383
SABİT TESİS	148.238	253.423	163.448
ARAÇ BAKIM	273.517	303.665	197.525
PERSONEL	9.419.597	10.440.426	14.460.192
GENEL	1.150.206	1.520.373	1.468.907
KİRA	8.862.203	10.294.167	3.114.221
AMORTİSMAN	7.915.324	5.322.462	4.823.231
TOPLAM	29.620.249	30.702.741	26.338.671

Bu hat için de araç-km başına maliyet değerleri diğer iki hattaki gibi üç duruma göre hesaplanmıştır.

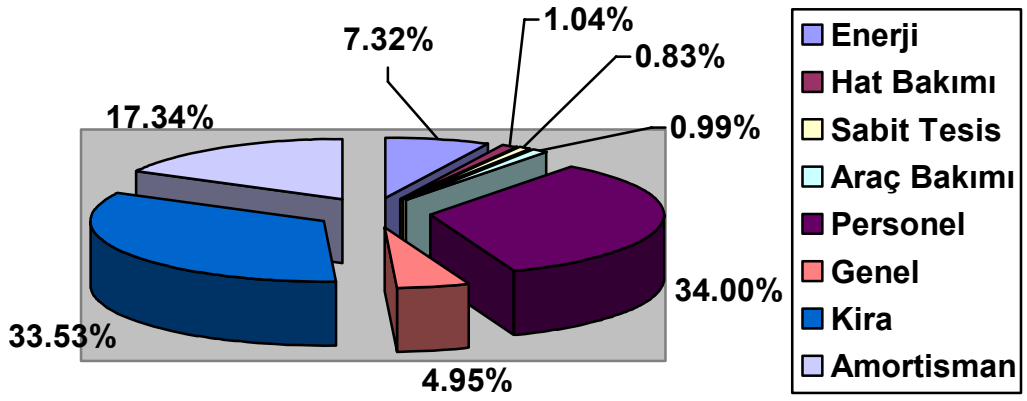


Şekil 2.17. Metro Hattı Araç-km Başına Birim İşletme Maliyeti

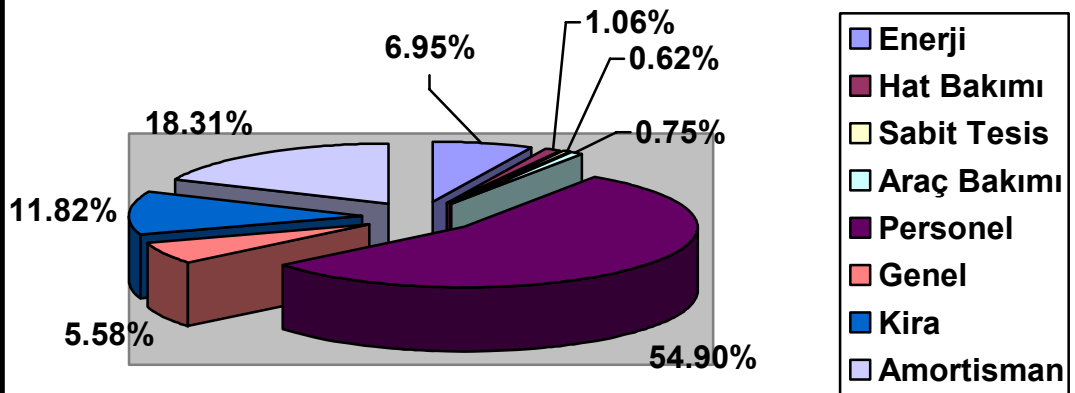
Metro 2007 Yılı Gider Dağılımı



Metro 2008 Yılı Gider Dağılımı



Metro 2009 Yılı Gider Dağılımı



Şekil 2.18. Yıllara Göre Metro Hattı Maliyet Dağılımı

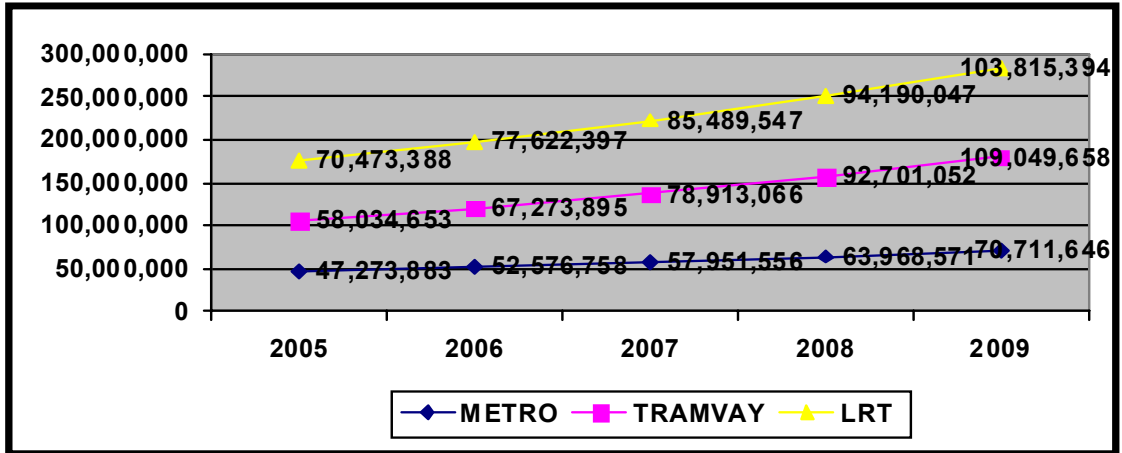
3. BULGULAR ve İRDELEME

2. bölümde değinmiş olduğumuz yıllık yolcu sayılarını ve bu yolcu sayılarındaki yıldan yıla artış yüzdelerini Çizelge 3.1’de görebiliriz.

Çizelge 3.1. Yıllık Yolcu Taşıma Sayıları

YILLIK YOLCU SAYILARI ARTIŞI						
	LRT	TRAMVAY	METRO	LRT (%)	TRAM (%)	METRO (%)
2005	70.473.388	58.034.653	47.273.883			
2006	77.622.397	67.273.895	52.576.758	10,14	15,92	11,22
2007	85.489.547	78.913.066	57.951.556	10,13	17,30	10,22
2008	94.190.047	92.701.052	63.968.571	10,17	17,47	10,38
2009	103.815.394	109.049.658	70.711.646	10,21	17,63	10,54

Yıllık bazda taşınan yolcu sayılarına bakıldığında, tüm kentiçi raylı sistemlerde bir sonraki yıla göre yolcu sayılarında artış görülmektedir. 2005 yılından 2009 yılına kadar artışlar göz önüne alındığında en fazla artış %87,90 ile tramvay hattında görülmektedir (Çizelge 3.1).



Şekil 3.1. Yıllara Göre Kentiçi Raylı Sistemlerin Yolcu Sayıları

Yıllara göre toplam bakım maliyetlerini tek bir çizelge üzerinde gösterecek olursak;

Çizelge 3.2. Yıllara Göre Toplam Maliyetler

Yıl	Tramvay (USD)	Hafif Metro (USD)	Metro (USD)
2007	32.098.483	31.656.593	29.620.249
2008	32.799.068	36.279.340	30.702.741
2009	20.180.356	30.739.620	26.338.671

Çizelge 3.2’de yıllara göre toplam bakım maliyetlerinin birbirlerine çok yakın olduğu açıkça görülmektedir. Sadece 2009 yılında görülen dengesizliğin sebebi ise dengesiz kira ve amortisman giderleridir.

Bütün bu değerleri göz önüne alarak daha gerçekçi bir değerlendirme yapabilmek adına, toplam maliyetler değerlerinin birbirine çok olduğu kabul edilmiş ve hesaplarda sadece periyodik bakım ve düzeltici bakım maliyetleri dikkate alınmıştır.

3.1. Yıllık Bakım Maliyetleri ve Yolcu Başına Bakım Maliyetleri

İncelenen üç sistemin km olarak uzunlukları farklı olduğundan dolayı, daha gerçekçi bir karşılaştırma yapabilmek adına yolcu/km değerleri belirlenmiştir.

Bu değerler oluşturulurken, sistemlerin her km için taşıdığı yolcu sayısı eşit kabul edilmiş, yılda taşınan toplam yolcu sayısı toplam hattın km cinsinden uzunluğuna bölünmüş ve yolcu/km değerleri elde edilmiştir. Daha sonra periyodik bakım ve düzeltici bakım maliyetleri toplamı, bulunan bu parametrelere bölünerek gerçekçi bir kıyaslama sağlayabilecek \$/(yolcu/km) değerleri elde edilmiştir.

3.1.1. Metro: Taksim-4.Levent

2005-2009 yılları arasında 8 km uzunluğunda olan Metro hattında yapılan hat işleri ile alakalı bakım maliyetleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Metro Yıllık Bakım Maliyetleri

KİŞİ BAŞINA YILLIK BAKIM ÜCRETİ-METRO						
Yıllar	\$(Yolcu/Km)	\$/Yolcu	Periyodik Bakım(\$)	Düzeltilici Bakım(\$)	Toplam Bakım(\$)	Yıllık Yolcu
2005	0,01048	0,00131	37.985	23.934	61.919	47.273.883
2006	0,00959	0,00120	36.706	26.339	63.045	52.576.758
2007	0,00980	0,00122	37.854	33.114	70.968	57.951.556
2008	0,01026	0,00128	37.890	44.148	82.038	63.968.571
2009	0,01531	0,00191	33.161	102.128	135.289	70.711.646
TOPLAM			183.596	229.664	413.260	292.482.414
ORT.	0,01130	0,00141				

Çizelge 3.3’de görüldüğü üzere metronun ilk yıllarında (2005) bakım maliyeti yüksek iken sonraki yılda bakım maliyeti ilk yıla göre düşük ve 2006 dan itibaren ise yükselmeye başlamıştır. Sistem yavaş yavaş eskidiği için bundan sonraki yıllarda da bakım maliyetlerinin çok az bir şekilde artacağı tahmin edilebilmektedir.

3.1.2. LRT: Aksaray-Havaalanı

Çizelge 3.4’de 20,5 km uzunluğundaki LRT hattına ait bakım maliyetleri ve yolcu sayılarına göre her yıla ait yolcu başına ve yolcu/km başına bakım maliyetleri çıkarılmıştır. 5 yıllık bakım maliyetleri ve toplam yolcu sayıları göz önüne alındığında yolcu/km başına ortalama 0,10396 \$ bakım maliyeti çıkmaktadır.

Çizelge 3.4. LRT Yıllık Bakım Maliyetleri

KİŞİ BAŞINA YILLIK BAKIM ÜCRETİ-LRT						
Yıllar	\$(Yolcu/Km)	\$/Yolcu	Periyodik Bakım(\$)	Düzeltilici Bakım(\$)	Toplam Bakım(\$)	Yıllık Yolcu
2005	0,07137	0,00348	28.512	216.853	245.365	70.473.388
2006	0,11035	0,00538	26.995	390.831	417.829	77.622.397
2007	0,07650	0,00373	25.101	293.932	319.033	85.489.547
2008	0,12915	0,00630	31.529	561.888	593.417	94.190.047
2009	0,12104	0,00590	23.386	589.599	612.985	103.815.394
TOPLAM			135.523	2.053.103	2.188.626	431.590.773
ORT.	0,10396	0,00507				

Çizelge 3.4’de LRT hattında 2005-2009 yılları arasında yapılan periyodik, düzeltilici bakım ve toplam bakım maliyetleri diyagram olarak gösterilmektedir. Çizelge

3.4 üzerinden de görüleceği gibi 2006 yılı dışında tüm yıllarda düzeltici bakım maliyetleri ve toplam bakım maliyetleri yıl geçtikçe artmaktadır. Özellikle düzeltici bakım maliyetlerinin artması, sistemde bakım ihtiyacının her geçen yıl arttığını göstermektedir.

3.1.3. Tramvay: Eminönü-Zeytinburnu

2005-2009 yılları arasında 13,5 km uzunluğunda olan Eminönü-Zeytinburnu Tramvay hattında yapılan hat işleri ile alakalı bakım maliyetleri Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Tramvay hattında 2005-2009 yılları arasında yapılan periyodik ve düzeltici bakımlara bakıldığında (Çizelge 3.5) 2005’den itibaren periyodik bakımların düzensiz, düzeltici bakımların ve toplam bakım maliyetlerin ise arttığı görülmektedir. Burada yenileme çalışmaları da düzeltici bakım kapsamında değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.5. Tramvay Yıllık Bakım Maliyetleri

KİŞİ BAŞINA YILLIK BAKIM ÜCRETİ-TRAMVAY						
Yıllar	\$(Yolcu/Km)	\$/Yolcu	Periyodik Bakım(\$)	Düzeltilici Bakım(\$)	Toplam Bakım(\$)	Yıllık Yolcu
2005	0,06144	0,00455	56.159	207.977	264.136	58.034.653
2006	0,10451	0,00774	193.000	327.776	520.776	67.273.895
2007	0,10437	0,00773	91.773	518.322	610.095	78.913.066
2008	0,17487	0,01295	291.448	909.361	1.200.809	92.701.052
2009	0,21600	0,01600	143.676	1.601.104	1.744.780	109.049.658
TOPLAM			776.056	3.564.540	4.340.596	405.972.324
ORT.	0,14434	0,01069				

5 yıllık bakım maliyetlerinin toplamı göz önüne alındığında yolcu/km başına bakım maliyeti ortalama 0,14434 \$ olmaktadır.

3.1.4. Karşılaştırma

İncelenen İstanbul Kentiçi raylı sistemlerine bakıldığı zaman, periyodik bakımlarda en fazla maliyet tramvay hattında çıkarken, en az maliyet ise LRT hattında çıkmaktadır. Düzeltici bakım maliyetlerinde ise tramvay hattında en yüksek maliyet çıkarken, metro hattında en düşük maliyet çıkmaktadır.

Toplam yıllık bakımlara bakıldığı zaman yine en yüksek bakım maliyeti tramvay hattında, en düşük bakım maliyeti ise metro hattında görülmektedir.

Çizelge 3.6. Yolcu/km Başına Bakım Maliyetlerinin Karşılaştırılması

YOLCU BAŞINA BAKIM MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI						
Yıllar	Metro (\$/Yolcu/ Km)	Metro (\$/Yolcu)	LRT (\$/Yolcu/ Km)	LRT (\$/Yolcu)	Tram (\$/Yolcu/ Km)	Tram (\$/Yolcu)
2005	0,01048	0,00131	0,07137	0,00348	0,06144	0,00455
2006	0,00959	0,00120	0,11035	0,00538	0,10451	0,00774
2007	0,00980	0,00122	0,07650	0,00373	0,10437	0,00773
2008	0,01026	0,00128	0,12915	0,00630	0,17487	0,01295
2009	0,01531	0,00191	0,12104	0,00590	0,21600	0,01600
Ortalama	0,01130	0,00141	0,10396	0,00507	0,14434	0,01069

İncelen kentiçi raylı sistemlerinde yolcu başına bakım maliyetlerine bakıldığı zaman tüm yıllarda tramvay hattında en yüksek yolcu başına bakım maliyeti çıkarken, aynı şekilde metro hattında da tüm yıllarda en düşük yolcu başına bakım maliyeti çıkmaktadır (Çizelge 3.6)

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Kentiçi raylı sistemler, kapasitelerinin fazla olması, dış etkenlerden en az etkilenen sistem olması ve çevreye duyarlı olmasından dolayı son yıllarda en fazla tercih edilen toplu taşıma sistemlerindendir.

Kentiçi raylı sistemlerin verimli kullanılması ve servis ömürlerinin fazla olması için; tasarım aşamasındayken seçilen güzergahların doğru seçilmesi , şehir planına uygun olması ve yolculuk taleplerine göre uygun kentiçi raylı sistemin yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte yapılacak hattın altyapısı ve üstyapısı da sistemin ömrünün uzunluğunda en önemli etkenlerden biri olduğundan dolayı altyapının güçlendirilmesi ve doğru üstyapı sisteminin kullanılması gerekmektedir. Altyapı inşaatının doğru yapılamaması durumunda üstyapı sistemi sürekli olarak bozulacağından dolayı sürekli olarak bakım gerektirecek ve servis ömrünün kısılmasına neden olacaktır. Bu çalışmada üstyapı bakımı ve bakım maliyetlerine değinildiği için altyapı üzerinde durulmamıştır.

Üstyapı ömrünü arttırmak için öncelikle sağlam bir altyapının olması gerektiği en önemli unsurlardan biridir. Altyapısı sağlam bir üstyapının ömrünün uzun olması ise doğru bir üstyapı sisteminin seçilmesi ve planlı, sürekli, kalıcı ve doğru malzemelerin kullanılması ile yapılan bir bakımdır. Özellikle koruyucu bakımların zamanında ve sürekli yapılması, düzeltici bakım maliyetlerinin azalttığı gibi servis ömrünü de arttırmaktadır.

Demiryolu teknolojisi sürekli gelişen bir sistem olduğu için üstyapı bakımlarının nasıl yapıldığı araştırılmalı ve gelişen teknolojiye ayak uydurulmalıdır. Bakım sürelerinin kısa olmasından dolayı, özellikle düzeltici bakımlar işçi marifetiyle değil, makine marifetiyle yapılacak şekilde desteklenmelidir.

Bu çalışmada üstyapıda yapılması gereken koruyucu ve düzeltici bakımlar anlatılmış ve incelen kentiçi raylı sistemlerin bakım maliyetleri ve yolcu başına bakım maliyetleri hesaplanmıştır. İncelenen Tramvay, LRT ve Metro hattında en fazla bakım maliyetinin Tramvay hattında, en düşük bakım maliyetinin ise Metro hattında olduğu görülmektedir.

Bu üç sistemi detaylı bir şekilde ele alındığında tramvay hattında; raylar asfalt, parke gibi üst kaplamalara gömülü olduğundan dolayı, aşınması, bağlantı elemanlarının

kırılması, gizli boşlukların olması veya kaynak yapılması durumunda üst kaplamanın çıkarılması gerekmektedir. Üstyapının ve rayların daha uzun ömürlü ve sağlam olması için yük yoğunluğuna bağlı olarak uygun üstyapı seçilmesi, uygun ray profili seçilmesi ve özellikle dar kurplarda sert rayların kullanılması gerekmektedir. Sistemin bu şekilde kurulması durumunda tramvay hattında bakım maliyetlerinin daha az olacağı beklenmektedir. LRT hattında; balastlı sistem olduğundan ve uygun ray kaynakları kullanılmadığından dolayı bakım maliyeti Metro hattına göre daha fazladır. Bunun için sürekli olarak buraj isteyen bir hatta periyodik taşlamanın yapılması ve kaynakların rehabilitasyonu bakım maliyetlerini azaltma yönünde yapılacak olan ilk çalışmalardır. Metro hattında; bakım maliyetlerinin artmaması için sürekli olarak periyodik taşlamaların mutlaka yapılması gerekmektedir. Rayların periyodik olarak taşlanması bakımın ilk esasıdır. Taşlama bakım maliyetlerini azalttığı gibi servis ömrünü de arttıran en önemli etkidir.

Ayrıca bu tez çalışmasında, İstanbul'da, Ulaşım A.Ş. tarafından işletilmekte olan, Eminönü – Zeytinburnu tramvayı, Aksaray – Havaalanı hafif metrosu ve Taksim - 4.Levent metrosunun işletme maliyetleri incelenmiştir. İncelemede İstanbul Ulaşım A.Ş.' den alınan, 2007, 2008 ve 2009 yılları için enerji, personel, hat bakım, sabit tesis bakım, araç bakım ve genel yönetim maliyetleri verileri göz önüne alınmıştır. Hatların amortisman ve kira giderleri de çalışmaya dahil edilmiştir.

Sistemlerin toplam maliyeti elde edilmiş ve her üç sistemin toplam maliyetlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiş, değerlendirmeler buna bağlı olarak yapılmıştır. Bu değerlerin birbirine çok yakın olmasından dolayı kıyaslama periyodik bakım ve düzeltici bakım maliyetleri toplamına göre yapılmış, toplam maliyette çıkan değerler daha gerçekçi bir sonuç elde edebilme açısından göz ardı edilmiştir.

Sonuç olarak bakım maliyetleri açısından incelendiğinde; sistem seçiminde teknolojiyi arttırdığımızda bakım maliyetlerinin büyük bir ölçüde düştüğünü görmekteyiz. İlk yatırım maliyetlerine göre bir sıralama yaptığımızda metro, hafif raylı sistem(LRT) ve tramvay gibi bir sıralama karşımıza çıkmasına rağmen, uzun vadede bu sistemlerin kendini amorti etme sürelerinin de aynı sıralamayla olacağı görülmektedir. Buna bağlı olarak, sadece bakım maliyetleri açısından bir değerlendirme yaptığımızda metro sisteminin seçilmesinin en karlı yatırım olacağı kanaatine varılmıştır. Bunu hafif raylı sistem ve daha sonrasında tramvay takip etmektedir.

8. KAYNAKLAR

- Açıkbaş, S., 2006. Energy Efficiency Strategies in Istanbul Mass Rail Transit System, Uluslararası Demiryolu Sempozyumu, İstanbul.
- Alkaşı, S., Açıkbaş, S., 2006. Şehir içi Raylı Ulaşımında Gerilim Sistemleri ve Enerji İletim Sistemleri, Uluslararası Demiryolu Sempozyumu.
- Alstom., 2002. Track Work Maintenance Manuel, İstanbul.
- DVS-Merkblatt, 1988. Transport, Lagerung und Rücktrocknung umhüllter Stabelektroden.
- Erel, A., 1996. Raylı Sistemlerde Dalgalı Aşınma (Ondülasyon), Birinci Ulusal Ulaşım Sempozyumu, İstanbul.
- Guidat, A., 1996. The Fundamental Benefits of Preventive Rail. Grinding, Rail Engineering International.
- Günoral, Ş., 2002. Balastlı Üstyapılarda Yol Bakım ve Tamirâtı, İstanbul.
- İstanbul Ulaşım A.Ş., 2007. Yıllık Faaliyet Raporu.
- İstanbul Ulaşım Verileri, (<http://www.istanbul-ulasim.com.tr/default.asp>, 12.02.2010)
- Öztürk, Z., Arlı, V., Kent İçi Raylı Sistemlerde Balastlı ve Balastsız Üst Yapıların Uygulama Bakım ve Maliyet Açılarında Karşılaştırılması, Uluslar arası Demiryolu Sempozyumu, İstanbul.
- Sevim, R., 2007. İstanbul’de Kentiçi Raylı Sistemler ve Üstyapı Hesapları Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Toprak, R., 1999. “Şehir İçi Raylı Ulaşım Sistemleri”, Trafik: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı Aylık Bülteni, Sayı 13, 8–16.
- Keskin, A., 1992. Toplu Taşıma Sistemleri, Birinci Baskı, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- Erel, A., 2002, Rijit Üstyapı Seçeneklerinin Araştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Arlı, V., 2002, Balastlı Ve Balastsız Üstyapıların Ekonomik Yönden Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kelleci, Z., 2003. Kentlerde Raylı Sistemlerin Gerekliklik Kosulları, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi, Ankara.
- Baris, F., 1994. Kent içi Toplu Tasımda Raylı Sistemlerin Gereklikligi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi, Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa TAŞKIN

Doğum Yeri : Samsun

Doğum Tarihi : 08.04.1984

Medeni Hali : Bekar

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Huriye Süer Anadolu Lisesi

Lisans : 19 Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
Bölümü