

Ankara-Eskişehir Yüksek Hızlı Tren Hattında Meydana Gelen Geometrik Bozulmaların Değerlendirilmesi

Murat V. TACİROĞLU*¹, Mustafa KARASHAHİN², Mesut TIĞDEMİR³

¹Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO. Ulaştırma ve Trafik Hiz. Bölümü, Mersin

²İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş tarihi: 06.10.2015

Kabul tarihi: 31.12.2015

Özet

Tekrarlı dingil yükleri ve çevresel koşulların etkisi ile demiryolu hat geometrisi zamanla bozulmaya başlar. Hat geometrisinin bozulması demiryolu araçlarının raylar üzerindeki hareketlerini etkileyerek yolculuk konforunun düşmesine ve raydan çıkma riskinin artmasına neden olur. Geometrik bozulmalar aynı zamanda livre hızlarını da etkilediğinden işletme koşullarını etkiler. Bundan dolayı, demiryolu organizasyonları işlettikleri hatların geometrik koşullarını yol denetim çalışmaları ile sürekli olarak izlemek zorundadırlar. Yol denetiminde amaç geometrik sınır değerleri aşan bozulmaların tespiti ve bu bozulmaları giderecek bakım çalışmalarının planlanmasıdır. Hat geometrisinin bozulmasıyla ilgili olan sınırlar ise çeşitli standartlarda belirtildiği gibi hat karakteristiklerine göre değişmektedir. Bu çalışmada Ankara-Eskişehir yüksek hızlı tren (YHT) hattında yapılan yol kontrolü çalışmalarından elde edilen hat geometrisi verilerinin EN-13848-5 standardına göre değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme ile verilerin ait olduğu dönemde hattın işletme koşullarının analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hat geometrisi, EN-13848-5, Yüksek hızlı tren hattı

Evaluation of Geometrical Deteriorations Occurred in Ankara-Eskişehir High Speed Railway Track

Abstract

Railway track geometry starts deterioration with the effect of repeated axle load and environmental conditions over time. Deterioration of the track geometry decrease the ride comfort and cause an increased risk of derailment by affecting the movement of vehicles on the rails. Since the geometrical

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Murat V. TACİROĞLU, Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO Ulaştırma ve Trafik Hiz. Bölümü, Mersin, mtaciroglu@mersin.edu.tr

deteriorations also affect the speed of train, it affects operation conditions. Therefore, railway organisations have to monitor geometrical conditions of the track under their responsibility by performing track inspection activities. The purpose of the track inspection detection of geometrical deterioration exceeding limit values and the planning of maintenance activities to correct these deteriorations. As specified in various standards related to the deterioration of track geometry limits vary according to the characteristics of track. The limit relating to the track geometry deterioration varies according to the track characteristic as specified in various standards. In this study, track geometry data which they obtained from the track inspection studies conducted in Ankara-Eskişehir high-speed-railway (HSR) track was evaluated according to EN-13848-5 standard. With this evaluation analysis of track condition was performed for the period in which the data subject.

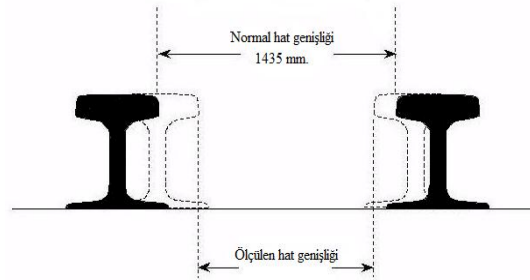
Keywords: Track geometry, EN-13848-5, High speed railway

1. GİRİŞ

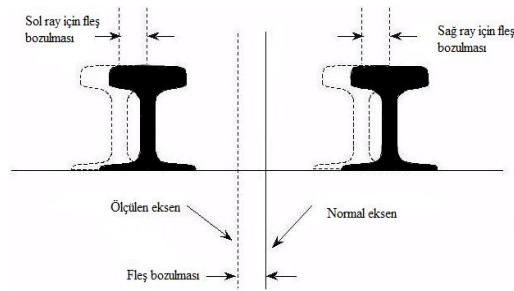
Demiryolu hat geometrisi, demiryolu taşıtlarının raylar üzerindeki davranışlarına etki eden, sürüş konforu ve raydan çıkma riski gibi demiryolu işletmesi açısından çok büyük öneme sahip parametreleri etkileyen önemli bir faktördür. Demiryolu hat geometrisi, demiryolu hattının uzaysal düzlemlerdeki konumu olarak tanımlanabilir. Hat geometrisi uzayda her rayın veya hat merkez çizgisinin pozisyonun gösteren birden fazla parametreden oluşmaktadır [1]. Hat geometrisi farklı düzlemlerdeki iz düşümleri ile ifade edilmektedir. Hat geometrisi parametreleri buldukları düzleme göre yatay düzlem ve dikey düzlem parametreleri olarak iki grupta incelenmektedir. Her düzlem birkaç parametre içermektedir. Hat geometrisini tanımlayan ana parametreler buldukları düzleme göre; yatay düzlemde ekartman ve fleş parametreleri, dikey düzlemde nivelman, dever ve burulma parametreleri olarak sıralanmaktadır [2].

Ekartman, demiryolu hattının herhangi bir noktasında ölçülen hat genişliğidir. Ray başının üst yüzeyinin 16 mm altında, iki rayın birbirlerine bakan iç yüzleri arasındaki mesafe olarak tanımlanır ve standart genişlikli hatlar için ekartman değeri 1435 mm olarak kabul edilir [3]. Bu değerinde meydana gelen sapmalar ekartman bozulması olarak adlandırılır (Şekil 1). Fleş, her bir rayın hattın ortasından geçtiği kabul edilen referans çizgisine göre yatay konumudur.

Fleş bozulması ise rayların hat eksenine göre yatayda yaptığı yer değiştirmedir (Şekil 2).

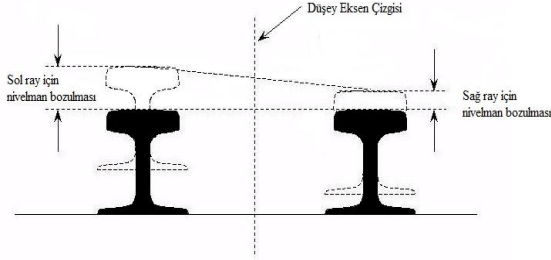


Şekil 1. Ekartman bozulması [4]



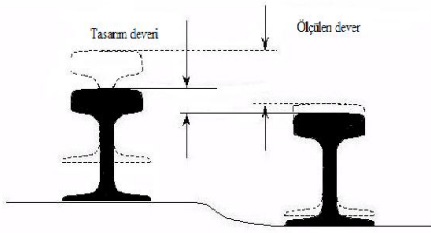
Şekil 2. Fleş bozulması [4]

Nivelman parametresi rayların üst yüzeyinin dikey düzlemdeki konumunu ifade eder. Nivelman bozulması, rayların dikey eksende bulunmaları gereken tasarım yüksekliğinden daha düşük veya daha yüksek değerde olmasıdır (Şekil 3).



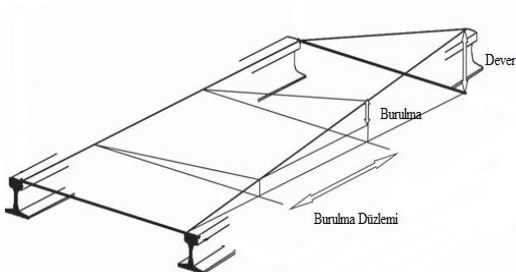
Şekil 3. Nivelman bozulması [4]

Dever, kurplarda merkezkaç kuvvetinin demiryolu araçları üzerinde yarattığı zararlı etkileri azaltmak için dış ray dizisinin iç ray dizisine göre yükseltilmesidir. Parametrenin tasarım değerinden sapması ise dever bozulması olarak isimlendirilmektedir (Şekil 4) [5].



Şekil 4. Dever bozulması [4]

Belirli bir aralıkla ölçülen iki dever miktarı arasındaki cebrik farka burulma denilmektedir. Genellikle ölçülen iki nokta arasındaki eğim olarak ifade edilir. Burulma değeri mm/m olarak ifade edilir [6]. Burulma bozulması ise hattaki nivelman bozulması nedeniyle boji düzlemindeki veya bojisiz araçlardaki 3 tekerin raylara temas etmesi ve bir tekerin boşta kalması durumudur (Şekil 5) [4].



Şekil 5. Burulma bozulması [7]

Hat üzerinde demiryolu araçlarının konforlu ve güvenli bir şekilde hareket edebilmeleri için hat geometrisi bozulmalarının belirli limitler içerisinde kalması gerekir. Yol geometrisi ölçümü yapan hat kayıt araçlarından elde edilen, hat geometrisi parametrelerinde meydana gelen bozulmalara ait veriler sınır değerler ile değerlendirilir. Çeşitli yol geometrisi ölçüm makineleri ve dolayısıyla farklı ölçüm boyları vardır. Yol geometrisi değerlerini ölçüm makinelerin ölçüm boyuna göre sınır değerler farklı okunabilir. Geometri parametrelerinin bozulmalarının eşik değerleri hızın bir fonksiyonu olarak verilir. Çünkü hız hat kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir faktördür[8]. TCDD’de konvansiyonel hatlarda geometri bozulmaları için kullanılan eşik değerler Çizelge 1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1. TCDD konvansiyonel hatlarda kullanılan eşik değerler [8].

Geometri Parametresi	Ölçme boyu	Hızlar (Km/s)			
		40 < V ≤ 60	60 < V ≤ 80	80 < V ≤ 100	V > 100
Nivelman	1 m	4 mm	3 mm	2 mm	1,5 mm
	3 m	12 mm	9 mm	6 mm	4,5 mm
Fleş	10 m	30 mm	25 mm	20 mm	15 mm
Dever	10 m	40 mm	30 mm	20 mm	15 mm
Burulma	3 m	15 mm	10,5mm	9 mm	6 mm

TCDD’de konvansiyonel hatlarda ekartman değeri 1435 mm dir. Bu tip hatlar için ekartman eşik değerleri ise konfor ekartman değeri ve raydan çıkmaya neden olan ekartman değeri olarak iki değer aralığında belirtilmiştir. Buna göre konvansiyonel hatlarda;

- 1432-1465 mm değer aralığı konfor ekartman değerleri
- 1426 mm’den az, 1490 mm.den fazla olan değerler ise raydan çıkmaya neden olan ekartman değerleri olarak kabul edilmektedir [8].

Geometri bozulmaları aynı zamanda hat sınıflarına göre de değerlendirilmektedir. Burada verilen hat

sınıfları, demiryolu hattından kullanılan işletme hızları ve geçen trafik yoğunluğuna (yıllık geçen yük miktarı, MGT=milyon gros ton) göre değişmektedir. Hat sınıfları ve bunlara ait geometrik eşik değerler Çizelge 2 ve 3 de gösterilmektedir [9-11].

Çizelge 2. Hat sınıflarının gösterimi[1]

Trafik Yoğunluğu (Yıllık MGT)	Hızlar (km/s)			
	>160	160-120	120-80	>80
>15	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
10-15	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂
5-10	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃
<5	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄

Çizelge 3. Hat sınıflarına göre geometrik sınırlar [1]

Geometri Parametresi		Hat Sınıfları			
		A	B	C	D
Ekartman (mm)	1	+3	+4	+5	+12
		-1	-1	-1	-2
	2	+6	+8	+10	+12
		-2	-2	-2	-2
	3	+24	+24	+24	+24
		-4	-4	-4	-4
	4	+35	+35	+35	+35
		-6	-6	-6	-6
Fleş (mm)	1	±2	±4	±6	±11
	2	±5	±8	±12	±21
	3	±9	±15	±24	±41
	4	±17	±29	±45	±50
Nivelman (mm)	1	±6	±8	±12	±16
	2	±12	±16	±16	±18
	3	±20	±20	±20	±20
	4	±20	±20	±20	±20
Burulma (mm)	1	±2	±3	±4	±8
	2	±5	±7	±9	±15
	3	±8	±13	±18	±24
	4	±15	±25	±28	±33

Demiryolu yapımı ve yol geometrisi ölçümlerindeki teknolojik gelişmelerle birlikte demiryolu hat geometrisi değerlendirme standartları da değişmektedir. Avrupa standardı EN 13848-5'e göre yol geometrisi bozulmaları değerlendirilirken diğer standartlarda verilen sınır değerlerden farklı olarak geometri bozulmalarının hat işletme koşulları üzerindeki etkisini gösteren üç düzey göz önüne alınmaktadır. "Uyarı eşik değerleri (AL)", aşılması halinde yol geometrisi koşullarının düzenli ve planlı bakım çalışmaları kapsamında analiz edilmesini ve dikkate alınmasını ifade eden değerlerdir. "Müdahale eşik değerleri (IL)", aşılması halinde bir sonraki ölçüme kadar emniyet eşikğine varmadan bakım ve tamirat çalışmalarını gerektiren değerleri ifade eder. Bu bakım çalışması esnasında yolda gerektiğinde seyir kısıtlaması uygulanır. "Emniyet eşik değerleri (IAL)", aşılması halinde bozulmalar düzeltilinceye kadar maksimum tren hızını düşürmek veya hattı işletmeye kapatmak şeklinde acil önlem alınması gereken değerlerdir [12]. Ayrıca bu standartta geometri bozulmaları için verilen eşik değerler hattın işletme hızına bağlı olarak değişmektedir.

Bu çalışmada Türkiye'nin ilk Yüksek Hızlı Tren (YHT) hattı olan Ankara-Eskişehir YHT hattında yapılan hat kontrol çalışmalarından elde edilen geometri verilerinin EN-13848-5'de verilen sınır değerlere göre analizi yapılmıştır. Bu analiz ile hattın içinde bulunduğu işletme koşulları ve bu durumların olası nedenleri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada TCDD Yüksek Hızlı Tren Dairesinden elde edilmiş olan veriler incelenmiştir. Bu veriler Ankara-Eskişehir arasında bulunan YHT hattında yapılan hat kontrol çalışmalarından elde edilmiştir. Ankara-Eskişehir YHT hattının proje tasarım kriterleri aşağıdaki gibidir:

- Hat sayısı : Çift hat, elektrikli, sinyalizasyonlu
- Azami hız :250 km/saat
- Dingil yükü :22,5 ton
- Hat açıklığı (ekartman) :1,435 mm
- Minimum yatay kurpyarı çapı :3,500 m
- Maksimum boyuna eğim : %16

- Maksimum dever : 130 mm
- Düşey gabari (Min) : 6,72 m
- Ray tipi : UIC-60
- Ray boyu : 36 m.
- Kaynaklı uzunluk : Sürekli kaynak
- Ray kalitesi : 900 A
- Traversler : Ön-germeli, ön çekmeli monoblok B70 tipi beton traversler
- Balast malzemesi: Kırmataş bazalt

Hat kontrol çalışmaları “Piri Reis” ismi verilen yüksek hızlı yol kontrol treni ile yapılmıştır. Bu araç hattın işletme hızı olan 250 km/s hızla giderken çeşitli ölçümler yaparak hattın durum hakkında bilgiler toplamaktadır (Şekil 6). Piri Reis treni her 0,25 m’de bir hat geometrisi ölçümü yapabilecek cihazlarla donatılmıştır. Böylece ölçüm treni yaklaşık 245 km uzunluğundaki hat boyunca her bir geometri parametresi için 980,000 ölçüm yapabilmektedir.

Piri Reis YHT yol kontrol treni hat geometrisi ölçümlerini EN-138548-5 standardında belirtilen dalga boyu aralıklarındaki eşik değerlere göre yapmaktadır. Ölçümlerde göz önüne alınan dalga boyları ve bunlara bağlı olarak eşik değerler dikkate alınan hat geometri parametresine göre değişmektedir.



Şekil 6. Piri Reis YHT yol kontrol treni

Ekartman bozulmasının sınır değerleri EN 13848-5 standardına göre iki farklı dalga boyunda uyarı (AL), müdahale (IL) ve emniyet (IAL) eşik değerlerinden oluşmaktadır. İlk dalga boyu 100 metre’lik yol kesiminin içinde, 1435 mm yol açıklığına göre olabilecek en az ve en fazla yol açıklığı değişim değerlerini ifade eden 100 m. içindeki maksimum değişim, ikinci ise 100 m’den uzun yol kesiminde, normal ekartman olan 1435 mm’lik gerçek değerden olabilecek en az ve en fazla yol açıklığı değerlerini ifade eden nominalekartman zirve değeri olarak belirtilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. EN 13848-5’ göre ekartman eşik değerleri

Hızlar (Km/s)	AL (mm)				IL (mm)				IAL (mm)			
	Nominal Ekartman Zirve Değeri (mm)		100 m içindeki max. değişim (mm)		Nominal Ekartman Zirve Değeri (mm)		100 m içindeki max. değişim (mm)		Nominal Ekartman Zirve Değeri (mm)		100 m içindeki max. değişim (mm)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
$V \leq 80$	-7	+25	-6	+25	-9	+30	-7	+28	-11	+35	-8	+32
$80 < V \leq 120$	-7	+25	-5	+22	-9	+30	-6	+25	-11	+35	-7	+27
$120 < V \leq 160$	-6	+25	-3	+16	-8	+30	-4	+18	-10	+35	-5	+20
$160 < V \leq 220$	-4	+20	-3	+16	-5	+22	-4	+18	-7	+28	-5	+20
$220 < V \leq 300$	-3	+20	-1	+16	-4	+22	-2	+18	-5	+28	-5	+20

EN-13848-5’de nivelman ve fleşbozulmaları için D1 (3 m $\lambda \leq 25\text{ m}$), D2 (25 m $\lambda \leq 70\text{ m}$) ve D3 (70 m $\lambda \leq 150\text{ m}$) olmak üzere üç farklı dalga boyu dikkate alınmaktadır. D3 dalga boyunda meydana gelen bozulmalar işletme hızının 250 km/s’den fazla olduğu hatlarda göz önüne alınmaktadır. Çizelge 5 ve Çizelge 6 EN-13848-5’e göre D1 ve D2 dalga boylarında sırasıyla nivelman ve fleş bozulmaları için kullanılan sınır değerleri göstermektedir.

Çizelge 5. EN 13848-5’ göre nivelman eşik değerleri

Hızlar (Km/s)	AL (mm)		IL (mm)		IAL (mm)	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2
$V \leq 80$	12-18	N / A	17-21	N / A	28	N / A
$80 < V \leq 120$	10-16	N / A	13-19	N / A	26	N / A
$120 < V \leq 160$	8-15	N / A	10-17	N / A	23	N / A
$160 < V \leq 220$	7-12	14-20	9-14	18-23	20	33
$220 < V \leq 300$	6-10	12-18	8-12	16-20	17	28

Çizelge 6. EN 13848-5’ göre fleş eşik değerleri

Hızlar (Km/h)	AL (mm)		IL (mm)		IAL (mm)	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2
$V \leq 80$	12-15	N/A	15-17	N/A	22	N / A
$80 < V \leq 120$	8-11	N/A	11-13	N / A	17	N / A
$120 < V \leq 160$	6-9	N/A	8-10	N / A	14	N / A
$160 < V \leq 220$	5-8	10-15	7-9	14-17	12	24
$220 < V \leq 300$	4-7	8-13	6-8	12-14	10	20

Burulma bozulmasının eşik değerleri ise dalga boyuna bağlı olmadan, bozulma ölçümünü yapan cihazın ölçüm boyuna göre değişmektedir. EN-13848-5’de 3m ölçüm boyu için verilmiş olan sınır değerler Çizelge 7’de gösterilmektedir.

Çizelge 7. EN 13848-5’e göre burulma eşik değerleri

Hızlar (km/s)	AL (mm/m)	IL (mm/m)	IAL (mm/m)
$V \leq 80$	4	5	7
$80 < V \leq 120$	4	5	7
$120 < V \leq 160$	4	5	7
$160 < V \leq 220$	4	5	7
$220 < V \leq 300$	3	4	5

Dever bozulması burulma bozulması ile bağlantılı olduğundan EN-13848-5’de dever bozulması ilgili eşik değerler verilmemiştir.

Bu çalışmada TCDD -YHT dairesinin Piri Reis yol kontrol treni ile yaptığı 14 farklı ölçümde elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bu ölçümler 2009-2010-2011-2012 yıllarında çeşitli zamanlarda yapılmıştır. Ölçümler arasında geçen süreler gün sayısı olarak sabit olmamakla beraber mevsimsel olarak ölçüm yapılmasına özen gösterilmiştir. Hat geometrisi parametrelerine ait olmakla birlikte çalışma için temin edilen veriler genel hatları ile aşağıdaki gibidir.

- 2009-2012 yılları arasındaki hat geometrisi bozulma raporları
- 2009-2012 yılları arası hat geometrisi grafikleri
- 2011 ve 2012 yıllarına ait noktasal geometri ölçümleri

Hat geometrisi bozulma raporlarında, hat geometrisi parametreleri için EN-13848’de verilen eşik değerleri aşan kesim uzunluklarının bilgisi yer almaktadır. Hat geometrisi grafiklerinde, hat geometri parametrelerinin hat boyunca değişiminin grafik gösterimi bulunmaktadır. Noktasal geometri ölçümleri ise hat boyunca geometri parametrelerinin her 0,25 m’de bir ölçülen değerlerini içermektedir. Çalışmanın devamında elde edilen veriler bir arada değerlendirilerek, MS Excel programında YHT hattında her bir geometri parametresi için yapılan ölçüm değerlerini içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı ile

hat geometrisi parametrelerine ait ölçüm bilgileri içinden EN-13848-5’de yer alan geometrik eşik değerleri aşan kesimler yani geometrik bozulmaların görüldüğü kesimler, program yardımıyla süzülerek belirlenmiştir. Daha sonra her ölçümde, her bir geometri parametresi için eşik değerleri aşan hat kesimlerinde toplam bozulma uzunlukları hesaplanmıştır. Bu bilgiler kullanılarak ölçüm dönemlerinde her bir parametreye ait tespit edilen bozulma uzunluklarını gösteren çizelgeler oluşturulmuş ve bu çizelgeler yardımı ile hattın içinde bulunduğu işletme koşullarının zamanla değişimi analiz edilmiştir.

3. BULGULAR

Ankara-Eskişehir YHT hatları “Hat1” veya “Kuzey Hattı” ve “Hat 2” veya “Güney Hattı” olarak isimlendirilen yan yana iki komşu hattın oluşmaktadır. Çalışmayla ilgili olarak daha önce sıralanan veriler her iki hat içinde temin edilmiştir. Yapılan ilk yüzeysel incelemede komşu hatların geometrilerinde meydana gelen değişimler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Örneğin hatlarda meydana gelen bozulmaların bulunduğu kesimler aynı olmakla beraber bozulmaların miktarlarının da aynı olduğu görülmüştür. Bu yüzden çalışma “Hat1” veya “Kuzey Hattı” olarak isimlendirilen hattın 518+880 ile 322+211 kilometreleri arasında kalan yaklaşık 197 kilometrelik kesimi için yapılmıştır.

Çizelge 8’de YHT’de 2009-2012 yılları arasında yapılan ölçümlere göre ortaya çıkan bozulmaların EN-13848’e göre genel değerlendirmesi verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi genel değerlendirme EN-13848’de verilen eşik değerler göz önüne alınarak “Burulma, Ekartman, Ekartman 100 m, Fleş D1 Sağ-Sol, Fleş D2 Sağ-Sol, Nivelman D1 Sağ-Sol, Nivelman D2 Sağ-Sol” olmak üzere 11 geometri parametresi için yapılmıştır. YHT hatlarında yapılan yol kontrollerinde dever parametresi ile ilgili ölçümler yapılmamıştır. EN-13848-5’de belirtildiği gibi bu parametrenin düşey düzlem parametresi olması sebebiyle kurplarda dever değerleri yerine nivelman ve burulma ölçümlerindeki değerlerde

meydana gelen değişimleri dikkate almak uygun görülmüştür. Genel değerlendirme çizelgesinde verilen her bir parametreye ait olan bozulma uzunlukları ile hat boyunca o parametrede görülen AL, IL ve IAL eşik değerlerini geçen toplam bozulma uzunluğu gösterilmiştir. Çizelge 8 incelendiği zaman en fazla bozulmanın ekartman 100 m parametresinde olduğu hemen dikkati çekmektedir. Bu parametre 100 m içinde hat açıklığında meydana gelen değişimleri ifade etmektedir. Bu değer nominalekartman değerine göre daha az tolerans değerine sahiptir. Genellikle konforla ilişkilendirilmektedir ve TCDD YHT dairesi tarafından bakım onarım faaliyetlerinde göz önüne alınmamaktadır. Çizelgede fleş ve nivelman parametreleri D1 ve D2 olmak üzere iki ayrı dalga boyunda, sağ ve sol ray dizileri için ayrı ayrı gösterilmiştir. Burada D2 dalga boyundaki fleş ve nivelman parametreleri konforla ilişki olup bakım ve onarımda göz önüne alınmamaktadır. Aynı çizelgede 2009 yılının ocak ayında yapılan ölçümler ise yapılan hattın işletmeye açılmasından önce hat imalatının kontrolü amacıyla yapıldığından bu tarihten sonra yapılan ölçümler üzerinde etkisinin olmadığı kabul edilmiştir. Çünkü hattın işletmeye açıldığı tarihte güvenli tren seferleri için YHT hattı geometrik olarak kusursuz duruma getirilmiştir.

YHT hattında işletmede aksamalara neden olabilecek bozulmaları incelemek için Çizelge 9 yol gösterici olacaktır. 4 yılda yapılan 13 ölçümü kapsayan bu çizelgeye göre 197 km uzunluğundaki hat kesiminde tüm parametreler dahil toplamda sadece 1900,25 m bozulma meydana gelmiştir. Bu çizelgeye göre ekartman parametresinde meydana gelen toplam bozulmanın diğer parametrelere oranla çok daha büyük değerler aldığı görülmüştür. Ekartman parametresini toplam uzunluk olarak sırasıyla nivelman, fleş ve burulma parametreleri takip etmektedir. 2009 ve 2010 yıllarında yapılan 8 ölçümde toplam ekartman bozulması 1276,25 m olarak ölçülmüştür. Bu rakam 4 yılda görülen toplam 1337 m uzunluğundaki ekartman bozulmasının %95’ini, bütün parametrelere ait toplam bozulmalarında %67’sini oluşturmaktadır. 13 dönemlik ölçümlerde burulma parametresine ait bozulmalar sadece 5 dönemde görülmüştür. Burulma bozulmasının en büyük miktarda

Çizelge 8. Eskişehir-Ankara YHT hattı genel bozulma değerlendirmesi

Bozulma Tipi	Dönemlik Toplam Bozulma Uzunluğu (m)													
	Ocak 2009	Haziran 2009	Ekim 2009	Aralık 2009	Şubat 2010	Mayıs 2010	Ağustos 2010	Kasım 2010	Nisan 2011	Ağustos 2011	Aralık 2011	Mart 2012	Temmuz 2012	Kasım 2012
Burulma	10,3	0	2	0	6	0	0	1	1	0	0	2	0	0
Ekartman	5093,5	101	48	487	176	115	138	211	35	2	3	19	2	0
Ekartman 100m	4095,8	0	1432	19433	4751	4928	6428	9842	1276	0	79	448	0	0
Fleş D1 - Sağ	21,25	0	3	5	8	0	9	8	21	8	3	4	1,5	3,5
Fleş D1 - Sol	4,75	26,25	5	9	0	1	15	3	14	3	1	5	2	3
Fleş D2 - Sağ	10,5	5,25	0	10	8	0	0	0	34	12	0	0	0	0
Fleş D2 - Sol	34,5	8,5	0	11	8	0	0	0	33	12	0	0	0	0
NivelmanD1 - Sağ	5,25	0	33	10	15	18	23	7	31	9	6	30	2	1,5
NivelmanD1 - Sol	5,75	0	27	5	21	29	18	11	43	13	7	26	1,5	3
NivelmanD2 - Sağ	99,75	109	98	79	91	39	41	0	7	18	0	5	0	0
NivelmanD2 - Sol	90,75	111,5	100	84	86	31	39	0	14	12	0	5	0	0
TOPLAM	9472,1	361,5	1748	20133	5170	5161	6711	10083	1509	89	99	544	9	11

Çizelge 9. Burulma, ekartman, fleş ve nivelman parametrelerinde oluşan bozulmaların eşik değerler göre değerlendirilmesi

Ölçüm Dönemi	Bozulma Uzunlukları (m)																		TOPLAM
	Burulma			Ekartman			Fleş D1 Sağ			Fleş D1 Sol			Nivelman D1 Sağ			Nivelman D1 Sol			
	AL	IL	IAL	AL	IL	IAL	AL	IL	IAL	AL	IL	IAL	AL	IL	IAL	AL	IL	IAL	
Haziran 2009	0	0	0	76,5	24,5	0	0	0	0	26,25	0	0	0	0	0	0	0	0	127,25
Ekim 2009	2	0	0	32	16	0	3	0	0	5	0	0	12	21	0	14	13	0	118
Aralık 2009	0	0	0	331	127	29	5	0	0	9	0	0	6	4	0	3	2	0	516
Şubat 2010	2	4	0	156	20	0	8	0	0	0	0	0	12	3	0	12	9	0	226
Mayıs 2010	0	0	0	82	33	0	0	0	0	1	0	0	12	6	0	15	14	0	163
Ağustos 2010	0	0	0	95	40	3	4	5	0	15	0	0	14	9	0	18	0	0	203
Kasım 2010	1	0	0	113	95	3	4	4	0	3	0	0	5	2	0	9	2	0	241
Nisan 2011	1	0	0	17	16	2	17	4	0	10	4	0	16	15	0	28	15	0	145
Ağustos 2011	0	0	0	2	0	0	8	0	0	3	0	0	4	5	0	11	2	0	35
Aralık 2011	0	0	0	1	2	0	3	0	0	1	0	0	6	0	0	7	0	0	20
Mart 2012	2	0	0	17	2	0	4	0	0	5	0	0	21	9	0	20	6	0	86
Temmuz 2012	0	0	0	0	2	0	1,5	0	0	2	0	0	0	2	0	0	1,5	0	9
Kasım 2012	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0	3	0	0	1,5	0	0	3	0	0	11
TOPLAM	8	4	0	922,5	377,5	37	61	13	0	83,25	4	0	109,5	76	0	140	64,5	0	1900,25
GENEL TOPLAM	12			1337			74			87,25			185,5			204,5			

görüldüğü dönemde kusur miktarı toplam 6 m olarak ölçülmüş ve diğer görüldüğü 4 dönemde oluşan bozulmaların miktarı da 1 ve 2 metre gibi çok düşük uzunluklarda ölçülmüştür. Fleş bozulması için en büyük bozulma sol ray için Haziran 2009 döneminde toplam 26,25 m, sağ ray içinse Nisan 2011 döneminde toplam 21 m olarak ölçülmüştür. Diğer dönemlerde fleş bozulması ölçülen kusur boyları küçük değerler olarak görülmüştür. Nivelman bozulması için en büyük kusur uzunlukları sağ ray için Ekim 2009 döneminde toplam 33 m, sol ray içinde Nisan 2011 döneminde toplam 46m olarak ölçülmüştür. Nivelman bozulması için diğer dönemlerde ölçülen toplam kusur boyları daha küçük değerler almıştır. En büyük değerler göz ardı edildiğinde ölçülen toplam boyların fleş ve burulma bozulmalarında daha düşük değerler aldığı görülmüştür.

Eşik değerler göz önüne alındığı zaman toplam bozulmaların yaklaşık %70'ini AL, %28'ini IL ve %2'sini IAL türünden bozulmalar oluşturmaktadır. YHT hattının işletmesinde aksamalara neden olan IAL eşik değerini aşan bozulmalar yalnızca ekartman parametresinde görülmüştür. Toplamda en büyük IAL türünden bozulma miktarı hattın yeni kurulduğu zamana denk gelen Aralık 2009 döneminde görülmüştür. Çizelgeye dikkat edildiği zaman AL türünden bozulmaların her ölçüm döneminde farklı miktarlarda ortaya çıktığı görülmüştür. Bu tür değerler görülen bir hat kesiminde düzeltici bakım ve onarım çalışmaları yapılmadan o kesimin geometri koşulları planlı bakım çalışmaları kapsamında izlemeye alınır.

Normal koşullar altında bu türden bir bozulmaların görüldüğü bir hat kesiminde daha sonra yapılan yol kontrol çalışmalarında, AL türünden bozulmaların toplam uzunluğunun sabit kaldığı veya arttığı veya AL türünden bozulma görülen yerlerde bir üst eşik düzeyinde bozulmaların olduğu gözlenmelidir. Çizelge 10'da bu üç durumunda görülmemektir. Çünkü Ankara-Eskişehir YHT hattında yüksek güvenlik önlemleri nedeniyle geometri parametrelerinde kritik eşik değerler ortaya çıkmadan gereken önlemler alınmaktadır.

Çizelge 9'da verilen bilgiler Ankara-Eskişehir YHT hattının 197 km'lik kesiminde görülen bozulmalarla ilgili bilgileri kapsamaktadır. Hat kesimi uzunluğu dikkate alındığı zaman her ölçüm döneminde ölçülen bozulma miktarlarının çok küçük olduğu görülmektedir. Bu durumun iki temel sebebi vardır. İlk olarak hat yalnızca yolcu treni trafiğine açıktır. Bu durum hattın geçen toplam yük miktarının, karışık tipte tren trafiğine izin verilen konvansiyonel bir demiryolu hattına göre çok daha düşük olmasına neden olmaktadır. Geçen yük miktarının daha az oluşu hatta görülen bozulma miktarını da azaltmaktadır. İkinci sebep ise yüksek güvenlik nedeniyle YHT hattında yapılan sık bakım ve onarım çalışmalarıdır.

2009 ve 2010 yıllarında yapılan 7 ölçümde bütün parametreler için görülen toplam bozulma miktarı 1611,5 metre olarak ölçülmüştür. Bu miktar 4 yılda görülen toplam bozulma miktarının yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır. Bu durum hattın genç yaş döneminde görülen hattın kurulumundan kaynaklanan bozulmaların ortaya çıkması olarak yorumlanmaktadır.

4. SONUÇLAR

Çalışmaya konu olan YHT hattında meydana gelen geometri bozulmalarını incelemek için hattın 518+880 ile 322+211 kilometreleri arasında kalan, 197 kilometrelik kesimi tasarım geometrisi dikkate alınarak alt kesimlere ayrılmıştır. Yapılan ilk incelemede, 4 yılda yapılan 13 ölçümde, tüm geometri parametreleri için, EN-13848-5'de tanımlanan eşik değerler göz önüne alındığında toplamda 1900,25 m bozulma meydana geldiği tespit edilmiştir. Oluşan toplam bozulmanın yaklaşık %70'ini AL, %28'ini IL ve %2'sini IAL türünden bozulmalar oluşturduğu görülmüştür. IAL eşik değerini aşan bozulmalar yalnızca ekartman parametresinde ve yeni kurulan bir hattın beklediği gibi hattın işletmeye açıldığı ilk zamanlarda ortaya çıktığı görülmüştür. AL türünden bozulmaların her ölçüm döneminde farklı miktarlarda ortaya çıktığı görülmüştür. Normal koşullar altında bu türden bir bozulmanın görüldüğü bir hat kesiminde daha sonra yapılan yol kontrol çalışmalarında, AL türünden

bozulmaların toplam uzunluğunun sabit kaldığı veya arttığı ya da AL türünden bozulma görülen yerlerde bir üst eşik düzeyinde bozulmaların oluştuğu gözlenmelidir. Çünkü bu türden bozulmaların gözlendiği bir hat kesiminin geometrik durumu planlı bakım çalışmaları kapsamında izlemeye alınır ve bozulmaların gelişim durumuna göre müdahalede bulunulur. Ancak güvenlik önlemlerinin üst düzeyde olduğu YHT hattında bozulmaların bir üst seviyeye geçmesine izin verilmeden gereken onarım çalışmaları yapılmaktadır. Burada bakım çalışmalarının yapılması için makinistlerin görüşleri ve yaya kontrollerini yapan teknik elemanların görüşleri de dikkate alınmaktadır. Güvenlik önlemlerinin üst düzeyde olması hat kesimi uzunluğu dikkate alındığı zaman her ölçüm döneminde ölçülen bozulma miktarlarının çok küçük olmasına neden olmuştur. Hattın sadece yolcu treni trafiğine hizmet vermesi ve buna bağlı olarak hattan geçen toplam yük miktarının az olması da düşük miktarda bozulmaların meydana gelmesinin nedenlerindedir. Yapılan değerlendirmeye göre incelenen YHT hattında bakım çalışmalarının düzenli yapıldığı ve bozulma miktarlarının tren trafiğine olumsuz etkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Sadeghi, J., 2010. Development of Railway Track Geometry Indexes Based on Statistical Distribution of Geometry Data, Journal of Transportation Engineering, ASCE, Vol. 136, No. 8, 693-700.
2. Sadeghi, J., Askarinejad, H., 2011. Application of Neural Networks in Evaluation of Railway Track Quality Condition, Journal of Mechanical Science and Technology, 26(1), 113-122.
3. Bewari, A.R.B., Delgado, R., Calçada, R., Vale, C., 2010. Evaluating Track Geometrical Quality Through Different Methodologies, International Journal of Technology, 1, 38-47.
4. White, D.L., 1998. Statistical Characterization of Vehicle and Track Interaction Using Rail Vehicle Response and Track Geometry Measurements, Yüksek Lisans Tezi, Virginia Polytechnic Institute and State University, Mechanical Engineering Department.
5. Guler, H., 2005. Demiryolu Hat Geometrisinin Bozulmasının Bilgi Sistemler Destekli Modellenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ekim, 268 s., İstanbul.
6. EN-13848-1, 2004. Railway Applications-Track-Track Geometry Quality, Part 1: Characterisation of Track Geometry, Brussels.
7. Westhuizen, N.J., Gräbe, P.J., 2013. The Integration of Railway Asset Management Information to Ensure Maintenance Effectiveness, Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 55(3), 18-29.
8. Kaçer, İ., Bağbaşı, İ., 2010. Üstyapı Tekniği ve Yolun Bakımı, TCDD Yol Müdür Yardımcısı Görevde Yükselme Eğitimi Notları, Ankara.
9. International Union of Railways (UIC), 1989. Classification of Lines for Purpose of Track Maintenance, 3rd Ed., Vol. 717R, Paris.
10. American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association, (AREMA), 2006. Manual for Railway Engineering, Vols. 1-4, Lanham, Md.
11. Iran Ministry of Roads and Transportation (IMRT), Railway track superstructure general technical specifications Standard No.301, Ministry Publication Service, Iran, 9-12, 2005.
12. EN-13848-5, 2008. Railway Applications-Track-Track Geometry Quality, Part 5: Geometric Quality Levels-Plainline, Brussels,