



Makale / Research Paper

Balastsız Üstyapılarda Ondülasyon Bakım Maliyetinin Üstyapı Bakım Maliyeti İçindeki Oranının Örnek Hatta İncelenmesi

Muhammed Nesih DEMİRDAĞ^{*1}, Zübeyde ÖZTÜRK²

¹Yük.Müh, İTÜ FBE, Ulaştırma Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul, mndemirdag@hotmail.com

²Prof. Dr, İTÜ İnşaat Müh., 34469, Ayazağa, İstanbul, ozturkzu@itu.edu.tr

Received/Geliş: 25.07.2017

Revised/Düzeltilme: 16.08.2017

Accepted/Kabul: 18.08.2017

Özet: Demiryollarında altyapının ve üstyapının kalitesine, hat geometrik değerlerine ve teker-ray temas yüzeylerine bağlı olarak ondülasyonlar oluşmaktadır. Raylar üzerinde oluşan ondülasyonlar genel olarak, mantar üzerinde az ya da çok periyodik biçimlerde oluşan düzlemsel bozukluklar olarak tanımlanabilir. Raylarda oluşan ondülasyonlar treninin geçişi esnasında yol üstyapısında, trenlerde ve çevre yapılarında gürültü ve titreşime neden olmaktadır. Ondülasyonların da oluşturduğu bu dinamik etkiler üstyapıda birçok sorunlara neden olmaktadır. Özellikle dinamik yüklerin artmasından dolayı yapım maliyetlerinin artmasına, rayın ömrünün kısılmasına, bakım maliyetlerinin artmasına, elastomer pedlerin ve ray bağlantı elemanlarının ömrünün kısılmasına ve çevresel problemlerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Ondülasyonların üstyapıda neden olduğu bu sorunları minimuma indirmek için mutlaka bakım yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada örnek hat üzerinde yapılan koruyucu ve düzeltici bakımlar sıralanmış ve bu bakımların maliyetleri belirlenmiştir. Koruyucu ve düzeltici bakımlar dışında sadece ondülasyon kaynaklı yapılan veya yapılması gereken bakımlar ortaya konularak bu bakımların maliyetleri bulunmuştur. Ondülasyon kaynaklı bakım maliyetlerinin toplam bakım maliyeti içindeki yeri irdelenmiş ve yüzdesel değerleri hesaplanmıştır. Buna göre ondülasyon kaynaklı bakımın toplam bakım maliyeti içindeki oranı yaklaşık %25 civarında çıkmaktadır. Bu bakımın %75'lik bir kısmını taşıma maliyetleri oluşturmaktadır. Bu da bize gösteriyor ki, taşıma işlemi demiryolu bakımları için olmazsa olmaz bir iştir. Bundan dolayı ki taşıma periyotlarını ve taşıma tipini mutlaka hattın üzerinden geçen yüke göre belli periyotlara bağlayarak, periyodik bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Balastsız üstyapı, ondülasyon, demiryolu, ray taşıma, bakım

Examination of the ratio of corrugation maintenance cost in superstructure maintenance cost in slab track superstructures

Abstract: Parallel to the increased demand for railway transportation, operating speeds and freight loads are also increasing. The corrugations can be generally defined as plane defects that periodically occur short wave or long wave on the rail head. The corrugation on the rails cause noise and vibration on the track superstructure, trains and environmental structures during the passage of the train. These dynamic effects which are leaded by the corrugation cause many problems in the track superstructure. Particularly due to the increase of dynamic loads, they cause to increase construction costs, shorten the life of the rail, increase the maintenance costs, shorten the life of elastomer pads and rail fasteners and create environmental problems. It is absolutely necessary to take care to minimize these problems, which are caused by the corrugations on track superstructure. In the study, the preventive and corrective maintenance works performed on the sample track section was listed and the costs of these maintenance were determined. In addition, the costs of maintenance works have been found out due to corrugation which are done or required. On the basis of annual maintenance costs per kilometer, the ratio of the

Bu makaleye atıf yapmak için

Demirdağ, M.N., Öztürk, Z., "Balastsız Üstyapılarda Ondülasyon Bakım Maliyetinin Üstyapı Bakım Maliyeti İçindeki Oranının Örnek Hatta İncelenmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2017, 4(3); sayfa.

How to cite this article

Demirdağ, M.N., Öztürk, Z., "Examination of the ratio of corrugation maintenance cost in superstructure maintenance cost in slab track superstructures" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2017, 4(3); pages.

maintenance costs due to the corrugation is evaluated in the total maintenance cost and the percentage values are calculated. According to this calculations, the cost of corrugation maintenance is about 25% total maintenance cost. Approximately 75% of this corrugation maintenance cost is rail grinding costs. This shows us that grinding is an indispensable part of railway maintenance. Therefore, it is necessary to set the rail grinding periods and the grinding techniques according to the railway track density.

Keywords: slab track, corrugation, railway, rail grinding, maintenance.

1. Giriş

Demiryollarında artan ulaşım talebine paralel olarak işletme hızları ve taşınan yükler de artmaktadır. Artan bu işletme hızları ve aks yüklerine bağlı olarak demiryolu üstyapısında ve raylarda hızlı bozulmalar meydana gelmekte ve ciddi bakım ihtiyaçları doğmaktadır.

Demiryollarında altyapının ve üstyapının kalitesine, hat geometrik değerlerine ve teker-ray temas yüzeylerine bağlı olarak ondülasyonlar oluşmaktadır. Raylar üzerinde oluşan ondülasyonlar genel olarak, mantar üzerinde az ya da çok periyodik biçimlerde oluşan düzlemsel bozukluklar olarak tanımlanabilir, [1].

Ondülasyonlar tüm demiryollarında ve kentiçi raylı sistemlerde aks yüklerine bağlı olmaksızın, farklı işletme hızlarında oluşabilmekte ve 0,05 mm'lik dalga derinliğinde gürültü düzeyinde hissedilen bir artışa neden olurken, 0,1 mm'nin üzerine çıktığında ise üstyapı bakım maliyetlerinin daha da fazla artmasına neden olmaktadır [2].

Raylarda oluşan ondülasyonlar, trenlerde ve çevre yapılarında gürültü ve titreşime neden oldukları gibi, yol üstyapısında da oluşan dinamik etkiden dolayı raylar ve üstyapının diğer elemanlarının (travers, bağlantı elemanı vd.) zarar görmesine sebep olurlar. Ondülasyonların oluşturduğu bu dinamik etkiler üstyapıda şu sorunlara neden olmaktadır;

- Dinamik yüklerin artmasına sebep oldukları için ray kesitlerinin büyümesine ve yapım maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır.
- Raylar, yorulma mukavemetine olumsuz etki yapan ek bir yorulma faktörü etkisinde kaldığından dolayı ömürlerinden kaybederler.
- Balastlı hatlarda ve alt yapılarda aşırı zorlanmalar nedeniyle boyuna ve enine hat geometri bozuklukları oluşmaya başlar ve bu da bakım maliyetlerinin artmasına neden olurlar.
- Ray bağlantı elemanları sık sık gevşediğinden dolayı bakım maliyetlerinin artmasına neden olurlar.
- Elastik ray bağlantı malzemeleri zamanından önce bozulmaya başladığından dolayı hattın bakım maliyetlerinin artmasına sebep olurlar.
- Yolcular ve demiryolu çevresinde oturanların etkilendikleri gürültü düzeyi arttığından dolayı çevresel problemlerin yanında, sağlık problemlerinin de oluşmasına sebep olurlar.
- Tren sabit ekipmanlarının zamanından önce yıpranmalarına neden olurlar.
- Enerji tüketiminin artmasına neden olurlar.

Ondülasyonların üstyapıda neden olduğu bu sorunları minimuma indirmek için mutlaka araç ve hat üzerinde gerekli olan tüm bakımların zamanında yapılması gerekmektedir.

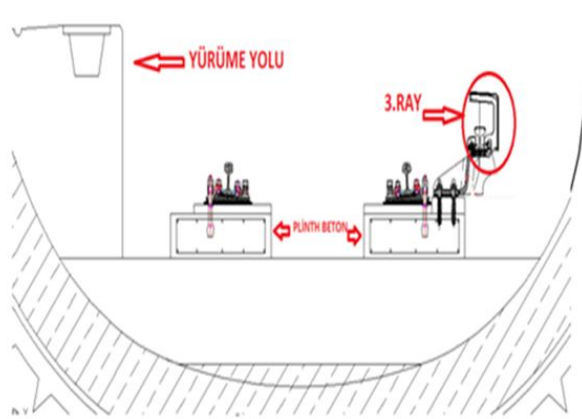
2. Balastsız Hat ve Yapılan Bakımlar: Yenikapı-Haciosman Hattı Örneği

Balastsız üstyapı, çerçevenin balast kullanılmadan döşenmesidir. Bu tip sistemlerde, raydan gelen yükler çelik seletler, beton veya asfalt vasıtasıyla zemine aktarılır. Elastikiyet ise ray, travers veya tespit elemanının altına yerleştirilen kauçuk benzeri elastik malzemelerle sağlanmaktadır.

Bu çalışmada örnek hat olarak Yenikapı-Hacıosman Metro Hattı'nın, Atatürk Oto Sanayi-Darüşşafaka İstasyonları arasındaki kesim seçilmiştir. Örnek hatta ait araç verileri aşağıdaki gibidir;

Araç maksimum hızı	:80 km/sa
Araç uzunluğu	:86,28 m
Araç ağırlığı	:134,3 ton
Araç boş aks yükü	:8,85 ton
Araç tam dolu aks yükü	:12,85 ton
Araç teker çapı	:860-810 mm
Araç teker genişliği	:135 mm
Teker tipi	:monoblok
Bojideki akslar arası mesafe	:2200 mm
Araç frenleme sistemi	: Elektrikli + pnomatik
Mekanik frenler	:Disk + papuç fren
Araç motor tipi	:Trifaze, ac motor

Örnek hattın üstyapı özellikleri ise şu şekildedir; Yatak beton olarak bilinen 1. faz beton üzerine sürekli betonarme kirişleri (plinth beton) yapılmış ve bu kirişler üzerine Vossloh Sistem 336 tipi ray bağlantı elemanları monte edilmiştir (Şekil 1). Hat geometrik özellikleri olarak Atatürk Oto Sanayi (AOS) yönünden Darüşşafaka'ya doğru % 2,22 iniş eğimi vardır. Kurp olarak, AOS İstasyonu'ndan çıktıktan sonra, önce 213m'lik düz yol, ardından 240m uzunluğunda R=400m yarıçapında 100 mm deverli sağ kurp (girişte 80m ve çıkışta 80m klotoit bulunmaktadır), sonra 49m'lik düz yolun ardından 154m uzunluğunda R=700m yarıçapında 50mm deverli sol kurp (girişte ve çıkışta 145m klotoit bulunmaktadır) ardından 246m düz yol ve sonrasında 193m uzunluğunda R=300m yarıçapında 100mm deverli sol kurp (girişte ve çıkışta 70m klotoit bulunmaktadır) ve 6 m düz yol ile Darüşşafaka İstasyonu'na giriş yapmaktadır. AOS İstasyonu'ndan çıktıktan sonra 7000m yarıçapında düşey tepe kurp, Darüşşafaka girişinden hemen önce 7000m çapında düşey dere kurp bulunmaktadır. Ray tipi olarak mantarı sertleştirilmiş (R350HT) 54E3 raylar kullanılmıştır.



Şekil 1. Örnek hat üstyapı kesiti

Koruyucu bakımlar

Koruyucu bakım işlemleri program dâhilinde olan sistematik ve periyodik bakımlar olarak bilinir. 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 ve üzerinden geçen yüke bağlı olarak, geçmiş raporlar da göz önüne alınarak periyotlar tekrar düzenlenebilir.

Bu periyotlara göre balastsız üstyapılarda yapılan yapılan periyodik bakımlar;

- hattın sürücü kabininden kontrolü
- hat görsel kontrolü
- makas görsel kontrolü
- makas boyutsal kontrolü
- makas yağlama
- bağlantı elemanları kontrolü
- hat geometrisi kontrolü
- durdurucu tampon bakımı
- izole cebire kontrolü
- ray taşlama,

şeklinde sıralanabilir (Demirdağ M.N., 2007). Bu bakımların bir kısmı görsele, bir kısmı ölçmeye ve bir kısmı makine marifeti ile yapılan bakıma dayanmaktadır.

Düzeltilici bakımlar

Düzeltilici 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 parça değiştirilmeleri içermektedir. Düzeltilici bakım kapsamında aşağıdaki bakımlar yapılır;

- ray bağlantı elemanlarının değiştirilmesi
- ray kusurlarının tamiri
- ray değiştirme
- travers değiştirme
- hat geometrisinin düzeltilmesi
- izolecebişirelerin değiştirilmesi
- dolgu kaynağı ve ısıl işlem uygulamaları
- makas dil takımı ve göbek değiştirilmesi
- ray taşlama [3].

3.Bakım Maliyetleri

Ondülasyondan kaynaklanmayan bakım maliyetleri

Koruyucu bakımlar gözleme ve ölçmeye dayalı bakımlar olduğundan daha çok işçilik maliyetleri ön plana çıkmaktadır. Gözleme dayalı bakımlarda sadece işçilik maliyetleri hesaplanırken, ölçmeye dayalı bakımlarda ise kullanılan cihazların ve malzemelerin de maliyetleri hesaba katılmıştır. Örnek hatta koruyucu bakımları yapan personellerin Kuruma maliyetleri Çizelge 1'deki gibidir.

Çizelge 1: İşçilik birim maliyetleri

Personelin Ünvanı	Kuruma Toplam Maliyeti (TL/ay)	İşçilik Maliyeti (TL/gün)	İşçilik Maliyeti (\$/gün)
Bakım Mühendisi	7.450,00	338,64	112,13
Ekip Sorumlusu	6.949,33	315,88	104,60
Bakım Ustası	6.226,67	283,03	93,72
Bakım Usta Yardımcısı	5.173,33	235,15	77,86
Bakım Elemanı	4.106,67	186,67	61,81

Birim maliyetleri (yevmiyeleri) yukarıda çizelgedeki gibi olan çalışanlarla yapılan koruyucu bakım maliyetleri, bakım için harcanan yevmiye ve malzemelere göre belirlenmiştir. Örnek olarak “koruyucu ray taşlama” bakımı için km başına yıllık bakım maliyeti Çizelge 2’de görülmektedir. Bakımlarda kullanılan makine birim fiyatları, makine alım maliyeti, amortisman maliyetleri, ömürleri, bakım maliyetleri ve diğer maliyetlerde dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu örnekteki benzer şekilde Çizelge 3’deki toplam koruyucu bakım maliyetleri elde edilir.

Çizelge 2: Koruyucu ray taşlama maliyetleri

Personel Ünvanı	Personel Sayısı	İşçilik Birim Maliyeti (\$/gün)	Toplam İşçilik Maliyeti- Tüm Hat (\$/yıl)	1 km'deki Çalışma Katsayısı *	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Ekip Sorumlusu	1,00	104,60	104,60	1,00	104,60
Bakım Ustası	3,00	93,72	281,16	1,00	281,16
Bakım Usta Yardımcısı	3,00	77,86	233,59	1,00	233,59
İşçilik Maliyetleri Toplamı					619,35
Malzeme Giderleri	Birim	Birim Fiyat (\$)	1 Yılda 1 Km'de Harcanan Miktar	Makine Yıllık Çalışma Katsayısı	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Yakıt	Lt	1,31	100,00		131,40
Taşlama Taşı	Adet	20,00	8,00		160,00
Ray Taşlama Makinesi	Yıl	549.228,00		1,00	3.661,52
Malzeme+Makine Maliyeti Toplamı					3.952,92
Genel Toplam					4.572,27

Çizelge 3: Koruyucu bakım maliyetleri

Koruyucu Bakımlar	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Hattın Sürücü Kabininden Kontrolü	479,57
Hat Görsel Kontrolü	1.910,54
Makas Görsel Kontrolü	628,51
Makas Boyutsal Kontrolü	173,40
Makas Yağlama	477,03
Bağlantı Elemanı Sıklık Kontrolü	221,09
Hat Geometrisi Kontrolü	212,30
Koruyucu Ray Taşlama	4.572,27
Toplam	8.674,71

Örnek hattaki düzeltici bakımlar, koruyucu bakımlardaki gibi kurumun kendi bünyesindeki çalışanlar ve makinelerle yapılmaktadır. Örnek olarak “ray bağlantı elemanlarının değiştirilmesine ait bakım maliyetleri” Çizelge 4’de gösterilmiştir. Hat üzerinde yapılan tüm düzeltici bakım maliyetleri ise Çizelge 5’de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4: Ray bağlantı elemanlarının değiştirilmesi maliyeti

Personel Ünvanı	Bir Arızadaki Personel Sayısı (Adet)	1 Arıza İçin 1 Personelin Harcadığı Yevmiye Sayısı (Adet/Arıza)	1 Yılda Ortaya Çıkan Arıza Sayısı (Adet/Yıl)	İşçilik Birim Maliyeti- Yevmiye (\$/gün)	Toplam İşçilik Maliyeti- Tüm Hat (\$/yıl)	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Bakım Ustası	1,00	0,40	40,00	93,72	1.499,50	31,90
Bakım Elemanı	1,00	0,40	40,00	61,81	988,96	21,04
İşçilik Maliyetleri Toplamı						52,95

Malzeme - Makine Giderleri	Birim	Miktarı	Birim Fiyat (\$)	Yıllık Malzeme Maliyeti (S/Yıl)	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Gergi Kıskaçı Skl 12	Adet	40,00	2,00	80,00	1,70
Helezonik yay	Adet	40,00	1,90	76,00	1,62
Fbu İzolasyon Halkası	Adet	40,00	0,60	24,00	0,51
Somun Sıkma Makinesi					12,66
Malzeme + Makine Maliyeti Toplamı					16,49
Genel Toplam					69,44

Çizelge 5: Hattın düzeltici bakım maliyetleri

Düzeltilici Bakımlar	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Ray Bağlantı Elemanlarının Değiştirilmesi	69,44
Ray Kusurlarının Tamiri	194,32
Ray Değiştirme	390,74
Hat Geometrisinin Düzeltmesi	188,13
İzolecebire Tamiri ve Değiştirilmesi	218,80
Makas Dolgu Kaynakları ve Isıl İşlem Uygulamaları	215,19
Makas Dil Takımı ve Göbek Değiştirilmesi	1.887,99
Düzeltilici veya Yeniden Profilli Ray Taşlama	6.152,15
Toplam	9.316,74

Ondülasyon kaynaklı bakım maliyetleri

İlgili hat üzerinde ondülasyon kaynaklı bakımlar, hat görsel kontrolleri esnasında ray yüzeyinde görülen dalgalanmaların artması ile birlikte belli bir periyoda bağlı olmaksızın yapılan “ondülasyon ölçümleri”, ölçümler sonucunda dalga boyu derinliği fazla olan bölgelerde yapılan “lokal ray taşlama işleri”, “ondülasyon kaynaklı koruyucu ray taşlama işlemi”, araç üstü yağlama, ray bağlantı elemanlarının değiştirilmesi gibi bakımlardır.

Hat görsel kontrolleri esnasında gözle görülen ray üstü dalgalanmalar belli bir periyoda bağlı olmaksızın ölçülmektedir. Bu bakım için harcanan maliyet değeri Çizelge 6'daki gibidir. Özellikle “lokal ray taşlama işleri” makas bölgelerinde ve kurp yarıçapı 300 m'den küçük olan kurplarda yapılmaktadır. Makas kurp yarıçapları ana hat üzerindeki kurplardan küçük olduğundan ondülasyonlar sık yaşanmaktadır. Koruyucu ray taşlama işlemi beklenmeden bu gibi noktalara sıklıkla müdahale edilmektedir. Çizelge 7'de lokal ray taşlamaya ait km'deki yıllık maliyet değeri görülebilir.

Çizelge 6: Ondülasyon ölçüm maliyeti

Personel Ünvanı	Bir Arızadaki Personel Sayısı (Adet)	1 Arıza İçin 1 Personelin Harcadığı Yevmiye Sayısı (Adet/Arıza)	1 Yılda Ortaya Çıkan Arıza Sayısı (Adet/Yıl)	İşçilik Birim Maliyeti-Yevmiye (\$/gün)	Toplam İşçilik Maliyeti-Tüm Hat (\$/yıl)	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Ekip Sorumlusu	1,00	0,20	80,00	104,60	1.673,53	35,61
Bakım Ustası	1,00	0,20	80,00	93,72	1.499,50	31,90
Bakım Usta Yardımcısı	1,00	0,20	80,00	77,86	1.245,84	26,51
Ondülasyon Ölçüm Cihazı						87,23
Toplam						181,25

Çizelge 7: Lokal ray taşlama maliyeti

Personel Ünvanı	Bir Arızadaki Personel Sayısı (Adet)	1 Arıza İçin 1 Personelin Harcadığı Yevmiye Sayısı (Adet/Arıza)	1 Yılda Ortaya Çıkan Arıza Sayısı (Adet/Yıl)	İşçilik Birim Maliyeti-Yevmiye (\$/gün)	Toplam İşçilik Maliyeti-Tüm Hat (\$/yıl)	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Ekip Sorumlusu	1,00	2,00	3,25	104,60	679,87	14,47
Bakım Ustası	1,00	2,00	3,25	93,72	609,17	12,96
Bakım Usta Yardımcısı	1,00	2,00	3,25	77,86	506,12	10,77
Bakım Elemanı	1,00	2,00	3,25	61,81	401,77	8,55
Manuel Ray Taşlama Makinesi						72,34
Toplam						119,08

Çizelge 8: Ondülasyon kaynaklı bakım maliyetleri

Ondülasyon Kaynaklı Bakımlar	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Ondülasyon Ölçümleri	181,25
Lokal Ray Taşlama İşlemleri-Özellikle Makas Bölgeleri	119,08
Ondülasyon Kaynaklı Koruyucu Ray Taşlama	3.815,74
Araç Üstü Yağlama Sistemi ve Bakımı	587,97
Ray Bağlantı Elemanlarının Değiştirilmesi	24,01
Gürültü Ölçümleri	64,71
Toplam	4.792,78

Ondülasyon kaynaklı bakımların 1 km'deki maliyetleri Çizelge 8'de görüldüğü gibi 4.792,78 \$/yıl.km çıkmaktadır. verildiği gibidir.

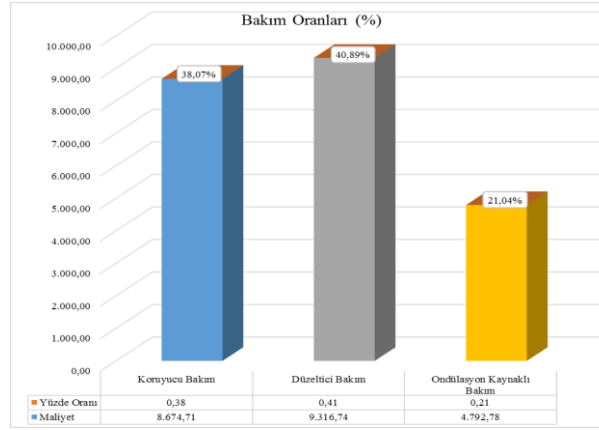
Ondülasyon bakım maliyetinin toplam bakım maliyeti içindeki yerinin araştırılması

Örnek hat için yapılan koruyucu bakım, düzeltici bakım ve ondülasyon kaynaklı bakım maliyetlerinin toplam değerleri Çizelgedeki gibidir. Bu değerlere göre ondülasyon kaynaklı bakım maliyetinin (OKBM) toplam bakım maliyeti içindeki oranı aşağıdaki gibidir;

Çizelge 9: Ondülasyon kaynaklı bakım maliyetleri

Bakımın Adı	1 Km'deki Maliyet (\$/yıl.km)
Koruyucu Bakım	8.674,71
Düzeltilici Bakım	9.316,74
Ondülasyon Kaynaklı Bakım	4.792,78
Toplam Bakım Maliyeti	22.784,23

Koruyucu bakım, düzeltilici bakım ve ondülasyon kaynaklı bakıma ait tutarlar Çizelge 9'da ve bunlara ait oranlar Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Bakım oranları

4.Sonuç

Demiryollarında yapılan bakımlar önemli harcama kalemlerinden biridir fakat yaşam döngü maliyeti içerisinde düşünüldüğünde yenileme maliyetlerini azaltan ve hattın ömrünü arttıran en önemli faaliyetlerden biridir. Bu nedenle bakımlar, en başta yolcu güvenliği ve konforu ile ve hattın ekonomikliği açısından yapılması gereken işlemlerdir. Bu çalışmada örnek hat üzerinde yapılan tüm bakımların yıllık km başına maliyetleri **22.784,23\$** olarak bulunmaktadır. Bu bakımların **4.792,78\$**'ı sadece ondülasyondan kaynaklı maliyet olarak ortaya çıkmaktadır. Ondülasyon kaynaklı bakımın toplam bakım maliyeti içindeki oranı da yaklaşık **%21** civarında olmaktadır. Ondülasyon kaynaklı bakımların %80'lik bir kısmını taşıma maliyetleri oluşturmaktadır. Bu da bize gösteriyor ki, taşıma işlemi demiryolu bakımları için olmazsa olmaz bir bakım işidir ve önemli bir tutar oluşturmaktadır. Bu bakımın hem ihtiyaç duyulduğu doğru zamanda yapılması hem de maliyetinin gereksiz yere yükseltilmemesi çok önemlidir. Taşıma bakım maliyetlerini artırmamak için;

1. Hattın üstyapı koruyucu ve düzeltilici bakımlarının mutlaka zamanında ve doğru şekilde yapılması gerekmektedir.

2. Hattın yapım aşamasında altyapıya gerekli önem verilmeli ve bozuk zeminlerin mutlaka iyileştirilmeleri gereklidir.

3. Hattın yapım aşamasında üstyapıda kullanılacak ray, travers, ray bağlantı elemanları takımı, elastomer pedler gibi malzemelerin doğru şekilde seçilmesi gerekmektedir.

4. Kurp yarıçapına göre (tercihen 800m altı) küçük yarıçaplı kurplarda mutlaka mantarı sertleştirilmiş raylar kullanılmalıdır.

5. Özellikle ray kaynak bölgeleri gözlem altında tutulmalı ve bu bölgelerde olabilecek kaynak çökmeleri lokal taşıma ile derhal giderilmez.

6. Raylardaki ondülasyon dalga derinliklerinin artması beklenmeden 0,1mm civarında raylar taşlanmalıdır.

Tüm bunlar dikkate alınarak hat gözlem altında tutulmalı ve rayların durumlarına bakılarak ve raylar üzerinden geçen yükler dikkate alınarak taşlama tipini seçmek ve taşlamayı belli periyotlarla yapmak hedefimiz olmalıdır.

Ray taşlamanın geciktirilmesi kusurların ve maliyetlerin artmasına neden olurken, taşlamanın gerekenden daha önce yapılması da maliyetlerin artmasına neden olur. Bu nedenlerden dolayı hattaki taşlamanın, maliyet minimum olacak şekilde yapılması gerekir. Ondülasyon dalga derinliği arttıkça gerekli taşlama pas sayısı daha hızlı artmakta, yani taşlama işlemini dalga derinliği az iken yapmak daha ekonomik olmaktadır. Bu konuda, büyük dalga derinliklerinin üst yapıda telafisi mümkün olmayan zararlara yol açabileceği göz önünde tutulmalıdır. Sonuç olarak, ondülasyon oluşumunun sıkı bir programla izlenmesinin ve rayların zamanında taşlanmasının hat bakımı açısından çok önemli avantajlar sağlayacağı açıktır [4].

Kaynaklar

- [1] Erel, A., (1996). Raylı Sistemlerde Dalgalı Aşınma (Ondülasyon), 1. Ulusal Ulaşım Sempozyumu, İETT Genel Müdürlüğü Basım Bürosu, Tünel İstanbul.
- [2] Kaess, G., (1983). Ergebnisse von Riffelversuchsstrecken der Deutschen Bundesbahn, Eishenbahntechnische Rundschau 10, s. 701-707
- [3] Demirdağ, M.N., (2007). Kentiçi Raylı Sistemlerde Hat Bakım ve Maliyeti, *Yüksek lisans tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Öztürk, Z.,(2010). Demiryolunda Ray Bozulmalarına Bağlı Titreşim ve Azaltma Yöntemleri, Transist 2010, Toplu Ulaşım Haftası, 2-3 Aralık 2010, Haliç Kongre ve Kültür Merkezi, İstanbul.