



Şafak Bilgiç

Eskişehir Osmangazi Uni., safakbilgic@gmail.com, Eskişehir-Turkey

Polat Yalınız

Dumlupınar University, polat.yaliniz@dpu.edu.tr, Kütahya-Turkey

Sezgin İça

Devlet Su İşleri Genel Müd.ğü, sezginica@gmail.com, Kütahya-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.1.1A0371>

**DEMİRYOLLARINDA BAKIM VE ONARIM FAALİYETLERİNİN YOL GEOMETRİSİ
KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI: KÜTAHYA-AFYONKARAHİSAR DEMİRYOLU
HATTI ÖRNEĞİ**

ÖZ

Demiryolu, istatistiksel olarak en güvenli ulaşım modu olmasına rağmen yine de sıklıkla kazalar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yapılacak bakım ve onarım faaliyetleri ile yolun kalitesinin standartlar dahilinde tutulması çok büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, 2008 yılında ölümlü tren kazası meydana gelen Kütahya-Afyonkarahisar şehirleri arasında yer alan demiryolu hattı üzerinde belirli bir bölüm incelenmiştir. Hatta yapılan planlı ve plansız ölçümler ile yol bölümünde yapılan poz ile bakım çalışmalarının etkileri, iyileşmeler, bozulmalar ve yolun ilk kalitesinin yolun bozulma oranına etkileri EN:13848-5 standardında da yer alan standart deviasyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bakım ve Onarım, Demiryolu, Fleş,
Standart Deviasyon, Yol Geometrisi

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF THE QUALITY OF REPAIR AND MAINTENANCE
ACTIVITIES IN RAILWAYS TO THE TRACK GEOMETRY: CASE STUDY OF KÜTAHYA-
AFYONKARAHİSAR RAILWAY LINE**

ABSTRACT

Although railway is the safest transportation mode statistically nevertheless incidents may occur frequently. For this reason, maintaining the quality of the track within the standards is very important by the repair and maintenance activities to be performed. In this study, a specific part of the railway line having a fatal incident in 2008 between Kütahya and Afyonkarahisar cities was investigated. The effects of the track renewal and maintenance activities, improvements, degradations and the effects of the initial track quality to degradations were determined by the planned and unplanned surveys carried on the track using the standard deviation method mentioned in the EN:13848-5 standard.

Keywords: Alignment, Railway, Repair and Maintenance,
Standard Deviation, Track Geometry

How to Cite:

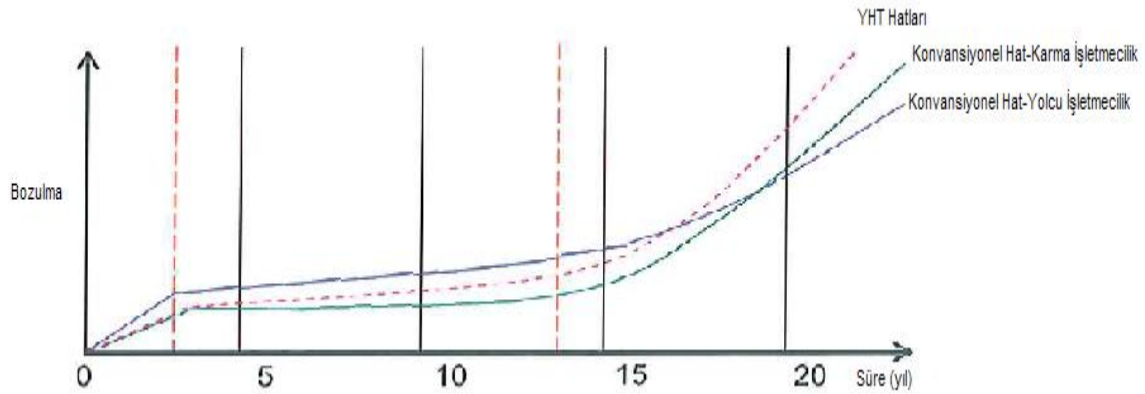
Bilgiç, Ş., Yalınız, P., and İça, S., (2017). Demiryollarında Bakım ve Onarım Faaliyetlerinin Yol Geometrisi Kalitesine Etkilerinin Araştırılması: Kütahya-Afyonkarahisar Demiryolu Hattı Örneği, *Engineering Sciences (NWSAENS)*, 12(1):40-45, DOI: 10.12739/NWSA.2017.12.1.1A0371.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Demiryollarında yeni yapılan yollar sayesinde yollar yüksek hızlı tren standartlarına uygun hale getirilmiştir fakat bundan daha önemlisi işletme şartları altında yolun standartlarının korunmasıdır. Yol kalitesinin korunmasında ise en önemli unsur yol geometrisi kusurlarının sürekli olarak gözlem altında tutularak bakım faaliyetlerinin zamanında yapılmasıdır. Hatta yapılan planlı ve plansız ölçümler çalışmaları ise bakım faaliyetlerinin periyodunu belirleyen en önemli etkenlerdir. Ülkemizde TCDD tarafından ölçüm çalışmaları yüksek hızlı ve konvansiyonel hatlarda Piri Reis ölçüm treni, Roger 800, Matisa MPV-7 ve krab gibi yol geometrisi ölçüm aletleri ile yapılmaktadır. Yapılan ölçümlerin sonuçları ise, Avrupa Birliği üyesi ülkelerden altyapı otoriteleri, demiryolu idareleri, ölçüm sistemleri üreticileri, demiryolu yapım ve onarım firmaları ve bir adet demiryolu makinaları üreticisinden oluşan uzmanlar tarafından geliştirilmiş olan "EN:13848 Demiryolu Uygulamaları-Yol Geometrisi Kalitesi" standardına göre değerlendirilmektedir. Söz konusu standartta hattın kalite düzeyini belirlemede kullanılan ekartman, nivelman, fleş, dever ve burulma parametrelerinden oluşan beş temel yol geometrisi parametresine yer verilmiştir. Bu beş yol geometrisi parametresi ile ilgili yer alan toleranslar içerisinde değerlendirilmeler yapılmakta hattın genel kalitesi belirlenmekte, bakım ve yol yenileme ihtiyaçları belirlenmektedir.

Demiryolu hattının ilk işletmeye alınmasından itibaren değişim grafiği aşağıda görüldüğü gibi gerçekleşmektedir.

- **Birinci Aşama:** Demiryolu hattının işletmeye açılmasının ilk 2-3 yıl içerisinde lineer olarak geometrik değişimlerdir.
- **İkinci Aşama:** Birinci aşamanın tamamlanmasından sonraki 10 yıl içinde fark edilebilir geometrik değişiklikler olmaksızın durağan bir durum sergiler.
- **Üçüncü Aşama:** İkinci aşamanın tamamlanmasından sonraki yıllarda meydana gelen malzeme aşınmaları nedeniyle geometrik değişimler hızla artar [1].



Şekil 1. Hattın zamanla bozulması [1]
(Figure 1. Deformation of the track in time [1])

Yukarıda yer alan şekilde de görüldüğü üzere özellikle birinci ve üçüncü aşama içerisinde hattaki bozulmaların lineer ve üstel olarak ilerlemesi nedeniyle hattın EN:13848 standardına göre sürekli olarak izlenmesi ve kontrol altında tutulması gerekmektedir. Günümüzde yüksek hızlı trenler ile artan hızlar, düşük toleranslar ve yoğun şekilde taşımacılık yapılması nedenleriyle hatta yapılması gereken ölçüm ve izleme faaliyetlerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Bu sebeple, bu çalışmada çok büyük önem arz eden ölçüm çalışmalarının



değerlendirilmesinde Kütahya-Afyonkarahisar hattı üzerinde belirli bir bölüm ele alınarak, yapılan poz ve bakım çalışmalarının kalitesi, hattaki bozulmalar, yolun ilk kalitesinin hattaki bozulmalara etkileri EN:13848-5 standardı çerçevesinde değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Son yıllarda yaygınlaşan hızlı tren ağı ile seyahat süreleri kısalmakta fakat bunun yanında deray kaynaklı ölümlü ve yaralanmalı tren kazalarının da maalesef önüne geçilememektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Avrupa ülkelerinde 2006-2014 yılları arasında deray kaynaklı kazalar sonucunda meydana gelen ölüm ve yaralanmaların sayısı [2]
(Table 1. Number of persons killed or seriously injured in accidents due to derailment in European Countries between the years of 2006-2014)

GEO/TIME	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Belgium	0	1	0	2	0	0	0	0	0
Bulgaria	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Czech Republic	0	0	0	0	10	6	0	0	0
Denmark	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Germany	0	2	2	2	4	0	1	0	0
Estonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ireland	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Greece	0	1	4	1	7	0	0	0	0
Spain	21	0	1	3	0	0	0	149	0
France	0	0	0	0	0	1	0	18	0
Croatia	1	0	1	19	0	2	0	0	0
Italy	0	0	0	43	2	0	1	2	0
Latvia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lithuania	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luxembourg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hungary	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Netherlands	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Austria	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Poland	0	1	0	0	0	40	0	0	0
Portugal	1	5	5	0	0	0	0	0	0
Romania	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Slovenia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Finland	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sweden	1	0	0	0	0	0	1	0	0
United Kingdom	0	13	0	0	0	0	0	0	0
Liechtenstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Norway	0	0	0	0	0	2	2	0	0
Switzerland	:	:	0	0	8	0	0	0	0
Montenegro	:	:	:	:	:	:	:	0	0
FYR of Macedonia	:	:	:	0	0	0	0	0	0
Turkey	0	6	34	2	5	0	0	0	0
Total	24	29	53	72	37	53	5	169	9

Yukarıda Avrupa ülkelerinde 2006-2014 yılları arasında deray kaynaklı kazalar sonucunda meydana gelen ölüm ve yaralanmalara ilişkin veriler yer almaktadır. Görüldüğü üzere demiryolu konusunda Avrupa'nın önde giden ülkelerinde bile deraya bağlı kazalar halen meydana gelebilmektedir. Deraya bağlı tren kazalarının başlıca nedenlerinden birisi yol geometrisi kalitesinin istenilen seviyede korunamamasıdır. Bu çalışmada TCDD 71. Yol Bakım Onarım Müdürlüğü mntıkasında yer alan ve 27 Ocak 2008 gecesi tren şefi ile birlikte 8 yolcunun hayatını



kaybettiği ve 25 yolcunun yaralandığı Kütahya-Afyonkarahisar illeri arasındaki demiryolunun Alayunt İstasyonu (Km 66+874) ve Çöğürler İstasyonu (Km 86+505) arasında kalan bölüm örnek olarak incelenmiş, yol geometrisi parametreleri ile yapılan poz ve bakım çalışmalarının kalitesi ve yoldaki bozulma eğilimleri tespit edilmiştir. Daha önce yapılan akademik çalışmalarda, istatistiksel olarak önemli bir belirleyici olduğu ve yolun genel kalitesi hakkında direkt olarak bilgi verme özelliği belirlenen fleş parametresinin standart deviasyonu kullanılarak incelenen hattın kalitesi, yoldaki bozulmalar, yapılan poz ile bakım çalışmalarının etkileri, yolun ilk kalitesinin yolun bozulma oranına etkileri direkt olarak ortaya konulmuştur.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

3.1. Standart Deviasyon (SD) İle Yol Geometrisi Kalitesinin Belirlenmesi (Determination of Track Geometry Quality with Standard Deviation (SD))

Yol geometrisi kalitesinin belirlenmesinde kullanılan ölçütlerden biri, EN:13848-5 standardında yer alan Standart Deviasyon (SD) kavramıdır. Belirli ölçüm aralığında fleş, ekartman, dever ve nivelman parametreleri için SD değerleri ayrı ayrı hesaplanmakta bunlarla ilgili yol geometrisindeki bozulmalar ve bakım ihtiyaçları belirlenebilmektedir. EN:13848-5 standardında yalnızca fleş ve nivelman parametrelerine ilişkin SD limit değerleri bulunmakta, bu parametrelere ilişkin standart deviasyon değerleri ile değerlendirmeler yapılabilmektedir. EN 13848-5 standardında tanımlanan 3 temel yol geometrisi kalite düzeyi bulunmaktadır. Bu 3 kalite düzeyi yardımıyla yolun durumu direkt olarak kategorize edilebilmektedir. Bu 3 kalite düzeyi şunlardır;

- **Uyarı Eşiği (AL):** Aşılması halinde; hat geometrisi koşullarının, bir sonraki planlı bakım çalışmaları kapsamında analiz edilmesini ve dikkate alınmasını ifade eden değerdir [3].
- **Müdahale Eşiği (IL):** Aşılması halinde; bir sonraki ölçüme kadar güvenlik eşiğine varmadan düzeltici bakım gerektiren değeri ifade eder [3].
- **Acil Müdahale Eşiği (IAL):** Aşılması halinde; kusurlar düzeltilinceye kadar, maksimum tren hızını düşürmek veya hattı işletmeye kapatmak şeklinde acil önlemler alınmasını gerektiren değerlerdir [3].

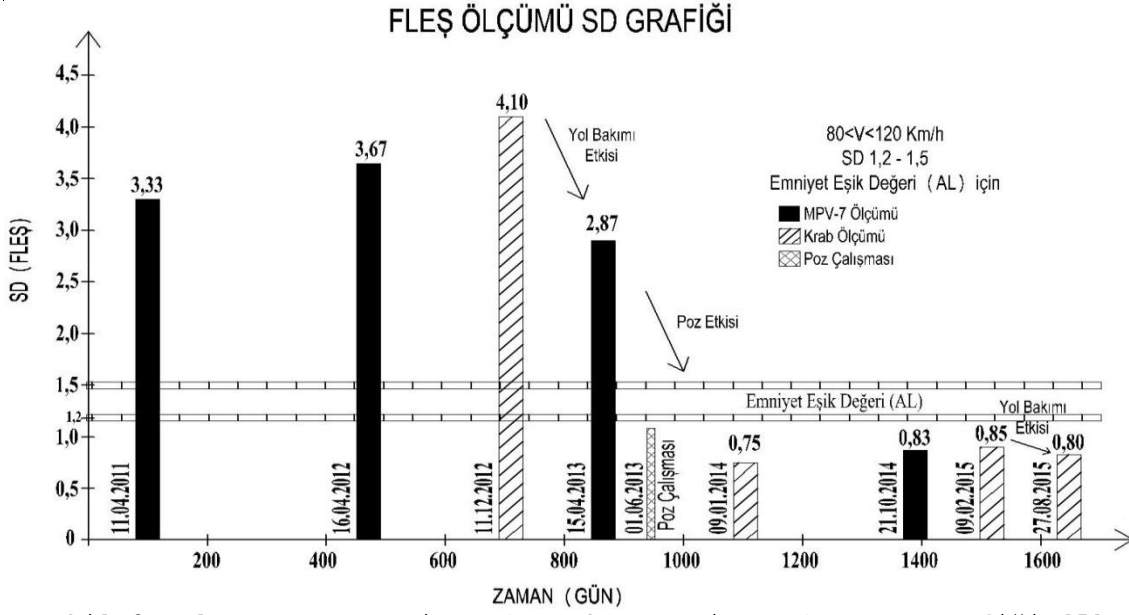
Standart Deviasyon (SD) değerinin kullanılarak yol geometrisi kalitesinin belirlenmesinde belirli bir yol kesiminde seçilen geometrik değişkene ait hatalar tespit edilmekte ve istatistiksel bir yöntem olan Standart Deviasyon (SD) formülü ile kusurlara ait SD değerleri hesaplanmaktadır. EN 13848-5 standardında yer alan SD-Hız grupları tablolarına göre uyarı eşiğinde (AL) değerlendirme yapılmaktadır. Yüksek standart deviasyon değeri yol kalitesinin kötü olduğuna, düşük standart deviasyon değeri ise tam tersine yüksek yol kalitesine işarettir [4]. Aşağıda EN 13848-5 standardına göre fleş kusurunun standart deviasyonun hız grupları içerisindeki limitleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Fleş kusuru standart deviasyonu-hız grupları çizelgesi [3]
(Table 2. Standard deviation of alignment defect-speed zones chart
[3])

Speed (in km/h)	Standard Deviation D1 (in mm)
$V \leq 80$	1,5 to 1,8
$80 < V \leq 120$	1,2 to 1,5
$120 < V \leq 160$	1,0 to 1,3
$160 < V \leq 230$	0,8 to 1,1
$230 < V \leq 300$	0,7 to 1,0

Daha önce de belirtildiği üzere, TCDD 71. Yol Bakım Onarım Müdürlüğü mntıkasında yer alan ve 27 Ocak 2008 gecesi tren şefi ile birlikte 8 yolcunun hayatını kaybettiği ve 25 yolcunun yaralandığı Kütahya-Afyonkarahisar illeri arasındaki demiryolunun Alayunt İstasyonu (Km 66+874) ve Çöğürler İstasyonu (Km 86+505) arasında kalan bölüm bu çalışma kapsamında değerlendirilmiş, bu bölümdeki yol geometrisi parametreleri incelenmiştir. Söz konusu hat üzerinde TCDD tarafından altı ayda bir Matisa MPV-7 yol geometrisi ölçüm makinası ile yapılan yol geometrisi ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Ayrıca son yıllarda TCDD envanterine girmiş olan Çek Cumhuriyeti menşeli krab yol geometrisi ölçüm aleti ile 2011-2015 yılları arasında hatta yapılan plansız ölçümler bulunmaktadır.

İnceleme alanı olarak bu hattın seçilme sebepleri; belirtilen hatta 27 Ocak 2008 gecesi ölümlü kaza meydana gelmesi, güzergâhın 2013 yılı yaz aylarında tamamen yenilenerek poz geçirmesi ve güzergah üzerinde belirli aralıklarla yapılmış olan geçmiş yıllara ait MPV-7 ve Krab ölçüm sonuçlarının bulunmasıdır. En son 1982-1989 yılları arasında poz çalışması gören ve ekonomik ömrünü doldurmuş olan Kütahya- Afyonkarahisar demiryolu hattında 2013 yılı yaz aylarında poz çalışması yapılarak yol altyapısı ile birlikte tamamen yenilenmiştir. Söz konusu poz çalışması öncesi 11.12.2012 tarihinde gerçekleştirilmiş olan KRAB ölçüm sonuçları ile 11.04.2011, 16.04.2012 ve 15.04.2013 tarihlerinde yapılan 6 aylık MPV-7 turnesi ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Poz çalışmasından sonra ise 09.01.2014, 09.02.2015 ve 27.08.2015 tarihlerinde Alayunt-Değirmenözü istasyonları arasında yapılan KRAB ölçüm sonuçları ile 21.10.2014 tarihinde yapılan MPV-7 ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Alayunt-Çöğürler İstasyonları arasında kalan Km 67+750-70+000 arasındaki bölüm çalışma alanı olarak belirlenmiş bu bölümde eldeki tüm ölçüm sonuçlarından fleş kusurlarının standart deviasyonu hesaplanmıştır. Aşağıda Şekil 2'de fleş kusurlarının 3-25 m. (D1) dalga boyunda SD ve zaman değişkenleri ile oluşturulan grafiği yer almaktadır.



Şekil 2. Fleş parametresi SD (Standart Deviasyon)-Zaman Grafiği [5]
(Figure 2. Standard deviation of alignment parameter vs Time Graph [5])

Grafikte yer alan MPV-7 ve Krab ölçüm sonuçları incelendiğinde, zamanla yoldaki bozulmaların göstergesi olarak SD değerlerinde artış olduğu ve bu artışın da EN 13848-5 standardında belirtilen sınırların da üzerine çıktığı görülmektedir. İlk üç ölçüm sonucuna göre; 80 km/h<V≤120 km/h hız aralığında 1.2-1.5 mm olması gereken emniyet eşik değerinin çok üzerinde olması sebebiyle bu bölümde V≤80 km/h da altına inilerek tekayyüdat (hız sınırlaması) konulması ve bakım yapılması gerekmektedir. Andrade ve Teixeira tarafından yapılan çalışmalarda olduğu üzere; fleş ölçümü SD grafiğinin üç yol kalitesi sınıfı (AL, IL ve IAL) için istatistiksel olarak önemli bir belirleyici olduğu ve yolun genel kalitesi hakkında direkt olarak demiryolu işletmecisine yol kalitesi hakkında bilgi verme fırsatı sunduğu görülmektedir [6]. Buna göre, sadece bu grafikten yola çıkarak hat üzerinde yapılan poz çalışması etkileri ve gerekli bakım çalışmaları hakkında yeterli bilgiye sahip olunabilmekte yolun genel kalitesi, bakım ihtiyaçları hakkında direkt olarak bilgiye sahip olunabilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Demiryollarında EN:13848-5 standardına göre periyodik olarak gerçekleştirilen hat geometrisi ölçüm çalışmaları sayesinde yapılan planlı bakım çalışmalarının etkilerini görmek ve yolda meydana gelen bozulmalar belirlenebilmektedir. Hat geometrisi ölçümleri sonucunda planlı bakım çalışmalarının verimliliği, hatta tespit edilen bozulmalara ilişkin yapılması zarureti bulunan plansız bakım ihtiyaçları ve bu ihtiyaçların hangi süre zarfında giderilmesi gerektiği gibi bulgular elde edilebilmektedir. TCDD hat bakım konseptinde hangi sıklıkta, hangi tarihlerde yapılması gerektiği belirtilen planlı bakım çalışmalarının dışında, gerçekleştirilen ölçümler sonucunda yolda tespit edilen kusurlara yoldaki uyarı, müdahale ve acil müdahale eşiklerine göre sorumlu yol bakım ve onarımından kısım şefliğince plansız bakım çalışmaları ile müdahale edilmesi gerekmektedir. Yapılacak plansız bakım çalışmaları ve münferit kusurların tamirleri ile yol kusuruna ait hataların standart deviasyonunda azalma, yolun genel kalitesinde ise artış hedeflenmektedir. Şekil 2'de bulunan fleş ölçümü SD grafiği



incelendiğinde 2013 yılı Şubat-Mart ayları içerisinde yapılan bakım çalışmasının (buraj çalışması) ardından 15.04.2013 ölçüm sonuçlarına göre, bakım çalışmasının sonucunda yol kalitesinde %30'luk bir iyileşme olduğu ancak bu iyileşmenin bozulma değerlerini emniyet eşik değerlerinin altına indiremediği görülmüştür. Fakat 01.06.2013 tarihinde başlatılan poz çalışmasının ardından 09.01.2014 tarihli ölçüm sonuçlarına göre yol kalitesinde %74'lük bir iyileşme gerçekleştiği ve bu iyileşmenin bozulma değerlerini emniyet eşik değerlerinin altına indirdiği gözlenmiştir. Yolun ilk kalitesinin düşük olduğu yol kesimlerinde gerçekleştirilen plansız bakım çalışmalarının yolun genel kalitesine etkisi %30 gibi büyük bir oranda olabildiği görülmektedir.

Şekil 2'de yer alan fleş ölçümü SD grafiğinde görüldüğü üzere 09.02.2015 ve 27.08.2015 tarihleri arasında poz çalışması sonrasında yeniden plansız bakım çalışması gerçekleştirilmiştir. Yolun ilk kalitesinin çok yüksek olduğu bu yol kesiminde bu plansız bakım çalışmasının etkisi ise ancak %6 seviyelerinde kalmıştır. Sonuç olarak yolun ilk kalitesinin düşük olduğu yollarda yapılan plansız bakım çalışmalarının yolun genel kalitesine etkisinin yüksek seviyede olduğu, yolun ilk kalitesinin yüksek olduğu standartlara uygun yollarda yapılan plansız bakım çalışmalarının yolun genel kalitesine etkisinin ise düşük seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Yolun ilk kalitesinin düşük olduğu yollarda yapılan plansız bakım çalışmalarının yolun genel kalitesine etkisinin yüksek seviyede olduğu görülse de yakalanan bu kalitenin uzun soluklu olarak korunması düşük ilk kaliteli yollarda mümkün olmamaktadır. Yolun genel kalitesinin uzun süre korunması amaçlanması sebebiyle yol alt yapı teknik sorumlularınca yolun ilk kalitesinin ilk yapılda standartlara uygun (EN:13231 ve EN:13848) hale getirilmesi çok büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. TCDD, (2013). TCDD Hat Bakımı El Kitabı, TCDD Yol Dairesi Başkanlığı, Ankara.
2. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Railway_safety_statistics
3. CEN, (2008). EN 13848:2008 Railway applications-Track-Track geometry quality, European Committee For Standardization, Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels.
4. Berawi, A.B., (2013). Doctoral Thesis, Improving Railway Track Maintenance Using Power Spectral Density (PSD), Faculdade De Engenharia Universidade Do Porto, Portugal.
5. İca, S., (2015). Demiryollarında Yol Geometri Kusurlarının İncelenmesi ve Çözüm Önerileri: Kütahya-Afyon Demiryolu Hattı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye.
6. Andrade, A.R. and Teixeira, P.F., (2013). Unplanned-Maintenance Needs Related To Rail Track Geometry, Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport, 167(6):400-410.