

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEMİRYOLLARINDA RAY GEOMETRİSİNİN BELİRLENMESİ VE
İYİLEŞTİRİLMESİ**

KERİM AYKUT GÜMÜŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOMATİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. VAHAP ENGİN GÜLAL**

İSTANBUL, 2016

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEMİRYOLLARINDA RAY GEOMETRİSİNİN BELİRLENMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ

Kerim Aykut Gümüş tarafından hazırlanan tez çalışması 29.11.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Vahap Engin Güral
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Vahap Engin Güral
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Halil Erkaya
Okan Üniversitesi

Doç. Dr. Burak Akpınar
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması hazırlanırken, beni yönlendiren, beni destekleyen, yılmadan ve yorulmadan her sorumu zaman gözetmeksizin cevaplayan, olumlu düşüncelerle iyi bir yüksek mühendis olma yolumda beni motive eden, ekipman ve yazılım desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. V. Engin Gülal'a, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Öğretim Görevlisi Yüksek Mühendis Muharrem Hilmi Erkoç'a, Mühendis Abdüllatif Tanış'a ve aileme teşekkür ederim.

Ekim, 2016

Kerim Aykut GÜMÜŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xv
ABSTRACT.....	xvi
BÖLÜM 1	
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür özeti.....	1
1.2 Tezin amacı	1
1.3 Hipotez.....	3
BÖLÜM 2	
2. DEMİRYOLU.....	4
2.1 Demiryolu tarihi ve gelişimi	4
2.2 Dünyada demiryolları	7
2.2.1 A.B.D.	8
2.2.2 Fransa	9
2.2.3 Almanya	10
2.2.4 İngiltere.....	11
2.2.5 Japonya.....	12
2.2.6 Çin	14
2.2.7 Ülkemizde demiryolları.....	15

BÖLÜM 3

3. DEMİRYOLLARINA AİT GEOMETRİK KARAKTERİSTİKLER.....	17
3.1 Yatay geometri.....	18
3.1.1 Hat genişliği.....	18
3.1.2 Yatay kurp.....	19
3.1.3 Dever.....	21
3.1.4 Geçiş eğrisi ve dever rampası.....	22
3.2 Düşey geometri.....	23
3.2.1 Eğim.....	23
3.2.2 Düşey kurp.....	24

BÖLÜM 4

4. DEMİRYOLLARINDA YOL-TAŞIT İLİŞKİSİ.....	26
4.1 Kurplarda taşıta etkiyen kuvvetler.....	26
4.2 Teorik dever ve teorik hız.....	28
4.3 Dever eksikliği ve dever fazlası.....	29
4.4 Limit hız.....	30
4.5 Deverin zamana göre değişimi.....	31
4.6 Dever eksikliğinin zamana göre değişimi.....	31

BÖLÜM 5

5. YÜKSEK HIZLI DEMİRYOLLARI İÇİN GEOMETRİK STANDARTLAR.....	32
5.1 Hat genişliği.....	32
5.2 Dever.....	32
5.3 Dever eksikliği ve dever fazlası.....	33
5.4 Yatay kurp yarıçapı.....	37
5.5 Birleştirme eğrisi ve dever rampası.....	38
5.6 Dever eksikliğinin zamana bağlı değişimi.....	40
5.7 Eğim.....	41
5.8 Düşey kurp yarıçapı.....	41

BÖLÜM 6

6. FARKLI PROJELERE AİT GEOMETRİK STANDARTLARIN İNCELENMESİ.....	43
--	----

BÖLÜM 7

7. UYGULAMALAR.....	46
7.1 Geometrik parametrelerin incelenmesi ve belirlenmesi.....	46
7.1.1 Belirli bir maksimum hız için, seçilen dever ve dever eksikliği değerleri ile hesaplanan kurp yarıçapları.....	46
7.1.2 Belirlenen maksimum tasarım hızı, dever ve geçiş eğrisi uzunluğunda kurpta taşıta etki eden büyüklükler.....	48

7.1.3	300 km/s tasarım hızında 3000 m'den daha küçük kurplarda taşıta eki eden büyüklükler.....	63	
7.2	Mevcut güzergah geometrisinin iyileştirilmesi ve alternatif güzergah tasarımı	70	
7.2.1	Bölge 1	70	
7.2.1.1	Mevcut güzergah.....	71	
7.2.1.2	Mevcut güzergahın revize edilmesi.....	72	
7.2.1.3	Alternatif güzergah.....	75	
7.2.2	Bölge 2	77	
7.2.2.1	Mevcut güzergah.....	78	
7.2.2.2	Mevcut güzergahın revize edilmesi.....	81	
7.2.2.3	Alternatif güzergah.....	84	
7.2.3	Bölge 3	87	
7.2.3.1	Mevcut güzergah.....	88	
7.2.3.2	Mevcut güzergahın revize edilmesi.....	93	
7.2.3.3	Alternatif güzergah.....	97	
BÖLÜM 8			
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER			105
KAYNAKLAR.....			109
ÖZGEÇMİŞ.....			112

SİMGE LİSTESİ

A	Eğimlerin cebirsel farkı (a-b)
$a_{v,lim}$	Düşey ivmeye ait limit değeri
a_v	Düşey ivme
a_y	Yanal ivme
a_z	Yatay ivme
$\frac{da_y}{dt}$	Yanal ivmenin zamana göre değişimi
$\frac{dh_d}{dt}$	Dever eksikliğinin zamana göre değişimi
$\frac{dh_t}{ds}$	Deverin mesafeye göre değişimi
$\frac{dh_t}{dt}$	Deverin zamana göre değişimi
h_d	Dever Eksikliği
$h_{d,maks}$	Dever eksikliğinin maksimum değeri
h_e	Dever Fazlası
h_{eq}	Teorik dever
h_{eq1}	Maksimum hıza göre hesaplanan teorik dever
h_{eq2}	Minimum hıza göre hesaplanan teorik dever
h_t	Dever
$h_{t,maks}$	Deverin maksimum değeri
i	Deverin değişimi
L	Tanjant noktaları arasında kalan kurpun uzunluğu
L_t	Birleştirme eğrisinin uzunluğu
R_{min}	Minimum yatay kurp yarıçapı
R_{maks}	Maksimum kurp yarıçapı

V	Hız
V_{eq}	Teorik hız
V_{lim}	Limit hız
v_{min}	Minimum hız
v_{maks}	Maksimum Hız
x	L/2 için maksimum z değerini veren eşitlik
z	Belirli bir x uzaklığındaki düşey mesafe
Φ	Yanal Kuvvet Açısı
φ_t	Dever Açısı
Δh_t	Uygulanan deverin değişimini ifade etmektedir.
Δh_d	Dever eksikliğini ifade etmektedir.
$2 \cdot b_0$	Hat genişliği

KISALTMA LİSTESİ

Amtrak	Amerikada yüksek hızda hizmet veren demiryolu şirketi
APT	Yatar gövdeli tren geliştirme projesi
CEN	Avrupa standartları komitesi
CRC	Çin Demiryolları
DB	Almanya Demiryolları
HST	Dizel konvansiyonel tren geliştirme projesi
ICE	Intercity Express
JR	Japon Demiryolları
LGV	Fransa'da hizmet veren yüksek hızlı demiryolu hattı
SNCF	Fransa Demiryolları
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TGV	Fransa'da yüksek hızlı trenlere verilen isim
TSI	Ülkelerarası işletim için kriterler
YHD	Yüksek Hızlı Demiryolu

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Aynı bölgede farklı hızlara göre tasarlanan güzergah geçkileri..... 3
Şekil 2.1	Geçmişte kullanılan buharlı tren..... 5
Şekil 2.2	Amerikan ulusal demiryolu ağı 8
Şekil 2.3	Fransız demiryolu haritası 9
Şekil 2.4	Alman demiryolu haritası..... 10
Şekil 2.5	Büyük Britanya demiryolu ağı 11
Şekil 2.6	Japon Shinkansen'e ait bir görüntü 13
Şekil 2.7	Çin demiryolu haritası 14
Şekil 2.8	Türk demiryolu ağı 15
Şekil 3.1	Hat genişliği..... 19
Şekil 3.2	Yatay kurp 19
Şekil 3.3	Dever ve dever açısı 21
Şekil 3.4	İki ardışık eğim arasına yerleştirilen düşey kurp..... 24
Şekil 4.1	Yanal ivme ve yanal kuvvet açısının bileşenleri 27
Şekil 7.1	Mevcut ve tasarlanan hatlara ait güzergah geçkileri 71
Şekil 7.2	Konvansiyonel hattın revize öncesi durumu..... 72
Şekil 7.3	Mevcut güzergaha ait düşey profil 73
Şekil 7.4	Mevcut güzergahın revize edilmiş hali..... 73
Şekil 7.5	Konvansiyonel hatta ait kurpların revize edildikten sonraki durumu..... 75
Şekil 7.6	Revizeye ait düşey profil 75
Şekil 7.7	Alternatif güzergah 76
Şekil 7.8	Alternatif güzergahın düşey profili 77
Şekil 7.9	Mevcut ve tasarlanan hatlara ait güzergah geçkileri..... 78
Şekil 7.10	Mevcut konvansiyonel hat..... 79
Şekil 7.11	Mevcut güzergaha ait düşey profil 81
Şekil 7.12	Mevcut güzergahın revize edilmiş hali..... 82
Şekil 7.13	Konvansiyonel hattın revize edildikten sonraki durumu 83
Şekil 7.14	Revizeye ait düşey profil 83
Şekil 7.15	Alternatif güzergah..... 85
Şekil 7.16	Alternatif güzergahın düşey profili 86
Şekil 7.17	Mevcut ve tasarlanan hatlara ait güzergah geçkileri 88
Şekil 7.18	Mevcut konvansiyonel hat..... 89
Şekil 7.19	Mevcut güzergaha ait düşey profil 94
Şekil 7.20	Mevcut güzergahın revize edilmiş hali..... 94
Şekil 7.21	Konvansiyonel hattın revize edildikten sonraki hali 96

Şekil 7.22	Revizeye ait düşey profil	96
Şekil 7.23	Alternatif güzergah	98
Şekil 7.23	Alternatif güzergahın düşey profili	100



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	Önerilen geometrik parametreler 2
Çizelge 5.1	Dever için izin verilen limit değerler 32
Çizelge 5.2	Yüksek Hız için tasarlanmış demiryolları için izin verilen dever eksikliği değerleri..... 33
Çizelge 5.3	Bağlantı hatlarında ve Yüksek hız için iyileştirilmiş hatlar için izin verilen dever eksikliği değerleri 34
Çizelge 5.4	Çok zorlu topoğrafik sınırlamalara sahip güzergahlar için dever eksikliği değerleri..... 34
Çizelge 5.5	CEN standartlarına göre dever eksikliğinin limit değerleri (yatar gövdesiz konvansiyonel trenler) 35
Çizelge 5.6	200 km/s ve 300 km/s hızlarında, 130 mm dever eksikliği için farklı dever değerlerine göre elde edilen kurp yarıçapları 36
Çizelge 5.7	Yanal ivme, yanal kuvvet açısı ve dever eksikliği arasındaki ilişkiler..... 36
Çizelge 5.8	Yatay kurp yarıçapı için örnekler (yatar gövdesiz trenler) 38
Çizelge 5.9	Deverin zamana ve mesafeye bağlı değişimi için limit değerler 39
Çizelge 5.10	Dever eksikliğinin zamana bağlı değişiminin limit değerleri 40
Çizelge 5.11	$(a_{v,lim})$ Düşey ivmeye ait limit değerler 41
Çizelge 5.12	Düşey kurp yarıçapı için limit değerleri 42
Çizelge 6.1	Bazı Yüksek Hızlı Demiryollarının Geometrik Parametreleri 43
Çizelge 6.2	Bazı demiryollarına ait parametreler 44
Çizelge 6.3	Hızın yolun geometrik parametrelerinin seçimine etkileri 45
Çizelge 7.1	300 km/s hız için seçilen dever ve dever eksikliği değerlerine göre elde edilen uygulanabilir minimum kurp yarıçapları 48
Çizelge 7.2	300 km/s maksimum hızda, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler 49
Çizelge 7.3	300 km/s maksimum hızda, 200 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler 51
Çizelge 7.4	300 km/s maksimum hızda, 180 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler 53
Çizelge 7.5	300 km/s maksimum hızda, 180 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler 55
Çizelge 7.6	300 km/s maksimum hızda, 160 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler 57
Çizelge 7.7	300 km/s maksimum hızda, 160 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler 59

Çizelge 7.8	300 km/s maksimum hızda, 130 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler	61
Çizelge 7.9	300 km/s maksimum hızda, 130 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler	63
Çizelge 7.10	300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi.....	65
Çizelge 7.11	300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi.....	66
Çizelge 7.12	300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi.....	68
Çizelge 7.13	300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi.....	69
Çizelge 7.14	Tasarımda kullanılacak olan geometrik parametreler	71
Çizelge 7.15	Konvansiyonel hatta ait Geometrik karakteristikler	73
Çizelge 7.16	Hattın revize sonrası geometrik karakteristikleri.....	74
Çizelge 7.17	Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik parametre analizi.....	74
Çizelge 7.18	Revize işlemi sonrası ortaya çıkan kübaj miktarı.....	75
Çizelge 7.19	Hesaplanan yaklaşık maliyetler	75
Çizelge 7.20	Alternatif güzergaha ait geometrik karakteristikler.....	76
Çizelge 7.21	Alternatif güzergahın geometrik parametre analizi.....	77
Çizelge 7.22	Kübaj miktarları	77
Çizelge 7.23	Köprü	77
Çizelge 7.24	Hesaplanan Yaklaşık Maliyetler.....	78
Çizelge 7.25	Konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler.....	79
Çizelge 7.26	Revizenin geometrik durum karakteristikleri.....	82
Çizelge 7.27	Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik parametre analizi.....	83
Çizelge 7.28	Revize işlemi sonrası ortaya çıkan kübaj miktarı.....	84
Çizelge 7.29	Köprü	84
Çizelge 7.30	Tünel.....	84
Çizelge 7.31	Yaklaşık Maliyetler	85
Çizelge 7.32	Alternatif güzergaha ait geometrik karakteristikler.....	86
Çizelge 7.33	Alternatif güzergahın geometrik parametre analizi.....	86
Çizelge 7.34	Kübaj miktarları	87
Çizelge 7.35	Köprü	87
Çizelge 7.36	Tünel.....	87
Çizelge 7.37	Hesaplanan yaklaşık maliyetler	88
Çizelge 7.38	Konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler.....	89
Çizelge 7.39	Köprü	92
Çizelge 7.40	Tünel.....	93
Çizelge 7.41	Revizenin geometrik durum karakteristikleri.....	95
Çizelge 7.42	Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik parametre analizi.....	95
Çizelge 7.43	Revize işlemi sonrası ortaya çıkan kübaj miktarı.....	96
Çizelge 7.44	Köprü	97

Çizelge 7.45	Tünel.....	97
Çizelge 7.46	Yaklaşık maliyetler.....	98
Çizelge 7.47	Alternatif güzergaha ait geometrik karakteristikler.....	99
Çizelge 7.48	Alternatif güzergahın geometrik parametre analizi.....	100
Çizelge 7.49	Kübaj miktarları.....	100
Çizelge 7.50	Köprü.....	101
Çizelge 7.51	Tünel.....	103
Çizelge 7.52	Hesaplanan yaklaşık maliyetler.....	104
Çizelge 8.1	Başlıca ulaşım türlerinin maliyet bileşenleri.....	107
Çizelge 8.2	Uzun vadeli ortalama maliyet bileşenleri.....	107



DEMİRYOLLARINDA RAY GEOMETRİSİNİN BELİRLENMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ

Kerim Aykut GÜMÜŞ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. V. Engin GÜLAL

Ucuz, doğa dostu, hızlı ve güvenli bir ulaşım sistemi olan Yüksek Hızlı Demiryolu ulaşımı dünyada gelişmiş ülkeler için önemli bir ulaşım sistemidir. 2000'li yıllardan sonra Türkiye'de de Yüksek Hızlı Demiryollarına gereken önem verilmiş, Yüksek Hızlı Demiryolu yapımı ve gelişimine hız verilmiştir.

Bu çalışma ile yeni yapılacak yüksek hızlı demiryolları çalışmaları için güzergah tasarımında ve güzergahın belirlenmesinde çok önemli bir yer tutan başta geometrik karakteristikler olmak üzere, toprak işleri ve toprak işleri sonrası ihtiyaç duyulan sanat yapılarından doğan maliyet analizi araştırılmıştır. Güzergah revizyonu ve yeni tasarım çalışması üç farklı karakteristikteki arazi tipinde gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar tartışılmış ve Türkiye'deki demiryolu çalışmalarına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Hızlı Demiryolu, Konvansiyonel Demiryolu, Geometrik Karakteristikleri, Yüksek Hızlı Demiryolu Güzergah Tasarımı, Maliyet Analizi

**DETERMINATION AND IMPROVEMENT OF RAILWAY TRACK IN RAILWAY
WORKS**

Kerim Aykut GÜMÜŞ

Department of Geomatic Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. V. Engin GÜLAL

The high speed rail transportation, which is the one of the transportation systems that is cheap, eco-friendly, fast and safety, is important in the developed countries of the world. After the 2000s, it became important in Turkey and the construction and the development of high speed railways are accelerating.

In this study, the geometric characteristics of high speed railways, which are primarily important in design and determine the high speed track, the analysis of costs arising from earthworkings and engineering structures that are needed after earthworks were examined for new high speed railway works. The track revision and new design study was conducted on three different types of land and the results were discussed and it was aimed that to contribute railway works in Turkey.

Key Words: High Speed Railway, Conventional Railway, Geometric Characteristics, High Speed Railway Track Design, Cost Analysis

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

1.1 Literatür Özeti

Yüzyıllar boyunca insanlığın taşımacılık faaliyetinde yararlandığı demiryolları motorlu taşıtların icadıyla birlikte önemini yitirmiş olmasına rağmen özellikle 20. Yüzyılın ikinci yarısındaki demiryollarında yüksek hızla seyahat edilebileceğinin keşfedilmesiyle eski önemini tekrar kazanmıştır.

70'li yıllardan sonra gelişen teknoloji ve yapılan çalışmaların sonucu olarak günümüzde 300 km ve üzerinde seyahat edebilme imkanına kavuşulmuştur. Demiryollarının avantajlarının farkında olan ülkeler, demiryollarına gereken önemi vermiş ve ülke topraklarına demir ağlar örmüşlerdir. Demiryollarının geliştirilmesini devlet politikası haline getiren Japonya, Almanya, Fransa, İngiltere gibi ülkelerde günümüzde demiryollarında 200-350 km/s arası hızlarda seyahat edilebilmektedir.

Güvenilirliği, hızı, çevre dostu olması, yapım ve işletim maliyetlerinin diğer ulaşım türlerine göre daha az oluşu 200 km/s hızın üzerinde seyahat edilen yüksek hızlı demiryollarına verilen önemi arttırmıştır. Ayrıca yüksek hızlı demiryolları 700-800 km mesafede havayolu ile rekabet edebilecek durumdadır. Bu kapsamda dünyada yüksek hızlı demiryolu inşaatları, araştırma ve geliştirme çalışmaları artmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Demiryolları sadece birbirine paralel iki çelik raydan meydana gelmemektedir. Demiryolları, mühendislik yapıları, binaları, güzergah ağı ve taşıtlardan meydana gelen karmaşık bir yapıdır. Ancak en önemli hususlardan bir tanesi olan ulaşım ağını

oluşturan yollarıdır. Bu yollar altyapı üst yapı ve yolun karakterini belirleyen geometrik karakteristiklerdir. Demiryolunda seyahat edilecek işletme hızını bu unsurlar sınırlamaktadırlar. Bu tezin konusunun geometrik karakteristikler ve yüksek hızlı demiryolu tasarımı olması sebebiyle demiryolu altyapısı ve üst yapısı konularına değinilmemiştir.

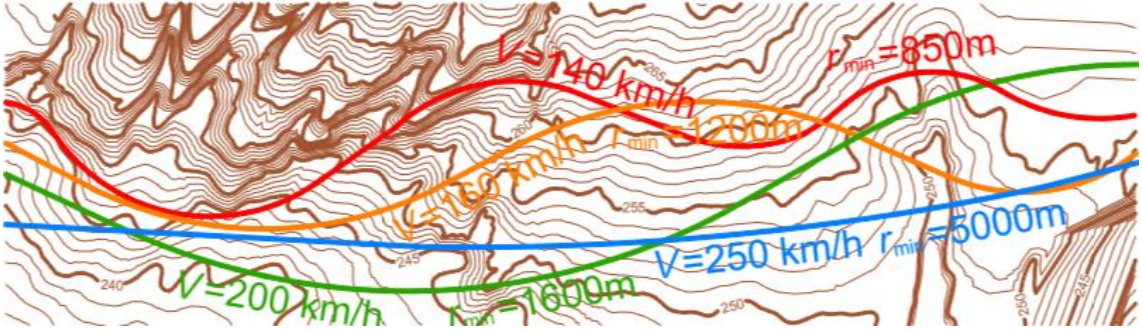
Dünyada demiryolu hattının tasarımı ve geometrik karakteristiklerinin belirlenmesi hususunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Örneğin Hindistanda yeni yüksek hızlı demiryollarının yapımı için farklı yüksek hızlı demiryollarında kullanılan geometrik parametreleri, farklı güzergah altyapı ve üst yapı elemanlarını inceleyen J.S. Mundrey'in kuzey hindistanda kullanılmak üzere tavsiyede bulunduğu parametreler şekil 1.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 Önerilen geometrik parametreler [1]

No	Parametre	Büyükük
1	Hız	300-350 km/s
2	Yatay kurp yarıçapı	10.000
3	Maksimum uygulama deveri	180 mm
4	Maksimum eğim	% 0,1
5	Minimum düşey kurp yarıçapı	24.000
6	Dever eksikliği	100 mm
7	Hatlar arasındaki mesafe	5,35 m

Slovakya'da, hızlı ve yüksek hızlı demiryolu güzergah tasarımı üzerine yapılan çalışmada kullanılan standartlar çerçevesinde farklı hızlar için yapılan güzergah geçkilerine ait bir örnek şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Aynı bölgede farklı hızlara göre tasarlanan güzergah geçkileri [2]

1.3 Hipotez

Yüksek hızlı demiryolu inşaatı çalışmalarında, mevcut bir konvansiyonel hattın geometrisi iyileştirilerek yeni bir revize hattın oluşturulması, aynı güzergaha ait alternatif bir yüksek hızlı demiryolunun inşa edilmesinden daha az maliyetlidir ve daha kısa sürede tamamlanır.

BÖLÜM 2

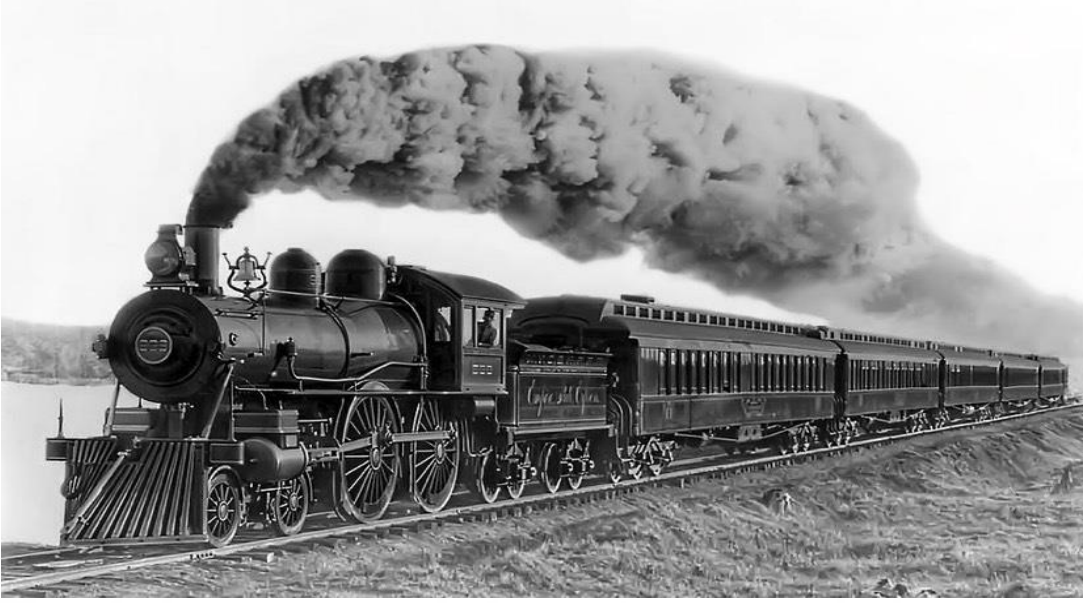
DEMİRYOLU

Bir yerden bir yere madeni bir yol üzerinde, mekanik bir güçle hareket ettirilen madeni tekerlekli araçlar içinde, insan ve eşya taşınmasını sağlayan tesislerin tümüne birden demiryolu denir[3].

Yukarıdaki tanımından anlaşılacağı üzere "demiryolu", yalnızca ray, travers, balast gibi üstyapı ve yarma, dolgu, mühendislik yapıları gibi altyapı elemanlarından ibaret olmayıp, iki nokta arasında yer alan istasyon, elektrifikasyon ve sinyalizasyon tesisleri ile birlikte demiryolunu kullanan tüm demiryolu taşıtlarından meydana gelen bir bütündür.

2.1 Demiryolu tarihi ve gelişimi

Mısır'daki bir pramitin yakınlarında M.Ö. 2600 li yıllarda yapıldığı sanılan bronz ray kalıntılarına ulaşılmıştır ve bu raylar pramidin yapımında kullanılan taşları ocaklardan taşımak için kullanıldığı düşünülmektedir. Antik Mısırda kullanılan raylar ile lokomotifin yapımına dek binlerce yıl geçmiştir. Geçen bu süre zarfında, tahtadan ya da ray olarak kullanılan tahtanın dayanıklılığını arttırmak için metal kaplanarak kullanılan raylar özellikle maden ocaklarında ağır maddelerle yüklü araçların insanlar veya hayvanlar tarafından daha kolay yukarıya çekilmesi için kullanılmıştır.



Şekil 2.1 Geçmişte kullanılan buharlı tren [4]

1789 yılında W. Sessop'un yaptığı çalışmalar günümüzdeki rayın temelini oluşturmuştur. 1801 yılında Wandsworth ve Croydan arasına döşenen 16 km boyundaki raylar, madenler dışında kullanılan ilk lokomotifler için fren ve süspansiyon sistemleri geliştirildi. 1825 yılında İngiltere'de Robert ve George Stephenson'un da aralarında bulunduğu mühendislerin çalışmalarıyla ilk güçlü lokomotif üretildi. 1830 yılından itibaren bu lokomotifler Manchester-Liverpool arasında ticaret amacıyla kullanılmaya başlandı. 1830 yılında Amerika, 1832 yılında Belçika, 1835 yılında Almanya, 1837 yılında Avusturya-Macaristan, 1839 yılında da İtalya ve Hollanda kendi demiryollarını işletmeye başladı. Orta Avrupa Demiryolları Yönetim Birliği 1846 yılında kuruldu. 1851 yılında Çarlık Rusyasında Moskova- St. Petersburg arası demiryolu hizmete girdi. Çarlık Rusyası dışındaki Asya ülkelerinde ilk demiryolu, 1853 yılında Hindistan' da kullanılmaya başlandı. Bunu 1854 yılında Mısır ve Avustralya, 1869 yılında Güney Afrika, 1872 yılında Japonya, 1881 yılında da Çin izledi. 1916 yılında yapımı tamamlanan 9.335 km uzunluğuyla dünyanın en uzun demiryolu olan Trans-Sibirya Demiryolu'nun yapımına 1891 yılında başlandı. Orta Avrupa Demiryolları Yönetim Birliği 1846 yılında kuruldu. Baltimore'da 1895 yılında ilk elektrikli trenlerin kullanımına başlandı. Bunu İsviçre Thoune-Burgdarz Hattı izledi. Fransa'daki bütün banliyö hatları 1903 yılında elektrikliye çevirildi. Almanya, İtalya ve Macaristan 1920'li yıllardan sonra demiryollarının büyük bir kısmını elektrikli hale getirdiler. Avrupa'daki

hemen her ülke, günümüzde demiryollarının %80'ini elektrikli hale getirdi. 1950'li yıllardan sonra Japonya ve Fransa'da hız arttırmak amacıyla çalışmalara başlandı. 1955 yılında Fransa'da yapılan çalışmalarda 250 km/saat'lik bir hıza ulaşıldı, ancak mevcut hatlar tarafından hızın 150 km/saat ile sınırlandırılması nedeniyle yeni hatların yapımına başlandı ve Paris-Toulouse hattında 1967 yılında 200 km/saat'lik hıza ulaşıldı. 1964 yılında Japonya'nın Tokyo-Osaka hattında 210 km/saat, Sanyo hattında da 1971 yılında 250 km/saat hıza ulaşıldı. Hızlı Tren yarışına İtalya ve Almanya 1970'li yıllarda dahil oldu. Japonya'da yapılan araştırmalar sonucu tek ray sistemiyle 350 km/saat hıza çıkabilen bir sistem geliştirildi. Fransa'da Paris-Lyon hattında 1981 yılında 380 km/saat ve daha sonra 1989 yılında da 500 km/saat hıza ulaşıldı.

Ülkemizde demiryolunun ilk kullanılmaya başladığı dönem Osmanlı Devleti dönemine denk gelmektedir. Anadolu'nun buharlı lokomotifle tanışması, buharlı lokomotiflerin kullanılmaya başlanmasından 33 yıl sonrasına yani Sultan Abdülmecit dönemine, 1856 yılına denk gelmektedir. 1856 yılında bir İngiliz şirketine verilen imtiyazla Aydın-İzmir arasında 130 km uzunluğunda bir hat inşaa edilmeye başlanmış ve 1866 senesinde hizmete açılmıştır. 1871 yılında inşaatına başlanan 91 km uzunluğundaki İzmit-Haydarpaşa hattı devlet imkanlarıyla 1873 yılında tamamlanmış ve hizmete açılmıştır. Anadolu Demiryolları, Bağdat ve Cenup (Güney) Demiryolları Alman sermayesi ile tamamlanmıştır. 1865 yılında başka bir imtiyaz sahibi İngiliz şirketi de Afyon-Turgutlu-İzmir hattı ile Bandırma-Manisa hattının 98 km uzunluğundaki bir kısmını tamamlamıştır. 336 km uzunluğundaki İstanbul-Edirne ve Kırklareli-Alpullu hattı 1888 yılında işletmeye açılarak Avrupa Demiryolları ile İstanbul arasında bağlantı kurulmuştur[5].

1856-1922 yılları arası Osmanlı Devleti döneminde, 2.383 km uzunluğundaki Rumeli Demiryolları, 2424 km uzunluğundaki Anadolu Demiryolları, 695 km uzunluğundaki İzmir-Kasaba Hattı, 610 km uzunluğundaki 498 km uzunluğunda Şam-Hama Hattı, 86 km uzunluğundaki Yafa-Kudüs Hattı, 42 km uzunluğundaki Bursa-Mudanya Hattı, 80 km uzunluğundaki Ankara-Yahşiyân Hattı olmak üzere toplam 8.619 km uzunluğunda 9 demiryolu hattı yapılmıştır. Osmanlı Devleti döneminden Cumhuriyetimize 4.613 km uzunluğunda demiryolu miras kalmıştır[6].

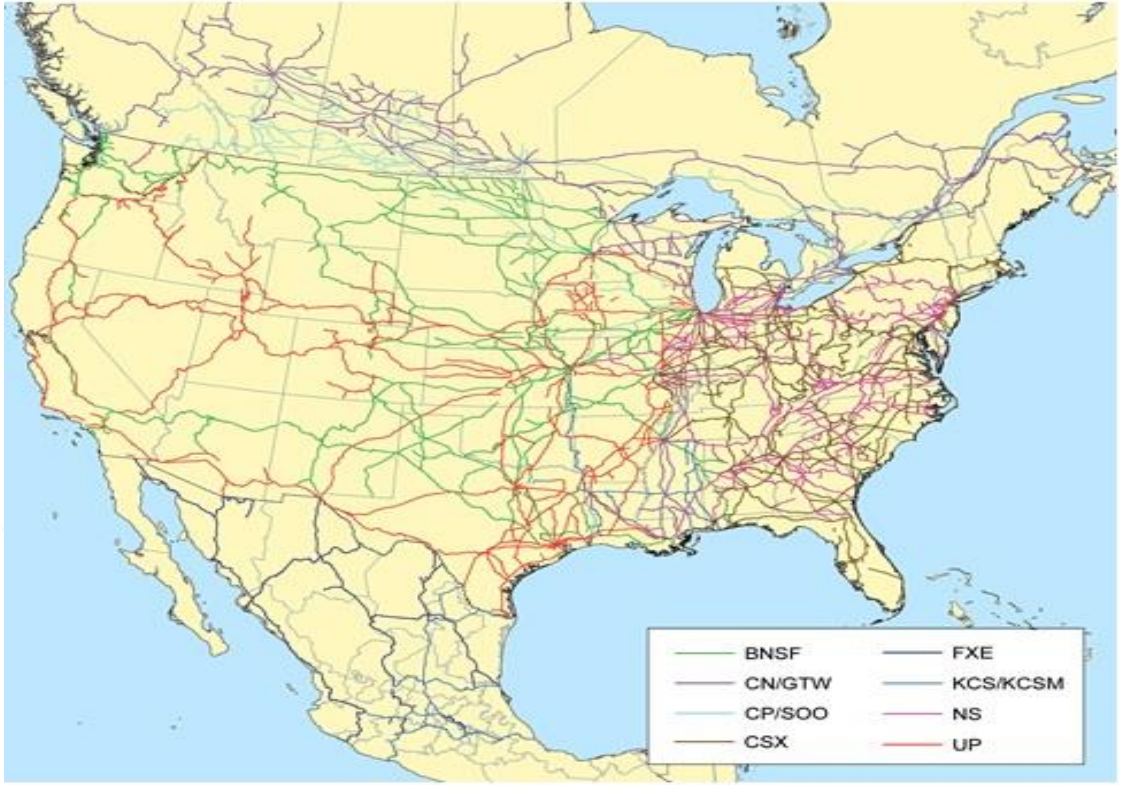
1923-1950 yılları arasında demiryolu ulaşımı devlet politikası haline getirilerek, yılda ortalama 134 km olmak üzere topla 3.674 km uzunluğunda demiryolu yapılmıştır. Bu dönemde demiryolları gelişmeyi ve kalkınmayı tetikleyen bir etmen olarak ele alınmıştır. Şehirlerarası ulaşım, maden ham madde kaynaklarının fabrikalara, limanlara ulaştırılması hususu göz önünde bulundurularak demiryolu yapımına önem verilmiştir. Ancak 1950'li yıllardan sonra devletin ulaşım politikası değişmiş, karayolu yapımına ağırlık verilerek, demiryolu yapımı göz ardı edilmiştir. 2003 yılına kadar geçen sürede sadece 945 km uzunluğunda demiryolu yapılmıştır.

1803 yılından sonra ise atların çektiği vagonlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu arada Sanayi Devriminin en önemli getirisi olan buhar gücünün ray üzerinde kullanımı ile ilgili çalışmalara başlanmıştır. 1804 yılında G. Trevith ilk buharlı lokomotifi tamamladı. Daha sonra bu lokomotifler geliştirilerek 15 km/saat hızda 70 yolcu ve 10 ton yük taşıma kapasitesine ulaşıldı. Dövme demir raylar, Dökme demir rayların yerine kullanılmaya başlandı. Aynı zamanda 2004-2014 yılları arasında dünyaya paralel olarak demiryollarına gereken önem tekrar verilmiş ve 311 km uzunluğunda konvansiyonel, 1.213 km uzunluğunda yüksek hızlı tren hattı işletmeye alınarak, ülkemizin demiryolu ağı 12.485 km ye yükseltilmiştir.

2.2 Dünyada demiryolları

18 yy'dan kullanımını ve gelişimini sürdüren demiryolu taşımacılığına gelişmiş ülkeler gereken önemi vermiş adeta ülkelerini demir ağlarla örmüş durumdadır. Yolcu taşımacılığında karayolu kullanımının getirdiği trafik sıkışıklığı, hava ve gürültü kirliliği, kaza sayılarının artışı ve bu sıkıntıların getirdiği olumsuz sonuçlar, havayolu ulaşımıyla 700-800 km ye kadar rekabet edebilmesi; yük taşımacılığında da karayolu ve havayoluna kıyasla daha avantajlı olması gelişmiş ülkelerde demiryollarına verilen önemi arttırmıştır. Aşağıda dünyanın gelişmiş ülkelerinde demiryolu ulaşımı hakkında bilgiler verilmiştir.

2.2.1 ABD



Şekil 2.2 Amerikan Ulusal Demiryolu Ağı [7]

Amerika’da Demiryolu Ulaşımının büyük bir kısmı yük taşımacılığından oluşmaktadır. Yolcu taşımacılığı birçok gelişmiş ülkede demiryolu ulaşımının büyük ve önemli bir kısmını oluştursa da, diğer ülkelere nazaran Amerika’da sınırlı rol oynamaktadır. Amerikan demiryolu endüstrisi, ekonomik gereksinimlerin değişmesi, otomobil, otobüs ve havayollarının gelişmesiyle paralel sarsıntılar yaşamıştır. Demiryollarında ithal ve ihrac mallarının taşınması, kömür ve akaryakıt sevkiyatı Amerikan ekonomisinde önemli bir rol oynamaktadır. Demiryolları’nın Amerikan Nakliye piyasasındaki hissesi % 50 ye yakındır ve bu oran diğer zengin ülkelerinkinden fazladır. Bir düzineden fazla metropol bölgede banliyö ağı mevcuttur, ancak bu ağlar kapsamlı olarak birbirine bağlı değildir, yani şehir değiştirmek amacıyla kullanılmamaktadır. New York ile Washington arasında kullanılan Amtrak sistemi, Yüksek demiryolu standartlarında hizmet veren tek sistem olarak kabul edilmektedir [8],[9].

2.2.2 Fransa

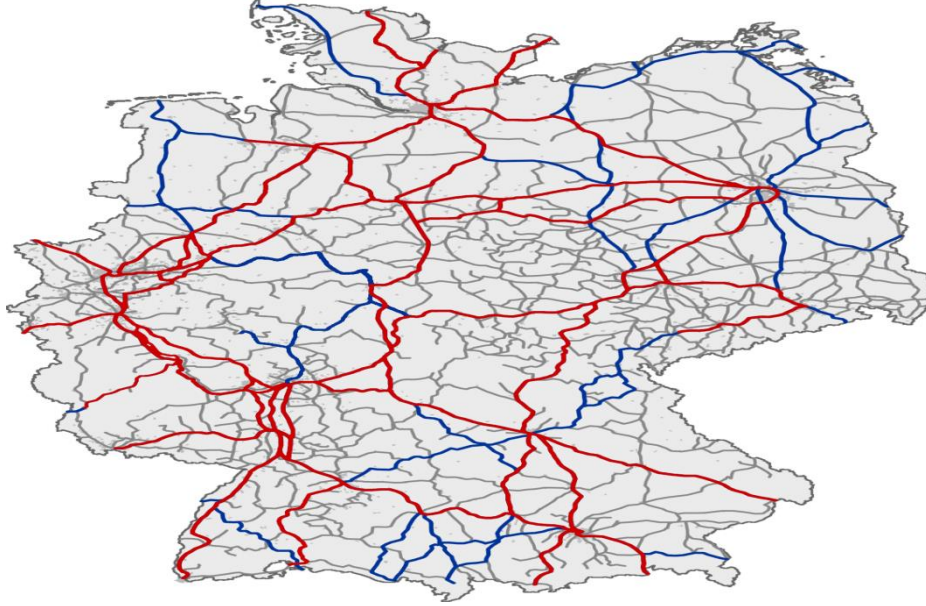


Şekil 2.3 Fransız Demiryolu Haritası [10]

Fransa'da demiryolu ulaşımı, ulusal demiryolu şirketi SNCF tarafından işletilmektedir. 2,024 km yüksek hızlı demiryolu olmak üzere toplamda 30,000 km demiryolu uzunluğuyla, Avrupa'nın en uzun demiryoluna sahip 2. ülkesidir. Bütün ana Fransız şehirleri, 300 km/h üzerinde seyahat edilebilen yüksek hızlı tren ağı olan TGV ile birbirine bağlanmaktadır. Ek olarak Fransız yüksek hızlı demiryolu ağı ile komşu ülkelerin demiryolu ağları ile entegre olmuştur. Paris'ten birçok Kuzey Avrupa başkentine birkaç saatte ulaşılabilir. SNCF, 1981 yılından bu yana sürekli olarak genişleyen Yüksek hızlı demiryolu ağı sistemi olan TGV'yi işletmektedir. TGV bir çok dünya hız rekoru kırmıştır, 3 Nisan 2007 de 574,8 km/h hıza ulaşarak kırdığı rekor bunlardan en sonuncusudur. Demiryolu ile yük taşımacılığı Fransa'da 1980'lerin başından bu yana düşüşe geçmiş, yolcu taşımacılığına ağırlık verilmiştir. Günümüzde de demiryolu ağı yolcu merkezlidir. Paris-Lyon ile başlayan LGV yüksek hızlı demiryolu hatlarının yapımı Fransa'nın en kalabalık bölgelerini başkent Paris ile birbirine bağlamıştır. Ayrıca 1994'de kanal tünelinin açılmasıyla Fransa ve İngiltere arasındaki bağlantı sağlanmıştır [11], [12], [13], [14].

2012 yılı Avrupa Birliği verilerine göre demiryolu ulaşımı; yolcu taşımacılığının % 9,7'sini, yük taşımacılığının da % 15,3'n oluşturmaktadır [5].

2.2.3 Almanya

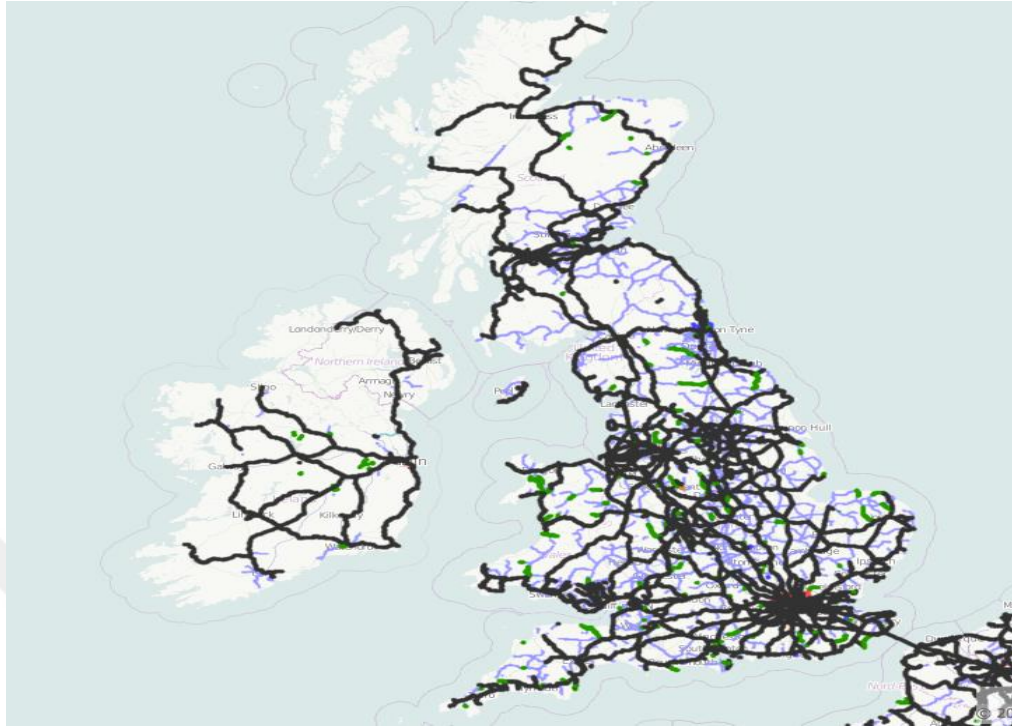


şekil 2.4 Alman Demiryolu Haritası [15]

Almanya, 34,211 km'si ulusal demiryolu ve 19,994 km'si Elektrikli, 18,201 km'si çift hattan oluşan 41,315 km uzunluğunda bir demiryolu ağına sahiptir. Alman demiryolları'nın toplam hat uzunluğu ise 76,747 km'dir. Deutsche-Bahn, demiryolu hizmetlerinin ana sağlayıcısıdır. Son yıllarda, özel firmalar da hizmet vermeye başlamıştır. Bu firmaların çoğunluğu yerel servis hizmeti sunmaktadırlar ancak Veolia Verkehr gibi bazı firmalar uzun mesafede hizmet vermektedirler.

Yüksek hızlı demiryolu ağı 1991 yılında Intercity Express adında Deutsche bahn tarafından hizmete açılmıştır. Yüksek hızlı demiryolu ağı ile büyük Alman şehirleri arasında ve Fransa, İsviçre Belçika, Hollanda ve Avusturya gibi komşu ülkeler ile bağlantı kurulurken, 320 km/h hız ile seyahat edilebilmektedir. 2012 yılı Avrupa Birliği verilerine göre demiryolu ulaşımı; yolcu taşımacılığının % 9'unu, yük taşımacılığının da % 25,1'ini oluşturmaktadır. 2013 yılının ortalarında Alman demiryolu ağı 1,300 km den fazla yüksek hızlı demiryolu hattına sahipti ve 400 km den fazla yeni demiryolu yapımı inşaat halindeydi [5],[16], [17].

2.2.4 İngiltere



Şekil 2.5 Büyük Britanya Demiryolu Ağı [18]

İngiliz demiryolu sistemi, demiryolu ulaşımında dünyanın en eskisidir. Öyle ki dünyadaki ilk demiryolu 1825'te açılmıştır. Network Rail tarafından yönetilen demiryolu sistemi, 5,272 km'si elektrikli olmak üzere 15,760 km'den meydana gelmektedir. İngiliz demiryolu ağı 1994 yılında kanal tüneli açılarak denizaltı demiryolu bağlantısı ile Kıta Avrupası'na bağlanmıştır.

18. yy da büyük Britanya dünyadaki en uzun demiryolu ağına sahipti. 20. Yy da birçok hattı kapanmış olmasına rağmen, Dünyada en yoğun demiryolu ağlarından biri olarak kalmıştır. Fransa'dan %20, İtalya'dan %60 daha fazla sefer sayısı ile Avrupa'daki en işlek demiryolu ağlarından biridir. 2014 yılında, demiryolu ağındaki 1,65 milyar seyahat sayısı ile Britanya demiryolu ağı dünyada en çok kullanılan 5'inci demiryolu ağıdır. İngiltere'de yolcu taşımacılığı, bölgesel olarak imtiyaz sahibi özel şirketler tarafından işletilmektedir [19] , [20].

İngiltere, hızlı tren ile 1970 yılında tanıştı. Buna paralel olarak British Rail yatar gövdeli tren teknolojisi APT ve dizel konvansiyonel tren geliştirme projesi (HST) olmak üzere 2 gelişim projesi izledi. Ancak daha sonra, APT projesinden vazgeçildi ve HST projesine

ağırlık verilerek hizmete açıldı. HST prototipi 230 km/s hıza ulaşarak dizel trenler için en yüksek hıza ulaşarak dünya rekoru kırdı. Ancak daha sonra HST'lerin hizmet hızı 200 km/s ile sınırlandırılmıştır. Doğu Sahili Ana hattının elektrifikasyonu ve geometrik iyileştirilmesi ile yüksek hızlı demiryolu ağı genişletilmiş ve bu hattaki maksimum hız 225 km/s'e çıkarılmıştır. West coast main line ve east coast main line adında iki ana hattı vardır. Kanal tüneline Eurostar adı altında işletilmekte olan hızlı tren hattı mevcuttur ve adayı Kıta Avrupa'sına bağlamaktadır. Yük taşımacılığı, konteynırlarla kömür, metal, akaryakıt ve inşaat malzemeleri nakliyesini içermektedir.

2012 yılı Avrupa Birliği verilerine göre demiryolu ulaşımı; yolcu taşımacılığının % 8,2'sini, yük taşımacılığının da % 11,8'ini oluşturmaktadır [5].

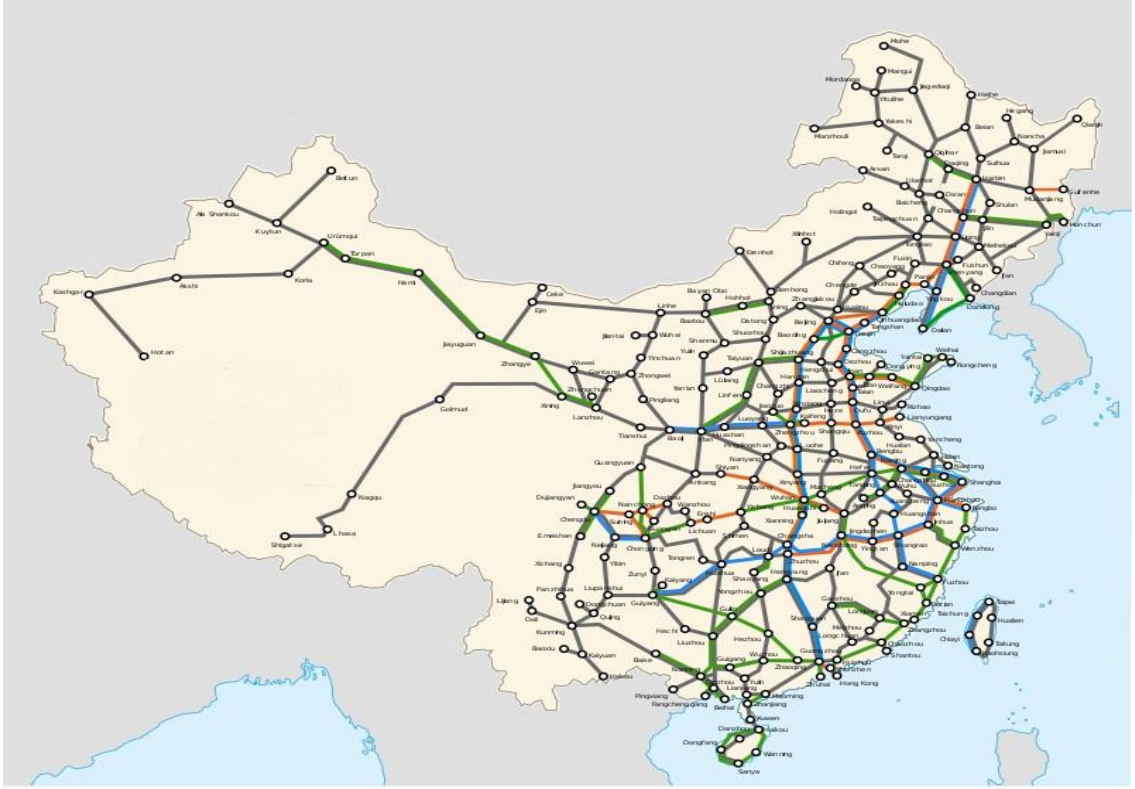
2.2.5 Japonya

Japonya'da demiryolu ulaşımı, Özellikle büyük şehirler arasında yüksek hızlı yolcu taşımacılığı ve şehir içindeki toplu taşıma olarak, temel anlamda yolcu taşımacılığı anlamına gelir. Demiryolu hizmetleri 100 den fazla özel şirket tarafından işletilmektedir. Yerel yönetimler şirketlerle birlikte ortaklaşa olarak demiryolu hizmetlerini finanse ederler ve işletimi üstlenirler. Ülke çapında 27,268 km uzunluğunda demiryolu hattı mevcuttur. 31 mart 1996'dan itibaren bu Demiryolu hattının 20,135 km'si JR tarafından işletilmektedir, kalan 7,133 km demiryolu yerel özel şirketler tarafından işletilmektedir. 2013-2014 yıllarında Japon demiryolları 7.289 milyar yolcu taşımıştır. Almanya ile karşılaştırıldığında, Almanya'da yaklaşık 40.000 km demiryolu bulunmasına rağmen, aynı yıllara ait yıllık taşınan yolcu sayısı 2,2 milyardır. Japonya dünyadaki en yoğun 50 istasyondan 46'sına ev sahipliği yapmaktadır. Ülkenin en büyük şehirlerini birbirine bağlayan Shinkansen hızlı treni ile yaklaşık 320 km/s hızda seyahat edilebilmektedir buna ek olarak konvansiyonel hatlarda en yüksek 160 km/s hızda ve genelde 130 km/s hızın altında hizmet verilmektedir. Japon Demiryolları dünyanın en dakik demiryolları arasındadır. 2012 yılında Tokaido Shinkansen de yıllık ortalama gecikme sadece 0.6 dakikadır [21], [22], [23], [24], [25], [26].



Şekil 2.6 Japon Shinkansen'e ait bir görüntü [27]

2.2.6 Çin

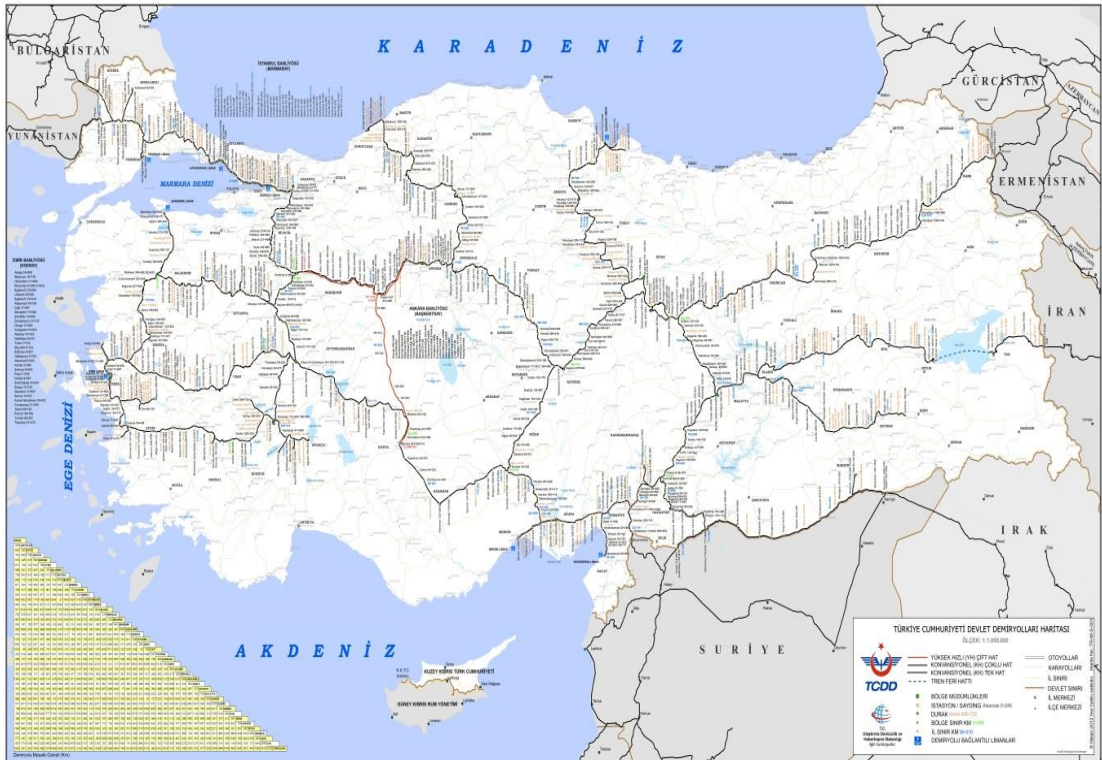


Şekil 2.7 Çin demiryolu haritası [28]

Çin’de Demiryolu, uzun mesafe taşımacılığında önemli bir rol oynamaktadır. Çin 2015 yılından itibaren 121,000 km demiryolu ile dünyada en uzun 2. Demiryolu ağına ve bu demiryolu hattının 19,000 km’lik kısmını oluşturan yüksek hızlı demiryolu ile dünyanın en uzun yüksek hızlı demiryoluna sahiptir. Bu demiryolunun tamamı devlet şirketi olan CRC tarafından işletilmektedir. Çin demiryolları dünyanın en yoğun demiryolları arasındadır. Bütün şehirler ve bölgeler demiryolu ile birbirine bağlanmasının yanı sıra komşu ülkeler ile de demiryolu bağlantısı bulunmaktadır. Son 10 yılda, Çin var olan demiryolu ağı üzerine oturan kapsamlı bir yüksek hızlı demiryolu inşasına girişilmiştir. Bu ağ; toplam 12,000 km uzunluğunda 4’ü yatay, 4’ü düşey güzergahtan meydana gelmektedir. Yeni hatların çoğunluğu var olan ana hattı takip edecek şekilde ve yalnızca yolcu taşımacılığı amacıyla tasarlanmıştır. Karma taşımacılık yapılan hatlarda 200-250 km/s hızda, sadece yolcu taşımacılığı için kullanılan hatlarda ise 300-350 km/s hızlarda hizmet verilmektedir. Ayrıca 2004’de hizmete açılan 431 km/s maksimum hız yapabilen ülkenin en hızlı treni Şangay Maglev Treni ile Pudong havalimanından şehre, 30,5 km’lik mesafe 7,5 dk’da katedilebilmektedir. Yolcu taşımacılığına ağırlık verilmiş olsa

da, yük taşımacılığı da ayrı bir önem arz etmektedir. Öyle ki demiryolu kullanılarak ürünler uluslararası ve şehirlerarası nakledilebilmekte ve limanlara olan demiryolu ulaşımı ile yükler gemiye aktararak kıtalararası ve daha uzun mesafeli taşınabilmektedir. Taşınan yükler genellikle cevher, maden ve mineraller olup en önemli taşıma malzemesi kömürdür [29], [30].

2.2.7 Ülkemizde demiryolları:



Şekil 2.8 Türk demiryolları ağı [31]

Anadolu demiryolu ile 1800'lü yılların ortalarında, Sultan Abdülmecit'in saltanatı döneminde tanışmıştır. 1856 yılında, imtiyaz sahibi bir İngiliz şirketi tarafından demiryolu inşası amacıyla ilk kazma vurulmuştur. 1856 yılından sonra 1922 yılına kadar ki süreçte, devlet eliyle yada imtiyaz verilen özel şirketler tarafından Osmanlı Devleti'nin Rumeli, Anadolu, Arabistan'daki topraklarında yaklaşık 8.600 km uzunluğunda demiryolu inşa edilmiş ve hizmete açılmıştır. Bu demiryollarının 4.600 km'si Cumhuriyetimize miras kalmış. 1923-1950 yılları arasında benimsenen devlet politikalarıyla demiryolu ağı yaklaşık 3.650 km genişletilmiştir. Ancak, ülkemizde 1950'li yıllardan sonra demiryoluna bakış açısı değişmiş, ulaşım sektöründe demiryolu arka

plana atılarak karayolu ulaşımına ağırlık verilmiştir. Bu nedenle 2003 yılına kadar yalnızca 945 km demiryolu yapılmıştır. 2004 yılından sonra ise demiryollarına yapılan yatırımların artmasıyla günümüzde mevcut demiryolu ağı 1.213 km'si Yüksek Hızlı Demiryolu, 11.272 km'si konvansiyonel demiryolu olmak üzere toplam 12.485 km uzunluğuna çıkarılmıştır. Bu demiryolu ağının 3.748 km'si elektrikli dir.

Ankara-Eskişehir, Ankara-Konya ve Eskişehir-Konya olmak üzere, 3 güzergahta 250 km/s hız ile seyahat edilebilmektedir. 2014 yılında 78.40 milyon yolcu demiryolu ile seyahat etmiş, 5.08 milyon yolcu YHD'nu kullanmıştır. Bu sayı ülkemizde yolcu taşımacılığının %1,1 ine tekabül eder. Aynı yıl demiryolu ile 28.74 milyon ton yük taşınmıştır. Bu sayı ulaşım türlerine göre yk taşımacılığının % 4,6 sına denk gelmektedir.

DEMİRYOLLARINA AİT GEOMETRİK KARAKTERİSTİKLER

Bir demiryolunun tasarımı, inşaatı ve işletilmesi hususunda bilinmesi gerekli olan niceliklerin en önemlisi hiç şüphesiz ki “ geometrik karakteristikleri”dir. Demiryolları geometrik karakteristiklerini belirleyen ana unsur da hızdır. Geometrik karakteristikleri kavrayabilmek adına demiryollarında kullanılan 2 farklı hız kavramına değinmek gerekir.

- Proje Hızı: Gereksinimlere cevap verecek şekilde tasarlanan güzergaha ait kurplarda uygulanabilecek maksimum hızdır.
- Uygulanabilir maksimum hız: Üzerinde hareket edecek olan taşıta, demiryolunu oluşturan elemanların izin verdiği en yüksek hızdır. Bu elemanların izin vereceği maksimum hızlar farklı olduğundan, bu maksimum hızların en küçüğü uygulanabilir hız olarak seçilmelidir.

Yol geometrisi taşıtların davranışı açısından çok önemlidir. Yol geometrisi; yol profili, dever, güzergah (alignment) ve hat genişliğine bağlıdır. Yol profili, her rayın yüksekliğindeki değişimi, dever ise sağ ve sol rayın arasındaki yükseklik farkını ifade eder. Güzergah yoldaki eğriliğin değişimini belirtir, hat genişliği ise iki ray arasındaki mesafe olarak tanımlanmaktadır. Taşıt hareketini yaparken, yol geometrisindeki değişimlerden ve bozukluklardan etkilenir. Deverdeki değişim ve bozukluklar taşıtın devrilmesine, sallanmasına ve burulmasına yol açar. Yol profilindeki bozukluklar, taşıtın hareket halindeyken zıplamasına neden olur. Taşıtın çok büyük hareketler yapması tekerlek yükünün boşalmasına veya taşıtın çok kuvvetli ivmelenmesine yol açar.

Güzergah ve hat genişliği değişimleri, yanal tekerlek kuvveti ve aks kuvvetlerinde büyütme etkisi yapar ki bu da taşıtın raydan çıkmasına veya yol yapısının bozulmasına yol açar [32].

Güzergah geometrisini belirleyen en önemli unsurlar aşağıda verilmektedir:

Yatay Geometri :

- Hat genişliği (Ekartman),
- Yatay kurplar,
- Dever,
- Geçiş eğrisi ve dever rampası,

Düşey Geometri:

- Eğim,
- Düşey kurplar .

3.1. Yatay Geometri

3.1.1 Hat genişliği

“Hat genişliği”, iki ray’ın iç kısımları arasındaki mesafeye denir ve güzergah boyunca bu mesafe sabittir. Fakat rayların döşenmesi sırasındaki hatalardan ve kullanımın getirdiği yıpranmalar, aşınmalardan dolayı bu mesafede kabul edilebilir sınırlar içerisinde değişimler meydana gelebilir. Küçük yarıçaplı kurplarda da katarların rahat hareket etmesini sağlamak amacıyla hat genişliği küçük bir miktar arttırılabilir. Dünyada genelde kabul edilen hat genişliği değeri 1435 mm dir ve 1 milyon km’den fazla demiryolunun yaklaşık % 75’lik kısmında bu değer kullanılmıştır. Yapılacak olan yeni demiryollarının da bu hat genişliğine sahip olması hali hazırda bulunan mevcut demiryollarına entegrasyonu açısından önemlidir. Demiryolları, hat genişliği 1435 mm olan hatlar normal hatlar, hat genişliği 1435 mm’den büyük olan hatlar geniş hatlar, hat genişliği 1435mm’den küçük olan hatlar dar hatlar olmak üzere 3’e ayrılmaktadır.

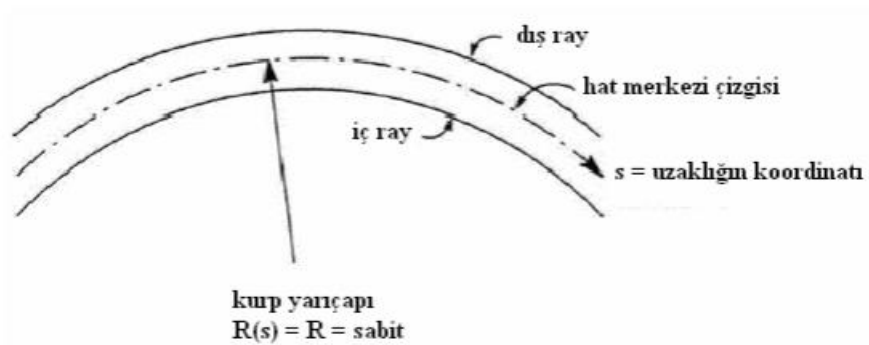


Şekil 3.1 Hat genişliği [33]

3.1.2 Yatay Kurp

Kurp, güzergahın eğri kısımlarına verilen addır. Güzergahın some noktasında kesişen, farklı doğrultudaki düz kısımlarının, "R" yarıçaplı eğri ile birleştiği kısımlar ise yatay kurp olarak tanımlanmaktadır. Seyahat güvenliği ve yolcu konforu bakımından kurplar özel incelenmesi gereken yerlerdir. Bir kurpta, "R" yarıçapı ve "k=1/R" olarak ifade edilen eğrilik en önemli parametrelerdir. Yatay kurplarda taşıta etkiyen kuvvetler nedeniyle bazı istenmeyen etkiler ortaya çıkmaktadır. Seyahat güvenliği ve yolcu konforu bakımından oluşması arzu edilmeyen bu etkiler aşağıda belirtilmiştir.

- Yüksek yanal kuvvetler.
- Vagonlardaki yüklerin kayması,
- Yolcu konforuna olumsuz etkisi,
- Kuvvetli rüzgarda devrilme tehlikesi,
- Dış rayda buden tırmanması veya tekerlek-ray temasının kaybedilmesi ile raydan çıkma riski,



Şekil 3.2 Yatay kurp [33]

Maksimum hız için uygulanabilecek minimum kurp yarıçapı, aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$R_{min} = 11,8 \cdot \frac{V_{maks}^2}{h_t + h_d} \quad (3.1)$$

v_{maks} : Maksimum Hız (km/s)

R_{min} : Minimum Kurp Yarıçapı (m)

h_t : Dever (mm)

h_d : Dever Eksikliği (mm)

Minimum hız için uygulanabilecek maksimum kurp yarıçapı, aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$R_{maks} : 11,8 \cdot \frac{V_{min}^2}{h_t - h_e} \quad (3.2)$$

h_d : Dever Eksikliği (mm)

R_{maks} : Maksimum kurp yarıçapı (m)

h_t : Dever (mm)

h_e : Dever Fazlası (mm)

Dever, Dever eksikliği ve Dever fazlası değerlerinin CEN standartlarında belirtilen kriterlere uygun hale getirilmesi için (R_{min}) Minimum Kurp Yarıçapı aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak optimize edilmelidir.

$$11,8 \cdot \frac{V_{min}^2}{h_t - h_e} \geq R \geq 11,8 \cdot \frac{V_{maks}^2}{h_t + h_d} \quad (3.3)$$

h_t : Dever (mm)

h_d : Dever Eksikliği (mm)

h_e : Dever Fazlası (mm)

3.1.3 Dever

Yolun düz kısımlarında yatay düzleme paralel olan hareket düzlemi, kurplarda meydana gelen merkezkaç kuvvetinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla, dış rayın

yüksekliği arttırılarak dış raydan iç raya doğru eğik bir yüzey haline getirilir. Bu eğik hareket yüzeyini oluşturan dış ray ile iç ray arasındaki yükseklik farkı “dever” olarak tanımlanır. Dever sayesinde, kurplarda ortaya çıkan merkezkaç kuvveti ya yok edilir yada zararsız seviyelere indirilir. Trenin kurplardan yavaş geçmesi yada kurplarda durması halinde meydana gelebilecek olumsuz etkiler dolayısıyla maksimum dever sınırlandırılır. Aşağıda, trenin kurplardan yavaş geçmesi ya da durması durumunda ortaya çıkan olumsuz etkiler sıralanmıştır:

- Tren kurpta durduğunda yada yavaş seyahat ettiğinde yolcu konforunun bozulması,
- Vagonlardaki yüklerin kayarak yer değiştirmesi,
- Küçük yarıçaplı kurplarda, dış rayda hareket eden tekere etkiyen yüksek yanal kuvvet ve düşük düşey kuvvetin meydana getirdiği birleşik etki sebebiyle yük trenlerinin raydan çıkma tehlikesinin ortaya çıkması,

Kurplarda dever uygulamasıyla hareket yüzeyi ile yatay düzlem arasında bir açı meydana gelir. Bu açı φ_t formülü ile hesaplanır. Şekil 3.3’ te dever açısı ve dever gösterilmektedir.

$$\varphi_t : a \cdot \sin \frac{h_t}{2 \cdot b_0} \quad (3.4)$$

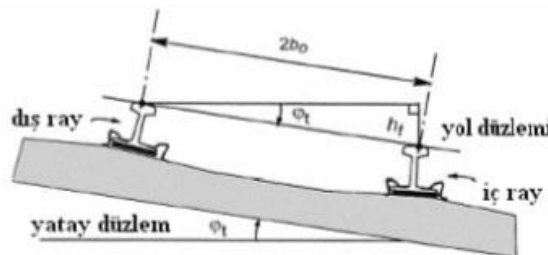
φ_t : Dever Açısı

h_t : Dever (mm)

$2 \cdot b_0$: hat genişliği (mm)

Hesaplamalarda yukarıdaki formül için $2 \cdot b_0 = 1500$ (mm) kabul edilir.

$$h_t : 11,8 \cdot \frac{V^2}{R} \quad (3.5)$$



Şekil 3.3 Dever ve dever açısı [33]

3.1.4 Geçiş Eğrisi ve Dever Rampası

Güzergahta, hattın düz kısmından doğrudan kurpa girildiği kesimde, dış rayın yüksekliği iç rayinkine göre dever miktarı kadar fazla olduğundan, araçlar deverin oluşturduğu çıkıntıyı aşamaz ve boyuna yönde bir çarpma meydana gelir. Ayrıca, kurpa girildiğinde, dengelenmemiş merkezciil kuvvet veya merkezkaç kuvveti aniden değişeceği için enine yönde bir etki oluşacaktır. Bu nedenle deverin, kurpa uygun bir mesafeden kademeli olarak arttırılmaya başlanarak kurpta uygunlan " h_t " dever miktarına ulaştırılması gerekmektedir. Bu durum 3 şekilde uygulanabilir, bunlar:

- Dış rayın, kurpa " L " kadar mesafe önce yükseltilmeye başlanması,
- Kurp başından itibaren dış rayın yükseltilmeye başlaması,
- Dış rayın, kurpa " $L/2$ " kadar mesafe önce yükseltilmeye başlanması,

Yukarıda bahsedilen üç yöntemde " L " uzunluğunda sırasıyla merkezciil kuvvet, merkezkaç kuvveti ve ilk yarısında merkezciil kuvvet, diğer yarısında is merkezkaç kuvvetinin ortaya çıkmasından dolayı uygun değildir. Yapılacak uygulama, yukarıdaki örneklerin doğurduğu sakıncaları ortadan kaldırarak, aynı zamanda da devere ani olarak maruz kalmanın sakıncalarını yok edecek nitelikte olmalıdır. Bu amaçla, deverin sıfır olduğu yolun düz kısımları ile " h_t " değerine ulaştığı kurp kesimine aşağıdaki niteliklere sahip bir eğri yerleştirilmelidir. Yolun düz kısmı ile kurp başlangıcı arasında yada birbirini takip eden iki kurp arasında, yanal kuvvet ve eğriliğın değişiminin kademeli olarak gerçekleşmesi için kullanılan eğrilere "geçiş eğrisi" denir.

Geçiş eğrilerinin özellikleri:

- Herhangi bir noktasında, o noktada ortaya çıkan merkez kaç kuvvetini dış raydaki yükselme miktarı ile dengelemelidir.
- Başlangıç noktasında hattın düz kısmındaki bölümüne, dış rayın yüksekliğinin iç rayinkine göre " h_t " kadar fazla olduğu noktada da daireye teğet olmalıdır.

Geçiş eğrisi boyunca deverin kademeli olarak değiştiği bölgelere "dever rampası" adı verilir.

3.2 Düşey Geometri

3.2.1 Eğim

Arazinin topografik şartlarına bağlı olarak, hatta güzergah boyunca farklı eğimler verilmesine ihtiyaç duyulabilir. Buna ek olarak Topografik engellerin, tünel, köprü ve viyadük kullanarak aşılması, yapım maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca yüksek eğimde seyahat ederken katarlar güçlük çekmektedirler. Bu yüzden aşağıdaki nedenlerden dolayı eğimin büyüklüğü sınırlandırılmaktadır.

- Büyük eğimleri tırmanmak için gereken ve harcanan enerji miktarı artar
- Trenler büyük eğimleri çıkmakta zorlanabilirler.
- Eğimin artmasıyla trenlerin, hızlanma ve frenleme mesafeleri artar.

Yukarıdakilere ek olarak büyük eğimler, katarların bu eğimleri aşabilmesi için toplam yükün azaltılması gibi arzu edilmeyen bir zorunluluğa, hızın ve hat kapasitesinin düşmesine de neden olmaktadır.

Demiryolu güzergahlarına ait bazı eğim kavramları aşağıda sıralanmıştır.

- Ortalama eğim,
- Uygulama eğimi,
- Maksimum eğim,
- Zararlı ve zararsız eğimler,
- Negatif eğim,
- Mühendislik yapılarındaki eğimler,
- İstasyon eğimleri,

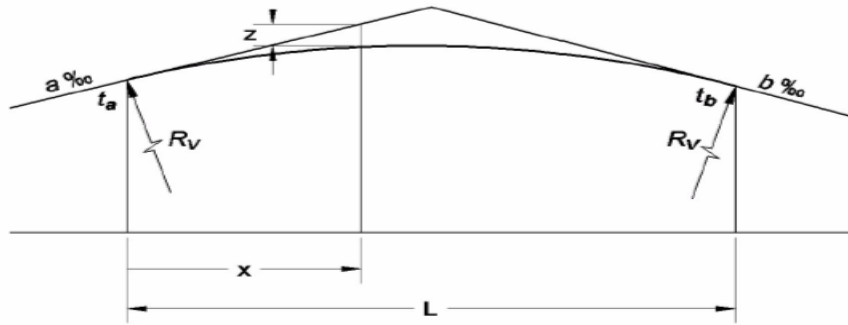
3.2.2 Düşey Kurp

Taşıt, ardışık iki eğimin birleştiği noktalardan geçerken, tekerleklerin raylara çarpmasından dolayı şok etkileri oluşur. Bu noktalarda, bu şekilde istenmeyen etkilerin meydana gelmesinin sebebi ani eğim değişimi olduğundan bu tarz arzu edilmeyen etkilerin giderilmesi amacıyla eğim yavaşça değiştirilir. Ardarda gelen iki eğim

arasındaki bu yumuşak geçişi sağlamak için, güzergahın bu kısımlarına uygun yarıçaplı bir daire ya da parabol eğrisi yerleştirilir. Bu şekilde sıralı iki eğim arasında yumuşak geçiş sağlanarak istenmeyen etkiler giderilir ya da uygun seviyelere indirilir. Bu eğrilere ise Düşey kurp denir.

Düşey kurpların tepe noktalarında, düşey ivme fazla olması durumunda, tekerlekler etki eden kuvvetler tekerleklerin raya tırmanarak taşıtın raydan çıkmasına neden olabilirler. Ayrıca bu düşey etkiler taşıtın yana rüzgar etkisine karşı devrilme direncini azaltırlar. Bunlara ek olarak bir diğer önemli hususta seyahat konforunun sürekliliğinin sağlanmasıdır.

İki sıralı eğimi birleştiren düşey kurp aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.4 İki ardışık eğim arasında yerleştirilen düşey kurp [33]

Şekil deki eğri üzerinde bir x uzaklığı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$z(x) = - \left[\frac{(a-b)}{2000 \cdot L} \right] \cdot x^2 = - \frac{A \cdot x^2}{2000 \cdot L} \quad (3.6)$$

A = eğimlerin cebirsel farkı (a-b)

L = tanjant noktaları arasında kalan kurpun uzunluğu (m)

z = belirli bir x uzaklığındaki düşey mesafe (m)

x = L/2 için maksimum z değerini veren eşitlik;

$$z\left(\frac{L}{2}\right) = e = - (a-b) \cdot \frac{L}{8000} \quad (m) \quad (3.7)$$

formülde L değeri yerine konulursa;

$$L = \frac{R \cdot (a-b)}{1000} \quad (m) \quad (3.8)$$

R = Düşey kurp yarıçapı (m)

Belirli bir x için z değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$$z\left(\frac{L}{2}\right) = -R \cdot \frac{(a-b)^2}{8 \cdot 10^6} \quad (\text{m}) \quad (3.9)$$

Düşey kurp yarıçapı ise aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$R = \frac{V_{maks}^2}{12,96 \cdot a_v} \geq R_{lim} \quad (\text{m}) \quad (3.10)$$

V_{maks} : Maksimum hız

a_v : Düşey ivme

Eşitlik 3.10'daki " a_v " düşey ivme, optimum yol kalitesini sağlamayan demiryolları için konfor göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Ek olarak, kurpun tepe noktalarında tekerleklerin tutunma kaybının doğuracağı raydan çıkma riskine de dikkat edilmelidir. " a_v " düşey ivme değeri, maksimum değeri geçmediği sürece, güvenlik limitleri dikkate alınmamaktadır.

DEMİRYOLLARINDA YOL-TAŞIT İLİŞKİSİ

Bu bölümde yol/taşıit ilişkisi açısından önem arz eden kavramlardan bahsedilecektir. Katarlar hareket halindeyken tekerlerden yola iletilen kuvvetler değerlendirilerek yola etki eden yanal yüklerin büyüklüğü belirlenir. Bu nedenle yanal yüklerin yaptığı etkilerin belirlenmesinde aşağıdaki elamanların karakteristik özellikleri etkili olmaktadır:

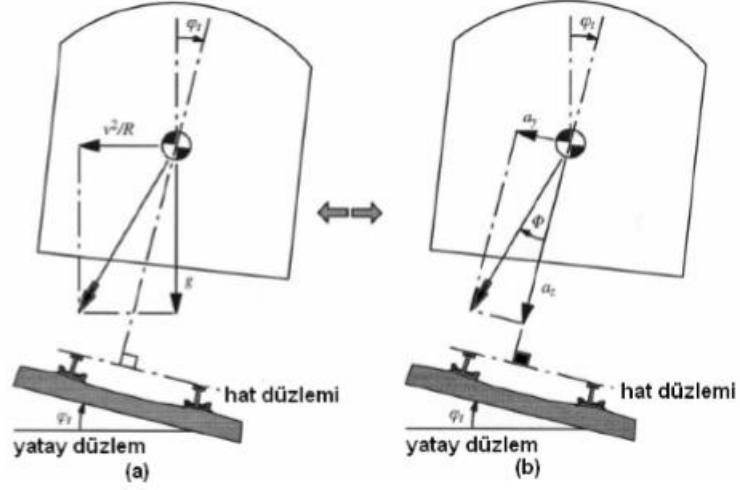
- Ray mantarının profili,
- Ray profilinin bozulması,
- Hat genişliği,

Aşağıdaki kavramlarsa yolda, kesişim noktalarında ve makaslarda meydana gelen düşey kuvvetin, yanal kuvvetin ve boyuna yönde etkiyen kuvvetin büyüklüğünün belirlenmesinde önemlidir:

- Yolun geometrik özellikleri ,
- Dever ve dever eksikliği,
- Yanal rüzgar etkisi.

4.1 Kurplarda taşıta etkiyen kuvvetler

Bir yatay kurpta, araç sabit bir hızda ilerlerken iki farklı kuvvetin etkisinde kalır; bunlar yatay olarak kurpun dışına doğru etki eden merkezkaç kuvveti ve düşey yönde yerin merkezine doğru olan yerçekimi kuvvetidir. Bu kuvvetlerin bileşke vektörü farklı iki bileşene ayrılır. Bunlar aşağıdaki şekil 4.1’de gösterilen yol düzlemin dik olan " a_z " ve aynı düzleme paralel olan " a_y " dir. Aşağıda " a_y " yanal ivmeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.1 Yanal ivme ve yanal kuvvet açısının bileşenleri [33]

Yukarıdaki şekil 4.1’de gösterilmiş olan “ a_y ” yanal ivmesi ve “ φ_t ” yanal kuvvet açısı için aşağıdaki eşitlikler oluşturulabilir.

$$a_y = \frac{V^2}{R} \cdot \cos \varphi_t - g \cdot \sin \varphi_t = \frac{V^2}{R} \cdot \cos \varphi_t - g \cdot \frac{h_t}{2b_0} \quad (m/s^2) \quad (4.1)$$

$$a_z = \frac{V^2}{R} \cdot \sin \varphi_t + g \cdot \cos \varphi_t \quad (m/s^2) \quad (4.2)$$

V = Taşıtın hızı,

R = Kurp yarıçapı,

($\Phi_t \leq 0,15 \text{ rad}$) kabul edilirse

$$a_y \approx \frac{V^2}{R} - g \cdot \sin \Phi_t = \frac{V^2}{R} - g \cdot \frac{h_t}{2b_0} \quad (4.3)$$

$$a_z \approx g \quad (4.4)$$

Yanal kuvvet açısı (Φ), “ a_y ” ve “ a_z ” ye bağlı olarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır.

$$\Phi = a \cdot \tan \frac{a_y}{a_z} \quad (4.5)$$

4.2 Teorik dever ve teorik hız

R yarıçaplı bir kurpta, belirlen bir hızda yanal ivmeyi yok eden ($a_y = 0$) devere "teorik dever" denir ve 4.6 eşitliği ile ifade edilir.

$$h_{eq} \approx \frac{2b_0}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \text{ (mm)} \quad (4.6)$$

4.6 eşitliği SI birim sistemindedir ve Pratik olması amacıyla; hız (km/s) ve deveri (mm) olarak gösterilmelidir;

$$h_{eq} \approx \frac{2b_{0,mm}}{g} \cdot \frac{V^2}{3,6^2 R} \quad (4.7)$$

Eşitlikte standart hat genişliği (1500 mm) ve yer çekimi ivmesi (g) değerleri yerine koyularak sadeleştirme yapılırsa;

$$h_{eq} \approx \frac{1500}{9,81} \cdot \frac{V^2}{3,6^2 R} \approx 11,8 \cdot \frac{V^2}{R} \text{ (mm)} \quad (4.8)$$

4.8 eşitliği, en çok bilinen ve kullanılan yöntem olmakla beraber, hesap yapılırken birimlere dikkat edilmelidir.

Bir R yarıçapı ve dever için yanal ivmeyi sıfır yapan hıza teorik ya da dengelenmiş hız denir. Teorik hızda yol düzlemindeki yanal ivme sıfır ($a_y = 0$) olur.

$$V_{eq} = \sqrt{\frac{R \cdot g \cdot h_t}{2b_0}} \text{ (m/sn)} \quad (4.9)$$

Standart hat genişliği için hız (km/s) ve dever (mm) birimlerinde alınırsa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$V_{eq} = \sqrt{\frac{R \cdot h_{t,mm}}{11,8}} \text{ (km/s)} \quad (4.10)$$

4.3 Dever eksikliği ve dever fazlası

Kurplarda, birçok nedenden dolayı yanal kuvveti tamamen yok etmek mümkün değildir. Bunun sebepleri:

- Kurplarda, taşıtlar yavaşlamak veya durmak zorunda kalabileceği için maksimum dever değeri sınırlandırılır. Bu nedenle eksik devere ihtiyaç duyulur. Bu durumda, yol düzlemine etki eden ciddi büyüklükteki yanal kuvvet varlığını sürdürür.
- Kurplarda ortaya çıkacak olan yanal ivme etkileri trenlerin hızlarına bağlı olarak farklılık göstereceğinden tüm trenler için yanal kuvveti ortadan kaldırmak mümkün değildir.

" h_t " Uygulama deveri, " h_{eq} " teorik deverden düşük olursa " h_d " dever eksikliği meydana gelir. Dever eksikliği (h_d), Teorik dever (h_{eq}) ile uygulanan dever (h_t) arasındaki farktır. Güzergah tasarımı yapılırken ilk olarak maksimum proje hızına karar verildikten sonra, ikinci olarak belirlenecek olan parametre dever eksikliği olmalıdır. Buna göre hız arttıkça dever eksikliğinin değeri azalması mümkün olacaktır.

Dever eksikliği aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$h_d = h_{eq} - h_t \quad (\text{mm}) \quad (4.11)$$

4.6 eşitliği, 4.11'de yerine konulur ise SI birim sisteminde aşağıdaki formül elde edilir.

$$h_d = \frac{2b_0}{g} \cdot \frac{V^2}{R} - h_t \quad (\text{mm}) \quad (4.12)$$

4.13 eşitliği, 4.12'nin daha genel ifadesi olup; hız (km/s), dever (mm) birimi olarak verilmiştir.

$$h_d = 11,8 \cdot \frac{V^2}{R} - h_t \quad (\text{mm}) \quad (4.13)$$

4.3 ve 4.13 eşitlikleri kullanılarak SI birim sisteminde dever eksikliği ile yanal ivme arasındaki ilişki 4.14 bağıntısında ifade edilmiştir.

$$h_d = \frac{2b_0}{g} \cdot a_y \quad (\text{mm}) \quad (4.14)$$

$$(a_y > 0)$$

" h_{eq} " Teorik deverin, " h_t " uygulanan deverden küçük olduğu durumlarda ise " h_e " dever fazlası ortaya çıkar. Dever fazlası (h_e), uygulanan dever (h_t) ile teorik dever (h_{eq}) arasındaki farktır.

$$h_e = h_t - h_{eq} \quad (4.15)$$

Dever fazlası, araç yolun tasarım hızından daha düşük bir hızda seyahat ettiği zaman ortaya çıkar. Dever fazlası kavramı, 4.9 eşitliğinde verilen dever eksikliği kavramı gibi yanal ivme ile ilişkilendirilebilir.

$$h_e = -\frac{2b_0}{g} \cdot a_y \quad (4.16)$$

Yukarıdaki eşitlikte $a_y < 0$, $h_e > 0$ olmalıdır.

4.4 Limit hız

Belirli bir " R " kurp yarıçapı için ve izin verilen dever eksikliği " $h_{d,lim}$ " için ya da izin verilen " $a_{y,lim}$ " yanal ivme için, limit hız aşağıdaki farklı ifadeler ile hesaplanabilir:

$$V_{lim} = \sqrt{R(a_{y,lim} + g \cdot \frac{h_t}{2b_0})} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{2b_0} \cdot (h_{d,lim} + h_t)} \quad (\text{m/sn}) \quad (4.17)$$

Yukarıdaki eşitlikte SI birimleri kullanılmıştır.

$$V_{lim} = \sqrt{R(h_{d,lim} + h_t) \frac{12,96 \cdot g}{2b_0}} = \sqrt{\frac{R(h_{d,lim} + h_t)}{11,8}} \quad (\text{km/s}) \quad (4.18)$$

4.18 formulünde alternatif olarak " V_{lim} " limit hız (km/s), " h_t " dever (mm) ve izin verilen " $h_{d,lim}$ " (mm) olarak verilmekte ve standart hat genişliği kabulü yapılmaktadır. Yarıçap ise her zaman metre cinsinden verilmektedir.

4.5 Deverin zamana göre değişimi

Aşağıda verilen 4.19 eşitliği, Dever rampalarında deverin eğimini hesaplamak için kullanılmaktadır.

$$\frac{dh_t}{dt} = \frac{\Delta h_t \cdot v_{maks}}{L_t} \quad (4.19)$$

$\Delta h_t, L_t$ birleştirme eğrisi boyunca dever değerinin değişimini ifade eder.

Deverin değişimi:

Dever eğiminin, uniform olduğu durumlardaki deverin değişim, CEN standartlarına gore aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$j = \frac{dh_t}{dt} = \frac{\Delta h_t \cdot v_{maks}}{3,6 \cdot L_t} \leq \left(\frac{dh_t}{dt}\right)_{lim} \quad (4.20)$$

Δh_t , uygulanan deverin değişimini ifade etmektedir.

4.6 Dever eksikliğinin zamana gore değişimi

Dever Eksikliğinin zamana bağlı değişimi, Yanal ivmenin zamana bağlı değişimini ifade etmektedir. Ayrıca "Sademe" olarak da adlandırılmaktadır. Deverin doğrusal değiştiği dever rampaları ve eğriliğin doğrusal değiştiği birleştirme eğrileri için aşağıdaki formül kullanılır.

$$\frac{dh_d}{dt} = \frac{\Delta h_d \cdot v_{maks}}{L_t} \quad (4.21)$$

$$\frac{dh_d}{dt} = \frac{\Delta h_d \cdot v_{maks}}{3,6 \cdot L_t} \leq \left(\frac{dh_d}{dt}\right)_{lim} \quad (4.22)$$

Δh_d : Dever eksikliğinin değişimi

L_t : Birleştirme eğrisinin uzunluğu

YÜKSEK HIZLI DEMİRYOLLARI İÇİN GEOMETRİK STANDARTLAR

Tasarımı ve işletimi için, bir demiryoluna ait bilinmesi gereken en önemli unsur geometrik karakteristikleridir. Güvenlik bakımından geometrik karakteristikler, detaylı ve ciddi bir biçimde incelenmelidir. Bölüm 3'de demiryollarına ait geometrik karakteristiklere değinilmiştir. Bu bölümde, Yüksek hızlı demiryollarına ait geometrik karakteristiklere getirilen sınırlandırılmalar ve ilgili limit değerlerden bahsedilmiştir. Bu limit değerler Avrupa Birliği'nin 96/48 yönetmeliğinin 2B maddesi göre yüksek hızlı trenlerin güvenli bir biçimde birlikte kesintisiz işletiminin istenilen düzeye çıkarılması amacıyla oluşturulan TSI ve CEN standartlarındaki sınırlayıcı değerlerdir.

5.1 Hat genişliği

Yüksek hızlı trenler şehir merkezlerine giriş ve çıkışlarda mevcut konvansiyonel trenlerin hatlarını kullanabilirler ek olarak uluslararası taşımacılık gereksinimleri ve hatların birbirine entegrasyonu göz önünde bulundurularak; hat genişliği için 1435 mm olarak kabul edilmiştir.

5.2 Dever

TSI'da yüksek hızlı demiryollarının tasarımı için dever miktarı 180 mm olarak sınırlandırılmıştır. Hizmet verilen demiryolları için bakım toleransı ± 20 mm olacak şekilde 190 mm maksimum deveze izin verilmiştir. Bu değer sadece yolcu taşımacılığı yapılacak olan hatlar için bu değer 200 mm'ye çıkarılabilir.

Çizelge 5.1 Dever için izin verilen limit değerler [33]

Trafik Kategorisi	Yolcu Trenleri için Tasarlanmış Karma İşletimde Olan Hatlar $200 < V \leq 300$ (km/s)	Özel Teknik Tasarıma Sahip Yolcu Trenleri İle Birlikte İşletilen Karma Hatlar $V \leq 230$ ($V \leq 250$ iyileştirilmiş Özel Hatlarda)	Yolcu Trafiğine Adanmış Yüksek Hızlı Hatlar $250 \leq V \leq 300$
Önerilen Limit Değer (mm)	160	160	160
Maksimum Limit Değer (mm)	180	180	200

5.3 Dever eksikliği ve dever fazlası

Yüksek hız için tasarlanacak hatlarda maksimum hıza bağlı olarak kullanılacak olan maksimum dever eksikliği değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 Yüksek Hız için tasarlanmış demiryolları için izin verilen dever eksikliği değerleri [34]

Hız (km/s)	Limit Değerler (mm)
$250 \leq V \leq 300$	100
$V > 300$	80

Zorlu topografik sınırlamalara maruz kalan demiryollarının yapımında yukarıdaki limit değerlerden daha büyük dever eksikliği değerlerine izin verilebilir.

Yüksek hız için iyileştirilmiş hatlarda ve bağlantı hatlarında, tasarım aşamasında maksimum hıza bağlı olarak kullanılacak dever eksikliği değerleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Çizelge 5.3 Bağlantı hatlarında ve Yüksek hız için iyileştirilmiş hatlar için izin verilen dever eksikliği değerleri [34]

Hız (km/s)	Limit Değerler (mm)
$v \leq 160$	160
$160 < v \leq 200$	150
$200 < v \leq 230$	140
$230 < v \leq 250$	130

Yeni yapılan yollardaki gibi, zorlu topografik sınırlamalara sahip iyileştirilmiş hatlarda ve bağlantı hatlarında da daha yüksek dever eksikliği değerleri kullanılabilir.

Belirlenen kurp yarıçapı, zorlu topografik şartlardan dolayı iki yol tipi içinde yukarıdaki verilen dever eksikliği değerlerinin uygulanmasına izin vermiyorsa aşağıdaki tabloda verilen daha yüksek dever eksikliği değerlerini uygulamak mümkündür.

Çizelge 5.4 Çok zorlu topoğrafik sınırlamalara sahip güzergahlar için dever eksikliği değerleri [34]

Hız (km/s)	Maksimum Limit Değer (mm)
$v \leq 160$	180
$160 < v \leq 230$	165
$230 < v \leq 250$	150
$250 < v \leq 300$	130*

*= balastsız hatlarda 150 mm'ye çıkarılabilir.

Yukarıdaki tablolarda belirtilen değerler baz alınarak tasarlanan kurpları, yatar gövdeli trenler kullanacaksa, bu değerlerden daha yüksek dever eksikliği değerlerine izin verilebilir.

CEN Standartlarına göre dever eksikliği ve dever eksikliğine bağlı yanıl ivme aşağıdaki sebeplerden dolayı ortaya çıkmaktadır:

- Yol bakımının ekonomik etkisi,

- Yola etki eden kuvvetler ve güvenlik,
- Taşıtların yuvarlanma katsayıları ve seyahat konforu.

Çizelge 5.5 CEN standartlarına göre dever eksikliğinin limit değerleri (yatar gövdesiz konvansiyonel trenler) [33]

Trafik Tipi		Önerilen Limit Değerler (mm)		Maksimum Limit Değerler (mm)	
		Yük	Yolcu	Yük	Yolcu
Yolcu Trenleri İçin Tasarlanmış Karma İşletimde Olan Hatlar $200 < V \leq 300$	$200 < V \leq 250$	100	100	150	150
	$250 < V \leq 300$	80	80	130	130
Özel Teknik Tasarıma Sahip Yolcu Trenleri İle Birlikte İşletilen Karışık Hatlar $V \leq 230$ (İyileştirilmiş Hatlarda 250)	$V \leq 160$	110	160	160	160
	$160 < V \leq 200$	-	140	-	160
	$200 < V \leq 230$	-	120	-	160
	$230 < V \leq 250$	-	100	-	160
Yolcu Trafığına Adanmış Yüksek Hızlı Hatlar	$V = 250$	-	100	-	150
	$V > 250$	-	80	-	130

Yüksek hız için tasarlanmış, özel karakteristiklere sahip olan demiryollarında, 300 km/s hız'a kadar yatar gövdeli tren kullanmadan 130 mm dever eksikliğine izin verilebilir.

Çizelge 5.6 200 km/s ve 300 km/s hızlarında, 130 mm dever eksikliği için farklı dever değerlerine göre elde edilen kurp yarıçapları [33]

V_{maks} (km/s)	h_d (mm)	h_t (mm)	R (m)
250	130	160	2543
300	130	160	3662
250	130	180	2379
300	130	180	3425
250	130	200	2235
300	130	200	3218

TSI yaptığı standart önerilerinde dever fazlası ile ilgili bir tavsiyede bulunmamıştır. Fakat CEN, dever fazlasını sınırlandırmak adına aşağıdaki değerleri tavsiye etmektedir.

- önerilen limit değer 110 mm,
- maksimum limit değer 130 mm olmalıdır.

Bölüm 4.3'te bahsedilen, dever eksikliği ve yanal kuvvet açısı arasındaki ilişki göz önünde bulundurularak yapılan hesaplar ile Yüksek hızlı demiryolunda olması gereken büyüklükler çizelge 5.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 Yanal ivme, yanal kuvvet açısı ve dever eksikliği arasındaki ilişkiler [33]

Yanal İvme a_y (m/sn^2)	Yanal Kuvvet Açısı Φ ($^\circ$)	Dever Eksikliği h_d (m)
0,654	3,81	0,1
0,981	4,71	0,15
1,176	6,84	0,18
1,307	7,61	0,2
1,471	8,53	0,225
1,634	9,51	0,25
1,797	10,46	0,275

$a_y = 1,634$ değeri için hesaplanan örnek aşağıda gösterilmiştir.

$$h_d = \frac{1500}{9,81} \cdot 1,634 = 250 \text{ mm}, 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

Yüksek Hızlı Demiryolları için dever eksikliğinin izin verilen değerleri aşağıdaki etmenlere göre hesaplanır:

- Doğrultu (geometrik bozuklukların şekli ve şiddeti),
- Yolun inşaatı (büyük kuvvetlere dayanma kapasitesi),
- Yol elemanlarının durumu,
- Dingil yükleri ve sabit kütleler(tekerlekler, bojiler vb.),
- Taşıt tipi ve yürüyen aksam (süspansiyon, ağırlık merkezi, yanal rüzgara karşı duyarlılık),
- Katarların bakım durumu,
- Yolcu konforu.

Dever eksikliği için yüksek değerlerse, yol elemanları bu duruma uygun olarak tasarlanmalı ve buraj işleminden sonra, yanal yol dirençlerinin aşılma riski oluşmamalıdır.

5.4 Yatay kurp yarıçapı

TSl, istasyonlar gibi yavaş hareket edilen yerlerde tasarlanacak olan minimum kurp yarıçapının 150 m den daha küçük olmaması gerektiğini önermiş, işletim sırasında ise 125 m den daha az olamayacağını belirtmiştir. CEN standartlarına göre minimum kurp yarıçapı hesabında göz önünde bulundurulması gereken parametreler aşağıda belirtilmektedir:

- maksimum ve minimum işletme hızları,
- uygulanan dever,
- dever eksikliği ve dever fazlasının limit değerleri.

Bölüm 3.1.2'deki denklemler kullanılarak tablo 5.8'de kurp yarıçapı değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.8 Yatay kurp yarıçapı için örnekler (yatar gövdesiz trenler) [33]

V_{maks} (km/s)	V_{min} (km/s)	h_d (mm)	h_e (mm)	h_t (mm)	R (mm)
300	80	100	110	126	4696
300	120	100	110	150	4247
300	160	100	110	193	3618
350	80	80	110	120	7209
350	120	80	110	135	6713
350	160	80	110	160	6017

Dever eksikliği ve dever fazlası değerleri TSI ve CEN'in belirlediği standartlara uygun olup, hesaplamalar yatar gövdeli olmayan hızlı trenler ve yük trenleri için yapılmıştır.

5.5 Birleştirme eğrisi ve dever rampası

Dever değişimi değerlerinin elde edilmesi için bölüm 4.5'deki denklemler kullanılmış ve elde edilen değerler çizelge 5.9 da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 Deverin zamana ve mesafeye bağlı değişimi için limit değerler [33].

Trafik Tipi	Yolcu Trenleri İçin Tasarlanmış Karışık İşletimde Olan Hatlar $200 < V \leq 300$	Yolcu Trenleri ile Birlikte İşletilen Karışık Hatlar $V \leq 230$	Yolcu Trafiğine Adanmış Yüksek Hızlı Hatlar $250 < V \leq 300$
Önerilen Limit Değerler (mm/sn)	50	50	50
Maksimum Limit Değerler (mm/sn)	60	60	60
Önerilen Limit Değerler (mm/m)	2.25		
Maksimum Limit Değerler (mm/m)	2.5		

5.6 Dever eksikliğinin zamana bağlı değişimi

Bölüm 4.6 'da verilen 4.22 formülü ile yüksek hız için hesaplanan değerler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 5. 10 Dever eksikliğinin zamana bağlı değişiminin limit değerleri. [33]

Trafik Tipi	Yolcu Trenleri İçin Tasarlanmış Karma İşletimde Olan Hatlar $200 < V \leq 300$	Yolcu Trenleri İle Birlikte İşletilen Karma Hatlar $V \leq 230$	Yolcu Trafiğine Adanmış Yüksek Hızlı Hatlar $250 < V \leq 300$
Önerilen Limit Değerler (mm/sn)	50	50	50
Maksimum Limit Değerler (mm/sn)	75	90	75

Değerler bütün birleştirme eğrisi formları için uygulanabilir (yatar gövdesiz konvansiyonel trenler)

Demiryollarında, dever rampası ve geçiş eğrisi pozisyon ve şekil bakımından birbiriyle akışmalıdır. Geçiş eğrisinin boyu, dever eksikliğindeki değişime göre hesaplanır. Birleştirme eğrileri, eğriliğin doğrusal değişimine göre (klotoid), dever rampaları da deverin doğrusal değişimine göre ayarlanmalıdır. CEN Standartlarına göre, birleştirme eğrisinin uzunluğu, , Dever eksikliğinin zamana göre değişimi ve deverin mesafeye göre değişimine göre 5.1 ve 5.2 denklemleri kullanılarak hesaplanır. Yatar gövde sistemine sahip bir trenin, yaklaşık 350 km/s hızla bir birleştirme eğrisinden geçişi en az 4-5 saniye sürmelidir.

$$L_t \geq \frac{V_{maks}}{3.6} \cdot \Delta h_d \left(\frac{dh_d}{dt} \right)_{lim}^{-1} \quad (5.1)$$

$$L_t \geq \Delta h_t \left(\frac{dh_t}{dx} \right)_{lim}^{-1} \quad (5.2)$$

Yukarıdaki eşitliklerde elde edilen değerlerden büyük olanı birleştirme eğrisinin boyu olarak alınmalıdır.

5.7 Eğim

TSI'ye göre tasarım aşamasında aşağıdaki şartlar sağlandığında ana hatlar için %0.35 eğime izin verilebilir.

- 10 km'den uzun mesafeler için eğim % 0.25 veya daha düşük olmalıdır.
- %0.35'lik eğimin uzunluğu 6 km'yi geçmemelidir.

Yukarıdaki değerler, sadece yolcu trafiğine adanmış olan yüksek hızlı demiryolu için verilen tavsiyelerdir. Fransa'da % 0.4 eğime sahip hatlarda hizmet verilmektedir.

5.8 Düşey kurp yarıçapı

TSI, Yüksek hızlı demiryolları için düşey kurp yarıçaplarının çukur noktalarda 900 m, tepe noktalarında ise 600 m'den az olmaması gerektiğini belirtmiştir.

Çizelge 5. 11 ($a_{v,lim}$) Düşey ivmeye ait limit değerler [33]

Trafik Tipi	Yolcu Trenleri İçin Tasarlanmış Karma İşletimde olan Hatlar $200 < V \leq 300$	Yolcu Trenleri ile Birlikte İşletilen Karma Hatlar $V \leq 230$	Yolcu Trafiğine Adanmış Yüksek Hızlı Hatlar $250 < V \leq 230$
Önerilen Limit Değerler (mm/sn^2)	0.22	0.22	0.22
Maksimum Limit Değerler (mm/sn^2)	0.44 ^a	0.31	0.44 ^a

a : tepe noktada % 10, çukur notada % 30 tolerans

Çizelge 5.11'deki düşey ivmeye ait limit değerler ve 3.10 denklemi ile elde edilen düşey kurp yarıçapı için limit değerler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Çizelge 5.12 Düşey kurp yarıçapı için limit değerleri [33]

Trafik Tipi	Yolcu Trenleri için Tasarlanmış Karma İşletimde Olan Hatlar $200 < V \leq 300$	Yolcu Trenleri ile Birlikte İşletilen Karma Hatlar $V \leq 230$	Yolcu Trafiğine Adanmış Yüksek Hızlı Hatlar $250 < V \leq 230$
Önerilen Limit Değerler (m)	$0.35 \cdot V_{maks}^2$	$0.35 \cdot V_{maks}^2$	$0.35 \cdot V_{maks}^2$
Maksimum Limit Değerler (m)	$0.175 \cdot V_{maks}^2$	$0.25 \cdot V_{maks}^2$	$0.175 \cdot V_{maks}^2$



FARKLI PROJELERE AİT GEOMETRİK STANDARTLARIN İNCELENMESİ

Bu bölümde farklı ülkelere ait yüksek hızlı demiryollarına ait standartlar Çizelge 6.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1 Bazı Yüksek Hızlı Demiryollarının Geometrik Parametreleri [33]

Demiryolu	V_{lim} (km/s)	R_{min} (m)	$h_{t,maks}$ (mm)	$h_{d,maks}$ (mm)	a_y (m/sn ²)
DB (a)	300	3200	200	130	0,85
JR (b)	350	4000	200	160	1,05
SNCF (a)	350	4000	200	160	1,05

Çizelge 6.1’de yer alan “DB” Alman Demiryollarını, “JR” Japon Demiryollarını, “SNCF” Fransız Demiryollarını, “(a)” Balastlı Yolları, “(b)” Rijit Üstyapıları ifade etmektedir.

Avrupa’da bulunan bazı Yüksek Hızlı Demiryollarına ait parametreler Çizelge 6.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.2 Bazı demiryollarına ait parametreler [35]

Parametre	HIZ (km/s)										TSI (Taslak)
	Fransa		Almanya			İtalya		İspanya		Belçika	
	300	350	300 (1)	300 (2)	350 (3)	300	350 (2)	300	350	300	350
Trafik Tipi	Yolcu	Yolcu	Yolcu Yük	Yolcu	Yolcu	Yolcu Yük	Yolcu Yük	Yolcu	Yolcu	Yolcu	Yolcu
Katarların maksimum hız için maksimum dingil yükü (t)	17	17	17	17	<16	17	17	17	18	17	17
Lokomotifler için maksimum dingil yükü (t)	-	-	20	-	-	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	-
Yük trenleri için maksimum dingil yükü (t)	-	-	22,5	-	-	22,5	22,5	-	-	22,5	-
Maksimum tasarım hızı (km/s)	300	350	300 (Tünellerde 330)	300 (Tünellerde 330)	350	250-300	350	270	350	320	>300
Maksimum işletme hızı (km/s)	300	320	300 (Tünellerde 330)	300	330	300	350	270 (300)	>300	300	-
Maksimum hız için minimum karp yarıçapı (m)	4000	6250 (istisna 5556)	4000	3350 (4)	5120	5450	7000	4000	6500	4800	
Maksimum dever (mm)	180	180	160	160	170	105	130	150	150	150	200
Maksimum eğim (mm/m)	35	35	20	20	40	12 (6)	12 (6)	12,5	25	15-21 (6)	35 (6 km'den az uzunluklar için)
Deverin zaman bağlı değişimi (mm/sn)	50	50	34,7	34,7	34,7	27	37	32	30	37	-
Minimum düşey karp yarıçapı (m)	16000	21000	14000 12000	14000 12000	20000	25000	25000	24000(17000)	25000	20000 - 17000	Konfor belirtmemiş
Tasarım hızı için dever eksikliği (mm)	85	65 (85)	105	Balastlı Yol için 130, Balastsız yol için 150	112	90	75	100	65	100	80 (8)
Birleştirme eğrisi uzunluğu (m)	300	350	384	408	476	330	330	360	460	420	Konfor

Hızın değişimi ile geometrik parametrelerde meydana gelen değişimler Çizelge 6.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 Hızın yolun geometrik parametrelerinin seçimine etkileri [35]

PARAMETRE	HIZ		
	270	300	350
Minimum Eğrilik Yarıçapı (m)			
Önerilen	3846	4545	7143
Normal	3226	4000	6250
İstisna	3125	4000	5556
Maksimum Dever (mm)			
Normal	180	180	180
İstisna	180	180	180
Dever Eksikliği (mm)			
Normal	100	85	65
İstisna	130	100	85
Normal Koşullarda Yük Trenleri İçin Dever Fazlası (mm)			
Normal	100	100	-
İstisna	110	110	-
Dever Eksikliğini Değişim Hızı (mm/sn)			
Normal	30	30	30
İstisna	50	50	50
Parabolik Bağlantıların Uzunluğu	R=3125m	R=4000m	R=5556m
	d=180mm	d=180mm	d=180mm
	$L_t=270$ m	$L_t=300$ m	$L_t=350$ m
Deverin Değişimi (mm/m)			
Normal	$0,30 < i < 0,67$	$0,30 < i < 0,60$	$0,30 < i < 0,52$
İstisna	$0,67 < i < 0,80$	$0,60 < i < 0,72$	$0,52 < i < 0,62$

7.1 Geometrik Parametrelerin İncelenmesi ve Belirlenmesi

Bu bölümde, daha önce bahsedilen geometrik parametreler ve bu parametreler dahilinde ortaya çıkan büyüklükler incelenmiştir.

7.1.1 Belirli bir maksimum hız için, seçilen dever ve dever eksikliği değerleri ile hesaplanan minimum kurp yarıçapları

300 km/s maksimum hız için, TSI ve CEN standartlarına uygun olarak seçilen Dever (h_t) ve Dever eksikliği (h_d) değerlerine göre, 3.1 formülü kullanılarak hesaplanan minimum kurp yarıçapları (R_{min}) aşağıda gösterilmiştir.

- $V_{maks}=300$ km/s

$$h_t = 200 \text{ mm}$$

$$h_d = 130 \text{ mm}$$

$$R_{min} = 3218 \text{ m}$$

- $V_{maks} = 300$ km/s

$$h_t = 200 \text{ mm}$$

$$h_d = 100 \text{ mm}$$

$$R_{min} = 3540 \text{ m}$$

- $V_{maks} = 300$ km/s

$$h_t = 180 \text{ mm}$$

$$h_d = 130 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = 3425 \text{ m}$$

- $V_{\text{maks}} = 300 \text{ km/s}$

$$h_t = 180 \text{ mm}$$

$$h_d = 100 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = 3792 \text{ m}$$

- $V_{\text{maks}} = 300 \text{ km/s}$

$$h_t = 160 \text{ mm}$$

$$h_d = 130 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = 3662 \text{ m}$$

- $V_{\text{maks}} = 300 \text{ km/s}$

$$h_t = 160 \text{ mm}$$

$$h_d = 100 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = 4084 \text{ m}$$

- $V_{\text{maks}} = 300 \text{ km/s}$

$$h_t = 130 \text{ mm}$$

$$h_d = 130 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = 4084 \text{ m}$$

- $V_{\text{maks}} = 300 \text{ km/s}$

$$h_t = 130 \text{ mm}$$

$$h_d = 100 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = 4617 \text{ m}$$

3.1 formülü kullanılarak elde edilen değerlerin, arazide uygulanabilmesini kolaylaştırmak ve güvenlik açısından sakınca meydana gelmemesi için yuvarlanması

gerekir ve kendinden bir sonraki 50'nin katına yuvarlanarak aşağıdaki izelge 7.1 gösterilen değerler elde edilir.

Çizelge 7.1 300 km/s hız için seçilen dever ve dever eksikliği değerlerine göre elde edilen uygulanabilir minimum kurp yarıçapları

V_{maks} (km/s)	h_t (mm)	h_d (mm)	R_{min} (m)
300	200	130	3250
300	200	100	3550
300	180	130	3450
300	180	100	3800
300	160	130	3700
300	160	100	4100
300	130	130	4100
300	130	100	4650

7.1.2 Belirlenen maksimum tasarım hızı, dever ve geçiş eğrisi uzunluğunda kurpta taşıta etki eden büyüklükler

Bu bölümde farklı kurp yarıçapları için maksimum, minimum tasarım hızları, kurpta uygulanmasına izin verilecek olan maksimum uygulama deveri, konforu ve güvenliği arttırmak amacıyla hesaplanan minimum değerin üzerinde bir değer olarak kabul edilen geçiş eğrisi uzunluğu sabit kabul edilerek kurpta taşıta etkileyen faktörler incelenmiştir.

Çizelge 7.2, izelge 7.3, izelge 7.4, izelge 7.5, izelge 7.6, izelge 7.7, izelge 7.8, izelge 7.9 gösterilen 200 mm, 180 mm, 160 mm, 130 mm uygulama deveri, 130 mm ve 100 mm dever eksikliği değerleri için 300 km/s maksimum, 200 km/s minimum tasarım, hızı için 3150 m ve daha büyük yarıçaplı kurplarda taşıta etki eden büyüklükler bölüm 3 ve bölüm 4'teki formüller kullanılarak elde edilmiş ve bölüm 5'te irdelenen sınır değerler kullanılarak uygun minimum kurp yarıçapı belirlenmiştir. "L" geçiş eğrisi

uzunluğu konforu arttırmak amacıyla 5.1 ve 5.2 formülleri ile elde edilen değerlerden daha büyük alınmış ve kademeli olarak arttırılmıştır.

300 km/s maksimum hız, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için yapılan geometrik parametre analizi Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2 300 km/s maksimum hızda, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
3150	400	300	200	337	150	200	137	50	0,90	42	0,19	29	0,50
3200	400	300	200	332	148	200	132	53	0,86	42	0,18	27	0,50
3250	400	300	200	327	145	200	127	55	0,83	42	0,17	26	0,50
3300	400	300	200	322	143	200	122	57	0,80	42	0,17	25	0,50
3350	400	300	200	317	141	200	117	59	0,76	42	0,16	24	0,50
3400	400	300	200	312	139	200	112	61	0,73	42	0,15	23	0,50
3450	400	300	200	308	137	200	108	63	0,70	42	0,15	22	0,50
3500	400	300	200	303	135	200	103	65	0,68	42	0,14	22	0,50
3550	400	300	200	299	133	200	99	67	0,65	42	0,14	21	0,50
3600	400	300	200	295	131	200	95	69	0,62	42	0,13	20	0,50
3650	400	300	200	291	129	200	91	71	0,59	42	0,12	19	0,50
3700	400	300	200	287	128	200	87	72	0,57	42	0,12	18	0,50
3750	400	300	200	283	126	200	83	74	0,54	42	0,11	17	0,50
3800	400	300	200	279	124	200	79	76	0,52	42	0,11	17	0,50
3850	400	300	200	276	123	200	76	77	0,50	42	0,10	16	0,50
3900	400	300	200	272	121	200	72	79	0,47	42	0,10	15	0,50
3950	400	300	200	269	119	200	69	81	0,45	42	0,09	14	0,50
4000	450	300	200	266	118	200	66	82	0,43	37	0,08	12	0,50
4050	450	300	200	262	117	200	62	83	0,41	37	0,08	12	0,50
4100	450	300	200	259	115	200	59	85	0,39	37	0,07	11	0,50
4150	450	300	200	256	114	200	56	86	0,37	37	0,07	10	0,44

Çizelge 7.2 300 km/s maksimum hızda, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler (devamı)

4200	450	300	200	253	112	200	53	88	0,35	37	0,06	10	0,44
4250	450	300	200	250	111	200	50	89	0,33	37	0,06	9	0,44
4300	450	300	200	247	110	200	47	90	0,31	37	0,06	9	0,44
4350	450	300	200	244	109	200	44	91	0,29	37	0,05	8	0,44
4400	450	300	200	241	107	200	41	93	0,27	37	0,05	8	0,44
4450	450	300	200	239	106	200	39	94	0,25	37	0,05	7	0,44
4500	450	300	200	236	105	200	36	95	0,24	37	0,04	7	0,44
4550	450	300	200	233	104	200	33	96	0,22	37	0,04	6	0,44
4600	450	300	200	231	103	200	31	97	0,20	37	0,04	6	0,44
4650	450	300	200	228	102	200	28	98	0,19	37	0,03	5	0,44
4700	450	300	200	226	100	200	26	100	0,17	37	0,03	5	0,44
4750	450	300	200	224	99	200	24	101	0,15	37	0,03	4	0,44
4800	450	300	200	221	98	200	21	102	0,14	37	0,03	4	0,44
4850	450	300	200	219	97	200	19	103	0,12	37	0,02	4	0,44
4900	450	300	200	217	96	200	17	104	0,11	37	0,02	3	0,44
4950	450	300	200	215	95	200	15	105	0,10	37	0,02	3	0,44
5000	500	300	200	212	94	200	12	106	0,08	33	0,01	2	0,40
6000	600	300	200	177	79	170	7	91	0,05	24	0,01	1	0,28
7000	700	300	200	152	67	150	2	83	0,01	18	0,00	0	0,21
8000	800	300	200	133	59	130	3	71	0,02	14	0,00	0	0,16
9000	900	300	200	118	52	110	8	58	0,05	10	0,00	1	0,12
10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	8	0,00	1	0,10
15000	1000	300	200	71	31	70	1	39	0,01	6	0,00	0	0,07

Tabloda farklı renkte belirtilen satır minimum kurp yarıçapını ifade etmektedir.

300 km/s maksimum hız, 200 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için yapılan geometrik parametre analizi Çizelge 7.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.3 300 km/s maksimum hızda, 200 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
3150	400	300	200	337	150	200	137	50	0,90	42	0,19	29	0,50
3200	400	300	200	332	148	200	132	53	0,86	42	0,18	27	0,50
3250	400	300	200	327	145	200	127	55	0,83	42	0,17	26	0,50
3300	400	300	200	322	143	200	122	57	0,80	42	0,17	25	0,50
3350	400	300	200	317	141	200	117	59	0,76	42	0,16	24	0,50
3400	400	300	200	312	139	200	112	61	0,73	42	0,15	23	0,50
3450	400	300	200	308	137	200	108	63	0,70	42	0,15	22	0,50
3500	400	300	200	303	135	200	103	65	0,68	42	0,14	22	0,50
3550	400	300	200	299	133	200	99	67	0,65	42	0,14	21	0,50
3600	400	300	200	295	131	200	95	69	0,62	42	0,13	20	0,50
3650	400	300	200	291	129	200	91	71	0,59	42	0,12	19	0,50
3700	400	300	200	287	128	200	87	72	0,57	42	0,12	18	0,50
3750	400	300	200	283	126	200	83	74	0,54	42	0,11	17	0,50
3800	400	300	200	279	124	200	79	76	0,52	42	0,11	17	0,50
3850	400	300	200	276	123	200	76	77	0,50	42	0,10	16	0,50
3900	400	300	200	272	121	200	72	79	0,47	42	0,10	15	0,50
3950	400	300	200	269	119	200	69	81	0,45	42	0,09	14	0,50
4000	450	300	200	266	118	200	66	82	0,43	37	0,08	12	0,50
4050	450	300	200	262	117	200	62	83	0,41	37	0,08	12	0,50
4100	450	300	200	259	115	200	59	85	0,39	37	0,07	11	0,50
4150	450	300	200	256	114	200	56	86	0,37	37	0,07	10	0,44
4200	450	300	200	253	112	200	53	88	0,35	37	0,06	10	0,44
4250	450	300	200	250	111	200	50	89	0,33	37	0,06	9	0,44
4300	450	300	200	247	110	200	47	90	0,31	37	0,06	9	0,44

Çizelge 7.3 300 km/s maksimum hızda, 200 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler (devamı)

4350	450	300	200	244	109	200	44	91	0,29	37	0,05	8	0,44
4400	450	300	200	241	107	200	41	93	0,27	37	0,05	8	0,44
4450	450	300	200	239	106	200	39	94	0,25	37	0,05	7	0,44
4500	450	300	200	236	105	200	36	95	0,24	37	0,04	7	0,44
4550	450	300	200	233	104	200	33	96	0,22	37	0,04	6	0,44
4600	450	300	200	231	103	200	31	97	0,20	37	0,04	6	0,44
4650	450	300	200	228	102	200	28	98	0,19	37	0,03	5	0,44
4700	450	300	200	226	100	200	26	100	0,17	37	0,03	5	0,44
4750	450	300	200	224	99	200	24	101	0,15	37	0,03	4	0,44
4800	450	300	200	221	98	200	21	102	0,14	37	0,03	4	0,44
4850	450	300	200	219	97	200	19	103	0,12	37	0,02	4	0,44
4900	450	300	200	217	96	200	17	104	0,11	37	0,02	3	0,44
4950	450	300	200	215	95	200	15	105	0,10	37	0,02	3	0,44
5000	500	300	200	212	94	200	12	106	0,08	33	0,01	2	0,40
6000	600	300	200	177	79	170	7	91	0,05	24	0,01	1	0,28
7000	700	300	200	152	67	150	2	83	0,01	18	0,00	0	0,21
8000	800	300	200	133	59	130	3	71	0,02	14	0,00	0	0,16
9000	900	300	200	118	52	110	8	58	0,05	10	0,00	1	0,12
10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	8	0,00	1	0,10
15000	1000	300	200	71	31	70	1	39	0,01	6	0,00	0	0,07

Tabloda farklı renkte belirtilen satır minimum kurp yarıçapını ifade etmektedir.

300 km/s maksimum hız, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için yapılan geometrik parametre analizi Çizelge 7.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.4 300 km/s maksimum hızda, 180 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
3150	400	300	200	337	150	180	157	30	1,03	33	0,19	29	0,40
3200	400	300	200	332	148	180	152	33	0,99	33	0,18	28	0,40
3250	400	300	200	327	145	180	147	35	0,96	33	0,18	27	0,40
3300	400	300	200	322	143	180	142	37	0,93	33	0,17	26	0,40
3350	400	300	200	317	141	180	137	39	0,90	33	0,17	25	0,40
3400	400	300	200	312	139	180	132	41	0,87	33	0,16	25	0,40
3450	400	300	200	308	137	180	128	43	0,84	33	0,15	24	0,40
3500	400	300	200	303	135	180	123	45	0,81	33	0,15	23	0,40
3550	400	300	200	299	133	180	119	47	0,78	33	0,14	22	0,40
3600	400	300	200	295	131	180	115	49	0,75	33	0,14	21	0,40
3650	400	300	200	291	129	180	111	51	0,73	33	0,13	21	0,40
3700	400	300	200	287	128	180	107	52	0,70	33	0,13	20	0,40
3750	400	300	200	283	126	180	103	54	0,67	33	0,12	19	0,40
3800	400	300	200	279	124	180	99	56	0,65	33	0,12	18	0,40
3850	400	300	200	276	123	180	96	57	0,63	33	0,12	18	0,40
3900	400	300	200	272	121	180	92	59	0,60	33	0,11	17	0,40
3950	400	300	200	269	119	180	89	61	0,58	33	0,11	16	0,40
4000	450	300	200	266	118	180	86	62	0,56	30	0,09	14	0,36
4050	450	300	200	262	117	180	82	63	0,54	30	0,09	14	0,36
4100	450	300	200	259	115	180	79	65	0,52	30	0,09	13	0,36
4150	450	300	200	256	114	180	76	66	0,50	30	0,08	13	0,36
4200	450	300	200	253	112	180	73	68	0,48	30	0,08	12	0,36

Çizelge 7.4 300 km/s maksimum hızda, 180 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler (devamı)

4250	450	300	200	250	111	180	70	69	0,46	30	0,08	12	0,36
4300	450	300	200	247	110	180	67	70	0,44	30	0,07	11	0,36
4350	450	300	200	244	109	180	64	71	0,42	30	0,07	11	0,36
4400	450	300	200	241	107	180	61	73	0,40	30	0,07	10	0,36
4450	450	300	200	239	106	180	59	74	0,38	30	0,06	10	0,36
4500	450	300	200	236	105	180	56	75	0,37	30	0,06	9	0,36
4550	450	300	200	233	104	180	53	76	0,35	30	0,06	9	0,36
4600	450	300	200	231	103	180	51	77	0,33	30	0,06	8	0,36
4650	450	300	200	228	102	180	48	78	0,32	30	0,05	8	0,36
4700	450	300	200	226	100	180	46	80	0,30	30	0,05	8	0,36
4750	450	300	200	224	99	180	44	81	0,28	30	0,05	7	0,36
4800	450	300	200	221	98	180	41	82	0,27	30	0,04	7	0,36
4850	450	300	200	219	97	180	39	83	0,25	30	0,04	6	0,36
4900	450	300	200	217	96	180	37	84	0,24	30	0,04	6	0,36
4950	450	300	200	215	95	180	35	85	0,23	30	0,04	6	0,36
5000	500	300	200	212	94	180	32	86	0,21	30	0,04	5	0,36
6000	600	300	200	177	79	170	7	91	0,05	24	0,01	1	0,28
7000	700	300	200	152	67	150	2	83	0,01	18	0,00	0	0,21
8000	800	300	200	133	59	130	3	71	0,02	14	0,00	0	0,16
9000	900	300	200	118	52	110	8	58	0,05	10	0,00	1	0,12
10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	8	0,00	1	0,10
15000	1000	300	200	71	31	70	1	39	0,01	6	0,00	0	0,07

Tabloda farklı renkte belirtilen satır minimum kurp yarıçapını ifade etmektedir.

300 km/s maksimum hız, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için yapılan geometrik parametre analizi Çizelge 7.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.5 300 km/s maksimum hızda, 180 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
3150	400	300	200	337	150	180	157	30	1,03	33	0,19	29	0,40
3200	400	300	200	332	148	180	152	33	0,99	33	0,18	28	0,40
3250	400	300	200	327	145	180	147	35	0,96	33	0,18	27	0,40
3300	400	300	200	322	143	180	142	37	0,93	33	0,17	26	0,40
3350	400	300	200	317	141	180	137	39	0,90	33	0,17	25	0,40
3400	400	300	200	312	139	180	132	41	0,87	33	0,16	25	0,40
3450	400	300	200	308	137	180	128	43	0,84	33	0,15	24	0,40
3500	400	300	200	303	135	180	123	45	0,81	33	0,15	23	0,40
3550	400	300	200	299	133	180	119	47	0,78	33	0,14	22	0,40
3600	400	300	200	295	131	180	115	49	0,75	33	0,14	21	0,40
3650	400	300	200	291	129	180	111	51	0,73	33	0,13	21	0,40
3700	400	300	200	287	128	180	107	52	0,70	33	0,13	20	0,40
3750	400	300	200	283	126	180	103	54	0,67	33	0,12	19	0,40
3800	400	300	200	279	124	180	99	56	0,65	33	0,12	18	0,40
3850	400	300	200	276	123	180	96	57	0,63	33	0,12	18	0,40
3900	400	300	200	272	121	180	92	59	0,60	33	0,11	17	0,40
3950	400	300	200	269	119	180	89	61	0,58	33	0,11	16	0,40
4000	450	300	200	266	118	180	86	62	0,56	30	0,09	14	0,36
4050	450	300	200	262	117	180	82	63	0,54	30	0,09	14	0,36
4100	450	300	200	259	115	180	79	65	0,52	30	0,09	13	0,36
4150	450	300	200	256	114	180	76	66	0,50	30	0,08	13	0,36
4200	450	300	200	253	112	180	73	68	0,48	30	0,08	12	0,36
4250	450	300	200	250	111	180	70	69	0,46	30	0,08	12	0,36
4300	450	300	200	247	110	180	67	70	0,44	30	0,07	11	0,36
4350	450	300	200	244	109	180	64	71	0,42	30	0,07	11	0,36
4400	450	300	200	241	107	180	61	73	0,40	30	0,07	10	0,36

Çizelge 7.5 300 km/s maksimum hızda, 180 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler (devamı)

4450	450	300	200	239	106	180	59	74	0,38	30	0,06	10	0,36
4500	450	300	200	236	105	180	56	75	0,37	30	0,06	9	0,36
4550	450	300	200	233	104	180	53	76	0,35	30	0,06	9	0,36
4600	450	300	200	231	103	180	51	77	0,33	30	0,06	8	0,36
4650	450	300	200	228	102	180	48	78	0,32	30	0,05	8	0,36
4700	450	300	200	226	100	180	46	80	0,30	30	0,05	8	0,36
4750	450	300	200	224	99	180	44	81	0,28	30	0,05	7	0,36
4800	450	300	200	221	98	180	41	82	0,27	30	0,04	7	0,36
4850	450	300	200	219	97	180	39	83	0,25	30	0,04	6	0,36
4900	450	300	200	217	96	180	37	84	0,24	30	0,04	6	0,36
4950	450	300	200	215	95	180	35	85	0,23	30	0,04	6	0,36
5000	500	300	200	212	94	180	32	86	0,21	30	0,04	5	0,36
6000	600	300	200	177	79	170	7	91	0,05	24	0,01	1	0,28
7000	700	300	200	152	67	150	2	83	0,01	18	0,00	0	0,21
8000	800	300	200	133	59	130	3	71	0,02	14	0,00	0	0,16
9000	900	300	200	118	52	110	8	58	0,05	10	0,00	1	0,12
10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	8	0,00	1	0,10
15000	1000	300	200	71	31	70	1	39	0,01	6	0,00	0	0,07

Tabloda farklı renkte belirtilen satır minimum kurp yarıçapını ifade etmektedir.

300 km/s maksimum hız, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için yapılan geometrik parametre analizi Çizelge 7.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.6 300 km/s maksimum hızda, 160 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
3150	400	300	200	337	150	160	177	10	1,16	33	0,24	37	0,40
3200	400	300	200	332	148	160	172	13	1,12	33	0,23	36	0,40
3250	400	300	200	327	145	160	167	15	1,09	33	0,23	35	0,40
3300	400	300	200	322	143	160	162	17	1,06	33	0,22	34	0,40
3350	400	300	200	317	141	160	157	19	1,03	33	0,21	33	0,40
3400	400	300	200	312	139	160	152	21	1,00	33	0,21	32	0,40
3450	400	300	200	308	137	160	148	23	0,97	33	0,20	31	0,40
3500	400	300	200	303	135	160	143	25	0,94	33	0,20	30	0,40
3550	400	300	200	299	133	160	139	27	0,91	33	0,19	29	0,40
3600	400	300	200	295	131	160	135	29	0,88	33	0,18	28	0,40
3650	400	300	200	291	129	160	131	31	0,86	33	0,18	27	0,40
3700	400	300	200	287	128	160	127	32	0,83	33	0,17	26	0,40
3750	400	300	200	283	126	160	123	34	0,81	33	0,17	26	0,40
3800	400	300	200	279	124	160	119	36	0,78	33	0,16	25	0,40
3850	400	300	200	276	123	160	116	37	0,76	33	0,16	24	0,40
3900	400	300	200	272	121	160	112	39	0,73	33	0,15	23	0,40
3950	400	300	200	269	119	160	109	41	0,71	33	0,15	23	0,40
4000	450	300	200	266	118	160	106	42	0,69	30	0,13	20	0,36
4050	450	300	200	262	117	160	102	43	0,67	30	0,12	19	0,36
4100	450	300	200	259	115	160	99	45	0,65	30	0,12	18	0,36
4150	450	300	200	256	114	160	96	46	0,63	30	0,12	18	0,36
4200	450	300	200	253	112	160	93	48	0,61	30	0,11	17	0,36
4250	450	300	200	250	111	160	90	49	0,59	30	0,11	17	0,36
4300	450	300	200	247	110	160	87	50	0,57	30	0,11	16	0,36
4350	450	300	200	244	109	160	84	51	0,55	30	0,10	16	0,36
4400	450	300	200	241	107	160	81	53	0,53	30	0,10	15	0,36

Çizelge 7.6 300 km/s maksimum hızda, 160mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler (devamı)

4450	450	300	200	239	106	160	79	54	0,51	30	0,10	15	0,36
4500	450	300	200	236	105	160	76	55	0,50	30	0,09	14	0,36
4550	450	300	200	233	104	160	73	56	0,48	30	0,09	14	0,36
4600	450	300	200	231	103	160	71	57	0,46	30	0,09	13	0,36
4650	450	300	200	228	102	160	68	58	0,45	30	0,08	13	0,36
4700	450	300	200	226	100	160	66	60	0,43	30	0,08	12	0,36
4750	450	300	200	224	99	160	64	61	0,42	30	0,08	12	0,36
4800	450	300	200	221	98	160	61	62	0,40	30	0,07	11	0,36
4850	450	300	200	219	97	160	59	63	0,39	30	0,07	11	0,36
4900	450	300	200	217	96	160	57	64	0,37	30	0,07	11	0,36
4950	450	300	200	215	95	160	55	65	0,36	30	0,07	10	0,36
5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32
6000	600	300	200	177	79	160	17	81	0,11	22	0,02	2	0,27
7000	700	300	200	152	67	150	2	83	0,01	18	0,00	0	0,21
8000	800	300	200	133	59	130	3	71	0,02	14	0,00	0	0,16
9000	900	300	200	118	52	110	8	58	0,05	10	0,00	1	0,12
10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	8	0,00	1	0,10
15000	1000	300	200	71	31	70	1	39	0,01	6	0,00	0	0,07

Tabloda farklı renkte belirtilen satır minimum kurp yarıçapını ifade etmektedir.

300 km/s maksimum hız, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için yapılan geometrik parametre analizi Çizelge 7.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.7 300 km/s maksimum hızda, 160 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
3150	400	300	200	337	150	160	177	10	1,16	33	0,24	37	0,40
3200	400	300	200	332	148	160	172	13	1,12	33	0,23	36	0,40
3250	400	300	200	327	145	160	167	15	1,09	33	0,23	35	0,40
3300	400	300	200	322	143	160	162	17	1,06	33	0,22	34	0,40
3350	400	300	200	317	141	160	157	19	1,03	33	0,21	33	0,40
3400	400	300	200	312	139	160	157	21	1,00	33	0,21	32	0,40
3450	400	300	200	308	137	160	152	23	0,97	33	0,20	31	0,40
3500	400	300	200	303	135	160	148	25	0,94	33	0,20	30	0,40
3550	400	300	200	299	133	160	143	27	0,91	33	0,19	29	0,40
3600	400	300	200	295	131	160	139	29	0,88	33	0,18	28	0,40
3650	400	300	200	291	129	160	135	31	0,86	33	0,18	27	0,40
3700	400	300	200	287	128	160	131	32	0,83	33	0,17	26	0,40
3750	400	300	200	283	126	160	127	34	0,81	33	0,17	26	0,40
3800	400	300	200	279	124	160	123	36	0,78	33	0,16	25	0,40
3850	400	300	200	276	123	160	119	37	0,76	33	0,16	24	0,40
3900	400	300	200	272	121	160	116	39	0,73	33	0,15	23	0,40
3950	400	300	200	269	119	160	112	41	0,71	33	0,15	23	0,40
4000	450	300	200	266	118	160	109	42	0,69	30	0,13	20	0,36
4050	450	300	200	262	117	160	102	43	0,67	30	0,12	19	0,36
4100	450	300	200	259	115	160	99	45	0,65	30	0,12	18	0,36
4150	450	300	200	256	114	160	96	46	0,63	30	0,12	18	0,36
4200	450	300	200	253	112	160	93	48	0,61	30	0,11	17	0,36
4250	450	300	200	250	111	160	90	49	0,59	30	0,11	17	0,36
4300	450	300	200	247	110	160	87	50	0,57	30	0,11	16	0,36
4350	450	300	200	244	109	160	84	51	0,55	30	0,10	16	0,36
4400	450	300	200	241	107	160	81	53	0,53	30	0,10	15	0,36

Çizelge 7.7 300 km/s maksimum hızda, 160 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler (devamı)

4450	450	300	200	239	106	160	79	54	0,51	30	0,10	15	0,36
4500	450	300	200	236	105	160	76	55	0,50	30	0,09	14	0,36
4550	450	300	200	233	104	160	73	56	0,48	30	0,09	14	0,36
4600	450	300	200	231	103	160	71	57	0,46	30	0,09	13	0,36
4650	450	300	200	228	102	160	68	58	0,45	30	0,08	13	0,36
4700	450	300	200	226	100	160	66	60	0,43	30	0,08	12	0,36
4750	450	300	200	224	99	160	64	61	0,42	30	0,08	12	0,36
4800	450	300	200	221	98	160	61	62	0,40	30	0,07	11	0,36
4850	450	300	200	219	97	160	59	63	0,39	30	0,07	11	0,36
4900	450	300	200	217	96	160	57	64	0,37	30	0,07	11	0,36
4950	450	300	200	215	95	160	55	65	0,36	30	0,07	10	0,36
5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32
6000	600	300	200	177	79	160	17	81	0,11	22	0,02	2	0,27
7000	700	300	200	152	67	150	2	83	0,01	18	0,00	0	0,21
8000	800	300	200	133	59	130	3	71	0,02	14	0,00	0	0,16
9000	900	300	200	118	52	110	8	58	0,05	10	0,00	1	0,12
10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	8	0,00	1	0,10
15000	1000	300	200	71	31	70	1	39	0,01	6	0,00	0	0,07

Tabloda farklı renkte belirtilen satır minimum kurp yarıçapını ifade etmektedir.

300 km/s maksimum hız, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için yapılan geometrik parametre analizi Çizelge 7.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.8 300 km/s maksimum hızda, 130 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
3150	350	300	150	337	84	130	207	46	1,35	31	0,32	49	0,37
3200	350	300	150	332	83	130	202	47	1,32	31	0,31	48	0,37
3250	350	300	150	327	82	130	197	48	1,29	31	0,31	47	0,37
3300	350	300	150	322	80	130	192	50	1,25	31	0,30	46	0,37
3350	350	300	150	317	79	130	187	51	1,22	31	0,29	45	0,37
3400	350	300	150	312	78	130	182	52	1,19	31	0,28	43	0,37
3450	350	300	150	308	77	130	178	53	1,16	31	0,28	42	0,37
3500	350	300	150	303	76	130	173	54	1,13	31	0,27	41	0,37
3550	350	300	150	299	75	130	169	55	1,11	31	0,26	40	0,37
3600	350	300	150	295	74	130	165	56	1,08	31	0,26	39	0,37
3650	350	300	150	291	73	130	161	57	1,05	31	0,25	38	0,37
3700	350	300	150	287	72	130	157	58	1,03	31	0,24	37	0,37
3750	350	300	150	283	71	130	153	59	1,00	31	0,24	36	0,37
3800	350	300	150	279	70	130	149	60	0,98	31	0,23	36	0,37
3850	350	300	150	276	69	130	146	61	0,95	31	0,23	35	0,37
3900	350	300	150	272	68	130	142	62	0,93	31	0,22	34	0,37
3950	350	300	150	269	67	130	139	63	0,91	31	0,22	33	0,37
4000	400	300	150	266	66	130	136	64	0,89	27	0,18	28	0,33
4050	400	300	150	262	66	130	132	64	0,86	27	0,18	28	0,33
4100	400	300	150	259	65	130	129	65	0,84	27	0,18	27	0,33
4150	400	300	150	256	64	130	126	66	0,82	27	0,17	26	0,33
4200	400	300	150	253	63	130	123	67	0,80	27	0,17	26	0,33
4250	400	300	150	250	62	130	120	68	0,78	27	0,16	25	0,33
4300	400	300	150	247	62	130	117	68	0,76	27	0,16	24	0,33
4350	400	300	150	244	61	130	114	69	0,75	27	0,16	24	0,33
4400	400	300	150	241	60	130	111	70	0,73	27	0,15	23	0,33

Çizelge 7.8 300 km/s maksimum hızda, 130 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler (devamı)

4450	400	300	150	239	60	130	109	70	0,71	27	0,15	23	0,33
4500	400	300	150	236	59	130	106	71	0,69	27	0,14	22	0,33
4550	400	300	150	233	58	130	103	72	0,68	27	0,14	22	0,33
4600	400	300	150	231	58	130	101	72	0,66	27	0,14	21	0,33
4650	400	300	150	228	57	130	98	73	0,64	27	0,13	20	0,33
4700	400	300	150	226	56	130	96	74	0,63	27	0,13	20	0,33
4750	400	300	150	224	56	130	94	74	0,61	27	0,13	19	0,33
4800	400	300	150	221	55	130	91	75	0,60	27	0,12	19	0,33
4850	400	300	150	219	55	130	89	75	0,58	27	0,12	19	0,33
4900	400	300	150	217	54	130	87	76	0,57	27	0,12	18	0,33
4950	400	300	150	215	54	130	85	76	0,55	27	0,12	18	0,33
5000	500	300	150	212	53	130	82	77	0,54	22	0,09	14	0,26
6000	600	300	150	177	44	130	57	76	0,37	17	0,05	8	0,20
7000	700	300	150	152	38	130	52	62	0,34	12	0,04	6	0,14
8000	800	300	150	133	33	130	43	57	0,28	9	0,03	4	0,11
9000	900	300	150	118	30	110	38	51	0,25	7	0,02	4	0,09
10000	1000	300	150	106	27	100	36	43	0,24	6	0,02	3	0,07
15000	1000	300	150	71	18	70	26	27	0,17	4	0,01	2	0,05

Tabloda farklı renkte belirtilen satır minimum kurp yarıçapını ifade etmektedir.

300 km/s maksimum hız, 200 mm uygulama deveri, 130 mm dever eksikliği için yapılan geometrik parametre analizi Çizelge 7.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.9 300 km/s maksimum hızda, 130 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
3150	350	300	150	337	84	130	207	46	1,35	31	0,32	49	0,37
3200	350	300	150	332	83	130	202	47	1,32	31	0,31	48	0,37
3250	350	300	150	327	82	130	197	48	1,29	31	0,31	47	0,37
3300	350	300	150	322	80	130	192	50	1,25	31	0,30	46	0,37
3350	350	300	150	317	79	130	187	51	1,22	31	0,29	45	0,37
3400	350	300	150	312	78	130	182	52	1,19	31	0,28	43	0,37
3450	350	300	150	308	77	130	178	53	1,16	31	0,28	42	0,37
3500	350	300	150	303	76	130	173	54	1,13	31	0,27	41	0,37
3550	350	300	150	299	75	130	169	55	1,11	31	0,26	40	0,37
3600	350	300	150	295	74	130	165	56	1,08	31	0,26	39	0,37
3650	350	300	150	291	73	130	161	57	1,05	31	0,25	38	0,37
3700	350	300	150	287	72	130	157	58	1,03	31	0,24	37	0,37
3750	350	300	150	283	71	130	153	59	1,00	31	0,24	36	0,37
3800	350	300	150	279	70	130	149	60	0,98	31	0,23	36	0,37
3850	350	300	150	276	69	130	146	61	0,95	31	0,23	35	0,37
3900	350	300	150	272	68	130	142	62	0,93	31	0,22	34	0,37
3950	350	300	150	269	67	130	139	63	0,91	31	0,22	33	0,37
4000	400	300	150	266	66	130	136	64	0,89	27	0,18	28	0,33
4050	400	300	150	262	66	130	132	64	0,86	27	0,18	28	0,33
4100	400	300	150	259	65	130	129	65	0,84	27	0,18	27	0,33
4150	400	300	150	256	64	130	126	66	0,82	27	0,17	26	0,33
4200	400	300	150	253	63	130	123	67	0,80	27	0,17	26	0,33
4250	400	300	150	250	62	130	120	68	0,78	27	0,16	25	0,33
4300	400	300	150	247	62	130	117	68	0,76	27	0,16	24	0,33

Çizelge 7.9 300 km/s maksimum hızda, 130 mm uygulama deveri, 100 mm dever eksikliği için kurplarda taşıta etki eden büyüklükler (devamı)

4350	400	300	150	244	61	130	114	69	0,75	27	0,16	24	0,33
4400	400	300	150	241	60	130	111	70	0,73	27	0,15	23	0,33
4450	400	300	150	239	60	130	109	70	0,71	27	0,15	23	0,33
4500	400	300	150	236	59	130	106	71	0,69	27	0,14	22	0,33
4550	400	300	150	233	58	130	103	72	0,68	27	0,14	22	0,33
4600	400	300	150	231	58	130	101	72	0,66	27	0,14	21	0,33
4650	400	300	150	228	57	130	98	73	0,64	27	0,13	20	0,33
4700	400	300	150	226	56	130	96	74	0,63	27	0,13	20	0,33
4750	400	300	150	224	56	130	94	74	0,61	27	0,13	19	0,33
4800	400	300	150	221	55	130	91	75	0,60	27	0,12	19	0,33
4850	400	300	150	219	55	130	89	75	0,58	27	0,12	19	0,33
4900	400	300	150	217	54	130	87	76	0,57	27	0,12	18	0,33
4950	400	300	150	215	54	130	85	76	0,55	27	0,12	18	0,33
5000	500	300	150	212	53	130	82	77	0,54	22	0,09	14	0,26
6000	600	300	150	177	44	130	57	76	0,37	17	0,05	8	0,20
7000	700	300	150	152	38	130	52	62	0,34	12	0,04	6	0,14
8000	800	300	150	133	33	130	43	57	0,28	9	0,03	4	0,11
9000	900	300	150	118	30	110	38	51	0,25	7	0,02	4	0,09
10000	1000	300	150	106	27	100	36	43	0,24	6	0,02	3	0,07
15000	1000	300	150	71	18	70	26	27	0,17	4	0,01	2	0,05

Tabloda farklı renkte belirtilen satır minimum kurp yarıçapını ifade etmektedir.

7.1.3 300 km/s tasarım hızında 3000 m'den daha küçük yarıçaplı kurplarda taşıta etki eden büyüklükler

Bu bölümde 300 km/s tasarım hızı için yarıçapı 300 m ile 3000 m arasında değişen kurplarda, belirli bir uygulama deveri için taşıta etki eden büyüklükler Çizelge 7.10, Çizelge 7.11, Çizelge 7.12, Çizelge 7.13'te gösterilmiştir. Bu değerler bölüm 3 ve bölüm 4'teki eşitlikler kullanılarak elde edilmiştir.

300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 300 m ile 3000 m arasında değişen kurplarda taşıtın maruz kaldığı etkilere ait büyüklükler çizelge 7.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.10 300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi

R_{min} (m)	V_{maks} (km/s)	h_{eq} (mm)	h_t (mm)	h_d (mm)	a_y (m/sn ²)
300	300	3540	200	3340	21,83
400	300	2655	200	2455	16,05
500	300	2124	200	1924	12,58
600	300	1770	200	1570	10,26
700	300	1517	200	1317	8,61
800	300	1328	200	1128	7,37
900	300	1180	200	980	6,41
1000	300	1062	200	862	5,63
1100	300	965	200	765	5,00
1200	300	885	200	685	4,48
1300	300	817	200	617	4,03
1400	300	759	200	559	3,65
1500	300	708	200	508	3,32
1600	300	664	200	464	3,03
1700	300	625	200	425	2,78
1800	300	590	200	390	2,55
1900	300	559	200	359	2,35
2000	300	531	200	331	2,16
2100	300	506	200	306	2,00
2200	300	483	200	283	1,85

Çizelge 7.10 300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi (devamı)

2300	300	462	200	262	1,71
2400	300	443	200	243	1,58
2500	300	425	200	225	1,47
2600	300	408	200	208	1,36
2700	300	393	200	193	1,26
2800	300	379	200	179	1,17
2900	300	366	200	166	1,09
3000	300	354	200	154	1,01

300 km/s tasarım hızı ve 180 mm uygulama deveri için yarıçapı 300 m ile 3000 m arasında değişen kurplarda taşıtın maruz kaldığı etkilere ait büyüklükler çizelge 7.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.11 300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi

R_{min} (m)	V_{maks} (km/s)	h_{eq} (mm)	h_t (mm)	h_d (mm)	a_y (m/sn ²)
300	300	3540	180	3360	21,96
400	300	2655	180	2475	16,18
500	300	2124	180	1944	12,71
600	300	1770	180	1590	10,39
700	300	1517	180	1337	8,74
800	300	1328	180	1148	7,50
900	300	1180	180	1000	6,54
1000	300	1062	180	882	5,76
1100	300	965	180	785	5,13
1200	300	885	180	705	4,61

Çizelge 7.11 300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi(devamı)

1300	300	817	180	637	4,16
1400	300	759	180	579	3,78
1500	300	708	180	528	3,45
1600	300	664	180	484	3,16
1700	300	625	180	445	2,91
1800	300	590	180	410	2,68
1900	300	559	180	379	2,48
2000	300	531	180	351	2,29
2100	300	506	180	326	2,13
2200	300	483	180	303	1,98
2300	300	462	180	282	1,84
2400	300	443	180	263	1,72
2500	300	425	180	245	1,60
2600	300	408	180	228	1,49
2700	300	393	180	213	1,39
2800	300	379	180	199	1,30
2900	300	366	180	186	1,22
3000	300	354	180	174	1,14

300 km/s tasarım hızı ve 160 mm uygulama deveri için yarıçapı 300 m ile 3000 m arasında değişen kurplarda taşıtın maruz kaldığı etkilere ait büyüklükler çizelge 7.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.12 300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi

R_{min} (m)	V_{maks} (km/s)	h_{eq} (mm)	h_t (mm)	h_d (mm)	a_y (m/sn2)
300	300	3540	160	3380	22,09
400	300	2655	160	2495	16,61
500	300	2124	160	1964	12,84
600	300	1770	160	1610	10,52
700	300	1517	160	1357	8,87
800	300	1328	160	1168	7,63
900	300	1180	160	1020	6,67
1000	300	1062	160	902	5,90
1100	300	965	160	805	5,26
1200	300	885	160	725	4,74
1300	300	817	160	657	4,29
1400	300	759	160	599	3,91
1500	300	708	160	548	3,58
1600	300	664	160	504	3,29
1700	300	625	160	465	3,04
1800	300	590	160	430	2,81
1900	300	559	160	399	2,42
2000	300	531	160	371	2,26
2100	300	506	160	346	2,11
2200	300	483	160	323	1,97
2300	300	462	160	302	1,85
2400	300	443	160	283	1,73
2500	300	425	160	265	1,73

Çizelge 7.12 300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi (devamı)

2600	300	408	160	248	1,62
2700	300	393	160	233	1,53
2800	300	379	160	219	1,43
2900	300	366	160	206	1,35
3000	300	354	160	194	1,27

300 km/s tasarım hızı ve 130 mm uygulama deveri için yarıçapı 300 m ile 3000 m arasında değişen kurplarda taşıtın maruz kaldığı etkilere ait büyüklükler çizelge 7.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.13 300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi

R_{min} (m)	V_{maks} (km/s)	h_{eq} (mm)	h_t (mm)	h_q (mm)	a_y (m/sn ²)
300	300	3540	130	3410	22,29
400	300	2655	130	2525	16,50
500	300	2124	130	1994	13,03
600	300	1770	130	1640	10,72
700	300	1517	130	1387	9,07
800	300	1328	130	1198	7,83
900	300	1180	130	1050	6,86
1000	300	1062	130	932	6,09
1100	300	965	130	835	5,46
1200	300	885	130	755	4,93
1300	300	817	130	687	4,49
1400	300	759	130	629	4,11
1500	300	708	130	578	3,78

Çizelge 7.13 300 km/s tasarım hızı ve 200 mm uygulama deveri için yarıçapı 3000 m'den daha küçük olan kurplara ait geometrik parametre analizi (devamı)

1600	300	664	130	534	3,49
1700	300	625	130	495	3,23
1800	300	590	130	460	3,01
1900	300	559	130	429	2,80
2000	300	531	130	401	2,62
2100	300	506	130	376	2,46
2200	300	483	130	353	2,31
2300	300	462	130	332	2,17
2400	300	443	130	313	2,04
2500	300	425	130	295	1,93
2600	300	408	130	278	1,82
2700	300	393	130	263	1,72
2800	300	379	130	249	1,63
2900	300	366	130	236	1,54
3000	300	354	130	224	1,46

7.2 Mevcut güzergah geometrisinin iyileştirilmesi ve alternatif güzergah tasarımı

Bu bölümde, konvansiyonel demiryolu hattı bulunan bir güzergaha, 300 km/s hızda sadece yolcu taşımacılığı yapılmak amacıyla, yeni bir yüksek hızlı demiryolu inşaatı için ihtiyaç duyulan geometrik tasarım parametreleri belirlenmiş ve mevcut konvansiyonel hattan maksimum şekilde yararlanılarak oluşturulan revize hat ile aynı güzergaha ait yeni bir alternatif hat oluşturulup maliyet analizi yapılmıştır. Bölüm 3 ve bölüm 4'te bahsedilen tasarım parametreleri bölüm 5'te irdelenen sınır değerler çerçevesinde oluşturulmuştur. Bentley Railtrack yazılımı kullanılarak revize ve alternatif güzergah 3B'lu ortamda tasarlanmış ve bu hatlara ait mühendislik yapıları belirlenmiş ve kübaj hesapları yapılmıştır. Maliyet hesabında ise TCDD'ye ait maliyet değerleri yuvarlanarak kullanılmıştır.

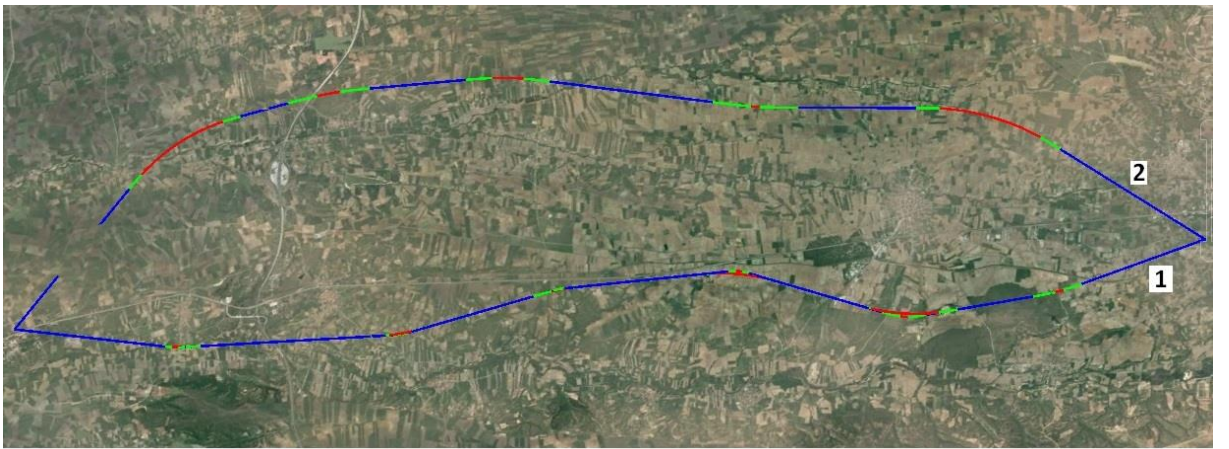
Bölüm 5'teki sınır değerler göz önünde bulundurularak oluşturulan geometrik karakteristikler çizelge 7.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.14 Tasarımda kullanılacak olan geometrik parametreler

R_{min} (m)	V_{maks} (km/s)	h_t (mm)	h_d (mm)
5000	300	160	100

7.2.1 Bölge 1

Konvansiyonel hat, geometrik iyileştirme sonrası revize edilmiş hali ve alternatif hat şekil 7.1 de gösterilmiştir.



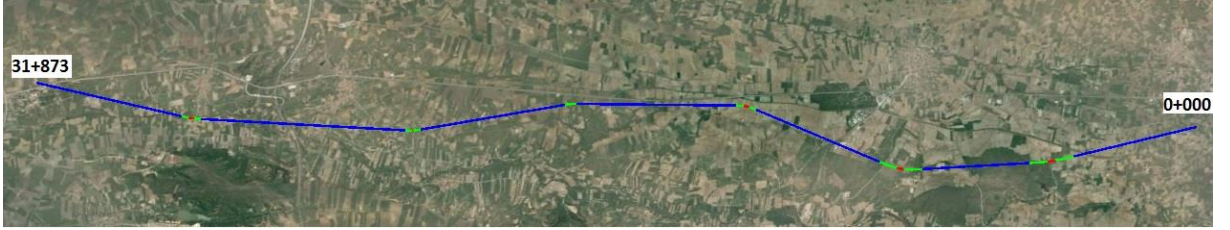
Şekil 7.1 Mevcut ve tasarlanan hatlara ait güzergah geçkileri

Şekilde 7.1’de 1 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunu ve revize işlemi sonrasındaki halini, 2 nolu hat ise mevcut konvansiyonel hatta ait alternatif güzergahı göstermektedir. Hatların mavi renkli bölümleri güzergahların düz kısımlarını, yeşil kısımlar geçiş eğrilerini, kırmızı kısımlar da kurpları göstermektedir.

1 nolu hat mevcut ve revize halini, 2 nolu hat ise bunların alternatifini göstermektedir. 1 nolu mevcut hat, geometrik iyileştirme yapılarak kurp yarıçapları ve dever miktarı değiştirilerek revize edilmiştir. Burada yapılacak yarma dolgu işlemleri sadece kurplarda olacaktır. İstenilen yarıçaptaki kurplar Mevcut aliymanlara oturtulmasıyla kurp yarıçapları değiştirilerek konvansiyonel hat revize edilir. Burada gösterilmek istenilen, büyük yarıçaplı kurpların aliymanlara oturması sonucunda revize işleminin sorunsuz gerçekleştirileceğidir.

7.2.1.1 Mevcut güzergah

Mevcut konvansiyonel hatta ait geçki şekil 7.2’de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Konvansiyonel hattın revize öncesi durumu

Mevcut konvansiyonel hattın geometrik karakteristikleri çizelge 7.15’te gösterilmiştir.

Çizelge 7.15 Konvansiyonel hatta ait Geometrik karakteristikler

Kurp No	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L (m)	R (m)	Dever (mm)
1	3+365	3+482	500	4000	5
2	7+458	8+641	500	1500	40
3	12+249	12+798	200	900	110
4	17+091	17+393	150	850	125
5	21+349	21+773	200	1000	100
6	27+307	27+848	200	2000	10

120 km/s maksimum hıza göre tasarlanan, 31,873 m uzunluğunda ve % 2,20 maksimum eğim ile ilerleyen konvansiyonel hatta 30.000 m minimum düşey kurp yarıçaplı düşey kurplar kullanılmıştır.

Mevcut güzergaha ait düşey profil şekil 7.3'te gösterilmiştir.



Şekil 7.3 Mevcut güzergaha ait düşey profil

7.2.1.2 Mevcut güzergahın revize edilmesi

Mevcut güzergahın revize edilmiş hali şekil 7.4'te gösterilmiştir.



Şekil 7.4 mevcut güzergahın revize edilmiş hali

Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik karakteristikleri çizelge 7.16'da gösterilmektedir.

Çizelge 7.16 Hattın revize sonrası geometrik karakteristikleri

Kurp no	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L (m)	R (m)	Dever (mm)
1	3+275	4+671	500	5000	160
2	6+648	9+443	500	5000	160
3	11+268	13+704	500	5000	160
4	16+495	17+891	500	5000	160
5	20+700	22+320	500	5000	160
6	26+846	28+200	500	5000	160

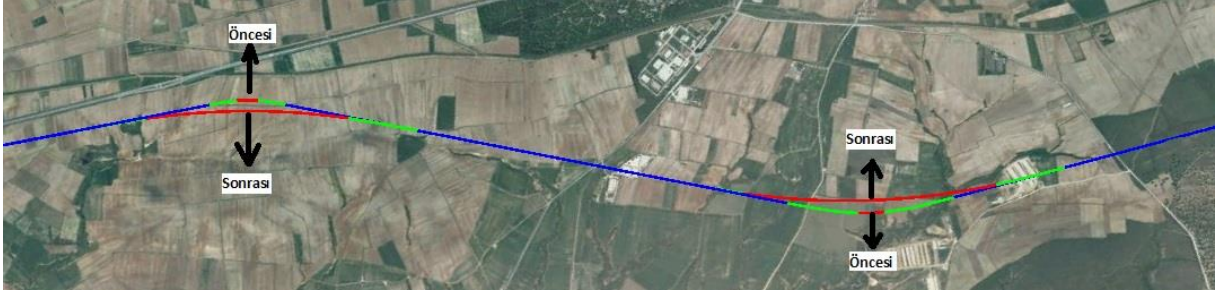
Geometrik iyileştirme sonucu 300 km/s maksimum hıza göre tasarlanan, 31,818 m uzunluğunda ve % 2,20 maksimum eğim ile ilerleyen hatta 30.000 m minimum düşey kurp yarıçaplı düşey kurplar kullanılmıştır.

Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası sahip olduğu geometrik karakteristikleri için geometrik parametre analizi çizelge 7.17’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.17 Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik parametre analizi

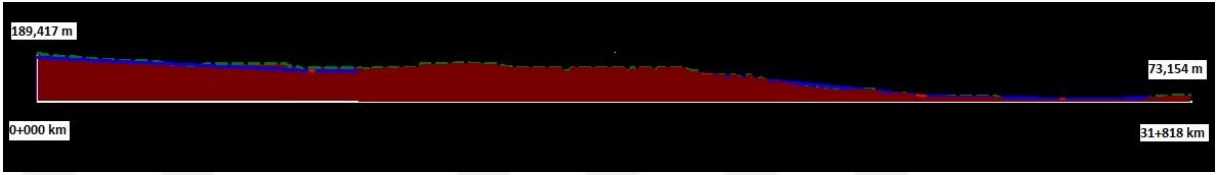
Kurp No	R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
1	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32
2	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32
3	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32
4	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32
5	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32
6	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32

Konvansiyonel hattın kurplarının geometrik iyileştirme sonrası durumu şekil 7.5’te gösterilmiştir.



Şekil 7.5 Konvansiyonel hatta ait kurpların revize edildikten sonraki durumu

Revize edilmiş hatta ait düşey profil şekil 7.5'te gösterilmiştir.



Şekil 7.6 Revizeye ait düşey profil

Konvansiyonel hattın revize edilmesi sonrası ortaya çıkan yarma ve dolgu miktarı çizelge 7.18'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.18 Revize işlemi sonrası ortaya çıkan kübaj miktarı

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (m³)	Dolgu (m³)
0+000	31+818	3351632.207	1053596,25

Birim fiyatlara göre hesaplanan yaklaşık maliyetler çizelge 7.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.19 Hesaplanan yaklaşık maliyetler

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (TL)	Dolgu (TL)	Köprü (TL)	Tünel (TL)
0+000	31+818	26.813.057,66	1.126.171,764	0	0
				Toplam (TL)	27.939.229,42

Yapılan geometrik iyileştirme sonucu ortaya çıkan 1 km demiryolu yapım maliyeti, toplam maliyetin toplam uzunluğa bölünmesiyle 878.095,09 TL olarak hesaplanmıştır.

7.2.1.3 Alternatif Güzergah

Alternatif güzergah geçkisi şekil 7.7'de gösterilmiştir.



Şekil 7.7 Alternatif güzergah

Alternatif güzergahın geometrik karakteristikleri çizelge 7.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.20 Alternatif güzergaha ait geometrik karakteristikler

Kurp No	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L (m)	R (m)	Dever (mm)
1	4+405	8+356	600	6000	160
2	11+415	13+649	1000	10000	100
3	17+948	20+159	700	7000	150
4	22+699	24+902	800	8000	130
5	26+208	29+810	500	5000	160

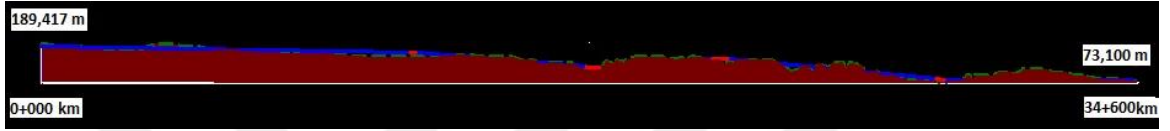
300 km/s maksimum hıza göre tasarlanan, 34,600 m uzunluğunda ve % 2,20 maksimum eğim ile ilerleyen alternatif hatta 30.000 m minimum düşey kurp yarıçaplı düşey kurplar kullanılmıştır.

Alternatif güzergahın geometrik karakteristikleri için geometrik parametre analizi çizelge 7.21'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.21 Alternatif güzergahın geometrik parametre analizi

Kurp No	R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
1	6000	600	300	200	177	79	160	17	81	0,11	22	0,02	2	0,27
2	10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	8	0,00	1	0,10
3	7000	700	300	200	152	67	150	2	83	0,01	18	0,00	0	0,21
4	8000	800	300	200	133	59	130	3	71	0,02	14	0,00	0	0,16
5	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,06	9	0,32

Alternatif güzergaha ait düşey profil şekil 7.8’de gösterilmiştir.



Şekil 7.8 Alternatif güzergahın düşey profili

Alternatif güzergahın inşasında ortaya çıkacak olan kübaj miktarları çizelge 7.22’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.22 Kübaj miktarları

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (m³)	Dolgu (m³)
0+000	34+600	6914716.958	1365259.302

Alternatif güzergah geçirilirken inşaa edilecek olan köprüler çizelge 7.23’te gösterilmiştir.

Çizelge 7.23 Köprü

Köprü no	Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Uzunluk
1	21+590	21+640	50
2	23+620	23+870	250
Toplam (m)			300

Birim fiyatlara göre hesaplanan yaklaşık maliyetler çizelge 7.24’te gösterilmiştir.

Çizelge 7.24 Hesaplanan Yaklaşık Maliyetler

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (TL)	Dolgu (TL)	Köprü (TL)	Tünel (TL)
0+000	34+600	55.317.735,7	12.287.333,7	4.800.000	0
				Toplam (TL)	72.405.069,38

Alternatif güzergahın geçirilmesi sonucu ortaya çıkan 1 km demiryolu yapım maliyeti, toplam maliyetin toplam uzunluğa bölünmesiyle 2.092.632,06 TL olarak hesaplanmıştır.

7.2.2 Bölge 2

Konvansiyonel hat, geometrik iyileştirme sonrası revize edilmiş hali ve alternatif hat şekil 7.9 da gösterilmiştir.



Şekil 7.9 Mevcut ve tasarlanan hatlara ait güzergah geçkileri

Şekil 7.9'da siyah renkte gösterilen 1 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunu, 2 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunun geometrik iyileştirme sonrası halini, 3 nolu hat ise mevcut konvansiyonel hatta ait alternatif güzergahı belirtmektedir. 2 ve 3 nolu hatların mavi renkli bölümleri güzergahların düz kısımlarını, yeşil kısımlar geçiş eğrilerini, kırmızı kısımlar da kurpları göstermektedir.

7.2.2.1 Mevcut hat

Mevcut konvansiyonel hatta ait geçki Şekil 7.10'da gösterilmiştir.



Şekil 7.10 Mevcut konvansiyonel hat

Mevcut konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler izelge 7.25'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.25 Konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler

Kurp No	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L_1 (m)	L_2 (m)	R (m)	Dever (mm)
1	1+600	1+902	80	80	1220	40
2	2+885	3+144	70	80	390	100
3	3+741	3+958	80	70	390	100
4	4+047	4+242	80	80	472	90
5	4+536	4+815	80	80	388	100
6	5+066	5+286	80	80	380	105
7	5+910	6+172	80	80	394	95
8	6+355	6+540	80	80	467	90
9	7+093	7+292	80	80	379	105
10	7+450	7+728	80	80	387	95
11	8+491	8+705	80	80	390	95
12	8+867	9+118	80	80	390	95
13	9+252	9+466	80	80	385	100
14	9+985	10+213	80	80	476	85
15	10+359	10+751	80	80	397	95

Çizelge 7.25 Konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler (devamı)

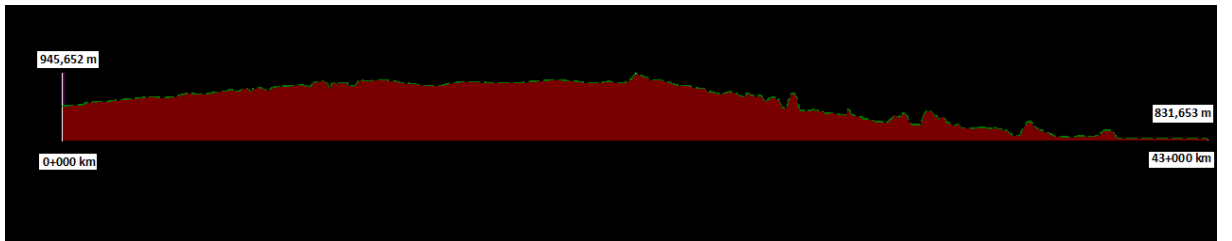
16	10+913	11+525	95	95	500	95
17	13+307	13+373	60	40	1666	40
18	15+354	15+858	60	80	1941	20
19	18+095	19+037	65	90	980	70
20	19+810	20+183	100	70	990	70
21	21+206	21+554	80	90	500	100
22	22+805	22+986	80	80	714	75
23	23+132	23+342	80	105	385	130
24	23+626	23+763	90	105	394	130
25	23+878	24+006	80	100	413	125
26	24+267	24+512	90	90	485	110
27	25+457	25+795	80	105	397	130
28	26+029	26+518	100	90	303	130
29	26+622	26+953	80	95	303	130
30	27+253	27+446	70	70	588	70
31	27+770	27+998	60	60	298	100
32	28+352	28+603	80	80	296	100
33	28+715	28+900	80	80	388	110
34	29+283	29+415	100	90	526	100
35	29+521	29+625	70	80	476	97
36	29+790	30+014	80	90	292	130
37	30+135	30+280	85	100	400	110
38	30+524	30+732	80	90	3005	130
39	30+816	31+047	80	90	301	130

Çizelge 7.25 Kovansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler (devamı)

40	31+262	31+533	80	80	394	110
41	31+791	31+973	80	90	292	130
42	32+065	32+522	90	90	370	130
43	33+231	33+403	90	90	942	60
44	33+678	33+815	80	105	376	130
45	33+929	34+165	80	105	379	130
46	34+278	34+503	80	105	382	130
47	34+625	35+005	90	105	395	130
48	35+365	35+568	90	105	385	130
49	35+660	35+818	70	100	413	125
50	36+035	36+260	70	100	391	130
51	36+353	36+439	80	80	307	130
52	36+527	36+717	70	100	431	120
53	36+938	37+413	70	100	500	120
54	38+125	38+450	80	90	676	100
55	42+303	42+461	75	100	595	110

Kovansiyonel hat 43.000 m uzunluğunda ve % 1,60 maksimum eğim ile ilerlemektedir.

Mevcut güzergaha ait düşey profil şekil 7.11’de gösterilmiştir.



Şekil 7.11 Mevcut Güzergaha ait düşey profil

7.2.2.2 Mevcut güzergahın revize edilmesi

Mevcut güzergahın revize edilmiş hali şekil 7.12’de gösterilmiştir.



Şekil 7.12 Mevcut güzergahın revize edilmiş hali

Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik karakteristikleri çizelge 7.26’da gösterilmektedir.

Çizelge 7.26 Revizenin geometrik durum karakteristikleri

Kurp no	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L (m)	R (m)	Dever (mm)
1	0+116	2+959	500	6000	160
2	3+677	4+918	500	6000	160
3	5+895	7+948	500	6000	160
4	8+409	10+798	500	6000	160
5	13+886	16+497	500	6000	160
6	17+556	20+686	500	6000	160
7	22+504	27+493	600	6000	160
8	28+475	31+361	500	5000	160
9	32+318	37+079	500	5000	160

Geometrik iyileştirme sonucu 300 km/s maksimum hıza göre tasarlanan, 40,759 m uzunluğunda ve % 2,20 maksimum eğim ile ilerleyen hatta 30.000 m minimum düşey kurp yarıçaplı düşey kurplar kullanılmıştır.

Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası sahip olduğu geometrik karakteristikleri için geometrik parametre analizi çizelge 7.27’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.27 Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik parametre analizi

Kurp No	R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
1	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,0571	8,7	0,32
2	6000	500	300	200	177	79	160	17	81	0,11	27	0,185	2,8	0,32
3	6000	600	300	200	177	79	160	17	81	0,11	22	0,154	2,4	0,27

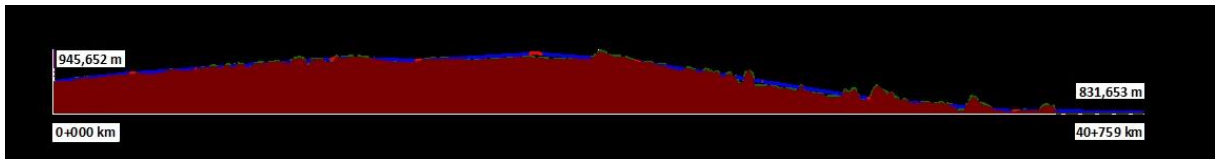
Konvansiyonel hattın geometrik iyileştirme sonrası durumu şekil 7.13'te gösterilmiştir.



Şekil 7.13 Konvansiyonel hattın revize edildikten sonraki durumu

Şekil 7.13'te siyah renkte gösterilen 1 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunu, 2 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunun geometrik iyileştirme sonrası halini ifade etmektedir.

Revize edilmiş hatta ait düşey profil şekil 7.14'te gösterilmiştir.



Şekil 7.14 Revizeye ait düşey profil

Konvansiyonel hattın revize edilmesi sonrası ortaya çıkan yarma ve dolgu miktarı çizelge 7.28'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.28 Revize işlemi sonrası ortaya çıkan kübaj miktarı

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (m³)	Dolgu (m³)
0+000	40+759	4197751,314	1526852,006

Geometrik iyileştirme sonucu inşaa edilecek olan köprüler çizelge 7.29'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.29 Köprü

Köprü no	Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Uzunluk
1	17+890	18+900	1010
2	25+490	25+720	230
3	26+130	26+490	360
4	28+750	29+020	270
Toplam (m)			1870

Geometrik iyileştirme sonucu inşaa edilecek olan tüneller çizelge 7.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.30 Tünel

Tünel no	Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Uzunluk
1	30+560	31+100	540
2	34+170	34+620	450
Toplam (m)			990

Birim fiyatlara göre hesaplanan yaklaşık maliyetler çizelge 7.31'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.31 Yaklaşık Maliyetler

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (TL)	Dolgu (TL)	Köprü (TL)	Tünel (TL)
0+000	40+759	33.582.010,51	13.741.668,05	29.920.000	39.600.000
				Toplam (TL)	116.843.678,6

Yapılan geometrik iyileştirme sonucu ortaya çıkan 1 km demiryolu yapım maliyeti, toplam maliyetin toplam uzunluğa bölünmesiyle 2.866.696,40 TL olarak hesaplanmıştır.

7.2.2.3 Alternatif güzergah

Alternatif güzergah geçkisi şekil 7.15'te gösterilmiştir.



Şekil 7.15 Alternatif güzergah

Alternatif güzergahın geometrik karakteristikleri çizelge 7.32'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.32 Alternatif güzergaha ait geometrik karakteristikler

Kurp no	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L (m)	R (m)	Dever (mm)
1	3+450	5+968	500	5000	160
2	7+748	11+839	500	5000	160
3	12+740	16+098	500	5000	160
4	25+250	27+063	600	6000	160
5	29+656	32+354	500	5000	160
6	32+751	38+003	500	5000	160
7	38+035	41+331	500	5000	160

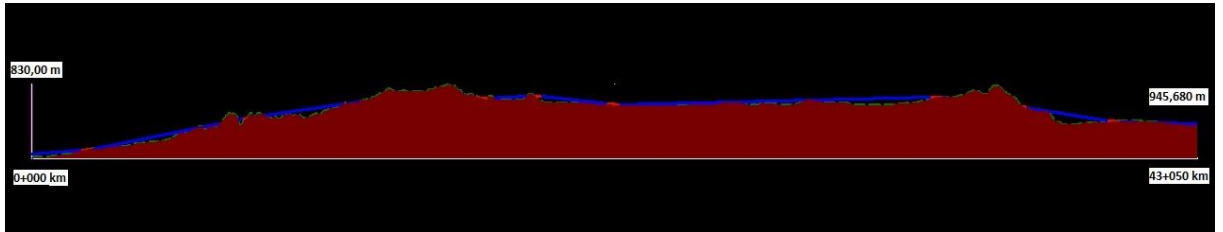
300 km/s maksimum hıza göre tasarlanan, 43,050 m uzunluğunda ve % 2,20 maksimum eğim ile ilerleyen alternatif hatta 30.000 m minimum düşey kurp yarıçaplı düşey kurplar kullanılmıştır.

Alternatif güzergahın geometrik karakteristikleri için geometrik parametre analizi çizelge 7.33'te gösterilmektedir.

Çizelge 7.33 Alternatif güzergahın geometrik parametre analizi

Kurp No	R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
1	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,0571	8,7	0,32
2	6000	600	300	200	177	79	160	17	81	0,11	22	0,154	2,4	0,27

Alternatif güzergaha ait düşey profil şekil 7.16'da gösterilmiştir.



Şekil 7.16 Alternatif güzergahın düşey profili

Alternatif güzergahın inşasında ortaya çıkacak olan kübaj miktarları çizelge 7.34'te gösterilmektedir.

Çizelge 7.34 Kübaj miktarları

<i>Başlangıç (km)</i>	<i>Bitiş (km)</i>	<i>Yarma (m³)</i>	<i>Dolgu (m³)</i>
0+000	43+050	927211,799	1263432,199

Alternatif güzergah geçirilirken inşa edilecek olan köprüler çizelge 7.35'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.35 Köprü

<i>Köprü no</i>	<i>Başlangıç (km)</i>	<i>Bitiş (km)</i>	<i>Uzunluk (m)</i>
1	4+050	5+280	230
2	7+650	7+790	140
3	9+030	9+250	220
4	9+810	10+790	980
5	18+800	19+340	540
6	30+120	32+890	2770
7	37+620	39+290	1660
Toplam (m)			6540

Alternatif güzergah geçirilirken inşa edilecek olan tüneller çizelge 7.36'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.36 Tünel

<i>Tünel no</i>	<i>Başlangıç (km)</i>	<i>Bitiş (km)</i>	<i>Uzunluk (m)</i>
1	34+450	36+370	1920
Toplam (m)			1920

Birim fiyatlara göre hesaplanan yaklaşık maliyetler çizelge 7.37'de gösterilmiştir.

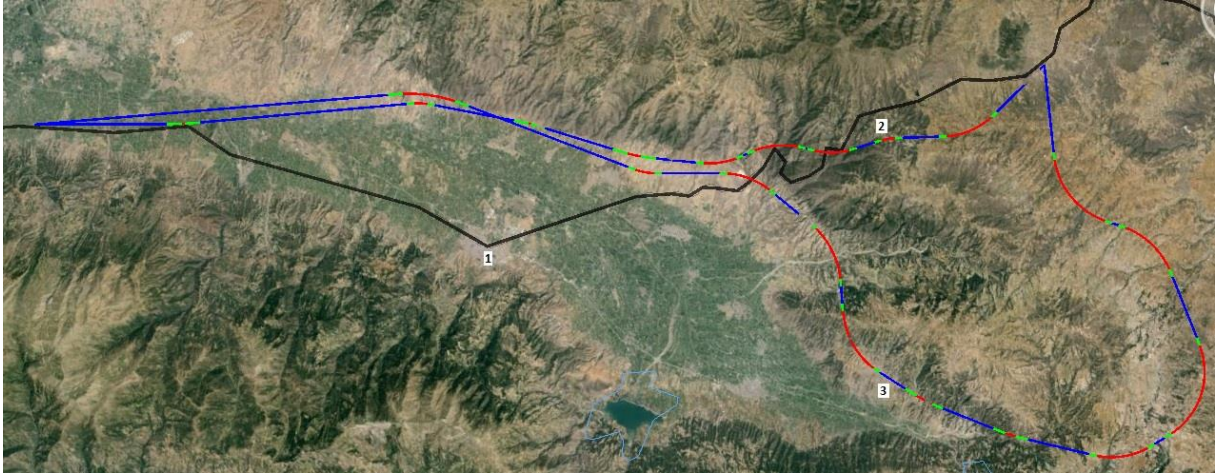
Çizelge 7.37 Hesaplanan yaklaşık maliyetler

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (TL)	Dolgu (TL)	Köprü (TL)	Tünel (TL)
0+000	43+050	7.417.694,392	11.370.889,79	104.640.000	76.800.000
				Toplam (TL)	200.228.584,2

Alternatif güzergahın geçirilmesi sonucu ortaya çıkan 1 km demiryolu yapım maliyeti, toplam maliyetin toplam uzunluğa bölünmesiyle 4.651.070,48 TL olarak hesaplanmıştır.

7.2.3 Bölge 3

Konvansiyonel hat, geometrik iyileştirme sonrası revize edilmiş hali ve alternatif hat şekil 7.17'de gösterilmiştir.



Şekil 7.17 Mevcut ve tasarlanan hatlara ait güzergah geçkileri

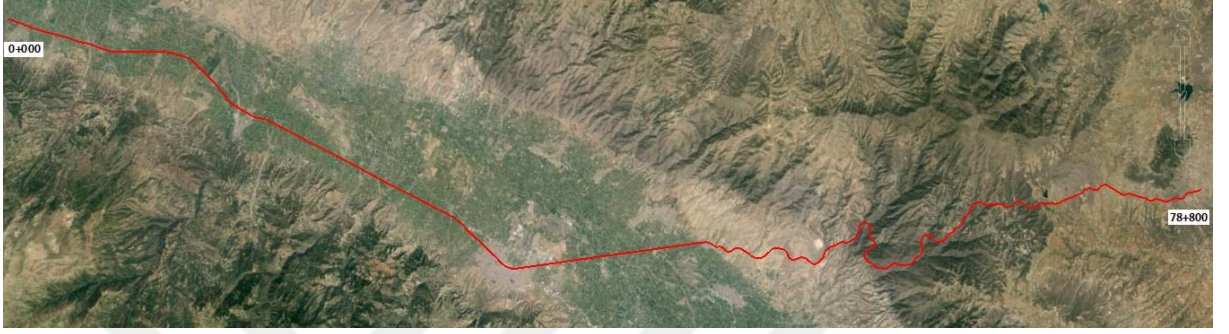
Şekilde 7.17'de 1 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunu, 2 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunun geometrik iyileştirme sonrası halini, 3 nolu hat ise mevcut konvansiyonel hatta ait alternatif güzergahı belirtmektedir. 2 ve 3 nolu hatların mavi renkli bölümleri güzergahların düz kısımlarını, yeşil kısımlar geçiş eğrilerini, kırmızı kısımlar da kurpları göstermektedir.

Yüksekliğin kısa mesafede ani değişimi, topografyanın izin vermemesi dolayısıyla alternatif ve revize olarak tasarlanan hattın belirli kısımları birbirine paralel olarak tasarlanma zorunluğu doğurmuştur ve arzu edilen hat eğimi bu şekilde sağlanmıştır.

Şehir merkezine isabet ettiği ve kamulaştırma maliyetinin çok yüksek olduğu için ve aynı zamanda topografyanın da izin vermemesinden dolayı mevcut 1 numaralı hattın güneyin geçilmemiştir.

7.2.3.1 Mevcut Konvansiyonel Hat

Mevcut konvansiyonel hatta ait geçki şekil 7.18’de gösterilmiştir.



Şekil 7.18 Mevcut konvansiyonel hat

Mevcut konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler çizelge 7.38’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.38 Konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler

Kurp No	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L_1 (m)	L_2 (m)	R (m)	Dever (mm)
1	1+375	1+595	40	40	3000	25
2	4+790	5+036	60	40	2000	30
3	5+449	6+154	60	60	1600	50
4	8+831	9+283	40	40	2000	30
5	9+947	10+756	60	60	1500	50
6	12+214	12+544	40	40	3000	25
7	13+591	14+138	60	60	1500	50
8	15+239	15+567	60	60	900	60
9	15+756	16+237	60	60	1500	25

Çizelge 7.38 Konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler (devamı)

10	27+614	28+171	40	40	1950	20
11	31+591	32+398	80	90	895	80
12	42+922	43+468	40	40	704	50
13	43+540	43+790	40	50	307	70
14	43+849	44+150	50	50	305	80
15	44+209	44+678	50	50	307	70
16	44+794	45+153	50	50	303	80
17	45+534	45+646	40	50	617	55
18	45+880	46+762	60	60	610	75
19	47+124	47+646	60	60	515	80
20	47+835	48+205	60	60	397	85
21	48+394	48+891	60	60	309	100
22	48+980	49+560	40	20	521	30
23	49+840	50+296	60	60	301	100
24	50+550	50+785	60	80	314	100
25	50+863	51+093	60	60	292	90
26	51+370	51+525	60	60	301	100
27	51+600	51+724	60	60	286	90
28	51+944	52+184	60	60	299	100
29	52+616	53+064	50	50	299	80
30	53+295	53+409	50	50	296	80
31	54+733	55+029	80	50	299	80
32	56+679	56+832	60	60	301	100
33	56+911	57+087	60	60	294	100

Çizelge 7.38 Konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler (devamı)

34	57+485	57+560	50	50	301	80
35	57+627	57+977	50	50	303	80
36	58+537	58+707	60	50	301	80
37	59+015	59+241	60	60	301	100
38	59+548	59+731	60	50	301	80
39	59+793	60+094	50	50	309	80
40	60+149	60+342	50	40	323	60
41	60+458	60+647	60	60	301	100
42	62+213	62+513	60	50	301	80
43	62+589	62+835	70	50	301	80
44	62+891	63+095	50	50	301	80
45	63+157	63+318	50	50	301	80
46	63+484	63+783	70	50	301	80
47	63+842	64+080	50	60	316	80
48	64+359	64+629	60	60	403	85
49	65+538	65+765	60	60	301	100
50	66+143	66+214	40	40	424	60
51	68+090	68+401	60	60	299	100
52	68+588	68+721	60	60	301	100
53	68+795	68+940	50	50	299	80
54	69+105	69+250	60	60	532	80
55	69+828	70+071	40	40	299	60
56	70+263	70+359	60	60	481	85
57	71+260	71+450	70	70	515	90

Çizelge 7.38 Konvansiyonel hatta ait geometrik karakteristikler (devamı)

58	71+638	72+003	90	60	299	100
59	72+080	72+481	70	60	294	100
60	72+563	72+988	70	60	316	100
61	73+902	74+162	80	70	301	100
62	74+258	74+478	70	70	301	100
63	74+628	74+747	100	70	893	70
64	75+220	75+378	70	60	481	85
65	75+458	75+762	80	60	301	100
66	75+826	76+043	60	60	299	100
67	76+351	76+799	90	50	500	70
68	76+852	77+121	50	60	301	80
69	77+197	77+556	70	60	301	100
70	77+707	78+056	60	60	403	85
71	78+152	78+311	70	70	500	90

Konvansiyonel hat 78,800 m uzunluğunda ve % 2,90 maksimum eğim ile ilerlemektedir.

Mevcut konvansiyonel hatta bulunan köprüler çizelge 7.39'da gösterilmektedir.

Çizelge 7.39 Köprüler

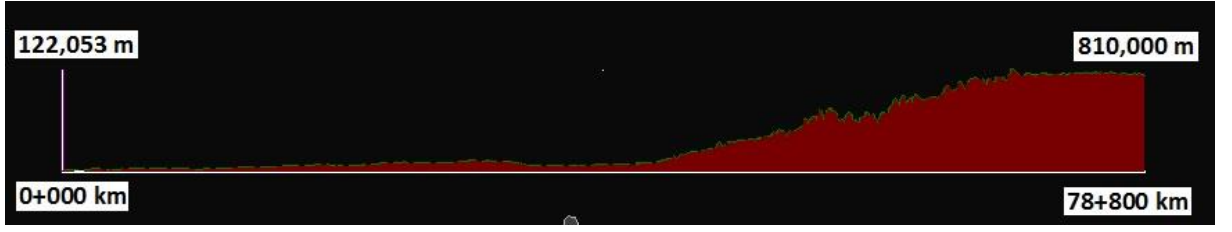
Köprü no	Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Uzunluk
1	67+225	67+320	95
		Toplam (m)	95

Mevcut konvansiyonel hatta bulunan tüneller çizelge 7.40'da gösterilmektedir.

Çizelge 7.40 Tüneller

<i>Tünel no</i>	<i>Başlangıç (km)</i>	<i>Bitiş (km)</i>	<i>Uzunluk</i>
1	51+490	51+590	100
2	51+780	51+875	95
3	52+365	52+495	130
4	53+940	54+230	290
5	54+450	54+620	170
6	55+095	55+445	350
7	55+605	55+765	160
8	56+320	56+485	165
9	57+235	57+490	255
10	58+380	58+505	125
11	59+305	59+440	135
12	60+945	61+205	260
13	61+750	61+840	90
14	62+220	62+315	115
15	64+260	64+540	280
16	65+160	65+570	410
17	66+260	66+765	505
18	67+395	67+545	150
19	67+840	67+935	95
20	68+210	68+285	75
21	68+970	69+215	245
		Toplam (m)	4200

Mevcut güzergaha ait düşey profil şekil 7.19’da gösterilmiştir.



Şekil 7.19 Mevcut güzergaha ait düşey profil

7.2.3.2 Mevcut güzergahın revize edilmesi

Mevcut güzergahın revize edilmiş hali şekil 7.20’de gösterilmiştir.



Şekil 7.20 Mevcut güzergahın revize edilmiş hali

Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik karakteristikleri çizelge 7.41’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.41 Revizenin geometrik durum karakteristikleri

Kurp no	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L (m)	R (m)	Dever (mm)
1	8+728	10+956	1000	15000	70
2	24+734	26+628	500	5000	160
3	31+943	34+073	1000	10000	100
4	38+770	41+676	1000	10000	100
5	44+339	47+481	500	5000	160
6	47+773	51+627	500	5000	160
7	51+761	55+034	500	5000	160
8	56+229	58+094	500	5000	160
9	60+426	64+687	500	5000	160

Geometrik iyileştirme sonucu 300 km/s maksimum hıza göre tasarlanan, 69,060 m uzunluğunda ve % 2,20 maksimum eğim ile ilerleyen hatta 30.000 m minimum düşey kurp yarıçaplı düşey kurplar kullanılmıştır.

Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası sahip olduğu geometrik karakteristikleri için geometrik parametre analizi çizelge 7.42’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.42 Mevcut hattın geometrik iyileştirme sonrası geometrik parametre analizi

Kurp No	R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e mm	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
1	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	37	0,0571	8,7	0,32
2	10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	10	0,042	0,6	0,13
3	15000	1000	300	200	71	31	70	1	39	0,01	6	0,004	0,1	0,07

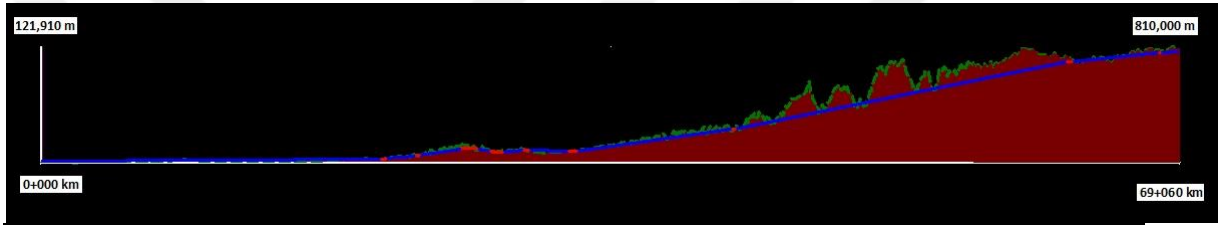
Konvansiyonel hattın geometrik iyileştirme sonrası durumu şekil 7.21’de gösterilmiştir.



Şekil 7.21 Konvansiyonel hattın revize edildikten sonraki durumu

Şekil 7.21’de 1 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunu, 2 nolu hat mevcut konvansiyonel demiryolunun geometrik iyileştirme sonrası halini ifade etmektedir.

Revize edilmiş hatta ait düşey profil şekil 7.22’de gösterilmiştir.



Şekil 7.22 Revizeye ait düşey profil

Konvansiyonel hattın revize edilmesi sonrası ortaya çıkan yarma ve dolgu miktarı çizelge 7.43’te gösterilmektedir.

Çizelge 7.43 Revize işlemi sonrası ortaya çıkan kübaj miktarı

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (m³)	Dolgu (m³)
0+000	69+060	8770928.081	2779890.192

Geometrik iyileştirme sonucu inşa edilecek olan köprüler çizelge 7.44’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.44 Köprü

<i>Köprü no</i>	<i>Başlangıç (km)</i>	<i>Bitiş (km)</i>	<i>Uzunluk</i>
1	14+860	15+630	770
2	30+380	30+530	150
3	44+280	44+310	30
4	49+450	49+560	110
5	49+890	50+070	180
6	63+190	63+290	100
7	64+610	64+720	110
8	64+760	65+140	380
Toplam (m)			1830

Geometrik iyileştirme sonucu inşa edilecek olan tüneller çizelge 7.45'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.45 Tünel

<i>Tünel no</i>	<i>Başlangıç (km)</i>	<i>Bitiş (km)</i>	<i>Uzunluk</i>
1	42+730	43+910	1180
2	44+730	47+160	2430
3	47+290	47+480	190
4	47+700	49+320	1620
5	50+210	53+100	2890
6	53+200	54+070	870
7	54+320	62+470	8150
Toplam (m)			17330

Birim fiyatlara göre hesaplanan yaklaşık maliyetler çizelge 7.46'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.46 Yaklaşık Maliyetler

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (TL)	Dolgu (TL)	Köprü (TL)	Tünel (TL)
0+000	69+060	70.167.424,65	25.019.011,73	29.280.000	693.200.000
				Toplam (TL)	817.666.436,4

Yapılan geometrik iyileştirme sonucu ortaya çıkan 1 km demiryolu yapım maliyeti, toplam maliyetin toplam uzunluğa bölünmesiyle 11.839.942,61 TL olarak hesaplanmıştır.

7.2.3.3 Alternatif Güzergah

Alternatif güzergah geçkisi şekil 7.23'te gösterilmiştir.



Şekil 7.23 Alternatif güzergah

Alternatif güzergahın geometrik karakteristikleri çizelge 7.47'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.47 Alternatif güzergaha ait geometrik karakteristikler

Kurp no	Kurp Başlangıç (km)	Kurp Bitiş (km)	L (m)	R (m)	Dever (mm)
1	23+494	28+963	1000	10000	100
2	40+248	42+534	500	5000	160
3	46+296	50+282	500	5000	160
4	53+254	57+975	500	5000	160
5	59+076	64+439	500	5000	160
6	66+400	69+173	800	10000	100
7	72+620	74+892	800	10000	100
8	78+846	83+191	500	5000	160
9	83+992	91+432	500	5000	160
10	95+659	100+713	500	5000	160
11	101+119	107+448	500	5000	160

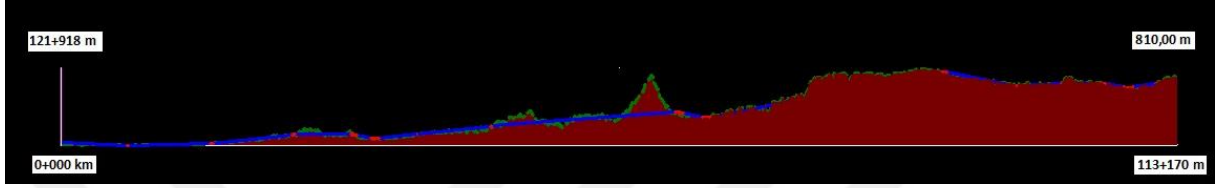
300 km/s maksimum hıza göre tasarlanan, 113,170 m uzunluğunda ve % 2,20 maksimum eğim ile ilerleyen alternatif hatta 30.000 m minimum düşey kurp yarıçaplı düşey kurplar kullanılmıştır.

Alternatif güzergahın geometrik karakteristikleri için geometrik parametre analizi çizelge 7.48'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.48 Alternatif güzergahın geometrik parametre analizi

Kurp No	R_{min} m	L m	V_{maks} km/s	V_{min} km/s	h_{eq1} mm	h_{eq2} mm	h_t mm	h_d mm	h_e m	a_y m/sn ²	$\frac{dh_t}{dt}$ mm/sn	$\frac{da_y}{dt}$ m/sn ³	$\frac{dh_d}{dt}$ mm/sn	$\frac{dh_t}{ds}$
1	5000	500	300	200	212	94	160	52	66	0,34	27	0,0571	8,7	0,32
2	10000	800	300	200	106	47	100	6	53	0,04	10	0,0420	0,6	0,13
3	10000	1000	300	200	106	47	100	6	53	0,04	8	0,0340	0,1	0,07

Alternatif güzergaha ait düşey profil şekil 7.24'te gösterilmiştir.



Şekil 7.24 Alternatif güzergahın düşey profili

Alternatif güzergahın inşasında ortaya çıkacak olan kübaj miktarları çizelge 7.49'da gösterilmektedir.

Çizelge 7.49 Kübaj miktarları

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (m ³)	Dolgu (m ³)
0+000	113+170	10605170.79	3742780.187

Alternatif güzergah geçirilirken inşaa edilecek olan köprüler çizelge 7.50'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.50 Köprü

<i>Köprü no</i>	<i>Başlangıç (km)</i>	<i>Bitiş (km)</i>	<i>Uzunluk (m)</i>
1	20+000	20+330	330
2	22+000	22+090	90
3	22+450	22+490	40
4	26+680	26+740	60
5	27+610	27+660	50
6	28+170	28+230	60
7	29+730	30+880	1150
8	39+520	39+600	80
9	39+640	39+750	110
10	40+290	40+530	40
11	40+780	40+950	170
12	41+000	41+270	270
13	41+430	42+400	970
14	42+640	43+250	610
15	43+550	43+600	50
16	49+280	49+460	280
17	49+670	49+690	20
18	49+720	49+770	50
19	49+900	50+190	290
20	50+200	51+400	1200
21	55+100	55+220	120
22	55+640	56+770	1130
23	62+630	63+110	480

Çizelge 7.50 Köprü (devamı)

24	63+220	63+750	530
25	64+760	65+090	330
26	68+200	68+460	260
27	69+140	69+320	180
28	69+360	69+540	180
29	70+410	70+640	230
30	70+680	71+370	690
31	71+450	72+040	590
32	73+560	73+620	60
33	89+290	89+550	260
34	89+810	91+920	2110
35	94+660	94+890	230
36	108+810	109+370	560
37	110+200	110+280	80
38	110+340	110+930	590
Toplam (m)			14530

Alternatif güzergah geçirilirken inşa edilecek olan tüneller çizelge 7.51'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.51 Tünel

Tünel no	Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Uzunluk (m)
1	24+060	24+320	260
2	24+460	26+270	1810
3	28+990	29+270	280
4	44+000	44+470	470
5	44+610	48+270	3660
6	52+000	52+190	190
7	52+580	52+790	210
8	52+820	52+980	160
9	53+040	53+770	730
10	54+770	55+010	240
11	57+140	61+800	4660
12	67+720	67+930	210
13	68+730	69+060	330
14	73+040	73+400	360
15	73+740	75+330	1590
16	75+500	88+850	13350
17	101+670	103+100	1430
Toplam (m)			29940

Birim fiyatlara göre hesaplanan yaklaşık maliyetler çizelge 7.52'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.52 Hesaplanan Yaklaşık Maliyetler

Başlangıç (km)	Bitiş (km)	Yarma (TL)	Dolgu (TL)	Köprü (TL)	Tünel (TL)
0+000	113+170	84.841.366,32	33.685.021,68	232.480.000	1.197.600.000
				Toplam (TL)	1.548.606.388

Alternatif güzergahın geçirilmesi sonucu ortaya çıkan 1 km demiryolu yapım maliyeti, toplam maliyetin toplam uzunluğa bölünmesiyle 13.683.894,91 TL olarak hesaplanmıştır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Bu çalışmada yapılan tüm uygulamalar, yatar gövdesiz, 300 km/s hız'da sadece yolcu taşımacılığına adanmış hatlar için yapılmıştır. Yatar gövdeli tren teknolojisi için de geometrik parametre araştırması ve analizi ve yatar gövdeli trenlerin kullanacağı güzergah tasarımı hakkında çalışma yapılmalıdır.
- Demiryolları ile yük taşımacılığı karayolu ve havayolu ulaşımı ile yük taşımacılığına göre daha az maliyetlidir. Yük taşıma hızının artırılması demiryollarına ilgiyi arttıracaktır. Yük taşınacak demiryollarında, kurpların büyük yarıçaplı tasarlanması hızı arttırmaya, eğimin minimum tutulması da fren mesafesini ve kullanılan enerji miktarını düşürecektir. Bu çalışma ayrıca sadece yük ve yük-yolcu (karma) taşımacılığına adanacak hatlar için de yapılmalıdır.
- Yüksek hızdaki trenler için belirlenen minimum kurp yarıçapından daha düşük kurplarda, yüksek hızlı trenlerin arzu edilen hızda seyahat edemeyeceği ve tren'in raydan çıkacağı herkes tarafından bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada 300 km/s hız için maksimum limit değerler kullanılarak hesaplanan minimum kurp yarıçapı olan 3250 m'den daha küçük yarıçaplı kurplarda tren'in kurpta raydan çıkmasına neden olan etkilerin büyüklüğü bölüm 7.1.3'te belirtilmiştir. Farklı dever değerleri için oluşturulan çizelgeler, teorik deverin, dever eksikliğinin tavsiye edilen maksimum değerlerin çok üzerinde ve uygulamanın imkansız olduğu görülmüştür. Çok yüksek dever eksikliğinin meydana getirdiği aşırı yanal ivmeye maruz kalışı trenin raydan çıkmasına neden olacağı sonucuna varılmıştır.

- 300 km/s hızda belirli dever ve dever eksikliği değerlerine göre hesaplanan minimum kurp yarıçapından daha düşük kurplarda dever eksikliği ve yanal ivme değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Geçiş eğrisi uzunluklarının hesaplanan minimum değerlerinden büyük alınarak konforun artırılmasına rağmen yüksek dever eksikliği ve yanal ivme büyüklükleri katarın güvenliğini tehlikeye sokacaktır. Bu nedenle güvenliğini sağlamak amacıyla yüksek hızlı trenin işletme hızı düşürülmesi gerekmektedir.
- Demiryolu ulaşımı seyahat hızının düşük olması nedeniyle diğer ulaşım türlerine göre yetersiz kalmaktaydı, ulaşım türü tercihinin etki eden, yolcunun ulaşım sistemine varmak için harcadığı zamanın da dahil olduğu kapıdan-kapıya ulaşım süresi diğer ulaşım sistemlerine göre daha fazla olmaktadır. Bu nedenle kısa mesafe ulaşımında otomobil, uzun mesafede ise havayolu demiryoluna göre daha fazla cazip görüldüğünden ulaşımında daha baskın bir rol oynamaktaydı. Ancak son 50 yılda demiryolu teknolojisindeki gelişmelerin sonucu olan yüksek hızda seyahat etme imkanı sağlaması nedeniyle, yüksek hızlı demiryolu ulaşımı, karayolu ve havayolundan rekabet edilebilir düzeye gelmiştir. Şehir merkezleri arası ulaşım hizmeti sunduğu için yüksek hızlı demiryolu, seyahat süresi ve maliyet bakımından havayolu ile karşılaştırılmaktadır. Yine şehirlerarası ulaşımında otomobil ve otobüs ile rekabet edebilmektedir.

Bir sistemin ekonomik olarak karlı olduğu kesinlikle yapılması gerektiği anlamına gelmediği gibi karlı görünmediği durumlarda da yapılmaması gerektiği anlamına gelmez. Tercih edilecek olan ulaşım türü, ekonomik, politik, siyasal, sosyal ve çevreye olan etkileri değerlendirilerek karar verilmektedir. Ancak özellikle karayolu ve havayolu ulaşımının talebi karşılayamadığı durumlarda Yüksek Hızlı Demiryolu yapımına veya demiryolunun geliştirilmesine öncelik verilmelidir.

Çizelge 8.1'de ulaşım türlerine ait maliyet bileşenleri gösterilmektedir.

Çizelge 8.1 Başlıca Ulaşım Türlerinin Maliyet Bileşenleri [36]

Karayolu	İnşaat: Arazi, Sermaye, İşletme, Sinyalizasyon, Bakım Yolcu Maliyeti: Taşıt Sahipliği ve kullanımı, Zaman Sosyal Maliyet: Hava Kirliliği, Gürültü Kirliliği, Güvenlik, Tıkanıklık
Havayolu	Havacılık Sistemi: Hava Trafik Kontrolü, Sermaye ve işletme Havaalanı: Arazi, Sermaye, Bakım, İşletme İşletme Maliyeti Yolcu Maliyeti: Zaman Sosyal Maliyet: Hava Kirliliği, Gürültü Kirliliği, Güvenlik, Tıkanıklık
Yüksek Hızlı Demiryolu	İnşaat: Arazi, Sermaye, İşletme ve Bakım Maliyeti Taşıtlar: Sermaye, İşletme ve Bakım Yolcu Maliyeti: Zaman Sosyal Maliyet: Hava Kirliliği, Gürültü Kirliliği, Güvenlik, Tıkanıklık

Çizelge 8.2'de Ulaşım türlerine ait uzun vadeli ortalama maliyet bileşenleri gösterilmiştir.

Çizelge 8.2 Uzun Vadeli Ortalama Maliyet Bileşenleri (Amerika, Kaliforniya Eyaleti için) [37]

Maliyetin Tanımı	Havayolu	Yüksek Hızlı Demiryolu	Karayolu
İnşaat Maliyeti	% 13,8	% 54,8	% 5,2
İşletme Maliyeti	% 71,9	% 25,5	% 0,0
Yolcu Maliyeti	% 0,0	% 0,0	% 37,3
Yolcu-Zaman Maliyeti	% 8,7	% 18,7	% 43,4
Bekleme- Tıkanıklık Maliyeti	% 1,2	% 0,0	% 2,0
Kaza Maliyeti	% 0,3	% 0,0	% 8,6
Gürültü Maliyeti	% 3,3	% 0,9	% 2,0
Çevre Maliyeti	% 0,6	% 0,0	% 1,3

Karayolu için bir taşıt 1,5 yolcu olarak kabul edilmiştir. Yuvarlamadan dolayı toplamlar %100 etmemektedir.

Çizelge 8.2’de dikkat edilmesi gereken husus, Kaliforniya için sıfırdan yüksek hızlı demiryolu inşaatı yapılması düşünülürken, Kaliforniya’nın havaalanı ve karayolu ağına sahip olduğudur.

- Mevcut konvansiyonel güzergahın geometrik iyileştirme ile revize edilmesi sonucunda mesafe kısalır, ancak mühendislik yapılarının sayısı artar.
- Mevcut güzergahın revize edilmesi ile aynı güzergah için tasarlanan alternatif hat karşılaştırıldığında, revize hatta ait mühendislik yapılarının sayıları ve toplam uzunlukları, kübaj miktarları, bunların doğal sonucu olarak maliyeti alternatif hattinkine göre daha düşüktür.
- Mevcut güzergahın revize edilmesi, yeni bir alternatif hat inşaatına göre zaman tasarrufu da sağlayacağı düşünülmektedir.
- Yüksek hızlı trenler için tasarlanan büyük yarıçaplı kurpların mevcut konvansiyonel hattın düz kısımlarına oturduğunda, güzergahın sadece kurpların geçtiği kısımlarında inşaat yapılacağından zaman ve maliyet tasarrufu ortaya çıkacaktır. Mevcut konvansiyonelin geri kalan kısımlarında ise altyapı ve üstyapı yenilemesi yapılması alternatif hat yapımına göre maliyetleri düşürecektir.
- Mevcut hattın tamamından yararlanılamasa bile maksimum derecede faydalanılması, yeni bir alternatif hat inşaatına göre maliyetleri düşürmektedir. Mevcut hattın koridorundan yararlanmak bile, alternatif yeni bir hat inşaatına göre maliyeti düşürmektedir.
- Revize edilen hatların 1 km yaklaşık yapım maliyeti, alternatif hatlarinkine göre daha düşüktür.
- Güzergahlar bugünün gerekliliklerini ve gelecekte ortaya çıkacak olan gereksinimler göz önünde bulundurularak uzun süre yeterli ve efektif hizmet verebilecek şekilde tasarlanmalı ve inşa edilmelidir.

KAYNAKLAR

-
- [1] Hodas, S., (2014). "Design of Railway Track for Speed and High-speed Railways", *Procedia Engineering*, 91:256-261.
- [2] Mundrey, J.S., (2010). "Tracking for High Speed Trains in India", *RITES Journal*, 7: 1-16.
- [3] Evren, G. (1998). *Demiryolu*, Birsen Yayın Evi, İstanbul.
- [4] Kim Ne Zaman İcat Etti, Lokomotif, www.kimnezamanicatetti.com/lokomotif, 8 Mart 2016.
- [5] T. C. Devlet Demiryolları, T. C. Devlet Demiryolları İstatistik Yıllığı 2010-2014, <http://www.tcdd.gov.tr/files/istatistik/20102014yillik.pdf>, 08 Mart 2016.
- [6] Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları, Tarihçe, <http://www.tcdd.gov.tr/tarihce+m76>, 30 Kasım 2016.
- [7] Wikipedia, rail transport in usa, https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transportation_in_the_United_States#/media/File:Class1rr.png, 08 Mart 2016.
- [8] Wikipedia, rail transport in usa, https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transportation_in_the_United_States, 30 Kasım 2016.
- [9] Ekim, O., (2007). Yüksek Hızlı Demiryolları İçin Geometrik Özellikler Ve Altyapı, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Wikipedia, rail transport in france, https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_France#/media/File:Carte_r%C3%A9seau_grandes_lignes_radi_ales.svg, 08 Mart 2016
- [11] SCNF, Network inventory, www.rff.fr/pages/reseau/inventaire_reseau.asp?lg=en, 08 Mart 2016.
- [12] Zembri, P., (2004). "ourquoi le fret ferroviaire va-t-il si mal en France ? Autour du plan Véron (Fransızca)", *Le sens de l'événement*, p:106-111.

- [13] Wikipedia, rail transport in france, [https://en.wikipedia.org/wiki/Rail transport in France](https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_France), 30 Kasım 2016.
- [14] SNCF, Railway Network, <http://www.sncf-reseau.fr/en/the-railway-network>, 30 Kasım 2016.
- [15] Wikipedia, rail transport in germany, [https://en.wikipedia.org/wiki/Rail transport in Germany#/media/File:Bahn-Streckenkarte Deutschland-06-2010.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_Germany#/media/File:Bahn-Streckenkarte_Deutschland-06-2010.png), 08 Mart 2016.
- [16] Wikipedia, rail transport in germany, [https://en.wikipedia.org/wiki/Rail transport in Germany](https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_Germany), 08 Mart 2016.
- [17] Railway Technology, World longest railway network, <http://www.railway-technology.com/features/featurethe-worlds-longest-railway-networks-4180878/>, 08 Mart 2016.
- [18] Wikipedia, rail transport in england, [https://en.wikipedia.org/wiki/Rail transport in Great Britain#/media/File:UK railway map.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_Great_Britain#/media/File:UK_railway_map.png), 08 Mart 2016.
- [19] Network Rail, Nine out of ten trains arrive on time during January, <http://www.networkrailmediacentre.co.uk/Content/Detail.aspx?ReleaseID=5022&NewsAreaID=2&SearchCategoryID=2>, 30 Kasım 2016.
- [20] Atoc, GB Rail: Dataset on financial and operational performance 1997-98 – 2012-13, www.atoc.org/download/clientfiles/files/Rail%20industry%20dataset%20-RDG%20-%20with%20cover.pdf, 08 Mart 2016.
- [21] Calimente, John (2012). "Rail integrated communities in Tokyo". *Journal of Transport and Land Use*, 5: 19–32.
- [22] UIC, Railway Statistics-2014, <http://www.uic.org/statistics>, 08 Mart 2016.
- [23] The World Factbook, Country Comparison: Railways, <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2121rank.html>, 30 Kasım 2016.
- [24] Japan today, railway transport in japan, <https://www.japantoday.com/category/travel/view/the-51-busiest-train-stations-in-the-world-all-but-6-located-in-japan>, 30 Kasım 2016.
- [25] The Mainichi Newspapers, JR West considering closure of Sanko Line - declining population and poor patronage, <https://web.archive.org/web/20151102055808/http://mainichi.jp/select/news/20151016k0000e040226000c.html>, 08 Mart 2016.
- [26] Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan, (2005). *Kokudo Kōtsū Shō, Tetsudō Kyoku. Tetsudō Yōran (Heisei 17 Nendo) (Japonca)*, Tokyo: Denkisha Kenkyūkai. p. 228.

- [27] Wikipedia, rail transport in japan, https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_Japan#/media/File:JRC_N700_series_Z28.jpg, 08 Mart 2016.
- [28] Wikipedia, Rail transport in China, https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_China#/media/File:Rail_map_of_China.svg, 08 Mart 2016.
- [29] Wikipedia, Rail transport in china, Rail Transport in China, https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_China, 25 Kasım 2016.
- [30] Xinhua, (2015). China boasts world's largest highspeed railway network , http://news.xinhuanet.com/english/photo/2015-01/30/c_133959250.htm, 30 Kasım 2016.
- [31] Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları, Demiryolları Haritası, www.tcdd.gov.tr, 08 Mart 2016.
- [32] El-Sibaie M., Jamieson D., Tyrell D. C., Dorsey J. C., Mee B., ve Whitten B. (1997). "Engineering Studies in Support of the Development of High-Speed Track Geometry Specifications", IEEE/ASME Joint Railroad Conference. 18-20 March 1997, Boston.
- [33] Lindahl, M. (2001). Track Geometry for High-Speed Railways (İngilizce), Yüksek Lisans Tezi, Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm.
- [34] European Association for Railway Interoperability (2002). Trans-European HighSpeed Rail System, Technical Specification for Interoperability (TSI) Infrastructure Subsystem VERSION A 2002, Brüksel.
- [35] UIC (2001). Design of New Lines for Speeds of 300-350 km/h State of The Art, First Report, Fransa.
- [36] Levinson, D., Gillen, D., Kanafani, A., ve Mathie, J., (1996). The Full Cost of Intercity Transportation –A Comparison of High Speed Rail, Air and Highway Transportation in California, Research Report, ABD.
- [37] Levinson, D., (1996). "The Full Cost of Intercity Travel: A Comparison of Air, Highway, and High-Speed Rail", Access Magazine, 9:21-25.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Kerim Aykut GÜMÜŞ
Doğum Tarihi ve Yeri :29.06.1989/Çanakkale
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :kerimaykutgms@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Geomatik Mühendisliği	Bülent Ecevit Üniversitesi	2013
Lise	Matematik-Fen	Gölcük İhsaniye Anadolu Lisesi	2007

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2014	TCDD Genel Müdürlüğü	Geomatik Mühendisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Gümüş K. A., Güral E. V., (2016). A Comparative Earthwork And Cost Analysis Of Improving An Existing Railway Line And Constructing a New High-Speed Line in Turkey, Geoadvences 2016: 3rd Internation Geoadvences Workshop, İstanbul.

