



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Raylı Sist. İşletim Teknikleri

Yüksek Lisans Tezi

SELGİN ZİRHİ

Raylı Sist. İşletim Teknikleri

1911
1915
1915

7
150
527

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

966

RAYLI SİSTEMLERİN İŞLETİM TEKNİKLERİ

İnşaat Mühendisi, Selgin ZIRHLI

FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Programı'nda
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

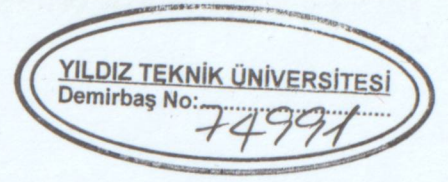
Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. İsmail ŞAHİN (YTÜ)

İSTANBUL, 2005

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE VE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Yer No (DDC): R. 150-527

Kayıt No : 2716
Geldiği Yer : Fen Bilim Enst.
Tarih : 18.10.05
Fiyat : 9.95
Fatura No :
Ayniyat No : 1/16
Ek :



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

XVII-199

RAYLI SİSTEMLERİN İŞLETİM TEKNİKLERİ

527

İnşaat Mühendisi, Selgin ZIRHLI

FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Programı'nda
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. İsmail ŞAHİN (YTÜ)

Yrd. Doç. Dr. Nevzat Erselcan
Yrd. Doç. Dr. Halit ÖZEN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
ÖNSÖZ	xv
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı	1
2. RAYLI SİSTEMLERİN İŞLETİMİNDE TEMEL KAVRAMLAR	3
2.1 Hatlar ve Bileşenleri	3
2.1.1 Hatların Dağılımı	3
2.1.2 Anahat Üzerindeki Seyir Düzeni	3
2.1.3 Tesisler ve Tertibatlar	4
2.1.4 İstasyon	4
2.1.5 Blok, Blok Kesimi	4
2.1.6 Blok Yeri	5
2.1.7 Dallanma Yeri (Kavşak)	5
2.1.8 Aktarma Yeri	5
2.1.9 Bağlantı/Birleşme Yeri	5
2.1.10 Durma Noktası	6
2.1.11 Durma Yeri	6
2.1.12 Bariyer Yeri	7
2.2 Demiryolu Taşıtları	8
2.2.1 Taşıt Türleri	8
2.2.2 Taşıt Hareketleri	8
2.2.2.1 Seyir Hareketleri	8
2.2.2.2 Manevra Hareketleri	9
2.3 Tren İzlemeleri	10
2.3.1 Tren İzleme Yeri ve Tren Bildirim Yeri	10
2.3.2 Tren İzlemelerinin Düzenlenmesi	10
2.3.3 Tek Hatta Karşılaşma-Öne Geçme, Çift Hatta Karşılaşma	11
2.3.4 Tren İzleme Türleri ve İzleme Güvenliği	12
2.3.4.1 Bağlı Fren Mesafeli Seyir	12
2.3.4.2 Sabit Fren Mesafeli Seyir	12
2.3.4.3 Sabit Aralıklı Seyir	13
2.3.4.4 Mesafe Koruma Teknikleri	14
2.3.4.4.1 Görüş Mesafeli Seyir	14

2.3.4.4.2	Zaman Aralıklı Seyir	14
2.3.4.4.3	Sabit Mesafeli Seyir.....	14
2.4	Hat Yönetimi ve Güvenliği Teknikleri	15
2.4.1	Sabit Sinyalizasyon.....	15
2.4.2	Ön Sinyalizasyon	16
2.4.3	İşgal Süreleri Diyagramı.....	16
2.4.4	Kısıtlanmış Blok Kesimleri Sinyalizasyonu ile Hat Kapasitesinin Arttırılması.....	19
2.4.5	Sabit Aralıklı Seyir Güvenliği	21
2.4.5.1	Teknik Olmayan Güvenlik Yöntemleri	21
2.4.5.1.1	Kontrolün Yerel Olarak Sağlandığı Teknik Olmayan Güvenlik Yöntemleri	21
2.4.5.1.2	Kontrolün Merkezden Sağlandığı Teknik Olmayan Güvenlik Yöntemleri.....	22
2.4.5.2	Teknik Güvenlik Yöntemleri.....	23
2.4.5.2.1	Hat Bloğu Kavramı.....	23
2.4.5.2.2	Hat Mantiğının Düzenlenmesi.....	24
2.4.5.2.3	Hat Blokları Tekniği	27
2.4.5.2.4	Tren İzleme Güvenliğinin Tali Hat Bloklarına Alternatif Olarak Uydu Desteğiyle Sağlanması.....	34
2.4.6	Tren Kontrolü	36
2.4.6.1	Tren Kontrol Tertibatı Türleri	36
2.4.6.1.1	Noktasal Tren Kontrolü	37
2.4.6.1.2	Sürekli Tren Kontrolü.....	39
2.4.7	Uzaktan (Telsiz Araçlarıyla) Tren İzleme Güvenliği Yöntemleri	43
3.	HAT BİLEŞENLERİNİN YÖNETİMİ VE GÜVENLİĞİ.....	45
3.1	Hat Kavramı.....	45
3.2	Hat Güvenlik Kriterleri.....	46
3.2.1	Sinyal İlişkilendirmeleri (Anklaşman)	46
3.2.2	Hat Kilitleme ve Hat Düzenlemesi	48
3.2.3	Hat Uyuşmazlığı/Dışlaması (Exclusion)	53
3.2.4	Yan Hat Koruması	54
3.2.4.1	Zıt Yönlü Hareketlere Karşı Yan Hat Koruması	54
3.2.4.2	Zıt Yönlü Manevra Hareketlerine ve İstenmeyen Taşıt Hareketlerine Karşı Yan Hat Koruması.....	55
3.2.4.3	Trenlerin Uzamasına Karşı Yan Hat Koruması.....	55
3.2.4.4	Koruma Makası Koşulları	56
3.2.4.5	Yan Hat Koruma Tertibatlarında Özel Durumlar	57
3.2.5	Hat Serbestliği Bildirimi.....	59
3.3	Sinyal Düzenlemesi	60
3.3.1	Ana Sinyal Kullanımı	60
3.3.2	Ana Sinyallerin İşaretlenmesi.....	62
3.3.3	Tehlike Noktasına Uzaklık	63
3.4	Hat İşgal Süreleri	66
3.5	Hat Yönetim Teknikleri	67
3.5.1	Sinyal Kabinleri Türleri	67
3.5.1.1	Mekanik Sinyal Kabinleri.....	67
3.5.1.2	Elektromekanik ve Elektropnömatik Sinyal Kabinleri.....	70
3.5.1.3	Röle Sinyal Kabinleri	70
3.5.1.4	Elektronik Sinyal Kabinleri (ESTW).....	71
3.5.2	Sinyal Kabinlerinde Hat Mantiğının Gösterimi.....	71
3.5.2.1	Diyagramlı Hat Mantiğı (Kilitleme Diyagramı).....	71

3.5.2.2	Coğrafi Hat Mantiğı (Hat Diyagramı Prensibi)	72
3.5.3	Kontrol Alanları Arasındaki İlişkilendirmeler.....	75
3.5.3.1	İstasyon Bloğu	75
3.5.3.2	Elektronik Sinyal Kabinlerinde Kontrol Alanları Arasındaki İlişkilendirmeler.....	78
3.5.3.3	Yakın Kontrol Alanları	78
3.5.4	Hat Güvenliğinin Sağlanmasına Yönelik Teknikler	78
3.6	Telsiz Araçlarla Hat Kontrolü	79
4.	DEMİRYOLU İŞLETİM TESİSLERİNİN PERFORMANS ARAŞTIRMALARI	82
4.1	Performans Durumu ve Verimlilik	82
4.2	Optimum Performans Aralığı	86
4.3	Performans Araştırma Yöntemleri.....	89
4.3.1	Yöntemler	89
4.3.2	Simülasyon Yöntemleri	90
4.3.3	Hatların Analitik Tahkiki.....	92
4.3.4	Düğümlerin Analitik Tahkiki	101
4.3.4.1	Hat Düğümlerinin Analitik Tahkiki.....	102
4.3.4.2	Bir Hat Düğümünün İşletim Seçenekleri için Basit Yöntemler	103
4.3.4.3	Hat Gruplarının Ölçümü	111
4.3.5	Yöntemin Belirlenmesi	116
5.	ORER HAZIRLAMA.....	117
5.1	Tren Çizgileri Yönetimi İçin Orer Temsil Şekilleri	117
5.2	Seyir Planlarında Süre Bölümleri	120
5.2.1	Bir Trenin Hareket Süresinin Bileşenleri	121
5.2.1.1	Seyir Süresi.....	121
5.2.1.2	Durma Süresi	122
5.2.2	Seyirler Arasındaki Süreler.....	123
5.2.2.1	İzleme Süreleri.....	123
5.2.2.2	Tampon Süre.....	124
5.2.3	Aktarma Süresi	129
5.2.4	Eşgüdüm (Senkronizasyon) Süresi	129
5.2.5	Planlanan Bekleme Süresi	130
5.3	Orer Hazırlama Yöntemleri	131
5.3.1	Manuel Orer Hazırlanması	133
5.3.2	Bilgisayar Destekli Orer Hazırlanması.....	135
5.4	Orer Kalitesi ve Orer Kapasitesi.....	136
6.	ENTEGRE (BÜTÜNLEŞİK) SABİT ARALIKLI ORER	140
6.1	ITF Kavramı	140
6.2	Gerekli Altyapı Özellikleri	141
6.2.1	Sabit Aralık İçin Hat Altyapısı	143
6.2.2	Değişken Zaman Aralıkları İçin Hat Altyapısı.....	147
6.2.3	Düğümlerin Altyapısı	147
6.3	ITF'lerde Orer Stabilesinin Tahkiki	149
7.	HAYDARPAŞA-GEBZE HATTINDAKİ TREN İŞLETİMİNE AİT ANALİZLER	152

7.1	Planlanan ve Gerçekleşen Seyir Süreleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması	152
7.2	Tren İzlemelerinde Planlanan Seyir Süreleri Düzenliliğinin Analizi	163
7.3	Gerçekleşen Tren İzleme Sürelerinin Düzenliliği	167
8.	SONUÇLAR.....	170
KAYNAKLAR.....		172
EKLER.....		173
Ek 1	Demiryolu İşletiminde Temel Kavramların Tanımları.....	174
Ek 2	Almanca-Türkçe Demiryolu Terimleri Sözlüğü.....	191
Ek 3a	1 Haziran 2005 Tarihli Haydarpaşa-Gebze Hattının 06:00-09:00 Saatleri Arasındaki Tren Hareketlerine Ait Trengraf Çıktısı	196
Ek 3b	1 Haziran 2005 Tarihli Haydarpaşa-Gebze Hattının 17:00-20:00 Saatleri Arasındaki Tren Hareketlerine Ait Trengraf Çıktısı	197
Ek 4	t (Student) ve Ki-Kare Dağılımlarına Ait %95 ve %99 Güven Aralığı Değerleri..	198
ÖZGEÇMİŞ.....		199

SİMGE LİSTESİ

a_{ij}	ij hat kombinasyonundaki çatışma
B	Kararlılık katsayısı (r^2)
E_{Bef}	Trafik enerjisi
$EMPF_{rel}$	Bekleme süresi bağıl duyarlılığı
f_1	İzleme çiftlerinde izlenen trenin seyir süresi frekansı
f_2	İzleme çiftlerinde izleyen trenin seyir süresi frekansı
h	Teorik frekanslar
h_{ij}	ij hat kombinasyonuna ait bağıl frekans
h_{ij}	j treninin i trenini izlemesi durumunda bağıl frekans
k	Erlang dağılım parametresi
L	Hat kesiminin uzunluğu
l_A	Trenler arasındaki mesafe
$l_{B,max}$	Maksimum fren mesafesi
$l_{B,Zug}$	Trene ait fren mesafesi
l_{Block}	Blok kesimi uzunluğu
LF_{Fpl}	Orer kapasitesi
LF_{max}	Maksimum kapasite
l_{w95}	%95 güven aralığı için bekleme kuyruğu uzunluğu
$l_{zf,m}$	Gerekli ortalama izleme aralığı
n	Doğrudan çatışan hat sayısı
N	Toplam tren sayısı
n_{behi}	i hattında beklenen engellenme sayısı
n_{ist}	Gerçekleşen seyir sürelerine ait frekanslar
n_{Kbf}	Kavşak istasyonu sayısı
n_{soll}	Planlanan seyir sürelerine ait frekanslar
n_z	Aynı anda hat kesiminde bulunan tren sayısı
P_{behi}	i hattındaki trenlerin engellenme olasılığı
q_{Stab}	Stabilite katsayısı
r_{95}	%95 güven aralığı için korelasyon katsayısı karşılaştırma değeri
r_{xd}	t_x ve t_d süreleri arasındaki korelasyon katsayısı
r_{xy}	Planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri için korelasyon katsayısı
S	Güvenlik payı
s	Hat kesiminin uzunluğu
s_d	t_d sürelerinin standart sapması
s_{dd}	t_d sürelerinin dağılım momenti
s_x	Planlanan seyir sürelerinin standart sapması
s_{xd}	t_x ve t_d sürelerinin dağılım momenti
s_{xx}	Planlanan seyir sürelerine ait dağılım momenti
s_{xy}	Planlanan-gerçekleşen seyir sürelerine ait dağılım momenti
s_y	Gerçekleşen seyir sürelerinin standart sapması
s_{yy}	Gerçekleşen seyir sürelerine ait dağılım momenti

s_z	İzleme sürelerinin standart sapması
t_1	İzlenen trenin seyir süresi
t_2	İzleyen trenin seyir süresi
t_{95}	Belirli bir serbestlik derecesi için %95 güven aralığını gösteren t dağılım değeri
t_a	Ortalama geliş aralığı
t_b	Ortalama hizmet süresi
t_b	Trene ait hizmet süresi
t_d	Gerçekleşen seyir süreleriyle planlanan seyir süreleri farkı ($t_d = t_y - t_x$)
$\bar{t}_d$	Gerçekleşen seyir süreleriyle planlanan seyir süreleri farklarının ortalaması
t_{ein}	Giriş gecikmesi
t_{folge}	İzleme gecikmesi
t_{kr}	Hareketli karşılaşma süresi
$t_{kr,min}$	Minimum karşılaşma süresi
t_p	Tampon süre
$t_{p,Takt}$	Bir aralığa ait, iki kavşak noktası arasındaki tampon süre
t_r	Rezerv süresi
$t_{res,Halt}$	Duraklamada rezerv süresi
t_{Sig}	Sinyalden geçiş zamanı
t_{sp}	İşgal süresi
t_{SpB}	İşgal başlangıç zamanı
t_{SpE}	İşgal bitiş zamanı
t_{spi}	i hattındaki trenlerden dolayı engellenme noktasında meydana gelen işgal süresi
t_{Takt}	Aralık süresi
t_U	Ele alınan zaman aralığı
$t_{v,an}$	Hareketini tamamlayan trenin varış gecikmesi
$t_{v,aus}$	Çıkış gecikmesi
$t_{v,ein}$	Giriş gecikmesi
$t_{v,ur}$	Öz gecikme
t_w	Ortalama bekleme süresi
t_x	Planlanan seyir süreleri
$\bar{t}_x$	Planlanan seyir sürelerinin ortalaması
t_y	Gerçekleşen seyir süreleri
$\bar{t}_y$	Gerçekleşen seyir sürelerinin ortalaması
$T_{Zf,min}$	Minimum izleme süresi
$t_{Zf,min,ij}$	j treninin i trenini izlemesi durumunda minimum izleme süresi
V_{Bef}	Ortalama seyir hızı
V_{ist}	Gerçekleşen hız
V_{max}	Maksimum hız
V_{soll}	Planlanan hız
VT_a	Geliş aralıklarına ait varyasyon katsayısı
VT_b	Hizmet sürelerine ait varyasyon katsayısı
V_{Ziel}	Hedeflenen hız

$\bar{x}$	x değerlerinin ortalaması
x	Planlanan seyir süreleriyle ortalamanın farkları ($x = t_x - \bar{t}_x$)
y	Gerçekleşen seyir süreleriyle ortalamanın farkları ($y = t_y - \bar{t}_y$)
$\bar{y}$	y değerlerinin ortalaması
z	Toplam tren sayısı
z_i	i hattındaki tren sayısı
η	Güzergah (rota) çatışma derecesi
η	Ortalama işgal oranı
η_{verk}	Kuyruklanmış işgal oranı
φ	Erlang dağılım fonksiyonu
χ^2	Belirli bir serbestlik derecesi ve güven aralığı için Ki-kare değeri

KISALTMA LİSTESİ

GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
HBL	Hochleistungsblock (Yüksek Kapasiteli Blok)
LZB	Linienförmigen Zugbeeinflussung (Sürekli Tren Kontrolü)
PTS	Positive Train Separation (Pozitif Tren Açıklığı)
PZB	Punktförmigen Zugbeeinflussung (Noktasal Tren Kontrolü)
SatZB	Satellitengestützte Zugbeeinflussung (Uydu Destekli Tren Kontrolü)
TWC	Track Warrant Kontrol (Seyir Onayı Kontrolü)
FZS	Fahrstrassenzugschlussstelle (Conta Yeri)
ESTW	Elektronisches Stellwerk (Elektronik Sinyal Kabini)
SSE	Stell- und Sicherungseinheit (Düzenleme ve Koruma Birimi)
ICE	Intercityexpress (Kentlerarası Ekspres)
RE	Regionalexpress (Bölgesel Ekspres)
RB	Regionalbahn (Bölgesel Hat)
EDV	Elektronische Datenverarbeitung (Elektronik Veri İşleme)
ITF	Integraler Taktfahrplan (Bütünleşik Sabit Aralıklı Orer)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Hatların dağılımı	3
Şekil 2.2	Sirkeci tren istasyonu	4
Şekil 2.3	İstasyon ve anahat üzerindeki bloklar	5
Şekil 2.4	Dallanma ve ayrılma yeri	6
Şekil 2.5	Birleşme yeri	6
Şekil 2.6	Durma noktası ve durma yeri	7
Şekil 2.7	Bariyer yeri örnekleri	7
Şekil 2.8	İççe geçmiş hatlara örnek	7
Şekil 2.9	Demiryolu taşıtlarının dağılımı	8
Şekil 2.10	Anahat üzerinde manevra hareketi sınırları	10
Şekil 2.11	Ayrılma hattında bekleyen bir tren	11
Şekil 2.12	Karşılaşma halindeki iki tren	11
Şekil 2.13	Bağıl fren mesafeli seyir	12
Şekil 2.14	Sabit fren mesafeli seyir	13
Şekil 2.15	Sabit aralıklı seyir	13
Şekil 2.16	Sabit mesafeli seyir koşulları	15
Şekil 2.17	Ön sinyalizasyonun çalışma prensibi	18
Şekil 2.18	Bir blok kesimine ait işgal süreleri	19
Şekil 2.19	İşgal süresi basamakları	20
Şekil 2.20	Yarı mesafeli sinyalizasyon	20
Şekil 2.21	Çok kesimli frenleme prensibi	21
Şekil 2.22	Tren bildirimleriyle izleme güvenliğinin sağlanması	23
Şekil 2.23	Tren sevk işletimi	24
Şekil 2.24	Almanya'da hat bloklama sisteminde izleme güvenliği prensibi	26
Şekil 2.25	Almanya'da hat bloklarında zıt yönlü seyir güvenliği prensibi	27
Şekil 2.26	Hat bloğu tertibatlarının dağılımı	27
Şekil 2.27	İzole ray	30
Şekil 2.28	Ray izolasyon contası ve detayı	31
Şekil 2.29	Ray akım devresi	31
Şekil 2.30	Dingil sayaçlarıyla hat serbestliği bildirimi	32
Şekil 2.31	Dingil sayacı örneği	32
Şekil 2.32	Merkezi blokta bulunan bir blok seyir yoluyla istasyondaki bir seyir yolu arasındaki karşılaştırma	34
Şekil 2.33	Otomatik blok tertibatlarında blok boşaltma mesafesi düzenleme yöntemleri	35
Şekil 2.34	Sinyale yerleştirilmiş hareketli kol	38
Şekil 2.35	İndüktif tren kontrolünde, seyir yönünün sağında bulunan hat mıknatısı	38
Şekil 2.36	Çapraz bağlantılı kablo iletimi	40
Şekil 2.37	Sürekli tren kontrolünde hız tanımları	41
Şekil 2.38	Sürekli tren kontrollü hatlarda küçük çaplı sabit sinyalizasyon	41

Şekil 2.39	Düşük çaplı sabit sinyalizasyonla desteklenmiş sürekli tren kontrollü işletimde ve sinyalizasyonlu işletimde işgal süresi basamakları	42
Şekil 2.40	Telsizle izleme güvenliğinin çalışma prensibi	43
Şekil 2.41	Telsizle tren kontrolü yöntemleri	44
Şekil 3.1	İstasyona giriş örneğinde bir hattın bileşenleri	46
Şekil 3.2	Mandallı kilit yapısı ve çalışma prensibi	48
Şekil 3.3	Alman yönetmeliklerine göre hat sabitlemesi (düzenlemesi)	49
Şekil 3.4	Yaklaşım kilidi ile hat sabitlemesi	50
Şekil 3.5	Geçilen hat kesiminde çözülmesiz işgal süresi	51
Şekil 3.6	Geçilen hat kesiminde çözülmeli işgal süresi	52
Şekil 3.7	Özel hat dışlama örnekleri	53
Şekil 3.8	Blok boşaltma mesafelerinde izin verilen örtüşme	55
Şekil 3.9	Uzama güvenliği kesiminin düzenlenmesi	56
Şekil 3.10	Taşıyıcı koruma makası ile uzaktan koruma	57
Şekil 3.11	İkili koruma makasları	58
Şekil 3.12	Yan hat koruma bölgesinde izin verilen seyir hareketi	59
Şekil 3.13	Grup çıkış sinyali düzenlemesi	61
Şekil 3.14	İstasyonda hat dallanmalarından önce yer alan bir ara sinyal	62
Şekil 3.15	Küçük bir istasyonda sinyallerin düzenlenmesi	63
Şekil 3.16	Önemli tehlike noktaları	63
Şekil 3.17	Giriş sinyallerine ait blok boşaltma mesafeleri	65
Şekil 3.18	Hat işgal süreleri ve blok kesimi işgal sürelerinin ayrı gösterildiği işgal süreleri grafiği	68
Şekil 3.19	Blok kesimi işgal süreleriyle hat işgal sürelerinin birlikte gösterildiği işgal süreleri grafiği	69
Şekil 3.20	Kilitleme diyagramı prensibi	72
Şekil 3.21	Şekil 3.20'deki hat diyagramı örneğiyle ilgili coğrafi hat mantığı prensibi ...	73
Şekil 3.22	Zıt yönlü seyirlerde sınır bileşenlerinin düzenlenmesi	74
Şekil 3.23	Yan hat koruma çevrimiyle hat taraması	74
Şekil 3.24	Uzaktan korumalı iptal makası	75
Şekil 3.25	Hareket memurunun sinyal kontrolü ile giriş hareketinin düzenlenmesi	76
Şekil 3.26	İstasyon bloklarında komut ilişkilerinin kullanılması	77
Şekil 3.27	Hat bileşenlerinin telsizle kontrolü	80
Şekil 3.28	Makasların uzaktan ayrı ayrı korunmasıyla işgal sürelerinin azalması	80
Şekil 4.1	Bekleme süresi fonksiyonu	83
Şekil 4.2	Orer hazırlık aşamasında ve işletim sürecinde bekleme süresi fonksiyonları	84
Şekil 4.3	Gecikme durumunda zincirlenmenin kaldırılması	85
Şekil 4.4	İşletim programı homojenliğinin orer hazırlama aşamasındaki ve işletim sürecindeki bekleme süresi fonksiyonlarına etkisi	85
Şekil 4.5	Bekleme sürelerinin bağlı duyarlılığı	87
Şekil 4.6	Trafik enerjisi	88
Şekil 4.7	Optimum kapasite aralığı	88

Şekil 4.8	Performans araştırma yöntemleri	89
Şekil 4.9	Sistemin girişinde sınırsız kapasite simülasyonu ile maksimum kapasitenin belirlenmesi	91
Şekil 4.10	Analitik performans araştırması adımları	93
Şekil 4.11	Bir hat kesiminin başlangıcındaki minimum izleme süreleri	94
Şekil 4.12	Çift hatlı işletim örneği (yalnızca bir seyir yönü gösterilmiştir)	98
Şekil 4.13	Şekil 4.12’de verilen örnekteki kuyruklanmış işgal oranının gösterilmesi	99
Şekil 4.14	Küçük bir düğümün yapısı	101
Şekil 4.15	Hat çatışmalarının giderilmesine örnekler	102
Şekil 4.16	Bir hat düğümünün kesimlere ayrılması	102
Şekil 4.17	Öncelikli seyir halinde engellenme süresi	105
Şekil 4.18	Rota çatışma çizelgesi	107
Şekil 4.19	Bir hat düğümüne ilişkin düzenleme seçenekleri	108
Şekil 4.20	Potthoff’a göre uygun hatların grafiği	110
Şekil 4.21	Şekil 4.20 örneğindeki düzenleme seçeneklerinin ağaç şeklinde gösterilişi	110
Şekil 4.22	Seyir ilişkileri planı	111
Şekil 4.23	Bir hat grubuna ait dolun ve boşaltım eğrileri	113
Şekil 4.24	Çok kuyruklu hizmet sistemi	114
Şekil 4.25	Bir hat grubundaki hatların birbiriyle uygunluğunun arttırılması adımları ..	116
Şekil 5.1	Tren çizgisi yönetimi için orer temsil biçimi	118
Şekil 5.2	Yatay seyir grafiği	119
Şekil 5.3	Düşey seyir grafiği	119
Şekil 5.4	Tren bildirim yerlerine yönelik, hat işgallerinin şekillerle gösterildiği seyir planı	120
Şekil 5.5	İşletim ve trafik nedeniyle durmalardan oluşan normal durma süreleri	122
Şekil 5.6	Yolcu trafiği nedeniyle durma süresinin bölümleri	123
Şekil 5.7	İzleme sürelerinin türleri	124
Şekil 5.8	Tek yönlü işletimde tampon süreler	125
Şekil 5.9	Çift yönlü işletimde tampon süreler	126
Şekil 5.10	Tek yönlü işletimde tampon sürelerin izleme durumlarına uyarlanması	127
Şekil 5.11	Çift yönlü işletimde tampon sürelerin izleme durumlarına uyarlanması, eşit öncelikli trenlerin karşılaşması	127
Şekil 5.12	Çift yönlü işletimde tampon sürelerin izleme durumlarına uyarlanması, yüksek öncelikli trenlerin karşılaşması	128
Şekil 5.13	Tampon çizgili tren dizisi	128
Şekil 5.14	Aktarma süresi	129
Şekil 5.15	Aktarma sırasında oluşan eşgüdüm süreleri	130
Şekil 5.16	Durma sürelerinde sabit aralık uyumu için kullanılan eşgüdüm süreleri	130
Şekil 5.17	Yavaşlayarak gelişte engellenmeyle oluşan planlanan bekleme süresi	131
Şekil 5.18	Karşılaşmada planlanan bekleme süreleri	132
Şekil 5.19	Öne geçmede planlanan bekleme süreleri	132

Şekil 5.20	Çizgi eğimlerinin eşitlenmesi için planlanan bekleme süresi yardımıyla seyir süresinin uzatılması	133
Şekil 5.21	Manuel orer hazırlama prensibi	134
Şekil 5.22	İşgal süresi kesişmeleri nedeniyle oluşan tren çizgisi çatışmalarının gösterilişi	136
Şekil 5.23	Bir hat kesimindeki tren yoğunluğu ve kuyruklanmış işgal oranının karşılaştırılması	139
Şekil 5.24	Orer yapısının değerlendirilmesinde kullanılan dört bölgeli grafik	139
Şekil 6.1	Bütünleşik sabit aralıklı orerlerin temel prensibi	140
Şekil 6.2	Tek hatlı işletimde sabit aralıklı orer için zorunlu noktalar	141
Şekil 6.3	ITF’te orer hazırlığı için zorunlu noktalar	142
Şekil 6.4	Kavşak istasyonlarına aynı anda giriş yapılabilmesi için gerekli düzenlemeler	144
Şekil 6.5	Hareketli karşılaşmada tren izleme şekli	145
Şekil 6.6	Değişken zaman aralığında çift hatlı karşılaşma kesiminin düzenlenmesi ...	147
Şekil 6.7	Küçük bir ITF-düğümünde işgal sürelerine uygun optimum düzenleme	148
Şekil 6.8	Stabilite katsayısının elde edilmesine örnek	151
Şekil 7.1	Planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri arasındaki doğrusal ilişki	155
Şekil 7.2	Planlanan seyir süreleriyle (t_x) $t_d = t_y - t_x$ farklarının dağılım grafiği	161
Şekil 7.3	İzlenen ve izleyen trenlerin planlanan seyir sürelerinin dağılımı	164

ÇİZELGE LİSTESİ

- Çizelge 4.1 Model trenlerin seyir süreleri ve işgal süreleri
- Çizelge 4.2 Dakika cinsinden izleme durumlarına ait işgal süresi kesişmeleri (= hat kesiminin başlangıcındaki minimum izleme süreleri)
- Çizelge 4.3 İşletim programı
- Çizelge 4.4 Minimum izleme süreleri
- Çizelge 4.5 Bağlı frekanslar
- Çizelge 4.6 Hat kombinasyonlarının bağlı frekansları
- Çizelge 4.7 Sonuçların karşılaştırılması
- Çizelge 4.8 Uygun tahkik yönteminin belirlenmesi
- Çizelge 7.1 Haydarpaşa-Gebze yönünde orer ve trengraftan elde edilen seyir süreleri (1 Haziran 2005)
- Çizelge 7.2 Gebze-Haydarpaşa yönünde orer ve trengraftan elde edilen seyir süreleri (1 Haziran 2005)
- Çizelge 7.3 Seyir süreleri ilişkilerine ait ara hesaplar
- Çizelge 7.4 Planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri arasındaki uyumu gösteren frekans matrisi
- Çizelge 7.5 $x = (t_x - \bar{t}_x)$ ve $y = (t_y - \bar{t}_y)$ çarpımları matrisi
- Çizelge 7.6 xyf çarpımları matrisi
- Çizelge 7.7 $t_d = t_y - t_x$ değerleri matrisi
- Çizelge 7.8 Planlanan seyir süreleri t_x ve $t_d (= t_y - t_x)$ farklarına ait frekanslar
- Çizelge 7.9 $x = (t_x - \bar{t}_x)$ ve $t_d = (t_y - t_x)$ çarpımları matrisi
- Çizelge 7.10 $xt_d f$ çarpımları matrisi
- Çizelge 7.11 Seyir süreleri ve frekansları
- Çizelge 7.12 Birbirini izleyen trenlere ait seyir süresi frekansları
- Çizelge 7.13 $x (= t_1 - 65)$ ve $y (= t_2 - 65)$ çarpımları matrisi
- Çizelge 7.14 Trengraflardan elde edilen Gebze kalkış saatleri ve izleme süreleri
- Çizelge 7.15 Gözlenen izleme sürelerine ait frekanslar
- Çizelge 7.16 Erlang dağılımında teorik frekanslar ve χ^2 testi

ÖNSÖZ

Konuyla ilgili daha önce ülkemizde yapılmış çalışmaların sınırlı oluşu ve Türkçe kaynakların çok az sayıda bulunması, çalışmaya başlama konusunda temkinli yaklaşmama sebep olduğu kadar çalışmayı yapmaya karar vermemi de kolaylaştırdı. Bu sebeplerden dolayı, çalışmanın konuya ilgi duyanlara kapsamlı bilgi sağlayacağını umuyor ve demiryolu işletimi hakkında bilinmeyenlerin açığa çıkartılması konusunda tezin amacına ulaşmış olmasını diliyorum.

Elbette böyle bir çalışmayı tek başıma yapmam olanaksızdı. Kapsamlı bir çalışma ortaya koymak için tezin başından sonuna kadar benimle birlikte yorulan, sabır gösteren, doğru kaynakların seçimi konusunda yol gösteren, konu hakkındaki geniş bilgisiyle tek tek her kavramın açıklığa kavuşturulmasında yardımcı olan, ve en önemlisi verdiği moral destekle tezi başarıyla tamamlayacağıma inancımı arttıran tez danışmanım Yard. Doç. Dr. İsmail Şahin'e teşekkürlerim sonsuz.

Demiryolu ile ilgilenenlerin parmakla sayıldığı bir dönemde, lisans öğrenimi dönemimden başlayarak demiryolu konusuna ilgi duymamda etkisi bulunan, bilimsel görüşlerden taviz vermeme konusundaki kararlılığıyla bana örnek olan Prof. Dr. Aydın Erel'e de teşekkür ederim.

Tezim için gerekli verilerin sağlanmasında gösterdikleri kolaylık ve ilgi için Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Haydarpaşa 1. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bana destek veren, sabır gösteren tüm dostlarıma, mesai arkadaşlarıma ve aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Raylı sistemler ya da demiryolu sistemleri, ulaştırma sistemleri içinde önemini günümüzde de korumaktadır. Ulaştırma sektöründeki rekabet, demiryolu hatlarının daha etkin ve verimli kullanılmasını gerektirmektedir. Bu amaçla, demiryolu işletimi ve güvenliğine yönelik çeşitli teknik ve teknolojiler geliştirilmiştir. Modern sinyalizasyon ve trafik kontrol sistemleri ile işletim planlaması ve yönetimi teknikleri sayesinde bu amaçlar gerçekleştirilmektedir. Çalışmamızda günümüz demiryollarında kullanılan çeşitli işletim teknik ve teknolojilerine değinilmiştir; bunların bileşenleri ve bileşenler arasındaki ilişkiler kapsamlı olarak incelenmiştir. Ulaştırma sektöründeki temel rekabet unsurları işletimin güvenilirliği ve kalitesidir. Giderek artan yolcu ve yük talebi, mevcut altyapıdan daha verimli faydalanmayı gerektirmektedir. Böylece artan kapasite gereksinimi ile birlikte hizmet düzeyinin yüksek tutulması gereklidir. Bu nedenle planlanan tren trafiği ile gerçekleşen tren hareketleri arasındaki uyumun sağlanması da son derece önemlidir. Çalışmamızda, Haydarpaşa-Gebze demiryolu hattında zirve saatlerde planlanan ve gerçekleşen tren hareketleri istatistiksel teknikler kullanılarak incelenmiştir. Özellikle seyir süreleri bakımından hattaki tren işletmeciliğinin planlanandan farklı olduğu, yani uygulamanın planlanandan anlamlı sapmalar gösterdiği ve gerçekleşen izleme sürelerinin rastlantısal olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu, Sinyalizasyon, Hat kapasitesi, İstatistiksel analiz, Haydarpaşa-Gebze demiryolu hattı.

ABSTRACT

Rail or railway systems have been maintaining their importance in transportation systems. The competition in transportation sector requires an effective and efficient utilization of rail lines. Various techniques and technologies have been developed toward railway operations and safety in this respect. These goals are attained through modern signaling and traffic control systems together with operation planning and management techniques. We investigated various operating techniques and technologies utilized in today's railways; their elements and the respective inter-relationships have also been investigated. The main attributes of competition in transportation sector are safety and quality of the services provided. The existing rail infrastructures are need to be used more efficiently due to growing demand in passenger and freight transportation, so as to maintain high level of service in conjunction with increased capacity requirement. Therefore, it is important to keep the harmony at a certain level between the planned and the actual train traffic. We analyzed such a harmony for train movements in Haydarpaşa-Gebze double-track railway line during the morning and afternoon peak hours by using some statistical techniques. Particularly, we determined that the actual running times differed from the planned ones; i.e., the actual train operation is significantly deviated from the planned one, and the actual headway times are random.

Keywords: Railway, Signalling, Line capacity, Statistical analysis, Haydarpaşa-Gebze railway line.

1. GİRİŞ

Raylı işletim sistemleri olarak adlandırılan demiryolu taşımacılığı, ulaştırma sistemleri arasında önemli bir yere sahiptir. Diğer ulaştırma sistemlerine göre daha az işletme maliyetiyle daha güvenli taşımacılık sağlayan raylı işletim sistemleri, teknolojinin gelişimiyle büyük ilerlemeler kaydetmiştir.

En küçük bir hatanın bile büyük zararlara yol açabileceği gerçeği, raylı işletim sistemlerinin ileri güvenlik sistemleriyle donatılması ihtiyacını doğurmuştur. Hatlarda kullanılan güvenlik tertibatlarının yönetiminde ve tren hareketlerinin düzenlenmesinde kullanılan sistemler, insan hatasını en aza indirecek teknolojilerin kullanılmasıyla güvenliği arttırmakta ve bunun sonucunda daha güvenli ve daha yüksek kapasiteli bir işletim sağlanmaktadır.

Yüksek kapasiteyle, güvenli işletim ancak kontrol mekanizmalarının düzgün işletilmesiyle mümkündür. Günümüzde, demiryolu hatlarının güvenliği ve işletimi için kullanılan otomatik blok sinyal sistemi ve trafik kontrol sistemleri, birçok ülkede demiryolu işletmelerinde yaygın olarak kullanılan güvenlik ve işletim sistemleridir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, bir akademik araştırma alanı olarak ülkemizde fazla yaygın olmayan ve hakkında sınırlı bilgiye sahip olduğumuz “raylı sistemlerin işletimi” konusunda kapsamlı bir çalışma ortaya koymaktır.

Bu bağlamda, raylı sistemlerin işletim güvenliği, yönetimi ve verimliliği için kullanılan teknoloji ve teknikler ile, yaygın olarak gerçekleştirilen uygulamalar hakkında toplu bir bilgi sunulmuştur.

Bu bilgiler ışığında, demiryolu işletmelerinin hem güvenli ve dakik, hem de verimli ve yüksek performanslı çalışabilmesi için gerekli koşullar hakkında bir fikir edinilmekte, kapasite kullanımlarında ve seyir planı (orer) oluşturulurken dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında daha bilinçli kararlar alınabilmektedir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Tezin ikinci bölümünde demiryolu işletim tekniklerine ilişkin temel kavramlar açıklanmış ve bazı temel bilgiler sunulmuştur.

Hat Bileşenlerinin Yönetimi ve Güvenliği adlı üçüncü bölümde, demiryolu işletiminin yönetimi ve güvenliğinde kullanılan bileşenler, yöntemler ve bunlarla ilgili kavramlar ele

alınmıştır. Demiryolu hatlarının yönetimi ve güvenliğinde kullanılan kumanda merkezi, sinyal kabini, makas, sinyal, conta gibi bileşenlerin çalışma ilkeleri, aralarındaki ilişkiler, demiryolu işletim sistemindeki görevleri ve güvenliğin sağlanmasındaki rolleri anlatılmaktadır.

Demiryolu işletim tesislerinin performans araştırmalarının ele alındığı dördüncü bölümde, yüksek performanslı bir işletim için orer planlama aşamasında ve işletim sırasında alınacak önlemlere değinilmiştir. Kaliteli işletim için belirleyici olan orer kalitesi kriterlerinden söz edilmiştir.

Beşinci bölümde, orer hazırlama aşamaları orer hazırlığı için gerekli veriler açıklanarak ele alınmış, günümüzde kullanılan bazı orer hazırlama yöntemlerine değinilmiştir.

Alman Demiryolları AG’de uygulanmakta olan ITF (Integraler Taktfahrplan: Bütünleşik sabit aralıklı orer) kavramının açıklandığı altıncı bölümde, bütünleşik sabit aralıklı orer uygulaması için gerekli altyapı özellikleri, ITF karşılaşma hattı uzunluğunun hesabı, değişken zaman aralığı için gerekli altyapı değişiklikleri ve orer stabilitesinin tahkiki örneklerle açıklanmıştır.

Son bölümde, şimdiye kadar ele alınan konular ışığında, Haydarpaşa-Gebze Banliyö hattında, sabah ve akşam zirve saatlerde olmak üzere iki zaman dilimindeki tren hareketlerine ait seyir süreleri ve izleme sürelerine ilişkin sayısal bir analiz yapılmış; orerdeki (planlanan) değerlerle işletimde meydana gelen (gerçekleşen) trengraf değerleri kullanılarak “planlanan seyir süresi-gerçekleşen seyir süresi” karşılaştırması, “orerdeki seyir sürelerinin rastlantısal olup olmadığı” ve “gerçekleşen izleme sürelerinin rastlantısal olup olmadığı” konularına ilişkin sayısal analizler yapılmıştır. Gerçekleşen tren hareketlerine ait sayısal veriler, TCDD 1. Bölge Müdürlüğü’nden temin edilen, ilgili zaman dilimlerine ait trengraf çıktılarından elde edilmiştir. Sayısal analiz için istatistiksel yöntemlerden yararlanılmıştır.

Demiryolu işletimi konularında yurtdışında da az sayıda kitap bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan temel kaynaklar Almanya kökenlidir. Demiryolu işletimi ve kontrol teknolojilerinin anlatıldığı kitaplar (Pachl 2002a ve 2002b) tezde Bölüm 2-Bölüm 6’da, işletim tekniklerinin ve analizlerinin anlatıldığı kitaplar (Potthoff 1972 ve 1980) tezde Bölüm 7’de ağırlıklı olarak kullanılmıştır.

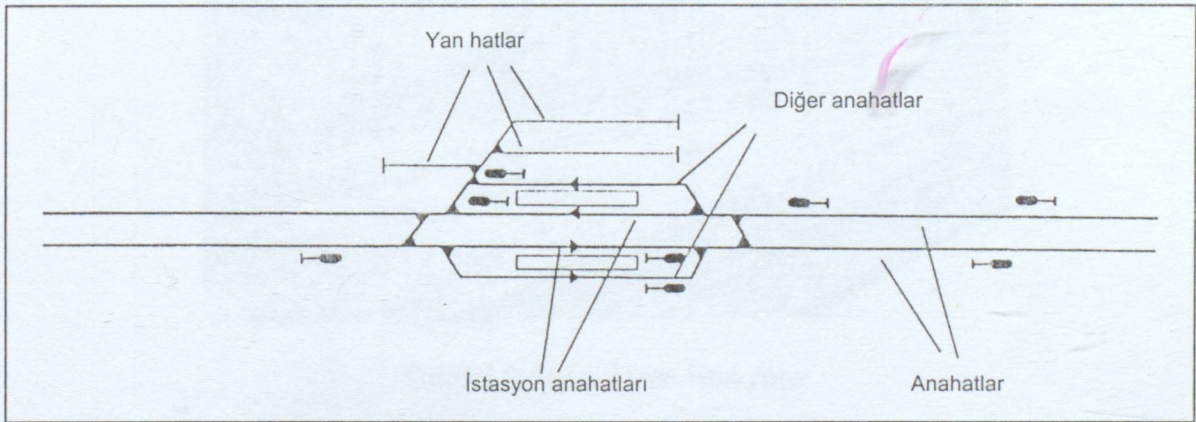
2. RAYLI SİSTEMLERİN İŞLETİMİNDE TEMEL KAVRAMLAR

Raylı sistemler, bir çift çelik ray üzerinde mekanik yöntemlerle çalıştırılan yolcu ve yük katarlarının hareket ettiği hatlardan, plana uygun veya zorunlu sebeplerle duraklama yaptığı istasyonlardan, hattın güvenliği ve yönetimi için düzenlenen blok yerleri, binalar (kumanda merkezi, kontrol merkezi, sinyal kabini vs.), tertibatlar (makaslar, sinyal tertibatları, bloklar, bariyerler vs.) ve bu binalarla tertibatları kullanacak demiryolu personeliyle yolcu ve yüklerden oluşan ulaştırma sistemleridir.

2.1 Hatlar ve Bileşenleri

2.1.1 Hatların Dağılımı

Anahat, üzerinde trenlerin plana uygun olarak hareket ettiği hatlardır. Anahat üzerinde hareket edecek trenler için güvenlik tertibatları bulunmalıdır. İstasyonlar dışındaki hatlar anahat olarak adlandırılır. İstasyon hattı, hattın istasyondaki uzantısıdır. Bunların dışındaki tüm hatlar yan hat olarak adlandırılır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Hatların dağılımı

2.1.2 Anahat Üzerindeki Seyir Düzeni

Çift hatlı (tek yönlü) işletimlerde normal seyir sağdan gerçekleşir (normal seyir yönü). Hat değiştirme tertibatı (çift hatlı, sinyalizasyonlu ve çift yönlü işletimde güvenlik tertibatı) bulunan hatlarda, hatlardan birinde işletim hızına uygun olarak normal seyir yönünün tersi yönde seyir yapılabilir. Hat değiştirme tertibatının düzenlenmesinde zıt yönlü hattın (normal seyir yönünün tersi yönde seyir yapılan hat) bloklara bölünmesinden kaçınılır.

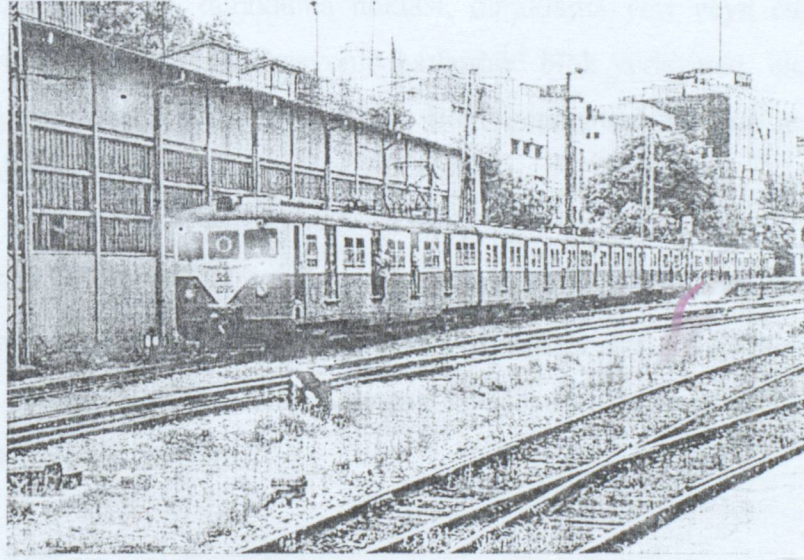
2.1.3 Tesisler ve Tertibatlar

Tesisler ve tertibatlar, yolcu ve yük taşımacılığı için gerekli koşulların yerine getirilmesi amacıyla yerel düzenlemelere uygun olarak oluşturulan her türlü tesis, bina ve düzenlemelerdir. Demiryolu tesisleri, bulunduğu yere göre iki gruba ayrılmaktadır:

- İstasyon tesisleri ve tertibatları
- Hat tesisleri ve tertibatları

2.1.4 İstasyon

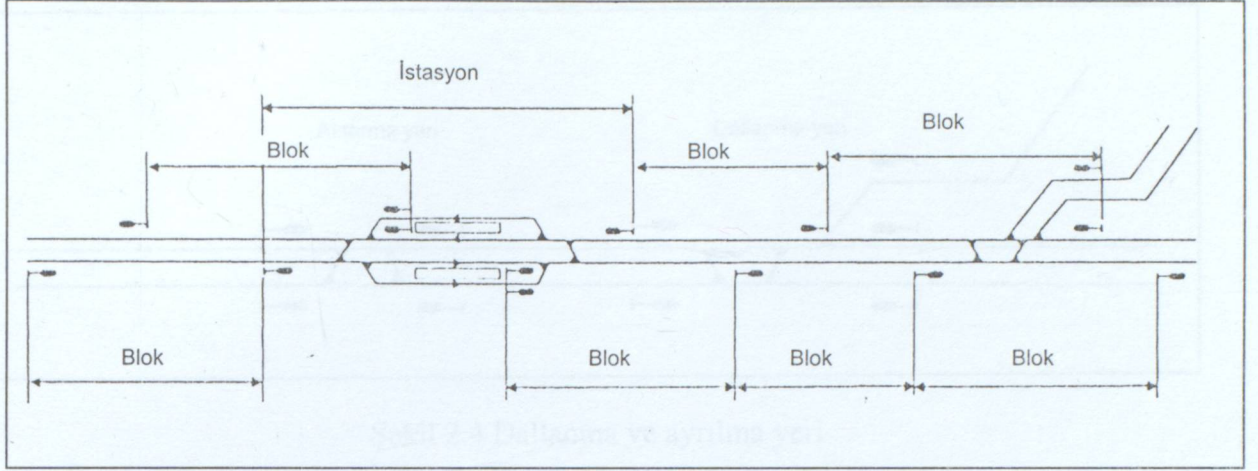
İstasyonlar, trenlerin harekete başladıkları, hareketlerini tamamladıkları, yön veya hat değiştirdikleri en az bir makaslı tesislerdir. İstasyonla anahattı ayıran sınırda giriş sinyali veya (basit demiryolu sistemlerinde giriş sinyali yerine kullanılan) işaret (trapez) levhaları bulunur (Şekil 2.3).



Şekil 2.2 Sirkeci tren istasyonu

2.1.5 Blok, Blok Kesimi

Bloklar (blok kesimi olarak da adlandırılmaktadır), trenlerin yalnızca taşıt bulunmadığı zaman giriş yapabildikleri hat kesimleridir. Bloklama, işgal edilmiş hat kesimine tren girişinin engellenmesini amaçlayan düzenlemelerdir. İstasyon içerisinde blok kesiminden sözedilebilmesi için eski sistemlerde blok tertibatı veya yeni sistemlerde blok yerine geçen güvenlik tertibatının bulunması gerekir.



Şekil 2.3 İstasyon ve anahat üzerindeki bloklar

2.1.6 Blok Yeri

Blok yerleri, blok kesimlerini sınırlar. Blok yeri aynı zamanda istasyon, dallanma yeri, aktarma yeri, birleşme yeri, duraklama noktası, duraklama yeri veya bariyer yeri olarak düzenlenebilmektedir. Sabit sinyalizasyonlu hatlardaki blok yerlerinde, blok kesimine giriş güvenliğini sağlayan bir ana sinyal bulunur. Blok yerlerinde bulunan ana sinyaller blok sinyali olarak adlandırılır.

2.1.7 Dallanma Yeri (Kavşak)

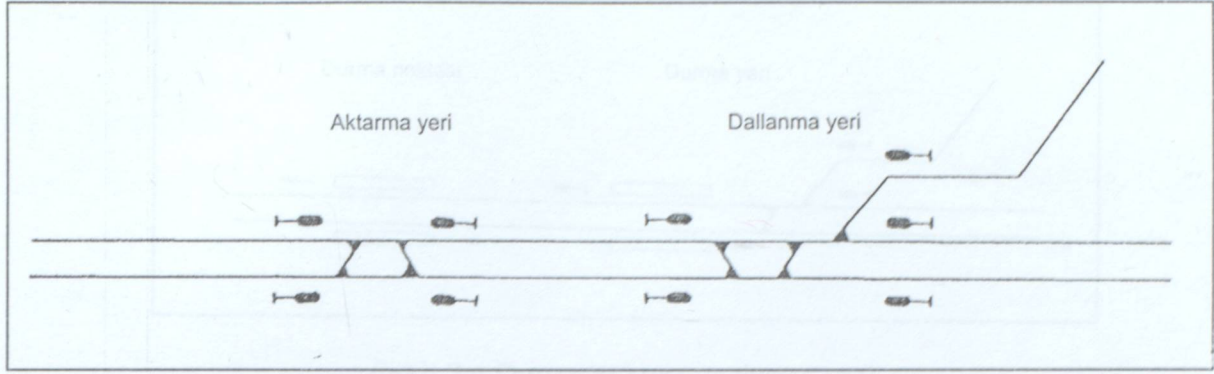
Dallanma yerleri, anahat üzerinde trenlerin hat değişikliği yapabildikleri blok yerleridir (Şekil 2.4). Dallanma yerleri, blok yeri olarak devam eden hattın iki ucundaki blok kesimini ve dallanan blok kesimlerini sınırlar.

2.1.8 Aktarma Yeri

Aktarma yerleri, trenlerin anahat üzerinde başka bir anahatta geçiş yapabildikleri blok yerleridir (Şekil 2.4). Burada geçiş yapılan anahat, iki nokta arasında (varış veya kavşak istasyonu), kendi kilometraajı bulunan ve plana uygun tren hareketlerinin gerçekleştirildiği bir veya çok hatlı bağlantılardır.

2.1.9 Bağlantı/Birleşme Yeri

Birleşme yerleri, anahat üzerinde trenlerin birleşen hatlara manevra yaparak geçiş yapabildikleri yerlerdir (Şekil 2.5). Birleşme yerleri ikiye ayrılır:

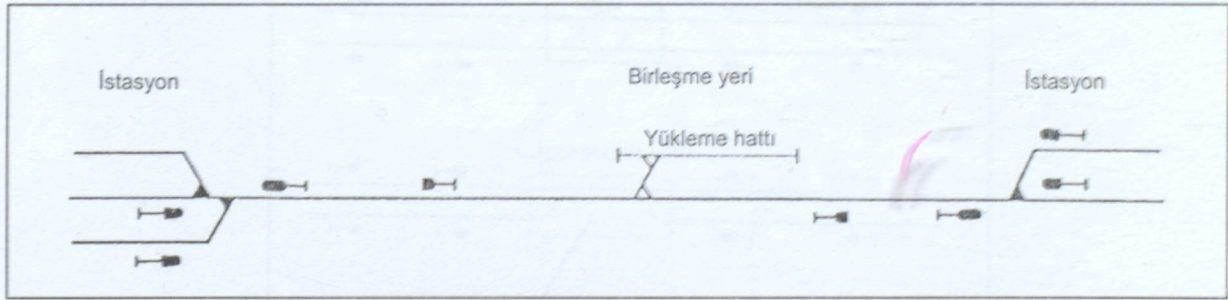


Şekil 2.4 Dallanma ve ayrılma yeri

* Manevra hareketi tamamlanıncaya kadar blok kesimine başka trenlerin girişine izin verilmeyen birleşme yerleri,

* Manevra için giriş yapıldıktan sonra başka trenlerin girişine izin verilen birleşme yerleri (dallanan birleşme yerleri).

Birleşme yerlerindeki makaslar genelde sabittir ve makas kilitleriyle güvenli hale getirilir, bu kilitler sayesinde komşu işletim yerine ait ana sinyalle ilişkilendirme sağlanır.



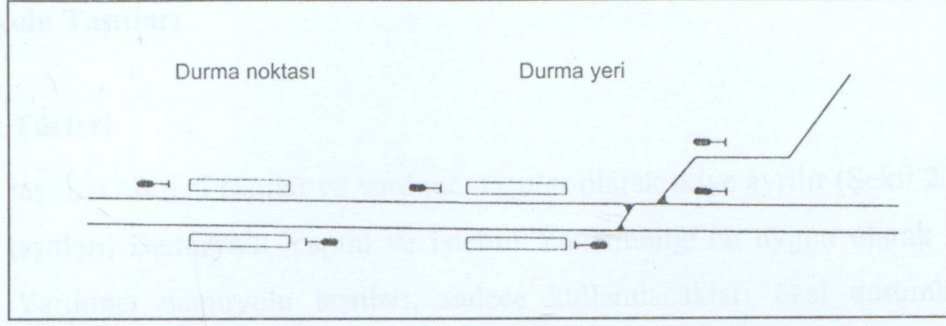
Şekil 2.5 Birleşme yeri

2.1.10 Durma Noktası

Trenlerin seyir planına uygun olarak durduğu, harekete geçtiği veya hareketi tamamladığı makassız demiryolu tesisidir. Bir durma noktası aynı zamanda blok yeri olarak düzenlenebilir (Şekil 2.6).

2.1.11 Durma Yeri

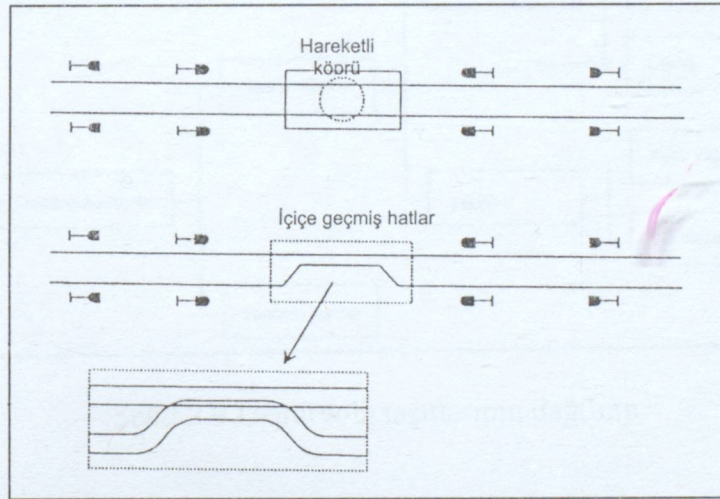
Konum olarak bir durma noktasıyla bağlantılı olan ayrılma, aktarma veya bağlantı (birleşme) yeri (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Durma noktası ve durma yeri

2.1.12 Bariyer Yeri

Anahatlarda özellikle hareketli köprülerde, kavşaklarda, içiçe geçmiş hatlarda ve bakım yapılan hatlarda tren işletimini düzenleyen demiryolu tertibatıdır (Şekil 2.7). Bariyer yerlerinde bulunan ana sinyaller bariyer sinyali olarak tanımlanmaktadır. Hareketli köprülerde bariyer sinyalinin düzenlenebilmesi için hareketli köprüyle komşu işletim yeri arasında ilişkilendirme bulunmalıdır.



Şekil 2.7 Bariyer yeri örnekleri



Şekil 2.8 İçiçe geçmiş hatlara örnek

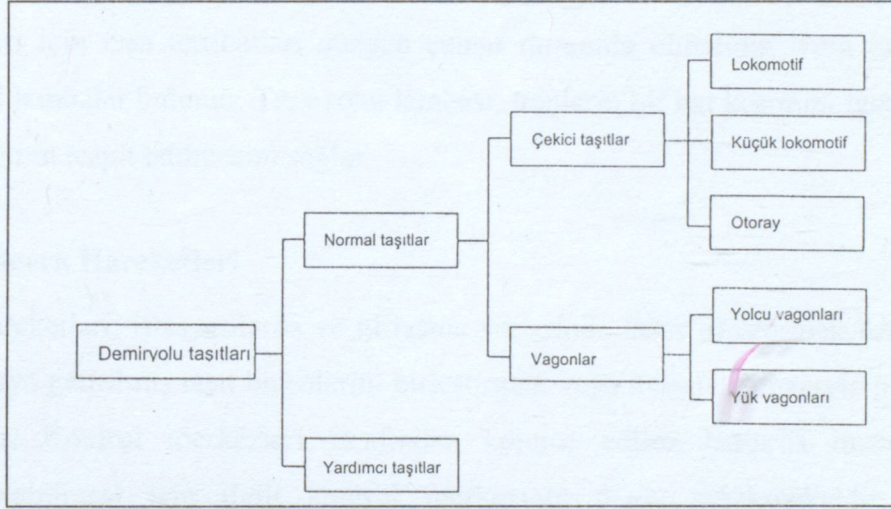
2.2 Demiryolu Taşıtları

2.2.1 Taşıt Türleri

Demiryolu taşıtları normal taşıtlar ve yardımcı taşıtlar olarak ikiye ayrılır (Şekil 2.9). Normal demiryolu taşıtları, Demiryolu Yapım ve İşletim Yönetmeliği'ne uygun olarak oluşturulan taşıtlardır. Yardımcı demiryolu taşıtları, sadece kullanılacakları özel durumlar için bu yönetmeliğe uyması gereken taşıtlardır.

Çekici taşıtlar, tahrik gücüne sahip normal demiryolu taşıtlarıdır. Lokomotif, küçük lokomotif ve otoray olarak üç türü bulunmaktadır. Küçük lokomotifler, manevra hareketleri için kullanılan düşük güce sahip lokomotiflerdir.

Taşıyıcı taşıtlar, vagon olarak adlandırılır. Yolcu ve yük vagon türleri bulunmaktadır.



Şekil 2.9 Demiryolu taşıtlarının dağılımı

2.2.2 Taşıt Hareketleri

Demiryolu taşıtlarıyla gerçekleştirilen hareketler seyir hareketleri ve manevra hareketleri olarak ikiye ayrılırlar.

2.2.2.1 Seyir Hareketleri

Seyir hareketleri, anahat üzerinde veya istasyon içerisinde bir seyir planına (orer) uygun olarak, çekici bir araç ve vagonlardan oluşan normal demiryolu taşıtlarının gerçekleştirdiği hareketlerdir. Seyir hareketinin gerçekleştirilebilmesi için ilgili hareket memurunun onayı gerekmektedir. Bu onay, aşağıdakileri kapsar:

- * Önceden belirlenen varış noktasına kadar seyir izni,

* Seyir sırasında uyulması gereken koşullar (örneğin hız sınırları).

Hattın teknik yapısına bağlı olarak, tren hareketlerine aşağıdaki şekillerde izin verilir:

- Ana sinyalin geç konumuna getirilmesiyle,
- Kabin sinyaliyle,
- Yazılı komutlarla (arıza durumlarında ve normal işletimden sapmalarda uygulanır)
- Yazılı emirlerin yerine geçen yardımcı (ek) bildirimlerle,
- Sözlü komutlar veya telsiz komutlarıyla (basit işletmelerde uygulanır).

Trenler yalnızca anahatta giriş yapabilir ve güvenliği sağlanmış makas bölgelerinde hareket edebilirler. Yapısı ve fren tertibatı uygun olduğu takdirde izin verilen hızda seyredebilirler. İzin verilen hızlar tren personeline livre aracılığıyla bildirilir. Trenlerin fren mesafesinde durabilmeleri için fren tertibatları düzgün çalışır durumda olmalıdır. Tren ön ucu ve arka ucunda özel lambalar bulunur. Tren sonu lambası, trenlerin bir hat kesimini tamamen boşaltıp boşaltmadığının tespit edilmesini sağlar.

2.2.2.2 Manevra Hareketleri

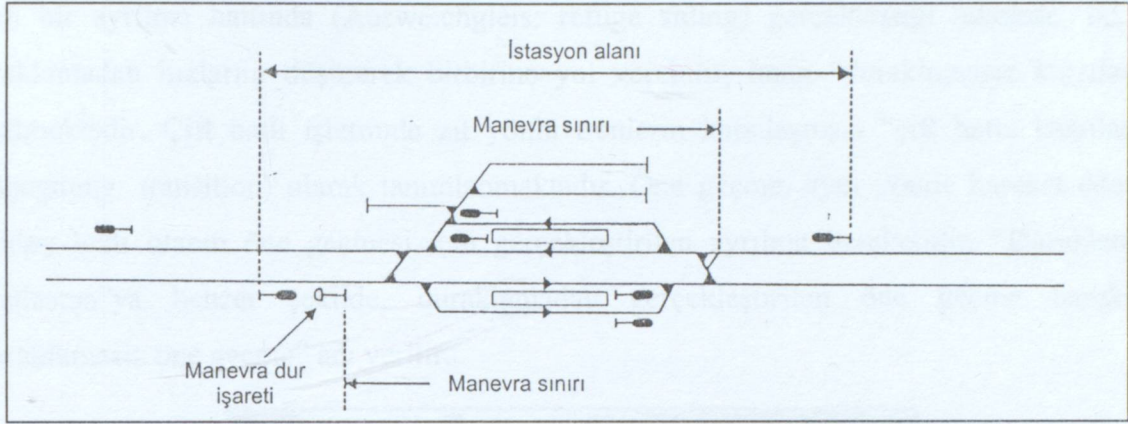
Manevra hareketleri, istasyonlarda ve birleşme yerlerinde katar oluşturmak üzere, çekici bir taşıtla biraraya getirilmiş taşıt birimlerini birleştirmek veya ayırmak amacıyla gerçekleştirilen hareketlerdir. Kontrol merkezleri tarafından kontrol edilen hatlarda manevra hareketi gerçekleştirilebilmesi için ilgili kontrol merkezinin onayı gerekmektedir. Bu onaylar aşağıdaki şekilde gerçekleşir:

- * Bir işgal sinyali veya manevra dur sinyalindeki seyir yasağının kaldırılması ile,
- * El işareti verilerek,
- * Sözlü veya telsiz emriyle.

Makinistin, manevra treninin önünde yer almamasından kaynaklı olarak hattı veya sinyalleri görememesi durumunda yardımcı bir manevra personeli devreye girer (Manevra rehberi (orijinal metinde [DB00])). Manevra hareketi çok düşük hızda (Alman Demiryolları AG'de 25 km/h ile) gerçekleştirilir ve işgal edilmiş hatta giriş izni vardır. Manevra hareketlerinde tren ön ucu ve arka ucu lambası bulunmaz ve anahatta giriş izni yoktur.

Trenlerin yalnızca çıkış yönünde hareket ettikleri çift hatlı işletimde, manevra sırasında gerekli ölçüde yer değişikliği yapılabilir. Trenlerin yalnızca giriş yaptıkları yönde hareket ettikleri hatlarda, serbest hat yönünde manevra yapılabilecek mesafenin sınırı manevra dur

işaretiyle belirlenir (Şekil 2.10). Giriş makası üzerinde manevra yapılmayacağı durumlarda manevra dur işareti kullanılmayabilir. Bu tür durumlarda, giriş makası, manevra sınırı olarak kabul edilir.



Şekil 2.10 Anahat üzerinde manevra hareketi sınırları

2.3 Tren İzlemeleri

2.3.1 Tren İzleme Yeri ve Tren Bildirim Yeri

Tren izleme yeri, anahat üzerinde tren izleme durumlarının düzenlendiği işletim yeridir. Tren izleme yerlerinde hareket memurları bulunur. Tren izleme yerleri, işletimdeki işlevi bakımından blok yerine benzemektedir. Tren izleme yerleriyle blok yerleri arasındaki fark tarihsel sebeplere dayanmaktadır. Geçmişte, anahat üzerinde yalnızca tren izleme yerleri blok yeri sayıldığı için geçmişteki blok yeri kavramı şimdikinden farklı tanımlanmıştır. (orijinal metinde [HE28], [AR86], [DR90]): “İstasyonda yer almayan tren izleme yerleri blok yeri olarak adlandırılır”. “Blok yeri: Anahat üzerinde dallanma yeri olmayan tren izleme yeri”.

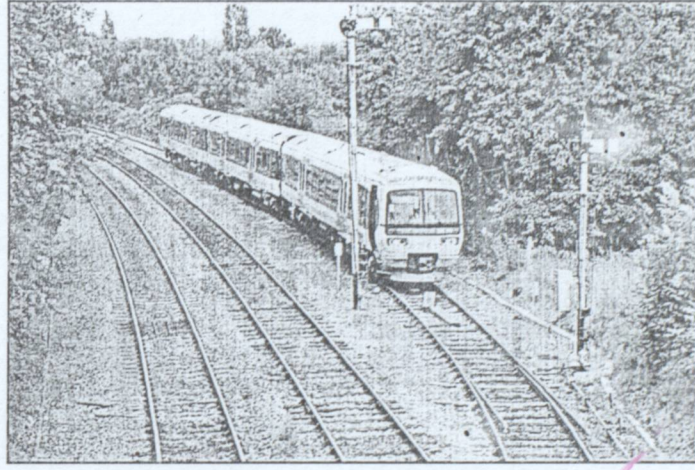
Tren bildirim yerleri, anahat üzerinde trenlerin sıralamasını düzenleyen tren izleme yerleridir. İstasyonlar, dallanma ve aktarma yerleri tren bildirim yeri olarak sayılmaktadır.

2.3.2 Tren İzlemelerinin Düzenlenmesi

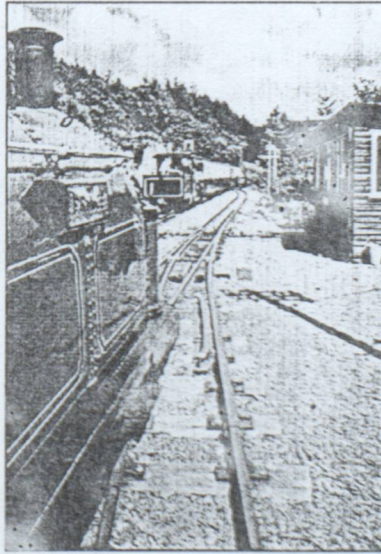
Bir hat üzerindeki tren izlemeleri dispeçer tarafından düzenlenir. Dispeçer, telsiz komutlarıyla aldığı onayı seyir izni olarak aktarır. Küçük işletmelerde tren izlemelerinin düzenlenmesinde sinyaller kullanılmayabilir. Ancak büyük işletmelerde basit şekilde sinyallere yer verilir. Bu tür tren sevk işlemine “sinyalizasyonlu tren sevk” denilmektedir (orijinal metinde [DB98^{III}]).

2.3.3 Tek Hatta Karşılaşma-Öne Geçme, Çift Hatta Karşılaşma

Karşılaşma, tek hatlı (çift yönlü) işletimde, zıt yönde seyreden iki trenin birbirine yol vermesidir. Zaman-yol-çizgileri grafiğinde bu çizgiler kesişme halinde gösterilir. Karşılaşma, uzun bir ayrılma hattında (Ausweichgleis: refuge siding) gerçekleştiği takdirde, iki tren duraklamadan hızlarını düşürerek birbirine yol verebilir, buna “duraklamasız karşılaşma” denilmektedir. Çift hatlı işletimde zıt yönlü trenlerin karşılaşması “çift hatta karşılaşma” (Begegnung: transition) olarak tanımlanmaktadır. Öne geçme, aynı yönde hareket eden iki trenin hızlı olanın öne geçmesi için gerçekleştirilen ayrılma hareketidir. “Duraklamasız karşılaşma”ya benzer şekilde, duraklamadan gerçekleştirilen öne geçme hareketine “duraklamasız öne geçme” adı verilir.



Şekil 2.11 Ayrılma hattında bekleyen bir tren



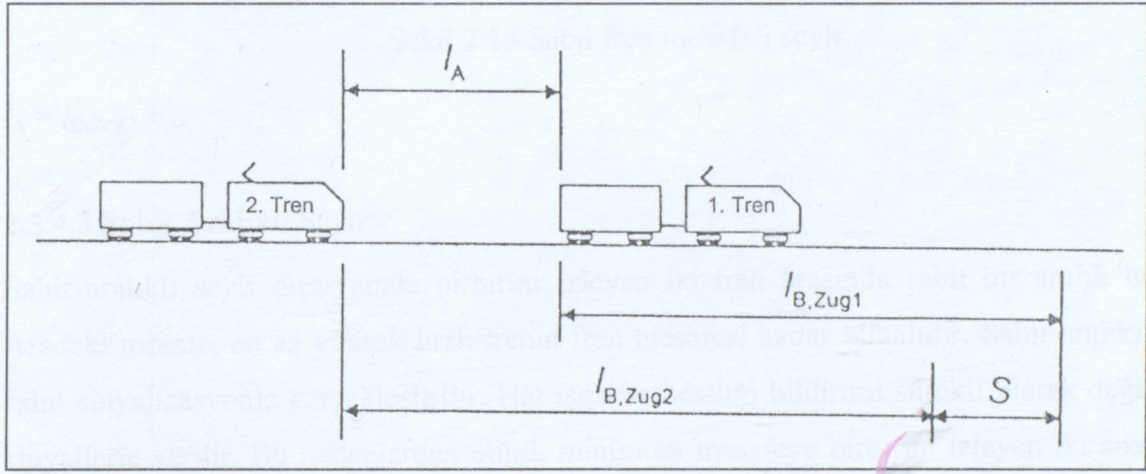
Şekil 2.12 Karşılaşma halindeki iki tren

2.3.4 Tren İzleme Türleri ve İzleme Güvenliği

2.3.4.1 Bağlı Fren Mesafeli Seyir

Bağlı fren mesafeli seyir durumunda birbirini izleyen iki tren arasında, içiçe geçen fren mesafeleri arasındaki farka bağlı olarak hesaplanan bir mesafe korunmalıdır (Şekil 2.13).

Raylı işletim sistemlerinde bağlı fren mesafeli seyir uygulaması, birbirini izleyen iki tren arasındaki hareketli hat bileşenlerinin (makaslar) sürekli değiştirilmesi gereğinden dolayı karmaşıktır. Bu hat bileşenleri, önünde durulabilmesi için yeterli fren mesafesi bulunması gereğinden dolayı sabit tehlike noktalarını oluşturmaktadır. Bir diğer tehlike de izlenen trenin arızalanması durumunda izleyen trenin duramama ihtimalidir.



Şekil 2.13 Bağlı fren mesafeli seyir

$$l_A = l_{B,Zug2} - l_{B,Zug1} + S$$

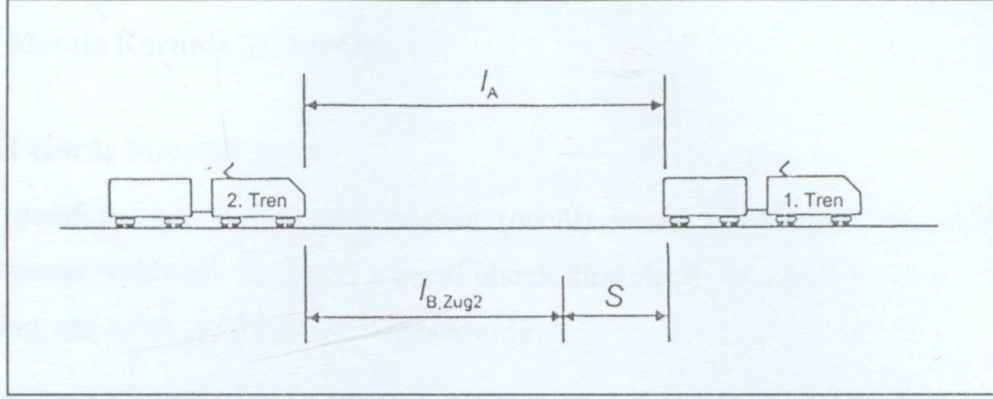
Burada:

l_A	Trenler arasındaki mesafe
$l_{B,Zug1}$	1. Trene ait fren mesafesi
$l_{B,Zug2}$	2. Trene ait fren mesafesi
S	Güvenlik payı

2.3.4.2 Sabit Fren Mesafeli Seyir

Sabit fren mesafeli seyir durumunda seyir halindeki trenlerin önünde, fren mesafesi kadar boş bir hat bulunur (Şekil 2.14).

İzlenen trenin arka ucu, izleyen trenin önünde güvenli bir şekilde durması gerektiği hareketli bir tehlike noktası oluşturur. Birbirini izleyen iki tren arasında makas düzenlemesi gerektiği takdirde tehlike noktası makas yeri, yani sabit tehlike noktasıdır.

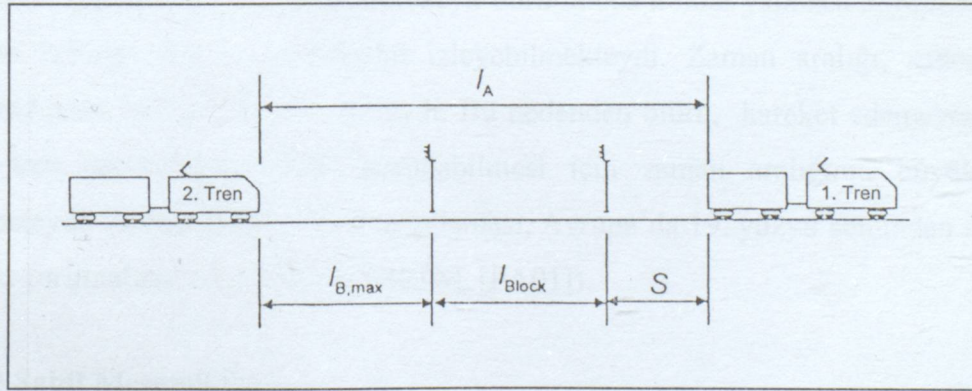


Şekil 2.14 Sabit fren mesafeli seyir

$$l_A = l_{B,Zug2} + S$$

2.3.4.3 Sabit Aralıklı Seyir

Sabit aralıklı seyir durumunda birbirini izleyen iki tren arasında sabit bir aralık bulunur. Aradaki mesafe, en az yüksek hızlı trenin fren mesafesi kadar olmalıdır. Sabit aralıklı seyir, sabit sinyalizasyonla gerçekleştirilir. Hat işgal/serbestliği bildirimi sürekli olarak değil, sabit sinyallerle verilir. Bu nedenlerden ötürü, minimum mesafeye birbirini izleyen iki ana sinyal arasındaki blok kesimi uzunluğu da eklenir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Sabit aralıklı seyir

$$l_A = l_{B,max} + l_{Block} + S$$

Burada:

$l_{B,max}$ Maksimum fren mesafesi

l_{Block} Blok kesimi uzunluğu

Sürekli hat serbestliği bildirimi yapılması durumunda blok kesimi uzunluğu $l_{\text{Block}} = 0$ olmaktadır. Bu tür yöntemlere, hareket eden aralıklarla seyir (İngilizcesi “moving block”) adı verilmektedir.

2.3.4.4 Mesafe Koruma Teknikleri

2.3.4.4.1 Görüş Mesafeli Seyir

Görüş mesafeli seyir durumunda, izlenen (öncül) trenle izleyen tren arasındaki mesafe, izleyen trenin makinisti tarafından manuel olarak düzenlenir. Bu seyir durumu, düzenleyicisi insan olan, sabit fren mesafeli seyir ile benzerdir.

Raylı işletimlerde görüş mesafeli seyir, görüş mesafesini çoğunlukla aşan uzun fren mesafesi gerektirdiği için sadece düşük hızlı hatlarda kullanışlıdır. Bu hızlar, Almanya için aşağıdaki şekilde sınırlandırılmıştır:

- Kentiçi raylı sistemlerde ($v_{\text{max}} = 70$ km/h yanında özel güvenlik mesafeleri),
- Arızalı hatlarda ($v_{\text{max}} = 40$ km/h),
- Manevra hareketlerinde ($v_{\text{max}} = 25$ km/h).

2.3.4.4.2 Zaman Aralıklı Seyir

Zaman aralıklı seyir yapısı, henüz aralık düzenleme olanaklarının kısıtlı olduğu basit işletimlerde uygulanırdı. Zaman aralıklı seyir durumunda trenler yalnızca önceden belirlenmiş minimum izleme süreleriyle birbirini izleyebilmektedir. Zaman aralığı, sadece trenlerin kalkışı sırasında kontrol edilebilmektedir. Bu nedenden ötürü, hareket edemeyen bir trenin, izleyen tren hareketlerine karşı korunabilmesi için zaman aralığının büyük seçilmesi gerekmektedir. Zaman aralıklı seyir uygulaması, Avrupa’da 19. yüzyıl sonundan itibaren terk edilmiştir (orijinal metinde [GE00], [AR98], [PA01]).

2.3.4.4.3 Sabit Mesafeli Seyir

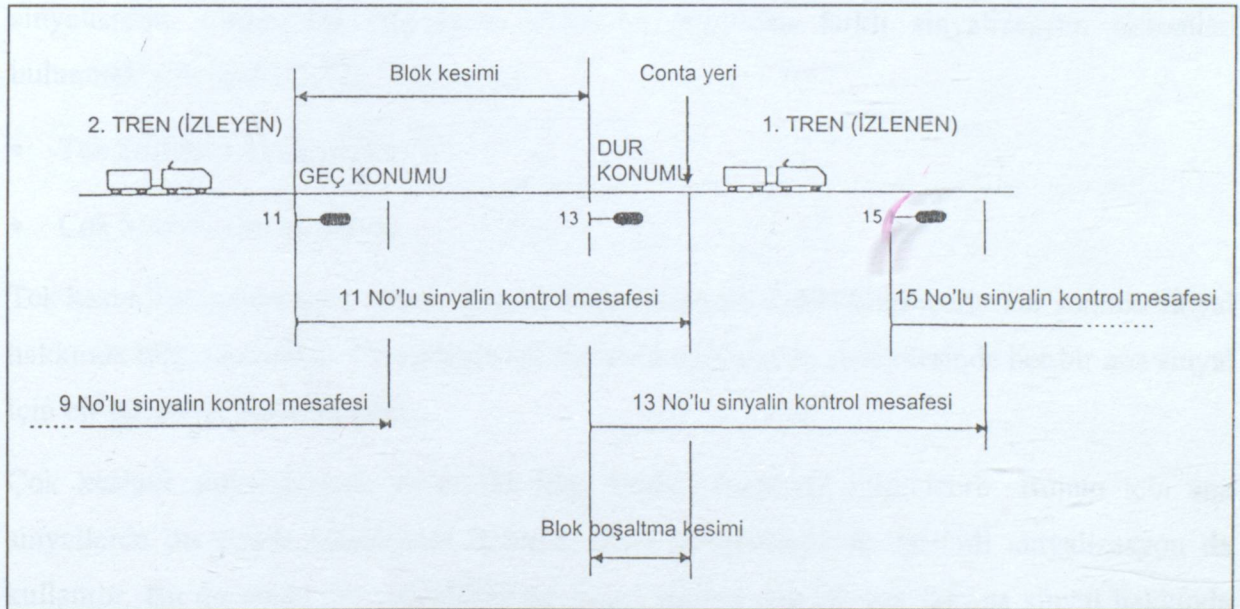
Sabit mesafeli seyir, 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren birçok demiryolu işletmesinde kullanılmaktadır ve tren izleme güvenliği yöntemleriyle daha da geliştirilmiştir. Her ne kadar yeni yöntemlerin geliştirilmesine devam edilse de, sabit aralıklı seyir uygulaması daha uzun yıllar kullanılacak gibi görünmektedir.

Sabit Mesafeli Seyir İçin Gerekli Koşullar

Sabit mesafeli seyir durumunda hat ana sinyaller aracılığıyla blok kesimlerine ayrılır. Her bir blok kesiminde yalnızca bir tren bulunabilir. Sabit sinyalizasyonlu sistemlerde minimum blok kesimi uzunluğu, maksimum fren mesafesi kadardır (Alman Demiryolları AG'de 1000 m). Bir trenin, sinyalin geç konumuna getirilmesiyle blok kesimine girişinin sağlanabilmesi için aşağıdaki koşullar yerine getirilmelidir:

- Blok kesimi boş olmalıdır.
- Blok kesiminin sonundaki sinyalin ilerisinde bulunan blok boşaltma kesimi (sadece blok boşaltma kesimi bulunan hatlarda) (Durchrutschweg: overlap) boş olmalıdır.
- Öncül tren, artçıl trene karşı dur sinyaliyle korunmalıdır.

İlk iki koşul, aynı zamanda blok boşaltma kesimi sonunda bulunan conta yerinden geçilmesi koşuluyla da ilişkilidir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Sabit mesafeli seyir koşulları

2.4 Hat Yönetimi ve Güvenliği Teknikleri

2.4.1 Sabit Sinyalizasyon

Sabit sinyalizasyonlu işletimde blok kesimleri ana sinyallerle sınırlandırılır. Bu ana sinyaller, makiniste blok kesimine girip giremeyeceği bilgisini verirler. Yapısal olarak sinyaller/işaretler iki gruba ayrılır:

- İşaretler
- Işıklı sinyaller

Sinyallerin içerdiği anlam açısından sinyalizasyon sistemleri aşağıdaki gruplara ayrılır:

- İzleme sinyalizasyonu
- Hat sinyalizasyonu ile bütünleşik izleme sinyalizasyonu
- Hız sinyalizasyonu ile bütünleşik izleme sinyalizasyonu

İzleme sinyalizasyonu, blok kesiminin boş olması durumunda ana sinyallerle uygulanır. Hız ve hat bilgileri, ilave sinyaller aracılığıyla gösterilir. Modern sinyalizasyon sistemlerinde sadece izleme sinyalleri kullanılır.

2.4.2 Ön Sinyalizasyon

Sinyalizasyon sistemlerinde önemli bir kavram da ön sinyallerdir. Ön sinyaller, uzun fren mesafelerinin gerektirdiği eşzamanlı dur sinyalleri veya seyir hareketini sınırlayan sinyallerden oluşur. Ön sinyallerin kullanımı açısından farklı sinyalizasyon sistemleri bulunmaktadır (Şekil 2.17):

- Tek kesimli sinyalizasyon
- Çok kesimli sinyalizasyon

Tek kesimli sinyalizasyon, sadece izleyen blok kesimi hakkında bilgi içerir. Bir sonraki sinyal hakkında bilgi vermezler. Bu nedenle tek kesim sinyalizasyon sistemlerinde her bir ana sinyal için bir ön sinyal bulunmalıdır.

Çok kesimli sinyalizasyon, en az iki blok kesimi hakkında bilgi içerir. Bunun için ana sinyallerde ön sinyal fonksiyonu bulunur. Bazı işletmelerde üç kesimli sinyalizasyon da kullanılır. Bu durumda ana sinyaldeki ön sinyal fonksiyonu izleyen iki ana sinyal hakkında bilgi verir. Üç kesimli sinyalizasyon, genelde yüksek hız veya aşırı trafik nedeniyle fren mesafesi ön sinyal mesafesini aşan tren hareketlerinin gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır.

2.4.3 İşgal Süreleri Diyagramı

Bir hat kesiminin (örneğin blok kesimi, seyir yolu) işgal süresi, hat kesiminin belirli bir seyir için ayrıldığı ve diğer seyirlere kapalı olduğu süredir.

Bir blok kesiminin işgal süresi iki zaman noktasıyla sınırlıdır. İşgal süresinin başlangıcında, blok kesiminin girişindeki ana sinyal, izleyen tren için dur komutunu hemen iletmez. İzleyen

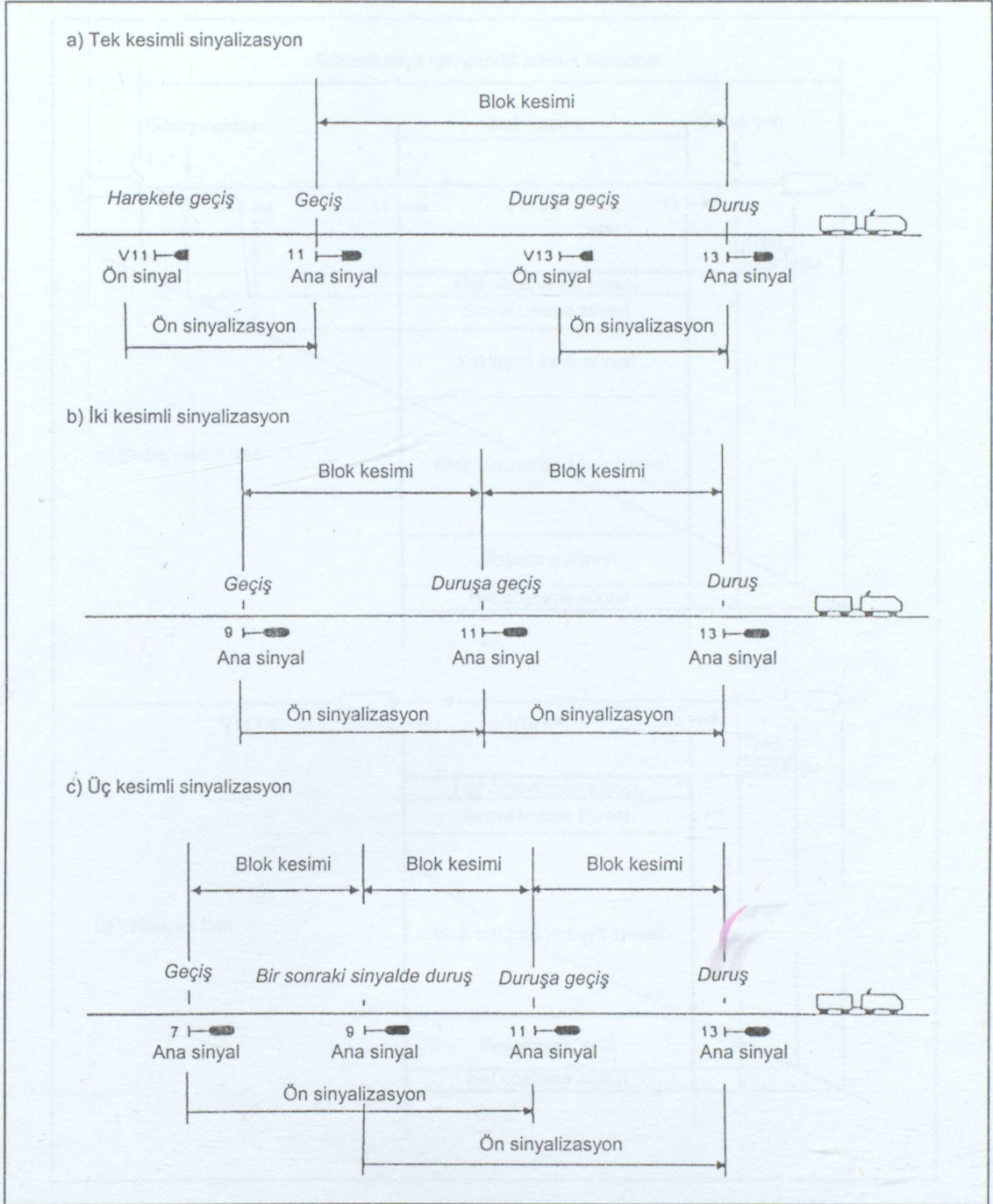
tren ön sinyale yeterince uzaktır. Blok kesiminin izleyen trene açılmasıyla işgal süresi sona erer.

Geçiş yapan bir trene ait blok kesimi işgal süresi aşağıdaki bileşenlerden oluşur (Şekil 2.18):

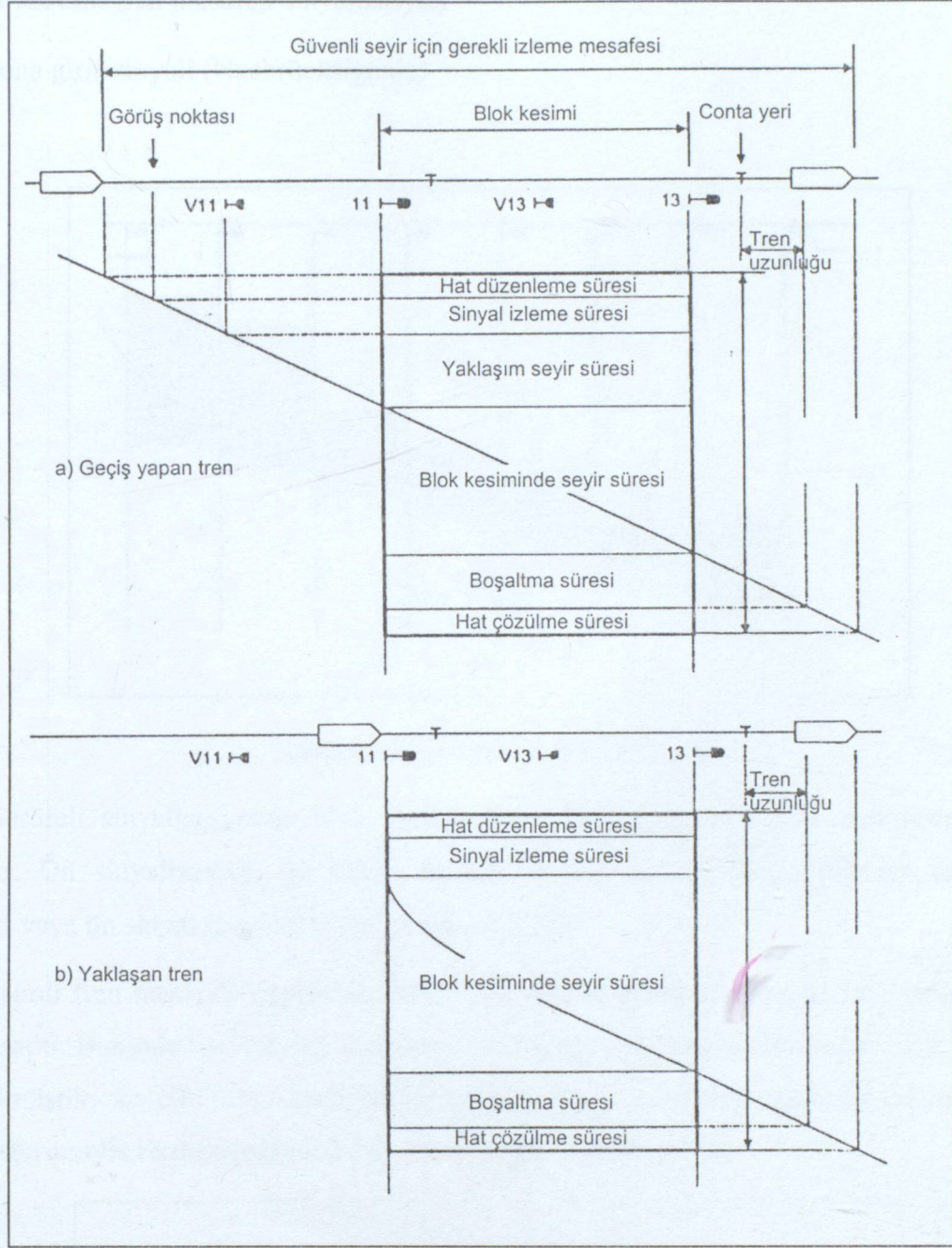
- *Hat düzenleme süresi*, sinyalin geç konumuna getirilmesi için gerekli kontrol veya teknik reaksiyon süresidir,
- *Sinyal izleme (görüş) süresi*, makinistin ön sinyali algılayabilmesi için gerekli süredir (yaklaşık 0,2 dak.),
- *Yaklaşım seyir süresi*, ön sinyalle ana sinyal arasında geçen seyir süresidir,
- *Blok kesiminde seyir süresi*, iki ana sinyal arasındaki seyir süresidir,
- *Hat boşaltma süresi*, blok kesiminin sonundaki sinyalin geçilmesiyle başlar, tren son dingilinin conta yerini (blok boşaltma mesafesinin bitimi) tamamen geçmesiyle sona erer,
- *Hat çözülme süresi*, normal konuma geçiş için gerekli kontrol veya teknik reaksiyon süresidir.

Meydana gelen işgal süresi, aynı zamanda, tren çizgileri paralel (yani zaman-yol eğrileri aynı eğimde) olan iki tren için, blok kesiminde teknik olarak mümkün en küçük (minimum) izleme süresidir. Blok kesiminin başlangıcındaki sinyale yaklaşan bir trenin işgal süresinde (örneğin trafik nedeniyle durma sonrasında) yaklaşım seyir süresi hesaba katılmaz. Bu durumda ana sinyalin algılanması için sinyal izleme (görüş) süresi kullanılır.

Seyir hareketine ait blok kesimi işgal süreleri, işgal süresi basamaklarıyla gösterilir (Şekil 2.19). İşgal süresi basamakları bir hattın işletiminin en uygun gösterimidir. Sabit veya bağlı fren mesafeli seyir durumunda basamaklı gösterim sürekli bir işgal süresi şeridine dönüşür.



Şekil 2.17 Ön sinyalizasyonun çalışma prensibi



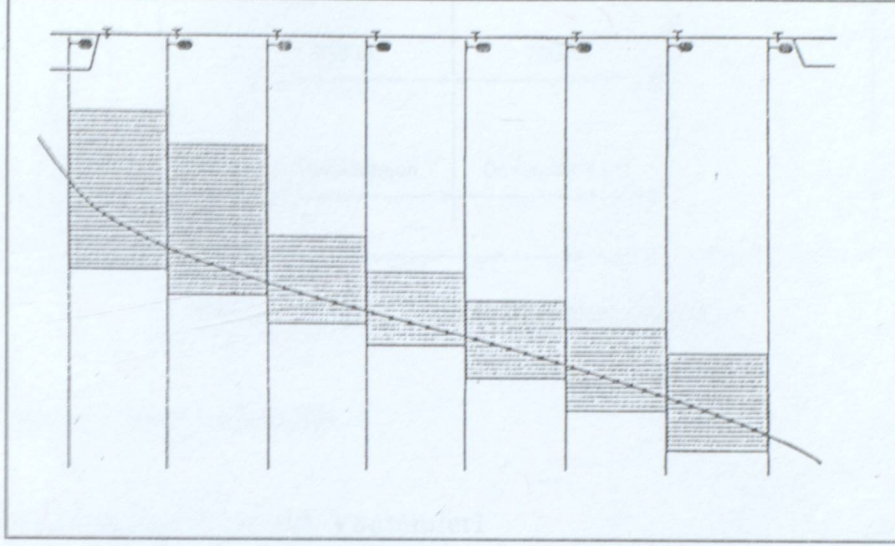
Şekil 2.18 Bir blok kesimine ait işgal süreleri

2.4.4 Kısaltılmış Blok Kesimleri Sinyalizasyonu ile Hat Kapasitesinin Arttırılması

Dur konumundaki bir sinyalin normal fren mesafesinde ön sinyal bulundurması gereğinden dolayı, klasik sinyalizasyonda normal fren mesafesi, blok kesimi uzunluğu için alt sınır olmaktadır. Yoğun tren izlemelerinin gerçekleştirildiği hatlarda (örneğin kentiçi hızlı raylı sistemlerde) yeterli kapasitenin sağlanması için normal fren mesafesinin altında blok kesimi uzunluğu öngörülür. Bu amaçla bir dizi özel sinyalizasyon yöntemleri geliştirilmiştir:

- Yarı mesafeli sinyalizasyon

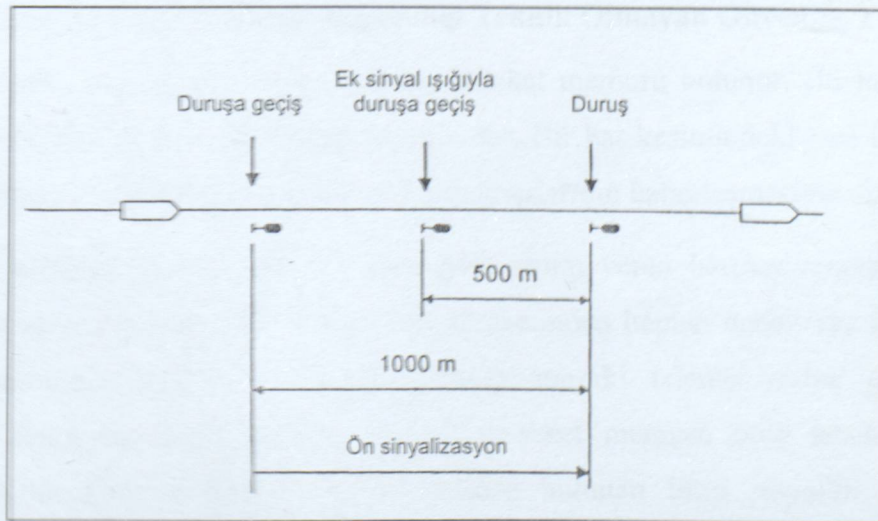
- Çok kesimli fren mesafeli sinyalizasyon
- Perona giriş sinyali (Nachrückssignale)



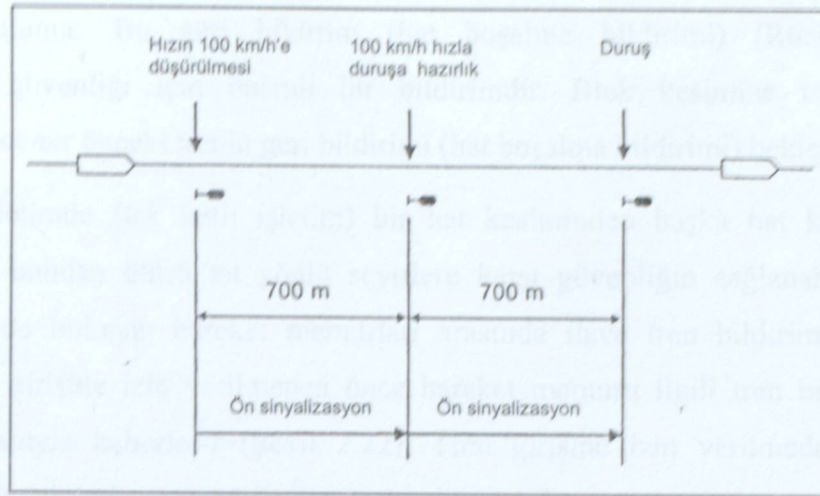
Şekil 2.19 İşgal süresi basamakları

Yarı mesafeli sinyalizasyonda blok kesimi uzunluğu ön sinyalizasyon mesafesinin yarısı kadardır. Ön sinyalizasyon iki kesim halinde gerçekleştirilir, arada bulunan ana sinyal kapatılır veya ön sinyal işaretini tekrarlar (Şekil 2.20).

Çok kesimli fren mesafeli sinyalizasyonda, blok kesimi uzunluğu normal fren mesafesinden daha kısadır. Bununla birlikte, dur konumundaki sinyal için yalnızca bir kesim önce ön sinyal öngörülmüştür. Yeterli fren uzunluğunun sağlanabilmesi için fren mesafesi, basamaklı hız sinyalizasyonu ile birden fazla blok kesimine dağıtılır (Şekil 2.21).



Şekil 2.20 Yarı mesafeli sinyalizasyon



Şekil 2.21 Çok kesimli frenleme prensibi

2.4.5 Sabit Aralıklı Seyir Güvenliği

2.4.5.1 Teknik Olmayan Güvenlik Yöntemleri

Güvenlik yöntemlerinin teknik olmaması, izlemenin görevli demiryolu personeli tarafından gerçekleştirildiği anlamına gelir. Tren izlemelerinin düzenlenmesinden sorumlu demiryolu personeli, telsiz araçlarıyla haberleşir. İşletim süreci önceden yazılı belgelerle belirlenir. Bazı işletmelerde tren izlemelerinin düzenlenmesi için farklı yöntemler kullanılır.

Teknik olmayan güvenlik yöntemleri, temel olarak iki grupta ele alınır:

- Kontrolün yerel olarak sağlandığı yöntemler,
- Kontrolün bir merkezden sağlandığı yöntemler.

2.4.5.1.1 Kontrolün Yerel Olarak Sağlandığı Teknik Olmayan Güvenlik Yöntemleri

Bu yöntemlerde işletim yerlerinde yerel bir hareket memuru bulunur. Bu hareket memuru, kendi bölgesindeki işletim sürecinden sorumludur. Bir hat kesimindeki tren izlemesi, bu hat kesimine komşu iki işletim yerindeki hareket memurlarının haberleşmesiyle düzenlenir.

Tek yönlü işletimde trenin blok kesimine giriş iznini veren hareket memuru, bir sonraki izleme yerindeki (yönetmeliklere göre tren hareketinden hemen önce veya kalkıştan sonra) hareket memuruna bildirimde bulunur. Trenin sonraki izleme yerine girişinden veya geçişinden sonra bu blok yerinden sorumlu hareket memuru blok kesiminin boşaltılıp boşaltılmadığını kontrol eder ve conta yerinde bulunan bitiş sinyalini (Schlusssignal) izleyerek blok boşaltma mesafesinin boşaltıldığından emin olduktan sonra sinyali dur konumuna getirerek boşalan blok kesiminin çözülmesi için gerideki hareket memuruna

bildirimde bulunur. Bu geri bildirim (hat boşalma bildirimi) (Rückmeldung), tren izlemelerinin güvenliği için önemli bir bildirimdir. Blok kesimine tren girişine izin verilmeden önce bir önceki trenin geri bildirimi (hat boşalma bildirimi) beklenir.

Çift yönlü işletimde (tek hatlı işletim) bir hat kesiminden başka hat kesimlerine geçiş yapılacağı ve bundan ötürü zıt yönlü seyirlere karşı güvenliğin sağlanabilmesi için tren bildirim yerinde bulunan hareket memurları arasında ilave tren bildirimleri yapılır. Hat kesimine tren girişine izin verilmeden önce hareket memuru ilgili tren bildirim yerindeki hareket memuruyla haberleşir (Şekil 2.22). Tren girişine izin verilmeden önce bir hat kesiminde aşağıdakilerin sağlandığından emin olunmalıdır:

- * Kalkış yapan son trenin geri bildiriminin (hat boşalma bildirimi) yapılmış olması,
- * Karşı yönden tren gelmemesi.

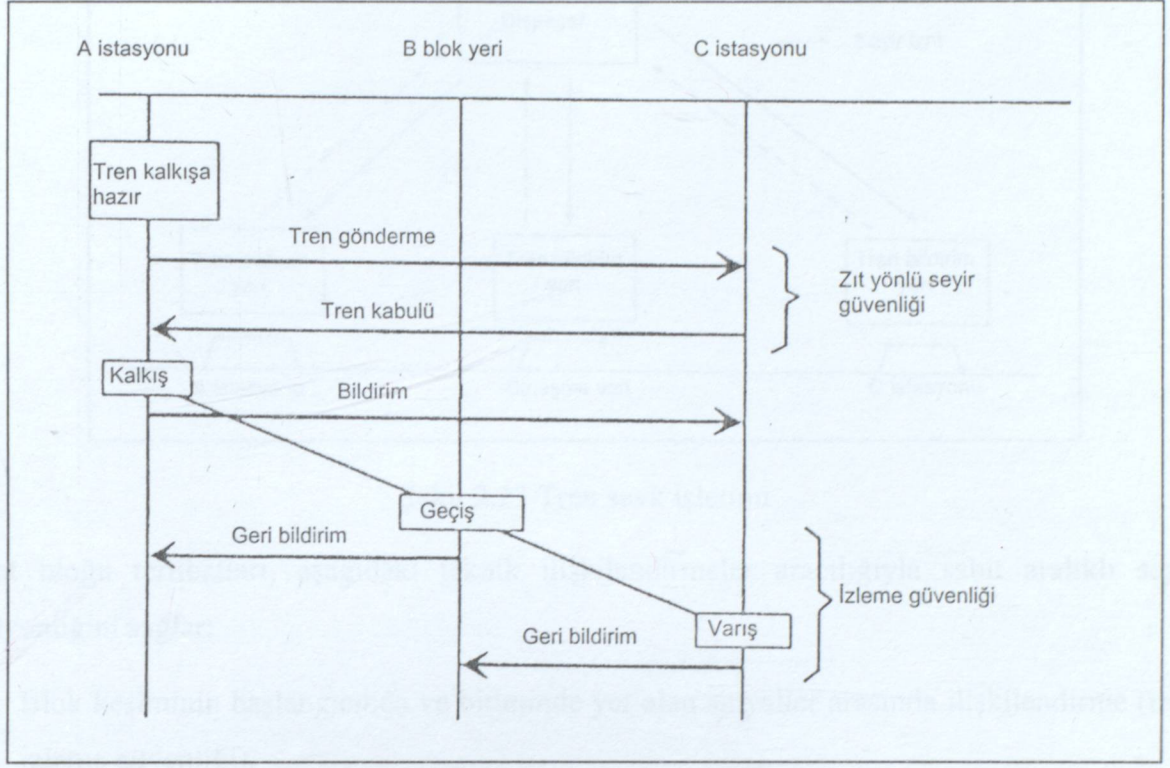
Bu tür yöntemlerde hata yapma olasılığı yüksektir. Örneğin tren numaralarının karışması veya yanlış tren bildirimleri nedeniyle boş sanılan bir hatta hatalı tren girişi yapılabilir. Almanya'da meydana gelen ciddi kazalar neticesinde teknik tren izleme güvenliği yöntemlerine geçilmiştir (Hat bloklaması). Bununla birlikte, hat bloklaması bulunan hatlarda da tren bildirimleri yapılmaktadır, ancak burada geri bildirim söz konusu değildir.

İngiltere'de buna karşılık tren bildirimlerinin, telsiz araçlarıyla değil özel blok telgraflarıyla gerçekleştirilmesi yöntemi benimsenmiştir. Bu şekilde bildirim hataları en aza indirilebilmiştir. Bu yöntemde kullanılan blok ekranları sayesinde hareket memuru renkli işaretler veya göstergelerle hattın işgal durumu hakkında bilgi alabilmektedir ("hat bloke edilmiş durumda", "hat boş", "hatta tren hareketi var"). Bu yöntem, sinyallerle teknik ilişkilendirme içermese de, telsiz bildirimlerine oranla çok daha güvenlidir.

2.4.5.1.2 Kontrolün Merkezden Sağlandığı Teknik Olmayan Güvenlik Yöntemleri

Bu yöntemde hatlar üzerindeki tren izlemeleri, işletim yerlerindeki yerel personel yerine merkezde bulunan bir hareket memuru tarafından düzenlenir. Alman Demiryolları AG'de (ve diğer ülkelerde) merkezde bulunan hareket memuruna dispeçer adı verilmektedir. Yerel işletim yerlerindeki görevliler ve tren personeli, dispeçere telsiz aracılığıyla tren bildiriminde bulunurlar, bu bildirimler dispeçer tarafından tablolu veya grafikli pusulalara kaydedilir. Dispeçer, bu pusulalara bakarak tüm hat kesimlerine ait işgal durumu hakkında en son bilgileri alır. Trenlerin bir hat kesimine girebilmesi için dispeçer tarafından seyir izni verilmelidir; dispeçer bu izinleri tren personeline telsiz aracılığıyla doğrudan veya yerel

işletim personeli aracılığıyla iletir. Bu tür hatlarda sinyaller kullanılmaz. Alman Demiryolları AG’de bu tür işletim yöntemine “tren sevk işletimi” adı verilmektedir (Şekil 2.23).



Şekil 2.22 Tren bildirimleriyle izleme güvenliğinin sağlanması

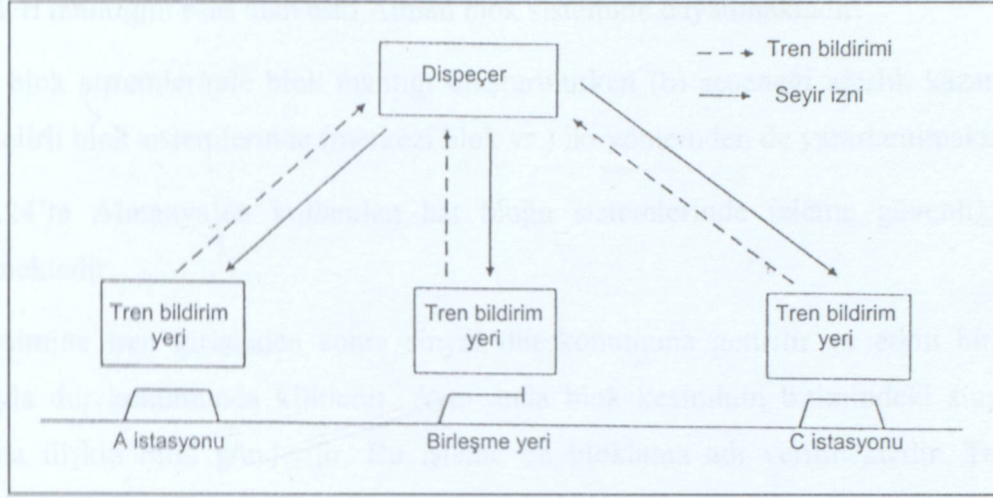
Bu yöntemin yararı daha az personel ve daha az tertibatla daha verimli işletim sağlanabilmesidir. Bununla birlikte, dispeçere düşen iş yoğunluğu artabildiğinden, tren yoğunluğu az olan hatlarda kullanılması daha uygundur. Teknik olmayan güvenlik yöntemleriyle merkezden tren yönetimi, ABD Demiryolları’nın geleneksel işletim biçimidir ve Amerika’da demiryolu ağının %50’sinde hala kullanılmaktadır. Seyir Onayı Kontrolü (TWC [Track Warrant Control]) adıyla birçok hatta kullanılmaktadır. Bu tür sistemlerde, dispeçerin aynı anda birbiriyle çelişen seyir onayları vermesinin önüne geçilir.

2.4.5.2 Teknik Güvenlik Yöntemleri

2.4.5.2.1 Hat Bloğu Kavramı

Sabit aralıklı seyir durumunda teknik güvenlik için işletim yerleri arasında düzenli işleyen bir ilişkilendirme sağlanmalıdır. Bunun için hat bloğu tertibatlarından yararlanılır. Blok tertibatı (“blok” tanımı İngilizce’deki “to block” = “bloke etme, engelleme” kelimesinden gelmektedir) denildiğinde, genel olarak demiryolu işletiminde kullanılan güvenlik tertibatları

anlaşılır. Bu güvenlik tertibatlarında sadece tren tarafından veya başka bir yerden çözülebilen kilitler bulunur.



Şekil 2.23 Tren sevk işletimi

Hat bloğu tertibatları, aşağıdaki teknik ilişkilendirmeler aracılığıyla sabit aralıklı seyir güvenliğini sağlar:

- Blok kesiminin başlangıcında ve bitiminde yer alan sinyaller arasında ilişkilendirme (tren izleme güvenliği),
- Aynı hat üzerinde bulunan komşu tren bildirim yerlerine ait sinyaller arasında ilişkilendirme (zıt yönlü seyir güvenliği).

2.4.5.2.2 Hat Mantiğının Düzenlenmesi

İzleme Güvenliği

İzleme güvenliğinin gerçekleştirilmesinde iki yöntem söz konusudur:

a) Blok kesimi normal konumdayken kapalıdır (bloke edilmiştir) ve tren hareketlerinden önce açılır ("kapalı blok").

b) Blok kesimi normal konumdayken açıktır, yalnızca işgal edildiğinde diğer tren hareketlerine kapatılır ("serbest/açık blok").

(a) seçeneğindeki yöntemde, sabit aralıklı seyir kriterleri tren geçişine izin verilmeden önce kontrol edilir. Bu yöntem, blok göstergeleri mantığını esas alan eski İngiliz blok sistemine dayanmaktadır.

(b) seçeneğindeki yöntemde, sabit aralıklı seyir kriterleri blok kesiminin boşaltılmasından sonra kontrol edilir ve hemen ardından başka tren hareketlerine açılır. Bu yöntem, tren bildirimleri mantığını esas alan eski Alman blok sistemine dayanmaktadır.

Modern blok sistemlerinde blok mantığı oluşturulurken (b) seçeneği ağırlık kazanmaktadır. Ancak belirli blok sistemlerinde (merkezi blok vs.) iki yöntemden de yararlanılmaktadır.

Şekil 2.24'te Almanya'da kullanılan hat bloğu sistemlerinde izleme güvenliği prensibi gösterilmektedir.

Blok kesimine tren girişinden sonra sinyal dur konumuna getirilir ve etkin bir kilitleme tertibatıyla dur konumunda kilitlenir. Aynı anda blok kesiminin bitimindeki sinyale, işgal durumuna ilişkin bilgi gönderilir. Bu işleme ön bloklama adı verilmektedir. Trenin blok kesimi ile blok boşaltma kesimini tamamen terk ettiğinden emin olunduktan sonra ve dur konumundaki sinyalle korumaya alındıktan sonra sinyal kilidinin kaldırılması için blok kesiminin başlangıcındaki sinyale hattın boşaltıldığı bilgisi gönderilir. Bu işlem de geri bloklama olarak adlandırılmaktadır.

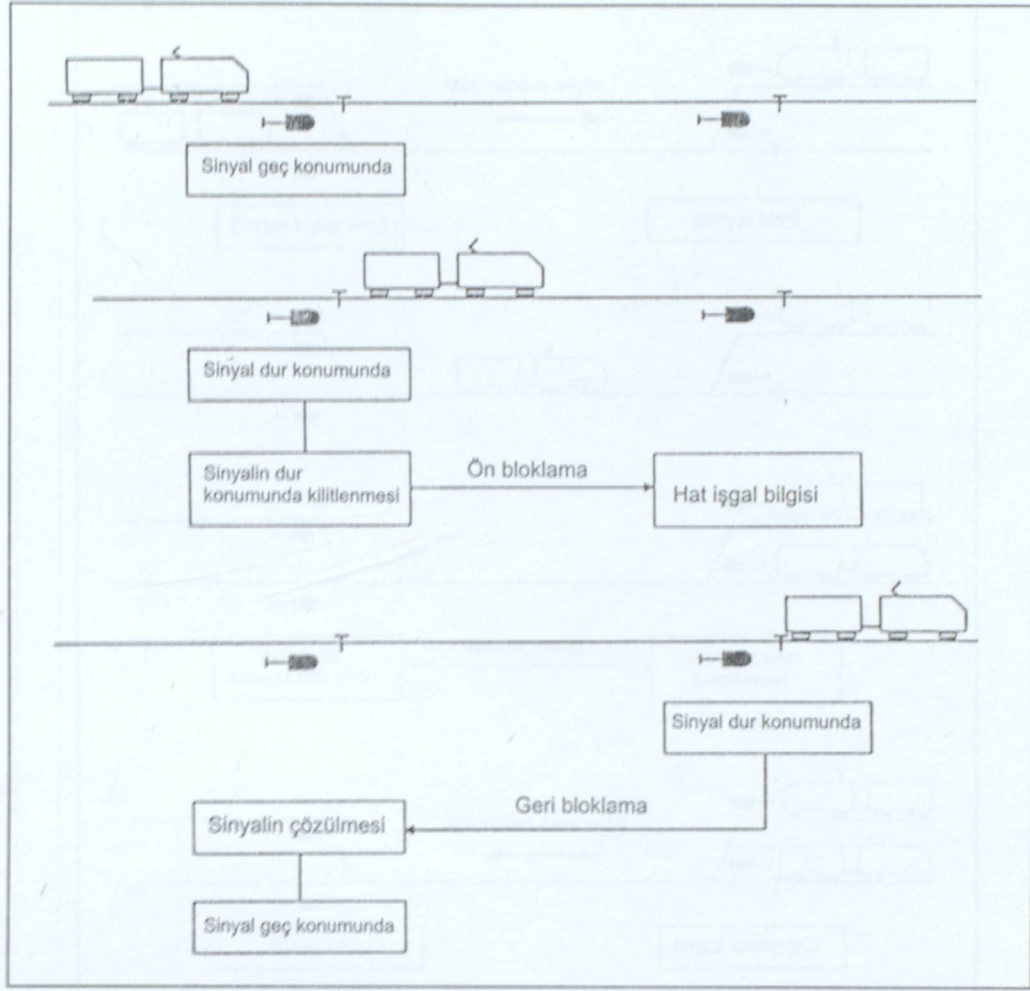
Zıt Yönlü Seyir Güvenliği

Bütün zıt yönlü seyir güvenliği tertibatlarının ortak özelliği, çift yönlü işletilen hat kesimini sınırlayan ve birbiriyle ilişkili iki tren bildirim yerinden sadece birisinin hat kesimine tren gönderme izninin olmasıdır. Bu izin iki farklı mantıksal prensibe ayrılır:

- Bağımsız izin,
- Seyir yönü izni.

Bağımsız izin uygulamasında, normalde iki tren bildirim yerinden hiçbirisinin hat kesimine tren gönderme izni yoktur. Her bir tren hareketinde ilgili tren bildirim yeri, kendisiyle ilişkili tren bildirim yerinden özel izin alır. Bu tür izin mantığının temeli, tren kabulü ve tren gönderimindeki tren bildirimlerine dayanmaktadır. Bağımsız izin uygulaması eski Alman blok sisteminin karakteristiğidir, ancak günümüzde uygulanmamaktadır.

Seyir yönü izninin uygulanmasında, hat için izin verilen seyir yönü düzenlenir (izin verilen yön). Bu yönde istenen sayıda tren işletilebilmektedir. Sadece izin verilen yön değiştirilirken işlem gerektirir. Seyir yönü izni tüm modern blok sistemlerinde kullanılmaktadır.



Şekil 2.24 Almanya’da bloklama sisteminde izleme güvenliği prensibi

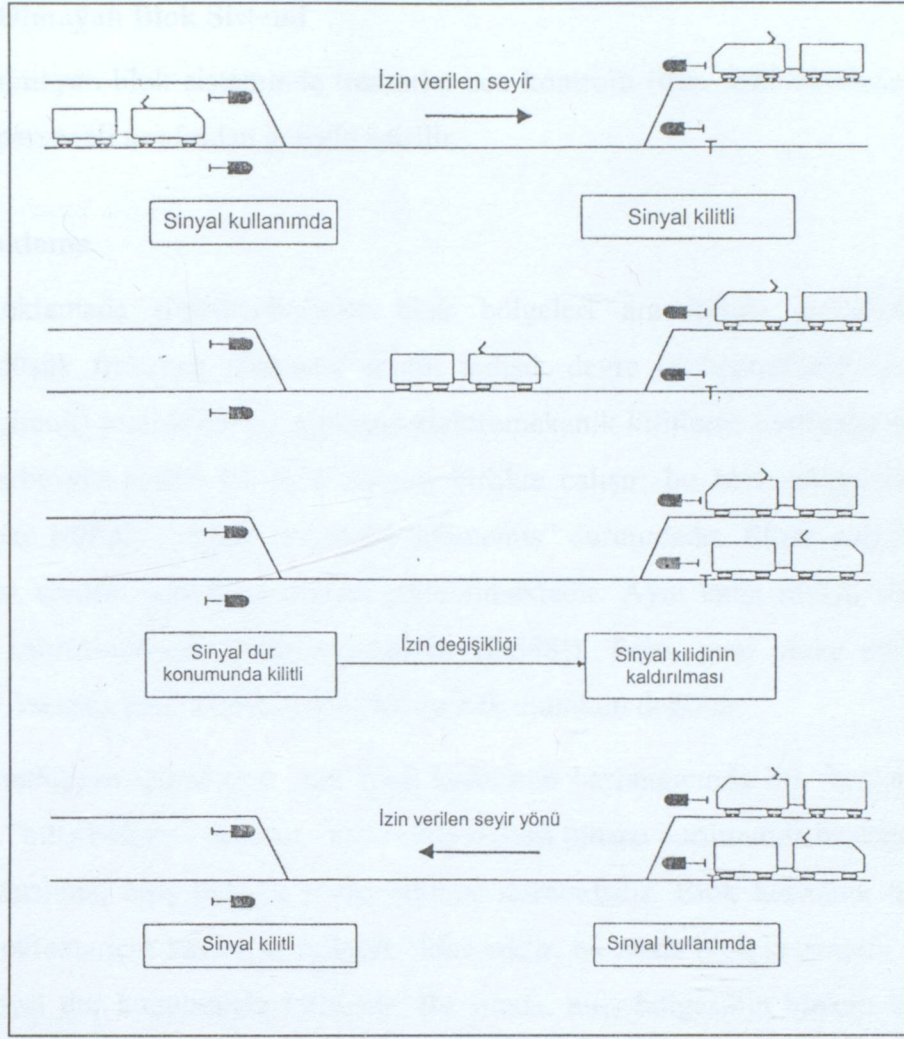
İzin değişikliğinin gerçekleştirilmesine bağlı olarak iki temel yöntemden söz edilebilir:

- “İşaret”li yöntemler,
- “İşaret”siz yöntemler.

İşaretleli yöntemlerde her bir hat kesimi için fiziksel markalar (İngilizce’de “token”) kullanılır. Yalnızca markalara erişebilen hareket memurunun tren geçişine izin verme yetkisi vardır. İznin değiştirilmesi için marka, trene verilir. İşaretlerle sinyaller arasında teknik ilişkilendirme olabilir veya markalar elektrikli blok tertibatıyla ilişkilendirilebilir. Bu işaretlerin kullanımı, eski İngiliz güvenlik sistemlerine özgüdür.

İşaretsiz yöntemde izin değişikliği blok elektriği kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde fiziksel markalar yerine bilgiden yararlanılır. Almanya’da blok sistemi başından itibaren markasız olarak kullanılmıştır. Modern blok sistemlerinde de fiziksel markalar kullanılmaz.

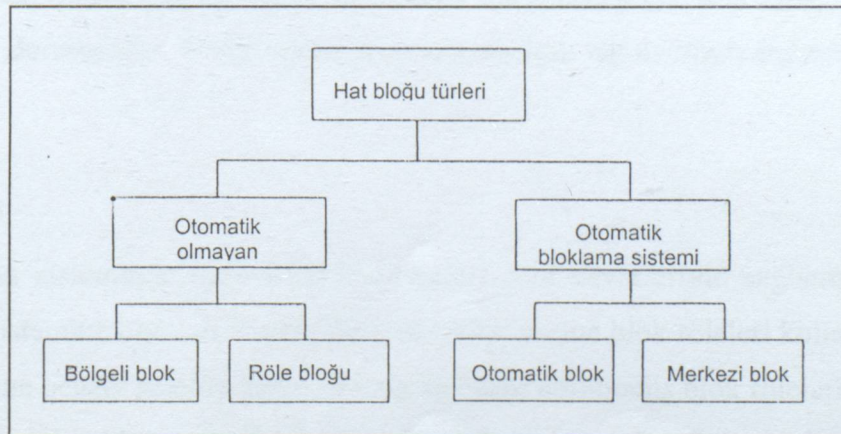
Şekil 2.25’te Almanya’daki blok sistemlerinde (markasız seyir yönü izni) kullanılan zıt yönlü seyir güvenliği prensibi gösterilmektedir.



Şekil 2.25 Almanya’da hat bloklarında zıt yönlü seyir güvenliği prensibi

2.4.5.2.3 Hat Blokları Tekniği

Burada, blok tekniklerinin fazlalığı nedeniyle sadece Alman Demiryolları AG’de uygulanan hat bloğu türleri anlatılacaktır. Teknik özellikleri bakımından hat bloğu tertibatları aşağıdaki Şekil 2.26’da gösterilen gruplara ayrılmaktadır:



Şekil 2.26 Hat bloğu tertibatlarının dağılımı

Otomatik Olmayan Blok Sistemi

Otomatik olmayan blok sisteminde tren arka ucu kontrolü (tren sonu lambasının izlenmesi) demiryolu personeli tarafından gerçekleştirilir.

Bölgeli Bloklama

Bölgeli bloklamada ilişkilendirmeler blok bölgeleri aracılığıyla gerçekleştirilir. Blok bölgeleri, düşük frekanslı alternatif akımlı ardışık devre (Schrittschaltwerken=succcessive sequential circuit) prensibine göre çalışan elektromekanik kilitleme tertibatlarıdır. Çoğu blok kilidinde birbiriyle ilişkili iki blok bölgesi birlikte çalışır; bu blok bölgelerinden biri her zaman “bloke edilmiş”, diğeri de “bloke edilmemiş” durumdadır. Bloke edilmemiş olan bir blok bölgesi kontrol panelinden bloke edilebilmektedir. Aynı anda ilişkili blok bölgesinin blokajı da kaldırılmaktadır (orijinal metinde [PG88]). Ters, yani bloke edilmiş bir blok bölgesinin blokajını kontrol panelinden kaldırmak mümkün değildir.

İzleme güvenliğinin sağlanması için, blok kesiminin başlangıcında bir “başlangıç bölgesi”, sonunda da “bitiş bölgesi” bulunur. Hattın boş/serbest olması durumunda başlangıç bölgesinin blokajı kaldırılmış, bitiş bölgesi bloke edilmiş durumdadır. Blok kesimine tren girişinden sonra ön bloklama için başlangıç bölgesi bloke edilir, bu arada blok kesiminin başlangıcında bulunan sinyal dur konumunda kilitlenir. Bu sırada, bitiş bölgesinin blokajı kaldırılır. Geri bloklama için bitiş bölgesi bloke edilir, bu şekilde, başlangıç bölgesinin blokajı kaldırılarak blok kesiminin başlangıcındaki sinyal kilidi kaldırılmış olur. Normal konumda bloke edilmiş olan bitiş bölgesinin kilitleme oluşturmaması amacıyla bitiş bölgesi sadece geri bloklama için kullanılır. Blok sinyali, normal konumdayken “dur” işareti verir ve kilitli değildir.

Zıt yönlü seyir güvenliğinin sağlanması için birbiriyle ilişkili blok bölgeleri prensibinden yararlanır. İki tren bildirim yerinde de bir “izin bölgesi” bulunur. İzin yetkisi olan tren bildirim yerindeki izin bölgesi bloke edilmemiş durumda, diğeri tren bildirim yerindeki ise bloke edilmiş durumdadır. Bloke edilen izin bölgesi ilgili hat üzerinde bulunan tüm sinyalleri kilitler.

Röle Blokları

Röle bloklama sisteminde blok ilişkilendirmeleri röle devreleriyle sağlanır. Blok mantığı bölgeli blok sistemine benzemektedir. Blok bölgeleri yerine blok röleleri kullanılır. Burada da blok bölgelerine benzer şekilde bloke edilmiş ve bloke edilmemiş blok röleleri söz konusudur. Bölgeli bloklamada olduğu gibi, blok röleleri teknik fonksiyonları bakımından başlangıç, bitiş ve izin bölgeleri olarak tanımlanmaktadır. Kontrol yöntemi, bölgeli bloklamadan farklı olarak

otomatikleştirilmiştir ve geri bloklama işlemi gerektirmemektedir. Bu tür röle bloklarına bu nedenle yarı otomatik blok adı da verilmektedir. Bunun dışında, blok bilgilerinin kodlanmış elektrik sinyalleri olarak iletildiği elektronik sistemler de mevcuttur (taşıyıcı frekans bloğu).

Otomatik olmayan blok tertibatlarının oluşturulmasında aşağıdakilere dikkat edilmelidir:

a) Blok Kesiminin Başlangıcında

* Ön bloklamanın unutulması veya hatalı yapılması durumunda tehlike meydana gelmemelidir. Bu amaçla, sinyalin dur konumuna getirilmesinden sonra, ön bloklama yapılmadan dahi otomatik sinyal kilitlemesi meydana gelmeli, bu şekilde sinyalin kullanılması engellenmelidir.

* Tren geçişlerine açık olan istasyon hatlarında çıkış sinyali tren geçişinin tamamlanmasından sonra otomatik olarak dur konumuna gelmeli, bu şekilde izleyen trenin buradan geçişi önlenmelidir.

* Tren girişi gerçekleşmeden hatalı ön bloklama yapılması engellenmelidir. Aksi takdirde, meydana gelen sinyal kilitlemesinin geri alınamaması nedeniyle engelleyici durumlar oluşabilir.

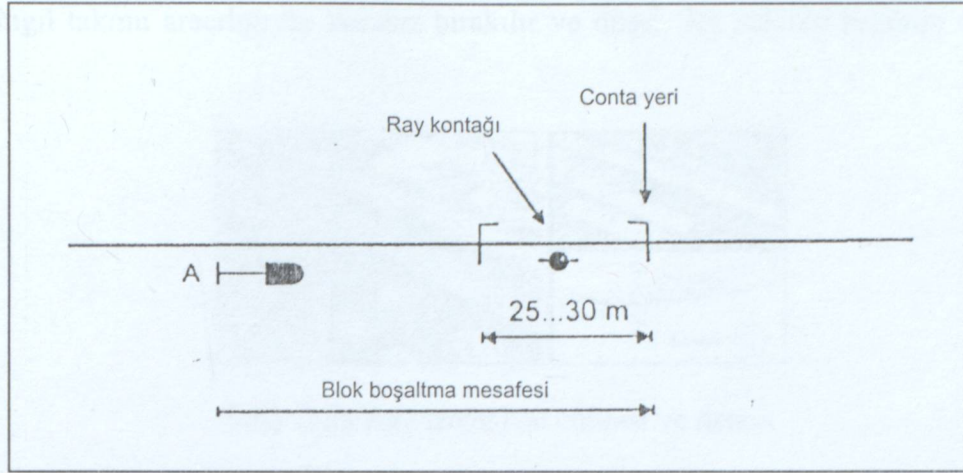
b) Blok Kesiminin Sonunda

* Geri bloklama yalnızca sinyal dur konumundayken gerçekleştirilebilmelidir (düzenleme tertibatı ve sinyal görünüşü ile).

* Henüz boşaltılmamış bir hat kesiminin yanlışlıkla çözülmemesi için, geri bloklama, trenle ilişkilendirilmelidir.

Trenle ilişkilendirmede “izole raylar” kullanılır. Çoğunlukla “Ray devresi” kavramıyla karıştırılan izole ray, tek raylı bir izole ray devresiyle (25-30 m) birlikte kullanılan bir ray kontağından meydana gelmektedir (Şekil 2.27).

Geri bloklamanın çözülmesi ray devresi geçildikten sonra, ray kontağının çalışmasıyla gerçekleşir. Ray devresi geçilip serbest kaldıktan sonra son-dingil-kriteri meydana gelir. Ray kontağının üzerinden geçildiğinde kısa devre meydana gelir ve geri bloklama kaldırılır (Ray rölesinin düşmesi ve yeniden çekilmesi).



Şekil 2.27 İzole ray

c) İzin Değişikliğinde

* İzin, sadece hat üzerindeki tüm sinyaller dur konumundayken ve hat boş durumdayken (hattın boş olması = arada bulunan tüm blok kesimlerine ait başlangıç bölgelerinin blokajlarının kaldırılmış olması) verilebilmelidir.

Arada bulunan tüm blok başlangıç bölgelerinin bloke edilmemiş konumda olması hattın serbestliği için ölçüt alındığından, ön bloklamanın unutulması tehlikelidir. Bu nedenle bu blok yerlerinde geri bloklama yapılırken bir sonraki kesimin ön blokaması da yapılmalıdır.

Bu ilişkilendirmeler sayesinde, conta yeri gözlenmediği takdirde hatalı işlem yapılsa da sadece geri bloklama yapılmamış olur. Bu hata, sadece bu arada tren personelinin gözünden kaçan (ender rastlanan) tren kopmaları gerçekleşirse tehlike oluşturur.

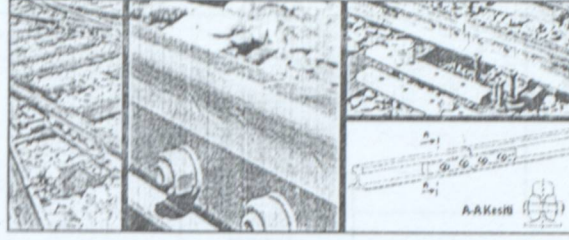
Otomatik Bloklar

Otomatik blok sisteminde insanlar yer almaz. Blok kesiminin ve blok boşaltma kesiminin boş olup olmadığı, hat serbestliği bildiren tertibatlarla sağlanır. Hat serbestliği bildiren tertibat olarak aşağıdakilerden yararlanılır:

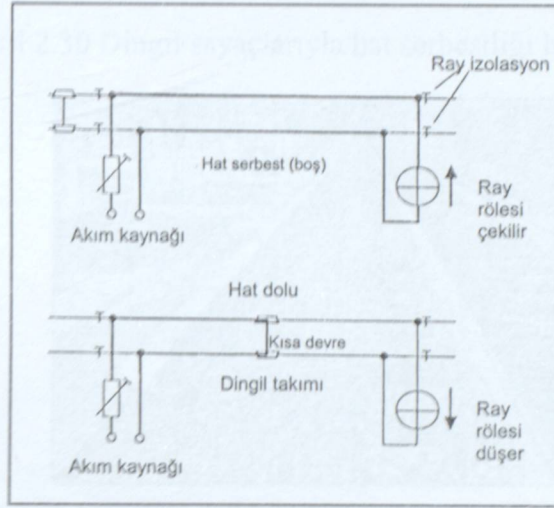
- Ray devresi,
- Dingil sayacı.

Ray devreleriyle hat serbestliğinin bildirilmesi amacıyla hat üzerindeki iki ray da izole edilir (Şekil 2.29). Hat serbestliği bildiren kesimler izolasyon contalarıyla birbirinden ayrılmıştır. Hat serbestliği bildiren kesimin bir tarafındaki (besleme tarafı) iki raya akım verilir, bu akım, diğer taraftaki kesimde (röle tarafı) ray rölesini çeker (röle kontağını çektirir). Kesimde bir tren bulunduğu takdirde, bu trenin dingilleri, akım devresinde kısa devre meydana getirir. Ray

rölesi, dingil takımı aracılığıyla akımsız bırakılır ve düşer. Bu şekilde kesimin dolu olduğu anlaşılır.



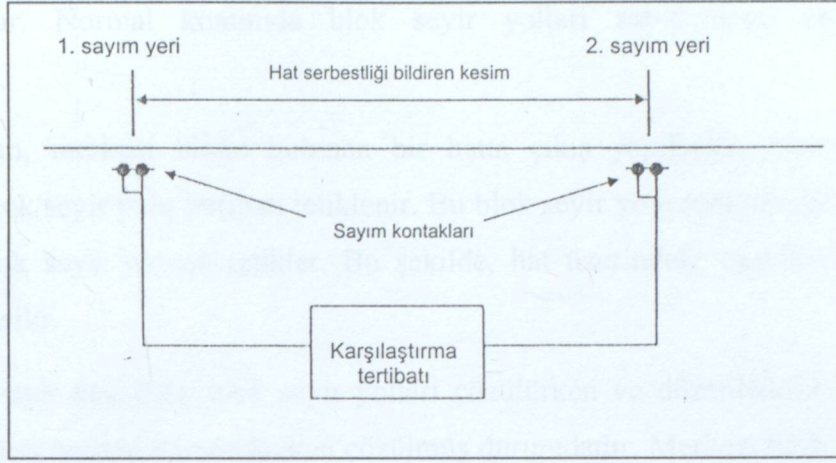
Şekil 2.28 Ray izolasyon contası ve detayı



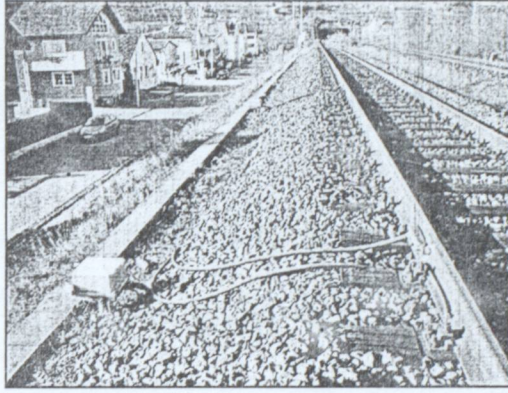
Şekil 2.29 Ray akım devresi

Dingil sayaçlarının kullanılmasında rayların izole edilmesine gerek yoktur. Hat kesiminin başlangıcında ve sonunda kesime giren ve kesimden çıkan dingilleri sayan dingil sayaç kontaktarı bulunur. Bir karşılaştırma tertibatıyla kesimin başlangıcındaki ve sonundaki sayım sonuçları karşılaştırılır. Giren dingil sayısı ile çıkan dingil sayısı eşit çıktığı takdirde kesim boş/serbest olarak bildirilir (Şekil 2.30). Dingil sayaç kontaktarı, giriş ve çıkış sayımlarının yön duyarlı gerçekleşmesi için (kontakten geçen dingilin, örneğin hatta durmak için gelen trenlerde olduğu gibi, bir kereden fazla sayılmaması için) çift kontak olarak uygulanır.

Otomatik blok ve merkezi blok arasındaki fark, hat üzerindeki kontrol tertibatlarının düzenlenmesinden ve blok mantığının oluşturulmasından ileri gelir.



Şekil 2.30 Dingil sayaçlarıyla hat serbestliği bildirimi



Şekil 2.31 Dingil sayacı örneği

Otomatik blok sisteminde, blok sinyaline ait kontrol tertibatları hat üzerinde merkezi olmayan kilitleme kutularında (Schaltschraenken = switch boards) bulunur. Sinyal, normalde dur konumundadır. Sinyal geç konumuna getirilirken blok kesiminin ve blok boşaltma kesiminin boş olup olmadığı sürekli olarak kontrol edilir. Otomatik olmayan blok sisteminde söz konusu olan ve sabit aralıklı seyir kriterlerinin kontrolü için bir kez uygulanan geri bloklama prosedürü burada uygulanmaz. İzlenen trenin dur konumundaki bir sinyalle korunması kontrolü, klasik geri bloklama şeklinde uygulanır; burada sinyal geç konumuna getirilmeden önce bir sonraki sinyalin dur konumunda olup olmadığı kontrol edilir.

Merkezi Blok Sistemi

Merkezi blok sisteminde hat üzerindeki kontrol tertibatları bir yerde (genelde komşu bir kumanda merkezinde) yoğunlaşmıştır. Blok mantığı, hat mantığı prensibine dayanır. Her bir blok kesiminde, ön koşul olarak sinyal geç konumundayken sabitlenen, blok kesiminin boşaltılmasından ve izleyen sinyalin dur konumuna getirilmesinden sonra çözülen blok seyir

yolları bulunur. Normal konumda blok seyir yolları sabitlenmez ve sinyaller dur konumundadır.

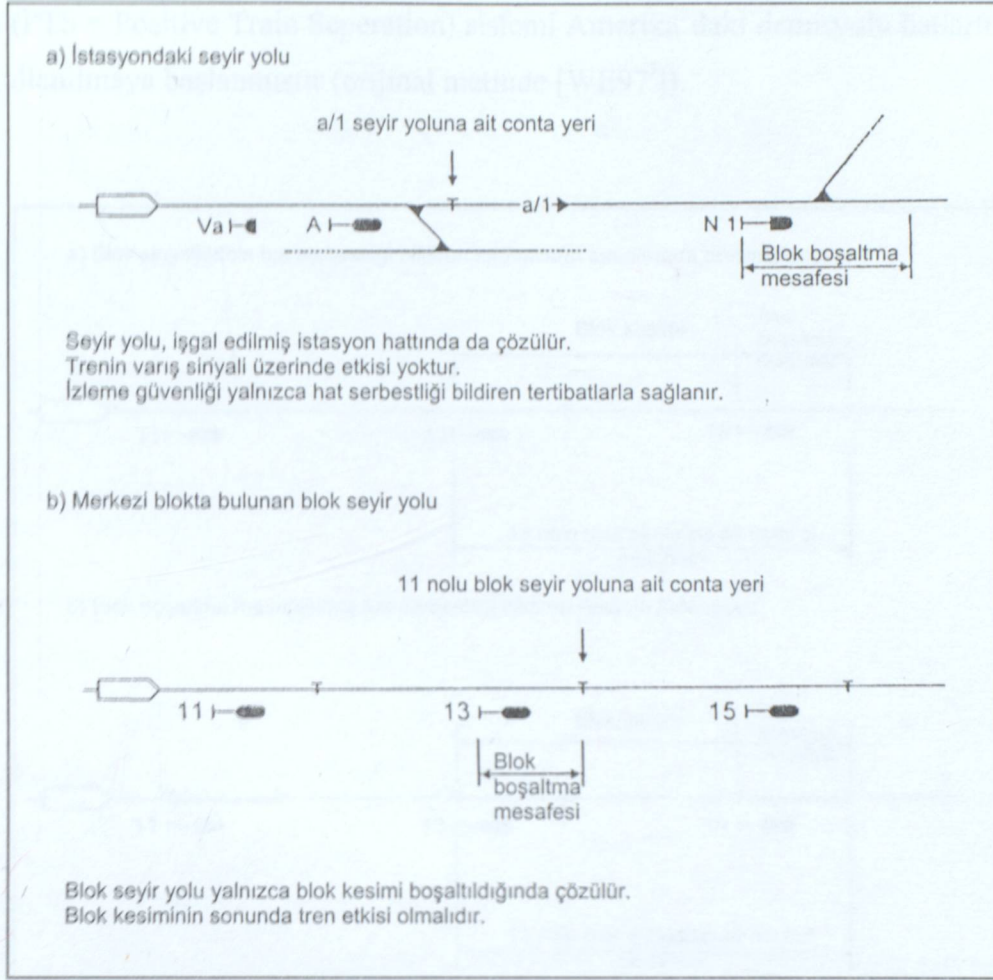
Bir istasyondan, merkezi bloğu bulunan bir hatta çıkış yapılacağı zaman, birinci blok kesimine ait blok seyir yolu tertibatı tetiklenir. Bu blok seyir yolu tertibatı da otomatik olarak bir sonraki blok seyir yolunu tetikler. Bu şekilde, hat üzerindeki tüm blok sinyalleri geç konumuna getirilir.

Sabit aralıklı seyir koşulları, blok seyir yolları çözülürken ve düzenlenirken kontrol edilir. Blok seyir yolları normal konumdayken çözülmüş durumdadır. Merkezi blok uygulamasında, şimdiye kadar sözü edilen tüm Alman blok sistemlerinde kullanılan ve normal konumda blok kesiminin çözülmüş olduğu blok mantığı terk edilmiştir. Bu sistemde, işgal edilmiş blok kesiminde bulunan blok seyir yolu sabitlenerek tren izlemelerinin güvenliği sağlanır. İstasyondaki izleme güvenliği ise yalnızca hat serbestliği bildiren tertibatlarla sağlanır (Şekil 2.32).

Otomatik blok tertibatlarında blok boşaltma mesafesinin düzenlenmesi için üç yöntem söz konusudur (Şekil 2.33):

- Blok sinyalleri öyle düzenlenmelidir ki, blok boşaltma mesafesi, hat serbestliği bildiren tertibatların (ray izolasyon contası veya dingil sayacı kontakları) sınırları arasında yer almalıdır,
- Blok boşaltma mesafesi için özel bir hat serbestliği bildiren tertibat öngörülmelidir,
- İzleyen blok kesiminin tamamı blok boşaltma mesafesi olarak kullanılmalıdır.

Blok boşaltma mesafesinin kendine ait bir hat serbestliği bildiren tertibatının olması, tren geçişinden sonra sinyallerin otomatik olarak dur konumuna gelmesini; ayrıca, sinyalin dur konumundan çıkarılması için ray devresinin kullanılabilmesini sağlar. Sonraki blok kesiminin tamamının blok boşaltma mesafesi olarak kullanılması uygulaması, kentiçi hızlı raylı sistemlerde blok sıklığı artırılarak (yer yer trenden daha küçük uzunlukta) yaygınlaştırılmıştır (orijinal metinde [GR97]).

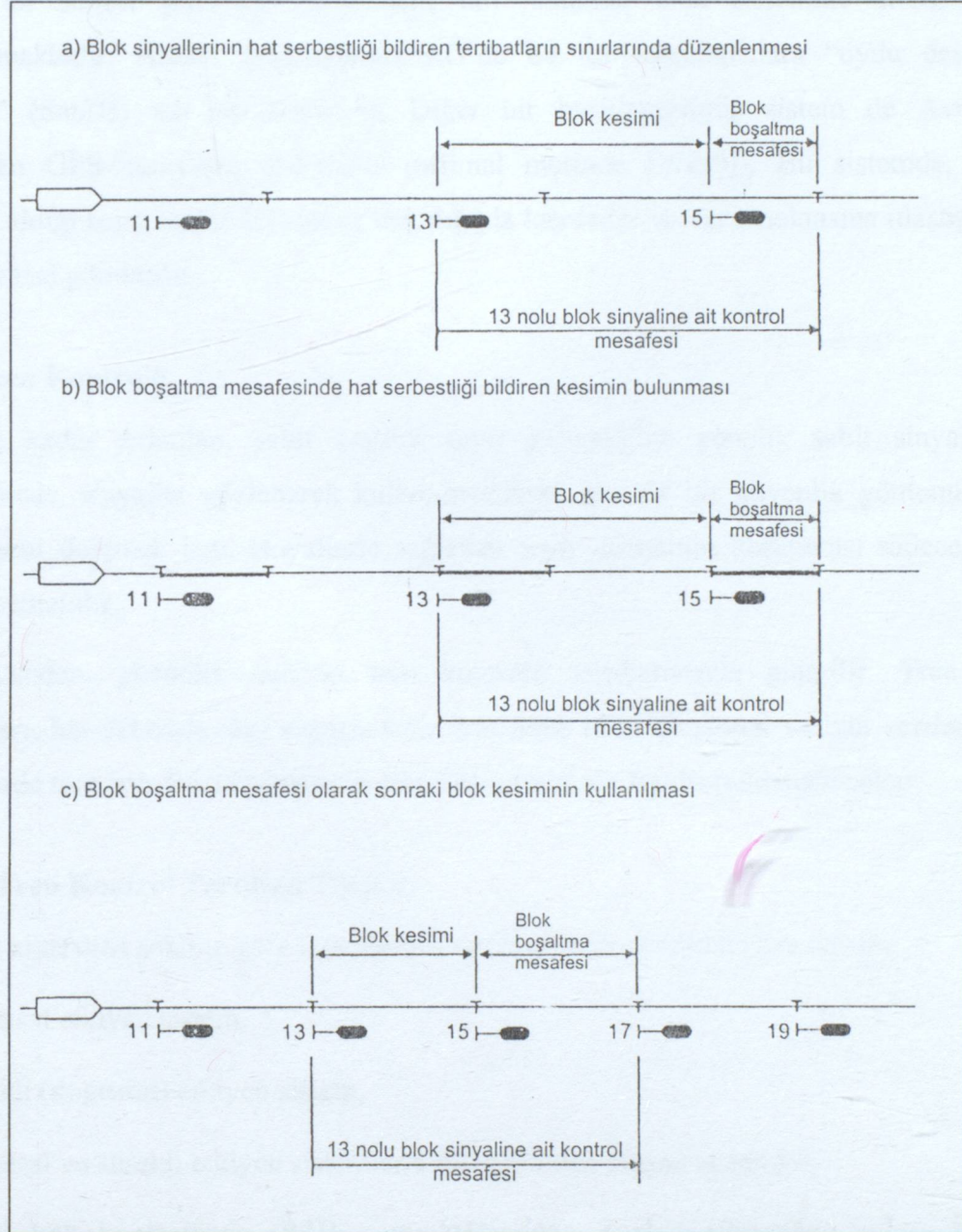


Şekil 2.32 Merkezi blokta bulunan bir blok seyir yoluyla istasyondaki bir seyir yolu arasındaki karşılaştırma

2.4.5.2.4 Tren İzleme Güvenliğinin Tali Hat Bloklarına Alternatif Olarak Uydu Desteğiyle Sağlanması

Blok tertibatlarının düzenlenmesi sadece tren izlemelerinin yoğun olduğu hatlarda yarar sağlamaktadır. Bununla birlikte, izleme güvenliğinin hala teknik olmayan yöntemlerle sağlandığı tren yoğunluğu az hatlarda, teknik yöntemlerden yararlanılarak güvenliğin iyileştirilmesi ihtiyacı devam etmektedir. Tali hatlar için basitleştirilmiş blok sistemleri, maliyetinin yüksek olması nedeniyle pek elverişli değildir. Küresel Konumlandırma Sistemi'nde (GPS = Global Positioning System) kullanılan uydu destekli konumlandırma sistemi, tren izlemelerinin güvenliği için de kullanılmaya başlamıştır. Özellikle birkaç trenin önden çarpışmasıyla meydana gelen ağır kazalardan sonra, ABD'de, güvenliği teknik olmayan yöntemlerle sağlanan tek hat işletmeciliği bu yönde ilerlemiş ve Pozitif Tren

Açıklığı (PTS = Positive Train Separation) sistemi Amerika'daki demiryolu hatlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (orijinal metinde [WE97¹]).



Şekil 2.33 Otomatik blok tertibatlarında blok boşaltma mesafesi düzenleme yöntemleri

Bu sistemin temel fikri, kullanılan izleme güvenliği yöntemlerine ek olarak, potansiyel tehlike durumlarını bildiren GPS'ye dayalı bir kontrol sisteminin düzenlenmesidir. Eklenen bu kontrol sistemi, geleneksel güvenlik stratejilerinden oldukça farklıdır. Farkı, potansiyel tehlike arz eden ve bu nedenle izin verilmeyen tren geçişinin hemen engellenmemesidir. Trenler harekete geçtiklerinde ve birbirlerine tehlike oluşturacak mesafede yaklaştıktan sonra, sistem, acil durma komutları göndererek ilgili trene müdahale eder. Bu sistem, aynı zamanda

geleneksel güvenlik tertibatlarıyla donatılmış hatlara kaplayıcı sistem (overlay system) olarak yerleştirilebilmekte, bu sayede işletim hatalarından kaynaklı tehlikeler kaza meydana gelmeden önce önleildiği için güvenlik artmaktadır (orijinal metinde [PA99]).

Avrupa'da benzer güvenlik yöntemleri, tali hatlarda, blok sistemine alternatif olarak kullanılmaktadır. Alman Demiryolları AG'de bu tür uygulamalara "uydu destekli tren işletimi" (SatZB) adı verilmektedir. Diğer bir basitleştirilmiş sistem de Avusturya'da kullanılan GPS-Hatırlama sistemidir (orijinal metinde [WI99]). Bu sistemde, makinist, uzaktan aldığı seyir iznini bir klavye aracılığıyla kaydeder ve varış noktasına ulaştığında yeni bir seyir izni gönderilir.

2.4.6 Tren Kontrolü

Şimdiye kadar anlatılan, sabit aralıklı seyir güvenliğine yönelik sabit sinyalizasyonlu yöntemlerde, sinyaller gözlenerek kullanılmaktadır. Bu tür bir güvenlik yönteminin kısıtlı kullanımını önlemek için, sinyallerle sağlanan seyir düzeninin korunması sadece insanlara bırakılmamalıdır.

Bu bakımdan, güvenlik açıkları tren kontrolü tertibatlarıyla giderilir. Tren kontrolü tertibatları, hat üzerinde izin verilen seyir için trene bilgi gönderen ve izin verilen seyirden sapmalarda trende bulunan koruma tertibatlarını (zorunlu frenleri) devreye sokar.

2.4.6.1 Tren Kontrol Tertibatı Türleri

Bilginin aktarılma şekline göre tren kontrol tertibatları aşağıdaki türlere ayrılır:

- noktasal etkiyen sistem,
- sürekli (doğrusal) etkiyen sistem,
- noktasal ve sürekli etkiyen sistemlerin bileşiminden oluşan sistemler.

Noktasal tren kontrolünde (PZB – punktförmigen Zugbeeinflussung) sadece belirli hat noktalarında (özellikle sinyallerin bulunduğu yerlerde) trene bilgi aktarılır. Noktasal tren kontrolü sabit sinyalizasyon sistemini tamamlayan bir sistem olduğundan makinistin sinyal bilgilerini doğru algılayıp algılamadığı kontrol edilmelidir. Bu sistemin zorluğu dur konumundaki bir sinyalin gözden kaçırılarak geçilmesinin engellenmesinde yatmaktadır. Noktasal tren kontrolü, trenin otomatik olarak kontrol edildiği sistemler için uygun değildir. Dur konumundaki bir sinyale yaklaşıldığında sinyalin geç konumuna dönüştürüldüğü bilgisi makiniste iletilmemekte, bunun yerine makinist tarafından alınmaktadır. Noktasal tren

kontrolünün güvenlik bakımından yararı, yalnızca trenlerin dur konumundaki sinyale izinsiz yaklaşmasını önleyici işlevinin bulunmasıdır.

Dur konumundaki sinyal geçildikten sonra, izleyen ana sinyal geç konumuna getirilmesinden itibaren belirli bir kontrol hızına erişilinceye kadar frenlemenin sürdürülmesi nedeniyle noktasal tren kontrolü kapasiteyi olumsuz etkilemektedir. Hız kontrolü uygulandığında kapasite daha da düşmekte, iyice kısıtlanmaktadır. Kabin sinyali değişikliği bilgisi yalnızca sabit noktalarda iletilebildiğinden, kabin sinyalizasyon ekranında, sabit sinyal görünüşlerinde sapmalar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, noktasal tren kontrolünde kabin sinyalizasyonunun kullanılması uygun değildir.

Sürekli tren kontrolünde (LZB-linienförmigen Zugbeeinflussung) hat üzerinden trene sürekli bir bilgi aktarımı söz konusudur. Bu sayede trenin sadece sürekli tren kontrolü verileriyle hareket ettirilmesi mümkündür, sabit sinyallere gerek yoktur. Sürekli tren kontrolü sistemleri genel olarak makinist kabini sinyalizasyonu ile çalışır, sabit sinyal görünüşü yerine dijital ve analog gösterge elemanları kullanılır. Otomatik tren sürüşü bu sistemde mümkündür. Sabit ön sinyal mesafelerinden bağımsız olması nedeniyle, bu sistemde, sabit sinyalizasyonda fren mesafelerinin yetersiz kaldığı hızlar uygulanabilmektedir. Sürekli tren kontrolü, düşük hızlarda, sabit sinyalizasyona nazaran daha yüksek kapasite sağlamaktadır. Bunun sebebi, işgal sürelerine sadece gerçekten gerekli fren mesafelerinin eklenmesi ve yaklaşım seyir süresi olarak ön sinyal mesafesinin tamamının alınmamasıdır.

Bazı hatlarda noktasal tren kontrolü ve sürekli tren kontrolü tertibatları birlikte kullanılır. Sürekli tren kontrolünde bilgi aktarımı, algılanan sinyal görünüşlerinin anında lokomotifte aktarılabilmesi için sadece sinyallerin bulunduğu yerler arasında gerçekleştirilir. Bu alan dışında sadece bir noktasal bilgi aktarımı yeterlidir. Bu tür tertibatlarda otomatik tren işletimi mümkündür.

2.4.6.1.1 Noktasal Tren Kontrolü

Noktasal tren kontrolü sistemleri için bilgi aktarımı yöntemi açısından ve bu sistemlerle gerçekleştirilen işletim programları bakımından birçok seçenek bulunmaktadır. Aşağıda günümüzde kullanılan belli başlı yöntemler anlatılmıştır.

Mekanik ve Elektromekanik Bilgi Aktarımıyla Sağlanan Tren Kontrolü

Bu yöntemler eski noktasal tren kontrolü türlerinde kullanılmaktadır. Mekanik bilgi aktarımı gerçekleştirilen tertibatlarda, hat üzerinde sinyal hizasında bulunan ve sinyal tarafından

düzenlenen hareketli kollar bulunur. Bu kol, dur konumundaki bir sinyalde, tren geçişi sırasında trenin temasıyla fren tertibatını çalıştıran bir manivelayı harekete geçirecek konuma getirilir.

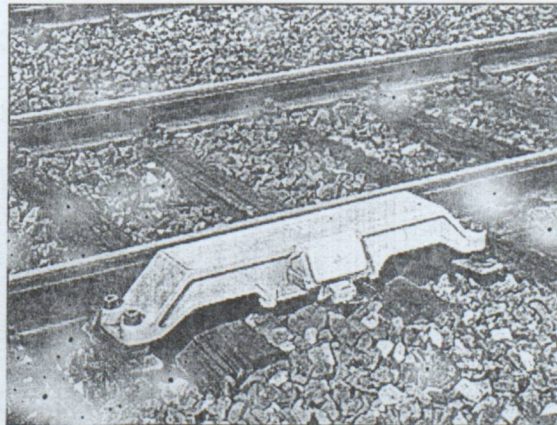
Elektromekanik bilgi aktarımı gerçekleştirilen tertibatlarda hat üzerinde sinyaller tarafından kontrol edilen kontak elemanları bulunur. Lokomotiflerde, bu tertibatın yanından geçerken tertibatın kontak yüzeyleriyle temas eden bir kontak fırçası (Schleifbürste: contact brush) bulunur. Sinyal görünüşüne bağlı olarak, lokomotifteki ilgili tertibatı harekete geçirecek akım devresi tamamlanır.



Şekil 2.34 Sinyale yerleştirilmiş hareketli kol

İndüktif Tren Kontrolü

İndüktif tren kontrolünde bilgi aktarımı için elektromanyetik indüksiyondan yararlanılır. Tren üzerinde, aktif olarak beslenen ve belirli bir frekansta sürekli salınım gerçekleştiren çok sayıda titreşim devresi bulunur. Bu titreşim devrelerinin indüktiviteleri bir tren mıknatısında biraraya getirilmiştir. Hat üzerinde pasif titreşim devreleri (hat mıknatısları) bulunur, bu mıknatıslar geç konumundaki sinyalde kısa devre edilerek aktiflikleri sonlandırılır.



Şekil 2.35 İndüktif tren kontrolünde, seyir yönünün sağında bulunan hat mıknatısı

Manyetik Tren Kontrolü

Manyetik tren kontrolünde hat üzerinde sürekli mıknatıslar bulunur, bu mıknatısların manyetik alanı, sinyal tarafından kapatılabilen bir çözme tertibatıyla nötralize edilebilmektedir. Dur konumundaki sinyalde bu fonksiyon kapatılmış durumdadır. Trende, manyetik akım üzerinde etkiyen bir bobin bulunur. Aktif ray mıknatısından geçilmesi halinde tren mıknatısında, bobine cevap olarak manyetik bir akım meydana gelir.

Bu yöntemin yararı kontrolün kaldırılması için ray mıknatıslarına aktif akım verilmesi gerektiğidir. Dezavantajı ise, ray mıknatıslarının akım gerektirmesi ve düşük bilgi hacmine sahip olmasıdır.

Transpondere Dayalı Noktasal Veri Aktarımıyla Gerçekleştirilen Tren Kontrolü

Noktasal tren kontrolündeki yeni teknikler, hat üzerinde bulunan ve trene ikili sisteme dayalı bilgilere ek olarak veri telgrafı (data telegramm) gönderilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde, örneğin ayrıntılı hız bilgilerinin aktarılmasına yönelik işletim programları kullanılır. Bir hat noktası geçilirken aktarılan veri telgrafı ile trene, işletim için gerekli veriler yanında, bir sonraki veri noktasına ne zaman varılacağı bilgisi de aktarılır. Tekerlek dönüşlerinin algılanması için kullanılan çift sensörler sayesinde tren, bir sonraki veri noktasında bulunması gerektiği konumu tam olarak belirleyebilmektedir. Beklenen veri noktasının bulunamaması durumunda, bu veri noktasından vazgeçilir ve zorunlu frenleme gerçekleştirilir.

Veri noktaları transponder prensibine göre çalışırlar. Trene veri telgrafı gönderebilmek için enerjilerini trenden alırlar.

2.4.6.1.2 Sürekli Tren Kontrolü

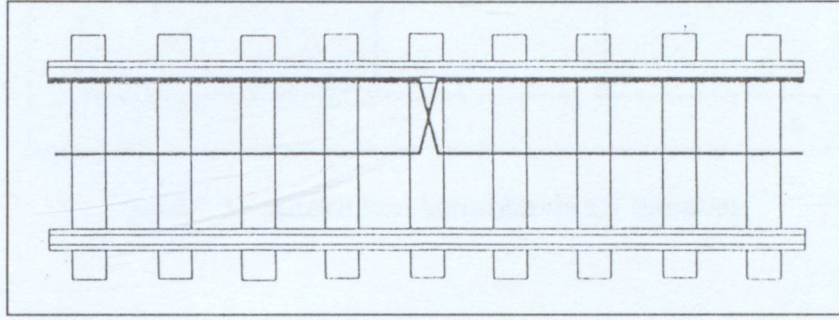
Sürekli tren kontrolü, bilginin aktarılma biçimine göre aşağıdaki türlere ayrılır:

- Kodlanmış ray devreli sürekli tren kontrolü
- Kablo iletimli sürekli tren kontrolü
- Uzaktan tren kontrolü

Kodlanmış ray devreli sürekli tren kontrolünde ("ray hat ileticisi" olarak da adlandırılır) hat serbestliği bildiren akım, tren antenleri tarafından algılanan frekans veya titreşim kodlarıyla modüle edilmiştir. İşletim programı, hat serbestliği bildiren kesimlere ait sabit bir hız

öngörülerek oluşturulmuştur. Bu şekilde izin verilen hızlardan oluşan basamaklı bir kapalı eğri meydana gelir. Bu tür sürekli tren kontrolünün yararı özel aktarma araçlarına ihtiyaç duyulmamasıdır. Dezavantajı ise ray akım devresi kullanma zorunluluğudur.

Kablo iletimli sürekli tren kontrolünde, hat içerisine anten görevi gören bir kablo döngüsü yerleştirilir. Döngünün bir ucu hattın ortasından, diğeri ise ray içinden geçer. Kablo uçları düzenli aralıklarla çapraz bağlanır (Şekil 2.36).



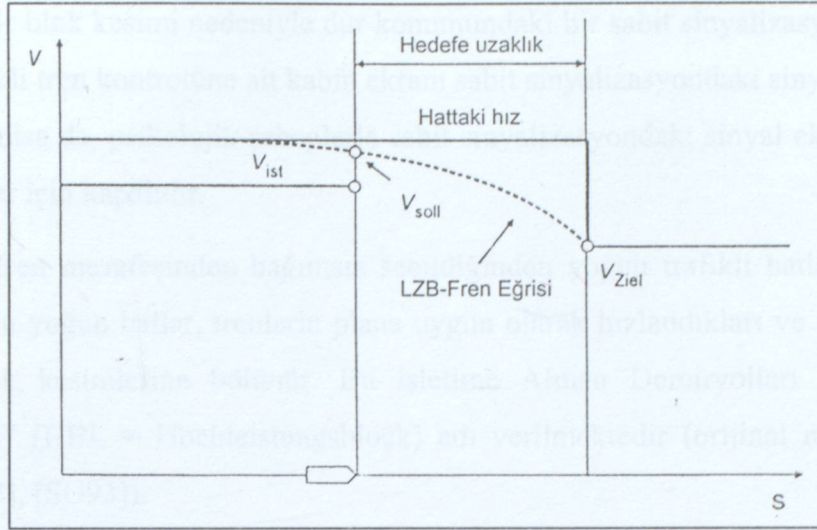
Şekil 2.36 Çapraz bağlantılı kablo iletimi

Çapraz bağlantı yerleri tren tarafından konum bilgisi olarak değerlendirilir. Trene aktarılan bilgiler aşağıdaki şekildedir:

- yerel olarak izin verilen hızlar,
- bir sonraki hız değişikliğine uzaklık,
- hedef hız.

Bu değerler kullanılarak, izin verilen hızın hesaplandığı bir fren eğrisi oluşturulur (Şekil 2.37).

Kablo iletimli sürekli tren kontrolü Alman Demiryolları AG'de ve İspanya'da bulunan AVE-hızlı tren hatlarında kullanılmaktadır (orijinal metinde [SU90]). Sürekli tren kontrolüyle işletilen hatlarda sabit sinyalizasyon gerekmesi de Alman Demiryollarında LZB'li hatlarda küçük çapta bir sabit sinyalizasyon yer almaktadır. Bu tür sistemlerde sinyaller, makasların korunması gerektiği istasyon, dallanma ve aktarma yerlerinde düzenlenmiştir. Makassız blok yerlerinde blok sinyali kullanılmaz, blok kesiminin sınırları işaret levhalarıyla (LZB-blok işaretleri) belirlenir (Şekil 2.38).



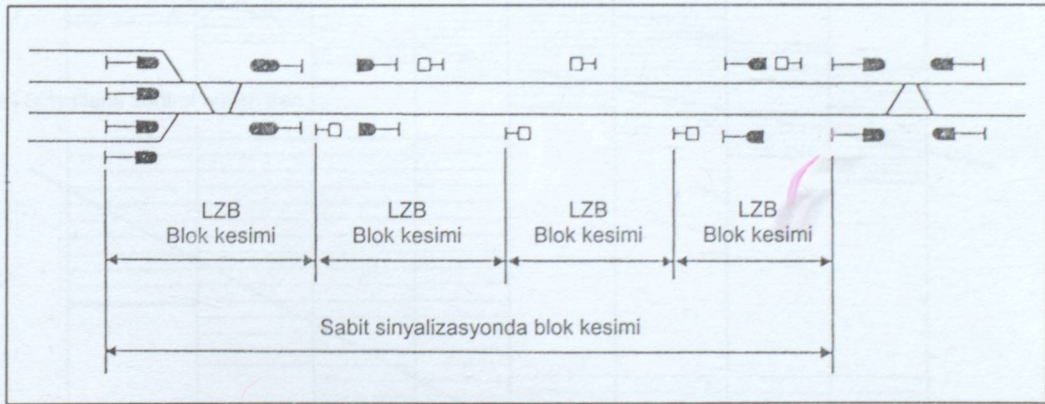
Şekil 2.37 Sürekli tren kontrolünde hız tanımları

Burada:

V_{ist} Gerçekleşen hız

V_{soll} Planlanan hız

V_{Ziel} Hedeflenen hız



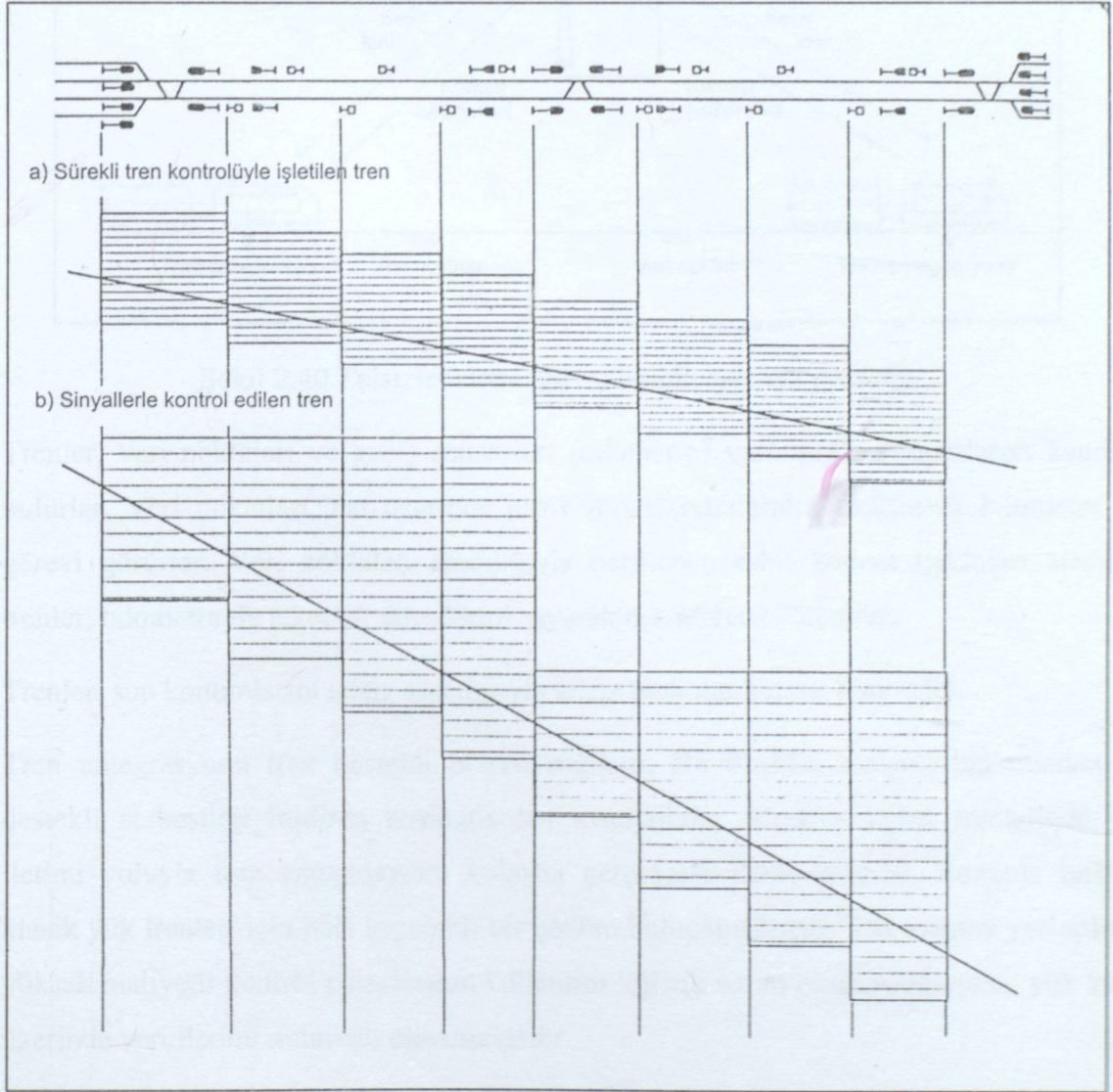
Şekil 2.38 Sürekli tren kontrollü hatlarda küçük çaplı sabit sinyalizasyon

Bu tür sürekli tren kontrolünde sabit sinyalizasyon sisteminde bulunan bloklar LZB bloklarıyla desteklenir. Küçük çaplı sabit sinyalizasyon sistemi, sürekli tren kontrolünün devre dışı kalması durumunda işletimin düşük kapasiteyle de olsa sürdürülmesini sağlar. Ayrıca, sürekli tren kontrolü bulunan ve bulunmayan trenlerin birarada işletilmesini mümkün kılar. Hatlar LZB blok kesimlerinde çözülsün de, sürekli tren kontrolüyle işletilmeyen trenler, öncül trenleri yalnızca sabit sinyaller arasındaki mesafede izleyebilirler.

İşgal süresi basamakları Şekil 2.39'daki gibi meydana gelir (orijinal metinde [WE95]). Sürekli tren kontrollü işletimde seyir halindeki tren, öncül treni sık aralıklı LZB blok aralıklarıyla izleyebilir. Yoğun tren izlemelerinde, sürekli tren kontrolüyle işletilen bir tren,

işgal edilmiş bir blok kesimi nedeniyle dur konumundaki bir sabit sinyalizasyon ana sinyalini geçebilir. Sürekli tren kontrolüne ait kabin ekranı sabit sinyalizasyondaki sinyal görünüşlerine göre öncelikli olsa da, psikolojik sebeplerle sabit sinyalizasyondaki sinyal ekranı sürekli tren kontrollü trenler için kapalıdır.

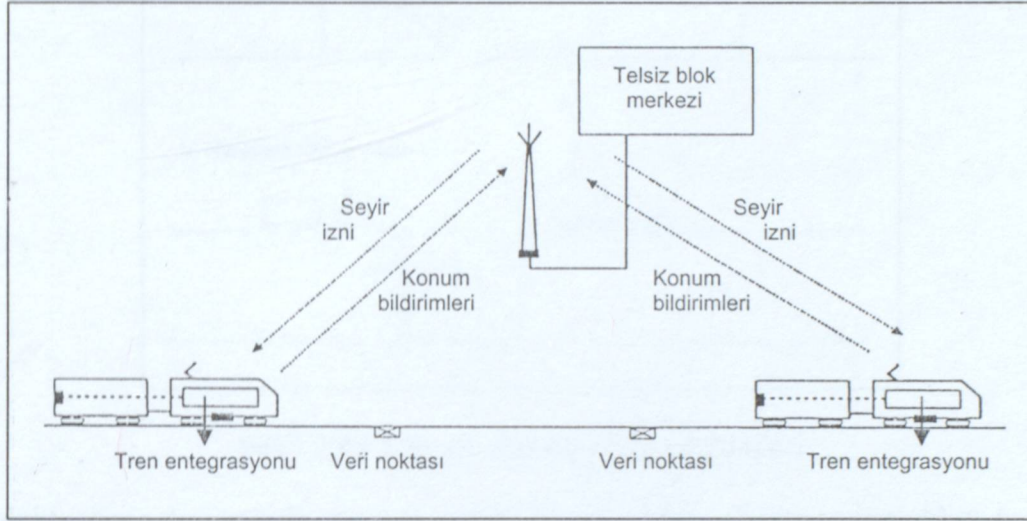
LZB blokları fren mesafesinden bağımsız seçildiğinden yoğun trafikli hatlarda da kapasite yüksek olur. Bu yoğun hatlar, trenlerin plana uygun olarak hızlandıkları ve frenledikleri çok kısa LZB blok kesimlerine bölünür. Bu işleme Alman Demiryolları AG'de "yüksek kapasiteli blok" (HBL = Hochleistungsblock) adı verilmektedir (orijinal metinde [WE92], [SC93], [KO93], [SU93]).



Şekil 2.39 Düşük çaplı sabit sinyalizasyonla desteklenmiş sürekli tren kontrollü işletimde ve sinyalizasyonlu işletimde işgal süresi basamakları

2.4.7 Uzaktan (Telsiz Araçlarıyla) Tren İzleme Güvenliği Yöntemleri

Dijital mobil telsizlerinin gelişimi demiryolu işletiminde yeni tekniklerin önünü açmıştır. Aktarım aracı olarak telsizin yer alması, hat tertibatı kullanımını azaltmaktadır. Bu sistem için kullanılan temel araç, tren konumlarını tespit eden tertibatlardır. Pasif kodlanmış veri noktalarıyla sistem kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 2.40'ta telsizle seyir işletiminde tren izlemeleri prensibi gösterilmektedir.

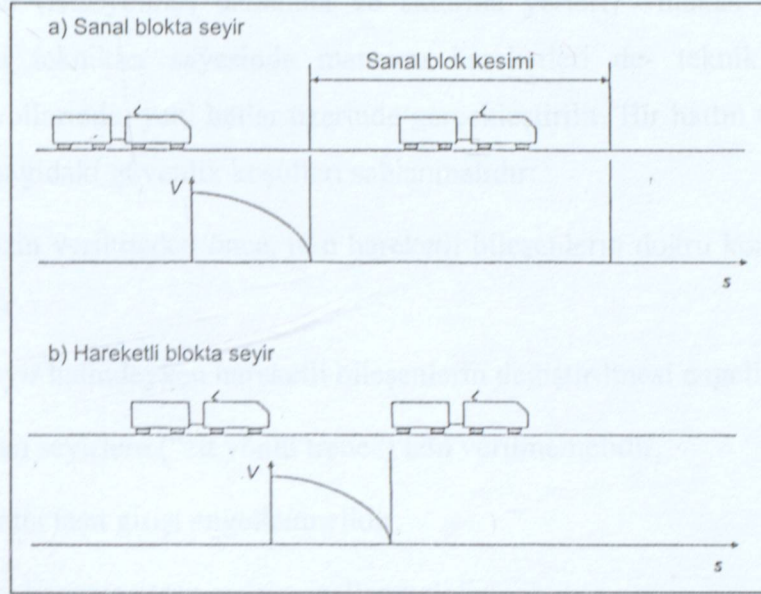


Şekil 2.40 Telsizle izleme güvenliğinin çalışma prensibi

- Trenler, veri noktaları ve geçiş sensörleri (odometre) yardımıyla konumlarını kendileri bulurlar. Veri noktaları, hat üzerinde pasif veri taşıyıcılarıdır, elektronik kilometre taşı görevi görürler. Veri noktaları aracılığıyla belirlenen sabit konum noktaları arasında, trenler, odometreyle tekerlek devirlerini sayarak mesafelerini ölçerler.
- Trenler, son konumlarını telsiz aracılığıyla telsiz blok merkezine bildirirler.
- Tren entegrasyonu tren destekli olarak sağlanır. Bu özellik, maliyet bakımından hat destekli serbestliği bildiren tertibatlardan avantajlıdır. Modern yolcu trenlerinde veri iletimi yoluyla tren entegrasyonu kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Bununla birlikte, klasik yük trenleri için hâlâ kapsamlı bir çözüm bulunamamıştır. Son vagona yerleştirilen yüksek maliyetli kontrol cihazlarının kullanımı lojistik sorun oluşturduğundan, yük katarı üzerinde veri iletimi mümkün olmamaktadır.
- Merkez, tüm trenlerin konum bilgilerini alarak tren izlemelerini düzenler. Bir trenin kalkış yapabilmesi için, merkezden, belirli bir noktaya kadar seyir izni gönderilmelidir. Bu seyir izni sabit sinyallerin ve tren kontrolünün yerini almaktadır.

Tren izlemelerinin düzenlenmesi için iki yöntem söz konusudur (Şekil 2.41):

- Sanal blokta seyir,
- Hareketli blokta seyir.



Şekil 2.41 Telsizle tren kontrolü yöntemleri

Sanal blokta seyir durumunda, merkez tarafından sanal blok kesimi uzunlukları tanımlanır. Trenlerin konum bildirimleri “atanmış ve işgal edilmiş hat kesimleri” olarak yorumlanır. Duraklama aralığı, sabit aralıklı seyirdeki gibidir. Sanal blok kesimi uzunluklarının çeşitliliği sayesinde duraklama aralığı hat kapasitesine uygun olarak değiştirilebilmektedir.

Hareketli blokta seyir durumunda, sabit blok kesimi yoktur. Hattın çözülmesi konum bildirimleri aralıklarıyla gerçekleşir. Konum aralıkları küçük olduğunda, sabit fren mesafeli seyre benzerlik söz konusudur.

3. HAT BİLEŞENLERİNİN YÖNETİMİ VE GÜVENLİĞİ

3.1 Hat Kavramı

Hat düğümlerinin (istasyonlar, dallanma ve aktarma yerleri) makas bölgesindeki seyir hareketleri –yeni teknikler sayesinde manevra hareketleri de- teknik olarak güvenliği sağlanmış seyir yollarında, yani hatlar üzerinde gerçekleştirilir. Bir hattın trenler için güvenli olabilmesi için aşağıdaki güvenlik koşulları sağlanmalıdır:

- * Tren geçişine izin verilmeden önce, tüm hareketli bileşenlerin doğru konumda olduğundan emin olunmalıdır,
- * Hat üzerinde seyir halindeyken hareketli bileşenlerin değiştirilmesi engellenmelidir,
- * Tehlike oluşturan seyirlere (“zıt yönlü trene”) izin verilmemelidir,
- * Seyir yapılan hatta taşıt girişi engellenmelidir,
- * İşgal edilmiş hat kesimine tren girişi engellenmelidir.

Son madde, manevra hareketlerinin görüşe dayalı gerçekleştiği ve işgal edilmiş hatta giriş yapılabilirdiği manevra yolları için geçerlidir. Sonraki bölümlerde, sadece, hatların trenlere yönelik güvenliğinin sağlanmasıyla ilgili yöntemler ele alınacaktır, manevra hatlarının güvenliği için bazı işletmelerde çeşitli basitleştirmelere izin verilmiştir. Teknik yönden güvenliği sağlanmamış veya arıza nedeniyle geçici süre devre dışı olan bir hat üzerinde, ancak işletim önlemleri alındığında seyir yapılmalıdır.

Bir hattın güvenliği için gerekli düzenlemeler aşağıdaki teknik uygulamalarla gerçekleştirilir:

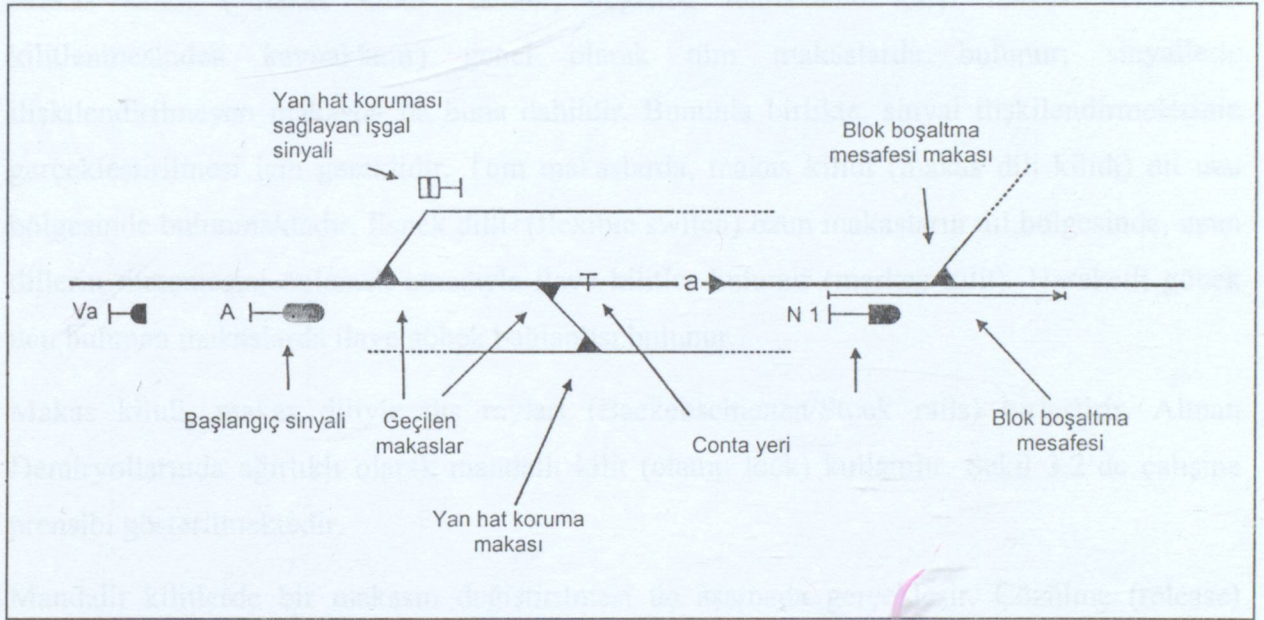
- * Sinyal ilişkilendirmeleri,
- * Hat kilitleme ve hat düzenleme,
- * Yan hat koruma tertibatları,
- * Hat kesişmelerinin düzenlenmesi,
- * Hat serbestliği bildirimleri.

Hatların başlangıcını “başlangıç sinyali” oluşturur. Başlangıç sinyali olarak ana sinyal veya grup sinyallerinde ilgili işgal sinyali kullanılabilir (Bkz. Bölüm 3.3) Hatların bitiş yerini belirleyenler:

* Bitiş sinyali bulunması halinde (örneğin istasyona girişte), hat bitiş yeri, bitiş sinyalinin ilerisinde, blok boşaltma mesafesinin bitimindedir; hat, başlangıç sinyalinin kontrol mesafesiyle örtüşür,

* Bitiş sinyali bulunmaması halinde (örneğin istasyondan çıkışta), hat bitiş yeri, makas bölgesinin bitimindedir. İzleme güvenliği için önem teşkil eden başlangıç sinyali kontrol mesafesi, hattın bitiminden sonraki sinyalin (blok sinyali veya sonraki istasyona ait giriş sinyali) blok boşaltma mesafesi bitimine dek uzanmaktadır.

Buna göre, bir hat girişinde, Şekil 3.1’de gösterilen bileşenler bulunmalıdır.



Şekil 3.1 İstasyona giriş örneğinde bir hattın bileşenleri

3.2 Hat Güvenlik Kriterleri

3.2.1 Sinyal İlişkilendirmeleri (Anklaşman)

Sinyal ilişkilendirmeleri, bir hattın güvenliği için en temel kavramlardan biridir. Bu amaçla, Demiryolu Yapım ve İşletim Yönetmeliği'ne (orijinal metinde [EI93]) göre aşağıdaki tanımlar getirilmiştir:

Sinyallerle makaslar arasında ilişkilendirme, bir sinyal geçişe izin vermeden önce, makaslar doğru konumda ve kilitli iken gerçekleşir.

Bu nedenle, güvenlik sisteminde tadilat yapılacağı zaman sinyal ilişkilendirmeleri için aşağıdaki iki koşul yerine getirmelidir:

1. Bir sinyal ancak hat üzerindeki tüm makaslar doğru konumda olduğunda geçiş izni vermelidir.

2. Sinyal, “geç” konumunda olduğu sürece hat üzerindeki tüm makaslar kilitli olmalıdır.

Hat üzerindeki makasların kilitlenmesinde iki husus gözönünde bulundurulmalıdır:

* Makasların izinsiz kullanılması önlenmelidir (makas tertibatı, hat düzenlemesiyle kilitlenmelidir).

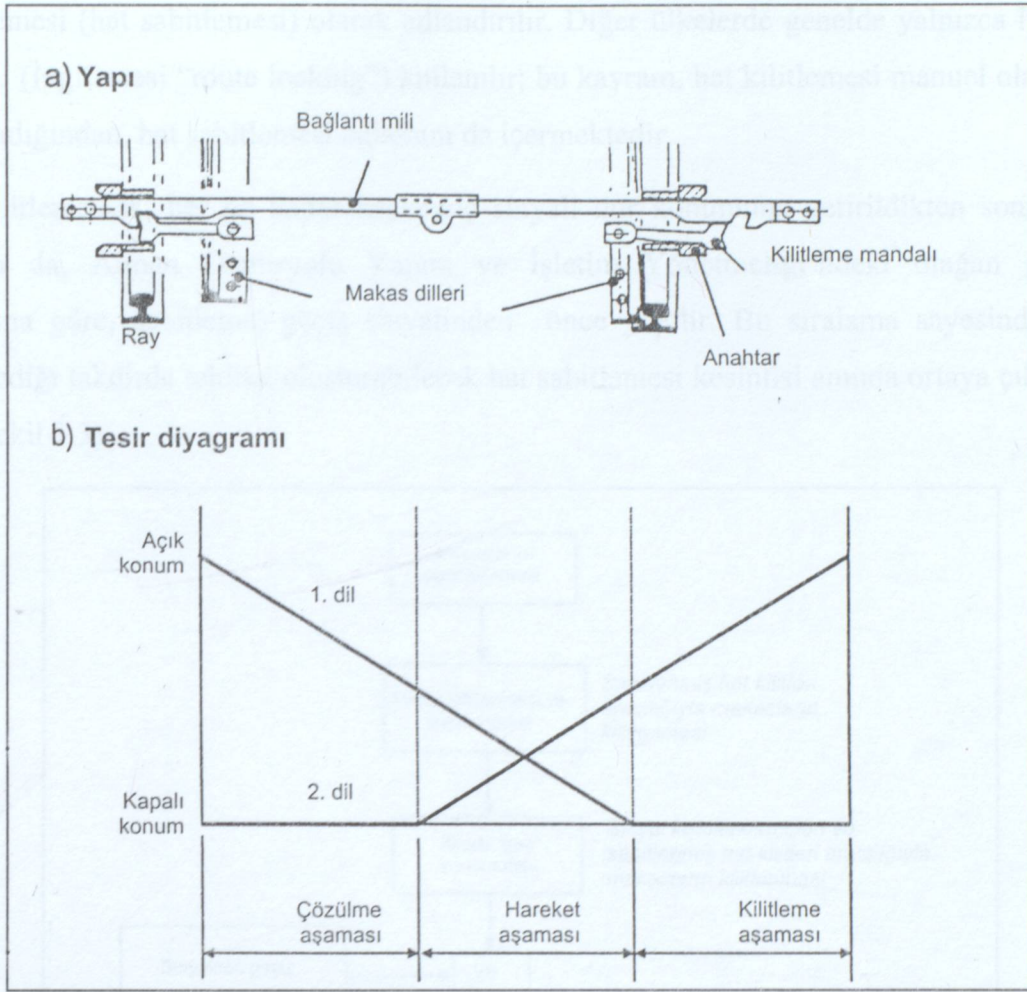
* Makas dili, amaç dışı kullanıma karşı kilitli halde tutulmalıdır (makas kilidi).

Makas kilidi (“makas kilidi” tanımı, değişme tehlikesine karşı makas tertibatının kilitlenmesinden kaynaklanır) genel olarak tüm makaslarda bulunur; sinyallerle ilişkilendirilmeyen makaslar da buna dahildir. Bununla birlikte, sinyal ilişkilendirmelerinin gerçekleştirilmesi için gereklidir. Tüm makaslarda, makas kilidi (makas dili kilidi) dil ucu bölgesinde bulunmaktadır. Esnek dilli (flexible switch) uzun makasların dil bölgesinde, uzun dillerin titreşmesini önlemek amacıyla ilave kilitler bulunur (merkez kilit). Hareketli göbek ucu bulunan makaslarda ilave göbek bağlantısı bulunur.

Makas kilidi, makas diliyle dış rayları (Backenschienen/Stock rails) birleştirir. Alman Demiryollarında ağırlıklı olarak mandallı kilit (clamp lock) kullanılır. Şekil 3.2’de çalışma prensibi gösterilmektedir.

Mandallı kilitlerde bir makasın değiştirilmesi üç aşamada gerçekleşir. Çözülme (release) aşamasında ilk önce bitişik dil serbest bırakılır. Bu sırada yalnızca diğer taraftaki dil hareket eder. Sonraki aşamada, bitişikteki dil dış raya erişinceye kadar her iki dil de hareket eder. Son olarak da bitleştirilen dil kilitlenirken diğer taraftaki dilin harekete devam ettiği kilitleme aşaması gelir.

Mandallı kilitlerde, makas üzerinden geçişin sağlanabilmesi amacıyla diğer taraftaki makas dili kilitlenmez. Özellikle hızlı trafik akımında her iki makas dilini de sabitleyen makas kilitleri yaygındır.



Şekil 3.2 Mandallı kilit yapısı ve çalışma prensibi

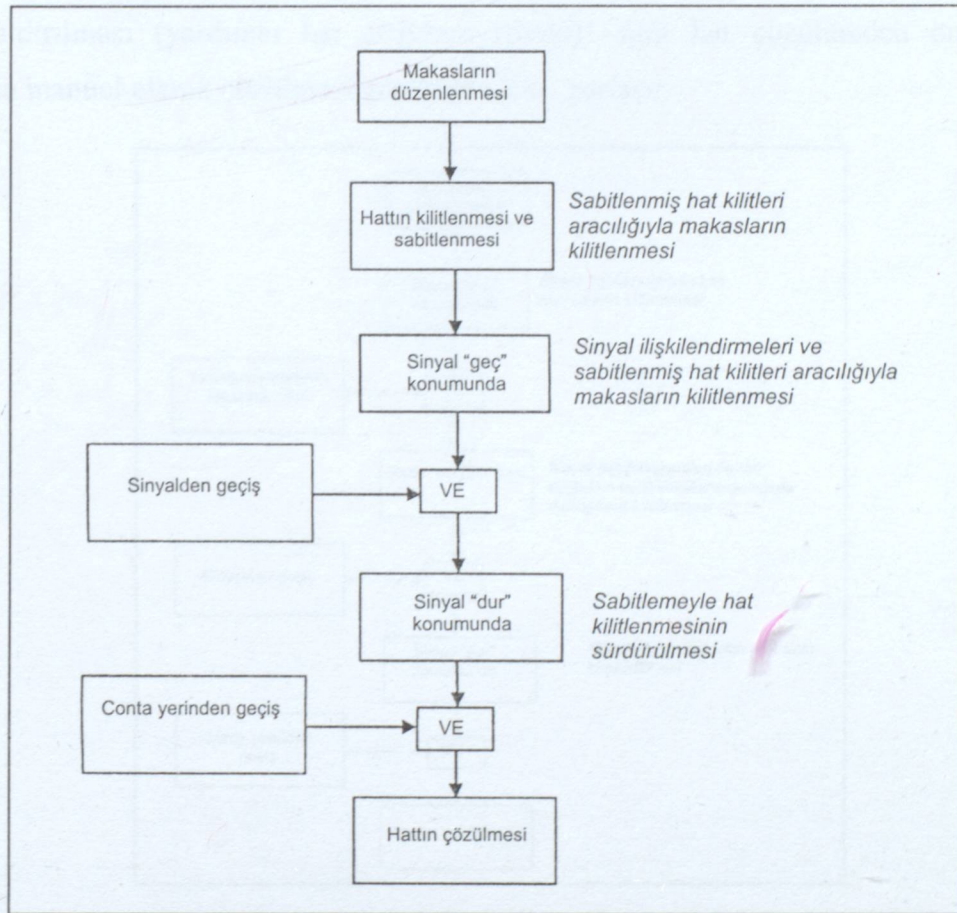
3.2.2 Hat Kilitleme ve Hat Düzenlemesi

Sinyal ilişkilendirmesi bulunan makas kilitleri yalnızca hattın başlangıç sinyalinin seyir düzenlemesinde etkilidir. Bu sinyal, aynı zamanda trenler makas bölgesini tamamen terketmeden önce dur konumuna getirilebilir. Modern tertibatlarda bir sinyal normal koşullarda tren ön ucunun geçişinden sonra doğrudan otomatik olarak dur konumuna gelebilir. Eski tip tertibatlarda sinyaller, normal işletim koşullarında daha uzun süreyle geç konumunda bırakılırdı; bununla birlikte istendiği zaman tekrar dur konumuna getirilebilirlerdi. Geç konumundayken sinyallerin kilitlenmesine tehlike sebebiyle izin verilmez.

Bu nedenlerden ötürü, hat kilitlemesi; sinyal dur konumuna getirildikten sonra dahi, tren makası geçene dek veya öngörülen duraklama yerinde duruncaya kadar hatta ait makasa etki edebilmelidir. Bu şekilde, sinyal ilişkilendirmesi aracılığıyla kapatılamayan güvenlik açığı, sinyalin dur konumuna getirilmesiyle, trenin normal seyrini tamamlamasına kadar ortadan kaldırılmış olur. Hat kilidinin, manuel olarak zamanından önce kaldırılmasının önlenmesi hat

düzenlemesi (hat sabitlemesi) olarak adlandırılır. Diğer ülkelerde genelde yalnızca hat kilidi kavramı (İngilizcesi “route locking”) kullanılır; bu kavram, hat kilitlemesi manuel olarak geri alınamadığından, hat sabitlemesi anlamını da içermektedir.

Hat sabitlemesine, her ne kadar başlangıç sinyali dur konumuna getirildikten sonra gerek duyulsa da, Alman Demiryolu Yapım ve İşletim Yönetmeliği’ndeki olağan güvenlik esaslarına göre, sabitleme, geçiş sinyalinden önce yapılır. Bu sıralama sayesinde, tespit edilemediği takdirde tehlike oluşturabilecek hat sabitlemesi kesintisi anında ortaya çıkartılmış olur (Şekil 3.3).



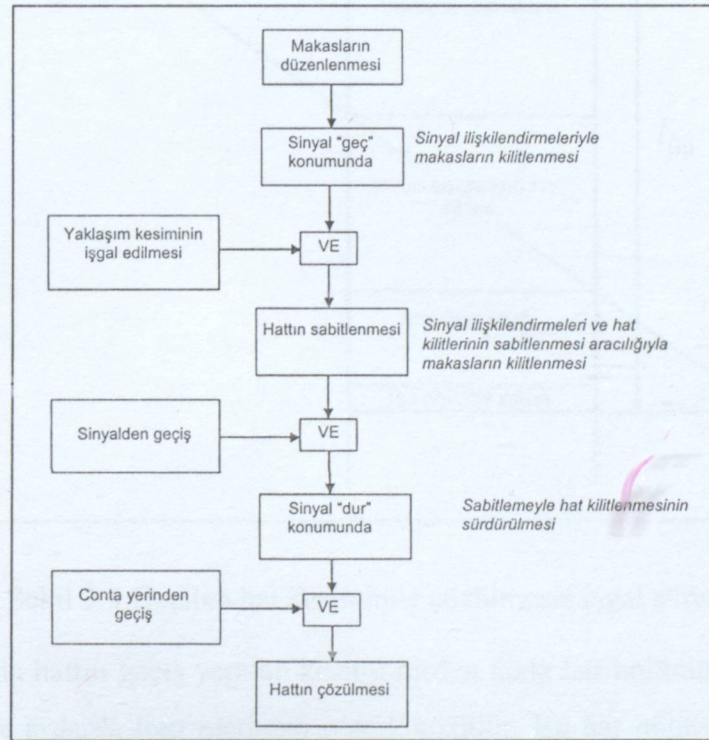
Şekil 3.3 Alman yönetmeliklerine göre hat sabitlemesi (düzenlemesi)

Diğer demiryollarında (farklı ülkelerde ve Demiryolu Yapım ve İşletim Yönetmeliği’nin geçerli olmadığı hatlarda), bu sıralama uygulanmaz; hat koruması, sabitlemenin arızalanması halinde, yeterince güvenilir teknik bileşenler kullanılarak sağlanır. Bu güvenlik prensibine göre, bir hattın başlangıç sinyali, hat sabitlenmeden, ilk olarak geç konumuna getirilir. Makaslar, yalnızca sinyal ilişkilendirmeleriyle sabitlenir. Hat sabitlemesi, trenin ön sinyalden önce bulunan yaklaşım kesimine girmesinden sonra, hat makası (track switch) çözülerek gerçekleştirilir (Şekil 3.4). Aynı zamanda yaklaşım kilitlemesi (İngilizcesi “approach

locking”) olarak tanımlanan yöntemle, hat düzenlemesi, sinyalin geç konumunda olması halinde de, tren yaklaşım kesimini terketmediği sürece, geri alınabilir.

Bu yaklaşım kilitlemesi Alman güvenlik tertibatlarında kısmen mevcut yaklaşım makasından farklıdır; hat sabitlemesi bir yaklaşım kriteriyle harekete geçirilir, ancak sinyal, hat sabitlemesinden sonra geç konumuna getirilir.

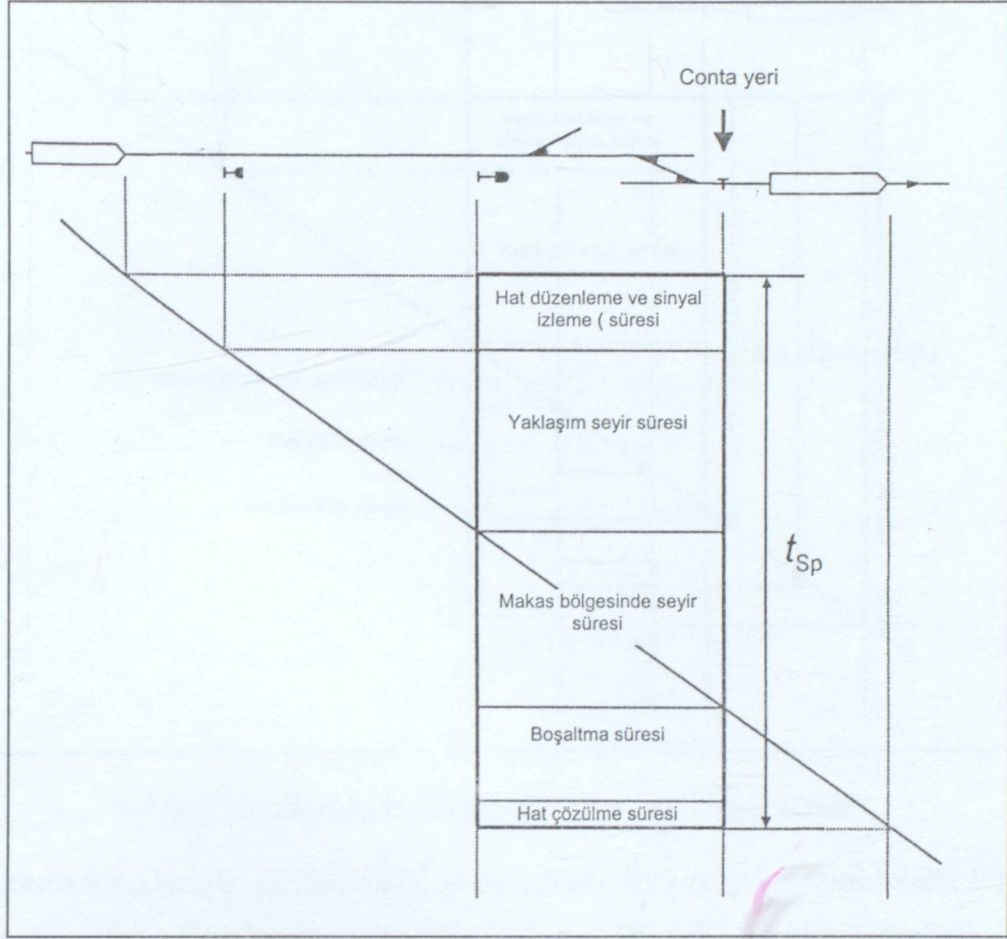
Alman Demiryolları’nda yaklaşım kilitlemesi tanımı “approach locking” ilkesinden farklı bir anlamda da kullanılır. Birkaç kumanda merkezinde bulunan bu fonksiyonlarda, tren, önceden sabitlenmiş hat üzerindeki yaklaşım kesimini geçtikten sonra hat sabitlemesinin manuel olarak kaldırılması (yardımcı hat çözülme işlemi) –tüm hat çözülmeden önce ilk hat bileşeninin manuel olarak çözülmesi gerektiğinden- zorlaşır.



Şekil 3.4 Yaklaşım kilidi ile hat sabitlemesi

Seyrin başarıyla tamamlanmasından sonra sabitlemenin ve kilitlemenin kaldırılmasına hat çözülmesi adı verilir. Bir hattın üzerinden geçilen kesiminin çözülmesiyle blok boşaltma mesafesinin çözülmesi birbirinden farklı konulardır. Hattın üzerinden geçilen kesim, ancak başlangıç sinyali dur konumundayken ve trenin son dingili conta yerini geçtikten sonra çözülebilir. Eski tertibatlarda tren merkezli hat çözülmesi için çoğunlukla, daha önce bloklar konusunda ele alınan, izole ray prensibi uygulanır. Röle sinyal kabinlerinde ve elektronik sinyal kabinlerinde bulunan hat serbestliği bildiren düzenek hattın çözülmesi için kullanılır. Hat diyagramı prensibine göre çalışmayan tertibatlarda (coğrafi hat mantığına göre işleyen

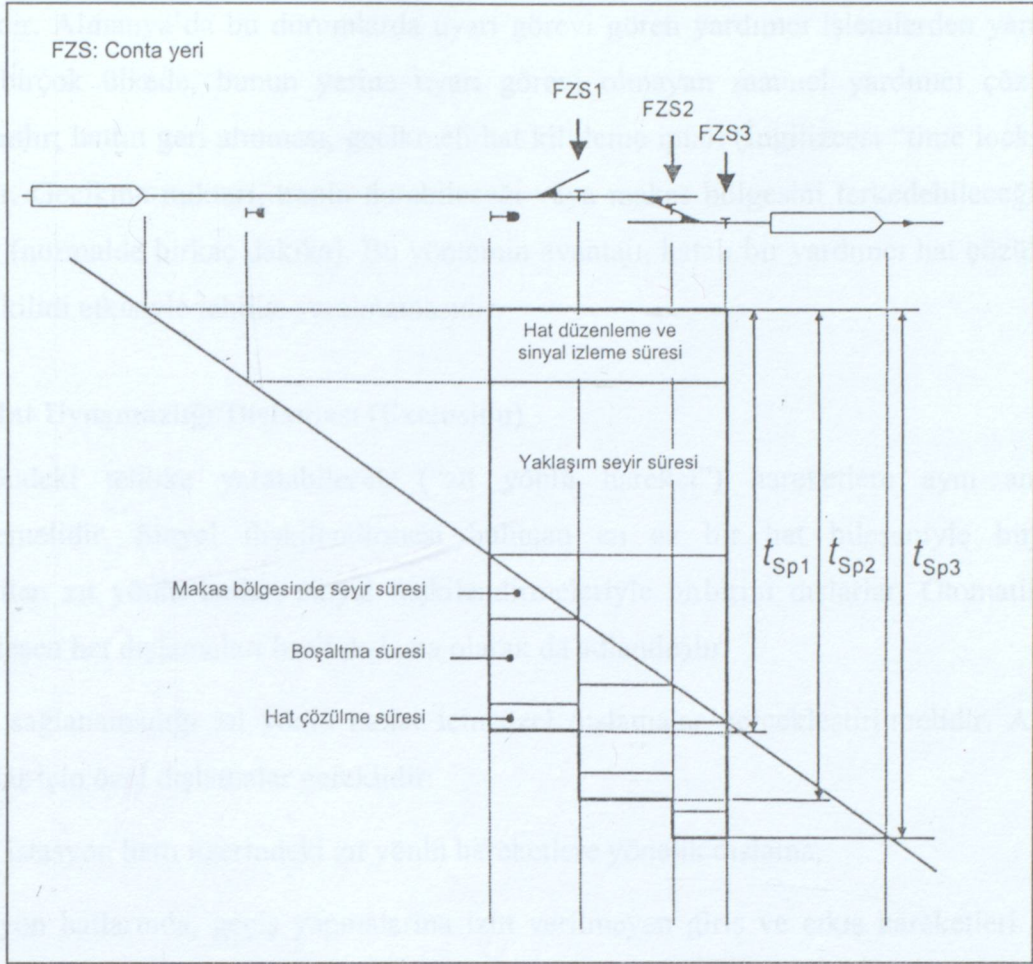
sinyal kabini, Bkz.: Bölüm 3.5.2.2), izole raylarda olduğu gibi, ilave olarak ray kontağından geçişler dikkate alınır. Şekil 3.5'te bir giriş hattının hat bileşenleri çözülmeden, geçilen kesimin (tren geçtikten sonra serbest kalan hat kesimi) işgal süresi gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Geçilen hat kesiminde çözülmesiz işgal süresi

Modern tertibatlarda hattın geçiş yapılan kesimi birden fazla hat bölümüne ayrılır, ve serbest kalma sırasına göre ardarda tren merkezli olarak çözülür. Bu hat bölümlerinden her birinde conta yeri bulunmaktadır. Hat diyagramı kabinlerinde, her bir hat bileşeninin ayrı bir hat bölümüne ayrıldığı hat bölümlendirme prensibi geçerlidir. Tüm makaslar arka arkaya çözülür. Bu sayede, özellikle uzun hatlarda hat işgal süresi belirgin olarak kısalır ve bunun sonucunda hat kapasitesi artar (Şekil 3.6).

Birbirini izleyen serbestliği bildiren kesimlerin geçiş sıraları ve serbestlikleri değerlendirildiğinden, hat diyagramı kabinlerinde ek olarak ray kontağından geçişlerin değerlendirilmesine gerek kalmaz. Bu sayede, güç kesintisinde aynı anda işgal edilmiş ve çözülmüş görünen tüm kesimler yanlışlıkla çözülmüş olarak değerlendirilmez.



Şekil 3.6 Geçilen hat kesiminde çözümlü işgal süresi

Blok boşaltma mesafesinin çözülmesinde geçiş halinde olan ve giriş yapan trenler birbirinden farklı ele alınmalıdır. İstasyondan geçen trenler için, giriş hattında çıkış sinyalinin ilerisinde yer alan blok boşaltma mesafesi, çıkış hattı sabitlendiği anda çözülür.

Bundan farklı olarak, bitiş sinyalinden (çıkış veya ara sinyal) önce sonlanan bir giriş yapılması halinde, blok boşaltma mesafesinin tren merkezli çözülmesi mümkün değildir. Eski demiryolu tesislerinde çözme işlemi, trenin kurallara uygun olarak durup durmadığını görebilen bir memur tarafından gerçekleştirilir. Artık pek fazla yerel personeli bulunmayan yeni tesislerde blok boşaltma mesafesinin çözülmesi gecikmeli olarak otomatik şekilde gerçekleştirilir. Gecikme miktarı, blok boşaltma mesafesi çözülünceye kadar trenin durabileceği şekilde belirlenir.

Blok boşaltma mesafesinin çözülmesinin grafikten izlenebilmesi, Bölüm 3.4'te anlatılan hat işgal süresi temsilini sağlar.

Tren merkezli hat çözülmesinin gerçekleşmemesi halinde veya işletim zorunlulukları nedeniyle tren girmeden işlemin geri alınması gerektiğinde, sabitlenen bir hattın özel tedbirlerle manuel olarak çözülebilmesi gerekir. Burada da iki farklı güvenlik prensibi

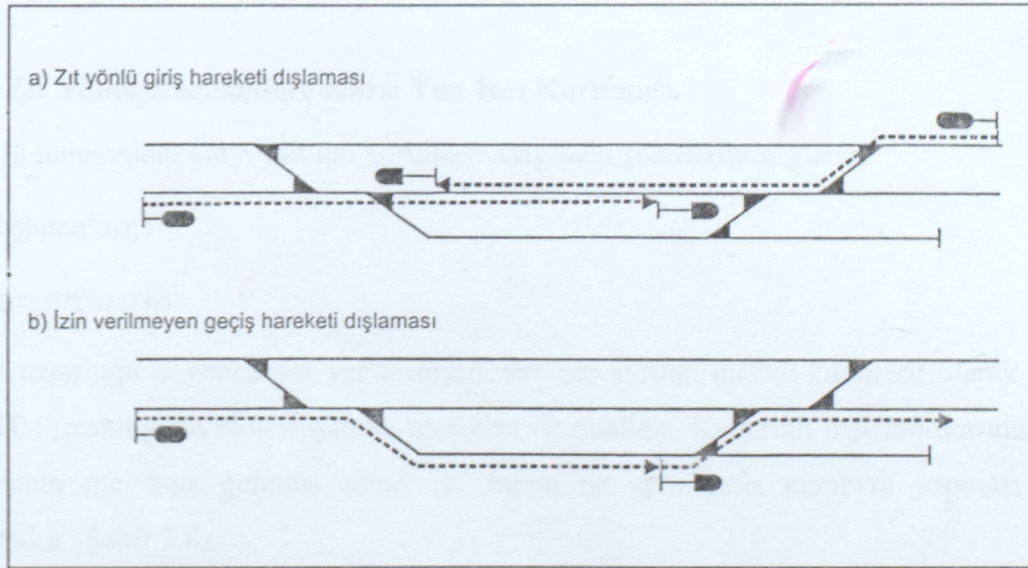
geçerlidir. Almanya’da bu durumlarda uyarı görevi gören yardımcı işlemlerden yararlanılır. Diğer birçok ülkede, bunun yerine uyarı görevi olmayan manuel yardımcı çözülmeden yararlanılır; hattın geri alınması, gecikmeli hat kilitleme iptali (İngilizcesi “time locking”) ile sağlanır. Gecikme miktarı, trenin durabileceği veya makas bölgesini terk edebileceği şekilde ölçülür (normalde birkaç dakika). Bu yöntemin avantajı, hatalı bir yardımcı hat çözülmesinin zaman kilidi etkisiyle tehlike yaratmamasıdır.

3.2.3 Hat Uyuşmazlığı/Dışlaması (Exclusion)

Zıt yöndeki tehlike yaratabilecek (“zıt yönlü hareket”) hareketlere aynı anda izin verilmemelidir. Sinyal ilişkilendirmesi bulunan en az bir hat bileşeniyle birbirinden ayırtedilen zıt yönlü hatlar, sinyal ilişkilendirmeleriyle birbirini dışlarlar. Otomatik olarak gerçekleşen hat dışlamaları basit dışlama olarak da adlandırılır.

Bunun sağlanamadığı zıt yönlü hatlar için özel dışlamalar gerçekleştirilmelidir. Aşağıdaki durumlar için özel dışlamalar gereklidir:

- * Aynı istasyon hattı üzerindeki zıt yönlü hareketlere yönelik dışlama,
- * İstasyon hatlarında, geçiş yapmalarına izin verilmeyen giriş ve çıkış hareketleri arasında dışlama (Şekil 3.7)



Şekil 3.7 Özel hat dışlama örnekleri

Aynı istasyon hattı üzerindeki zıt yönlü hareketlere yönelik dışlama, anahat üzerindeki zıt yönlü hareket güvenliğine benzerdir. Bir istasyon içerisinde zıt yönlü hareket için güvenlik mantığının (sinyal kabini) oluşturulması, hat dışlamasına göre daha basittir. Anahat üzerinde zıt yönlü hareket güvenliği için iki tren bildirim yeri arasında güvenlik mantığı

oluşturulmalıdır. Bu iki tren bildirim yeri arasında çok sayıda blok kesimi bulunabileceğinden, hat dışlaması prensibi ile teknik hat serbestliği bildirimi güvenlik açısından yeterli olmazdı. Bu nedenle, anahat üzerinde zıt yönlü hareket güvenliği daha önce tanımladığımız seyir yönü değişikliği ile sağlanır.

İstasyon hatlarındaki, geçişlerine izin verilmeyen giriş ve çıkış hareketleri arasındaki dışlama, eski tesislerde, eski sinyal tekniğine uygun olarak geçişlerin yasaklanarak, büyük ölçüde gerçekleştirilen ön sinyal ilişkilendirmelerin gerekli ölçüye indirgenmesi için uygulanır. Modern tesislerde bu tür bir dışlama sadece özel durumlarda uygulanır (örneğin yolcuların girdiği eşdüzey platform bulunan hatlarda olduğu gibi).

3.2.4 Yan Hat Koruması

Yan hat koruma tertibatları, hatlara yan hatlardan giriş yapılmasını önleyerek güvenliği sağlarlar. Yan hattan gelebilecek tehlikeler aşağıdaki durumlarda meydana gelebilir:

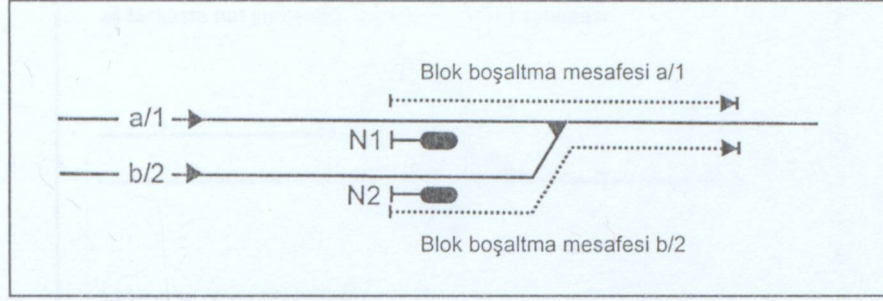
- * zıt yönlü hareketler,
- * zıt yönlü manevra hareketleri,
- * istenmeyen taşıt hareketleri,
- * giriş yapılan hatlar.

3.2.4.1 Zıt Yönlü Hareketlere Karşı Yan Hat Koruması

Zıt yönlü hareketlere karşı yan hat koruması aşağıdaki şekillerde sağlanır:

- * Hat dışlamaları,
- * Koruma makasları.

Toplam uzunluğu boyunca yer yer birleşen, yer yer ayrılan iki hat karşılıklı olarak birbirini dışlar. Hat uzunluğuna blok boşaltma mesafesi de dahildir. Karşılıklı dışlama durumunda, bir çarpışmanın meydana gelmesi ancak iki trenin de aynı anda manevra yapması halinde mümkündür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Blok boşaltma mesafelerinde izin verilen örtüşme

Blok boşaltma mesafesinde bulunan ayrılma noktası makasları kapatılmalıdır. Kilit üzerinde, birleşme noktası makaslarına gerek olmaz (normal konumda makaslar). Blok boşaltma mesafesinde bulunan koruma makasları, ikili koruma makası olarak kullanıldığında daha önemli bir seyir için iptal edilmesi gerekmediği sürece kapatılmalıdır.

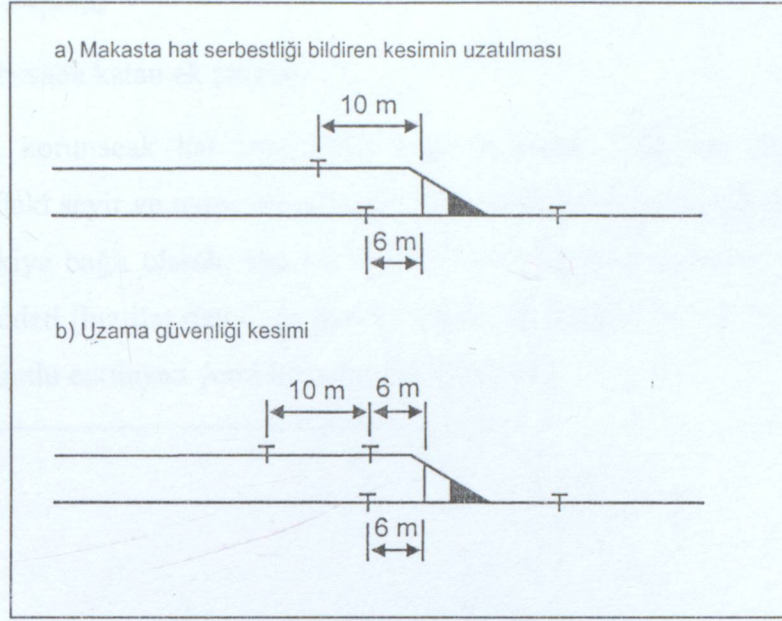
3.2.4.2 Zıt Yönlü Manevra Hareketlerine ve İstenmeyen Taşıt Hareketlerine Karşı Yan Hat Koruması

Zıt yönlü manevra hareketlerine karşı doğrudan veya dolaylı olarak yan hat koruma önlemleri uygulanabilir. Doğruan yan hat koruması, yan hat koruma tertibatlarıyla sağlanır. Yan hat koruma tertibatı olarak koruma makasları, engelleme takozları ve dur sinyalleri kullanılabilir. Dolaylı yan hat koruması, tertibatlarla değil işletim düzenlemeleriyle (manevra yasağı) sağlanır. Günümüzde yaygın olarak doğrudan yan hat koruması kullanılır.

İstenmeyen taşıt hareketlerine yönelik yan hat koruması, doğrudan koruma makasları veya engelleme takozlarıyla gerçekleştirilir. Anahatlarda engelleme takozu bulunmaz. Bir engelleme takozuyla, ait olduğu birleştirme makası arasındaki işlem sırası şu şekilde gerçekleşir: Makas, takozun bulunduğu konuma getirilmeden önce takoz kaldırılır, ve makas, takozun bulunmadığı konuma getirildiğinde (takoz) yeniden yerleştirilir.

3.2.4.3 Trenlerin Uzamasına Karşı Yan Hat Koruması

Hatlarda trenlerin uzamasına (stretch) karşı yan hat koruması sağlayan makaslar bulunmadığı takdirde, uzama/açılma koruması, hat koruma uzunluğu düzenlenerek sağlanır. Basit koşullarda, uzama/açılma koruması uzunluğu, dallanma yerindeki makasların serbestliği bildiren kesimleri uzatılarak düzenlenir. En uygunu, serbestliği bildiren kesimin açılma/uzama koruması uzunluğuna göre düzenlenmesidir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Uzama güvenliği kesiminin düzenlenmesi

Giriş hareketinden sonra, makaslar, sadece giriş yapan trenin izole edilmiş açılma/uzama güvenliği kesimini tamamen boşaltmasından sonra düzenlenebilmektedir. Giriş yapan trenin uzayarak/açılarak uzama güvenliği kesimini işgal etmesi halinde; aradaki zamanda tekrar geç konumuna gelen giriş sinyali dur konumuna getirilmez. Giriş sinyali, uzama güvenliği kesimi işgal edildiğinde geç konumuna getirilebilmektedir.

3.2.4.4 Koruma Makası Koşulları

Alman Demiryolları AG (orijinal metinde [DB93]) yönetmeliklerine göre, 160 km/h'ten fazla hızla seyredilen hatlarda, istasyon ve bağlantı yerlerinde yan hat koruması, koruma makaslarıyla sağlanmak zorundadır. Ayrıca istenmeyen taşıt hareketlerine yönelik ayrı bir koruma bulunmaması halinde de koruma makasları yer almak zorundadır.

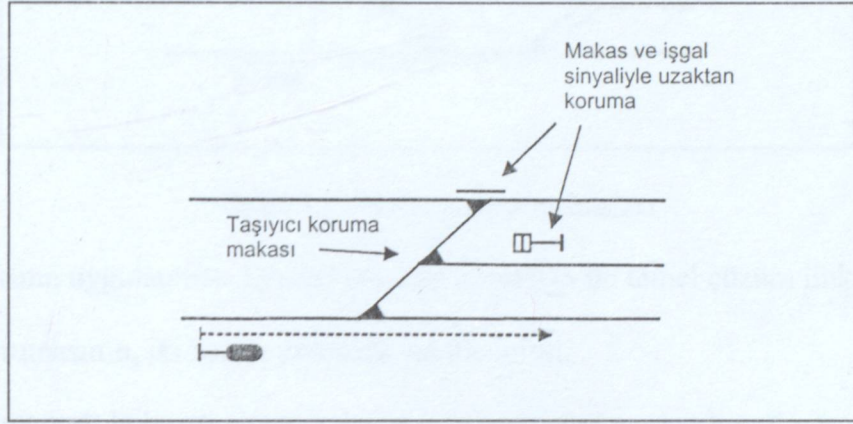
Dallanma ve aktarma yerlerinde, diğer tren hareketleri (hat dışlama, manevra yolu, tren kontrolü) tarafından tehlike oluşması ihtimali düşük olduğu için koruma makası bulunmaz. Aynı durum giriş sinyalinin ardındaki hat bölgesi için de geçerlidir. Diğer durumlarda, koruma makası ihtiyacı yerel koşullara göre belirlenir. Eski koşullarda, koruma makası ihtiyacı genelde hat diyagramlarına bağlı olarak tespit edilirdi (orijinal metinde [DR59]). Alman Demiryolları AG'nin yeni mevzuatında işletim programı da dahil edilir. Bu amaçla, yan hat koruma değeri hesaplanır. Yan hat koruma sayısı belli bir sınırı geçtiği takdirde, koruma makasına ihtiyaç olduğu kabul edilir. Yan hat koruma değeri, aşağıdaki değerlerin çarpımından elde edilir:

* tehlike çarpanı,

* yan hat tehlike çarpanı,

* yerel koşulları hesaba katan ek çarpan.

Tehlike çarpanı, korunacak hat üzerindeki seyir sayısıdır. Yan hat tehlike çarpanı ise korunacak noktadaki seyir ve manevra sayısıdır. Her iki değer de hıza bağlı olarak hesaplanır. Aralarındaki ilişkiye bağlı olarak, yan hat hareketi olasılığı (iki potansiyel seyir sayısı ile); beklenen kaza şiddeti (hız ile) olarak da hesaba katılır. Ek çarpan ile, yan hat hareketleri veya kaza şiddetini olumlu etkileyen yerel koşullar hesaba katılır.



Şekil 3.10 Taşıyıcı koruma makası ile uzaktan koruma

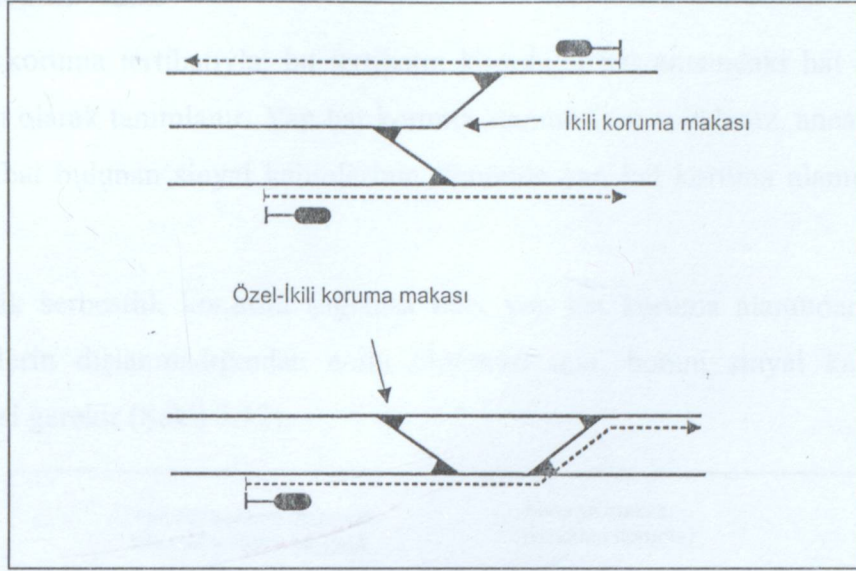
3.2.4.5 Yan Hat Koruma Tertibatlarında Özel Durumlar

Uzaktan Koruma

Yan hat koruması, korunan hatta yakın bir hat bileşeni ile sağlanır (yakın koruma). Buna uygun hat bileşeni bulunmadığı takdirde, yan hat koruması, uzakta bulunan bir hat bileşeniyle gerçekleştirilebilir (uzaktan koruma). Uzaktan koruma sağlayan düzenekler ve korunan hat arasında yer alan makaslar, kendisi yan hat koruması sağlamayıp yan hat korumasını “taşıdıkları” için taşıyıcı koruma makası olarak tanımlanır (Şekil 3.10).

İkili Koruma Makasları

İkili koruma makası, iki anahat arasında yer alan bir hattı, bitim yerlerinde iki anahatla birleştiren makaslardır (Şekil 3.11, üstteki resim). Bu makas, diğer anahatlardan gelen seyirler için farklı konumlarda yan hat koruması olarak kullanıldığı için, her seyirde farklı konumlara kilitlenir ve bu şekilde diğer hatlardan aynı anda seyir yapılması halinde hattın çözülmesini sağlar. İşletim açısından çok uygun olmayan bu durumda, belirli seyir kombinasyonlarında, dallanma konumundayken makasın kilitlenmesinden kaçınılır (iptal makası).



Şekil 3.11 İkili koruma makasları

İptal makaslarının uygulanması için hat mantığı açısından iki temel çözüm imkanı vardır:

a) Yan hat korumasının, iki hattın dışına sabitlenmesi,

Çizelgeli hat mantığı bulunan sinyal kabinlerinde esas çözüm olan bu yöntem, genelde hatlar birleşen hatlarla ağırlık açısından çok farklı olduğunda uygulanır. İkili koruma makasının yan hat koruması sağlamadığı hatlarda, bir ana sinyal veya işgal sinyali aracılığıyla uzaktan koruma sağlanır.

b) Yan hat korumasının “first-in-first-out” (ilk giren ilk çıkar) prensibine göre belirlenmesi

Bu çözüm, hatlarla birleşen hatlar eşit ağırlıkta olduğunda uygundur. İkili koruma makası, bu çözümde daima ilk düzenlenen hat için yan hat koruması sağlar. Bazı sinyal kabini türlerinde yan hat koruması arka arkaya programlanabilir, yani ilk düzenlenen hattın çözülmesinden sonra ikili koruma makası ikinci hattın korumasını sağlar.

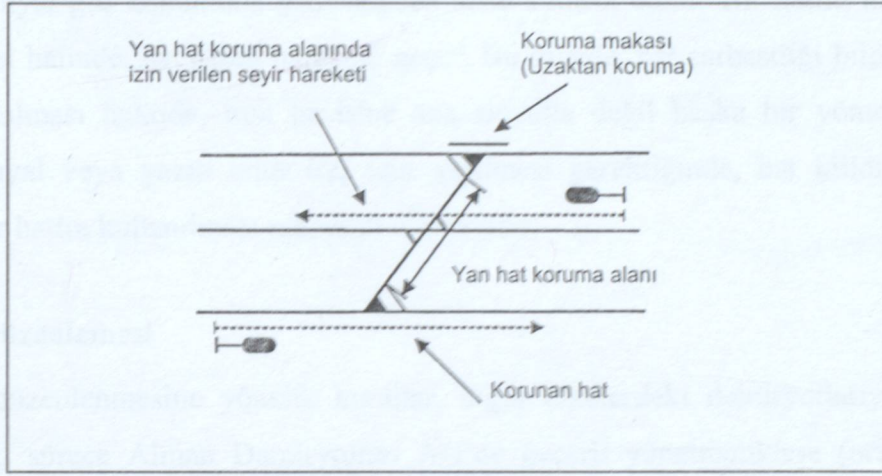
Güvenlik sebepleriyle bir iptal makasının uygun olmaması halinde (örneğin ortadaki hat üzerinde yoğun manevra işletiminde), koruma makası olarak ek bir makas ilave edilebilir.

Bir de özel-ikili koruma makası vardır. Özel-ikili koruma makası, bulunduğu hatta ve diğer hatta aynı anda iki konumda da yan hat koruması sağlar (Şekil 3.11, alttaki resim). Hattın ayarlanabilmesini sağlamak için yan hat koruma fonksiyonu konumundan çıkılmalıdır. Genelde, yan hat koruması, sabit konumda, özel-ikili koruma makasından uzakta bulunan hatta etkir. Hat çözülmeli sinyal kabinlerinde arka arkaya özel-ikili koruma makası bulunur. Özel-ikili koruma makası ilk olarak birinci hat makasına yan hat koruması sağlar ve bu makasın çözülmesinden sonra diğer makasın korumasını sağlar.

Yan Hat Koruma Alanı

Bir yan hat koruma tertibatıyla, bu tertibatın koruduğu hat arasındaki hat kesimi, yan hat koruma alanı olarak tanımlanır. Yan hat koruma alanına taşıt sokulmaz, ancak hat serbestliği bildiren tertibat bulunan sinyal kabinlerinin tümünde yan hat koruma alanının boş kalması sağlanamaz.

Teknik olarak serbestlik kontrolü sağlansa bile, yan hat koruma alanından eşdüzey geçiş yapan seyirlerin dışlanmadığından emin olunması için, bunun, sinyal kabini mantığıyla desteklenmesi gerekir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Yan hat koruma bölgesinde izin verilen seyir hareketi

3.2.5 Hat Serbestliği Bildirimi

İstasyonlarda da aralıklı seyir hareketi geçerlidir. Hat güvenliğine yönelik, otomatik olmayan blok yöntemlerinde, bir kesimin serbestliğinin hattın bitiminde, sadece tren bitim yeri bilgisiyle değerlendirilmesi istasyon içinde mümkün değildir. İstasyonlarda, normal seyirler yanında manevra hareketleri de gerçekleştirildiğinden, hatlarda her zaman taşıt bulunabileceği ihtimali gözönünde bulundurulmalıdır. Giden bir trenin hattı tamamen boşaltması, hattın boş sayılması için yeterli bir kriter değildir.

Buradan, bir hattın serbest olup olmadığının bir tren hareketine izin verilmeden önce kontrol edilmesi gerektiği sonucu çıkartılabilir. Eski sinyal tekniğinde (mekanik ve elektromekanik sinyal kabinleri) ilk başlarda, hat kontrolünün teknik olarak gerçekleştirilmesi mümkün değildi. Bu tür tesislerde, tren geçişine izin verilmeden önce, hattın boş olup olmadığı izleme yoluyla denetlenirdi. Sınırlı görüş alanı nedeniyle istasyonlarda çoğu kez birden fazla hat kontrol bölgesi bulunur; hat kontrolüne ilişkin sorumluluk kesin kurallarla belirlenmiştir. Hat kontrolü, ağırlıklı olarak sinyal kabini personeli tarafından gerçekleştirilir, izlemesi zor olan

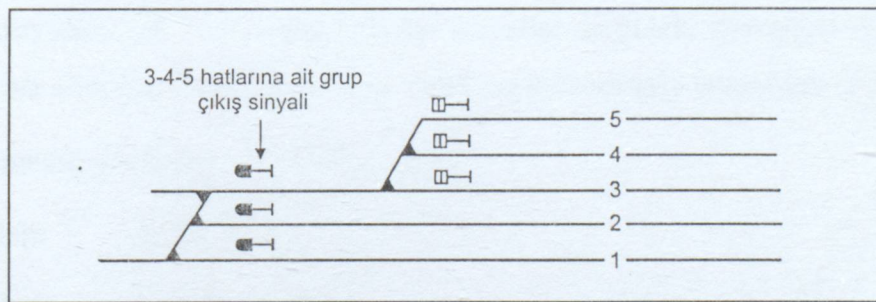
istasyonun giriş sinyali olarak da kullanılabilir. Giriş sinyali fonksiyonunun, komşu dallanma yerine ait blok sinyaline geçmesi halinde de, sinyal düzenlemeleri mümkündür.

Çıkış sinyalleri anahatta çıkış hareketlerini bildirirler. Çıkış sinyali bulunan bir istasyondan ayrılan yan hatlar bulunduğu takdirde aynı çıkış sinyali tüm çıkış hatları için geçerlidir. Bununla birlikte, çıkış sinyalinin yan hat için uygun olmadığı durumda, yan hattın çıkış yollarına diğer hatlardan ayrı bağlantı varsa çıkış sinyali kullanılmayabilir.

Çıkış sinyalinin konumu aşağıdaki koşullara uygun olarak belirlenmelidir:

- * diğer trenlerin giriş veya çıkış yollarını engellemeyecek şekilde, en uzun trenin önünde durabileceği şekilde,
- * yolcu trenleri çıkış sinyali dur konumundayken de platforma yanaşabilmelidir,
- * hat birleşme yerleri duran trenler tarafından işgal edilmemelidir,
- * Platform sonuyla çıkış sinyali arasındaki mesafe 300 m'den daha az olmalıdır (noktasal tren kontrolünün uygun tasarlanması halinde istisnalara izin verilebilir).

İki ya da daha fazla sayıda çıkış hattı bulunan aynı yönlü hatlarda, çıkış yollarının birleşmesinden önce her bir hat için bir çıkış sinyali yerleştirilir. İşletim koşulları uygun olduğu takdirde, birden çok çıkış yolu olan yük treni hatları için ortak bir çıkış sinyali –grup çıkış sinyali- kullanılabilir (Şekil 3.13). Etkili bir sinyalizasyon sağlanabilmesi için, grup çıkış sinyalinin hatların birleşme yeri yanında veya ardında; hat grubunun diğer hatlarla birleştiği yerden önce bulunması gerekir.

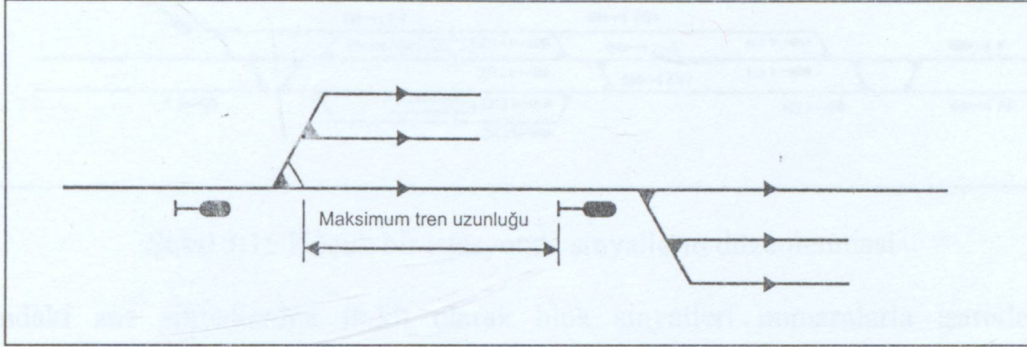


Şekil 3.13 Grup çıkış sinyali düzenlemesi

Bir grup çıkış sinyaline ait çıkış hatları, işgal sinyaliyle sona erer. Grup çıkış sinyalleri, ancak ilgili çıkış hatları:

- * konum olarak ayrılma noktası makaslarına ve koruma makaslarına uygun olduğunda,
- * birbirine geçen anahatların dışında başladığında,
- * birleşmeden önce başka hatlarla kesişmediği durumda kullanılır.

Çok uzun istasyonlarda veya hat diyagramlarında giriş ve çıkış sinyali arasındaki kesim bir ara sinyalle bölünebilir. Bu durum, özellikle istasyon içerisinde, aynı hattan çok sayıda dallanma söz konusu olduğunda geçerlidir (Şekil 3.14). Çıkış sinyallerinde tanımlanan esaslara benzer şekilde, ara sinyaller grup sinyali (grup ara sinyali) olarak da düzenlenebilir.



Şekil 3.14 İstasyonda hat dallanmalarından önce yer alan bir ara sinyal

Blok sinyalleri, anahat üzerinde yer alan ve blok hattına girişi sağlayan ana sinyallerdir. Tüm dallanma ve aktarma yerlerinde blok sinyali bulunur. Hattın kapasitesi gerektirdiği takdirde, minimum izleme sürelerinin kısaltılması amacıyla, yalnızca tren izleme düzenlemesine yarayan ve sabit tehlike noktalarında koruma amaçlamayan blok sinyalleri kullanılabilir. Durma noktalarında ve durma yerlerinde blok sinyalleri, çıkış sinyallerine benzer olarak; trenlerin, blok sinyali dur konumundayken de platforma yanaşabilecekleri şekilde düzenlenmelidir.

3.3.2 Ana Sinyallerin İşaretlenmesi

Alman Demiryolları'nda istasyonda bulunan sinyaller aşağıdaki işaretlerle tanımlanır. Çıkış sinyalinden ara sinyallere kadar işaretlerin tümü hat numarasıyla tanımlanır (Şekil 3.15):

- Kilometraj yönünde

Giriş sinyalleri: A, B, ...

Çıkış sinyalleri: N + Hat numarası

Ara sinyaller: ZR, ZT + Hat numarası

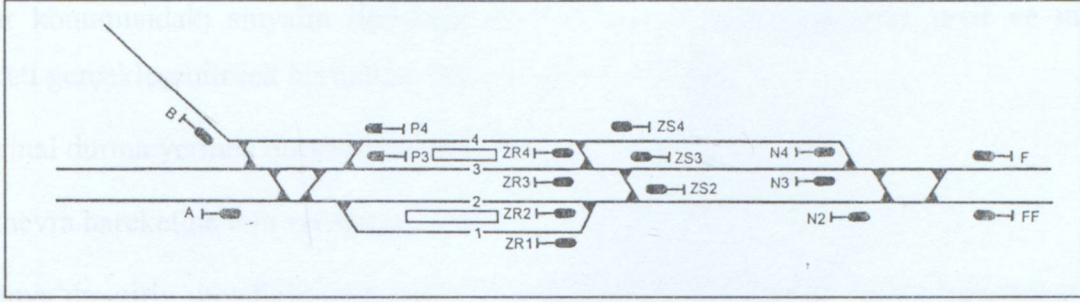
- Kilometraja ters yönde

Giriş sinyalleri: F, G, ...

Çıkış sinyalleri: P + Hat numarası

Ara sinyaller: ZS, ZU + Hat numarası

Çift hatlı bir demiryolunda, giriş sinyalinin soldaki hat üzerinde bulunması halinde sağdaki hat için de olmak üzere çift harf kullanılır (örneğin AA, FF, ...).

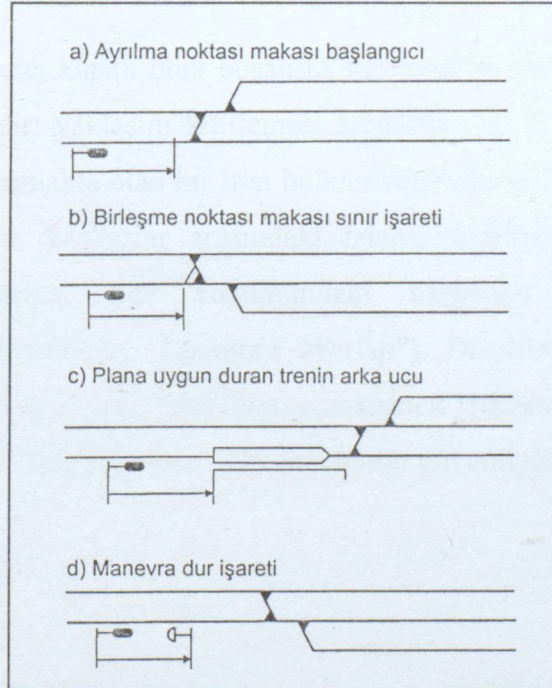


Şekil 3.15 Küçük bir istasyonda sinyallerin düzenlenmesi

İstasyondaki ana sinyallerden farklı olarak blok sinyalleri numaralarla işaretlenir; hat kilometrajı yönünde bulunan sinyaller tek sayıyla, ters yöndeki sinyaller ise çift sayıyla işaretlenir. Paralel veya birbirinden ayrılan hatlara ait aynı yöndeki blok sinyalleri çoğunlukla rakam değişikliğiyle ayırtedilir.

3.3.3 Tehlike Noktasına Uzaklık

Sinyal konumunun belirlenmesi açısından, hattın gerekli kullanılabilir uzunluğu yanında, yeterli blok boşaltma mesafesi bulunması önemlidir. Bu nedenle sinyallerin önemli tehlike noktalarına yeterince uzaklıkta yerleştirilmesi gerekir. Önemli tehlike noktaları (Şekil 3.16):



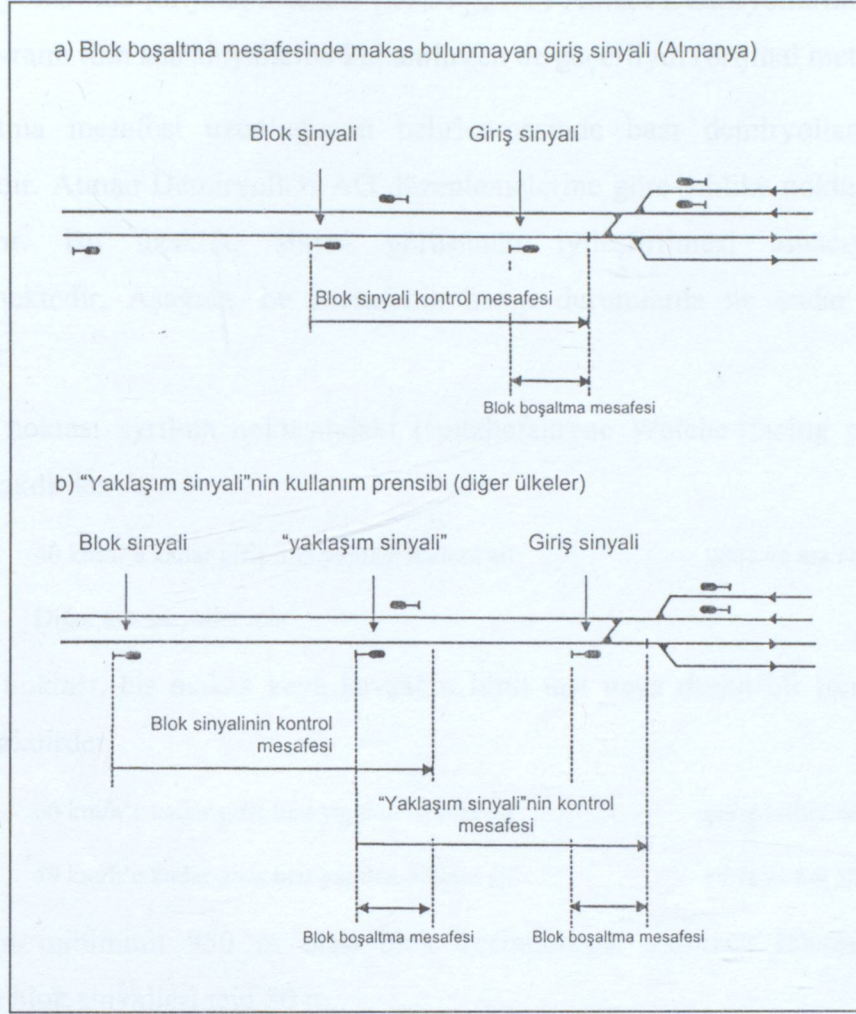
Şekil 3.16 Önemli tehlike noktaları

- * Kapalı olması veya yan hat koruma tertibatı bulunması durumu dışında, sinyalin ilerisinde bulunan ilk ayrılma noktası makasının başlangıcı,
- * Dur konumundaki sinyalin ilerisinde bulunan ve üzerinde aynı anda seyir ve manevra hareketi gerçekleştirilecek bir makas veya kavşağın limit taşı,
- * Normal durma yerinde duran trenin ucu veya kuyruk sonu,
- * Manevra hareketine izin vermeyen manevra dur levhası.

Almanya'da, giriş sinyalinin ilerisindeki blok boşaltma mesafesinde makas bulunması uygun değildir; bunun sebebi, bu makasların arkadaki blok sinyalinin (veya ilerideki istasyonun çıkış sinyalinin) kontrol mesafesinde bulunma olasılığı ve bu nedenle bu sinyal ile ilişkilendirme gerektirmesidir. Böyle bir durumda, ilerideki sinyalin geçiş konumuna karar verilmeden önce, sonrasında hangi hattın giriş sinyali olarak ayarlanması gerektiğine karar verilmesi gerekirdi, –ki sabitlenen blok boşaltma mesafesinin sonradan değiştirilmesi mümkün olmamaktadır.

Bazı ülkelerde (özellikle ABD'de) bu durumlarda yaklaşım sinyalizasyonu (approach signaling) olarak adlandırılan yöntem kullanılır. Bu yöntemde giriş sinyali doğrudan giriş makasından önce düzenlenir. Giriş sinyalinin ilerisinde bulunan izleme kesimi, arkadaki yaklaşım sinyali (approach signal) olarak adlandırılan ve istasyonun hat güvenliğini sağlayan ve bu açıdan blok sinyalinden ayrılan sinyalin izleme kesiminde bulunur; bu sinyalden sonra bir makas bulunmasa da makinist aradaki farkı anlamaz (Şekil 3.17).

Giriş makasları bölgesinde, kapalı blok boşaltma mesafesi nedeniyle işletimin engellenmesi, bu hatlarda kritik değildir; yaklaşım kilitlemesi prensibine göre, düzenlenen hat üzerindeki değişiklikler, hatta yaklaşmakta olan bir tren bulunmadığı sürece, sinyal dur konumundayken de geri alınabilmektedir. Makaslar arasındaki izleme ilişkilendirmeleri yardımıyla blok boşaltma mesafesi işlemi, geç konumundaki başlangıç sinyali geri alınmadan değiştirilebilmektedir (İngilizcesi “swinging overlap”). Bu izleme ilişkilendirmeleri şartlı izleme ilişkilendirmesi (İngilizcesi “conditional crosslock” (orijinal metinde [GR97])) olarak da tanımlanır ve yalnızca bitiş sinyaline bağlanan hattın güvenliğini sağlar.



Şekil 3.17 Giriş sinyallerine ait blok boşaltma mesafeleri

Alman İmparatorluğu döneminde, istisna durumlar hariç, zorunluluk nedeniyle, giriş sinyalinden önce yeterli kontrol mesafesi bulunmadığı takdirde, giriş sinyalinin blok boşaltma mesafesinde gerideki ana sinyalle ilişkili makaslar bulunacak şekilde düzenleme yapılırdı. Bu tür sinyal düzenlemelesine “koruyucu blok hattı” adı verilirdi (orijinal metinde [DR59]).

Çıkış ve ara sinyallerde, istasyon uzunluğunu arttırdığı için, geçilen ilk makastan önce blok boşaltma mesafesi boyunca sinyal yerleştirilmesi uygun değildir. Kontrol mesafesinde yer alan makasların güvenliğine yönelik kurallar bazı demiryolu işletmelerinde farklıdır. Alman Demiryolları AG’de blok boşaltma mesafesinde bulunan birleşme noktası makasları (stumpfbefahren Weiche: trailing point) kilitlenmez (normal konumdaki makaslar).

Blok boşaltma mesafesi kavramı, Alman Demiryolları’nda 1998 yılında, sinyal tertibatlarının (orijinal metinde [DB98¹]) planlanmasına yönelik yeni düzenlemeler yapıldığından beri hala sadece çıkış ve ara sinyaller için geçerlidir. Çıkış sinyalleri ve blok sinyallerinin arkasındaki blok boşaltma mesafesi, bundan farklı olarak “tehlike noktasına uzaklık” olarak tanımlanmaktadır. Benzer (işletim açısından oldukça muhafazakar) bir düzenleme de Alman

Rayş Demiryollarında (orijinal metinde [DR59]), eski Alman Demiryollarında blok boşaltma mesafesi kavramı tüm ana sinyallerde kullanılırken de geçerliydi (orijinal metinde [DB83]).

Blok boşaltma mesafesi uzunluğunun belirlenmesinde bazı demiryollarında farklılıklar bulunmaktadır. Alman Demiryolları AG düzenlemelerine göre tehlike noktasına uzaklık 200 m olmalıdır. Bu uzaklık, sinyal görüşünün iyileştirilmesi amacıyla 400 m'ye çıkartılabilmektedir. Aşağıda, bu mesafenin hangi durumlarda ne kadar kısaltılabileceği belirtilmiştir:

- * Tehlike noktası ayrılma noktasındaki (spitzbefahrene Weiche=facing point) bir makas olduğu takdirde:

50 m	40 km/h'e kadar giriş hızı yapılan hatlara ait	çıkış ve ara sinyaller için
100 m	Diğer ana sinyaller için	

- * Tehlike noktası, bir makas veya kavşağın limit taşı veya duran bir trenin kuyruk sonu olduğu takdirde:

100 m	60 km/h'e kadar giriş hızı yapılan hatlara ait	çıkış ve ara sinyaller için
50 m	40 km/h'e kadar giriş hızı yapılan hatlara ait	çıkış ve ara sinyaller için

- * Uzunluğu minimum 950 m olan blok kesimlerinde yalnızca izleme düzenlemesini sağlayan blok sinyalleri için 50 m.

Bu uzunluklar, eğimsiz hatlar için geçerlidir. Frenlemenin ana sinyalden önce yapıldığı durumlar için eğime bağlı olarak tehlike noktasına uzaklık arttırılabilir (300 m kadar), çıkış eğimlerinde kısaltma izni vardır.

Çıkış ve ara sinyallerin ilerisinde birden fazla blok boşaltma mesafesi de yer alabilmektedir. Bunun için, normal blok boşaltma mesafesinin hat çatışması nedeniyle düzenlenemediği işletim koşullarında, kısaltılmış blok boşaltma mesafesinden (başlangıç sinyalinde belirtilen hız düşüşü ile birlikte) veya farklı düzendeki bir blok boşaltma mesafesinden sözedilebilir. Bazı sinyal kabinlerinde blok boşaltma mesafesi kısa olduğu takdirde, bitiş sinyaline bir hat bağlı olduğunda veya –Demiryolu Yapım ve İşletim Yönetmeliği'nin geçerlilik alanı dışında– bağlı hat tamamen boşaldığında blok boşaltma mesafesinin tümü kullanılabildiğinde, başlangıç sinyalleriyle hız işareti vermek mümkün olabilmektedir.

3.4 Hat İşgal Süreleri

Bölüm 3.2.2'de giriş hatlarına ait makaslar için bazı işgal süresi şemaları gösterilmiştir. Hat kesimlerinin işgal sürelerinin tam temsili için, hat kilitlemesinde yer alan makasların işgal

süresi temsiline, her bir hattın blok kesimi işgal süresi temsiliyle örtüştürüldüğü geleneksel bir temsil biçiminin geçerli olduğu gösterilmişti (Şekil 3.18). Bu tür işgal süresi şekilleri, örneğin SLS program paketlerinde kullanılır (orijinal metinde [DB92]). Bu temsil biçimi, işgal süresi durumuna ait ayrıntılı gösterimi sağlamakta, ancak karmaşık işletim biçimlerinde anlaşılabilir olmamaktadır. Bir hat kesiminde ana sinyaller arasındaki alanda verilen işgal süreleri yalnızca tüm hat üzerindeki izlemeler için geçerlidir. Blok kesimleri farklı olan hatların dallanma yerlerindeki ortak hat kesimleri, aynı anda, blok kesimi işgal süreleri farklı olan seyir yollarıyla birlikte kullanılabilir.

İki farklı tren arka arkaya, aynı hattan farklı istasyon hatlarına girdiğinde, veya bir hatta tren girişinden sonra başka bir hattan aynı hatta çıkış yapan bir trenin bulunması durumunda, sözkonusu hatların ayrılmasından önceki giriş makası bölgesinde, iki hat tarafından ortak kullanılan kesimin blok işgal sürelerinin örtüşmesi söz konusudur. Ancak, bu tür izleme durumlarında, izleme için önemli hat işgal süreleri bu alanda örtüşmemelidir. Karmaşık yapılarda, bir işletim durumunun uygunluğu değerlendirilirken, ortak kullanılan hat kesimlerinde, hangi farklı hatların blok kesimi işgal sürelerinin örtüşebileceğine karar vermek zordur.

Daha iyi bir gösteriliş biçimi; her bir hat kesiminde işgal süreleri kesişmelerine izin verilmediği ve bunların çatışma olarak kabul edildiği şemalardır. Bu, aynı zamanda, bilgisayar destekli orer hazırlama yönteminin geliştirilmesi için bir önkoşuldur. Bu sebeplerden dolayı hatların ve blok kesimlerinin işgal sürelerinin birlikte gösterildiği farklı bir işgal süresi temsili geliştirilmiştir. Bu temsilde işgal süreleri, hat kesimleri işgali olarak gösterilir. Kapalı olan hat işgal edilmiş olarak gösterilir, tren sonu contadan uzaklaştığında hat tekrar açılır (Şekil 3.19).

3.5 Hat Yönetim Teknikleri

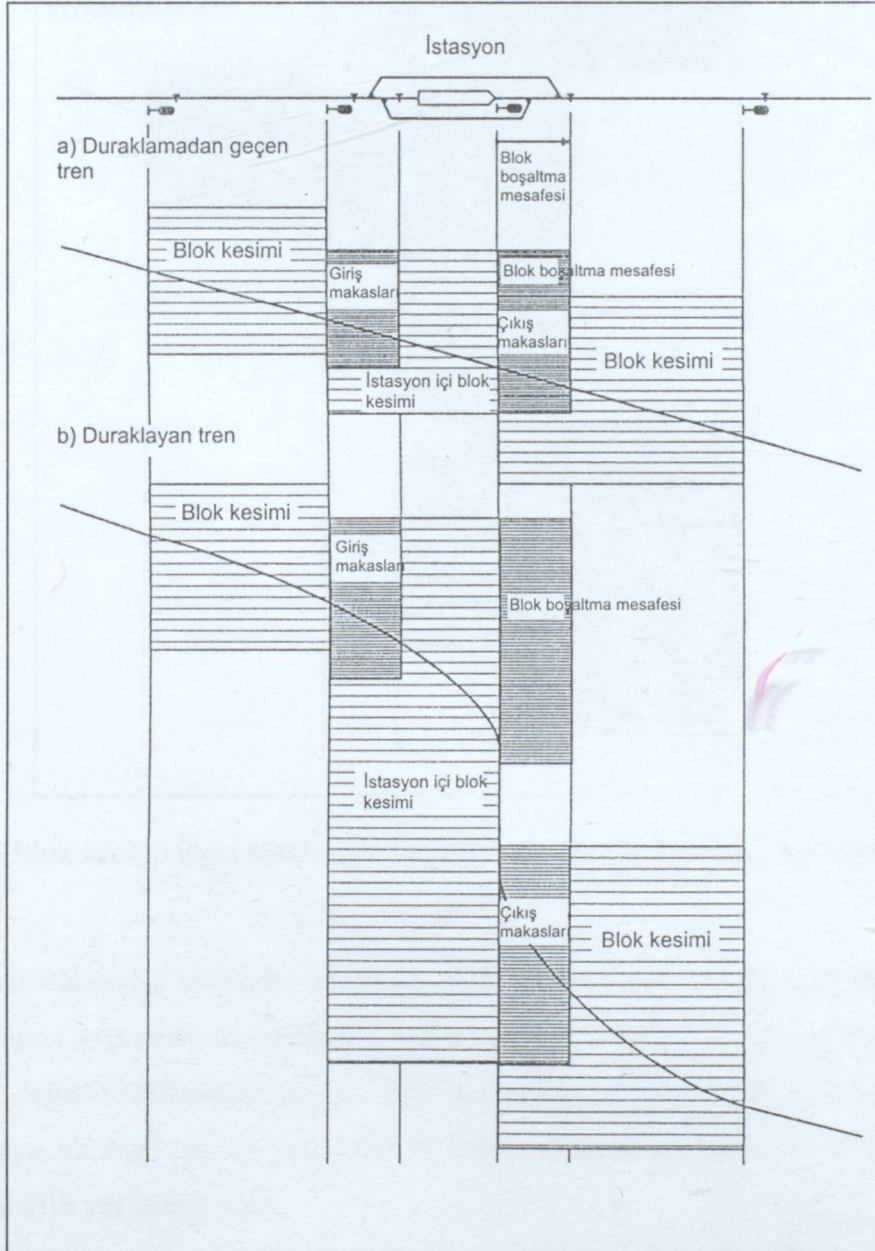
Makas ve sinyal düzenlemeleri sinyal kabinlerinde koordine edilir. Teknik uygulama açısından farklı sinyal kabini türleri bulunmaktadır.

3.5.1 Sinyal Kabini Türleri

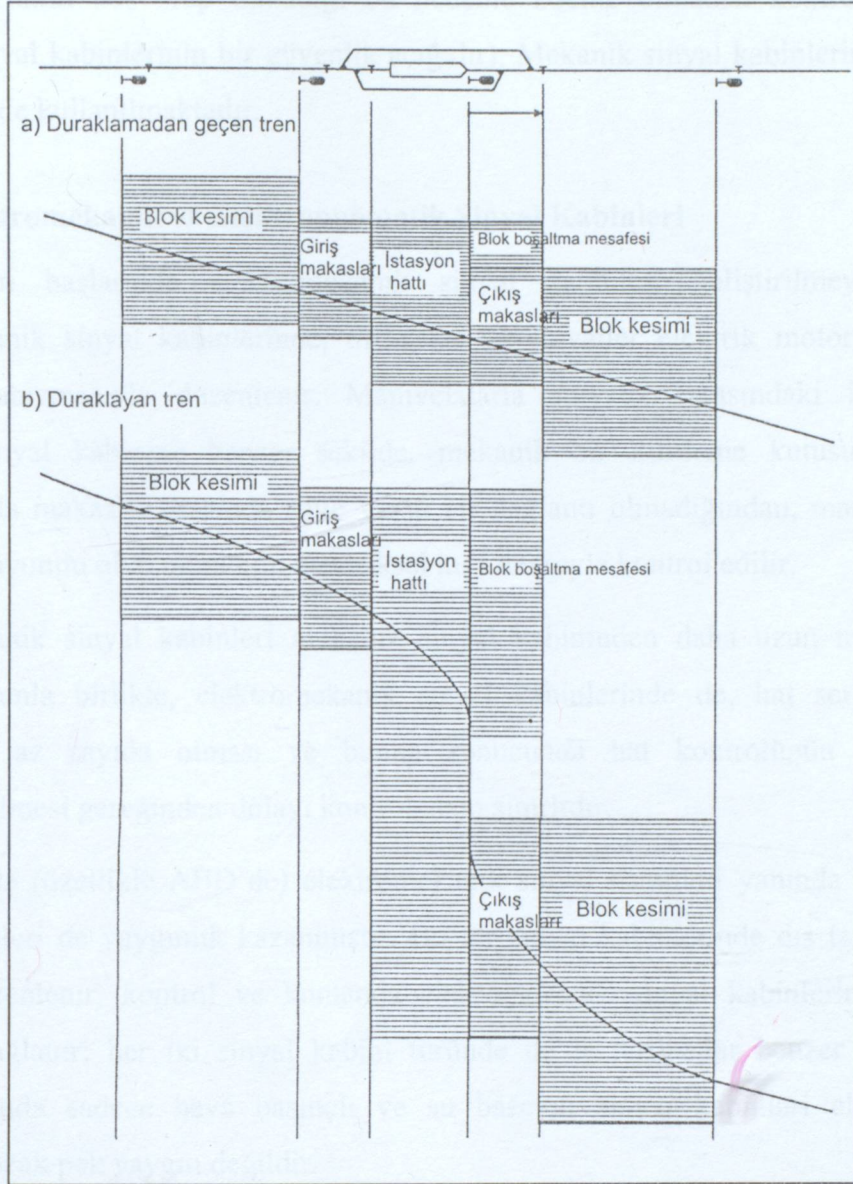
3.5.1.1 Mekanik Sinyal Kabinleri

Mekanik sinyal kabinleri en eski sinyal kabinleridir. Kullanılmaya başlandığı dönem, demiryollarının ilk defa işletildiği 19. yüzyılın ikinci yarısına tekabül eder. Mekanik sinyal kabinleri, kas gücüyle kullanılır. Kabinde bulunan manivelalardan aktarılan kuvvet makaslara

ve sinyallere mil bağlantıları (Almanya’da pek yaygın değildir) veya tel bağlantılarıyla iletilir. Sinyal ilişkilendirmeleri sinyal kabininde mekanik bir kilitleme kutusuyla oluşturulur. Bu kilitleme kutusu, makas manivelalarıyla hareket ettirilen kilitleme kirişleri ve hat manivelalarıyla hareket ettirilen hat piston kollarının matris formu düzenlenmesinden oluşur. Bu matrisin içinde bulunan kilitleme sistemi, sinyali serbest bırakan hat manivelasının, ancak ilgili hatta ait tüm makas manivelaları uygun konumda olduğu takdirde değiştirilebilmesini sağlar.



Şekil 3.18 Hat işgal süreleri ve blok kesimi işgal sürelerinin ayrı gösterildiği işgal süreleri grafiği



Şekil 3.19 Blok kesimi işgal süreleriyle hat işgal sürelerinin birlikte gösterildiği işgal süreleri grafiği

Makas manivelalarıyla makaslar arasında, rijite yakın (quasi rigid) bir bağlantı vardır; bu bağlantı, yapısı sayesinde manivelanın, sadece makas kurallara uygun olarak son konumuna geldiğinde değiştirilebilmesini sağlar. Ayrılma noktası makaslarına, güvenliğin artırılması amacıyla, ayrı bir manivelayla kullanılan ve makas dillerini son konumunda kilitli halde tutan bir noktasal kilit yerleştirilebilir.

Kas gücünün kullanılması sebebiyle mekanik sinyal kabinlerinde kumanda mesafesi sınırlıdır (makaslardan yaklaşık 400 m uzaklıkta). Bu nedenle hat oluşturulmasında çok sayıda sinyal kabininden yararlanılır. Bu sinyal kabinleri arasındaki ilişkilendirmeler elektrik hatlarıyla blok bölgeleri üzerinden sağlanır. Bu tertibatlar istasyon blok tesisi olarak tanımlanır. Mekanik sinyal kabini bulunan istasyonlarda genelde hat serbestliği bildiren tertibatlar

bulunmaz. Hattın boş olup olmadığı bu nedenle izleme olmadan kontrol edilemez (bu, mekanik sinyal kabinlerinin bir güvenlik açığıdır). Mekanik sinyal kabinlerinin çeşitli türleri günümüzde de kullanılmaktadır.

3.5.1.2 Elektromekanik ve Elektropnömatik Sinyal Kabinleri

20. yüzyılın başlarında elektromekanik sinyal kabinleri geliştirilmeye başlanmıştır. Elektromekanik sinyal kabinlerinde, makaslar ve sinyaller elektrik motoruyla çalışan bir tahrik mekanizmasıyla düzenlenir. Manivelalarla sinyaller arasındaki ilişkilendirmeler, mekanik sinyal kabinine benzer şekilde, mekanik bir kilitleme kutusuyla oluşturulur. Manivelalarla makaslar arasında rijite yakın bir bağlantı olmadığından, manivela ve makas ayarlarının uyumlu olup olmadığı, elektriksel kısa devreyle kontrol edilir.

Elektromekanik sinyal kabinleri mekanik sinyal kabininden daha uzun mesafede kontrol sağlar. Bununla birlikte, elektromekanik sinyal kabinlerinde de, hat serbestliği bildiren tertibatların az sayıda olması ve bunun sonucunda hat kontrolünün izleme yoluyla gerçekleştirilmesi gereğinden dolayı kontrol alanı sınırlıdır.

Dış ülkelerde (özellikle ABD’de) elektromekanik sinyal kabinleri yanında elektropnömatik sinyal kabinleri de yaygınlık kazanmıştır. Bu tür sinyal kabinlerinde dış tertibatlar basınçlı havayla düzenlenir, kontrol ve kumanda elektromekanik sinyal kabinlerinde olduğu gibi elektrikle sağlanır; her iki sinyal kabini türünde de iç tertibatlar benzer yapıdadır. Bazı demiryollarında sadece hava basınçlı ve su basınçlı sinyal kabinleri elektriksiz olarak kullanılır, ancak pek yaygın değildir.

3.5.1.3 Röle Sinyal Kabinleri

Röle sinyal kabinlerinde tüm ilişkilendirmeler röle devreleriyle oluşturulur. Mekanik kilitleme kutularının arızalanması halinde kumanda elemanları (tuşlar) ve uyarı ışıkları, şematik bir kumanda paneli aracılığıyla düzenlenebilir. Bu nedenle röle sinyal kabinleri; kumanda kabini veya tuşlu sinyal kabini olarak da tanımlanmaktadır. Röle kabinlerinde hat serbestliği bildiren tertibatlar –bazı eski türlerde olduğu gibi- yaygındır. Bundan dolayı, normal işletimde güvenlik işlemlerine gerek duyulmaz (eski sinyal kabini yapısına oranla belirgin bir güvenlik artışı vardır). Röle sinyal kabinlerinde uzaktan kontrol mümkündür, bu sayede büyük düğümlerde veya tüm hat boyunca merkezden kontrol sağlanabilmektedir.

3.5.1.4 Elektronik Sinyal Kabinleri (ESTW)

Elektronik sinyal kabinleri en modern sinyal kabini türüdür. Elektronik sinyal kabinleri bilgisayar destekli olarak çalışır, sinyal kabini mantığı yazılımlarla gerçekleştirilir. Kontrol ekranlardan sağlanır. Tamamlayıcı izleme aracı olarak, röle sinyal kabinlerinde kullanılan kumanda panelleri, bazı üreticiler tarafından elektronik kabinler için de piyasaya sunulmuştur. Günümüzde elektronik sinyal kabinlerinin güvenlik seviyesi gibi işletim seçenekleri röle sinyal kabinlerinkine uygundur.

3.5.2 Sinyal Kabinlerinde Hat Mantığının Gösterimi

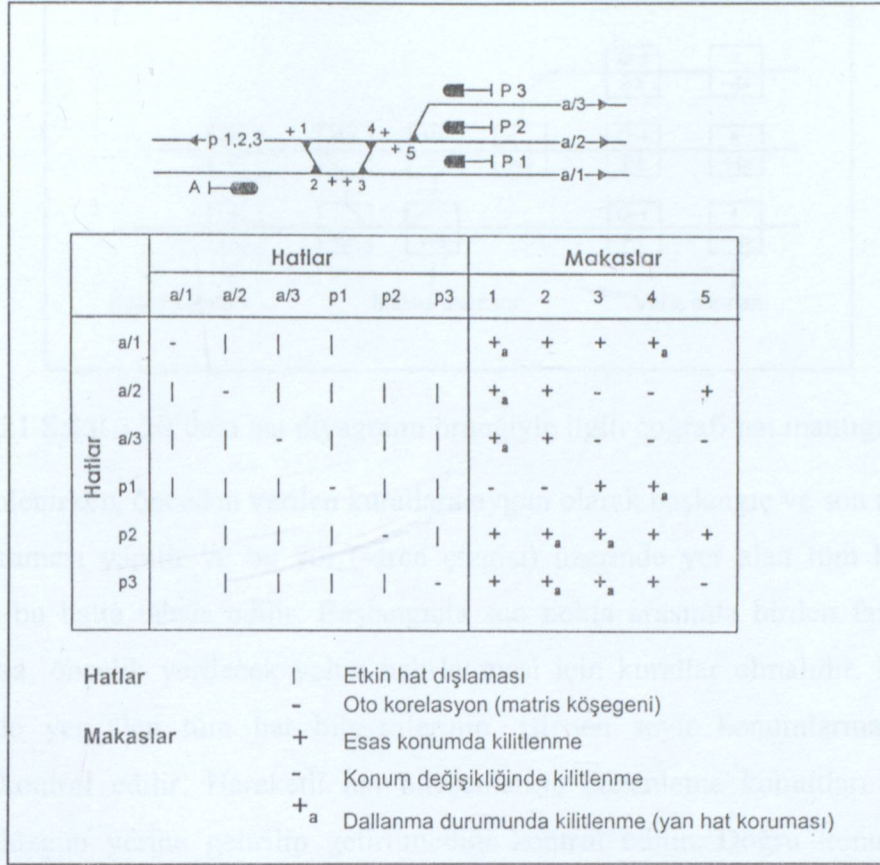
Sinyal kabinlerinde hat mantığının gösterimine yönelik iki temel yöntem bulunmaktadır:

- * diyagramlı hat mantığı (kilitleme diyagramı),
- * coğrafi hat mantığı (hat diyagramı prensibi).

3.5.2.1 Diyagramlı Hat Mantığı (Kilitleme Diyagramı)

Kilitleme diyagramı (kilitleme planı, kilitleme tablosu), sinyal kabinlerinin dahili güvenlik mantığının en geleneksel gösterim biçimidir. Her ne kadar bu temsil prensibi mekanik sinyal kabinlerindeki kilitleme kutusu gösteriminden türetilmiş olsa da; bu tür hat mantığı formu, sinyal kabini tekniğindeki değişikliklere ayak uyduramamıştır ve hala elektronik sinyal kabinleriyle aynı sırada yer almaktadır.

Bir kilitleme diyagramında her bir hat, bir matristeki satırla temsil edilir, hat bileşenleri ise matris sütunuyla gösterilir. Matris alanları belirli bir hattaki hat bileşenlerinin hangi konumda bulunması gerektiği bilgisini içerir (Şekil 3.20). Belirli bir hatta ait bir hat bileşeni kullanılmadığı takdirde ilgili matris elemanı boş kalır. Aynı yöntemle hat dışlamaları gösterilir; burada da hatlar sütunlarla gösterilir ve etkin olan hat dışlaması belirtilebilir. Güvenlik şartlarının hat odaklı temsili nedeniyle diyagramlı hat mantığına literatürde “hat prensibi” de denilmektedir (orijinal metinde [FE98]). Diyagramlı hat mantığı bulunan sinyal kabinleri hat bileşenlerinin ayrı ayrı çözülmesi esasına göre çalışmaz (ESTW hariç). Uzun hatlarda, işletim zorunluluklarından kaynaklı olarak uzun hat kesimlerinde sıklıkla kısmi çözümler öngörülmüştür.

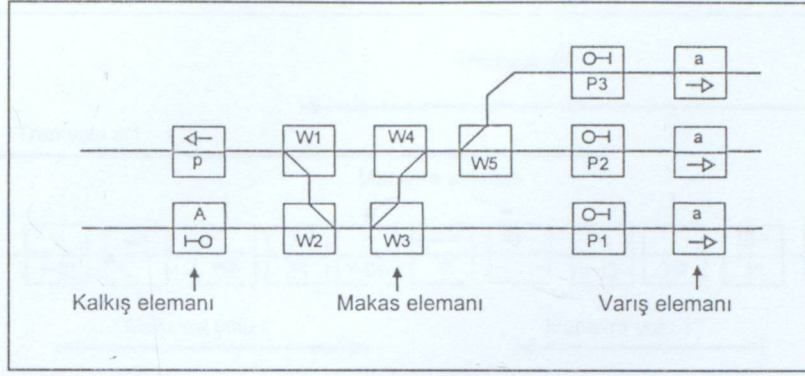


Şekil 3.20 Kilitleme diyagramı prensibi

Hat matrisi mantığı mekanik bir kilitleme kutusuyla kolayca değiştirilebildiğinden mekanik ve elektromekanik sinyal kabinlerinin klasik yöntemidir. Eski röle sinyal kabinleri de aynı esasa dayanmaktadır. Elektronik sinyal kabini tekniğine geçişle birlikte diyagramlı hat mantığı, matrisin “Elektronik Veri İşleme” ile uyumlu veri modelleri sayesinde, bazı üreticiler tarafından yenilenmiş ve modern röle sinyal kabinlerinde yaygın kullanılan hat diyagramı yönteminden vazgeçilmesine yol açmıştır. Modern temsil biçimi olarak kilitleme planı yerine hat diyagramı kullanılmaktadır (orijinal metinde [LO98]).

3.5.2.2 Coğrafi Hat Mantığı (Hat Diyagramı Prensibi)

Coğrafi hat mantığında, hatlara ait bileşenlerin konumlarına ilişkin kesin bilgiler bulunmaz. Her bir hat bileşeni, hat diyagramı topolojisine uygun olarak kumanda edilen hat tesisiyle ilişkilendirilebilen bağımsız nesneler olarak algılanır. Bundan dolayı bu tür hat mantığına hat diyagramı prensibi de denilmektedir (Şekil 3.21).

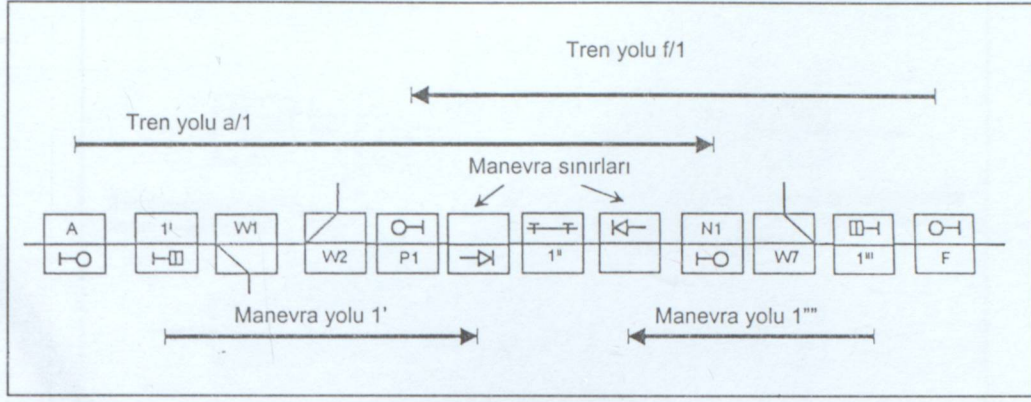


Şekil 3.21 Şekil 3.20'deki hat diyagramı örneğiyle ilgili coğrafi hat mantığı prensibi

Bir hat düzenlenirken, önceden verilen kurallara uygun olarak başlangıç ve son nokta arasında seyir yolu araması yapılır ve bu yol (=tren çizgisi) üzerinde yer alan tüm hat bileşenleri işaretlenerek bu hatta tahsis edilir. Başlangıçla son nokta arasında birden fazla seyir yolu seçeneği varsa, öncelik verilecek yolun belirlenmesi için kurallar olmalıdır. Bulunan seyir yolu üzerinde yer alan tüm hat bileşenlerinin, istenen seyir konumlarına uygun olup olmadıkları kontrol edilir. Hareketli hat bileşenlerine düzenleme komutları verilir ve bu komutların düzgün yerine getirilip getirilmediği kontrol edilir. Doğru konumda bulunan bileşenler kilitlenir. Tüm bileşenlerden kilitlemeye uygun olduğu mesajı geldiğinde, tüm hat için hat sabitlemesi meydana gelir ve başlangıç sinyali geçiş işareti verir. Hat iptalinden sonra bileşenler serbest bırakılır.

Kilitleme diyagramına karşılık coğrafi hat mantığında güzergah uyumsuzluğu merkezi olarak kaydedilmez, bunun yerine doğrudan bileşen ilişkilendirme planında hat bileşenleri düzeninden elde edilir. Güzergah uyumsuzluğu, en az bir hat bileşeninin her iki hat için de düzenlenmesi gerektiğinde veya her iki hat için yan hat koruması sağlayan hat bileşeninin farklı konumlarda tayin edilmesi gerektiğinde ortaya çıkar. Aynı hat üzerinde zıt yönlü hareketlerin önlenmesi için sınır bileşenlerinin, sınır hattın her iki hat için de düzenleneceği şekilde ayarlanması gerekir. Manevra yollarında zıt yönlü hareket olacağından, manevra sınırları, manevra yolları kesişmeyecek şekilde düzenlenmelidir.

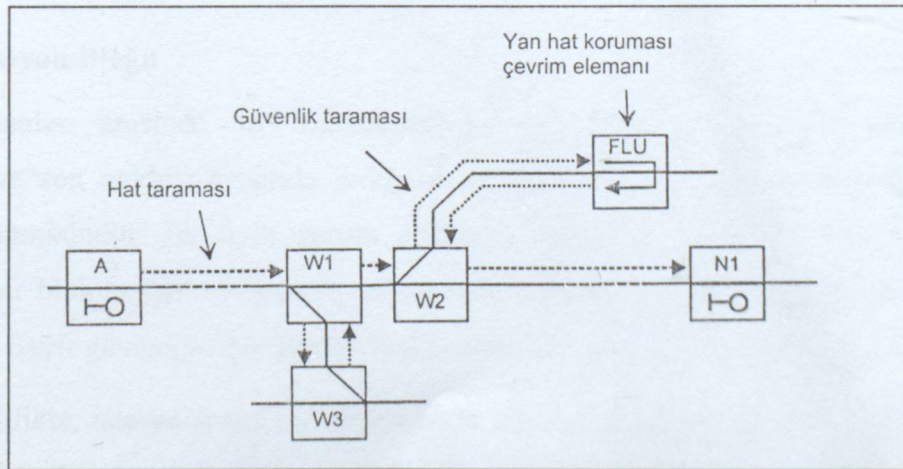
Bununla birlikte, yan hat koruması, tüm hatlar için yan hat koruma etkisinin merkezden engellenmesiyle değil, hat taramasında yan hat koruma sağlayan bileşenlerin aranmasıyla sağlanır.



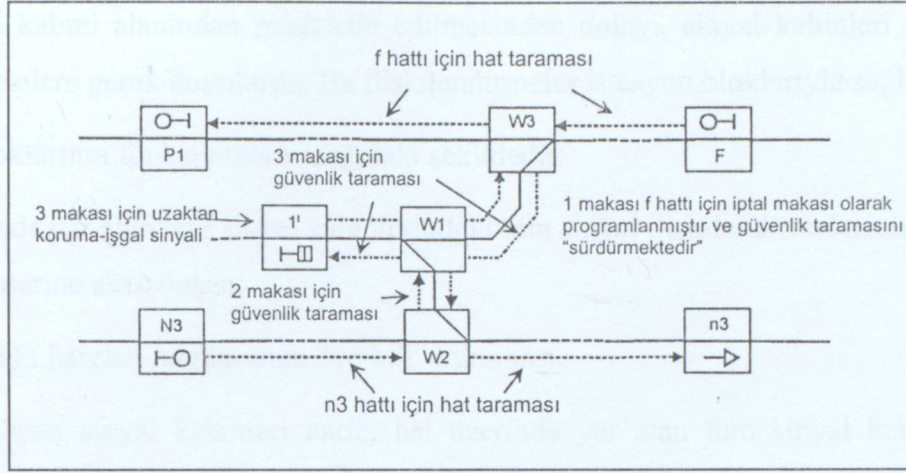
Şekil 3.22 Zıt yönlü seyirlerde sınır bileşenlerinin düzenlenmesi

Hat üzerinde (geçilen kesim ve blok boşaltma mesafesi) bulunan tüm makaslar, hat taraması sırasında, dallanan seyir yoluna çevrilir ve yan hat koruma bileşeni aranır. Yan hat koruma taraması başarıyla tamamlandığında, hat izinde seyir yolu oluşturulur. Bulunan yan hat koruma bileşeni hattın korunmasına tahsis edilir. Bu prensibin kullanılması, yan hat koruması sağlayan hat bileşeni bulunmaması halinde, hat taramasının durdurularak istenen seyir yolunun oluşturulmamasını sağlar. Bu tür durumlarda seyir yolu oluşturulmasını sağlamak için yan hat korumasını kaldırma bileşeninden yararlanılır (Şekil 3.23). Yan hat koruması bileşenine alternatif olarak, yan hat koruması taramasını durdurmak üzere makas bileşeninin programlanması mümkündür.

Yan hat korumasını kaldırma prensibi, ikili koruma makaslarında yan hat koruması iptali için kullanılmaz. İkili koruma makaslarında, hat bileşenlerinin fonksiyonları programlanarak, hangi seyirlerde makasın iptal edileceği tespit edilir (Şekil 3.24). Bu durumda, yan hat koruma taraması, yan hat korumasının uzaktaki hat bileşeni tarafından algılanacağı şekilde sürdürülür (uzaktan koruma).



Şekil 3.23 Yan hat koruma çevrimiyle hat taraması



Şekil 3.24 Uzaktan korumalı iptal makası

Bu prensibe göre çalışan sinyal kabinleri röle tekniğiyle gerçekleştirilmiştir. Bu sinyal kabinlerinin en büyük avantajı, kolay projelendirme ve montajdır. Her bir hat bileşeni tipine yönelik standart röle grubu bulunur. Bu röle grupları, hat diyagramı formunda tren çizgileriyle ilişkilendirilir.

Elektronik tekniklere geçişle birlikte coğrafi hat mantığı bazı üreticiler tarafından sürdürülmeye devam etmiştir, bununla birlikte, diğerleri tekrar geleneksel hat diyagramına geri dönmüştür. Ancak, çoğu elektronik sinyal kabininin iç mantığı hat diyagramına dayandığından, coğrafi hat mantığı, en azından planlama aracı olarak bileşen ilişkilendirme planı formunda yaygınlık kazanmıştır. İç kontrol amacıyla bu mantığı kullanmayan sinyal kabinleri, proje aşamasında hat diyagramı yerine coğrafi bileşen ilişkilendirme planını kullanır.

3.5.3 Kontrol Alanları Arasındaki İlişkilendirmeler

3.5.3.1 İstasyon Bloğu

Kontrol alanları arasında bir ilişkilendirmenin sağlanması, ancak bir tren hareketinin başlangıç ve son noktası arasında farklı sorumluluk alanlarına bağlı çalışanlar bulunduğu takdirde mümkündür. En tipik durum anahatlar üzerinde söz konusudur; burada, birçok durumda, bir blok kesiminin başında ve sonunda bulunan sinyaller farklı işletim yerlerinden düzenlenir. Seyir güvenliği için gerekli ilişkilendirmeler hat bloğu aracılığıyla oluşturulur.

Bununla birlikte, istasyonlarda da birden fazla kontrol alanı gerekebilir. Eski sinyal kabini türlerinde bu durum, düzenleme mesafesinin sınırlı olmasından dolayı, hat kontrolünün izleme yoluyla gerçekleştirilmesi gereğinden kaynaklanırdı. Çok küçük istasyonlar hariç, tüm istasyonlar birden fazla sinyal kabini alanına bölünürdü. Bunun sonucunda, hatlara birden

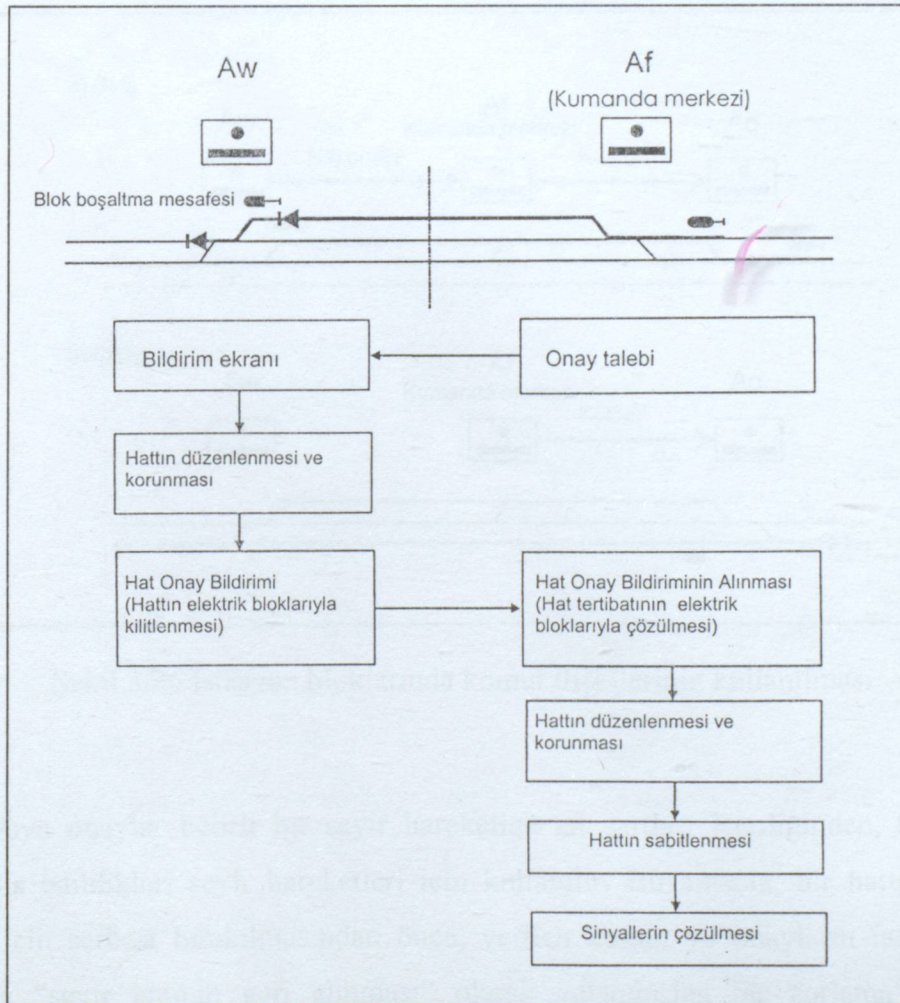
fazla sinyal kabini alanından müdahale edilmesinden dolayı, sinyal kabinleri arasında özel ilişkilendirmelere gerek duyulurdu. Bu ilişkilendirmeler istasyon bloklarıyla sağlanırdı.

İstasyon bloklarının fonksiyonları aşağıdaki şekildedir:

- * Hat üzerinde yer alan tüm sinyal kabinlerindeki tüm sinyal ilişkilendirmelerinin sinyal veren sinyal kabinlerine aktarılması,
- * İstasyondaki hareket memurunun “yetkili” kılınması.

Sinyal sağlayan sinyal kabinleri hariç, hat üzerinde yer alan tüm sinyal kabinleri, hattın oluşturulmasından sonra, hareket memurunun bulunduğu yetkili sinyal kabinine blok elektriğiyle onay gönderir. Onay verilirken, ilgili hat bölümünde lokal hat kilitlemesi meydana gelir. Sinyalin kontrolü teknik olarak, hat üzerinde yer alan sinyal kabinlerindeki onayların alınmasına bağlıdır. Bununla, onay ilişkilendirmelerine ek olarak, dolaylı biçimde tüm hattın sinyal ilişkilendirilmeleri oluşturulur.

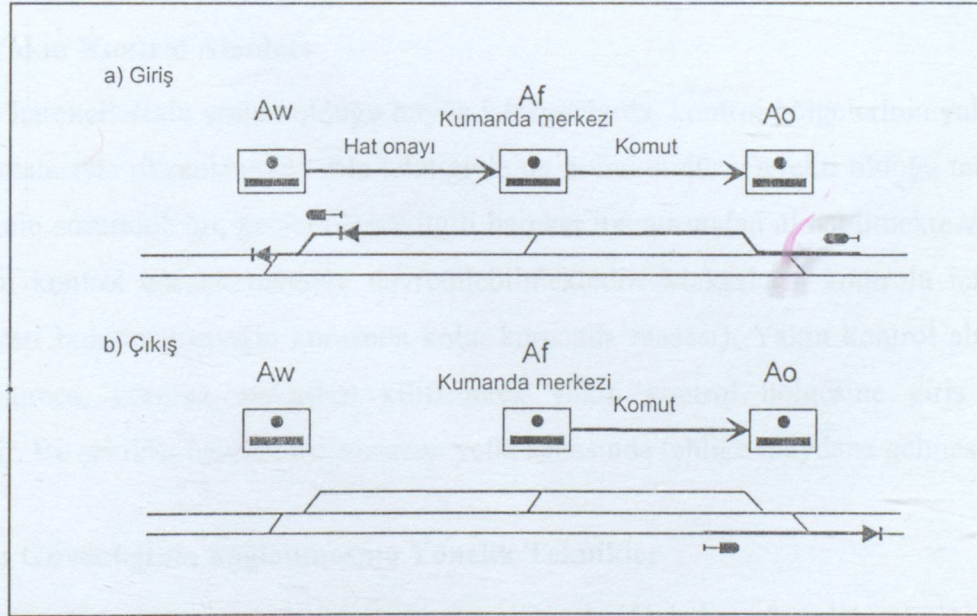
Şekil 3.25’te iki sinyal kabinine bölünmüş bir hattın düzenlenmesi adımları gösterilmiştir.



Şekil 3.25 Hareket memurunun sinyal kontrolü ile giriş hareketinin düzenlenmesi

Hareket memuru, sinyali kontrol edemediği durumda, sinyal kontrolünü özel olarak serbest bırakmalıdır. Bu amaçla, hareket memuru, blok elektriği bağlantılarıyla, sinyal kontrolü yetkisini sinyal gönderen kabine aktarır (Şekil 3.26 a). Yetki verme işlemiyle, onay verme işleminde olduğu gibi lokal bir hat kilitlemesi meydana gelir. Yetki ilişkilendirmeleri aynı zamanda, yetkili hareket memurunun bulunduğu kabin, sinyal ilişkilendirmelerinde yer almadığında da geçerlidir. Bu durumlarda yetki verme işlemi, sinyallerin serbest bırakılması işleminin hareket memurunun yetkisinden alınması için bağımsız olarak gerçekleştirilir (Şekil 3.26 b).

Büyük istasyonlardaki röle sinyal kabinleri de gerekli olduğu durumlarda birden fazla sinyal kabini bölgesine ayrılabilir. Bunun sebebi konumlarının uzak olması değil, insan gücünün sınırlı olmasıdır. Yukarıda anlatılan durumlardan farklı olarak aynı yetkiye sahip hareket memurlarının ilişkileri sözkonusudur. Bu amaçla onay ilişkilendirmelerinden yararlanılır.



Şekil 3.26 İstasyon bloklarında komut ilişkilerinin kullanılması

Komutlar veya onaylar belirli bir seyir hareketine ait şartları içerdiğinden, teknik olarak sadece tahsis edildikleri seyir hareketleri için kullanılır. Bu amaçla, bir hattın başka tren hareketleri için serbest bırakılmasından önce, verilen komut ve onayların iade edilmesini sağlayan ve “seyir izninin geri alınması” olarak adlandırılan bir zorlama mantığından yararlanılır.

3.5.3.2 Elektronik Sinyal Kabinlerinde Kontrol Alanları Arasındaki İlişkilendirmeler

Elektronik sinyal kabinlerinde de (ESTW) fiziksel gücün sınırlı olması nedeniyle, özellikle büyük istasyonlarda kontrol alanlarına bölünme sözkonusudur. Elektronik sinyal kabinlerinde de kısmen klasik onay ilişkilendirmeleri bulunan sabit sinyal kabini alanları kullanılır. Hareket memurları, farklı kontrol alanlarına girerek kendilerine verilen yetkiye uygun hareket edebilmektedir. Bu sayede, büyük bir sinyal kabinindeki veya işletim merkezindeki personel ihtiyacı günlük trafik akımına uygun olarak belirlenebilmektedir. Ayrıca, kontrol alanındaki ilişkilendirmelerin esnekliği, arıza durumlarında ilgili hareket memurunun devre dışı bırakılmasını mümkün kılmaktadır.

Bununla birlikte, kontrol fonksiyonu oluşturulurken, tüm esneklik koşullarında bile yetkilerin her zaman belirgin olmasına dikkat edilmelidir. Sinyallerden ve sinyallerle ilgili işlemlerden kimin sorumlu olduğu açık ve net olmalıdır. Bir hat üzerindeki başlangıç ve bitiş sinyallerinden farklı bölgelerdeki hareket memurlarının sorumlu olması durumunda, başlangıç sinyalinden sorumlu memur aynı zamanda tüm hattı da sorumludur.

3.5.3.3 Yakın Kontrol Alanları

Manevra hareketlerinin yoğun olduğu büyük istasyonlarda, kontrol bölgelerinin yakın kontrol mekanizmalarıyla düzenlenmesi röle tekniğiyle de mümkündür. Gerekli olduğu takdirde, hat bölgelerinin sorumluluğu, geçici olarak ilgili hareket memurundan alınabilmekte ve manevra hareketini kontrol edecek memura devredilebilmektedir. Makasların kontrolü için ayrı bir kontrol yeri bulunur (örneğin kumanda kolu, kumanda masası). Yakın kontrol alanı serbest kaldığı sürece, koruma makasları kilitlenerek yakın kontrol bölgesine giriş yapılması engellenir. Bu şekilde, hareket memurunun yetki sahasında tehlike meydana gelmesi önlenir.

3.5.4 Hat Güvenliğinin Sağlanmasına Yönelik Teknikler

Modern sinyalizasyon sayesinde istasyon güvenliği tekniğiyle hat güvenliği tekniği arasındaki belirgin farklılıklar ortadan kaldırılmıştır. Hat serbestliği bildirim tekniğinin gelişmesiyle birlikte, aralıklı seyir halinde de tam güvenlik sağlanabilmektedir. Hat prensibi, temel olarak anahat üzerindeki tren izleme güvenliği için de kullanılabilir. Hat tekniği mantığında blok hatlarının da kullanılmasıyla birlikte, merkezi blok kavramı ağırlık kazanmaktadır.

Bir yönetim bölgesi sınırları dahilinde, komşu işletim yerleri arasındaki hatlar üzerinde güvenlik, blok tertibatı yerine hat güvenlik tertibatlarıyla gerçekleştirilmektedir. Çıkış hattı düzenlenirken, bir sonraki blok kesimi, hat serbestliği bildiren kesim olarak kabul edilir. Bu nedenle, hat bloğu tertibatlarıyla özel sinyal kilitlemesine gerek duyulmaz. Buna rağmen, hat

teknîğiyle güvenliğı sağlanan bir hat üzerinde birden fazla blok kesimi bulunması durumunda, hat tekniğinde bulunmayan seyir yönü değişikliği fonksiyonu eklenebilmektedir. Bu amaçla, yön kilidi geliştirilmiştir.

Ancak uygulamada, hat güvenliğinin hat tekniğı araçlarıyla gerçekleştirilmesine hala şüpheyle yaklaşılmaktadır. Bunun sebebi, özellikle anahat üzerindeki normal işletimden sapmalarda, hala klasik hat bloğu tertibatları ve kontrol tekniklerine başvurulmasıdır. Anahatlarda hat tekniğinin kullanılması, gözle görülür basitleştirmelere rağmen, arıza durumunda karmaşık işlemler ve zorunlu özel iç kurallar gerektirmektedir. Bununla birlikte, gelecekte, istasyon ve hat güvenliğı tekniklerinin birbiriyle uyumlu hale gelecekleri söylenebilir.

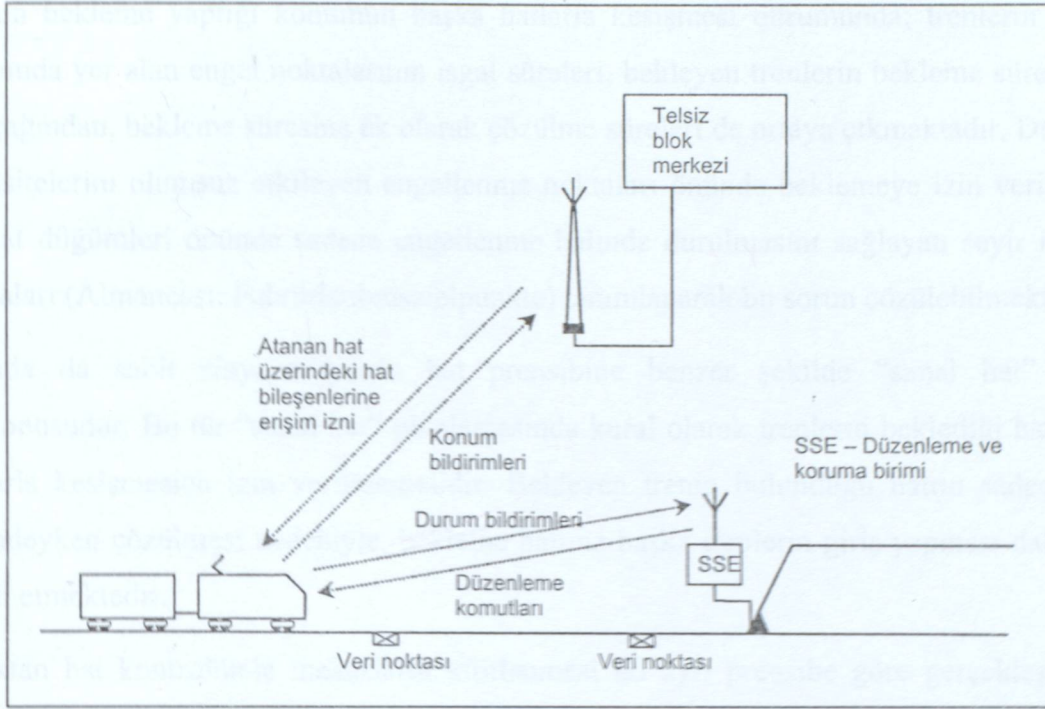
3.6 Telsiz Araçlarla Hat Kontrolü

Alman Demiryolları AG’de, telsizle hat işletimine geçiş kapsamında, tren izleme güvenliğı yanında, telsizle hat yönetimine de başlanmıştır. Bu sistemde, sinyal kabinleriyle hat kontrolünün merkezileşmesi sözkonusu değildir. Hat güvenliğı, hat bileşenine yerleştirilen ve trenden kontrol edilebilen ayrı güvenlik tertibatlarıyla sağlanır. Uzaktaki blok merkezinden trenlere seyir izni yanında, tahsis edilen hat üzerindeki bileşenlere erişim hakkı da verilir. Trende bulunan bir yol haritası yardımıyla tahsis edilen hat üzerindeki tüm makasların yeri bilinmektedir. Makaslar, merkezden uzaktaki düzenleme ve koruma tertibatlarıyla düzenlenir; bu tertibatlar komutları uzaktan yaklaşmakta olan trenlerden alırlar. Kontrol araçları, yaklaşan trenlere, makas konumu ve kilitlenme durumuyla ilgili bilgi gönderirler (Şekil 3.27).

Telsizle hat kontrolünde sabit sinyalizasyonlu hatları tanımlayan sinyal ilişkilendirmeleri ve hat sabitlemesi kavramları yerine aşağıdaki güvenlik kuralları geçerlidir:

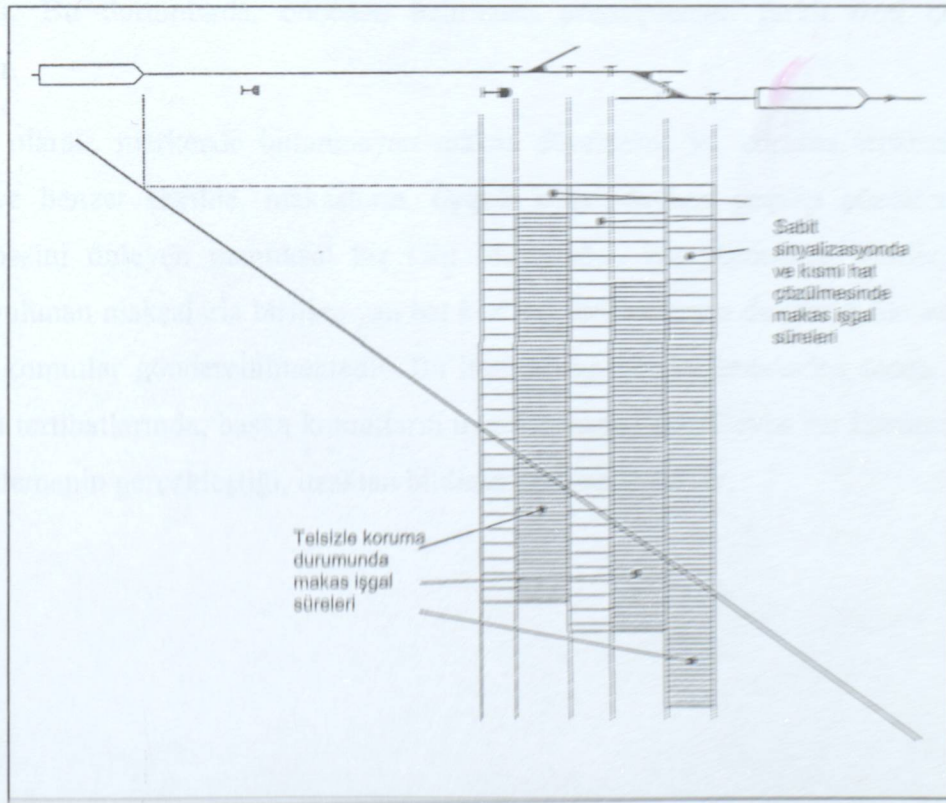
1. Makasların tren geçişine izin verebilmesi için doğru konumda bulunması ve kilitli olması gerekmektedir.
2. Makaslar, tren geçişine açıldıkları sürece kilitli kalmalıdır.

Bu durum, sabit sinyallerin kullanımına dayanan ve bir hat üzerindeki tüm makasların ortak bir sinyalle korunması esasına dayanan hat prensibinin ortadan kalkması anlamına gelmektedir. Telsiz kontrollü tren işletiminde her bir makas ayrı bir tehlike noktası oluşturmakta, bu nedenle de seyir izni için doğrudan hedef nokta olabilmektedir. Hat güvenliğinin bu şekilde sağlanması, hat düğümlerindeki kapasiteyi iki şekilde etkiler: İlk olarak, hat üzerindeki tüm makasların -özellikle hattın sonunda yer alan makasların- aynı anda korunması zorunluluğu ortadan kalktığından, işgal süreleri kısalmaktadır (Şekil 3.28).



Şekil 3.27 Hat bileşenlerinin telsizle kontrolü

Öte yandan, bir engelleme durumunda, hat düğümünün dışındaki sinyalin önünde bekleyen trenler engelleme noktasına kadar yaklaşabilmekte ve geçiş iznini hat düğümü içerisindeyken bekleyebilmektedir.



Şekil 3.28 Makasların uzaktan ayrı ayrı korunmasıyla işgal sürelerinin azalması

Trenin bekleme yaptığı konumun başka hatlarla kesişmesi durumunda; trenlerin beklediği konumda yer alan engel noktalarının işgal süreleri, bekleyen trenlerin bekleme süreleri kadar artacağından, bekleme süresine ek olarak çözülme süreleri de ortaya çıkmaktadır. Düzgümlerin kapasitelerini olumsuz etkileyen engellenme noktaları önünde beklemeye izin verilmemekte ve hat düğümleri önünde sadece engellenme halinde durulmasını sağlayan seyir izni hedef noktaları (Almanca: Fahrerlaubniszielpunkte) tanımlanarak bu sorun çözülebilmektedir.

Burada da sabit sinyalizasyonlu hat prensibine benzer şekilde “sanal hat” oluşumu sözkonusudur. Bu tür “sanal hat” planlamasında kural olarak trenlerin beklediği hattın başka hatlarla kesişmesine izin verilmemelidir. Bekleyen trenin bulunduğu hattın sadece düğüm önündeyken çözülmesi nedeniyle, bekleme hattına başka trenlerin giriş yapması daha az risk teşkil etmektedir.

Uzaktan hat kontrolünde makasların kilitlenmesi iki ayrı prensibe göre gerçekleştirilebilir. Seçeneklerden biri, trenlere, sadece merkezi olarak belirlenmiş hat üzerindeki makaslara erişim izni verilmesidir. Yalnızca bir trenin makasa erişme izni olduğundan, diğer trenlerin makası değiştirmesini önlemek için özel kitleme işlemine gerek duyulmaz. Bununla birlikte, bu yöntemin kullanılması, tahsis edilen hat üzerinde bulunmayan ve başka bir trene tahsis edilmiş bir hat üzerinde bulunan yan hat koruma makaslarının güvenliğinde sorunlara yol açmaktadır. Bu durumlarda, önceden belirlenen prensiplerden farklı özel çözümlerden yararlanılır.

Alternatif olarak, merkezde bulunmayan makas düzenleme ve koruma tertibatlarıyla, hat sabitlemeye benzer şekilde, makasların, uygun konumdayken geçilip çözülünceye kadar değiştirilmesini önleyen mantıksal bir kilit oluşturulur. Bu yöntemde, trenler, güzergahı üzerinde bulunan makaslarla birlikte yan hat koruma tertibatlarına da (makaslar ve engelleme takozları) komutlar gönderebilmektedir. Bu komutların gönderilmesinden sonra, düzenleme ve koruma tertibatlarında, başka komutların uygulanmasını engelleyen bir kitleme meydana gelir. Kitlemenin gerçekleştiği, uzaktan bildirimlerle trene iletilir.

4. DEMİRYOLU İŞLETİM TESİSLERİNİN PERFORMANS ARAŞTIRMALARI

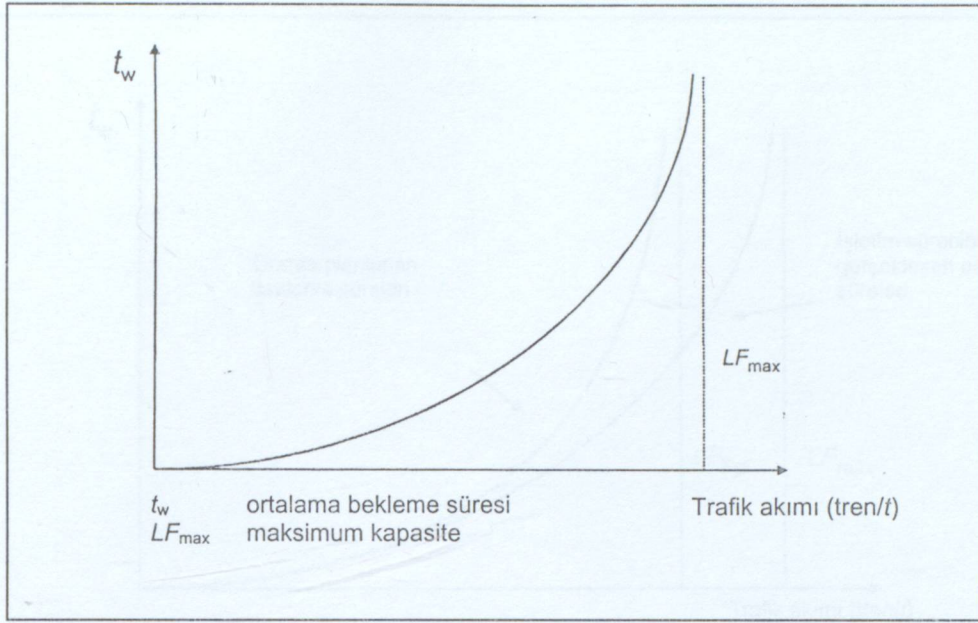
İşletim tesislerinin performans araştırmalarının konusu, belirli bir demiryolunda işletim programının geliştirilebilmesini içerir. Performans araştırmaları aşağıdaki amaçlarla gerçekleştirilir:

- * Planlanan veya öngörülen işletim programına göre tesislerin ihtiyaçlara uygun olarak boyutlandırılması,
- * Belirli bir demiryolunda işletim programının uygulanabilirliğinin sınanması.

Bu nedenle performans araştırmaları, işletim planlaması için olduğu kadar demiryolunun yönetimi ve boyutlandırılması için de önemli araçlardan biridir.

4.1 Performans Durumu ve Verimlilik

İşletim tesislerinin performans araştırmalarının merkezinde performans durumu yer almaktadır. Performans durumu, genelde birim zamandaki tren sayısı olarak verilen trafik akımıyla, ele alınan sistemin (hat kesimi, düğümler veya ağ kesimi) işletim kalitesi arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. İşletim kalitesinin ölçütü, ulaşım sürecini geciktirerek sistem kullanıcılarını olumsuz etkileyen bekleme süreleridir. Bekleme sürelerinin (ortalama veya toplam bekleme süresi) trafik akımına bağlı olarak gösterimi, ele alınan sistemin performans durumunu tanımlayan bekleme süresi fonksiyonunu vermektedir (Şekil 4.1). Bekleme süresi fonksiyonu, artarak ilerler ve maksimum kapasite olarak tanımlanan bir trafik akımı değerine yaklaşır. Bu maksimum kapasite değeri, sistemin trafik akımı için geçerli olan kesin üst sınır değeridir. Uygulamada bu değere asla yaklaşılmamaktadır, yaklaşılmaması durumunda ortalama bekleme süresi sonsuza gitmektedir. Bu, sistemdeki hareketliliğin tamamen durması anlamına gelmemekle birlikte, giderek büyüyen ve sistemde işletilebilecek maksimum tren sayısına bir daha ulaşılamamasına yol açan bekleme kuyruğunun oluştuğunu gösterir. Her ne kadar sistemde bulunan tüm trenler beklemese de, bu durumun sonucunda bekleme süresi sonsuza gider.



Şekil 4.1 Bekleme süresi fonksiyonu

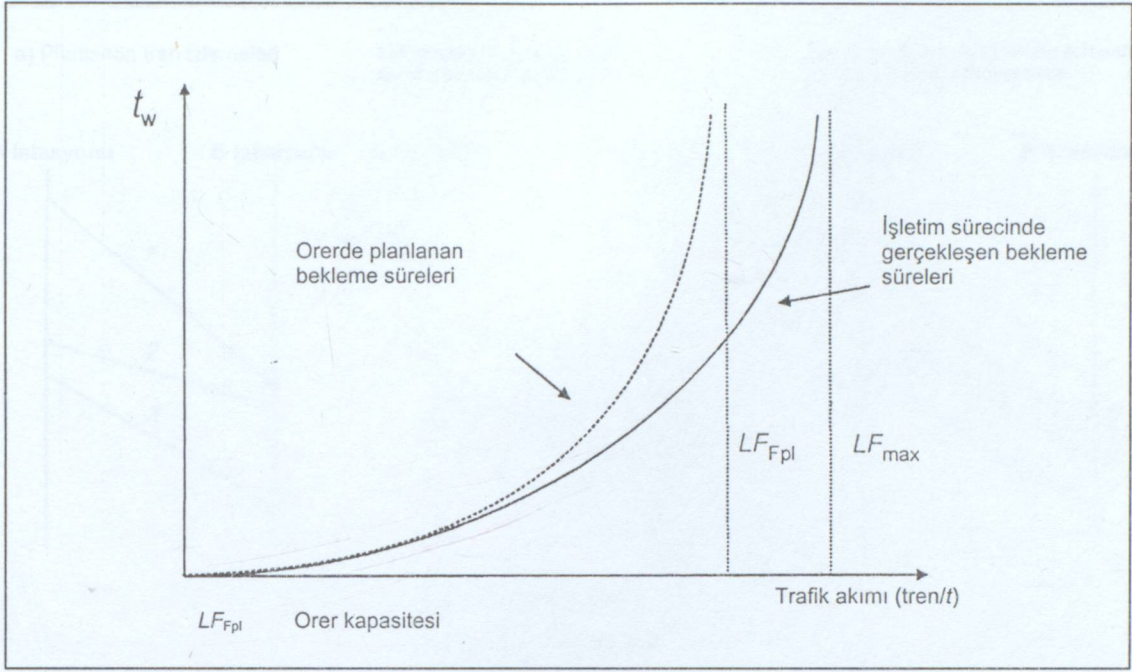
Bekleme süresi fonksiyonu, sistemde oluşan bekleme sürelerinin birbiriyle ilişkili gösterimidir. Bekleme süreleri, iki grupta ele alınabilir:

- * Planda yer alan bekleme süreleri,
- * Planda yer almayan bekleme süreleri.

Planda yer alan bekleme süreleri, seyir planında hesaba katılmış olan tüm bekleme sürelerinden meydana gelmektedir. Bu süreye, trenlerin karşılaşma ve öne geçme sırasındaki bekleme süreleri, bağlantılar (aktarmalar) arasında eşgüdüm sağlamak veya belirli bir güzergahtaki izleme durumlarını düzenlemek için gerekli sürelerden oluşmaktadır.

Planda yer almayan bekleme süreleri, işletim sırasında, planda yer alan seyir sürelerindeki stokastik (rasgele) sapmalardan meydana gelen gecikme süreleridir. Bu gecikme süreleri, sistem kullanıcılarına gecikme olarak yansır ve işletim kalitesi için bir ölçüttür.

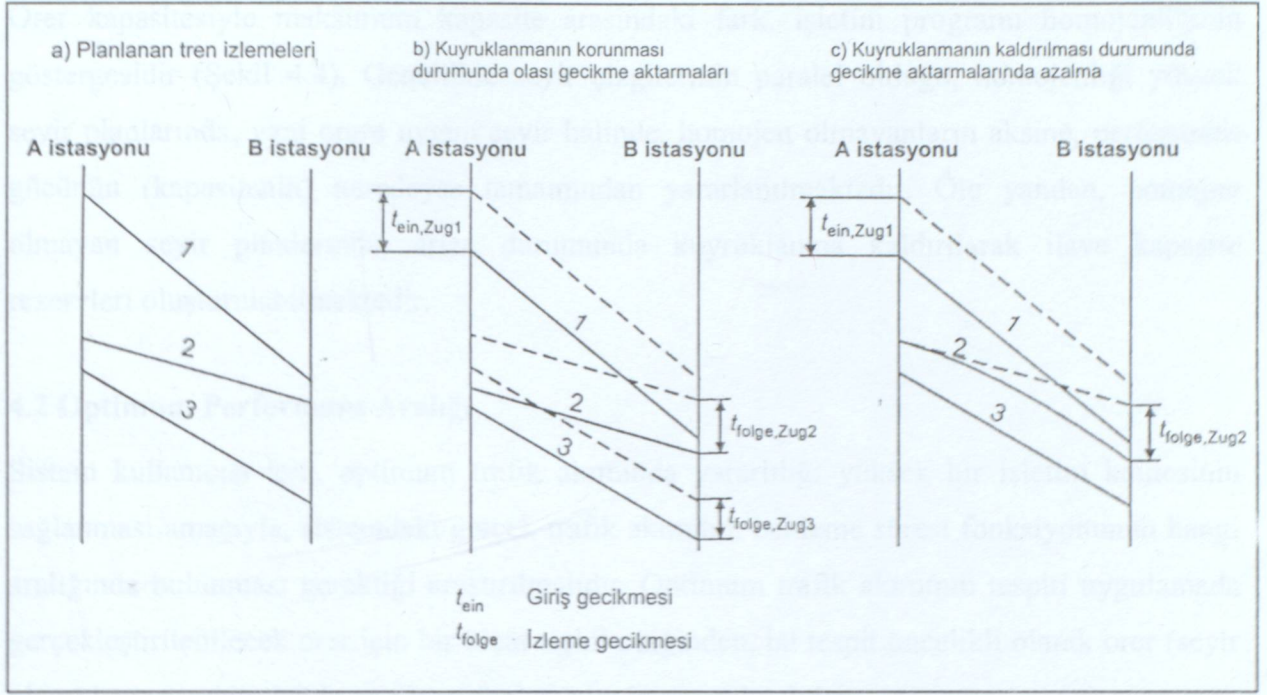
Seyir planı (orer) hazırlama aşamasında dikkate alınan (yani planda yer alan) bekleme süreleriyle, işletim sürecinde meydana gelen (yani planda yer alan ve almayan) toplam bekleme sürelerinin bekleme süresi fonksiyonları karşılaştırıldığında, Şekil 4.2'deki grafik elde edilir.



Şekil 4.2 Orer hazırlık aşamasında ve işletim sürecinde bekleme süresi fonksiyonları

Belirli bir trafik akımı için, seyir planı hazırlama aşamasındaki bekleme süreleri, işletim sürecinde meydana gelmesi beklenen toplam gecikmelerden daha fazladır. Seyir planı hazırlama aşamasındaki bekleme süreleri, maksimum kapasitenin (LF_{max}) altındaki bir trafik akımı sınır değerine (LF_{Fpl}) karşılık gelen bekleme süresine yaklaşmaktadır (sonsuzda kesişmektedir). Bekleme süreleri aradaki fark trafik akımının artmasıyla birlikte artmaktadır.

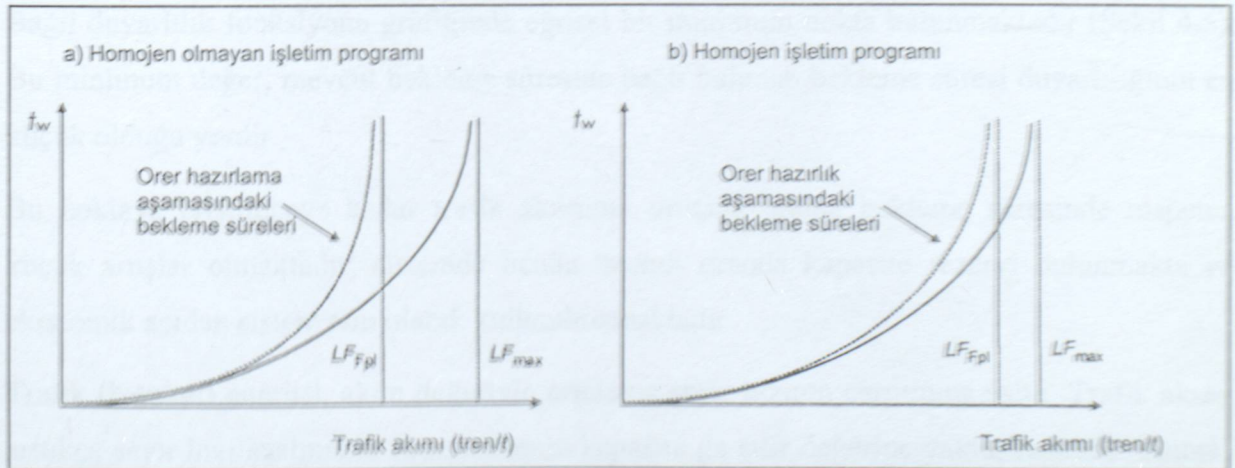
Bu etki birçok nedene dayanmaktadır. Seyir planı hazırlama aşamasında hesaba katılacak minimum izleme süreleri, tren izleme durumlarına, yani hızlardaki farklılıktan kaynaklanan tıkanıklığa bağlıdır. İşletim sırasında gecikmeler oluşması halinde, örneğin hızlı seyreden bir trenin yavaş seyreden bir treni izlemesi durumunda, ideal bir izleme sağlanamamakta, gecikmelerin diğer trenlere aktarılmasını önlemek için –bu iki tren arasında- daha küçük bir izleme mesafesine izin verilmektedir (Şekil 4.3). Böylece kuyruklanma ortadan kaldırılmaktadır. Hızlı seyreden trenin seyir çizgisinin eğimini, öndeki yavaş trenin seyir çizgisinin eğimiyle uyumla hale getirmek zordur; ancak, bu uygulama yapılırsa, hızlı trenin seyir süresi kaybı, kuyruklanmanın devam etmesi halinde oluşacak izleme gecikmesinden çok daha az olur. Trafik akımının fazla olması durumunda, gecikmeler nedeniyle oluşan kuyruklanma, seyir çizgilerinin eğimleri eşitlenerek ortadan kaldırılabilir. Söz konusu hızlı trenin seyir süresi uzatıldığında, planda yer almayan gecikmelerden kaynaklanan süre kaybı (Şekil 4.3.b), seyir planında minimum izleme sürelerinin kısaltılmasıyla kazanılan süreden (Şekil 4.3.c) daha az olmalıdır.



Şekil 4.3 Gecikme durumunda zincirlemenin kaldırılması

Maksimum kapasite değerinin (LF_{max}) altında olan ve planda yer alan bekleme süreleri eğrisinin yaklaştığı trafik akımı değeri (LF_{Fpl}), seyir planı için bir üst sınır değeri ifade etmektedir ve seyir planı (orer) kapasitesi olarak adlandırılmaktadır. Uygulamada seyir planı kapasitesi, aşağıdaki kıstaslara göre oluşturulabilecek maksimum tren izi (tren çizgisi) sayısı olarak yorumlanabilir:

- * Tampon sürelerin bulunmaması,
- * Yalnızca pazara (talebe) uygun revizyonların bulunması,
- * Önceden verilen sabit aralıkların korunması.



Şekil 4.4 İşletim programı homojenliğinin orer hazırlama aşamasındaki ve işletim sürecindeki bekleme süresi fonksiyonlarına etkisi

Orer kapasitesiyle maksimum kapasite arasındaki fark, işletim programı homojenliğinin göstergesidir (Şekil 4.4). Genellikle seyir çizgilerinin paralel olduğu, homojenliği yüksek seyir planlarında, yani orere uygun seyir halinde, homojen olmayanların aksine, performans gücünün (kapasitenin) neredeyse tamamından yararlanılmaktadır. Öte yandan, homojen olmayan seyir planlarında, arıza durumunda kuyruklanma kaldırılarak ilave kapasite rezervleri oluşturulabilmektedir.

4.2 Optimum Performans Aralığı

Sistem kullanıcısı için, optimum trafik akımında yararlılığı yüksek bir işletim kalitesinin sağlanması amacıyla, sistemdeki gerçek trafik akımının bekleme süresi fonksiyonunun hangi aralığında bulunması gerektiği araştırılmalıdır. Optimum trafik akımının tespiti uygulamada gerçekleştirilebilecek orer için bir ölçüt teşkil ettiğinden, bu tespit öncelikli olarak orer (seyir planı) kapasitesinin bekleme süresi fonksiyonu için yapılmalıdır.

Trafik akımı, aşağıda belirtilen iki nokta ile sınırlı aralıkta bulunmalıdır:

- * Alt sınır olarak minimum bekleme süresinin bağıl duyarlılığı,
- * Üst sınır olarak maksimum taşıma kapasitesi.

Bir fonksiyonun duyarlılığı, o fonksiyonun türevine eşittir. Bağıl duyarlılık ise duyarlılığın, aynı noktadaki fonksiyon değerine bölümüdür (Eşitlik 4.1).

$$EMPF_{rel} = t_w' / t_w \quad (4.1)$$

$EMPF_{rel}$ Bekleme sürelerinin bağıl duyarlılığı

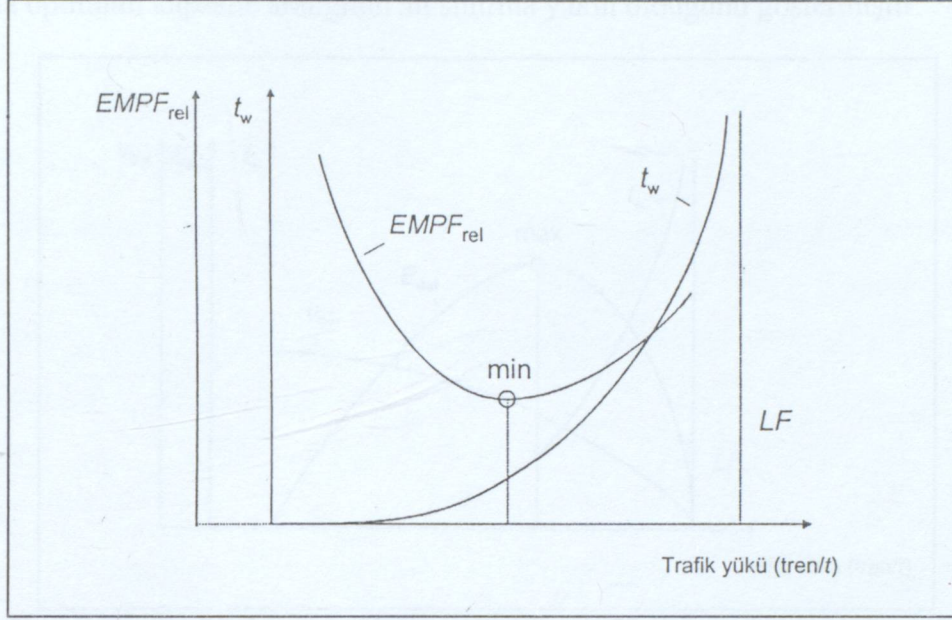
t_w ortalama bekleme süresi

Bağıl duyarlılık fonksiyonu grafiğinde eğrisel bir minimum nokta bulunmaktadır (Şekil 4.5). Bu minimum değer, mevcut bekleme süresine bağlı bulunan bekleme süresi duyarlılığının en küçük olduğu yerdir.

Bu noktaya erişilinceye kadar trafik akımının artışına oranla bekleme süresinde nispeten küçük artışlar olmaktadır; sistemde henüz önemli oranda kapasite rezervi bulunmakta ve ekonomik açıdan sistem tam olarak kullanılmamaktadır.

Trafik (hareket) enerjisi, akım değeriyle ortalama seyir hızının çarpımına eşitti. Trafik akımı arttıkça seyir hızı azalmakta ve maksimum kapasite de sıfır değerine yaklaşmaktadır. Ancak, bekleme sürelerinden söz ederken belirtildiği gibi, bu durum sistemin tamamen duracağı anlamına gelmemektedir. Buna karşılık, kapasite sınırında sistem maksimum tren sayısı

işlemektedir. Her ne kadar ortalama bekleme süresi sonsuza gitse de, ortalama seyir hızı tüm trenler bekleme durumunda olmasa bile sıfıra yaklaşmaktadır.



Şekil 4.5 Bekleme sürelerinin bağlı duyarlılığı

Enerji kavramının tercih edilmesinin sebebi, fizikteki hareket enerjisiyle (matematiksel olarak tam olmasa da) benzerlikler içermesidir. Buna göre, trafik enerjisi, hareket halindeki trafik miktarı ile seyir hızının karesinin çarpımı olarak düşünülebilir. Seyir halindeki trafik miktarı, trafik yoğunluğuyla, yani ele alınan hat kesiminde aynı anda seyir halindeki tren sayısı ile ortalama hızın tersinin çarpımına eşittir. Bunun sonucunda, tren sayısı ile seyir hızının çarpımından trafik enerjisi elde edilmektedir (Eşitlik 4.2).

$$E_{Bef} = \frac{z}{s} \cdot V_{Bef}^2 = \frac{z}{t} \cdot \frac{t}{s} \cdot V_{Bef}^2 = \frac{z}{t} \cdot V_{Bef} \quad (4.2)$$

Burada:

E_{Bef} Trafik enerjisi

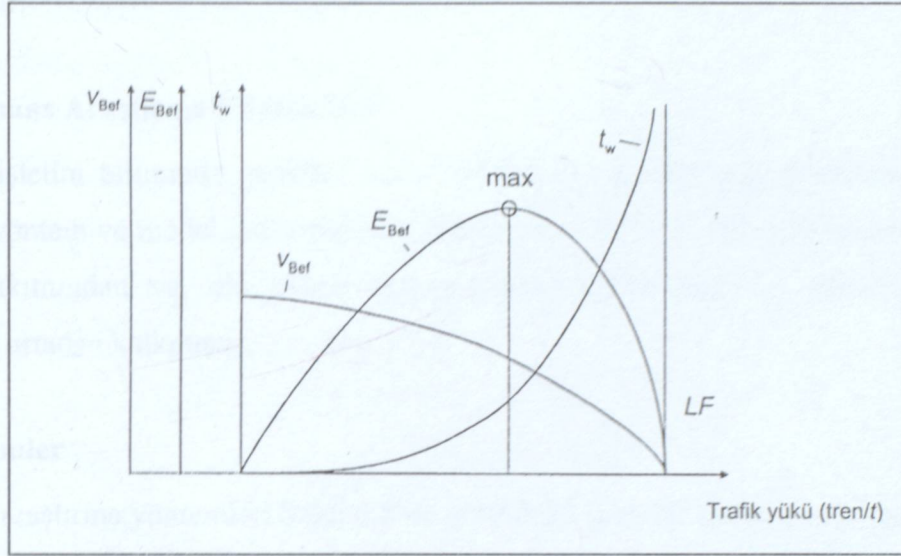
z Tren sayısı

s Hat kesiminin uzunluğu

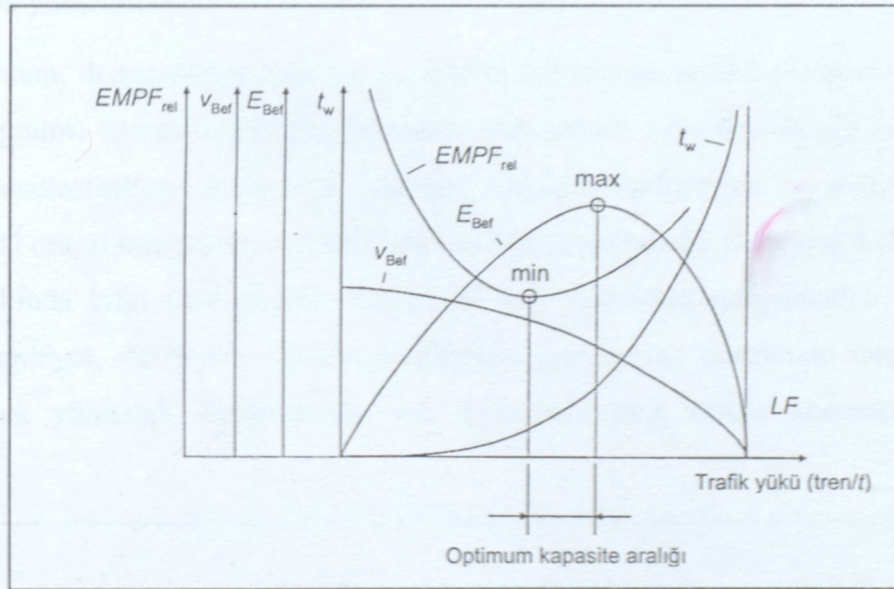
V_{Bef} Ortalama seyir hızı

Fonksiyon ilk olarak hızla maksimum değere ulaşmakta ve bu değerden sonra hemen azalmaya başlamaktadır. Sistemin bu noktanın üzerinde işletilmesi, tren sayısının artmasından dolayı hızın azalması nedeniyle ekonomik değildir. Bu nedenle trafik enerjisinin maksimum değeri, optimum kapasite aralığının sınırını vermektedir (Şekil 4.6).

Şekil 4.7’de optimum kapasite aralığının iki sınır değeri birlikte gösterilmiştir. Bu teorik bakış açısıyla uyumlu şimdiye kadarki işletim deneyleri, uygulamada trafik akımı değerinin, çoğunlukla optimum kapasite aralığının alt sınırına yakın olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.6 Trafik enerjisi



Şekil 4.7 Optimum kapasite aralığı

Tren izleme sürelerinin dağılım fonksiyonu bilindiği takdirde, optimum kapasite aralığının sınırlarını oluşturan kapasite kullanım oranları da analitik olarak hesaplanabilmektedir. (orijinal metinde: Hertel, [He92]) bekleme sürelerine ait bağıl duyarlılık ile trafik enerjisine ait fonksiyon değerlerini, çeşitli izleme süreleri dağılımları için hesaplayan formüller elde etmiş ve önemli tespitler yapmıştır. Buna göre, bağıl duyarlılığın minimum değeri, işletim programının (orerin) homojenliğine bağlı olarak %50 ve %60'lık kapasite kullanım oranları arasında, yüksek değerleri ise, izleme süreleri değişkenliğinin az olduğu durumlarda ortaya

çıkmaktadır. Trafik enerjisinin maksimum değeri kapasite kullanımının %50 ile %80 değerleri arasında bulunmaktadır. Burada da yüksek değerler, izleme süreleri uyumunun artmasıyla ortaya çıkmaktadır. İşletim programının gerçek işletimde denenmesiyle bu değerler ispatlanmıştır.

4.3 Performans Araştırma Yöntemleri

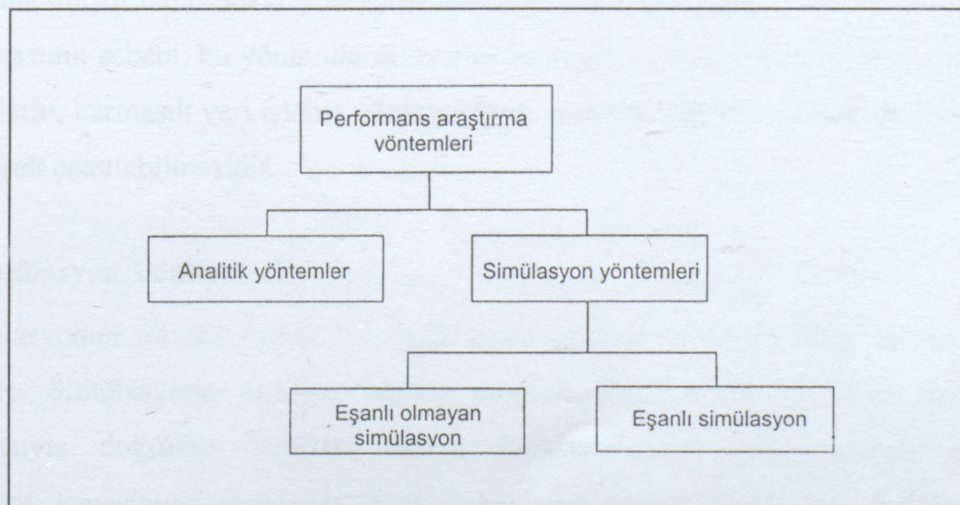
Demiryolu işletim biliminde, şimdiye kadar performans durumunun incelenmesine yönelik çok sayıda yöntem ve model geliştirilmiştir. Hesaplama tekniklerinin gelişmesi ile tahkiklerin kesinliği bakımından ve, ele alınan demiryolunun zaman kapsamı bakımından önemli sınırlamalar ortadan kalkmıştır.

4.3.1 Yöntemler

Performans araştırma yöntemleri Şekil 4.8’de görüldüğü gibi, iki temel grupta ele alınabilir:

- * Analitik yöntemler
- * Simülasyon yöntemleri

Analitik yöntem, demiryolunu tanımlar ve işletim kalitesinin değerlendirmesi amacıyla orer (işletim programı) katsayılarının hesaplanması için gerekli değerleri sürekli olarak yeniden düzenler. Basitleştirilmiş modellerde sistemin kapasite kullanımını tanımlayan katsayılar (örneğin işgal oranı) hesaplanır. Ampirik yaklaşımlar sayesinde bu katsayılar beklenen işletim kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Elektronik veri işlemenin gelişiminden önce analitik yöntem, neredeyse, demiryolu işletim tesislerinin performans durumunu tanımlamak için kullanılan tek yöntemdi. Günümüzde, hala bazı sorunların ortaya konması için yeterli olmaktadır.



Şekil 4.8 Performans araştırma yöntemleri

Performans araştırmalarına yönelik daha etkili analitik yöntemler, kuyruk kuramı yaklaşımını esas alır. Bir tesise giriş yapan trenler, kuyruk kuramına göre akımı, demiryolu bileşeni ise (hat kesimi, düğümler) kanalı temsil etmektedir. Kuyruk kuramının matematiksel ifadesinden, işletim kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılacak bekleme süresi ve kuyruk uzunluğunun *beklenen değerleri* elde edilmektedir. Bu modeller, bekleme süresi fonksiyonundaki tek tek her nokta için beklenen değerlerin hesaplanmasına izin verir. Kuyruk kuramında modellerin çok karmaşık olması nedeniyle, bu tür yöntemler gerçekte yalnızca elektronik veri işleme desteğiyle uygulanabilmektedir. Analitik modellerin temel olarak yapamadığı şey, belirli bir işletim programının uygulanabilirliğinin belirlenmesidir. Bu tür bir bilgi, özellikle yoğun trafikli hatlar için büyük önem taşır. Bu nedenle, belirli bir işletim kalitesinde seyredebilecek tren sayısına ilişkin analitik yöntemle bulunan sonucun, (istenen zaman aralığındaki seyir kabiliyetinin ispatlanması için), manuel olarak veya bilgisayar yardımıyla hazırlanan orerle desteklenmesi gerekir.

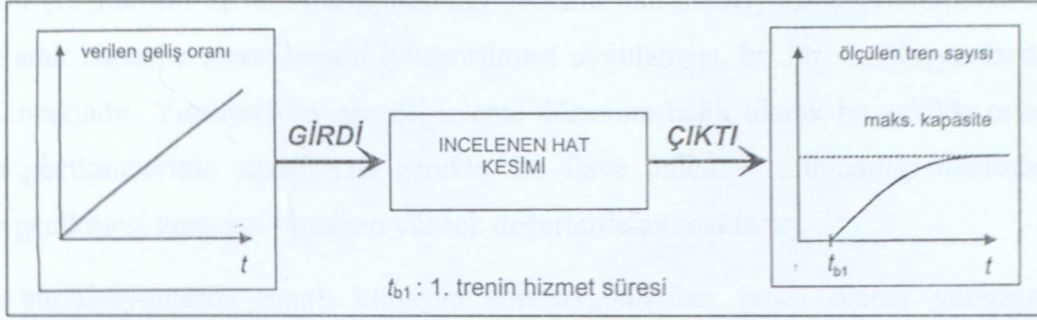
Simülasyon yöntemleri, doğa bilimlerindeki deneysel yöntemlerle karşılaştırılabilir. Bununla birlikte, "işletim deneyi" mevcut tesiste değil, gerçeğin oluşturulan bir modeli (rneği) zerinde uygulanır. Sonuçların niteliği, modelin gerçeğe yakınlığına göre değerlendirilir. Geçmişte, henüz bilgisayar hesaplama yöntemlerinin bu kadar gelişmiş olmadığı dönemlerde, işletim tahkiklerinde, demiryolu işletim laboratuvarlarında bulunan somut model hatlar kullanılırdı. Büyük boyutta üstyapı ilavelerinde alan kullanımının sınırlanması için, çoğunlukla model leğinden farklı olarak, uygun olarak azaltılmış model hızına göre belirlenen uzunluk leğinden yararlanılırdı. Bu tür tesisler eğitim amacıyla hâlâ kullanılmaktadır.

Bundan sonraki bölümde, ilk olarak simülasyon yöntemi, daha sonra ayrıntılı olarak analitik performans araştırmalarındaki yöntemler ele alınacaktır. Analitik yöntemlerin daha ayrıntılı ele alınmasının sebebi, bu yöntemlerin manuel kontrole de uygun olması ve bu sayede küçük problemlerin, karmaşık veri işleme yöntemlerinde gündeme gelen zorluklarda karşılaşılmadan etkili olarak zlebilmesidir.

4.3.2 Simülasyon Yöntemleri

Bir simülasyonun sonucu, belirli bir trafik akımı sonucunda ortaya çıkan işletim kalitesinin niteliğidir. Simülasyonu yapılan işletim programındaki trafik akımının derece derece arttırılmasıyla doğrudan bekleme süresi fonksiyonunun elde edilmesi mümkündür. Maksimum kapasitenin doğrudan tespiti, bekleme süresi fonksiyonu belirlenmeden de gerçekleştirilebilir. Bu amaçla, ele alınan sistemin girişinde, bekleme kuyruğu şeklinde

sınırsız bir talep (kapasite talebi) seçilir ve bu değer, sistemin çıkışındaki gerçek tren sayısı ile karşılaştırılır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Sistemin girişinde sınırsız kapasite simülasyonu ile maksimum kapasitenin belirlenmesi

Simülasyon yöntemiyle kesin orer oluşturulurken (plana uygun bekleme sürelerinin elde edilmesi), işletim uygulaması da kontrol edilebilir. Şimdiye dek uygulanan simülasyon yöntemleri, uygulanan stratejilere göre iki grupta ele alınabilir:

* eşanlı olmayan simülasyon modelleri

* eşanlı simülasyon yöntemleri

Eşanlı olmayan simülasyon yöntemleri, orer oluşturma ve işletim aşamalarının ayrı olarak ele alınmasına dayanır. Orer hazırlama simülasyonunda, orer çizgileriyle (işgal süresi basamakları) elde edilen seyir düzeni, orer hazırlama kurallarına göre ötelenir. Bu amaçla trenler, tren sınıfı önceliğine göre -bir seyir planında- ardarda ("eşanlı olmayan" tanımlaması buradan kaynaklanır) sıralanır. İşletim tahkikinin son aşamasında, bu şekilde elde edilen orere giriş gecikmeleri eklenir. Bu arada, trenler aynı zamanda değil ardarda yerleştirildiği için eşanlı olmayan yöntem devam eder. İşletim tahkikinde simülasyon yöntemi "düzensiz/sapmalı orer oluşumu" ilkesine göre çalışır. İşgal süresi basamaklarının giriş gecikmeleri kadar kaydırılması sonucunda izleme gecikmelerinin diğer trenlere aktarıldığı kesimler tespit edilir. İşgal süresi basamaklarının, ortaya çıkan izleme gecikmeleri kadar kaydırılmasıyla da orerdeki (seyir planındaki) toplam gecikme yayılması elde edilir. Simülasyon programı, büyük gecikmelerde, otomatik sıralama değişiklikleri yaparak tren izleme gecikmelerini minimize etmeye çalışır. Ancak, simülasyon uygulamalarının, gerçek işletimdeki karşılaşma çözümlerinde kullanılan, işletme yönetiminin beklenen kararlarıyla uyumlu olması gereklidir.

Eşanlı olmayan simülasyonlarda yöntemle bağlı temel sorunlardan biri, işgal süresi basamaklarının "eğdirilmeksizin" yalnızca ötelenmesiyle (kaydırılmasıyla), gerçek işletimde

beklenen gecikme yayılımının gerçek olmayan bir görünümünün elde edilmesidir. Hızlı seyreden trenlerin öndeki yavaş trenlerin ardında toplanması halinde, seyir çizgilerinin yavaş trenlerin çizgilerinin eğimlerine eşitlendiği gecikme durumlarıyla, kuyruklanmanın ortadan kaldırılarak kapasite rezervlerinin iyileştirilmesi uygulaması, bu tür simülasyonlarda hesaba katılmamaktadır. Yardımcı bir orerde, izleme düzenine bağlı olarak bu şekilde ortaya çıkan izleme gecikmelerinin azaltılması gerekir. Bu ilave önlemler alınmadığı takdirde toplam izleme gecikmesi gerçekçi olmayan yüksek değerlerde çıkmaktadır.

Eşanlı simülasyonlarda eşanlı olmayan simülasyonlardan farklı olarak yalnızca işletim uygulaması temsil edilebilir. Bununla birlikte, işletim, işgal süresi basamaklarının oluşturulmasıyla değil, birbirini izleyen eşanlı süreçlerin doğrudan taklit edilmesiyle modellenir. Bu sayede işletim sürecinin daha gerçekçi bir temsili elde edilebilmektedir. Orer oluşturma ve işletim uygulama aşamalarının birbirinden ayrı ele alınması, eşanlı simülasyonla da mümkündür; bunun için simülasyonda giriş değişkeni olarak önceden oluşturulan bir orer kullanılmalıdır. Orer hazırlanırken bilgisayar destekli yöntemlerin kullanılması, simülasyonun girdisi olarak orer değişkenlerinin oluşturulmasına imkan verir. Yeni eşanlı simülasyon programlarında bu amaçla orer oluşturma modülleri bulunmaktadır.

Her iki simülasyon stratejisinin de doğal olarak hem güçlü hem de zayıf yanları bulunmaktadır. Eşanlı olmayan simülasyon, özellikle, değişken sınır koşulları altında orer hazırlama çalışmaları için uygundur. Burada, eşanlı olmayan simülasyon ilkesi, aynı zamanda, bilgisayar destekli orer hazırlamak için akıllı program desteği görevi de görmektedir. Eşanlı simülasyonun gücü, işletim sürecinin en gerçekçi sunumunda yatmaktadır. Bu nedenle, bu yöntem, performans tahkiki yanında, hat düzenleme yerlerinde beklenen işletim düzeyinin/kalitesinin tahmininde ve mevcut işletim koşullarında, eklenen trenlerin kısa dönemli (short-run) işletilebilirlik kontrolünde de kullanılabilmektedir.

4.3.3 Hatların Analitik Tahkiki

Kapalı analitik performans araştırmaları, yalnızca, işletim programı temel olarak değişmeyen hatlar için mümkündür. Bu koşul verilmediği takdirde, hattın ayrı ayrı ele alınacak kesimlere bölünmesi gerekmektedir. Bir hattın analitik performans araştırması aşağıdaki temel adımlarda gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.10):

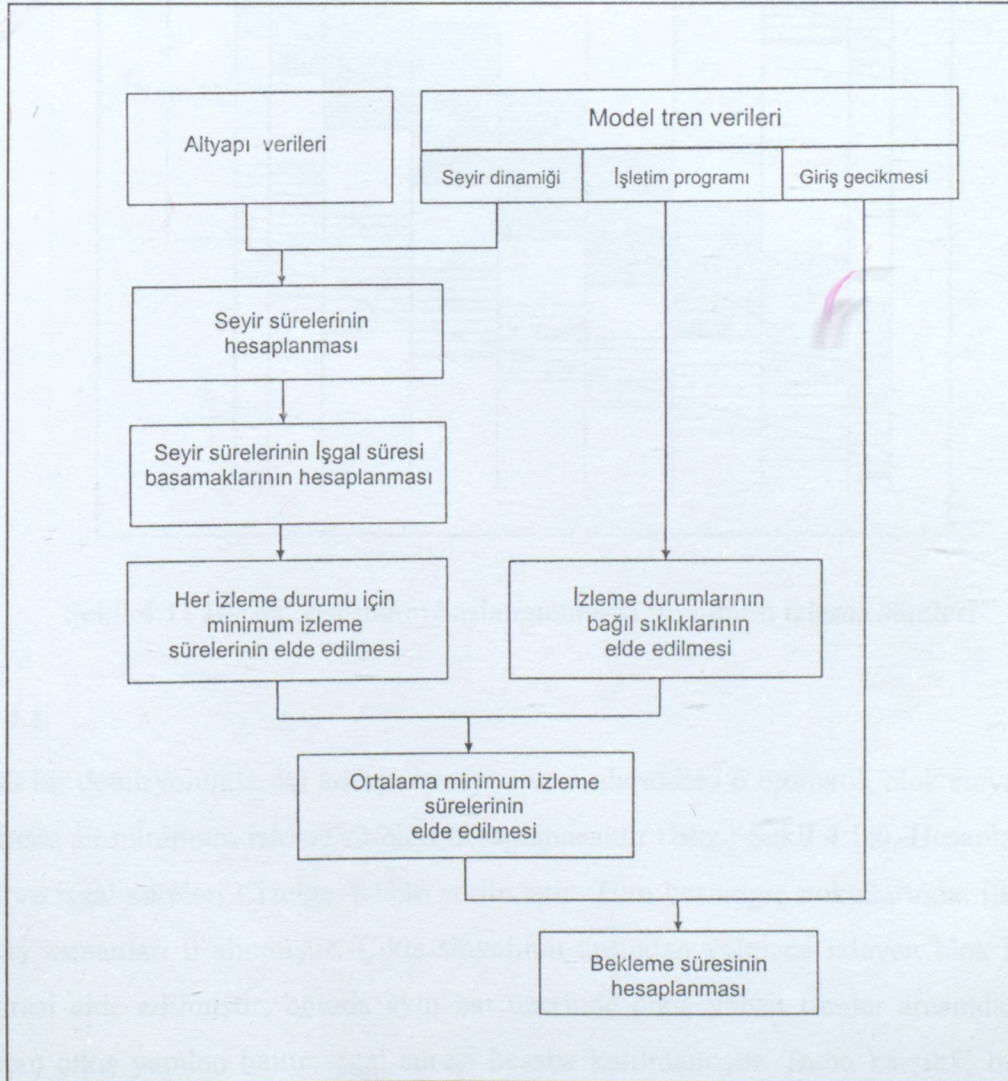
Seyir Sürelerinin Hesaplanması

Ele alınan hat üzerinde seyreden bütün trenler için, hattın ve trenlerin dinamik verilerine bağlı olarak yol-zaman eğrileri hesaplanır. Bu amaçla, benzer karakterdeki trenlerin model tren gruplarıyla ilişkilendirilmesi anlamlıdır.

İşgal Sürelerinin Hesaplanması

Her bir model tren için zaman-yol eğrileri üzerinde işgal süresi basamakları oluşturulur. Bunun için aşağıdaki işletim verileri gereklidir:

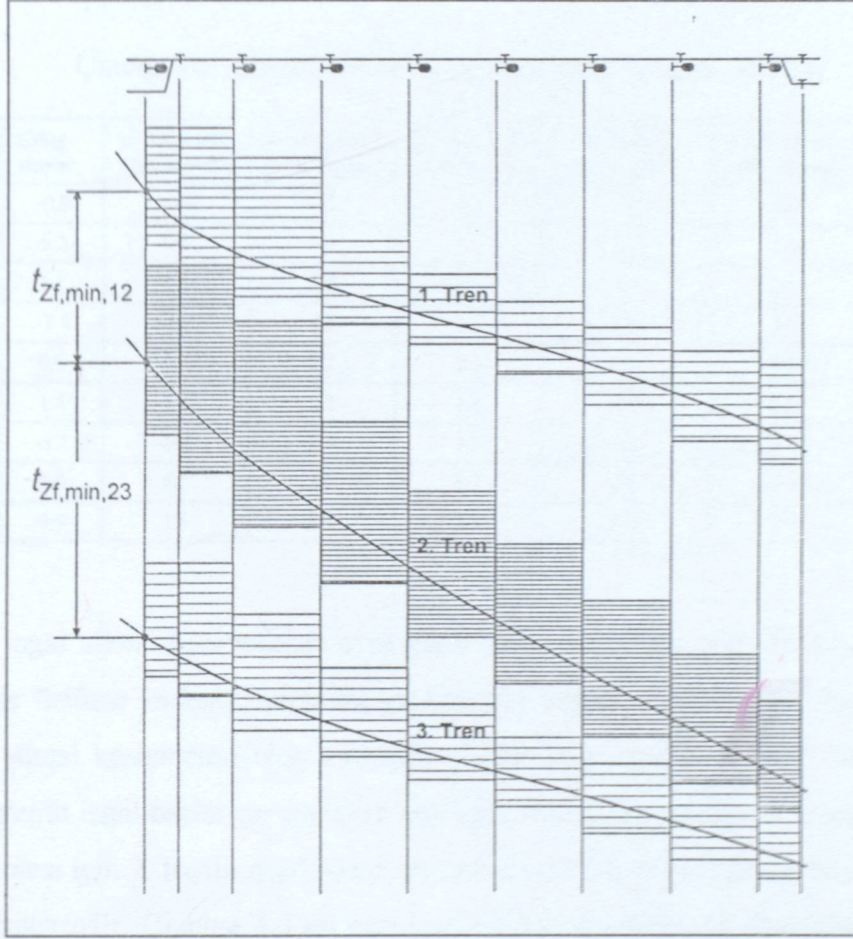
- Sinyal konumları,
- Sinyal yerleri ve tren bitim yerleri,
- Hat düzenleme ve çözme süreleri,
- Tren uzunlukları.



Şekil 4.10 Analitik performans araştırması adımları

Minimum İzleme Sürelerinin Elde Edilmesi

Ele alınan hat kesiminin başlangıcından itibaren işgal süresi basamakları çizilerek, herbir tren izleme durumuna ait minimum izleme süresi belirlenir. Bu süre, aynı konumdaki iki trenin işgal süresi basamaklarının esneklik olmaksızın birbirine temas ettiği izleme süresidir (Şekil 4.11). Örnek 4.1’de minimum izleme sürelerinin hesaplanması gösterilmektedir.



Şekil 4.11 Bir hat kesiminin başlangıcındaki minimum izleme süreleri

Örnek 4.1

Çift hatlı bir demiryolunda, iki komşu istasyon ve aralarındaki 6 otomatik blok sinyali için üç model trene ait minimum izleme süreleri hesaplanacaktır (Bkz.: Şekil 4.11). Hesaplanan seyir süreleri ve işgal süreleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Tüm başlangıç noktalarında, ilk istasyon için çıkış zamanları 0 alınmıştır. Çıkış sinyalinin ardından yalnızca izleyen blok kesiminin işgal süresi elde edilmiştir; burada aynı hat üzerinde çıkış yapan trenler arasındaki izleme süresi için çıkış yapılan hattın işgal süresi hesaba katılmamıştır. Buna karşılık, bir sonraki istasyonun giriş sinyalinin ardından yalnızca giriş yapılan hattın işgal süresi hesaba

katılmıştır; burada trenlerin farklı istasyon hatlarına girebileceği gözönünde bulundurulmuştur.

t_{SpB}	İşgal başlangıç zamanı
t_{Sig}	Sinyalden geçiş zamanı
t_{SpE}	İşgal bitim zamanı

Çizelge 4.1 Model trenlerin seyir süreleri ve işgal süreleri

		Çıkış sinyali	1. Otomatik blok sinyali	2. Otomatik blok sinyali	3. Otomatik blok sinyali	4. Otomatik blok sinyali	5. Otomatik blok sinyali	6. Otomatik blok sinyali	Giriş sinyali
1. Tren	t_{SpB}	-0.9	-0.5	0.7	1.2	1.6	2.0	2.3	2.5
	t_{Sig}	0.0	0.9	1.4	1.8	2.1	2.5	3.0	3.5
	t_{SpE}	1.1	1.5	1.9	2.2	2.7	3.1	3.7	4.0
2. Tren	t_{SpB}	-1.4	-0.6	0.8	1.9	2.6	3.5	4.3	5.0
	t_{Sig}	0.0	1.3	2.2	3.0	3.8	4.5	5.3	5.9
	t_{SpE}	1.6	2.4	3.2	4.0	4.7	5.5	6.2	6.5
3. Tren	t_{SpB}	-1.1	-0.3	0.4	1.0	1.5	1.9	2.1	2.6
	t_{Sig}	0.0	0.7	1.2	1.7	2.0	2.3	2.7	3.1
	t_{SpE}	0.9	1.4	1.8	2.1	2.5	2.9	3.3	3.5

İki trene ait işgal süresi basamakları aynı çıkış zamanı noktası için izleme süresi 0 dakika olacak şekilde üstüste yerleştirildiğinde, çizelgedeki değerler yardımıyla, her hat kesiminde oluşan işgal süresi kesişmeleri elde edilebilir (İşgal süresi kesişmesi = 1. Trenin işgal bitiş zamanı – 2. trenin işgal başlangıç zamanı). Bu işgal süresi kesişmesi, ele alınan hat kesiminin sorunsuz işlemesi için 2. trenin işgal süresi basamaklarının kaydırılması gereken izleme süresi miktarını vermektedir. Çizelge 4.2’de tüm tren izleme durumlarına (kombinasyonlarına) ait işgal süresi kesişmeleri verilmiştir.

İki tren arasında ortaya çıkan en büyük değer, trenin güvenli bir şekilde hareket edebilmesi için 2. trenin tüm işgal süresi basamaklarının kaydırılması gereken toplam süreyi belirlemektedir. Bu değer, hat kesiminin başlangıcında aranan minimum izleme süresine eşittir. Çizelge 4.2’de bu değerler altı çizilerek vurgulanmıştır.

Çizelge 4.2 Dakika cinsinden izleme durumlarına ait işgal süresi kesişmeleri (= hat kesiminin başlangıcındaki minimum izleme süreleri)

Tren İzleme Durumu		Çıkış sinyali	1. Otomatik Blok Sinyali	2. Otomatik Blok Sinyali	3. Otomatik Blok Sinyali	4. Otomatik Blok Sinyali	5. Otomatik Blok Sinyali	6. Otomatik Blok Sinyali	Giriş Sinyali
1. Tren	2. Tren								
1	1	<u>2,0</u>	<u>2,0</u>	1,2	1,0	1,1	1,1	1,4	1,5
1	2	<u>2,5</u>	2,1	1,1	0,3	0,1	-0,4	-0,6	-1,0
1	3	<u>2,2</u>	1,8	1,5	1,2	1,2	1,2	1,6	1,4
2	1	2,5	2,9	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	<u>4,0</u>
2	2	<u>3,0</u>	<u>3,0</u>	2,4	2,1	2,1	2,0	1,9	1,5
2	3	2,7	2,7	2,8	3,0	3,2	3,6	<u>4,1</u>	3,9
3	1	1,8	<u>1,9</u>	1,1	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0
3	2	2,3	2,0	1,0	0,2	-0,1	-0,6	-1,0	-1,5
3	3	<u>2,0</u>	1,7	1,4	1,1	1,0	1,0	1,2	0,9

Ortalama Minimum İzleme Süresinin Hesaplanması

Belirli bir işletim programında (orer, zaman çizelgesi), her bir izleme durumu değerlendirilerek bağıl frekanslar ve ortalama minimum izleme süreleri belirlenebilir.

$$t_{zf,min} = \sum(t_{zf,min,ij} h_{ij}) \quad (4.3)$$

Burada:

$t_{zf,min}$ Ortalama minimum izleme süresi

$t_{zf,min,ij}$ j treninin i trenini izlemesi durumunda minimum izleme süresi

h_{ij} j treninin i trenini izlemesi durumunda bağıl frekans

Önceden hazırlanmış bir işletim programının (orerin, zaman çizelgesinin) bulunmaması nedeniyle izleme durumlarının sayısı bilinmiyorsa, rasgelelik koşullarına uygun olarak yaklaşık bir izleme durumu kabul edilebilir. Bağıl frekans, aşağıdaki bağıntı ile elde edilebilir:

$$h_{ij} = \frac{z_i \cdot z_j}{z^2} \quad (4.4)$$

Burada:

z_i i model treni sayısı

z_j j model treni sayısı

z Toplam tren sayısı

Ortalama minimum izleme süresi, hat kesimindeki izleme düzeni ve tek bir katyası arasındaki bağıntıya dayanmaktadır. Bu sayede, hat kesiminin tek kuyruklu bir sistem olarak ele alınması

mümkün olmaktadır. Günün belli bir bölümünde (örneğin gündüz farklı hızda sabit aralıklı sistemlerin birleştirildiği sabit aralıklı yolcu trafiği, gece paralel seyir çizgili yük trafiği) farklı işletim programı bulunan karışık işletimli hatlarda, her bir zaman kesimi için işletim programına göre farklı minimum izleme süreleri elde edilebilir. Böylece işletmenin ölçümü için önemli olan zaman aralığı belirlenebilir.

Kabul Edilebilir İşletim Kalitesinde Trafik Akımının Hesaplanması

Ortalama minimum izleme süresinden, farklı işgal oranları için olası trafik akımı değerleri elde edilebilir. İşgal oranı için aşağıdaki tanımlamalar yapılabilir:

İşgal oranı, bir hat kesiminin işgal süreleriyle doluluğunun derecesini ifade etmektedir.

Kuyruklanmış işgal oranı, bir hat kesiminin, izleme kuyruklanması, yani hız kısıtlamalarından oluşan kullanılamaz zaman boşlukları ile ilgili işgal oranıdır.

Kuyruklanmış işgal oranı, böylelikle, kuyruklanmış işgal süresinin bir bölümü ve ele alınan zaman aralığı olarak ele alınabilir., Belirli bir işletim programındaki (orer, zaman çizelgesi) kuyruklanmış işgal süresi, tüm işgal süresi basamaklarının boşluksuz temas edene kadar – izlemelerin- “kaydırılması” olarak ifade edilebilir (Şekil 4.12 ve 4.13).

Uygulamada, kuyruklanmış işgal oranı, ortalama minimum izleme süresinden elde edilebilir (Bkz.: Eşitlik 4.3):

$$\eta_{\text{verk}} = \frac{z \cdot t_{Zf, \min}}{t_U} \quad (4.5)$$

Burada:

η_{verk}	Kuyruklanmış işgal oranı
z	Ele alınan zaman aralığındaki tren sayısı
t_U	Ele alınan zaman aralığı

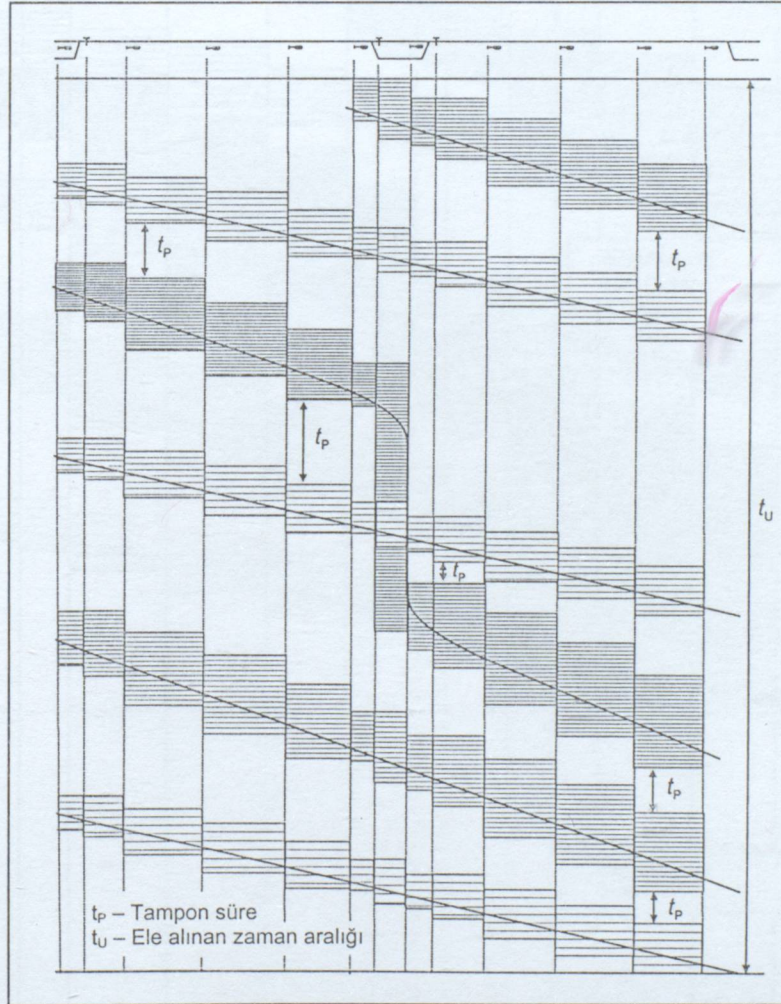
Kuyruklanmış işgal oranının 1'den farkı, kuyruklanmış tampon oranı olarak tanımlanmaktadır.

Ampirik bir işletim değeri olarak kuyruklanmış işgal oranının 24 saat üzerinden 0.5 (%50) oranını geçmemesi gerekir. Zirve saatlerde ise 0.8'in (%80) üzerine çıkmamalıdır. Bu basit kabul birçok araştırma/çalışma için yeterli olmaktadır.

Kuyruk kuramı yardımıyla, toplam bekleme süresinin beklenen değeri elde edilebilir. Bu yöntemi temel alan bir Elektronik Veri İşleme uygulaması, STRELE (RWTH Aachen),

Alman Demiryolları'nda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak STRELE, bekleme fonksiyonunun üç noktasını (değerini) vermektedir. Bu noktalar “çok iyi”, “yeterli” ve “kötü” kalite gruplarını temsil etmektedir. Ortalama bekleme süresinin bu kalite gruplarına göre ayrılması, ampirik olarak (işletme yöneticilerine danışılarak) elde edilen değerlendirme fonksiyonuyla gerçekleştirilir. Bu değerlendirme fonksiyonu, ele alınan hat kesiminde hareket eden tren sayısına bağlı olarak istenen işletim kalitesinde, izin verilen toplam bekleme süresini vermektedir; istenen işletim kalitesi için izin verilen toplam bekleme süresinin %50'nin altında olması halinde “çok iyi”, %50'yi geçmesi halinde ise “kötü” sınır değeri elde edilir. Bekleme sürelerinin elde edilmesinde model trenlerin giriş gecikmeleri (gecikme olasılığı ve ortalama gecikme) hesaba katılmaktadır.

İstenen işletim kalitesindeki trafik akımı değeri hattın nominal kapasitesi olarak da adlandırılmaktadır. Nominal kapasitenin optimum kapasite aralığında bulunma olasılığı yüksektir.



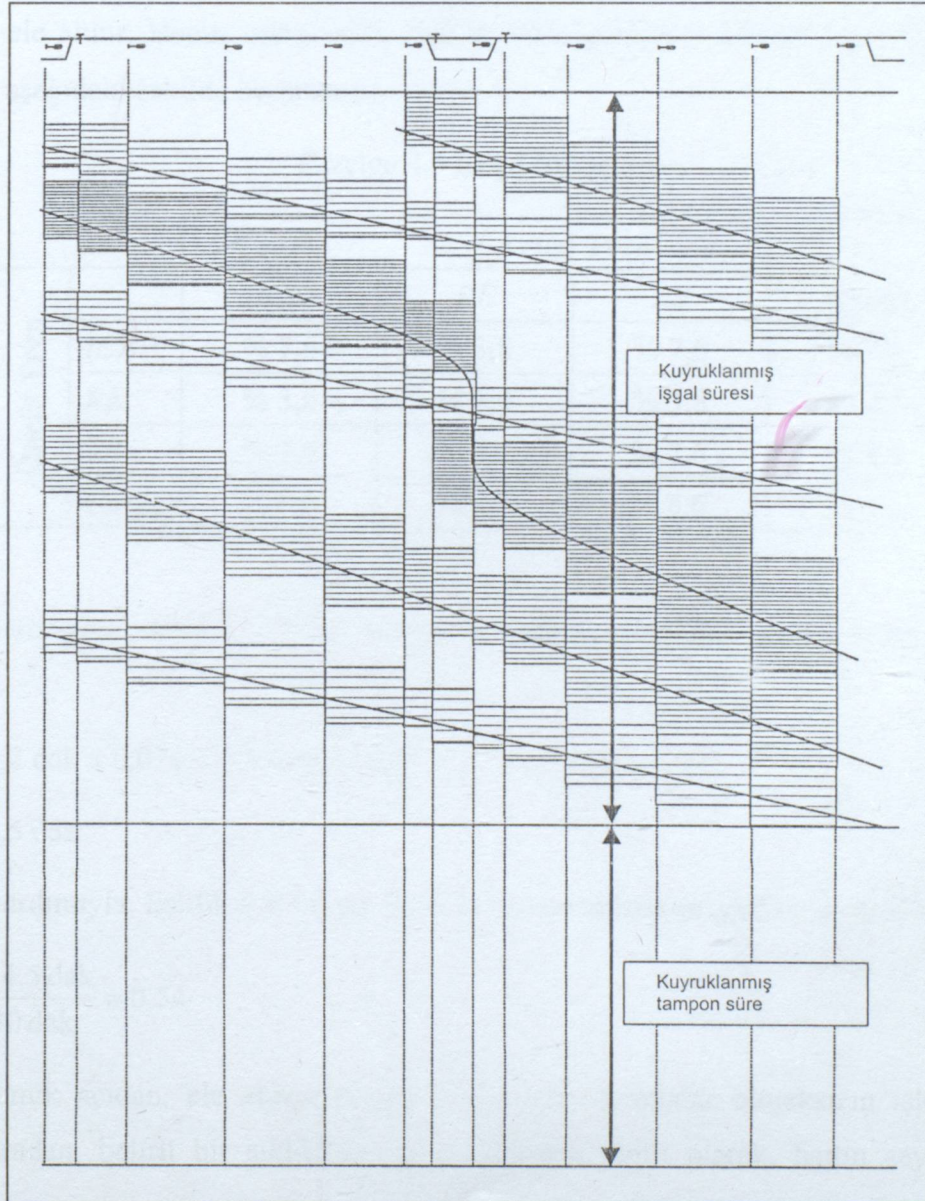
Şekil 4.12 Çift hatlı işletim örneği (yalnızca bir seyir yönü gösterilmiştir)

Örnek 4.2

Çift hatlı bir demiryolu kesimindeki beklenen işletim kalitesinin tahkiki için, 4 saatlik zaman aralığındaki kuyruklanmış işgal oranının belirlenmesi gerekmektedir. Ele alınan zaman aralığında aşağıdaki işletim programı öngörülmüştür:

Çizelge 4.3 İşletim programı

Tren cinsi		Bir yöndeki tren sayısı
Kentlerarası ekspres	ICE	8
Bölgesel ekspres	RE	4
Bölgesel hat	RB	8
Yük treni	Cargo	9



Şekil 4.13 Şekil 4.12’de verilen örnekteki kuyruklanmış işgal oranının gösterilmesi

İşgal sürelerinin hesaplanmasıyla tüm izleme durumlarına ait minimum izleme süreleri elde edilir. Burada örnek olarak yalnızca bir yön ele alınmıştır; uygulamada her iki yön için de hesaplama yapılmalıdır.

Çizelge 4.4 Minimum izleme süreleri

Öncül Tren	Artçıl Tren				
		ICE	RE	RB	Cargo
	ICE	3,2 dak.	2,4 dak.	2,4 dak.	2,6 dak.
	RE	6,1 dak.	3,5 dak.	3,1 dak.	4,1 dak.
	RB	8,2 dak.	6,5 dak.	3,4 dak.	6,2 dak.
	Cargo	7,9 dak.	6,3 dak.	2,8 dak.	3,3 dak.

Henüz kesinleşmiş bir orer yoktur. Bu nedenle ilk değerlendirme için rasgele izleme durumları ele alınır. Bunun sonucunda, Eşitlik 4.4'e göre tüm izleme durumlarına ait bağlı frekanslar aşağıdaki şekilde hesaplanır:

Çizelge 4.5 Bağlı frekanslar

Öncül Tren	Artçıl Tren				
		ICE	RE	RB	Cargo
	ICE	% 7,6	% 3,8	% 7,6	% 8,6
	RE	% 3,8	% 1,9	% 3,8	% 4,3
	RB	% 7,6	% 3,8	% 7,6	% 8,6
	Cargo	% 8,6	% 4,3	% 8,6	% 9,6

Bu değerlere göre, Eşitlik 4.3'ten ortalama minimum izleme süresi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$t_{zf,min} = 3,2 \text{ dak} \times 0,076 + 2,4 \text{ dak} \times 0,038 + \dots + 3,3 \text{ dak} \times 0,096$$

$$= 4,5 \text{ dak}$$

Bu değer yardımıyla, Eşitlik 4.5'ten hat kesiminin kuyruklanmış işgal oranı bulunur:

$$\eta_{verk} = \frac{29 \cdot 4,5 \text{ dak}}{240 \text{ dak}} = 0,54$$

Hat, ekonomik açıdan, ele alınan zaman aralığında aksamalar olmaksızın işletilmektedir. Ancak, buradan, belirli bir sıklıktaki yolcu trafiğiyle ilgili olarak, hattın seyir kabiliyeti

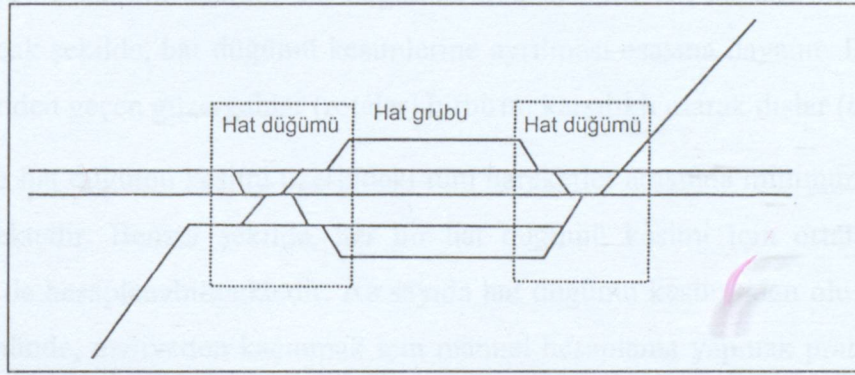
hakkında henüz bir hüküm vermek mümkün değildir. Bu soru ancak orer çalışmaları tamamlandıktan sonra cevaplanabilir.

4.3.4 Düğümlerin Analitik Tahkiki

Düğümler, bir ağ üzerinde hatların birleştiği yerlerdir. Bir düğüm aşağıdaki bileşenlerden meydana gelmektedir:

- * Düğümde birleşen hatların fiziksel olarak bağlandığı hat düğümleri,
- * İstasyon hatlarının, trafik ve işletimle ilgili fonksiyonlarının düzenlemelerle ilişkilendirildiği hat grupları.

Bir hat düğümü, iki ana sinyalle sınırlanır, iki ana sinyal arasında duraklama gerçekleşmez. Küçük bir istasyon düğümü, temel olarak, istasyon uçlarını temsil eden iki hat düğümünden ve arada yer alan bir hat grubundan meydana gelmektedir (Şekil 4.14).

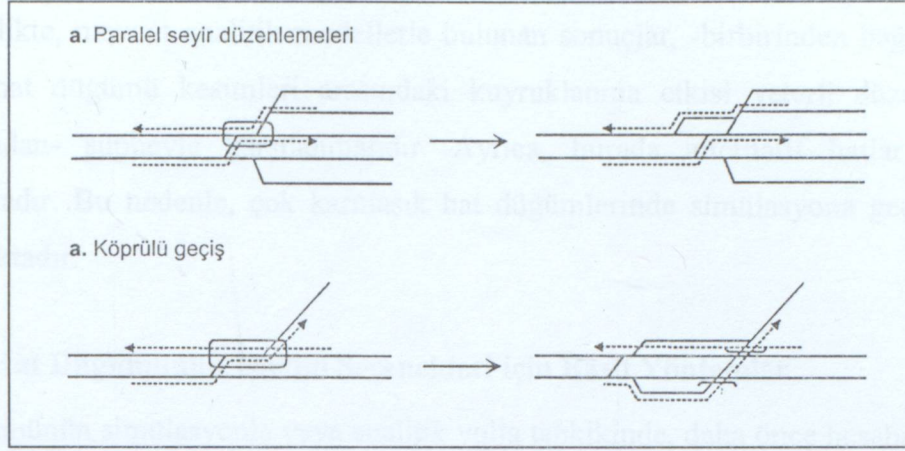


Şekil 4.14 Küçük bir düğümün yapısı

Düğümlerin bu temel yapısı nedeniyle, kapasite tahkiklerinde iki önemli sorunla karşılaşmaktadır:

- * Hat düğümlerinin konumu (biçimi),
- * Hat gruplarının ölçümü.

Hat düğümleri oluşturulurken, ilk olarak karşılaşma yerlerindeki hat çatışmalarının düğümlerin performansına olan etkisi araştırılır. Burada amaç, genişletmelere veya paralel seyir düzenlemelerine karar verilmesidir (Şekil 4.15).



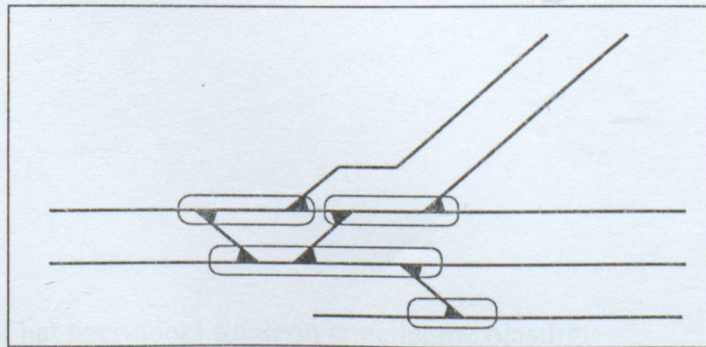
Şekil 4.15 Hat çatışmalarının giderilmesine örnekler

Hat gruplarının ölçümü ise, hat grubu önünde gecikmelerin meydana gelmemesi için gerekli hat sayısının hesaplanmasını amaçlar.

4.3.4.1 Hat Düğümlerinin Analitik Tahkiki

Hat düğümlerinin analitik tahkiki, hat düğümlerinin, her biri tek kanallı bir işletim sistemi gibi ele alınacak şekilde, hat düğümü kesimlerine ayrılması esasına dayanır. Bir hat düğümü kesimi içerisinde geçen güzergahlar (rotalar) birbirini karşılıklı olarak dışlar (engeller).

Bu sayede, bir hat düğümü kesimi üzerindeki tüm hareketler arasında minimum izleme süresi belirlenebilmektedir. Benzer şekilde, her bir hat düğümü kesimi için ortalama minimum izleme süresi de hesaplanabilmektedir. Az sayıda hat düğümü kesiminden oluşan basit yapılı bir hat düğümünde, maliyetten kaçınmak için manuel hesaplama yapmak pratik değildir. Bu amaçla, bilgisayar destekli araştırmalarda kullanılan EDV Yöntemi (Elektronik Veri İşleme Yöntemi) ALFA (RWTH Aachen) yazılımı geliştirilmiştir. Bu bilgisayar programı, orer oluşturma aşamalarında ve işletim sırasında, her bir hat düğümü kesimi için ayrı kalite katsayıları elde edilmesini sağlar. Bu nedenle, bulunan değerler, büyük bir hat düğümünde, kapasite kısıtı bulunan bileşenler için kesin sonuçlar bulunmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.16 Bir hat düğümünün kesimlere ayrılması

Bununla birlikte, mevcut analitik modellerle bulunan sonuçlar, -birbirinden bağımsız olarak ele alınan hat düğümü kesimleri arasındaki kuyruklanma etkisi yeterli düzeyde hesaba katılmadığından- şüpheyile karşılanmalıdır. Ayrıca, burada alternatif hatlar da hesaba katılmamaktadır. Bu nedenle, çok karmaşık hat düğümlerinde simülasyona geçilmesi daha yararlı olmaktadır.

4.3.4.2 Bir Hat Düğümünün İşletim Seçenekleri için Basit Yöntemler

Bir hat düğümünün simülasyonla veya analitik yolla tahkikinde, daha önce hesaba katılmayan yüksek maliyetler (kölfeşler) söz konusudur. Genellikle, başlangıçta, ayrıntılı performans (kapasite) verilerine gerek duyulmamaktadır; farklı iyileştirme (düzenleme) seçenekleri, belirli trafik koşullarındaki seyir kabiliyeti dikkate alınmadan, sadece bağıl faydalarına bağılı olarak karşılaştırılmaktadır.

Engel Teorisi Yardımıyla Engellenme Noktalarının Tahkiki

İşletimle ilgili sorunlar, bazen beklenen engellenmelere ilişkin bilgiler elde edilmesine indirgenir; burada, bir engellenme yerindeki rota çatışmalarının ortadan kaldırılmasına (örneğin iyileştirmelere) yönelik sonuçlar tahmin edilir. Elde edilen değerler, yalnızca rasgelelik koşullarında geçerli olsa da, engel teorisi, oldukça etkili bir araçtır. Orere uygun olarak işletilen bir sistemde, görece daha az sayıda engellenme beklenir. Bununla birlikte, rasgelelik koşulları altında beklenen engellenmelerin sayısı, orer oluşturma zorluğunun bir ölçütü olarak kabul edilebilir. Teori ile uygulama sonuçlarının uyumuna, tren izlemelerinin çoğunlukla rasgeleye benzer bir karaktere sahip olduğu yük hatlarında rastlanmaktadır.

Belirli bir anda engellenme yerine varan bir trenin, diğer bir tren tarafından engellenme olasılığı, herhangi bir öncelik durumu söz konusu olmadığı takdirde, doğrudan engellenen hattın işgal süreleri toplamından elde edilebilir.

$$P_{beh1} = \frac{z_2 \cdot t_{sp2}}{t_U} \quad (4.6)$$

$$P_{beh2} = \frac{z_1 \cdot t_{sp1}}{t_U} \quad (4.7)$$

Burada;

P_{beh1} 1 nolu hat üzerindeki trenlerin engellenme olasılığı

P_{beh2} 2 nolu hat üzerindeki trenlerin engellenme olasılığı

z_1	1 nolu hat üzerindeki tren sayısı
z_2	2 nolu hat üzerindeki tren sayısı
t_{sp1}	1 nolu hat üzerindeki trenlerden dolayı engellenme noktasında oluşan işgal süresi
t_{sp2}	2 nolu hat üzerindeki trenlerden dolayı engellenme noktasında oluşan işgal süresi
t_U	Ele alınan zaman aralığı

Tren sayıları engellenme olasılıklarıyla çarpıldığında, rasgelelik koşullarında, beklenen engellenmelerin sayısı elde edilir.

$$n_{beh1} = z_1 \cdot P_{beh1} = \frac{z_1 \cdot z_2}{t_U} \cdot t_{sp2} \quad (4.8)$$

$$n_{beh2} = z_2 \cdot P_{beh2} = \frac{z_1 \cdot z_2}{t_U} \cdot t_{sp1} \quad (4.9)$$

İki hattın birine geçiş önceliği verilmesi durumunda, engellenmeler arasındaki ilişki yer değiştirir.

Öncelik verilen hattın işgal süresi suni olarak uzatılır; bu hat, engellenme noktasını, işgal süresinden büyük olan rezerv süresi boyunca işgal eder. Bu şekilde, engellenen hattın önceliği daha düşük olduğu için, bu hatta hareket olmaz. Bunun sonucunda, 4.6 - 4.9 eşitlikleri aşağıdaki şekilde devam eder:

$$P_{beh1} = \frac{z_2 \cdot (t_{sp2} - t_r)}{t_U} \quad (4.10)$$

$$P_{beh2} = \frac{z_2 \cdot (t_{sp1} + t_r)}{t_U} \quad (4.11)$$

$$n_{beh1} = \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot (t_{sp2} - t_r)}{t_U} \quad (4.12)$$

$$n_{beh2} = \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot (t_{sp1} + t_r)}{t_U} \quad (4.13)$$

t_r 1 hattındaki trenlere öncelik verilmesi için kullanılan rezerv süresi

Toplam engellenme sayısı hesaplanırken rezerv süresi tekrar çıkartıldığından, engellenme sayısı öncelik verme durumuna bağlı değildir.

$$\sum n_b = n_{beh1} + n_{beh2} = \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot (t_{sp1} + t_{sp2})}{t_U} \quad (4.14)$$

Öte yandan, toplam engellenme sayısı, verilen öncelik nedeniyle azalan bekleme süreleri toplamına bağlıdır. Şekil 4.17’de, engellenme noktasında karşılaşan iki trenin varış zamanları arasındaki fark ile engellenme süreleri arasındaki ilişki gösterilmektedir (orijinal metinde Potthoff [PO80]).

Rasgelelik koşullarında, bir engellenme durumunda, engellenen trenin ortalama bekleme süresi, Şekil 4.17’ye göre maksimum engellenme süresinin yarısı kadardır. Ortalama bekleme sürelerinin beklenen engellenme sayısıyla çarpımı sonucu toplam bekleme süreleri elde edilir:

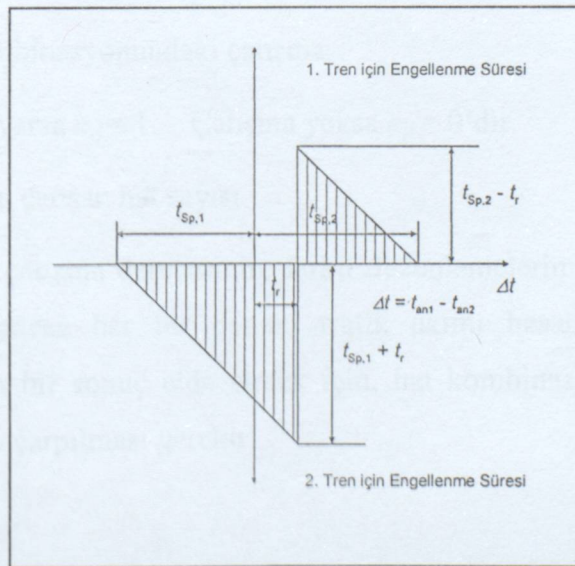
$$\sum t_{w1} = n_{beh1} \cdot t_{w1} = n_{beh1} \cdot \frac{t_{sp2} - t_r}{2} \quad (4.15)$$

$$\sum t_{w2} = n_{beh2} \cdot t_{w2} = n_{beh2} \cdot \frac{t_{sp1} + t_r}{2} \quad (4.16)$$

$$\sum t_w = \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot (t_{sp1}^2 + t_{sp2}^2 + 2t_r(t_{sp1} - t_{sp2}) + 2t_r^2)}{2t_U} \quad (4.17)$$

Burada:

t_{w1}	1 hattındaki trenlerin ortalama bekleme süresi
t_{w2}	2 hattındaki trenlerin ortalama bekleme süresi
t_w	Tüm trenlerin ortalama bekleme süresi



Şekil 4.17 Öncelikli seyir halinde engellenme süresi

Eşitlik 4.17’de, toplam bekleme süresine rezerv süresi t_r ’nin karesi eklenmektedir. Bu sonuç, öncelik verilmesi durumunda, bir yandan öncelikli tren için bir kalite ölçütü anlamına gelirken, öte yandan performansı (kapasite) büyük ölçüde olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu nedenle, büyük işletim problemlerinde, aşırı trafik yükü bulunan bir ağ bileşeninde akıcılığın sağlanması için, öncelikli trenlere geçici sınırlama getirilmesi daha işlevsel olacaktır. Bu tür işletim problemlerinde tren izlemeleri çoğunlukla rasgeleye benzer bir karaktere bürünür, bu nedenle teorik değerlere tam olarak uyulabilmesi, sadece engellenme teorisinin rasgele koşulları için mümkündür.

Güzergah (Rota) Çatışma Çizelgesi

Güzergah (rota) çatışma çizelgesi, karmaşık bir hat düğümünde ayrıntılı araştırmalara girmeden önce, farklı işletim (düzenleme) seçenekleri arasında karşılaştırmalar yapılmasını sağlar. Bunun için, tüm hat kombinasyonları bir matris halinde düzenlenir. Matriste, hat çatışmaları basit olarak ikili kodlarla işlenir (1 veya 0), gerekli durumlarda çatışma türünün simgesi şeklinde de yazılabilir (Şekil 4.18). Rota çatışma çizelgesinden, hatların çatışma derecesi, doğrudan çatışan hat sayısının karesi ve olası toplam hat kombinasyon sayısı ile belirlenebilir.

$$\eta = \frac{\sum a_{ij}}{n^2} \quad (4.18)$$

Burada:

η	Güzergah (rota) çatışma derecesi
a_{ij}	ij hat kombinasyonundaki çatışma
	Çatışma varsa $a_{ij} = 1$ Çatışma yoksa $a_{ji} = 0$ ’dır.
n	Doğrudan çatışan hat sayısı

Bu şekilde elde edilen çatışma derecesinin, farklı düzenlemelerin karşılaştırılmasında kriter olarak kullanılması, sadece her bir hattaki trafik akımı hesaba katılmadığında yararlı olmaktadır. Daha kesin bir sonuç elde etmek için, hat kombinasyonlarına ait çatışmaların bağıl frekanslarla ayrıca çarpılması gerekir.

$$\eta = \sum (a_{ij} \cdot h_{ij}) \quad (4.19)$$

$$h_{ij} = \frac{z_i \cdot z_j}{z^2} \quad (4.20)$$

Burada:

h_{ij} ij hat kombinasyonuna ait bağıl frekans

z_i i hattındaki tren sayısı

z_j j hattındaki tren sayısı

z Toplam tren sayısı



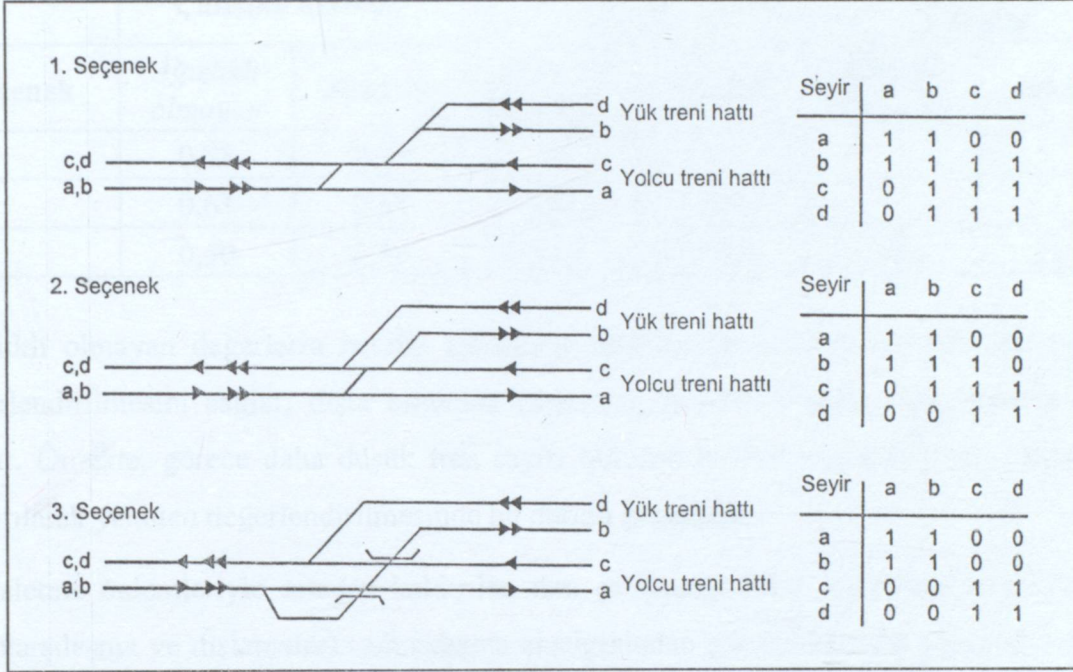
Şekil 4.18 Rota çatışma çizelgesi

Tek tek çatışmalara ait engellenme sürelerinin de hesaba katılmasıyla daha kesin bir sonuç elde edilebilir. Bununla birlikte, kesin sonuca yaklaşırken bulunan değerler, manuel olarak harcanan çaba nedeniyle daha fazla sorgulanmalıdır; çünkü bulunan sonuç, katmerlenerek artan engellenmelerin hesaba katılamaması nedeniyle kesin olmayan yaklaşık bir değer olarak kalmaktadır. Tren sayısı gözönünde bulundurularak bulunan güzergah (rota) çatışma derecesi, seçenekler arasında seçim yapmaya yeterli olmadığında simülasyon yöntemine geçilmesi daha yararlı olacaktır.

Örnek 4.3

Büyük bir hat düğümündeki demiryolu trafiği, yük ve yolcu hatlarına dağıtılacaktır. Bu demiryolu hattından, bir yönde, günlük ortalama 130 tren geçmektedir. Bunların 40'ı yük trenidir ve geçiş noktalarından yük hatlarına geçecektir. Şekil 4.19'da, birinci seçeneğin

geliştirilmesiyle elde edilen hatlar gösterilmektedir. Trafik akımının artması beklendiğinden ve rota çatışmalarına bağlı olarak mevcut durum yetersiz olduğundan, genişletme olanakları kullanılarak ikinci ve üçüncü seçenekler geliştirilmiştir. Ayrıntılı araştırmalara girişmeden önce, mevcut durumla bu seçeneklerin iyileştirme olanakları bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.19 Bir hat düğümüne ilişkin düzenleme seçenekleri

Şekil 4.19'da her bir seçenek için hat çatışma çizelgesi verilmiştir. Buna göre çatışma dereceleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

1. Seçenek: $12/16 = 0.75$

2. Seçenek: $10/16 = 0.63$

3. Seçenek: $8/16 = 0.50$

Daha kesin değerler elde etmek için, ikinci adımda hat kombinasyonlarının bağlı frekansları hesaplanır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Hat kombinasyonlarının bağlı frekansları

Hat		a	b	c	d
	Tren	90	40	90	40
a	90	0,120	0,053	0,120	0,053
b	40	0,053	0,024	0,053	0,024
c	90	0,120	0,053	0,120	0,053
d	40	0,053	0,240	0,053	0,024

Tek tek tüm seçeneklerde rota çatışma çizelgesindeki değerlerin cebirsel çarpımı ile Eşitlik 4.19'dan tren sayılarına bağlı ağırlıklı çatışma derecesi bulunur. Çizelge 4.7'de bu değerler, ağırlıklı olmayan çatışma dereceleriyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir:

Çizelge 4.7 Sonuçların karşılaştırılması

Seçenek	Çatışma derecesi		1. Seçeneğe göre bağlı iyileşme		2. Seçeneğe göre bağlı iyileşme	
	Ağırlıklı olmayan	Ağırlıklı	Ağırlıklı olmayan	Ağırlıklı	Ağırlıklı olmayan	Ağırlıklı
1	0,75	0,62				
2	0,63	0,58	%16	%6		
3	0,50	0,48	%33	%23	%21	%17

Ağırlıklı olmayan değerlerin hesaba katılması; önerilen genişletme önlemlerinin optimum değerlendirilmesini sağlar; dışta bırakılan (dışlanan) her bir çatışma, eşit değerde hesaba katılır. Örnekte, görece daha düşük tren sayısı bulunan b ve d seçeneklerinin çatışmasının kaldırılarak yeniden değerlendirilmesinde bu durum geçerlidir.

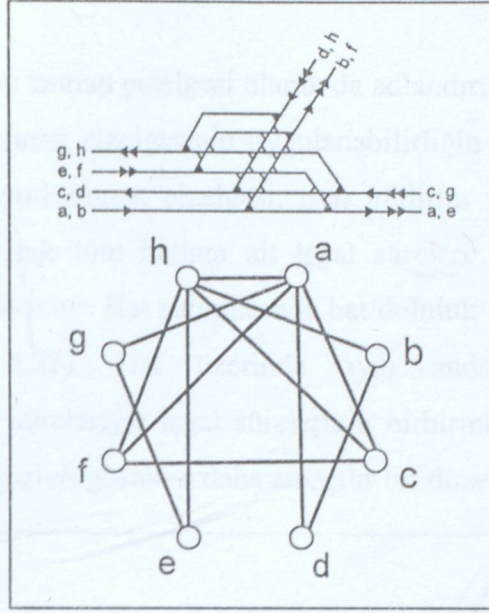
Genişletme önlemleriyle ortadan kaldırılan tüm çatışmalar (blok boşaltma mesafelerindeki tüm karşılaşma ve dışlamalar) rota çatışma çizelgesinden çıkartıldığında; artık daha da fazla iyileştirilemeyen olası en küçük kesişme derecesi elde edilir. Örnek 4.3'te 3. seçenek bu kritere uymaktadır.

Bir Hat Düzümünde İşletim Olanaklarını Gösteren Grafik Yöntemler

Rota çatışma çizelgesine alternatif olarak, hat düğümlerinin işletim olanaklarının gösterilmesi için bir dizi grafik yöntem geliştirilmiştir. Rota çatışma çizelgesine göre bu yöntemlerin yararı, ikiden fazla düzenleme kombinasyonunun ele alınabilmesi yanında ikiden fazla rotanın aynı anda düzenlendiği hatların uygunluğunun da hesaba katılabilmesidir.

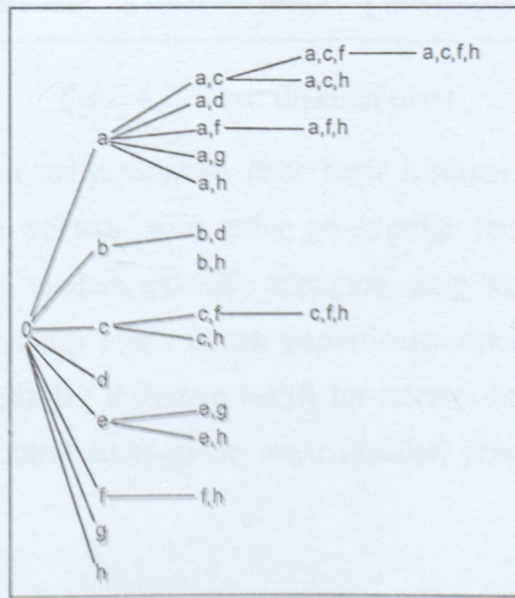
Grafik yönteme ilk örnek (orijinal metinde Potthoff [PO80]) "uyumlu rotalar" grafiğidir (Şekil 4.20). Bu amaçla, tüm hatlar grafikte bir düğüm olarak gösterilir. Aynı anda düzenlenen hatlar bir doğruyla birleştirilir.

Bu şekilde, bir hat düğümüne ait işletim seçenekleri doğrudan geometrik şekillerle ifade edilebilmektedir. Uygun rotalara ait grafik yanında, çatışan rotaların grafiği de gösterilebilmektedir. Tren sayılarının düğümlere dağıtılması sayesinde, tek tek kenarların değerlendirilmesi de mümkün olmaktadır (örneğin belirli bir hat kombinasyonuna ait frekanslarla). Bu şekilde, kapasite durumu için özel önem taşıyan hat kombinasyonları veya kritik rota çatışmaları belirlenebilmektedir.



Şekil 4.20 Potthoff'a göre uygun hatların grafiği

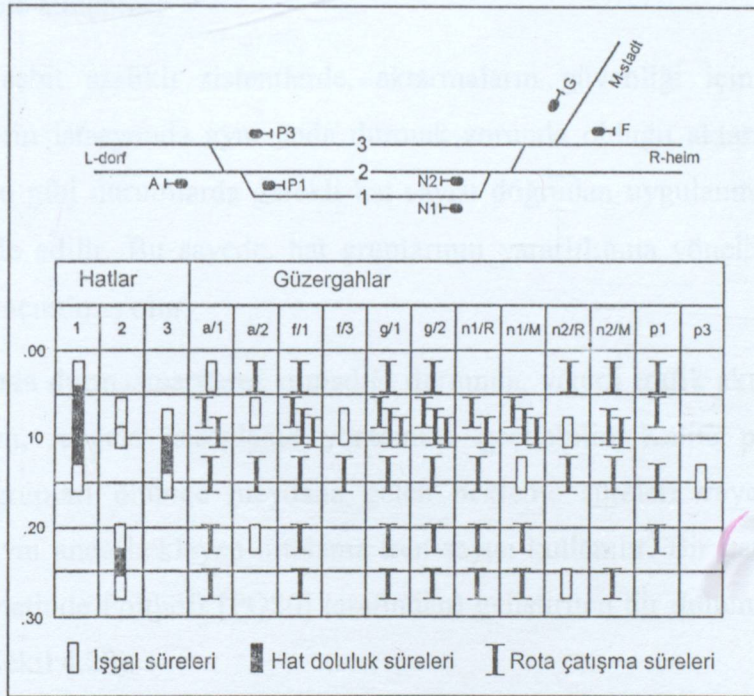
Diğer bir ifade biçimi de tüm düzenleme seçeneklerinin bir ağaç şeklinde gösterilmesidir (Şekil 4.21) (orijinal metinde [CO90]). Ağaçtaki her bir ara düğüm veya uç düğüm, belirli bir düzenlemeyi -aynı anda düzenlenen belirli hat kombinasyonlarını veya düzenlenmiş tek bir hattı- temsil etmektedir. Uygun (çatışmayan) hatlar grafiğine göre bu gösteriliş şekli külfetli olmasına rağmen, hat sayısının artması durumunda daha belirgin bir açıklama sağlamaktadır. Gerekli olduğu takdirde, tek tek hat kombinasyonları için frekans bilgileri de yazılabilmektedir; burada, grafikte gösteriliş şekline karşılık, çoklu kombinasyonların sıklığı da doğrudan verilebilmektedir.



Şekil 4.21 Şekil 4.20 örneğindeki düzenleme seçeneklerinin ağaç şeklinde gösterilişi

Seyir İlişkileri Planı

Seyir ilişkileri planı (istasyon zaman çizelgesi olarak da adlandırılır), bir hat düğümünde veya bir istasyonda, belirli bir zaman çizelgesinin uygulanabilirliğinin denetlenmesini amaçlayan bir grafik yöntemidir. Bir istasyon zaman çizelgesi, tren bildirim yerlerine ait seyir grafiğine benzetmekle birlikte, ek olarak tüm hatlara ait işgal süreleri ve rota çatışma sürelerinin belirtildiği sütunlar bulunmaktadır. Hat sütunlarında hat doluluk süreleri, işgal süreleri içinde işaretlenmektedir (Şekil 4.22). Hat üzerinde aynı anda birden fazla güzergah bulunabildiğinden, kesişme süreleriyle işgal sürelerinin birbirini kesmemesi gerekmektedir. Bu şekilde düğümlerdeki ilişkileri gösteren daha anlaşılır bir düzenleme yapılabilmektedir.



Şekil 4.22 Seyir ilişkileri planı

Başarılı simülasyon araçları geliştirilmeden önce seyir ilişkileri planının hazırlanması tek seçenektir. Günümüzde bu yöntem, aşırı çaba gerektirdiği için karmaşık araştırmalarda kullanılmamaktadır. Ayrıca, modern güvenlik tekniğine sahip büyük hat düğümlerinde, hat kesimi çözümlerinin uygulanışı pratik olarak gösterilememektedir. Bununla birlikte, basit problemlerde –örneğin küçük bir düğümde belirli bir izleme durumunun zaman açısından uygun olup olmadığının kontrol edilmesinde- seyir ilişkileri planı kullanılabilecek tek araç olabilmektedir.

4.3.4.3 Hat Gruplarının Ölçümü

Hat gruplarının ölçülmesi, aşağıdaki amaçlarla gerçekleştirilir:

* Hat gruplarında gerekli hat sayısının elde edilmesi (örneğin bir yolcu istasyonundaki peron sayısı)

* Büyük düğümlere bağlanan hatların erişilebilirliğine karar verilmesi.

Her iki sorunun cevabı da aynı araçlarla bulunur. Bir hat grubunda işletim açısından, iki farklı durum sözkonusudur:

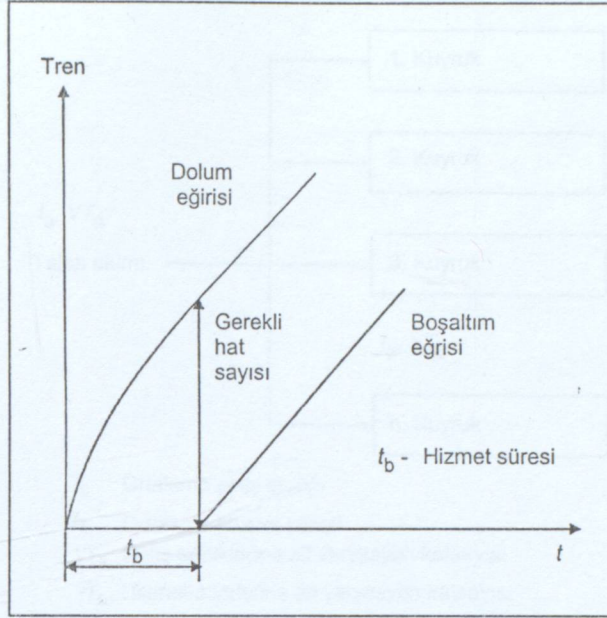
* Hat grubuna giren trafik akımları, farklı hatlardaki trenlerin aynı anda durması sebebiyle birbirinden bağımsız ele alınmamalıdır.

* Farklı hatlarda bulunan trenlere aynı anda işlem uygulanmaz. Trafik akımları birbirinden bağımsız olarak ele alınabilir.

Birinci durum, sabit aralıklı sistemlerde, aktarmaların güvenliği için birden fazla hat üzerindeki trenlerin istasyonda aynı anda durmak zorunda olduğu aktarma düğümleri için sözkonusudur. Bu gibi durumlarda gerekli hat sayısı doğrudan uygulanması gereken zaman çizelgesinden elde edilir. Bu sayede, hat gruplarının yararlılığına yönelik yüksek maliyetli araştırmalardan kaçınılmış olur.

Trenlerin aynı anda durmasına gerek olmadığı durumda, yeterli trafik akımı için gerekli hat sayısı bulunurken, rasgele hesaplama yöntemine geçilebilir. Kalite parametresi olarak, genellikle, hat grupları önünde meydana gelen bekleme süreleri veya ortalama kuyruk uzunluğu, yani aynı anda bekleyen ortalama tren sayısı kullanılır. Bir hat grubundaki trafik akımı, (orijinal metinde Potthoff [PO80] tarafından) geliştirilen bir dolum-boşaltım eğrisi ile ifade edilebilir (Şekil 4.23).

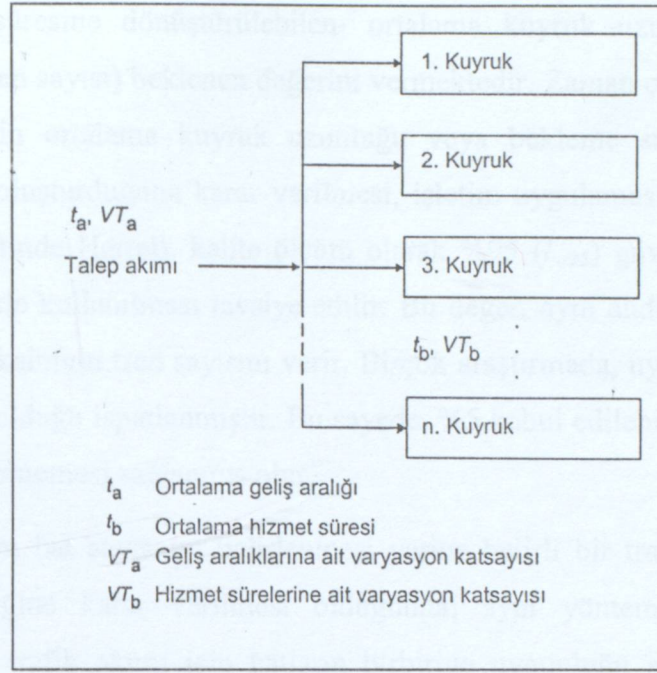
İlk olarak hat grubuna gelen bir trenle dolan boş bir hat grubuyla başlanır. Dolum eğrisi, hat grubuna gelen toplam tren sayısını verir. Dolum eğrisinin biçimi varış mesafelerine ait dağılım fonksiyonuna göre değişmektedir. İlk trenin hizmet süresi geçtikten sonra hat grubu boşalmaya başlar. Boşaltım eğrisi, hat grubundan ayrılan toplam tren sayısını verir. Hat gruplarındaki tren sayısı genelde sabit olduğundan, boşaltım eğrisi doğruya yakın olmaktadır. Dolum ve boşaltım eğrilerinin belirli bir zaman noktasındaki fonksiyon değerleri arasındaki fark, o anda hat grubunda duran tren sayısına karşılık gelir. Bu değerlerin maksimum olanı, hat grubunda tren beklememesi koşullarında gerekli hat sayısını vermektedir.



Şekil 4.23 Bir hat grubuna ait dolum ve boşaltım eğrileri

Belirli bir hat sayısında istenen bekleme sürelerinin veya kuyruk uzunluklarının elde edilmesi amacıyla kuyruk kuramı yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda, hat grubu, çok sayıda paralel kuyruğu bulunan bir sistem olarak kabul edilir (Şekil 4.24). Hat grubuna gelen trenler ise, ilgili işlem yerinde (istasyonda yolcu değişimi vs.) karşılanan talep olarak düşünülmüştür.

Geliş ve hizmet sürecinde dağılım fonksiyonu bilindiği takdirde, kuyruk kuramı yardımıyla bekleme süreleri ve kuyruk uzunluğuna ait beklenen değerlerin belirlenmesi mümkündür. Bununla birlikte, uygulamada, dağılım fonksiyonunun bilinmesi her zaman mümkün olmamakta veya ek çaba gerektirmektedir. Ayrıca, dağılım fonksiyonları, karmaşık yapıları nedeniyle pratik hesaplamalarda çoğu kez kullanılamamaktadır. En kötümser duruma göre değerlendirme (Worst-case) durumunda tüm varışların rasgele dağılımlı olduğu kabul edilirse, görece daha basit üstel (eksponansiyel) dağılım kullanılarak ilk tahmini yapmak mümkündür. Bununla birlikte, uygulamada, -rasgele koşullarda kötümser oranlar elde edecek şekilde-rasgeleliği azaltılmış varış aralıklarıyla hesaplama yapılmalıdır.



Şekil 4.24 Çok kuyruklu hizmet sistemi

Diğer bir alternatif de (orijinal metinde Hertel [HE95]), dağılım fonksiyonu tam olarak bilinmediği zaman da kapasite oranları hakkında önemli ölçüde bilgi veren ve trafik tesislerinin yeterli kesinlikte boyutlandırılmasını sağlayan yaklaşım yöntemidir. Bu yöntemlerde veri olarak, geliş aralıkları ve hizmet süreleri için ortalama değerler ve varyasyon katsayıları (standart sapmanın ortalama değere bölümü) belirlenir. Geliş aralıkları ve hizmet sürelerinin ortalama değerleri doğrudan tren sayısından bulunabilir. Varyasyon katsayısı, hat grubuna ait işletimdeki hizmet sürelerine ait frekans değerlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesiyle kolayca bulunabilir. Bir hat grubuna ait hizmet süreleri genellikle değişmez. Ancak varış sürelerine ait varyasyon katsayılarının yüksek güvenilirlikte belirlenmesi daha zordur. Mevcut tesislerin, gelecekte de belirli bir izleme düzenini koruduğu, veya planlanan zaman aralıkları bugünden bilindiği takdirde, (orijinal metinde Hertel) sabit aralıklı sistemler için kullanılan zaman aralıkları sayısına bağlı olarak aşağıdaki değerlendirme sözkonusudur:

$$VT_a \leq 0,5 \quad 1 \leq i \leq 3 \text{ için} \quad (4.21)$$

$$VT_a \leq 1,0 \quad 3 < i \leq 8 \text{ için} \quad (4.22)$$

Burada

i Kullanılan zaman aralıkları sayısı.

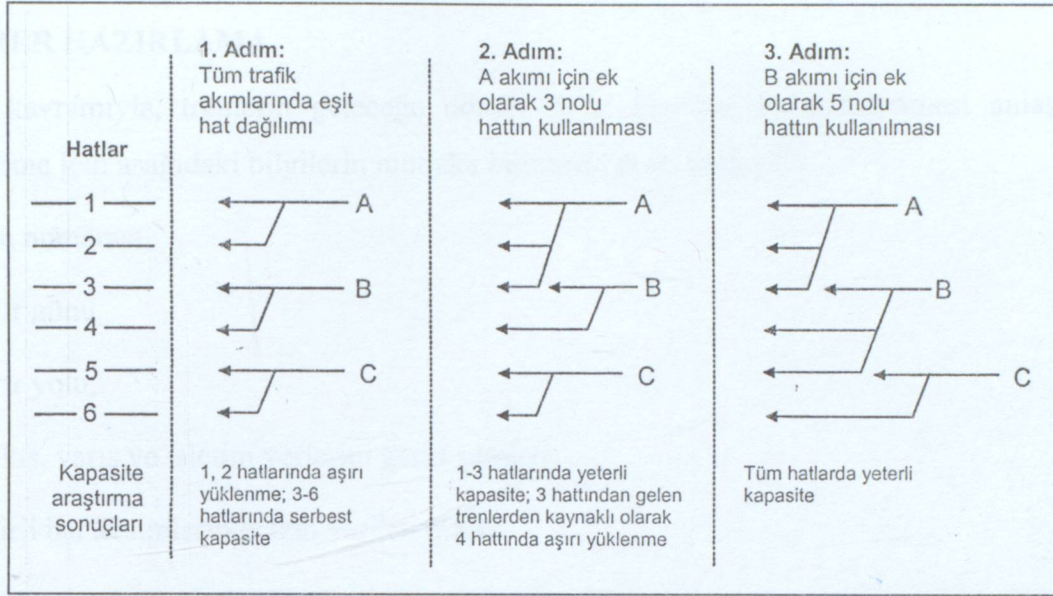
Güvenilir bir sonuç elde edebilmek için, belirli bir aralıktaki kapasite değeri, aralığın hem üst hem de alt sınırı için belirlenmelidir (orijinal metinde [HE95]). Bu yöntem, -doğrudan

ortalama bekleme süresine dönüştürülebilen- ortalama kuyruk uzunluğunun (aynı anda bekleyen ortalama tren sayısı) beklenen değerini vermektedir. Zaman çizelgesinin nitel olarak değerlendirilmesi için ortalama kuyruk uzunluğu veya bekleme sürelerinden hangisinin gerekli sınır değeri oluşturduğuna karar verilmesi, işletim uygulaması açısından zordur. Bu nedenle (orijinal metinde Hertel), kalite ölçütü olarak %95 (l_{w95}) güven aralığı için kuyruk uzunluğunun öncelikle kullanılması tavsiye edilir. Bu değer, aynı anda bekleyen ve %95'lik güven aralığında maksimum tren sayısını verir. Birçok araştırmada, uygulamada gerekli sınır değerinin $l_{w95} < 0,5$ olduğu ispatlanmıştır. Bu sayede, %5 kabul edilebilir riskle hat grubunun önünde hiç tren beklememesi sağlanmış olur.

Sorun, gerekli toplam hat sayısının belirlenmesi yerine belirli bir trafik akımında, birleşen hatların erişilebilirliğine karar verilmesi olduğunda; aynı yöntemle, iteratif bir işlem kullanılarak, aynı trafik akımı için hatların birbirine uygunluğu artırılabilir. İlk olarak hatların uygunluğu minimum alınarak başlanır, hat gruplarındaki her bir hat mümkün olduğunca özel olarak yalnızca belirli hatlarla birleştirilir. Hala yeterli kapasite yoksa, hatların birbirine uygunluğu, trafik akımının –yeterli işletim kalitesine erişilinceye kadar- süperpoze edilmesiyle adım adım artırılır (Şekil 4.25).

Örnek 4.4

6 peronlu bir istasyonda, farklı hatlardan gelerek birleşen A, B ve C trafik akımına sahip trenler işletilecektir. İyileştirme önlemleri çerçevesinde, hatların peron grubuyla ne şekilde birleştirilmesi gerektiği bulunacaktır. Birinci adımda, peron hatları ikiye ikiye trafik akımlarıyla birleştirilir, bu şekilde peron grubu üç ayrı sisteme ayrılabilir (Şekil 4.25). Kapasite tahkiki sonucunda, 1 ve 2 hatlarında kapasite aşılrken aynı anda 3-6 arasındaki hatlarda kapasitenin yeterli olduğu görülmüştür. İkinci adımda, üçüncü hat, B akımına bağlanırken aynı anda A akımıyla da birleşmektedir. Bu şekilde, 1-3 hatlarında yeterli kapasite bulunurken, B akımına sahip trenler 3 hattında aşırı bir akıma yol açtığından 4 hattına aktarılmıştır. Devam eden adımda, 4 hattının boşaltılması amacıyla 5 hattı da B akımına bağlanmıştır. Yeniden kapasite tahkiki yapıldığında tüm peron hatlarında memnun edici sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Akımların peronlara bu şekilde dağıtılmasıyla elde edilen veriler, hat düğümlerinin tasarlanmasında kullanılacaktır.



Şekil 4.25 Bir hat grubundaki hatların birbiriyle uygunluğunun artırılması adımları

4.3.5 Yöntemin Belirlenmesi

Kapasite tahkikleri, farklı planlama aşamalarında farklı zaman dilimleri için gerçekleştirilir. Kapasite tahkiklerinde elde edilen sonuçların kalitesi, önemli ölçüde, kullanılan verilerin gerçeğe yakınlığına bağlıdır. Zaman çizelgesinin tanımlanması için kullanılan verilerin kesinliği, kabaca tren sayısı tahmininden ayrıntılı zaman çizelgesinin hazırlanmasına kadar değişebilir. Kapasite tahkiklerinde gereksiz külfetlerden kaçınmak için, kesin değerlere yakın sonuçlar verecek yöntemler kullanılmalıdır. Çizelge 4.8'te buna ilişkin anahatlar verilmiştir.

Çizelge 4.8 Uygun tahkik yönteminin belirlenmesi

Zaman aralığı	Kullanılan verinin kesinliği	Tavsiye edilen tahkik yöntemi
5-20 yıl	Tren sayısı, günlük trafik dağılım eğrisi (varsa)	Analitik yöntem; uygun olduğunda orer örneklerinin oluşturulması; basit yöntemlerle varyant karşılaştırmaları
1-5 yıl	Tren sayısı, Orer konsepti	Orer çalışmasıyla tamamlanan analitik yöntemler; Kesin olmayan verilerle simülasyon
< 1 yıl	Kesin orer	Simülasyon

5. ORER HAZIRLAMA

Orer kavramıyla, trenlerin geleceğe dönük seyir düzenlerinin belirlenmesi anlaşılır. Bu belirleme için aşağıdaki bilgilerin mutlaka bilinmesi gerekmektedir:

- * Tren numarası,
- * Seyir günü,
- * Seyir yolu,
- * Kalkış, varış ve işletim yerlerini geçiş süreleri,
- * Belirli hat kesimlerinde izin verilen hızlar.

Orer hazırlanmasının üç temel sebebi vardır. Bunlardan ilki, tren çizgilerinin koordinasyonu, yani demiryolu işletmelerinin belirli tesislerinde tren sunumu için gerekli zamanların ayarlanması veya belirli bir demiryolu altyapısında hizmet türlerinin ayırteedilmesidir. Bu şekilde orer hazırlanmasına tren çizgisi/izi yönetimi de denmektedir, ki bu, altyapının (kapasitenin) pazarlanmasıyla yakından ilişkilidir.

Orer hazırlanmasının ikinci faydası, işletim için 'olması gereken' işletim sürecini tanımlamasıdır. Bu amaçla, birbirinden farklı çok sayıda orer taslağı hazırlanır. Yerel demiryolu işletmelerinde, bu amaçla belirli altyapı kesimlerinde (hat kesimi, düğümler) tüm tren hareketlerini temsil eden şekiller kullanılır. Öte yandan, bir trenin hareketini izlemek amacıyla seyir yolu üzerindeki tüm orer verilerini temsil eden orer taslakları oluşturulur. Orerde yer alan bilgiler, doğrudan işletim uygulamasının yanısıra, işletim planlamasında yer alan diğer sistemler için -özellikle tren sirkülasyonlarının ve personel kullanımının planlanmasında- veri kaynağı olarak da kullanılmaktadır.

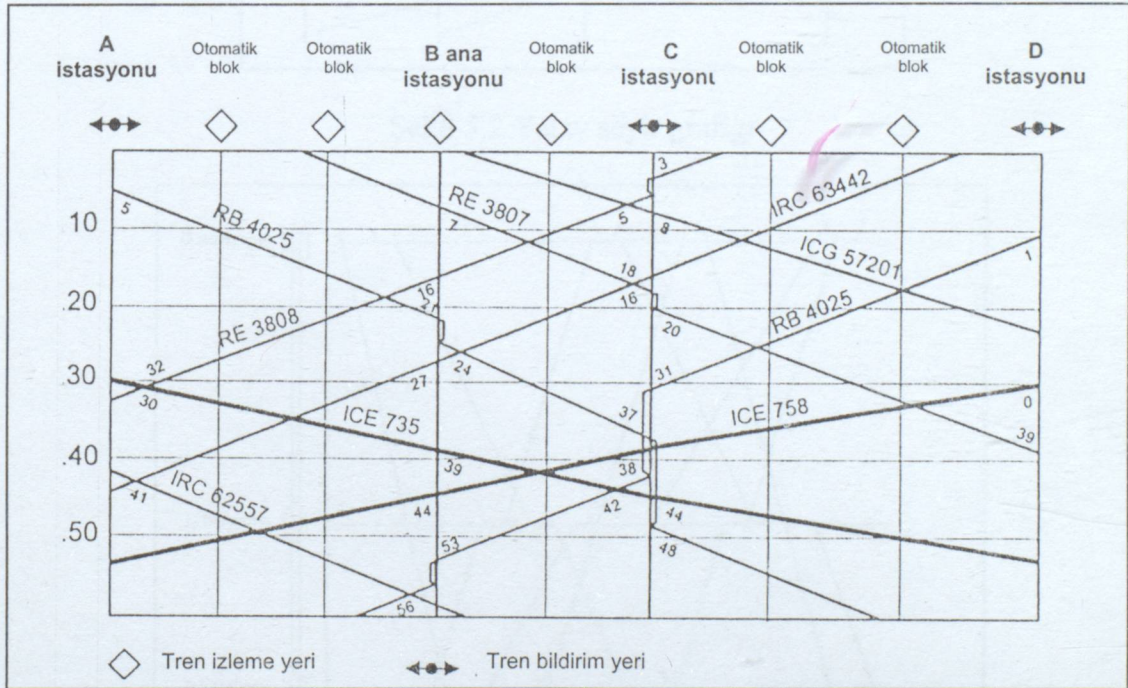
Üçüncü ve son olarak, orerler, demiryolu işletmesini kullanan müşterilerin bilgilendirilmesini de sağlar. Bu amaçla kullanılan taslaklar, anlaşılır ve basit olmalıdır. Bu bakımdan, müşterilerin, çevrim dışı (offline) veya çevrim içi (online) çalışan bilgisayarlar aracılığıyla interaktif olarak yararlandıkları orer bilgilendirme sistemlerine geçilmesi, kalite sıçraması sağlamıştır. Bu modern müşteri hizmeti araçları, zamanla klasik zaman çizelgelerinin yerini almıştır.

5.1 Tren Çizgileri Yönetimi İçin Orer Temsil Şekilleri

Tren çizgileri, demiryolu altyapısında seyreden trenlerin zaman ve konumlarını gösterir. Bu çizgiler, planlanan seyir yoluna çizilen işgal süresi basamaklarıyla karakterize edilirler.

Belirli bir altyapıda istenen tren çizgilerinin koordinasyonu için, bu hat kesimindeki tüm tren hareketlerinin gösterilmesi gerekmektedir. Bu işlemin karmaşık olması nedeniyle grafik gösterim biçimleri geliştirilmiştir. Bir hat üzerindeki işletim düzeninin gösterilmesi için seyir grafiğinden (orer) yararlanılır. Seyir grafiği (orer); zaman eksenine dik ve bu eksendeki seyir zamanı ölçüm noktalarına karşılık gelen konum çizgilerinden oluşan bir ızgara biçimindedir. Tren hareketleri, bu ızgara üzerinde Zaman-Yol eğrisi olarak işlenir. Şekil 5.1’de buna ilişkin bir örnek gösterilmiştir.

Manuel orer oluşturulurken, bu zaman-yol eğrilerinin (tren çizgisi) gösterilişinde kalkış, varış ve işletim yerlerini geçiş zamanlarının doğrularla birleştirildiği bir poligon (polyline) yer alır. Zaman-yol eğrilerinin (tren çizgisi) konum eksenleriyle birleştiği noktalarda, anlaşılır olması için dakika değerleri de belirtilir. Normalde her iki hatta ait tren çizgileri, tek bir orer paftasında gösterilir. İki den fazla hattın paralel işletiminde, hatlara ait tren çizgilerinin belirgin olması amacıyla birden fazla orer paftası kullanılır. Bazı demiryolu işletmelerinde, yatayda yol eksenini bulunan (Şekil 5.2) orerler yerine “düşey” orerler (Şekil 5.3) kullanılmaktadır. İfade açısından her iki temsil şekli de aynıdır, hangisinin tercih edileceği genelde geleneklere göre değişmektedir.

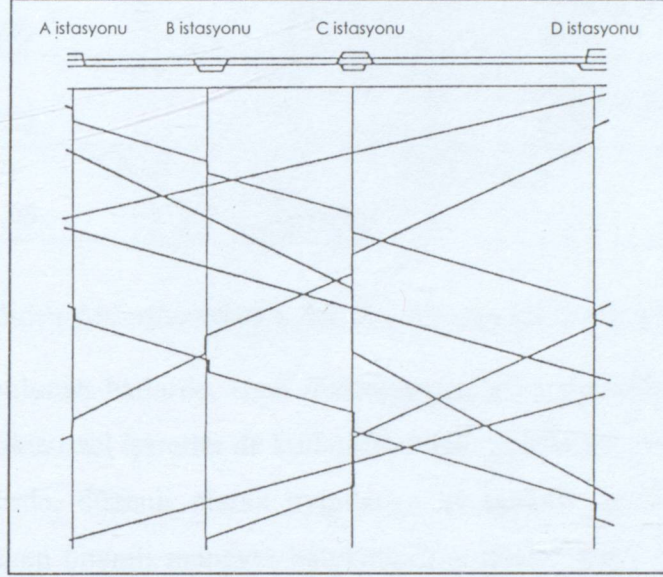


Şekil 5.1 Tren çizgisi yönetimi için orer temsil biçimi

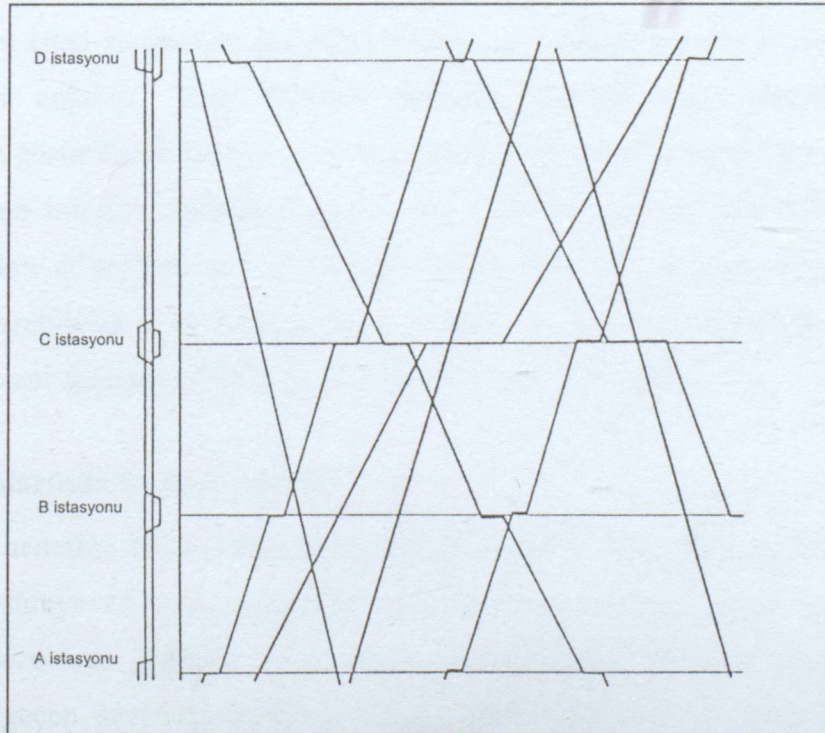
Seyir grafiğinin (orer) temsil biçimi, bir hat üzerindeki işletim düzeninin anlaşılır şekilde ifade edilmesini sağlar, ancak altyapının nasıl kullanıldığı konusunda hala yeterince bilgi vermemektedir. Bu bilgi, ancak, kesin zaman-yol eğrilerinin, işgal süreleriyle (işgal süresi basamakları) tamamlanmasından sonra elde edilebilir. Orer oluşturmak için kullanılan modern

elektronik veri işleme (EDV: Elektronische Datenverarbeitung) yöntemleri, işgal sürelerinin girilmesini sağlayan fonksiyonlar içerir; bu sayede istenilen aralıkta tüm işletim seçenekleri ayrıntılı olarak ele alınabilir.

İşletim yerlerinde, değişik yönlerdeki seyir seçeneklerinin temsili için farklı seyir planları (eski adıyla istasyon seyir planı) kullanılır. Büyük işletim yerlerinde hat işgalleri şekillerle temsil edilebilir. Bu tür hat işgal planlarında, her bir hat için, hat işgallerinin çizgilerle gösterildiği düşey zaman çizgileri bulunur (Şekil 5.4).



Şekil 5.2 Yatay seyir grafiği



Şekil 5.3 Düşey seyir grafiği

HAT	11	12	13	14
10:10	02 RE 3419	02 3219	02 ICE 787	06 Lz 86255
10:20	12 16 IR 2076	11 19 IC 737	21 24 ICE 776	17 41206
10:30	19	28	28 Lz 86313	24 42519
10:40	38 13173	42 IC 934	41 44 3321	33 37 ICE 77
10:50	42	42	51 54 ICE 682	43 47 ICE 523
11:00	52 3216	56 59 13386		

Şekil 5.4 Tren bildirim yerlerine yönelik, hat işgallerinin şekillerle gösterildiği seyir planı

Birden fazla akım bulunan hatlarda, işgal durumlarının seyir yönleriyle koordinasyonu için işgal çizgileriyle birlikte özel işaretler de kullanılır. İşletim yerlerine yönelik seyir planlarında, gerekli olduğu takdirde, düzenli olarak uygulanan ve işletim düzenlemesinde gözönünde bulundurulması gereken önemli manevra hareketlerinin gösterilmesi de mümkündür. Ancak tren bildirim yerlerine yönelik seyir planlarına dayanarak, belirli bir seyir düzeninin uygunluğunu tahmin etmek yine de mümkün değildir. İşgal edilmiş hatların gösterimi, giriş ve çıkış yollarının işgal süreleriyle desteklense bile, hat kesişmeleri açık olarak gösterilmediği sürece yeterli değildir. Tren bildirim yerlerine yönelik seyir planlarında, tüm hat kesişmelerinin gösterilmesi halinde, son derece karmaşık ve anlaşılabilir bir orer taslağı ortaya çıkacaktır. Tren bildirim yerlerine yönelik seyir planları manuel olarak hazırlanırken, bu nedenle, yapılan düzenlemelerin uygunluğu ancak işletimsel deneylerle tahmin edilebilir; kesin karar verebilmek için, hatların işgal süreleri ve kesişme sürelerinin ayrıntılı olarak kontrol edilmesini sağlayan elektronik veri işleme yöntemleri kullanılır.

5.2 Seyir Planlarında Süre Bölümleri

Bir yolcunun hedefine varmak için harcadığı süre, kalkış istasyonuna geliş zamanına, araç içinde geçen süreye ve hedef istasyona varış zamanına bağlıdır. Seyir planlarındaki süre bölümleri sadece araç içindeki seyir süresini kapsar. Seyir süreleri, hareket sırasında ve aktarmalarda geçen seyir sürelerinden oluşur. Yük trenlerinde de seyir süreleri aynıdır; aktarma süreleri, manevra istasyonlarında vagon değiştirme süresi şeklinde geçer.

5.2.1 Bir Trenin Hareket Süresinin Bileşenleri

5.2.1.1 Seyir Süresi

Hareket süreleri, seyir süreleri ve durma sürelerinden oluşur. Orerin oluşturulmasında temel rol oynayan iki duruş arasındaki normal seyir süresi, aşağıdaki sürelerin toplamından oluşur:

- * Net seyir süresi,
- * Telifi payı (recovery margin)
- * Hat bakım/onarım payı.

Net seyir süresi, dinamik hesaplar sonucunda elde edilen seyir süresidir. Seyir süresinin elde edilmesinde kullanılan dinamik yöntemlerle kesin hesaplamalar yapılabilir; ancak, bu şekilde elde edilen seyir süresinin, uygulamada belirli bir dağılıma uygun rasgele bir beklenen değer olduğu gözardı edilmemelidir. Tek başına, bir trenin kalkış süresini önemli oranda etkileyen ray-tekerlek sürtünmesi hava koşullarına bağlıdır. Seyir süresindeki bu değişkenliği ve diğer küçük düzensizlikleri (örneğin yolcu kalabalığı yüzünden bekleme süresinin uzaması) gidermek için telifi payından yararlanılır. Telifi payı, net seyir süresinin yüzde 3-7 kadardır.

Telifi payına ek olarak, bakım/onarım çalışmaları veya geçici arıza nedeniyle hızın düşürüldüğü hat kesimlerindeki seyir süresi aşmaları hesaplanırken, bakım/onarım payı da (eski adıyla özel pay) gözönünde bulundurulmalıdır. Telifi payından farklı olarak, bakım/onarım payı, seyir süresinin yüzdesi olarak değil, ilgili kesimlerde dakika değeri olarak eklenir. Bakım/onarım payının büyüklüğü yerel koşullara uygun olarak tespit edilir.

Orer hazırlama sürecinde, gerekli olduğu takdirde, bu şekilde elde edilen normal seyir süresine ek olarak gecikme süreleri de eklenir. Bu ilave gecikme süreleri, aktarmalar ve belirli bir sıklıktaki tren izleme durumlarına uyum sağlanması için planlanan gerekli eşgüdüm süreleridir. Öte yandan, seyir süresine planlanan bekleme süreleri de dahil edilebilir (örneğin karşılaşmada ve öne geçmede planlanan bekleme süreleri). Seyir sürelerinin veya durma sürelerinin uzamasına yol açan bu kayıp süreler, aşağıda ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

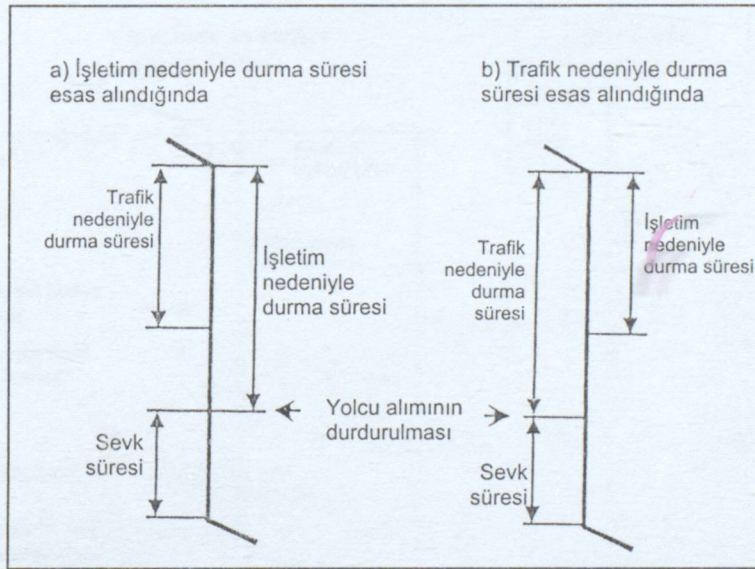
Şimdiye dek yapılan hesaplamalar, seyir planındaki (orer) planlanan seyir süresini vermektedir. Yolcular için gerçekleşen seyir süresi, gecikmeler nedeniyle planlanan seyir süresinden sapabilir. Planlanan seyir süresiyle gerçekleşen seyir süresinin birbirine uyum derecesi, işletim kalitesini belirleyen bir ölçüttür ve sistemin yolcular tarafından kullanımı/kabul edilmesini büyük oranda etkilemektedir.

5.2.1.2 Durma Süresi

Durma süreleri, trafik veya işletim nedeniyle ortaya çıkabilir. Trafik nedeniyle durma, yolcu indirme-bindirme ve vagonlara yerleşme veya trenlere yükleme yapılması sırasında gerçekleşir. İşletim nedeniyle durma ise, işletmenin gerekli gördüğü durumlarda gerçekleşir; örneğin personel ve lokomotif değişimleri veya karşılaşma ve öne geçme sırasındaki durmalar gibi.

Yolcuların zaman kayıplarının minimize edilmesi için, işletim sürecinde meydana gelen durmalarla trafik nedeniyle durmaların mümkün olduğunca iyi kombine edilmesi gerekir. Bu tür durumlarda normal durma süresi, Şekil 5.5'te gösterildiği gibi belirlenir.

Sevk süresi, trenin yolcu alımını sona erdirip tekrar harekete geçtiği zamana kadar geçen süredir. Şekil 5.6'da, örnek olarak yolcu trafiği nedeniyle durma süresinin bileşenleri, trafik nedeniyle durma ve sevk süreleriyle karşılaştırılarak gösterilmiştir. Bununla birlikte, seyir planı (orer) taslağında verilen trafiğin gerektirdiği kalkış zamanlarıyla orerin temelini oluşturan işletim kurallarının belirlediği kalkış zamanları arasındaki fark da bilinmelidir.



Şekil 5.5 İşletim ve trafik nedeniyle durmalardan oluşan normal durma süreleri

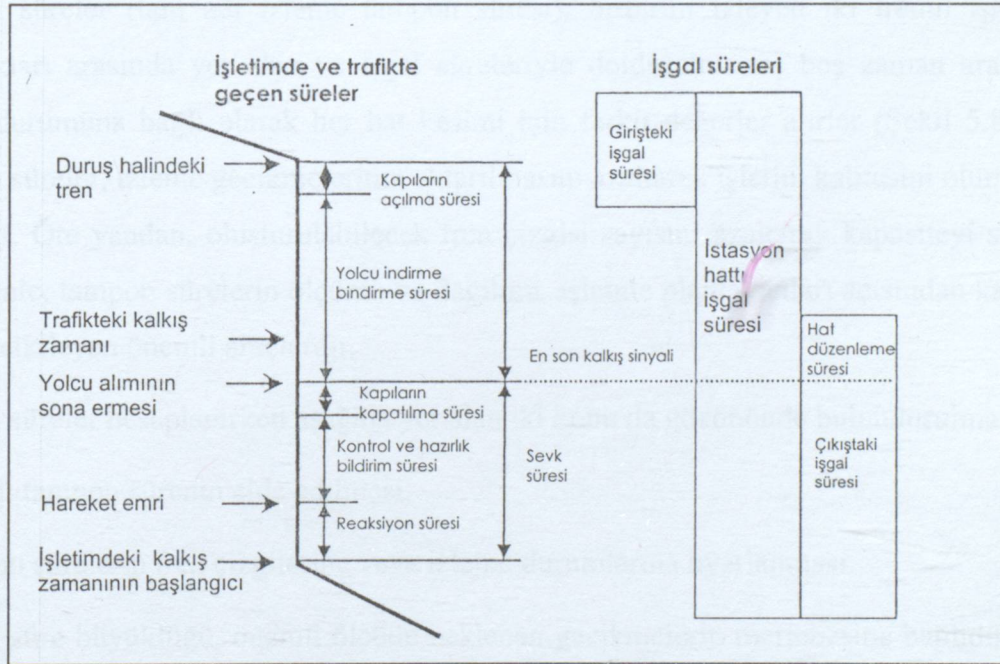
Seyir sürelerine benzer olarak, durma süreleri belirlenirken de planlanan eşgüdüm ve bekleme süreleri kullanılarak uzatmaya gerek duyulabilir. Bunun sonucunda planlanan durma süresinden sapmalar olabilir. Seyir süresinden farklı olarak, varmakta olan bir trenin gecikmesi halinde, gecikmenin giderilmesi için sevk işlemi hızlandırılır ve bu şekilde durma süresi de azaltılmış olur.

5.2.2 Seyirler Arasındaki Süreler

5.2.2.1 İzleme Süreleri

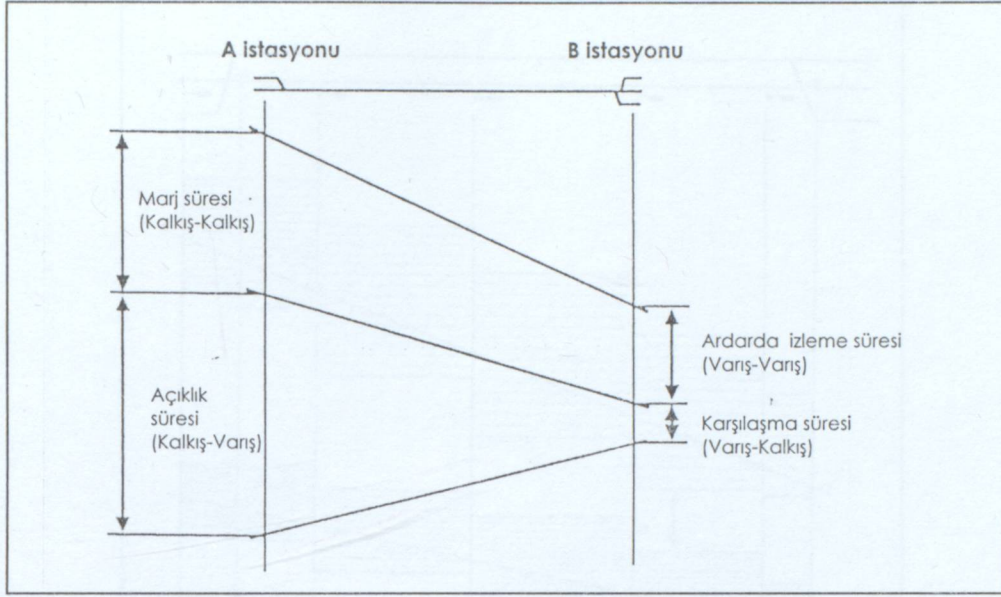
İzleme süresi, belirli bir konumda birbirini izleyen iki tren arasında ölçülen süredir. Mevcut izleme süresine bağlı olarak aşağıdaki izleme süreleri birbirinden ayırtedilmelidir (Şekil 5.7):

- * **Marj süresi:** Aynı hat üzerinde kalkış hareketi yapan iki tren arasındaki izleme süresi (Kalkış-kalkış izleme süresi),
- * **Ardarda izleme süresi:** Aynı hat üzerinde varış hareketi yapan iki tren arasındaki izleme süresi (Varış-varış izleme süresi),
- * **Karşılaşma süresi:** Bir hat üzerinde varış hareketi yapan tren ile, karşı yöndeki hat üzerinde kalkış hareketi yapan diğer bir tren arasındaki izleme süresi (Varış-kalkış izleme süresi),
- * **Açıklık süresi:** Bir hat üzerinde kalkış hareketi yapan tren ile, karşı yöndeki hat üzerinde varış hareketi yapan diğer bir tren arasındaki izleme süresi (Kalkış-varış izleme süresi).



Şekil 5.6 Yolcu trafiği nedeniyle durma süresinin bölümleri

Minimum izleme süresi, işgal sürelerinin hesaplanmasıyla elde edilebilecek en küçük izleme süresidir. İki tren arasındaki minimum izleme süresi, işgal süresi basamaklarının bir hat kesiminde (blok kesimi veya seyir yolu kesimi) temas etmesi halinde oluşur. İki tren arasında minimum izleme süresi bulunması halinde, öncül trenin gecikmesi daima artçıl trene aktarılır. Bu nedenle orer hazırlanırken kullanılan izleme süreleri, minimum izleme sürelerine ek olarak tampon süreler içermelidir.



Şekil 5.7 İzleme sürelerinin türleri

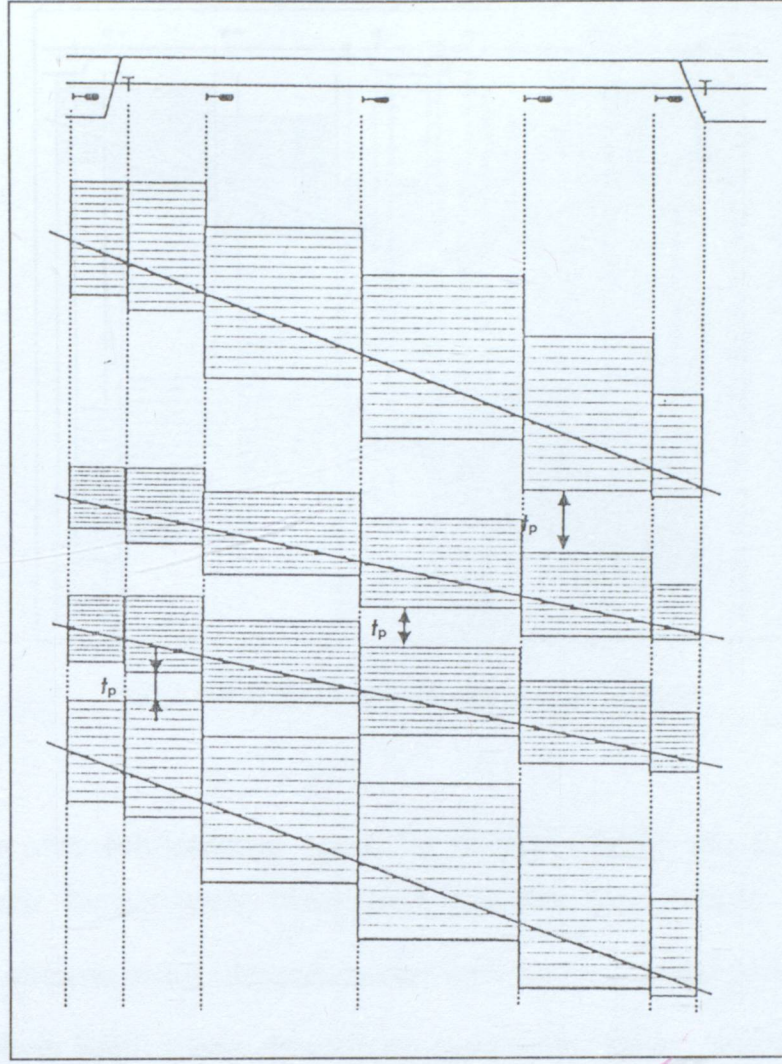
5.2.2.2 Tampon Süre

Tampon süreler (tam adı izleme tampon süresi), birbirini izleyen iki trenin işgal süresi basamakları arasında yer alan ve işgal süreleriyle doldurulmamış boş zaman aralıklarıdır; izleme durumuna bağlı olarak her hat kesimi için farklı değerler alırlar (Şekil 5.8 ve 5.9). Tampon süreler, izleme gecikmelerinin aktarılmasını azaltarak işletim kalitesini olumlu yönde etkilerler. Öte yandan, oluşturulabilecek tren çizgisi sayısını azaltarak kapasiteyi sınırlarlar. Bu nedenle, tampon sürelerin ölçümü ve dağılımı, işletme planlayıcıları açısından kapasite ve kaliteyi etkileyen önemli araçlardır.

Tampon süreler hesaplanırken aşağıda yer alan iki konu da gözönünde bulundurulmalıdır:

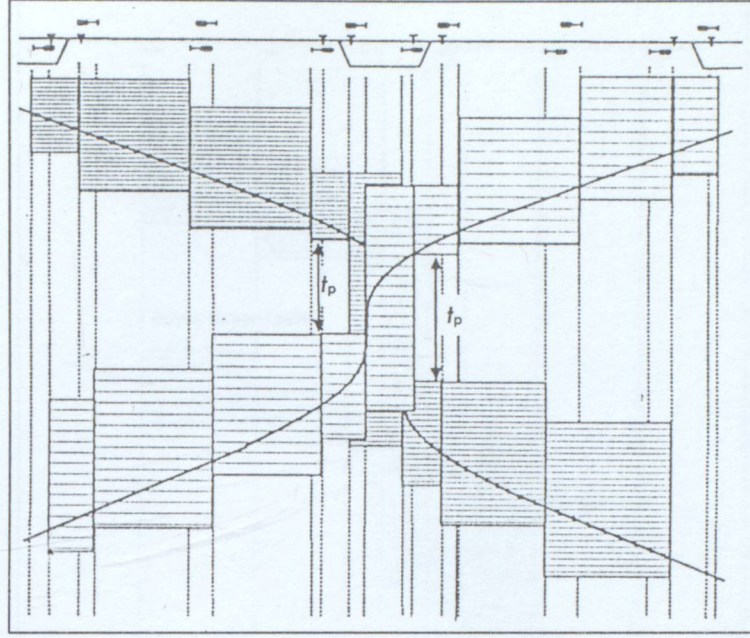
- * Gerekli tampon sürenin elde edilmesi,
- * Tampon sürelerin tren çizgilerine veya izleme durumlarına uyarlanması.

Tampon süre büyüklüğü, önemli ölçüde beklenen gecikmelerin mertebesine bağlıdır. Sistem, güvenilir olduğu ölçüde çalışır; yani, ihtiyaç duyulan tampon süre, planlanan tren çizgilerine uyulduğu oranda azalır, sistemde kullanılacak kapasite de aynı oranda artar. Beklenen gecikmeler bilindiği takdirde, -örneğin son seyir planı periyodunun istatistiksel olarak değerlendirilmesiyle-, hizmet teorisi modelleri kullanılarak (örneğin bekleme süresinin elektronik veri işleme yöntemi olan STRELE (orijinal metinde [DB92]) ile hesaplanmasıyla) izleme sürelerine ilişkin beklenen değerler bulunabilir. Bunun sonucunda, yolcuların kabul edebilecekleri işletim kalitesi ölçü alınarak, gerekli tampon süreler hesaplanabilir.



Şekil 5.8 Tek yönlü işletimde tampon süreler

Tipik karışık işletimli hatlarda, tampon sürelerin ölçülmesi için derin hesaplamalara girmeden, deneyimlerle belirlenen –uzun bir zaman aralığında, kuyruklanmış işgal oranının ortalama 0.5 değerini aşmaması şartına göre- standart bir değer önerilebilir (orijinal metinde [PO80]). Bunun anlamı, uzun bir zaman aralığında, ortalama işgal süresinin yaklaşık olarak minimum izleme süresine yakın olması gerektiğidir. Zirve saatlerde, toplamda telafi edilmek üzere bu değer altına düşülebilir. Ayrıca, imkânlar dahilinde, yüksek trafik akımlı bir hat kesimine işletimi rahatlatan düşük trafik akımlı bir hat bağlandığında, azaltılmış tampon süreler (“Darboğaz Tampon Süre”) kullanılabilir. Bu duruma örnek olarak, birden fazla hattın birleştiği ve trafik akımının zorlandığı büyük düğümler verilebilir.



Şekil 5.9 Çift yönlü işletimde tampon süreler

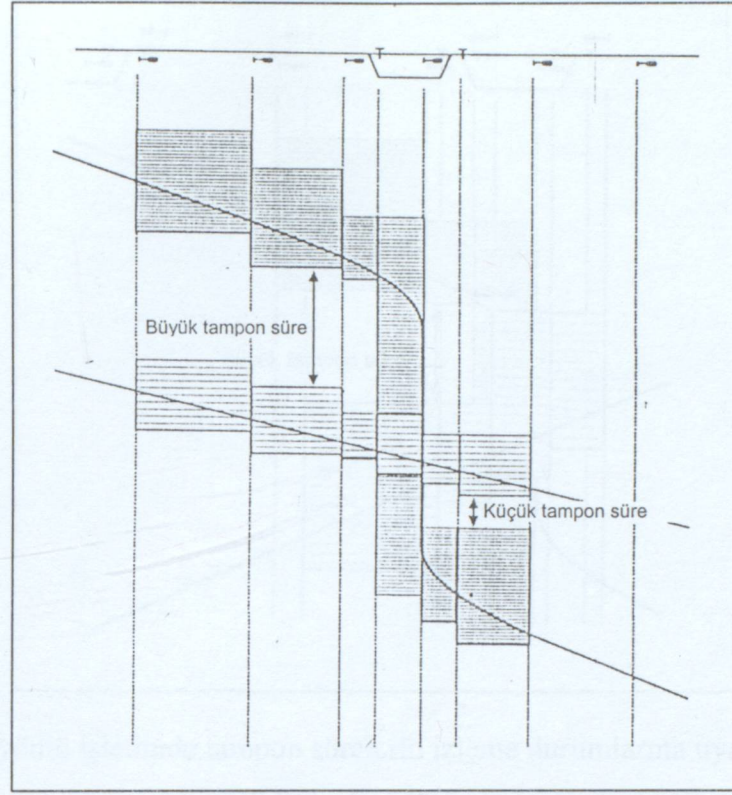
Gerekli tampon süre belirlendikten sonra, bu tampon sürenin izleme durumlarına göre dağıtılması gerekir. Tampon süreler temel olarak iki şekilde düzenlenebilir:

- * Sabit tampon sürelerin belirli izleme durumları veya tren çizgilerine uyarlanması,
- * Tampon sürelerin belirli izleme durumlarına uyarlanması yerine, belirli bir zaman aralığı için toplam tampon sürenin (serbest tren çizgileri halinde) tespit edilmesi.

Sabit tampon sürelerin belirli izleme durumları veya tren çizgilerine uyarlanması, ancak planlanan seyir sırasına uyulabildiği takdirde anlamlıdır. Bu durum, yolcu taşımacılığında ve yoğun yük trafiğinde (lojistik trenleri) geçerlidir. Tampon süreler uyarlanırken aşağıdaki kurallar geçerlidir (orijinal metinde [DB96]):

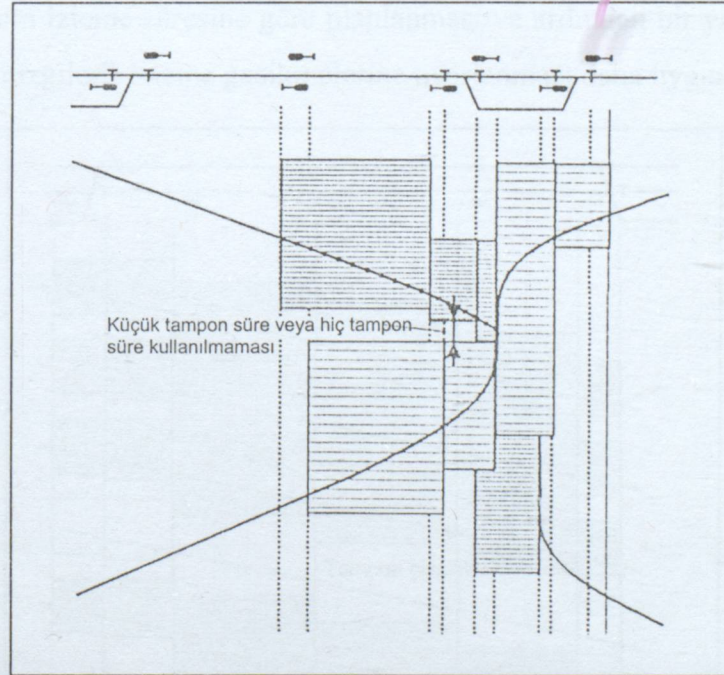
- * Artçıl trenin öne geçmesi halinde büyük tampon süreler,
- * Artçıl trenin öncül trenden oldukça hızlı seyretmesi halinde büyük tampon süreler,
- * Artçıl trenin öncül trenden oldukça yavaş seyretmesi halinde küçük tampon süreler,
- * Artçıl tren kalkış halindeyse küçük tampon süreler veya hiç tampon süre kullanılmaması.

Şekil 5.10, 5.11 ve 5.12’de bu kurallar, öne geçme ve karşılaşma durumlarındaki işgal sürelerine bağlı olarak gösterilmiştir.

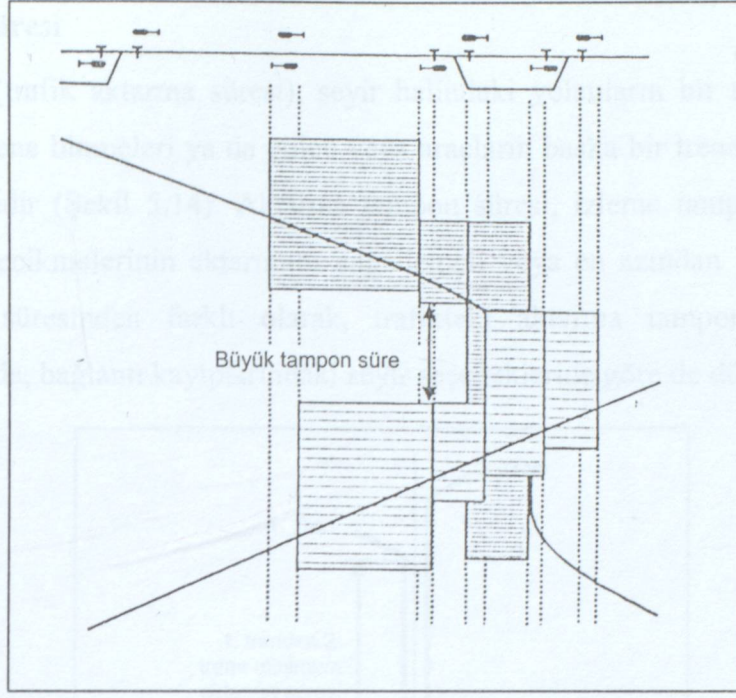


Şekil 5.10 Tek yönlü işletimde tampon sürelerin izleme durumlarına uyarlanması

Çok sayıda kuyruklanmış öne geçme işlemi bulunan tek yönlü hatlarda, izleme gecikmelerinin “birikmesini” önlemek amacıyla, eşit öncelikli trenler arasına birkaç büyük tampon süre yerleştirilmelidir.

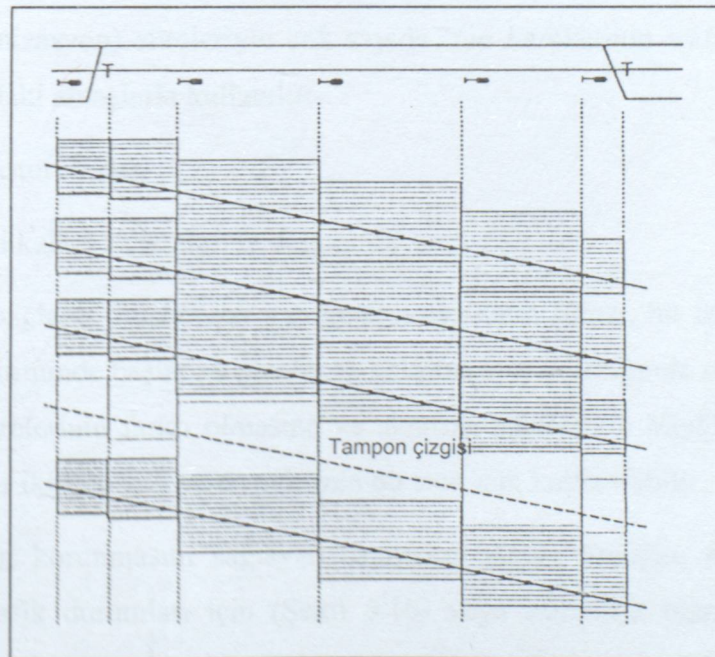


Şekil 5.11 Çift yönlü işletimde tampon sürelerin izleme durumlarına uyarlanması, eşit öncelikli trenlerin karşılaşması



Şekil 5.12 Çift yönlü işletimde tampon sürelerin izleme durumlarına uyarlanması, yüksek öncelikli trenlerin karşılaşması

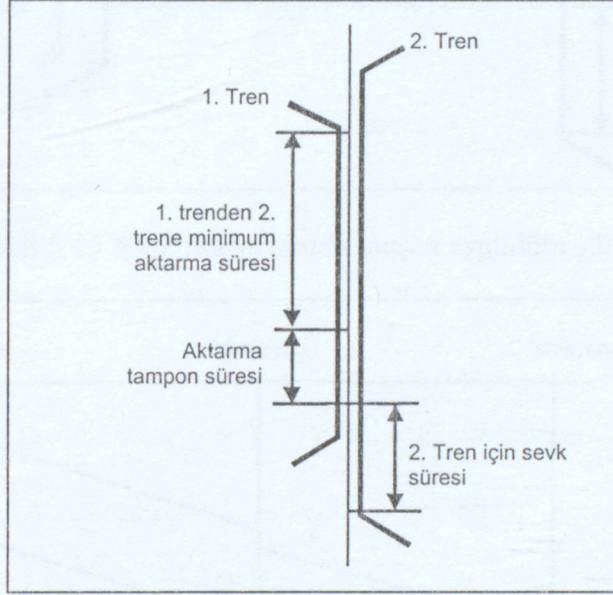
Belirli bir izleme durumu için hesaplanan tampon süre, işletim sırasında planlanan tren sıralamasının değişmesi halinde anlamını kaybeder. Bu durum, genellikle planlanan tren çizgilerinden sapmaların sık sık yaşandığı yük taşımacılığında söz konusudur. Bu nedenle, yük treni dizilerinde, tampon sürelerin her bir yük treni için uyarlanması yerine, tren çizgilerinin minimum izleme süresine göre planlanması ve ardından bir ya da birkaç boş tren çizgisinin (tampon çizgileri) izleme gecikmelerine uyarlanması daha uygundur (Şekil 5.13).



Şekil 5.13 Tampon çizgili tren dizisi

5.2.3 Aktarma Süresi

Aktarma süresi, (trafik aktarma süresi), seyir halindeki yolcuların bir taşıttan/trenden inip başka bir taşıta/trene binmeleri ya da yolcu veya araçların başka bir trene aktarma yapmaları için gereken süredir (Şekil 5.14). Aktarma tampon süresi, izleme tampon süresine benzer şekilde, izleme gecikmelerinin aktarımını engellemeli veya en azından minimize etmelidir. İzleme tampon süresinden farklı olarak, trafikteki aktarma tampon süresi, beklenen gecikmeler yanında, bağlantı kayıplarındaki seyir seçeneklerine göre de düzenlenir.



Şekil 5.14 Aktarma süresi

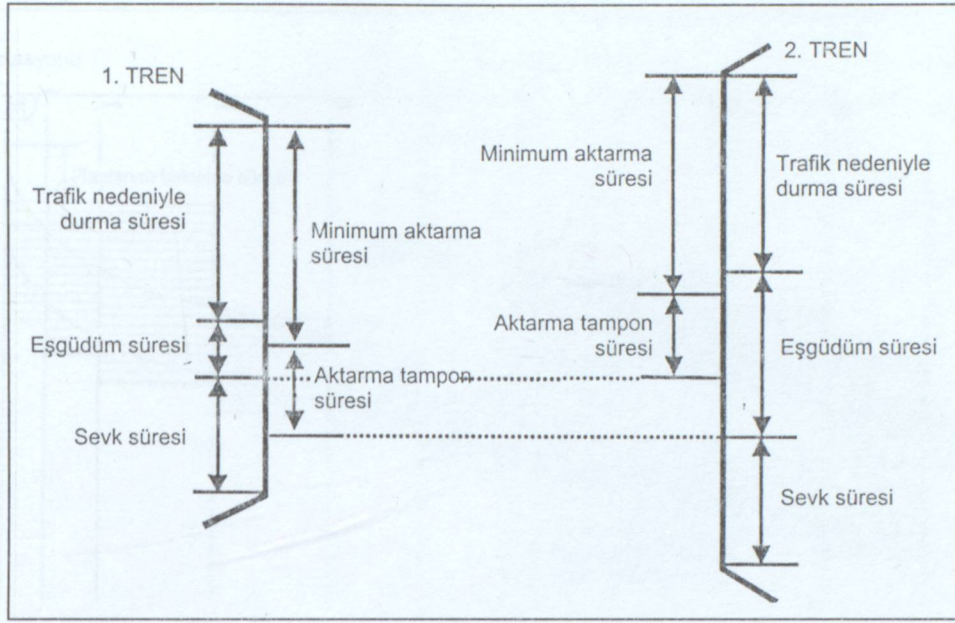
5.2.4 Eşgüdüm (Senkronizasyon) Süresi

Eşgüdüm (senkronizasyon) süreleriyle çok sayıda tren hareketinin trafikte uyumu sağlanır. Planlamada aşağıdaki amaçlarla kullanılır:

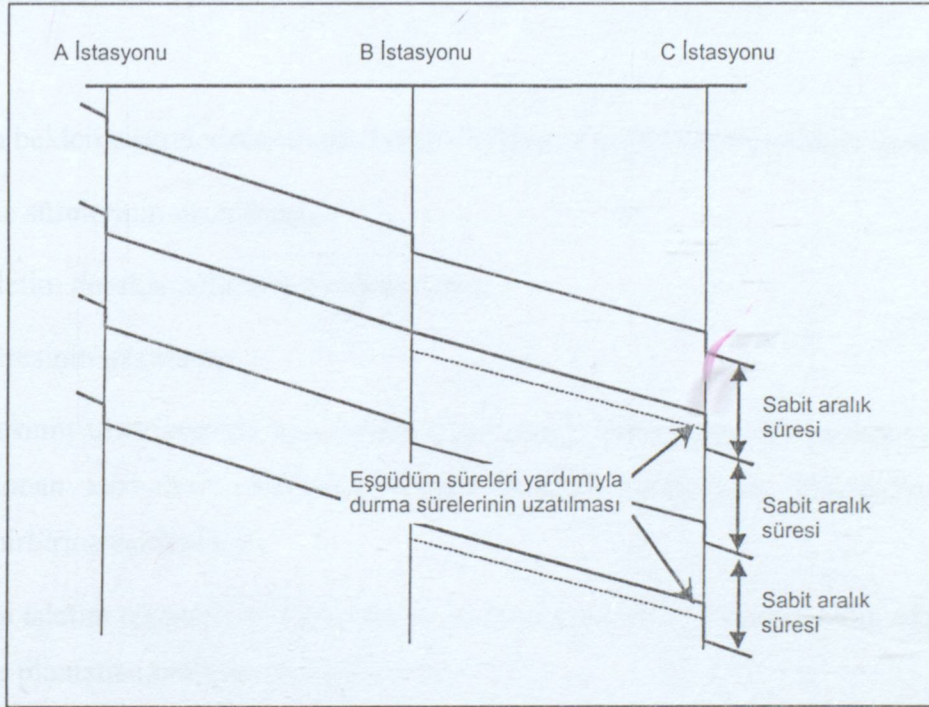
- * Bağlantıların oluşturulması,
- * İstenen sıklıktaki kalkış zamanlarına uygunluk.

İki tren arasında bağlantı oluşturmak için gerekli eşgüdüm süresi, bir trenin trafik nedeniyle durma süresinin bitiminde başlar ve planlanan aktarma süresi bittiğinde sona erer (Şekil 5.15). Trenlerin geliş sürelerinin farklı olmasına ve aktarma sürelerinin büyüklüğüne bağlı olarak eşgüdüm süresi her iki tren için ya da yalnızca bir tren için kullanılabilir.

Belirli bir sıklığın korunmasını sağlayan eşgüdüm süresi, örneğin, sabit aralıklı bir hat üzerinde farklı trafik durumları için (Şekil 5.16) veya asimetrik olan iki sıklığın uyumu gerektiğinde kullanılır (örneğin bir raylı toplu taşıma sisteminde sabit aralıklı iki hattın eşgüdümünde).



Şekil 5.15 Aktarma sırasında oluşan eşgüdüm süreleri

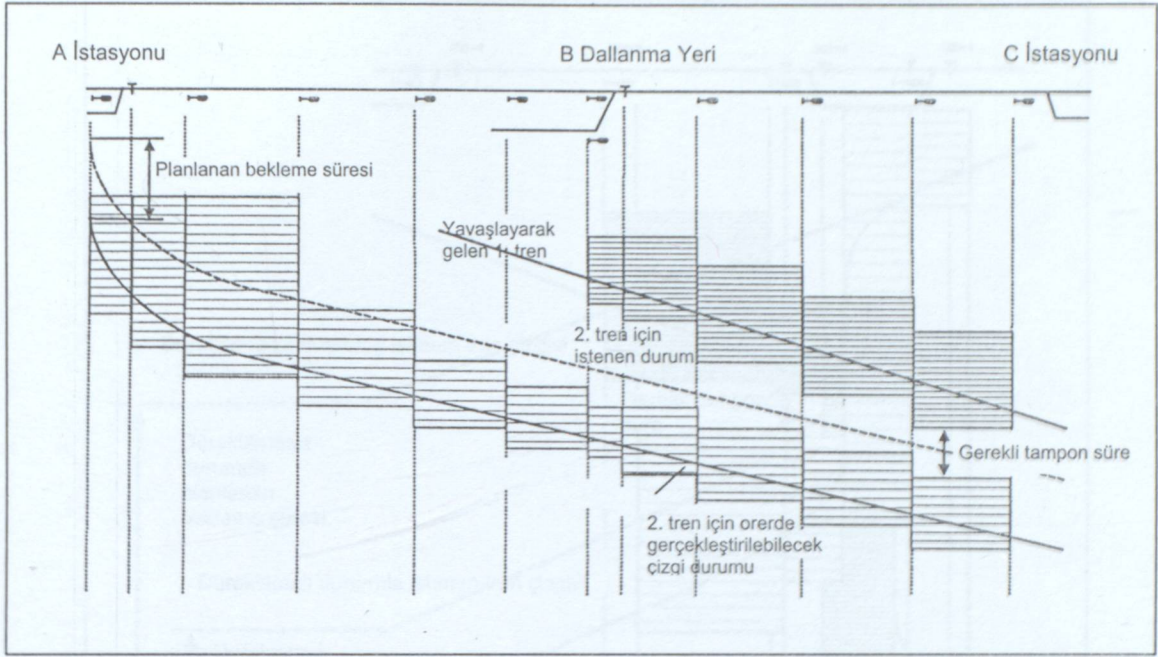


Şekil 5.16 Durma sürelerinde sabit aralık uyumu için kullanılan eşgüdüm süreleri

5.2.5 Planlanan Bekleme Süresi

Planlanan bekleme süreleri, izleme ile belirlenen ve orerde seyir süresine yapılan eklemelerdir. Aşağıdaki durumlarda ortaya çıkar:

- * Engellenme noktaları önündeki bekleme süreleri (Şekil 5.17),
- * Karşılaşma bekleme süreleri (Şekil 5.18),
- * Öne geçme bekleme süreleri (5.19).



Şekil 5.17 Yavaşlayarak gelişte engellenmeyle oluşan planlanan bekleme süresi

Planlanan bekleme sürelerinin orerde hesaba katılması aşağıdaki biçimlerde gerçekleşir:

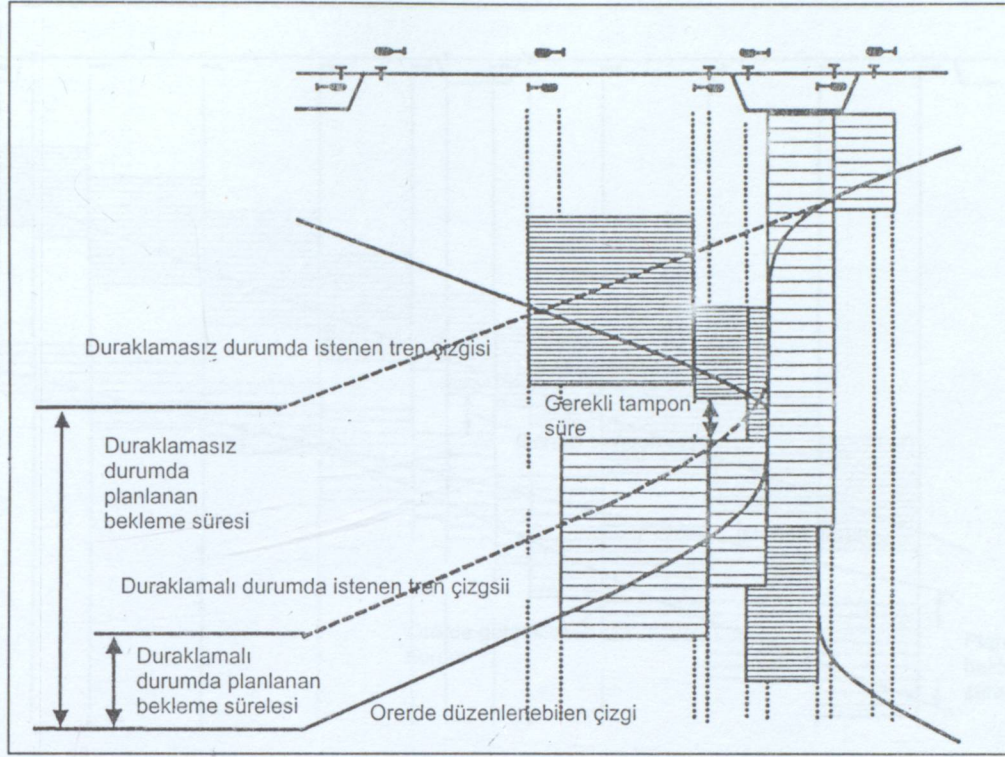
- * Bekleme sürelerinin uzatılması,
- * İlave işletim duraklamalarının çizelgelenmesi,
- * Seyir süresinin uzatılması.

Seyir süresinin uzatılmasıyla elde edilen planlanan bekleme süreleri yardımıyla, aşırı trafik yükü bulunan kesimlerde minimum izleme süreleri kısaltılarak Zaman-Yol çizgilerinin eğimleri birbirine eşitlenebilir.

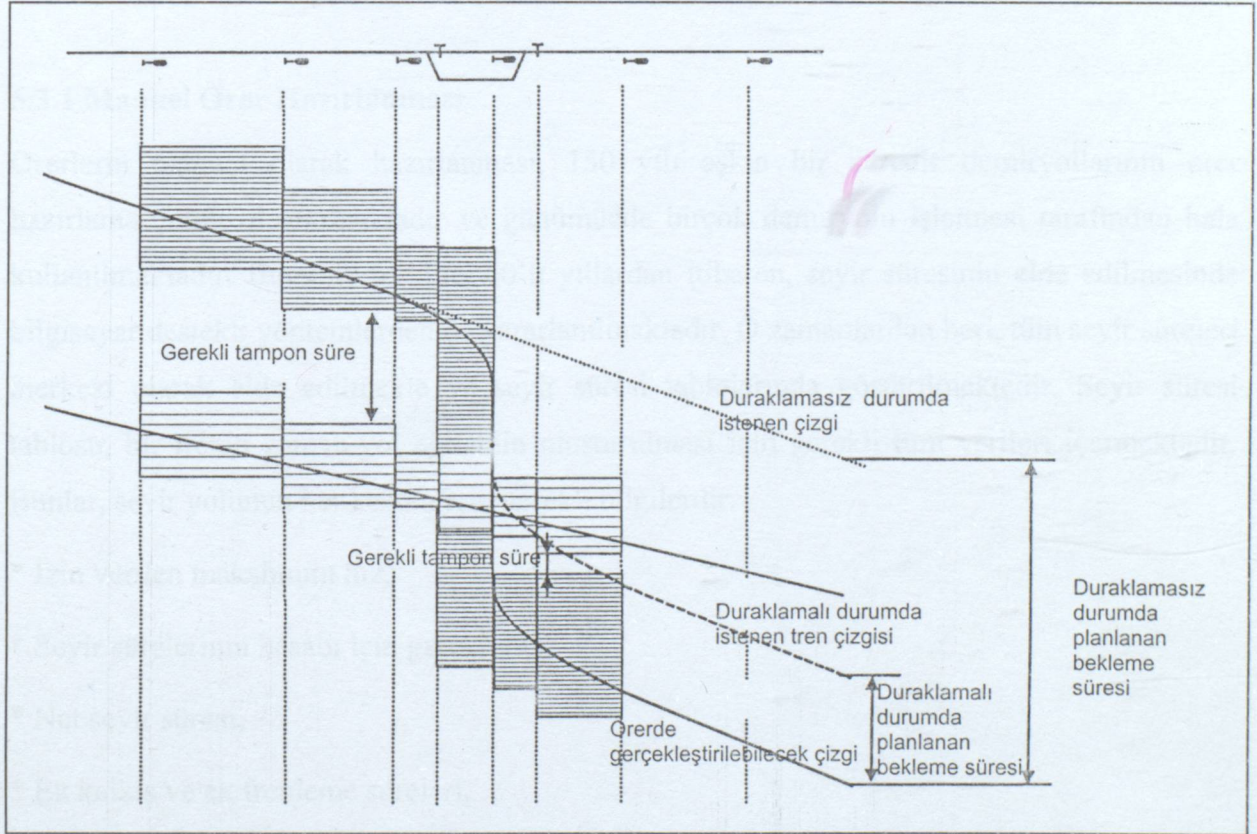
Demiryolu işletim tesislerinin kapasite tahkiki yapılırken, orerdekenden farklı olarak eşgüdüm süreleri de planlanan bekleme sürelerine dahil edilir.

5.3 Orer Hazırlama Yöntemleri

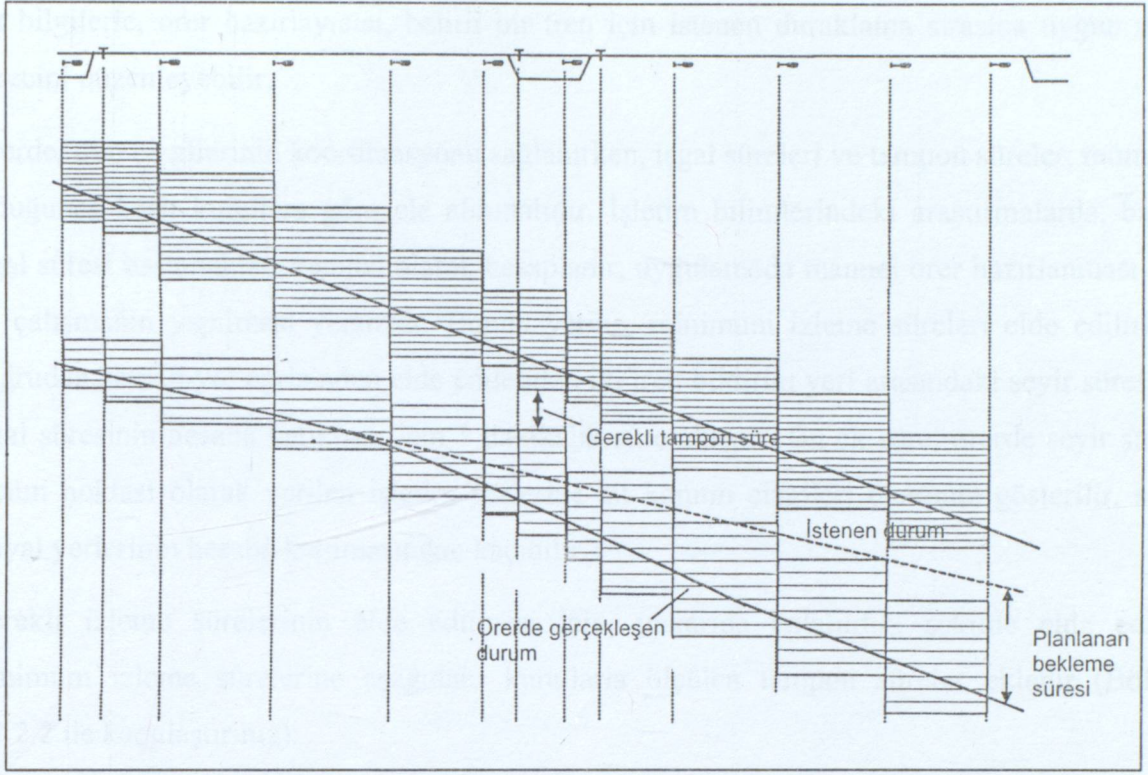
Demiryolu taşımacılığının diğer alanlarında elektronik veri işleme yöntemleri uzun zamandır kullanıldığı halde, bilgisayar destekli orer hazırlama yöntemlerine yeni (90'lı yılların ortalarında) başlanmıştır. Bu gecikmenin sebebi, orer hazırlanırken göz önünde bulundurulması gereken ilişkilerin ve kısıtların son derece karmaşık olmalarıdır; bu ilişkilerin ve kısıtların elektronik veri işleme yöntemiyle hayata geçirilmesi, matematiksel kolaylığı yanında çok fazla çaba gerektirmektedir. Ayrıca büyük demiryolu ağlarında, çok sayıda verinin sürekli işlenmesi ve güncellenmesi (özellikle altyapı verileri) kolay değildir.



Şekil 5.18 Karşılaşmada planlanan bekleme süreleri



Şekil 5.19 Öne geçmede planlanan bekleme süreleri



Şekil 5.20 Çizgi eğimlerinin eşitlenmesi için planlanan bekleme süresi yardımıyla seyir süresinin uzatılması

5.3.1 Manuel Orer Hazırlanması

Orerlerin manuel olarak hazırlanması, 150 yılı aşkın bir süredir demiryollarının orer hazırlama dalını oluşturmaktadır ve günümüzde birçok demiryolu işletmesi tarafından hala kullanılmaktadır. Bununla birlikte, 60'lı yıllardan itibaren, seyir süresinin elde edilmesinde bilgisayar destekli yöntemlerden de yararlanılmaktadır. O zamanlardan beri, tüm seyir süreleri merkezi olarak elde edilmekte ve seyir süresi tablolarında gösterilmektedir. Seyir süresi tablosu, bir trenin zaman-yol eğrisinin oluşturulması için gerekli tüm verileri içermektedir. Bunlar, seyir yolunun her kesimi için gerekli bilgilerdir:

- * İzin verilen maksimum hız,
- * Seyir sürelerinin hesabı için gerekli hız,
- * Net seyir süresi,
- * Ek kalkış ve ek frenleme süreleri,
- * Seyir halinde planlanan seyir süresi (normal ek süre dahil),
- * Duruş halinde planlanan seyir süresi (normal ek süre dahil).

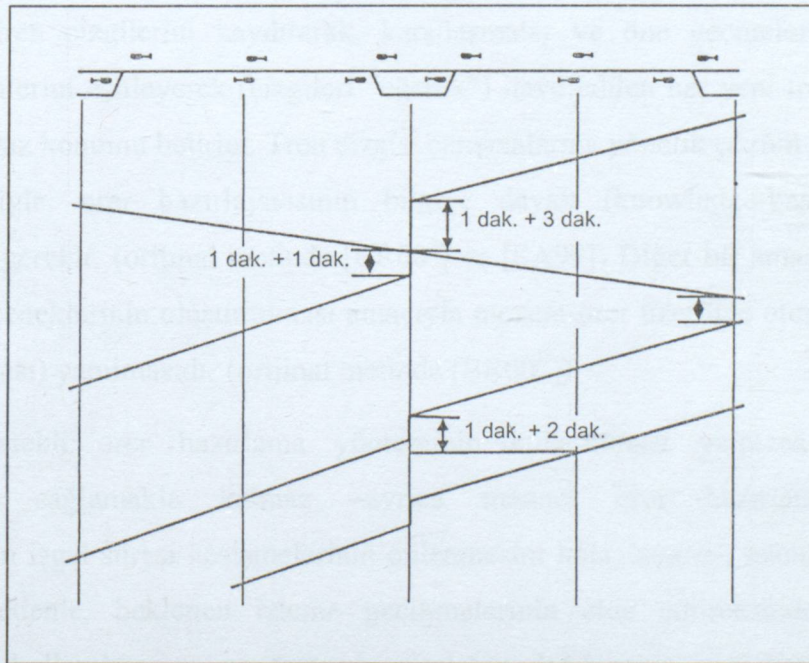
Bu bilgilerle, orer hazırlayıcısı, belirli bir tren için istenen duraklama sırasına uygun seyir sürecini düzenleyebilir.

Orerde, tren çizgilerinin koordinasyonu sağlanırken, işgal süreleri ve tampon süreler, mümkün olduğunca basit kurallara göre ele alınmalıdır. İşletim bilimlerindeki araştırmalarda, bazen işgal süresi basamakları manuel olarak hesaplanır; uygulamada manuel orer hazırlanması için bu çalışmanın yapılması yersizdir. Bunun yerine, minimum izleme süreleri elde edilirken, doğrudan zaman-yol eğrisinden elde edilebilen iki tren bildirim yeri arasındaki seyir süresine, işgal süresinin hesaba katılması için 1 dakikalık süre eklenir. Bu ek süre, orerde seyir süresi ölçüm noktası olarak verilen işletim yerlerine ait konum çizgileri üzerinde gösterilir, sabit sinyal yerlerinin hesaba katılmasından kaçınılır.

Gerekli izleme sürelerinin elde edilmesi için, yukarıda anlatıldığı şekilde elde edilen minimum izleme sürelerine aşağıdaki kurallarla ölçülen tampon süreler eklenir (Bölüm 5.2.2.2 ile karşılaştırınız):

- Birinci trenin önceliği ikincinin önceliğinden büyükse, 1 dakika,
- Her iki tren de aynı önceliğe sahipse, 2 dakika.
- İkinci trenin önceliği birincinin önceliğinden büyükse, 3 dakika.

Şekil 5.21’de örnek izleme durumlarından yararlanılarak bu kurallar gösterilmiştir. Darboğaz kesimlerinde tampon süreler 1 dakikaya düşürülebilir (darboğaz tampon süreler).



Şekil 5.21 Manuel orer hazırlama prensibi

Karmaşık hat ilişkileri olan büyük düğümlerde seyir süresine 1 dakika ekleyerek hesaba katılan işgal sürelerinin kullanılması pek pratik değildir. Gerçek işgal süreleri, bazı durumlarda bu değerin çok üstünde çıkabilir. Bu sebeplerden dolayı, büyük düğümlerde tek tek izleme durumlarına ait minimum izleme süreleri için tablolar oluşturulur. Bu değerler daha sonra orer hazırlayıcısı tarafından orer veya tren bildirim yerlerinin seyir planı oluşturulurken kullanılır. Bu tür taslakların oluşturulmasında kullanılacak minimum izleme süreleri, bir sonraki orer hazırlama periyodunda kullanılmak üzere işletim sırasında yapılan lokal ölçümlerden veya sinyal kabini (kontrol kabini) görevlilerinin işletim deneyimlerine dayalı ampirik değerlerden elde edilir.

Seyir grafiği oluşturulurken ilk olarak sıklığı yüksek, seyir yolu uzun ve sabit aralıklı trenlerin çizgileri planlanır; seyir yolunun uzunluğu zorunlu noktaların sayısını arttırdığından, trenin serbestlik derecesini azaltır. Daha sonra bölgesel saatlik seferler (trenler) ilave edilir. Bunu, özel seyir planı olan diğer trenler (ağırlıklı olarak yük trenleri) izler.

5.3.2 Bilgisayar Destekli Orer Hazırlanması

Bilgisayar destekli orer hazırlanmasının çekirdeğini, ilave edilen her tren çizgisi için işgal süresi basamaklarının hesaplanması oluşturur. Eklenen her yeni tren çizgisiyle, ilk olarak istenen güzergaha ait zaman-yol eğrisi ve ilgili işgal süresi basamağı hesaplanır, ardından bunlar orer hazırlayıcısının ekranında görüntülenir. Çizelgelenen trenlerin tren çizgilerinin çatışması, işgal sürelerinin kesişmesinden (örtüşmesinden) kaynaklanır (Şekil 5.22). Orer hazırlayıcısı, tren çizgilerini kaydırarak, karşılaşmalar ve öne geçmeler ekleyerek veya çizgilerin eğimlerini eşitleyerek (çizgileri “eğerek”) ilave edilen her yeni tren çizgisi için en uygun çatışmasız konumu belirler. Tren çizgisi çatışmalarına yönelik çözüm seçeneklerinin az olması nedeniyle, orer hazırlayıcısının bilgiye dayalı (knowledge-based) yöntemlerle desteklenmesi gerekir. (orijinal metinde [BR00^I] ve [SA99]) Diğer bir amaç da, kısa vadede tren çizgisi seçeneklerinin oluşturulması amacıyla mevcut orer üzerinde otomatik tren çizgisi taraması (araması) yapılmasıdır (orijinal metinde [BR00^{II}]).

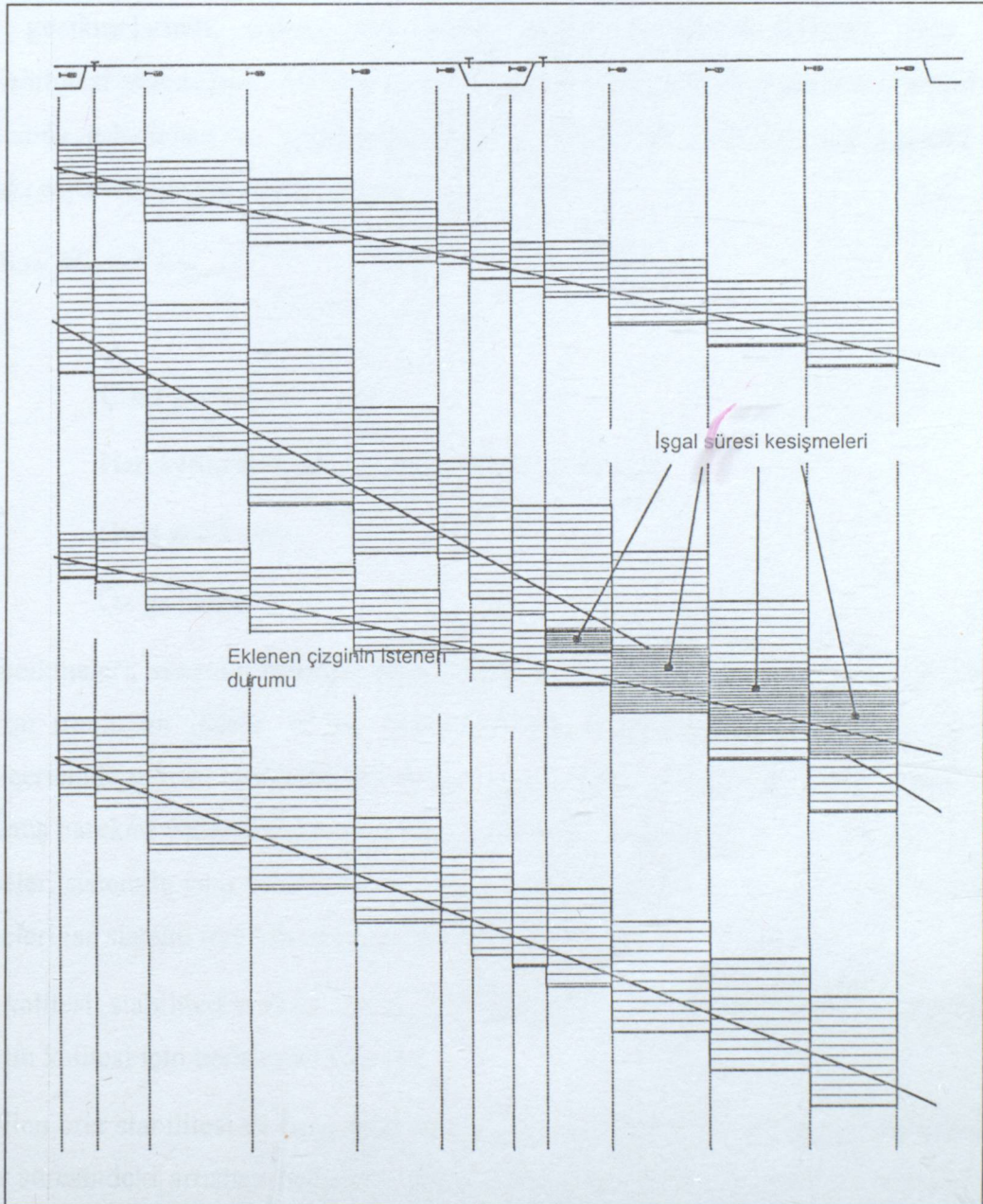
Bilgisayar destekli orer hazırlama yönteminin kullanılması yalnızca kapsamlı orer hazırlanmasını sağlamakla kalmaz –ayrıca manuel orer hazırlanırken tamamen engellenemeyen işgal süresi kesişmelerinin önlenmesini kolaylaştırır–, manuel orer kalitesini artırır. Bu nedenle, beklenen izleme gecikmelerinin elde edilmesinde hizmet teorisi yöntemlerinin kullanılmasını ve tampon sürelerin dağılımının optimizasyonunu sağlar. Manuel orerde belirli bir izleme yapısına ait kesin tampon süreler belirlenirken, bilgisayarla

hazırlanan orerdeki tampon sürelerin dağılımı, beklenen minimum izleme gecikmesi elde edilinceye kadar değiştirilebilmektedir.

5.4 Orer Kalitesi ve Orer Kapasitesi

Orer kalitesi üç karakteristikle ifade edilmektedir:

- * Planlama kalitesi,
- * Orer stabilitesi,
- * İşletim kalitesi.



Şekil 5.22 İşgal süresi kesişimleri nedeniyle oluşan tren çizgisi çatışmalarının gösterilişi

Planlama kalitesi, orerin, –tren sayısı, tren çizgileriyle ilgili zamanlama ve gerçekleşen seyir süresi bakımından- müşteri taleplerini (raylı sistem müşterisi) yerine getirebilme derecesini ifade eder. Planlama kalitesi için önemli bir diğer ölçüt de, seyir süresi içindeki planlanan bekleme süreleridir. Müşterilere sunulan planlama kalitesi, altyapının verimli kullanımıyla artan hat maliyeti için belirleyici bir unsurdur; seyir süresinin içerdiği planlanan bekleme sürelerinin miktarı, bir tren çizgisinin maliyetini artırabilir veya azaltabilir.

Planlama kalitesi, seyir planının “netliğine” bağlıdır. Kalite kavramı, hazırlanan seyir planı aracılığıyla müşteriye vaadedilen hizmetin ne derece gerçekleştirildiğini açıklamaz. Bunun için orerin kararlılığı/stabilitesi araştırılmalıdır.

Stabilite, bir orerin “kararlılığı”dır; yani giriş gecikmeleri ile öz gecikmelerden kaynaklanan izleme gecikmelerinin, zaman ve konum olarak sınırlandırılabilmesi veya ortadan kaldırılabilmesi yeteneğidir. Bir orerin stabil olarak nitelendirilebilmesi için, kararlı işletim koşullarında (planlanan ve gerçekleşen orerin uzunca bir süre birbirine uyumlu olması) aşağıdaki eşitsizliğin sağlanması gerekir:

$$t_{v,aus} + t_{v,an} \leq t_{v,ein} + t_{v,ur} \quad (5.1)$$

Burada:

$t_{v,aus}$	Çıkış gecikmesi
$t_{v,an}$	Hareketini tamamlayan trenin varış gecikmesi
$t_{v,ein}$	Giriş gecikmesi
$t_{v,ur}$	Öz gecikme

Giriş gecikmeleri, sisteme dışardan etkiyen gecikmelerin tümüdür. Varış gecikmeleri, genel olarak bir trenin bir işletim yerine varışı sırasında ölçülen gecikmelerdir. 5.1 eşitliğinde, sistem içerisinde seyrini tamamlayan trenlerin aktarmasız varış gecikmeleri kastedilmektedir. Geri dönüş hareketi yapan trenler veya diğer aktarmalar, devam eden trenlerle birleştirilir. Öz gecikmeler, sistemde yeni ortaya çıkan (izleme gecikmesi olmayan!) ilk gecikmelerdir. Çıkış gecikmeleri ise sistemi terkeden trenlere ait tüm gecikmelerdir.

İşletim kalitesi, stabiliteden farklı olarak, işletim sırasında belirlenen kalitedir. Orer stabilitesi ise işletim kalitesi için belirleyici koşuldur.

Elde edilen orer stabilitesi ve buna bağlı olarak işletim kalitesi, büyük ölçüde tampon sürelerle ve seyir süresindeki artışlara bağlıdır. Sözü edilen bu sürelerin arttırılması, oluşturulabilecek tren çizgisi sayısını ve müşterinin seyahat süresinin kısalması yönündeki talebini olumsuz

etkiler. Bir orerin stabilitesinin yüksek olması, müşteri yararına olduğu anlamına gelmez. Öte yandan, düşük stabiliteli bir orer, kullanılabilir tren çizgisi sayısını sınırlayacağından, işletim kalitesinden memnun olmayan müşterilerin sistemi kullanmaktan vazgeçmelerine neden olur. Bu nedenle, tren çizgisi yönetiminde, orer stabilitesi ile müşteri talebini etkileyen planlama kalitesi arasında ekonomik açıdan en uygun çözüm tercih edilmelidir.

Orer kalitesi, orer performansı ile yakından ilişkilidir. Bunun için en önemli ölçüt, daha önce de tanımlanan orer kapasitesidir. Orer kapasitesinden yararlanma derecesi, gerçekleşen talep performansının (orer performansı) orer kapasitesine oranıdır. Orer performansı daima optimum performans aralığında bulunmalıdır.

Orer kapasitesi, altyapı parametreleri yanında, önemli ölçüde orer yapısına da bağlıdır. Tren izlemelerinin uyumu arttıkça, hız azaltmalarından kaynaklanan kullanılamayan zaman boşlukları da o ölçüde azalacaktır. Orer yapısının bir ölçütü de, bir blok kesimine ait ortalama işgal oranının kuyruklanmış işgal oranıyla ilişkisidir (orijinal metinde [DB96]). Orer yapısının uyumluluğu arttıkça bu oran 1'e yaklaşmaktadır. Sabit blok kesimi olmayan izleme yapısının kullanılması halinde, blok kesimine ait işgal oranı yukarıdaki şekilde belirlenmemektedir.

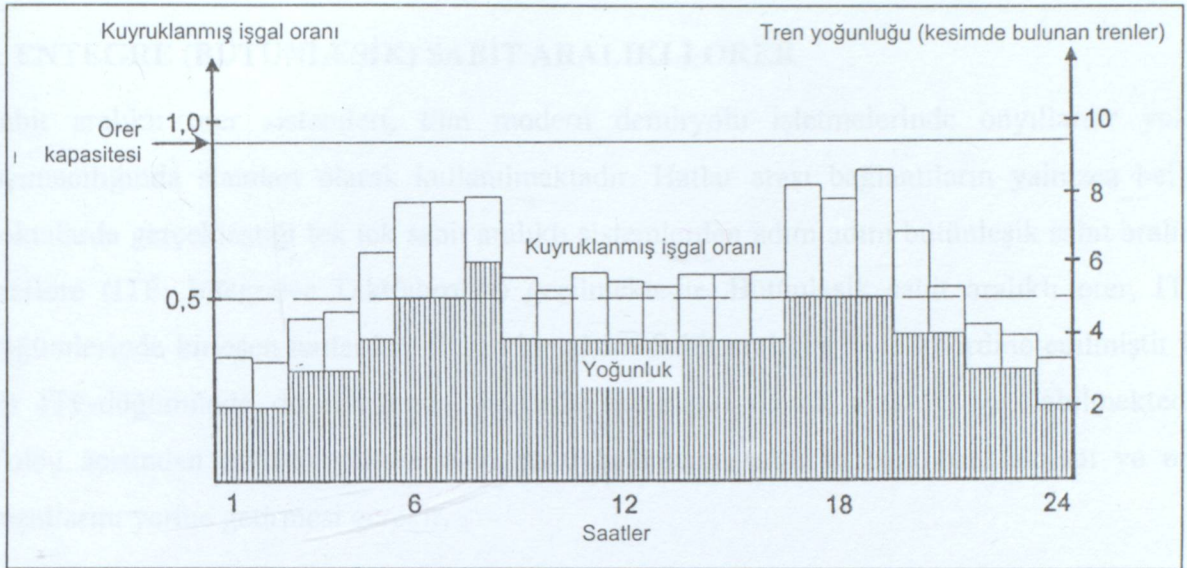
İki trenin izleme yapısına ait işgal süresi, gerekli izleme aralığına uygun hıza göre hesaplanabilmektedir. Bu nedenle, ortalama işgal oranı sadece zamandan değil, konumdan (hattan) yararlanma derecesi olarak da yorumlanabilir (orijinal metinde [HE92]):

$$\eta = \frac{\sum t_{sp}}{t_U} = \frac{l_{zf,m} \cdot n_z}{L} \quad (5.2)$$

Burada:

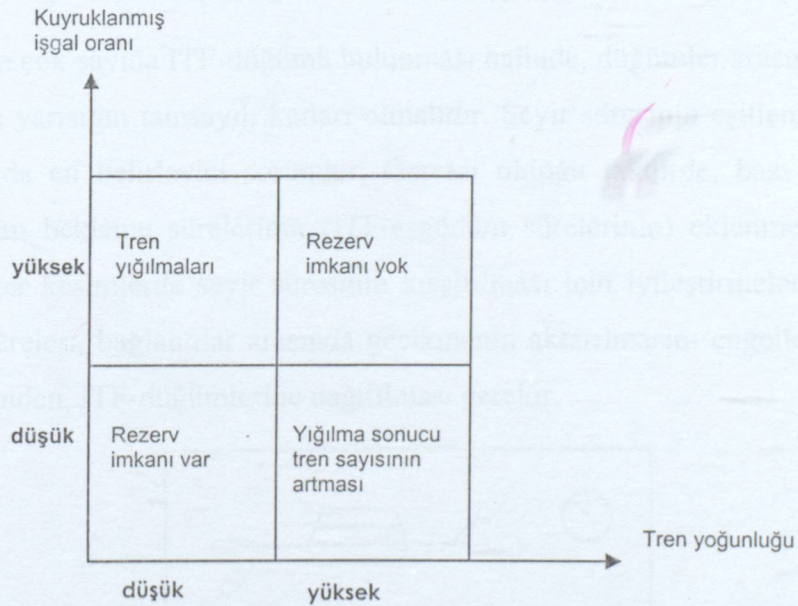
η	Ortalama işgal oranı
t_{sp}	İşgal süresi
t_U	Ele alınan zaman aralığı
$l_{zf,m}$	Gerekli ortalama izleme aralığı
L	Hat kesiminin uzunluğu
n_z	Aynı anda hat kesiminde bulunan tren sayısı

Bir hat kesiminde aynı anda bulunan tren sayısı, tren yoğunluğu olarak tanımlanır. Bir orerdeki tren yoğunluğu kolayca belirlenebilmekte ve günlük trafik dağılım eğrisi şeklinde kuyruklanmış işgal oranıyla karşılaştırılabilmektedir (Şekil 5.23).



Şekil 5.23 Bir hat kesimindeki tren yoğunluğu ve kuyruklanmış işgal oranının karşılaştırılması

Bu sayede, ortalama işgal oranı bilinmeksizin, Şekil 5.24'teki dört bölge grafikten yararlanarak, orer yapısı hakkında tahmini değerlendirme yapmak mümkündür (orijinal metinde [DB96]).



Şekil 5.24 Orer yapısının değerlendirilmesinde kullanılan dört bölge grafik

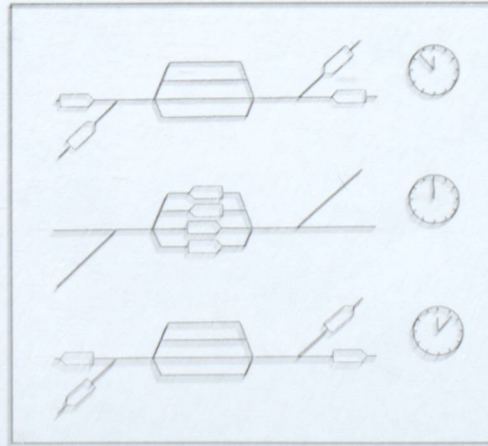
6. ENTEGRE (BÜTÜNLEŞİK) SABİT ARALIKLI ORER

Sabit aralıklı orer sistemleri, tüm modern demiryolu işletmelerinde onyıllardır yolcu taşımacılığında standart olarak kullanılmaktadır. Hatlar arası bağlantıların yalnızca belirli noktalarda gerçekleştiği tek tek sabit aralıklı sistemlerden adım adım bütünleşik sabit aralıklı orerlere (ITF: Integraler Taktfahrplan) geçilmektedir. Bütünleşik sabit aralıklı orer, ITF-düğümünde birleşen hatlardan oluşan bir ağıdır. Sabit aralıklar öyle koordine edilmiştir ki, bir ITF-düğümünde durulduğunda, hatlarda eşzamanlı olarak aktarma yapılabilir. Yolcu açısından faydası yüksek olan bu uygulamanın tabii ki bazı özel altyapı ve orer koşullarını yerine getirmesi gerekir.

6.1 ITF Kavramı

Birbirine bağlı hatlarda bulunan trenler, ITF-sistem zamanından kısa bir süre önce ITF-düğümüne gelirler; bütün trenler arasında, düğümü terk etmeye yetecek kadar aktarma süresi bulunur (Şekil 6.1) Genelde ITF-sistem zamanı olarak tam veya buçuklu saatler tercih edilir. Tüm trenlerin eşzamanlı kalkış ve varışını gerçekleştirmek nadiren mümkün olduğundan, aktarma bağlantıları oluşturulurken genellikle uzun eşgüdüm süreleri gereklidir.

Bir hat üzerinde çok sayıda ITF-düğümü bulunması halinde, düğümler arasındaki seyir süresi, aralık süresinin yarısının tamsayı katları olmalıdır. Seyir süresinin eşitlenmesi, ITF'e geçiş yapılan altyapıda en belirleyici sorundur. Gerekli olduğu takdirde, bazı kesimlerde seyir süresi, planlanan bekleme sürelerinin (ITF-eşgüdüm sürelerinin) eklenmesiyle suni olarak uzatılırken, diğer kesimlerde seyir süresinin kısaltılması için iyileştirmeler önlemleri alınır. Bu eşgüdüm süreleri, bağlantılar arasında gecikmenin aktarılmasını engelleyen tampon süre görevi gördüğünden, ITF-düğümüne dağıtılması gerekir.



Şekil 6.1 Bütünleşik sabit aralıklı orerlerin temel prensibi

6.2 Gerekli Altyapı Özellikleri

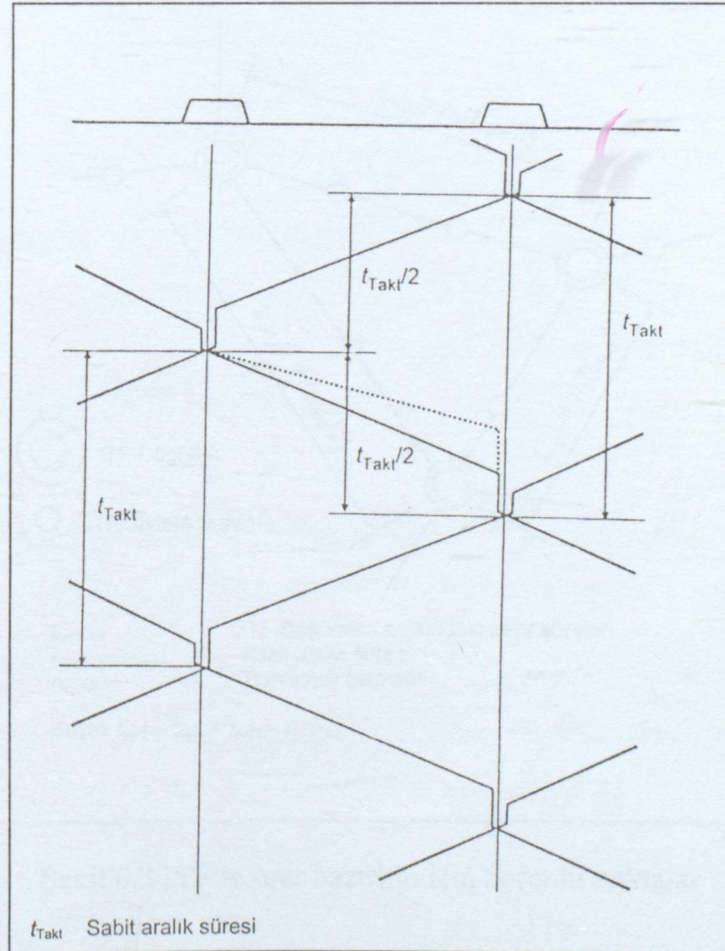
Altyapının orerle sıkı sıkıya bağlı olması nedeniyle, ITF'e yönelik altyapı çalışmalarında, işletim bilimlerinde kullanılan hesap modelleri pek uygun değildir. Gerekli altyapı düzenlemesi bu nedenle yalnızca orer çalışmalarıyla belirlenebilmektedir.

ITF'te altyapı düzenlemesi;

- Altyapı organizasyonunun ITF-düğümündeki hat kullanımına bağlı olması,
- Tek hatlı demiryollarında sabit aralıklı tren çizgilerinin kesişmesinden kaynaklanan sabit noktaların bulunması

nedeniyle özel koşullar gerektirmektedir.

ITF-düğümü için gerekli hat sayısı doğrudan birbiriyle ilişkili seferlerin sayısından elde edilebilmektedir. Bir istasyon hattının uzun olmayan iki tren (örneğin yakın mesafe trenleri) tarafından aynı anda kullanılmasıyla belirli tasarruflar elde edilebilir. Buna karşın, bir ITF-düğümünün altyapısı hiçbir zaman tamamen yüklenemez; bunun nedeni, tesislerin, çok kısa zaman aralıklarında, sistem duraklamalarının tamamlanması için kullanılmasıdır.

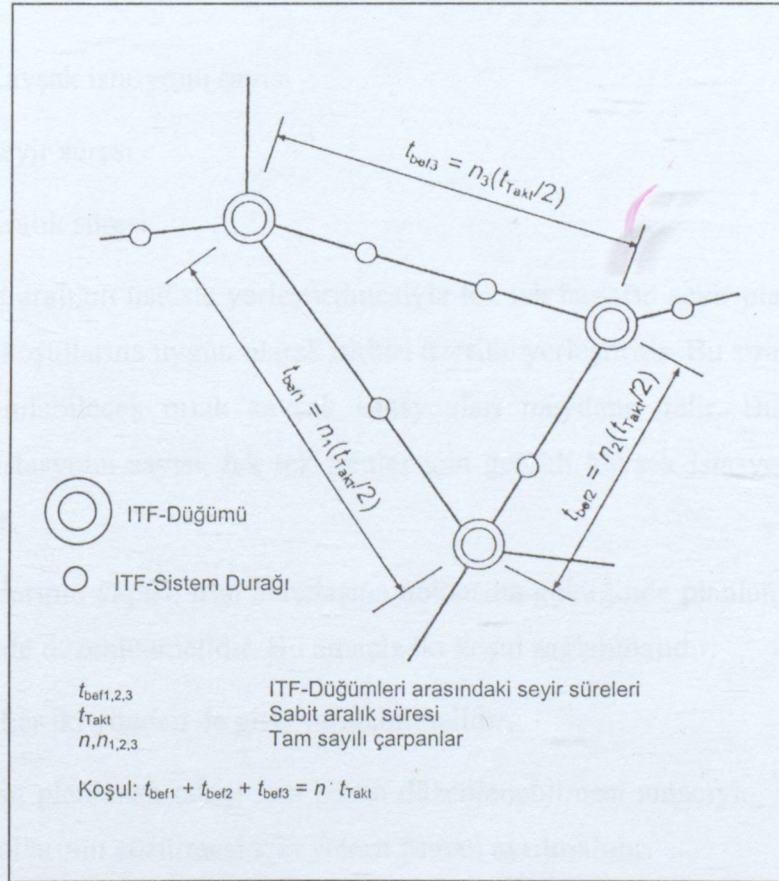


Şekil 6.2 Tek hatlı işletimde sabit aralıklı orer için zorunlu noktalar

Tek hatlı işletimde, sabit aralıklı işleme geçilmesiyle -henüz bir ITF yoksa- aynı yönde iki tren arasına zıt yönden gelen bir tren yerleştirilmesi gerektiği için, iki kavşak istasyonu arasında, her tren için aralığın yarısına karşılık gelen bir süreye ihtiyaç duyulur (Şekil 6.2).

İki kavşak istasyonu arasında daha kısa bir seyir süresi söz konusu olması halinde, bu karşılaşmaların planlanan bekleme süreleriyle suni olarak uzatılması gerekir. Bunun sonucunda, sabit aralıklı seyir düzenine geçilmesiyle tek hatlı demiryollarında planlanan seyir sürelerinin uzadığı söylenebilir.

Buna benzer bir ilişki çift hatlı demiryolları için de -ancak yalnızca ITF-düğümü arasındaki seyir süresi için- geçerlidir. Birbiriyle ilişkili trenlerin aynı anda ITF-düğümünde bulunması koşulundan dolayı, her iki yönde trafik nedeniyle durmalar aynı anda gerçekleşir. Bunun sonucunda, ITF-düğümündeki duraklamalar, zıt yönlü treni bekleme zorunluluğundan dolayı, tek hatlı demiryollarındaki karşılaşmada durmalar gibidir. Bu nedenle, çift hatlı demiryollarında iki ITF-düğümü arasında yarım aralık süresinin tamsayılı katları olan bir seyir süresi (sınır süre) uygulanmalıdır (orijinal metinde [LI91]).



Şekil 6.3 ITF'te orer hazırlığı için zorunlu noktalar

Kapalı bir ağda çok sayıda ITF-düğümü bulunması halinde, orer oluşturulurken özel zorunlu noktalar meydana gelir (Şekil 6.3). Bu nedenle, ITF-düğümleri arasındaki seyir süresinin yarım aralık süresinin tamsayı katları olması koşuluna ek olarak, kapalı bir ağdaki ("tam devirli seyir") toplam seyir süresinin aralığın tamsayı katları olması sınır koşulu da sağlanmalıdır.

6.2.1 Sabit Aralık İçin Hat Altyapısı

ITF için gerekli altyapıdan verimli bir trafik akışı için, sabit aralık yapısı kullanılmalıdır. Sabit aralıklı karşılaşmalar için gerekli kavşak istasyonları, doğrudan, bir trenin iki karşılaşma arasında geçirdiği sürenin sabit aralığın yarısı olması koşulundan yararlanılarak düzenlenebilir. Bu şekilde, bir hat üzerinde iki ITF-düğümü arasında gerekli kavşak istasyonu sayısı aşağıdaki bağıntıdan elde edilebilir:

$$n_{Kbf} \geq \frac{2 \cdot t_{bef}}{t_{Takt}} - 1 \quad (6.1)$$

Burada:

n_{Kbf}	Kavşak istasyonu sayısı
t_{bef}	Seyir süresi
t_{Takt}	Aralık süresi

Çok sayıda sabit aralığın üstüste yerleştirilmesiyle tek tek hatların seyir planları hazırlanır ve gerekli bağlantı koşullarına uygun olarak birbiri üzerine yerleştirilir. Bu sırada birden çok tren tarafından kullanılacak ortak kavşak istasyonları meydana gelir. Bu nedenle, gerekli toplam kavşak istasyonu sayısı, tek tek trenler için gerekli kavşak istasyonları toplamından daha küçük çıkar.

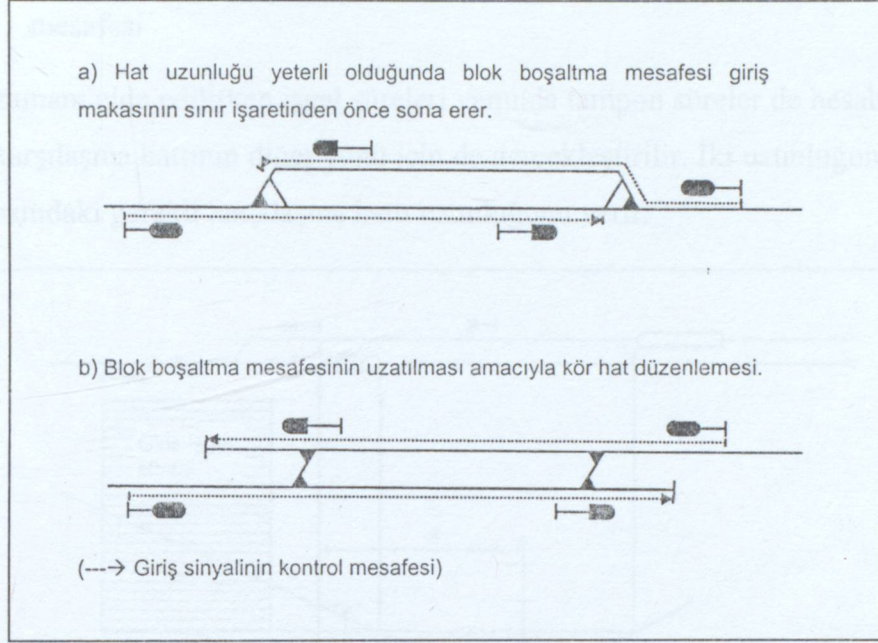
Kavşak istasyonlarının yapısı, tren karşılaşma noktasına geldiğinde planlanan bekleme süresi sıfır olacak şekilde düzenlenmelidir. Bu amaçla iki koşul sağlanmalıdır:

* Teknik olarak her iki yönden de giriş yapılabilmelidir.

* Zıt yönlü trenin planlanan çıkışı için hattın düzenlenebilmesi amacıyla, istasyonun her iki ucundaki giriş yollarının çözülmesi için yeterli zaman ayrılmalıdır.

Aynı anda giriş yapılabilmesi amacıyla, istasyon hatları, blok boşaltma mesafesi giriş makasının sınır işaretinden önce bitecek şekilde ve çıkış sinyalinin düzenlenmesine yetecek

uzunlukta olmalıdır; bunun mümkün olmadığı durumlarda kör hat yardımıyla blok boşaltma mesafesi uzatılmalıdır.



Şekil 6.4 Kavşak istasyonlarına aynı anda giriş yapılabilmesi için gerekli düzenlemeler

İlave planlanan bekleme sürelerinden kaçınılması amacıyla, sabit aralık kavşağı bir durakla birleştirilir. Bu mümkün olmadığında, kavşak istasyonu yerine duraklamayı gerektirmeyen ve “hareketli karşılaşma” imkanı veren çift hatlı karşılaşma kesimi öngörülmelidir. Bunun için gerekli karşılaşma hattının uzunluğu Şekil 6.5’te gösterilen ilişkiden elde edilir. İlk olarak istasyon ucundaki işgal sürelerinden, giriş yapan bir trenle zıt yönde çıkış yapan bir tren –her iki trenin de durmaksızın ilerlemesi koşuluyla- arasındaki izleme süresi (karşılaşma süresi) elde edilir.

Sabit referans noktası olarak çıkış sinyali seçilir, ayrıca başka bir nokta da belirlenebilir.

Daha sonra aşağıdaki bağıntıyla iki trene ait karşılaşma noktasının durumu belirlenir:

$$t_{kr} = \frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2} \quad (6.2)$$

$$s = \frac{t_{kr}}{1/v_1 + 1/v_2} \quad (6.3)$$

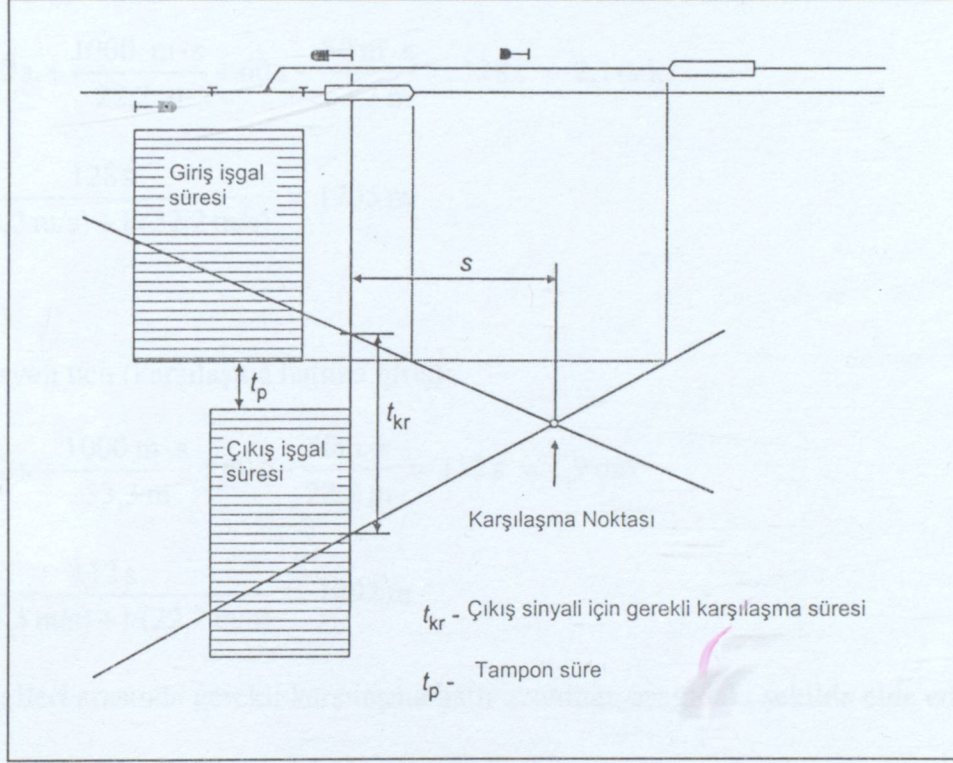
Burada:

t_{kr} “Hareketli karşılaşma” için karşılaşma süresi

v_1 Birinci trenin hızı

v_2	İkinci trenin hızı
s	Trenlerin karşılaşma noktasının çıkış sinyaline (referans noktasına) olan mesafesi

Karşılaşma zamanı elde edilirken işgal süreleri yanında tampon süreler de hesaba katılır. Aynı hesaplama, karşılaşma hattının diğer yönü için de gerçekleştirilir. İki uzunluğun toplamı, çıkış sinyalleri arasındaki gerekli karşılaşma hattı uzunluğunu verir.



Şekil 6.5 Hareketli karşılaşmada tren izleme şekli

Örnek 6.1

Tek hatlı bölgesel bir demiryolunda “hareketli karşılaşma” istasyonu düzenlenmesi için gerekli karşılaşma hattı uzunluğu hesaplanacaktır. Bunun için aşağıdaki değerler kullanılacaktır:

Anahat üzerindeki hız $v_1 = 120 \text{ km/h} = 33,3 \text{ m/s}$ ’dir, karşılaşma hattında geçiş için izin verilen hız $v_2 = 22,2 \text{ m/s}$ ’dir. Zıt yöndeki hareketler için giriş ve çıkış sinyalleri arasındaki mesafe 400 m ’dir. Giriş yollarına ait conta (tren bitim) yerleri, giriş sinyalinin 200 m ilerisinde yer almaktadır. Hat düzenleme süresi ve sinyal görüş süresi $0,2 \text{ dakika} = 12 \text{ saniye}$ olup hat çözülme süresi, trene bağlı gerçekleştiği için ihmal edilecek kadar küçüktür. Ön sinyal mesafesi 1000 m , tren uzunluğu 150 m ’dir (5 vagonlu yolcu treni). Karşılaşma tampon süresi 1 dakikadır .

Giriş hattının çözülme zamanı noktasında, giriş yapan tren henüz zıt yönlü trenin çıkış sinyaline 50 m mesafede bulunmaktadır. Bu zaman noktasında, karşılaşma yapan zıt yönlü trenin çıkacağı hattın düzenlenmeye başlanabilmesi için, çıkış sinyali itibarıyla başlayan karşılaşma süresi, bu yola ait seyir süresine indirilmelidir. Buna göre, her iki istasyon ucu için çıkış sinyaliyle trenlerin karşılaşma noktası arasındaki mesafe ve gerekli karşılaşma süresi aşağıdaki şekilde bulunur:

* Sol istasyon ucu (kesintisiz anahatta giriş):

$$t_{kr,l} = 2 \cdot 12 \text{ s} + \frac{1000 \text{ m} \cdot \text{s}}{22,2 \text{ m}} + 60 \text{ s} - \frac{50 \text{ m} \cdot \text{s}}{33,3 \text{ m}} = 128 \text{ s} = 2,1 \text{ dak.}$$

$$s_l = \frac{128 \text{ s}}{1/(33,3 \text{ m/s}) + 1/(22,2 \text{ m/s})} = 1705 \text{ m}$$

* Sağ istasyon ucu (karşılaşma hattına giriş):

$$t_{kr,r} = 2 \cdot 12 \text{ s} + \frac{1000 \text{ m} \cdot \text{s}}{33,3 \text{ m}} + 60 \text{ s} - \frac{50 \text{ m} \cdot \text{s}}{22,2 \text{ m}} = 112 \text{ s} = 1,9 \text{ dak}$$

$$s_r = \frac{112 \text{ s}}{1/(33,3 \text{ m/s}) + 1/(22,2 \text{ m/s})} = 1492 \text{ m}$$

Çıkış sinyalleri arasında gerekli karşılaşma hattı uzunluğu aşağıdaki şekilde elde edilir:

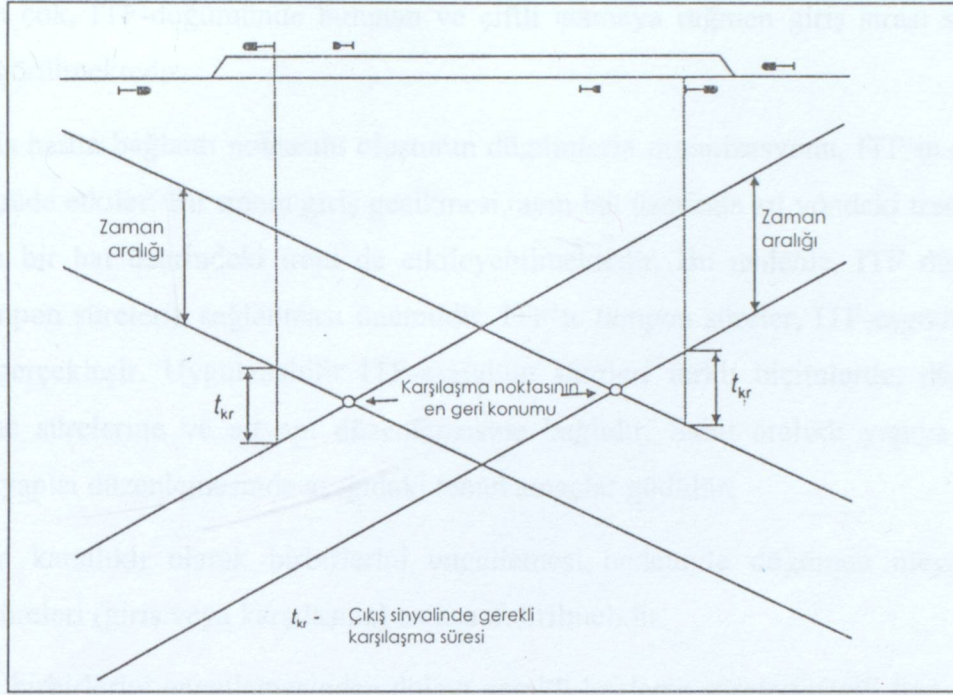
$$s = s_l + s_r = 1705 \text{ m} + 1492 \text{ m} = 3197 \text{ m} \approx 3200 \text{ m}$$

Dakika olarak eklenen her tampon süre (her iki istasyon ucunda da) karşılaşma hattının aşağıdaki miktarda uzatılmasını gerektirir:

$$s_{zus,1\text{min}} = \frac{2 \cdot 60 \text{ s}}{1/(33,3 \text{ m/s}) + 1/(22,2 \text{ m/s})} = 1598 \text{ m} \approx 1600 \text{ m}$$

Buradan, karşılaşma tampon süresinin 2 dakika arttırılması halinde karşılaşma hattı uzunluğunun $3200 \text{ m} + 2 \cdot 1600 \text{ m} = 6400 \text{ m}$ uzatılması gerektiği sonucu çıkarılabilir.

Ancak, bu şekilde elde edilen karşılaşma hattı uzunluğu uygulamada gerçekleştirilemeyecek bir uzunluk olduğundan (gerekli uzunluk genellikle bu değerin altında bulunur), kısıtlı bir hızla da olsa “hareketli karşılaşma”yı sağlayacak bir hat uzunluğunun hesaplanması gerekir. Böyle durumlarda, trenler çıkış sinyalinden, frenleyerek “durmaya hazırlık” konumunda geçerler. Ancak çıkış sinyalleri trenler durdurulmadan serbest bırakılır.



Şekil 6.6 Değişken zaman aralığında çift hatlı karşılaşma kesiminin düzenlenmesi

6.2.2 Değişken Zaman Aralıkları İçin Hat Altyapısı

Şimdiye dek anlatılan yöntemlere göre hesaplanan altyapının sabit orere göre düzenlenmesi nedeniyle, altyapıyı kullanan demiryolu işletmesinin hizmet sunumu kısıtlı olmaktadır. Daha fazla esneklik için altyapının değişken zaman aralığına göre düzenlenmesi gerekir. Bunun için her bir seyir yönü için şerit/aralık genişliği belirlenir; bu aralık genişliğini sınırlayan dört adet zaman-yol eğrisi oluşturulur ve grafiksel olarak üstüste yerleştirilir. Bu dört seyir planına ait zaman-yol eğrilerinin kesiştikleri noktalardan, aralık kesişmelerinin değişken olduğu bir alan elde edilir. Zıt yönler için karşılaşma kesimleri bu alanlar içerisinde oluşturulur (Şekil 6.6).

Bir karşılaşma kesiminin uzunluğu hesaplanırken, aralık genişliklerinin sınırları kullanıldığında “hareketli karşılaşma” olabilmesi için her iki uçta da 6.2 ve 6.3 eşitliklerindeki koşulların sağlanması gerekir. Zıt yönler için karşılaşma kesiminin uygulanamaması halinde, gerekli olduğu takdirde yanyana çok sayıda karşılaşma hattı öngörülebilir.

6.2.3 Düğümlerin Altyapısı

Bir ITF-Düğümünde gerekli hat sayısı aralarında aktarma bağlantıları oluşturulması gereken hat sayısından elde edilebilir. Hat gruplarının hizmet kuramına göre yüklenmesi faydasızdır. Hat uzunluğunun yeterli olması halinde, uygun sinyalizasyonla peron hatlarının çiftli ataması (Doppelbelegung: double seizure, double assignment, double function) mümkündür. Bu

durum, en çok, ITF-düğümünde bulunan ve çiftli atamaya rağmen giriş sırası serbest olan trenlerde görülmektedir.

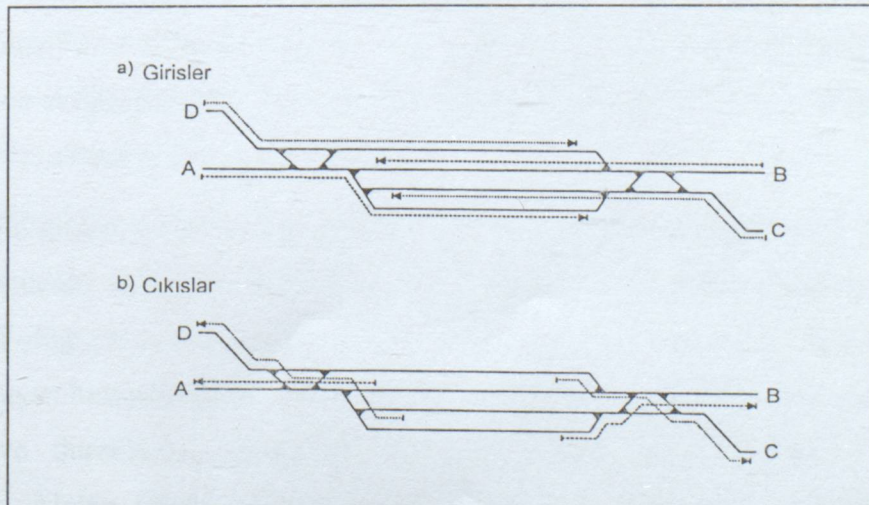
Çok sayıda hattın bağlantı noktasını oluşturan düğümlerin organizasyonu, ITF'in stabilitesini önemli ölçüde etkiler. Bir trenin giriş gecikmesi, aynı hat üzerinde zıt yöndeki treni etkilediği gibi farklı bir hat üzerindeki treni de etkileyebilmektedir. Bu nedenle, ITF düğümlerinde yeterli tampon sürelerin sağlanması önemlidir. ITF'te tampon süreler, ITF-eşgüdüm süreleri şeklinde gerçekleşir. Uygulanabilir ITF-eşgüdüm süreleri farklı biçimlerde, düğümlerdeki engellenme sürelerine ve altyapı düzenlemesine bağlıdır. Sabit aralıklı yapıya uygun bir düğüm altyapısı düzenlemesinde aşağıdaki temel amaçlar güdülür:

- * Hatların karşılıklı olarak birbirlerini engellemesi nedeniyle düğümde meydana gelen bekleme süreleri (giriş veya karşılaşma) en aza indirilmelidir.
- * Hatların birbirlerini engellemesinden dolayı gerekli bekleme süreleri, ilgili tren, istasyonda durduğunda yolcuya trafik nedeniyle durma şeklinde yansımali ve gerekli olduğunda ilave aktarma süresi olarak kullanılabilecek şekilde gerçekleşmelidir.

Bir giriş yolunun işgal süresi; yaklaşım hattının kısalması sonucunda, giriş sinyaliyle giriş ön sinyali arasında meydana gelen yaklaşım seyir süresine bağlı olarak; çıkış yolundaki bir trenin trafik nedeniyle durmasından kaynaklanan işgal süresinden daha büyüktür.

Tren konumunun tam olarak bilinmemesi nedeniyle, girişte çarpışma meydana gelmemesi için giriş sinyalinin çoğunlukla erken serbest bırakılması suretiyle bu etki artırılır.

Düğümde engellenmenin minimize edilmesi amacıyla tüm kavşaklar/karşılaşma yerleri ve birleşme yerleri (makas yerleri) çıkış bölgesinde bulunmalıdır. Düğümlere giren tüm hatların giriş yolları birbirinden ayrı olduğunda bu koşul sağlanır (Şekil 6.7)



Şekil 6.7 Küçük bir ITF-düğümünde işgal sürelerine uygun optimum düzenleme

6.3 ITF'lerde Orer Stabilitesinin Tahkiki

ITF'lerde de Orer için geçerli stabilite kriteri geçerlidir. Stabilite ölçütü olarak orerde olduğu gibi gecikmelerin telafisi sözkonusudur. ITF'lerde orer stabilitesinin tahkiki için simülasyona gerek duyulmaz, bunun yerine basitleştirilmiş yöntemlerle bilgi elde edilebilir.

Bu yöntemde, giriş gecikmelerinden meydana gelen izleme gecikmeleri, uygun işletim örneği oluşturarak elde edilir. Bunun için, orer çizgilerinin manuel olarak kaydırılması yeterlidir. Sonuçta, ele alınan hat kesiminde, gecikmelerin nasıl oluştuğu görülebilir. Buradan da gecikmelerin azalma miktarının stabilite koşullarını sağlayıp sağlamadığına karar verilebilir.

ITF stabilite tahkikinde ilk olarak 10 dakikalık bir giriş gecikmesi kabul edilir ve kaç aralıktan sonra bu gecikmenin azalacağı bulunur. Karşılaşma/kavşak kesimlerinde stabilite katsayısı aşağıdaki şekilde bulunur:

$$q_{\text{Stab}} = \frac{t_{v,\text{ein}}}{\sum t_{p,\text{Takt}} + \sum t_{\text{res}}} \quad (6.4)$$

Burada:

q_{Stab}	Stabilite katsayısı
$t_{v,\text{ein}}$	Giriş gecikmesi
$\sum t_{p,\text{Takt}}$	Bir aralığa ait, iki kavşak arasındaki toplam tampon süre.
$\sum t_{\text{res}}$	Bir aralığa ait, giriş gecikmelerinin kaldırılması için gerekli toplam rezerv süre.

Stabilite katsayısı, ele alınan kavşak kesiminin başlangıçtaki giriş gecikmesini verir. Payda değeri, bir zaman aralığında aralıkta (her iki yönde her bir tren için) gecikmeleri azaltmak için kullanılan sürelerin toplamıdır. Buna, izleme gecikmelerinin aktarılmasını azaltmak için gerekli tampon süreler ve kavşak kesiminde gecikmelerin kaldırılması için kullanılabilen seyir süresi ve durma süresi rezervleri de dahildir.

Bir zaman aralığındaki en küçük tampon süre ve rezerv süresine sahip kavşak kesimi, iki ITF-düğümü arasındaki hat için belirleyicidir. Bu kesimde elde edilen stabilite katsayısı aynı zamanda ITF-düğümleri arasındaki tüm hat kesimi için de geçerlidir. Belirleyici kesimde stabilite katsayısı hesaplanırken, o ana kadarki gecikmelerin ortadan kaldırılması (seyir süresi uzatmaları ve duraklama süresi rezervlerinin kullanılmasıyla) durumu da gözönünde bulunmalıdır. Alman Demiryolları'nda (AG) stabilite katsayısının 2 değerini geçmemesi tavsiye edilir.

Örnek 6.2

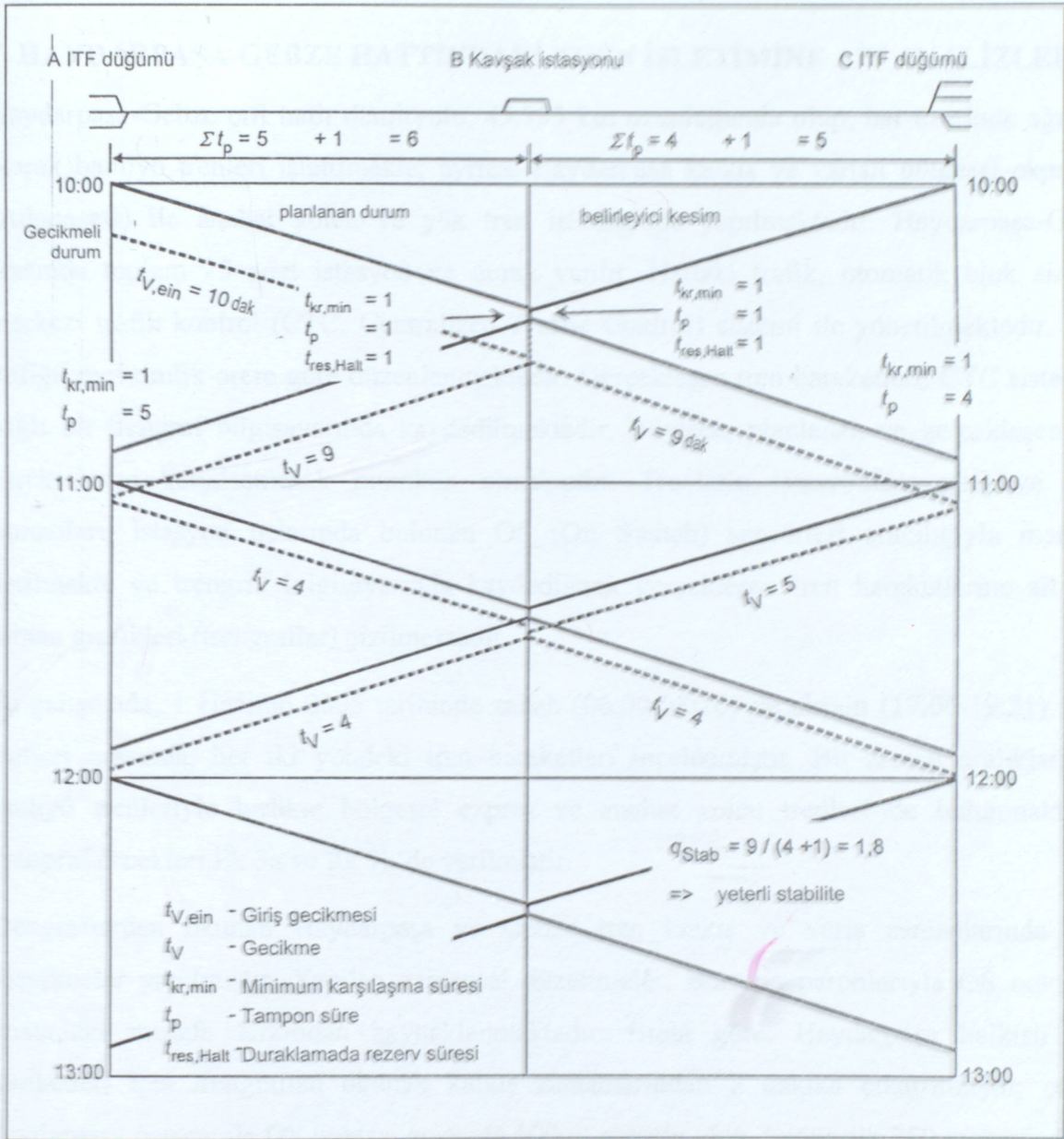
Aralarında B kavşak istasyonu bulunan A ve C ITF-düğümüleri arasındaki iki yönlü bir hat kesiminin orere göre stabilitesi kontrol edilecektir (Şekil 6.8). A ITF-düğümünde karşılaşma tampon süresi 5 dakika ve C ITF-düğümünde 4 dakikadır. B kavşak istasyonunda her iki yön için 1 dakika karşılaşma tampon süresi bulunmaktadır. Kavşak istasyonunda planlanan duraklama süresi 2 dakikadır, gecikme durumunda 1 dakika rezerv süresi kullanılarak minimum duraklama süresi olan 1 dakikaya düşürülebilir.

A ITF-düğümünden kalkan trenin 10 dakika giriş gecikmesi yapacağı kabul edilmiştir. A-B kavşak kesiminde karşılaşma tampon sürelerinden dolayı gecikme aktarımı her aralık için 6 dakika azaltılabilmektedir. B kavşak istasyonundaki duraklama süresi rezervleri, sadece sonraki kavşak kesiminin giriş gecikmelerini azaltacağından dikkate alınmaz.

B-C kavşak kesiminde giriş gecikmesi her aralık için 5 dakika azaltılabilir. Bu nedenle bu kesim, hattın A ve C ITF-düğümüleri arasındaki gecikme aktarmaları açısından önemlidir. Stabilite katsayısının belirlenmesi için B kavşak istasyonundan kalkan trene uygulanacak giriş gecikmesi, yalnızca duraklama rezerv süresinin kullanılması nedeniyle 9 dakikadır. Bunun sonucunda, stabilite katsayısı $9/5 = 1.8$ olarak elde edilir. Bu nedenle, giriş gecikmesi, hangi aralıkta daha küçükse o aralıkta kaldırılabilir.

Stabilite katsayısı yaklaşık bir değerdir. Ancak uygulamada orer stabilitesinin değerlendirilmesi için yeterlidir. Gecikmelerin aktarılmasına yönelik ayrıntılı bir açıklama gerekirse orer testleri veya tamamlayıcı simülasyonlardan yararlanılabilir.

Yeterli orer stabilitesi elde edilememesi durumunda, ilk önce eşgüdüm sürelerinin değiştirilmesiyle önemli noktalarda gecikme aktarmaları için tampon süreler arttırılmalıdır. Bu da yeterli olmadığı takdirde, altyapı değişikliklerine gidilmelidir. En etkili çözüm, tercihen mevcut iki kavşak istasyonu arasında çift hat düzenlemesi yapılarak karşılaşma kesiminin çift hatlı olarak düzenlenmesidir. Böyle bir genişletme yapmak mümkün olmadığı takdirde, kavşak istasyonları eklenebilir. Eklenen kavşak istasyonu için en uygun konum orer testleriyle bulunabilir. Alman Demiryolları'na (AG) göre, planlanan kavşak istasyonları arasındaki süre 2 ve 5 dakika arasında olmalıdır (orijinal metinde [DB96]).



Şekil 6.8 Stabilité katsayısının elde edilmesine örnek

7. HAYDARPAŞA-GEBZE HATTINDAKİ TREN İŞLETİMİNE AİT ANALİZLER

Haydarpaşa-Gebze çift hatlı demiryolu, 43,795 km uzunluğunda olup, hat üzerinde ağırlıklı olarak banliyö trenleri işletilmekte; ayrıca, Haydarpaşa kalkış ve varışlı bölgesel ekspresler (Adapazarı) ile anahat yolcu ve yük tren işletimi de yapılmaktadır. Haydarpaşa-Gebze arasında toplam 25 adet istasyon ve durak vardır. Hattaki trafik, otomatik blok sinyalli merkezi trafik kontrol (CTC: Centralized Traffic Control) sistemi ile yönetilmektedir. Tren trafiği, mevsimlik orere göre düzenlenmektedir. Gerçekleşen tren hareketleri, CTC sistemine bağlı bir trengraf bilgisayarında kaydedilmektedir. Böylece, planlanan ve gerçekleşen tren hareketlerini karşılaştırmak mümkün olmaktadır. Trenlerin istasyonlara giriş ve çıkış zamanları, istasyon uçlarında bulunan OS (On Switch) sensörleri aracılığıyla merkeze iletilmekte ve trengraf bilgisayarında kaydedilerek gerçekleşen tren hareketlerine ait yol-zaman grafikleri (trengraflar) çizilmektedir.

Bu çalışmada, 1 Haziran 2005 tarihinde sabah (06:00-08:10) ve akşam (17:00-19:21) zirve saatleri arasında, her iki yöndeki tren hareketleri incelenmiştir. Bu zaman aralıklarında, banliyö trenleriyle birlikte bölgesel ekspres ve anahat yolcu trenleri de bulunmaktadır. Trengraf örnekleri Ek 3a ve Ek 3b'de verilmiştir.

Trengraflardan okunan Haydarpaşa ve Gebze tren kalkış ve varış zamanlarında bazı düzeltmeler yapılmıştır. Yapılan zamansal düzeltmeler, istasyon peronlarıyla OS noktaları arasındaki mesafe farkından kaynaklanmaktadır. Buna göre, Haydarpaşa kalkışlı tren hareketleri için trengraftan okunan kalkış zamanlarından 2 dakika çıkartılmıştır; çünkü Haydarpaşa peronu ile OS noktası arasında 500 m mesafe olup, bunun ilk 250 metresinde 10 km/sa hız kısıtlaması bulunmaktadır. Haydarpaşa varışlı tren hareketleri için de trengraftan okunan varış zamanlarına benzer şekilde 2 dakika eklenmiştir. Gebze istasyonunda peron ile istasyonun batı ucundaki OS noktası arasındaki mesafe yaklaşık 200 m'dir. Buna göre, Gebze istasyonu için, istasyonun batı ucundaki OS noktası varış zamanlarına 20 sn eklenerek Haydarpaşa kalkışlı gerçek varış zamanları bulunmuştur; Haydarpaşa varışlı gerçek kalkış zamanları için aynı OS noktası varış zamanlarından 20 sn çıkartılmıştır.

Aşağıda, planlanan ve gerçekleşen tren hareketlerine ilişkin çeşitli istatistiksel analizler yapılmıştır.

7.1 Planlanan ve Gerçekleşen Seyir Süreleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması

Çizelge 7.1 ve 7.2'de Haydarpaşa-Gebze ve Gebze-Haydarpaşa arasında, 1 Haziran 2005 tarihinde zirve saatlerde işletilen $N = 50$ adet trenin seyir süreleri verilmiştir.

Çizelge 7.1 Haydarpaşa-Gebze yönünde orer ve trengraftan elde edilen seyir süreleri
(1 Haziran 2005)

6:00-8:10 saatleri arası seyir süreleri (dak.)												
Tren No	0012.I	0014.L	1604.Q	0016.S	0018.T	0020.W	0022.a	0024.c	0026.e	0028.i	1606.k	
Orer	65,00	65,00	63,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	59,00	
Trengraf	63,08	66,83	56,33	67,83	64,08	64,83	67,33	59,83	58,83	64,75	57,58	
17:00-19:21 saatleri arası seyir süreleri (dak.)												
Tren No	0080.b	0082.c	1322.e	0084.h	1618.k	0086.l	0088.n	0090.p	0092.r	0094.t	0096.w	1320.B
Orer	65,00	65,00	73,00	65,00	72,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	73,00
Trengraf	65,33	69,83	69,08	64,83	64,83	66,08	63,33	62,08	68,58	68,25	65,00	62,75

Çizelge 7.2 Gebze-Haydarpaşa yönünde orer ve trengraftan elde edilen seyir süreleri
(1 Haziran 2005)

06:00-08:10 saatleri arası seyir süreleri (dak.)															
Tren No	0011.J	1207.t	0013.M	0015.N	0017.R	1319.C	1021.E	0019.U	1209.K	1601.H	0021.V	1321.P	0023.b	0025.d	0027.g
Orer	65,00	74,00	65,00	65,00	65,00	62,00	75,00	65,00	78,00	73,00	65,00	74,00	65,00	65,00	65,00
Trengraf	62,33	53,33	59,83	65,58	62,58	63,83	60,33	69,33	52,58	59,33	68,08	59,08	70,58	68,33	66,83
17:00-19:21 saatleri arası seyir süreleri (dak.)															
Tren No	0079.W	0081.a	1613.P	0083.d	0085.g	0087.i	1615.V	0089.m	0091.s	0093.u	1617.j	0095.y			
Orer	65,00	65,00	60,00	65,00	65,00	65,00	70,00	65,00	65,00	65,00	60,00	65,00			
Trengraf	62,33	61,33	60,08	59,83	63,33	61,08	63,58	62,83	61,58	65,45	51,83	63,83			

Planlanan (orer) ve gerçekleşen (trengraf) seyir süreleri arasındaki ilişki, doğrusal regresyon analizi ve ilgili korelasyon katsayısının hesaplanması yoluyla ortaya konacaktır. Bu amaçla, doğrusal regresyon için en küçük kareler yöntemiyle ilgili istatistiksel moment değerleri hesaplanacaktır. En küçük kareler yöntemine ilişkin ayrıntılı açıklama burada yapılmayacaktır. Konuya ilişkin açıklamalar çeşitli kitaplarda (Potthoff, 1980; Potthoff, 1972; Ang and Tang, 1975; Scheaffer and McClave, 1986) bulunabilir. Burada, en küçük kareler yönteminden elde edilen moment formülleri sunulacaktır.

Bu analizde kullanılan değişkenler (parametreler) aşağıda sunulmuştur.

t_x Planlanan seyir süreleri

t_y Gerçekleşen seyir süreleri

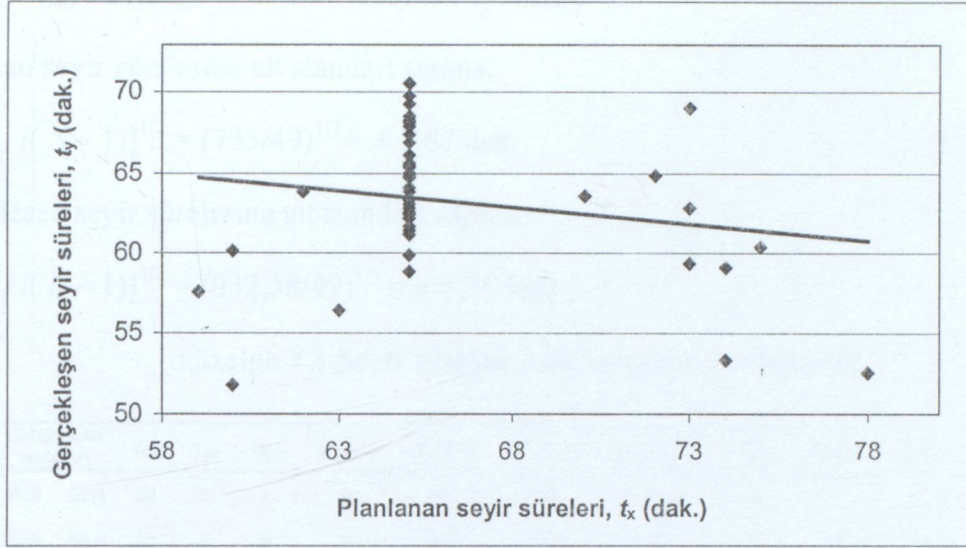
N Toplam tren sayısı

n_{soll} Planlanan seyir sürelerine ait frekanslar

n_{ist} Gerçekleşen seyir sürelerine ait frekanslar

$\bar{t}_x$	Planlanan seyir sürelerinin ortalaması
$\bar{t}_y$	Gerçekleşen seyir sürelerinin ortalaması
x	Planlanan seyir süreleriyle ortalamanın farkları ($x = t_x - \bar{t}_x$)
y	Gerçekleşen seyir süreleriyle ortalamanın farkları ($y = t_y - \bar{t}_y$)
S_{xx}	Planlanan seyir sürelerine ait dağılım momenti
S_{yy}	Gerçekleşen seyir sürelerine ait dağılım momenti
S_{xy}	Planlanan-gerçekleşen seyir sürelerine ait dağılım momenti
s_x	Planlanan seyir sürelerinin standart sapması
s_y	Gerçekleşen seyir sürelerinin standart sapması
t_d	Gerçekleşen seyir süreleriyle planlanan seyir süreleri farkı ($t_d = t_y - t_x$)
$\bar{t}_d$	Gerçekleşen seyir süreleriyle planlanan seyir süreleri farklarının ortalaması
B	Kararlılık katsayısı (r^2)
r_{xy}	Planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri için korelasyon katsayısı
r_{95}	%95 güven aralığı için korelasyon katsayısı karşılaştırma değeri

Planlanan seyir sürelerinin yatay eksen ve gerçekleşen seyir sürelerinin dikey eksen üzerinde gösterildiği dağılım grafiği Şekil 7.1'de gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, seyir süreleri noktaları oldukça dağınıktır. Banliyö trenlerine ait planlanan 65 dakika seyir süresine karşılık, 59 ve 71 dakika arasında gerçekleşen seyir sürelerine rastlanmaktadır. Grafiğe eklenen eğilim doğrusu küçük bir negatif eğime sahip olup, neredeyse yataydır. Planlanan seyir süreleri arttıkça gerçekleşen seyir süreleri az da olsa azalmaktadır; yani, trenler, gerçek işletimde planlanandan daha hızlı hareket etmişlerdir. Buna göre, planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri arasında bir korelasyondan (ilişkiden) söz etmek mümkün olmamakla birlikte, zayıf bir negatif ilişki bulunduğu sonucuna varılabilir. Grafikten elde edilen bu sonuçlar, sayısal olarak aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 7.1 Planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri arasındaki doğrusal ilişki

Çizelge 7.3'te, yapılan istatistiksel hesapların ara sonuçları verilmektedir. Buradaki sınıf aralıkları, planlanan ve gerçekleşen seyir sürelerine göre birer dakikalık dilimler halinde listelenmiştir. Her bir sınıf aralığının orta değeri $t_{x,y}$ sütununda gösterilmiştir. Buna göre;

Planlanan seyir süreleri ortalaması:

$$\bar{t}_x = \Sigma(t_x n_{\text{soll}}) / \Sigma n_{\text{soll}} = 3306/50 \cong 66 \text{ dak.}$$

Gerçekleşen seyir süreleri ortalaması:

$$\bar{t}_y = \Sigma(t_y n_{\text{ist}}) / \Sigma n_{\text{ist}} = 3161/50 \cong 63 \text{ dak.}$$

Planlanan seyir süreleriyle ortalama arasındaki fark:

$x = t_x - \bar{t}_x$ (Dağılım momentlerinin hesabında kullanılacak x değeri, hesaplardaki sayısal değerleri küçültmek amacıyla hesaplanmıştır. Bunun yerine doğrudan t_x değerinin kullanılması da mümkündür).

Gerçekleşen seyir süreleriyle ortalama arasındaki fark:

$y = t_y - \bar{t}_y$ (Dağılım momentlerinin hesabında kullanılacak y değeri, hesaplardaki sayısal değerleri küçültmek amacıyla hesaplanmıştır. Bunun yerine doğrudan t_y değerinin kullanılması da mümkündür).

Planlanan seyir sürelerine ait dağılım momenti:

$$S_{xx} = \Sigma(x^2 n_{\text{soll}}) - \Sigma(x n_{\text{soll}})^2 / N = 734 - (6)^2 / 50 = 733$$

Gerçekleşen seyir sürelerine ait dağılım momenti:

$$S_{yy} = \Sigma(y^2 n_{ist}) - \Sigma(y n_{ist})^2 / N = 935 - (11)^2 / 50 = 932,58$$

Planlanan seyir sürelerine ait standart sapma:

$$s_x = [S_{xx} / (N - 1)]^{1/2} = (733/49)^{1/2} = \pm 3,87 \text{ dak.}$$

Gerçekleşen seyir sürelerine ait standart sapma:

$$s_y = [S_{yy} / (N - 1)]^{1/2} = (932,58/49)^{1/2} = \pm 4,36 \text{ dak.}$$

Çizelge 7.3 Seyir süreleri ilişkilerine ait ara hesaplar

t (dak) sınıf aralıkları		$t_{x,y}$	n_{soll}	n_{ist}	$t_x \cdot n_{soll}$	$t_y \cdot n_{ist}$	$x = t_x - \bar{t}_x$	$y = t_y - \bar{t}_y$	$x \cdot n_{soll}$	$y \cdot n_{ist}$	$x^2 \cdot n_{soll}$	$y^2 \cdot n_{ist}$
51,5	52,4	52	0	1	0	52	-14	-11	0	-11	0	121
52,5	53,4	53	0	2	0	106	-13	-10	0	-20	0	200
53,5	54,4	54	0	0	0	0	-12	-9	0	0	0	0
54,5	55,4	55	0	0	0	0	-11	-8	0	0	0	0
55,5	56,4	56	0	1	0	56	-10	-7	0	-7	0	49
56,5	57,4	57	0	1	0	57	-9	-6	0	-6	0	36
57,5	58,4	58	0	0	0	0	-8	-5	0	0	0	0
58,5	59,4	59	1	3	59	177	-7	-4	-7	-12	49	48
59,5	60,4	60	2	5	120	300	-6	-3	-12	-15	72	45
60,5	61,4	61	0	2	0	122	-5	-2	0	-4	0	8
61,5	62,4	62	1	4	62	248	-4	-1	-4	-4	16	4
62,5	63,4	63	1	6	63	378	-3	0	-3	0	9	0
63,5	64,4	64	0	4	0	256	-2	1	0	4	0	4
64,5	65,4	65	36	6	2340	390	-1	2	-36	12	36	24
65,5	66,4	66	0	3	0	198	0	3	0	9	0	27
66,5	67,4	67	0	3	0	201	1	4	0	12	0	48
67,5	68,4	68	0	4	0	272	2	5	0	20	0	100
68,5	69,4	69	0	3	0	207	3	6	0	18	0	108
69,5	70,4	70	1	1	70	70	4	7	4	7	16	49
70,5	71,4	71	0	1	0	71	5	8	0	8	0	64
71,5	72,4	72	1	0	72	0	6	9	6	0	36	0
72,5	73,4	73	3	0	219	0	7	10	21	0	147	0
73,5	74,4	74	2	0	148	0	8	11	16	0	128	0
74,5	75,4	75	1	0	75	0	9	12	9	0	81	0
75,5	76,4	76	0	0	0	0	10	13	0	0	0	0
76,5	77,4	77	0	0	0	0	11	14	0	0	0	0
77,5	78,4	78	1	0	78	0	12	15	12	0	144	0
78,5	79,4	79	0	0	0	0	13	16	0	0	0	0
Σ		50	50	3306	3161	-14	70	6	11	734	935	

Planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri arasındaki uyumu gösteren bir frekans matrisi Çizelge 7.4'te verilmiştir. Bu çizelgenin satır ve sütunlarında gösterilen seyir süreleri, Çizelge 7.3'teki sınıf aralıklarını temsil eden seyir süreleridir ($t_{x,y}$). Çizelge 7.4'ün satırlarında planlanan (orerden okunan) seyir süreleri ve sütunlarında gerçekleşen (trengraflardan okunan) seyir süreleri gösterilmiştir. Buna göre, örneğin, orerde 65 dak. seyir süresine karşılık gerçekleşen seyir süresinin 65 dak. olması durumu 6 kez tekrarlanmıştır. Örneğimizde toplam 50 tren bulunmaktadır.

Çizelge 7.4 Planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri arasındaki uyumu gösteren frekans matrisi

t_y , Trengraftan okunan (gerçekleşen) seyir süreleri (dak.)

	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
60	1						1		1												3
61																					0
62													1								1
63					1																1
64																					0
65								1	3	2	4	5	2	6	2	3	4	2	1	1	36
66																					0
67																					0
68																					0
69																					0
70													1								1
71																					0
72														1							1
73								1				1					1				3
74		1						1													2
75									1												1
76																					0
77																					0
78		1																			1
Σ	1	2	0	0	1	0	1	3	5	2	4	6	4	7	2	3	4	3	1	1	50

Bu matristen elde edilen tekrar (frekans) sayılarının değerlendirilmesiyle aşağıdaki sonuçlar elde edilir:

- Planlanan seyir sürelerinin gerçekleşen seyir sürelerinden büyük olduğu ($t_x > t_y$) durumların sayısı toplam 29 olmuş, bu da toplam 50 seferin %58'ine karşılık gelmektedir. Buna göre, gerçekleşen seyirlerin %58'i, planlanan seyir süresinden daha kısa sürede tamamlanmıştır. Yani, trenlerin yüzde 58'i planlanandan hızlı seyretmiştir.
- Planlanan seyir sürelerinin gerçekleşen seyir sürelerinden küçük olduğu ($t_x < t_y$) durumların sayısı toplam 14 olmuş, bu da toplam 50 seferin %28'ine karşılık gelmektedir.

Buna göre, gerçekleşen seyirlerin %28'i, planlanan seyir süresinden daha uzun sürede tamamlanmıştır. Yani, trenlerin yüzde 28'i planlanandan yavaş seyretmiştir.

- Planlanan seyir sürelerinin gerçekleşen seyir sürelerine eşit olduğu ($t_x = t_y$) durumların sayısı toplam 7 olmuş, bu da toplam 50 seferin %14'üne karşılık gelmektedir. Buna göre, gerçekleşen seyirlerin sadece %14'ü, planlanan seyir süresine eşit sürede tamamlanmıştır.

Çizelge 7.5'de, Çizelge 7.4'te tekrarlanan durumlar için $x = t_x - \bar{t}_x$ ve $y = t_y - \bar{t}_y$ değerlerinin çarpımları hesaplanmıştır.

Çizelge 7.5 $x = (t_x - \bar{t}_x)$ ve $y = (t_y - \bar{t}_y)$ çarpımları matrisi

		t_y , Trengraftan okunan (gerçekleşen) seyir süreleri (dak.)																					
		52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
t_x , Oreden okunan (planlanan) seyir süreleri (dak.)	60	66						30		18													
	61																						
	62													-4									
	63					21																	
	64																						
	65								4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8		
	66																						
	67																						
	68																						
	69																						
	70													4									
	71																						
	72														12								
	73							-28					0						42				
	74		-80					-32															
	75								-27														
	76																						
	77																						
	78		-120																				

Çizelge 7.6'daki matris değerleri, Çizelge 7.4'te verilen frekanslarla Çizelge 7.5'te verilen $x*y$ değerlerinin çarpımından elde edilmiştir.

Çizgelge 7.6 xyf çarpımları matrisi t_y , Trengraftan okunan (gerçekleşen) seyir süreleri (dak.)

	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
60	66						30		18											
61																				
62																				
63					21															
64																				
65								4	9	4	4	0	-2	-12	-6	-12	-20	-12	-7	-8
66																				
67																				
68																				
69																				
70													4							
71																				
72														12						
73								-28				0						42		
74								-32												
75									-27											
76																				
77																				
78		120																		

Çizgelge 7.6'da bulunan matris değerleri kullanılarak aşağıdaki hesaplar yapılmıştır:

$$\Sigma xyf = -156$$

$$\bar{x} = \Sigma x/N = -14/50 = -0,28$$

$$\bar{y} = \Sigma y/N = 70/50 = 1,4$$

Dağılım momenti:

$$S_{xy} = \Sigma xyf - N\bar{x}\bar{y} = -156 - 50 \cdot (-0,28) \cdot (1,4) = -136,4 \text{ olarak bulunur.}$$

Kararlılık katsayısı:

$$B = S_{xy}^2 / (S_{xx}S_{yy}) = (-136,4)^2 / (733 \cdot 932,58) = 0,027$$

Bu sonuca göre, gerçekleşen seyir sürelerinin yaklaşık yüzde 3'ü, planlanan seyir sürelerinin bir fonksiyonu olarak kabul edilebilir.

Korelasyon katsayısı:

$$r_{xy} = (B)^{1/2} = S_{xy} / (S_{xx}S_{yy})^{1/2} = -136,4 / (733 \cdot 932,58)^{1/2} = -0,1649$$

Bulunan korelasyon katsayısı r_{xy} , -1 sınır değerinden oldukça uzaktır, diğer bir deyişle sifıra yakındır ve planlanan-gerçekleşen seyir süreleri arasında zayıf bir negatif korelasyon vardır.

Buna göre, planlanan seyir süreleriyle gerçekleşen seyir süreleri arasında güçlü bir ilişkiden (korelasyondan) söz etmek mümkün değildir.

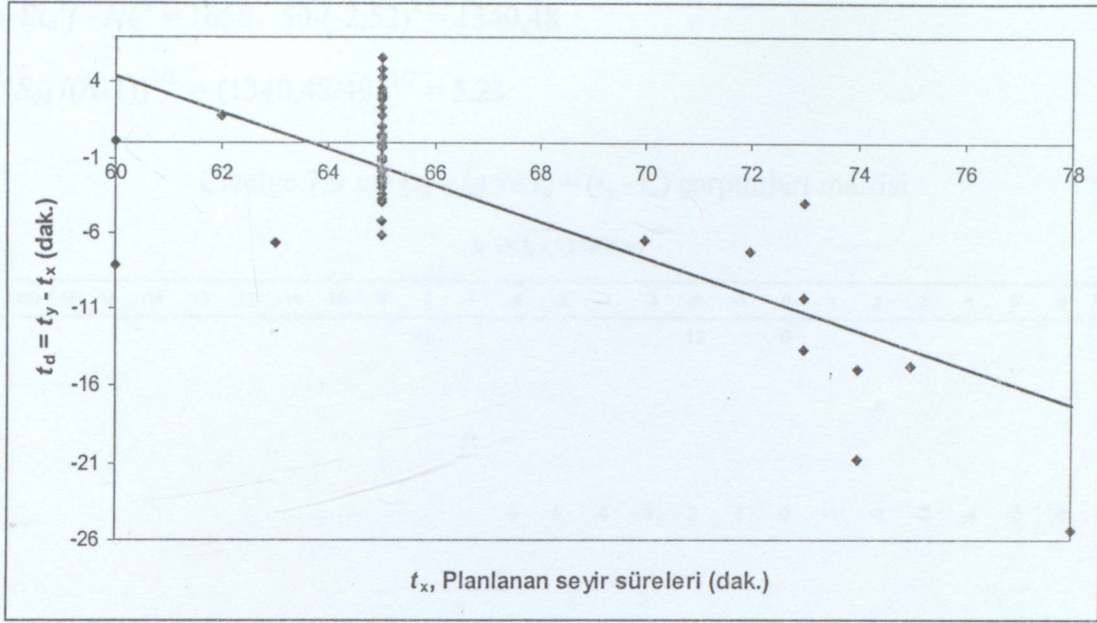
t_x ve t_y değerleri arasındaki sapmaların rastlantısal olarak kabul edilip edilmeyeceğini anlamak üzere, t_x ve t_d ($= t_y - t_x$) arasındaki ilişki incelenmiştir. Çizelge 7.7'de $t_y - t_x$ farkları hesaplanmıştır. Buna göre, t_d için minimum ve maksimum değerler sırasıyla -26 ve +11 bulunmuştur. Şekil 7.2'de t_x ve t_d çiftlerine ait noktaların dağılımları ve eğilim doğrusu gösterilmiştir. Grafikten planlanan seyir süreleri (t_x) arttıkça t_d farklarının azaldığı görülmektedir. Bu bulguya ilişkin hesaplar aşağıda sunulmuştur. Çizelge 7.4'teki frekanslar kullanılarak yeni bir frekans matrisi (Çizelge 7.8) oluşturulur. Çizelge 7.4'te $t_x = t_y$ hücrelerindeki frekanslar Çizelge 7.8'de $t_d = 0$ sütununda yer almaktadır.

Çizelge 7.9'da, Çizelge 7.8'de tekrarlanan durumlar için $x = t_x - \bar{t}_x$ ve $t_d = t_y - t_x$ değerlerinin çapımları hesaplanmıştır.

Çizelge 7.7 $t_d = t_y - t_x$ değerleri matrisi

t_y , Trengraftan okunan (gerçekleşen) seyir süreleri (dak.)

	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
60	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
61	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
62	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
63	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
64	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
65	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
66	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
67	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
68	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3
69	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
70	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
71	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
72	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
73	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
74	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3
75	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4
76	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5
77	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6
78	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7



Şekil 7.2 Planlanan seyir süreleriyle (t_x) $t_d = t_y - t_x$ farklarının dağılım grafiği

Çizelge 7.8 Planlanan seyir süreleri t_x ve $t_d (= t_y - t_x)$ farklarına ait frekanslar

	$t_d (= t_y - t_x)$ farkları																										
	(-26)	(-16)	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7-11		
60										1						1		1									
61																											
62																				1							
63											1																
64																											
65												1	3	2	4	5	2	6	2	3	4	2	1	1			
66																											
67																											
68																											
69																											
70												1															
71																											
72											1																
73				1				1						1													
74			1				1																				
75			1																								
76																											
77																											
78			1																								
Σf	0	3	1	0	0	1	1	0	1	2	2	3	3	4	6	2	7	2	4	4	2	1	1	0			
$t_d \cdot f$	0	-45	-14	0	0	-11	-10	0	-8	-14	-12	-15	-12	-12	-12	-2	0	2	8	12	8	5	6	0			
$t_d^2 \cdot f$	0	675	196	0	0	121	100	0	64	98	72	75	48	36	24	2	0	2	16	36	32	25	36	0			

t_d için dağılım momenti ve standart sapma

$$\Sigma t_d f = -126$$

$$\Sigma t_d^2 f = 1658$$

$$\bar{t}_d = \Sigma t_d f / N = -126 / 50 = -2,52$$

Çizelge 7.10'da bulunan değerler kullanılarak aşağıdaki hesaplar yapılmıştır:

$$\Sigma x t_d f = -968$$

Dağılım momenti:

$$S_{xd} = \Sigma x t_d f - N \bar{x} \bar{t}_d = -968 - 50 * (-0,28) * (-2,52) = -733,3 \text{ olarak bulunur.}$$

Kararlılık katsayısı:

$$B = S_{xd}^2 / (S_{xx} S_{dd}) = (-733,3)^2 / (733 * 1340,48) = 0,547$$

Bu sonuca göre, planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri farklarının yaklaşık yüzde 55'i, planlanan seyir sürelerinin bir fonksiyonu olarak kabul edilebilir.

Korelasyon katsayısı:

$$r_{xd} = (S_{xd} / S_{xx} S_{dd})^{1/2} = -733,3 / (733 * 1340,48)^{1/2} = -0,739$$

Bulunan korelasyon katsayısı r_{xy} , -1 sınır değerine yakındır. Planlanan ile planlanan ve gerçekleşen seyir süresi farkları arasında negatif bir korelasyon vardır. Buna göre, planlanan seyir süreleri büyüdükçe planlananla gerçekleşen seyir süresi farkları küçülmektedir.

Burada r_{xd} 'nin belirgin olarak sıfırdan sapıp saptığı kontrol edilmelidir. t dağılımı (Student-Test) yardımıyla %95 güven aralığı ve, $50 - 2 = 48$ serbestlik derecesi için $t_{95} = 2,01$ 'dir (Ek 4). Buna göre, karşılaştırma değeri

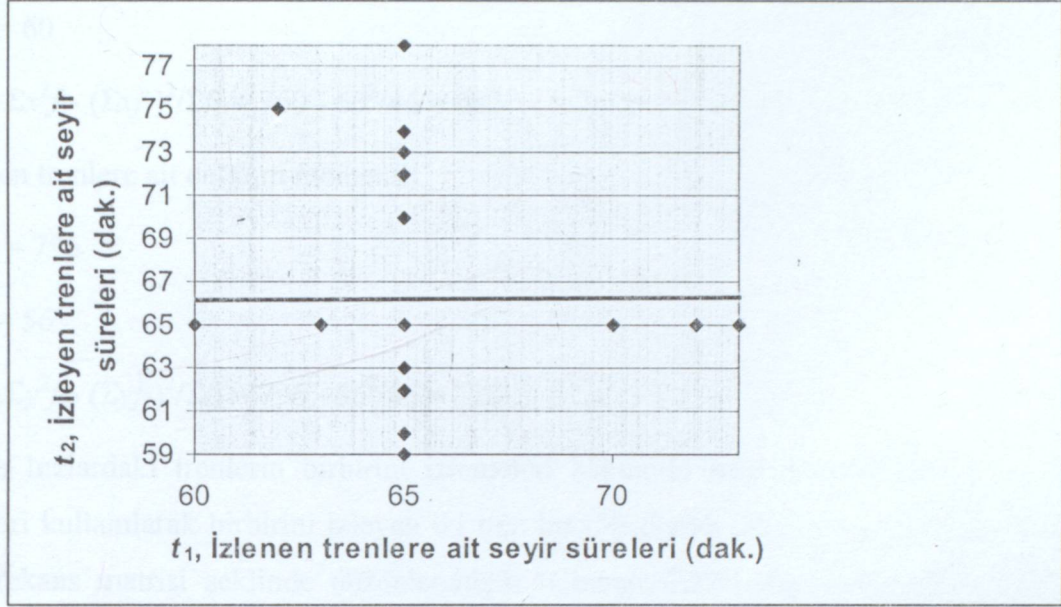
$$r_{95} = t_{95} / (N - 2 + t_{95}^2)^{1/2} = 2,01 / (50 - 2 + 2,01^2)^{1/2} = \pm 0,279$$

olarak bulunur (Potthoff, 1972 ve 1980). Hesaplanan r_{xd} değeri bu sınırlar arasında yer almadığından, $t_y - t_x$ sapmaları rastlantısal kabul edilemez; başka bir deyişle, orerle gerçekleşen işletim arasında çok belirgin bir fark vardır. Yani, orer, gerçek işletimin iyi bir modeli değildir.

7.2 Tren İzlemelerinde Planlanan Seyir Süreleri Düzenliliğinin Analizi

Bu analizde, orerde birbirini izleyen trenlerin seyir sürelerinin düzenli olup olmadığı araştırılacaktır. Analizde, izlenen (t_1) ve izleyen (t_2) trenlere ait seyir süresi çiftleri kullanılacaktır. Şekil 7.3'te t_1 ve t_2 çiftlerine ait noktaların dağılımları ve eğilim doğrusu gösterilmiştir. Grafikten izlenen trenlerin seyir süreleri (t_1) arttıkça izleyen trenlerin seyir sürelerinin (t_2) neredeyse sabit kaldığı görülmektedir. Diğer bir deyimle, değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı sıfırdır, bu durum, değişkenler arasındaki ilişkinin rastlantısal olması halinde mümkündür (Potthoff, 1972). Bu bulguya ilişkin hesaplar aşağıda

sunulmuştur. Çizelge 7.11’de oradaki seyir süreleriyle bu sürelerin en çok tekrar eden seyir süresinden (65 dak.) farkları (x, y) ve seyir süresi frekansları (f_1, f_2) verilmiştir.



Şekil 7.3 İzlenen ve izleyen trenlerin planlanan seyir sürelerinin dağılımı

Çizelge 7.11 Seyir süreleri ve frekansları

$t_{1,2}$ (dak.)	$x, y = t_{1,2} - 65$	f_1	xf_1	x^2f_1	f_2	yf_2	y^2f_2
59	-6	0	0	0	1	-6	36
60	-5	2	-10	50	2	-10	50
61	-4	0	0	0	0	0	0
62	-3	1	-3	9	1	-3	9
63	-2	0	0	0	1	-2	4
64	-1	0	0	0	0	0	0
65	0	35	0	0	32	0	0
66	1	0	0	0	0	0	0
67	2	0	0	0	0	0	0
68	3	0	0	0	0	0	0
69	4	0	0	0	0	0	0
70	5	1	5	25	1	5	25
71	6	0	0	0	0	0	0
72	7	0	0	0	1	7	49
73	8	1	8	64	3	24	192
74	9	3	27	243	2	18	162
75	10	2	20	200	1	10	100
76	11	0	0	0	0	0	0
77	12	0	0	0	0	0	0
78	13	1	13	169	1	13	169
Σ	70	46	60	760	46	56	796

$y(0) = 1$ and $y(1) = 0.5$ we get $y(x) = 1 - 0.5x$

$$0^2/46 = 682$$

$$5^2/46 = 728$$

 t_2 , İzleyen trenlerin seyir süreleri (dak.)

	$t_2=59$	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	Σ
$t_1 = 59$																					0
60							2														2
61																					0
62																	1				1
63																					0
64																					0
65	1	2		1	1		23					1		1	2	2				1	35
66																					0
67																					0
68																					0
69																					0
70							1														1
71																					0
72																					0
73							1														1
74							3														3
75							2														2
76																					0
77																					0
78															1						1
Σ	1	2	0	1	1	0	32	0	0	0	0	1	0	1	3	2	1	0	0	1	46

Çizelge 7.13 $x (= t_1 - 65)$ ve $y (= t_2 - 65)$ çarpımları matrisi

	t_2 , İzleyen trenlerin seyir süreleri (dak.)																			
	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
t_1 , İzlenen trenlerin seyir süreleri (dak.)	59																			
60							0													
61																				
62																-30				
63																				
64																				
65	0	0		0	0		0					0		0	0	0			0	
66																				
67																				
68																				
69																				
70							0													
71																				
72																				
73							0													
74							0													
75							0													
76																				
77																				
78																104				

Çizelge 7.12'deki değerlerle (f) Çizelge 7.13'teki değerlerin (xy) çarpımı sonucu

$$\Sigma xyf = -30 \cdot 1 + 104 \cdot 1 = 74 \text{ bulunur.}$$

Haydarpaşa-Gebze ve Gebze-Haydarpaşa yönleri ile 6:00-8:10 ve 17:00-19:21 saatleri arasındaki ardışık tren hareketleri dört grup halinde ele alınmıştır. İzleme sayısı, tren sayısından bir küçük olacağından, dört zaman aralığında birbirini izleyen toplam 50 tren için $50 - 4 = 46$ izleme söz konusudur. Bu nedenle hesaplarda $N (= \Sigma f_1 = \Sigma f_2)$ gözlem sayısı 46 olarak alınmıştır.

Dağılım momenti:

$$\bar{x} = \Sigma xf_1 / N = 60 / 46 = 1,3$$

$$\bar{y} = \Sigma yf_2 / N = 56 / 46 = 1,22$$

$$S_{xy} = \Sigma xyf - N\bar{x}\bar{y} = 74 - 46 \cdot 1,3 \cdot 1,22 = 0,956$$

Kararlılık katsayısı:

$$B = S_{xy}^2 / (S_{xx}S_{yy}) = (0,956)^2 / (682 \cdot 728) = 1,84 \cdot 10^{-6}$$

Korelasyon katsayısı:

$$r_{xy} = (B)^{1/2} = (1,84 \cdot 10^{-6})^{1/2} = 0,00136$$

Bulunan r_{xy} değeri, tren izlemeleri arasında bir ilişki kurulamayacak kadar küçüktür. t dağılımı (Student-Test) yardımıyla, r_{xy} değerinin sıfıra yakınlığı kontrol edilir (Potthoff, 1980).

$N = 46$ gözlem (serbestlik derecesi $46 - 2 = 44$) ve %95 güven aralığı için $t_{95} = 2,015$ 'tir (Ek 4).

Buna göre, karşılaştırma değeri

$$r_{95} = t_{95} / (N - 2 + t_{95}^2)^{1/2} = 2,015 / (46 - 2 + 2,015^2)^{1/2} = \pm 0,2908$$

olarak bulunur (Potthoff, 1980). Hesaplanan $r_{xy} = 0,00794$ korelasyon katsayısı, t dağılımından (Ek 4) elde edilen r_{95} sınır değerleri arasında yer aldığından, izlemelerdeki seyir sürelerinin rastlantısal olduğu (sistemik olmadığı) kabul edilir.

7.3 Gerçekleşen Tren İzleme Sürelerinin Düzenliliği

Bu analizde, Gebze-Haydarpaşa yönünde sabah ve akşam zirve saatlerde işletilen trenler arasındaki izleme süreleri, trenlerin Gebze istasyonundan kalkış saatleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Trenlere ait kalkış saatleri ve izleme süreleri Çizelge 7.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.14 Trengraflardan elde edilen Gebze kalkış saatleri ve izleme süreleri

06:00-08:10 saatleri arası															
Tren No	0011.J	1207.t	0013.M	0015.N	0017.R	1319.C	1021.E	0019.U	1209.K	1601.H	0021.V	1321.P	0023.b	0025.d	0027.g
Kalkış Saatleri	05:59:40	06:12:40	06:15:25	06:29:40	06:41:25	06:44:40	06:51:10	07:00:40	07:03:55	07:15:25	07:17:40	07:31:10	07:35:10	07:50:25	08:09:55
İzleme Süreleri (dak.)		13	2,75	14,25	11,75	3,25	6,5	9,5	3,25	11,5	2,25	13,5	4	15,25	19,5
17:00-19:21 saatleri arası															
Tren No	0079.W	0081.a	1613.P	0083.d	0085.g	0087.i	1615.V	0089.m	0091.s	0093.u	1617.j	0095.y			
Kalkış Saatleri	17:00:25	17:19:10	17:23:10	17:34:55	17:44:55	18:05:55	18:15:55	18:22:10	18:40:10	19:00:10	19:14:25	19:20:55			
İzleme Süreleri (dak.)		18,75	4	11,75	10	21	10	6,25	18	20	14,25	6,5			

En küçük izleme süresi 2 dak. ve en büyük izleme süresi 21 dak. olarak belirlenmiştir. Sabah zirvesi (06:00-08:10) 130 dak. ve akşam zirvesi (17:00-19:21) 141 dak. alındığından, toplam süre 271 dak., $N = 25$ izleme durumu için ortalama izleme süresi:

$$\bar{t}_z = 271/25 = 10,8 \text{ dak. olarak bulunur.}$$

İzleme süreleri $d_t = 2$ dak.'lık sınıflara ayrılmıştır ve sınıf sayısı 10 olarak bulunmuştur. Buna göre, $x = (t_z - 10)/2$ şeklinde hesaplanır. İlgili hesaplar Çizelge 7.15'te gösterilmiştir.

$$\Sigma xf = 13,25$$

$$\Sigma x^2 f = 226,06$$

$$S_{xx} = \Sigma x^2 f - (\Sigma x f)^2 / N = 226,06 - 13,25^2 / 25 = 219,04$$

$$s_z = d_t[S_{xx} / (N - 1)]^{1/2} = 2(219,04/24)^{1/2} = 6,04$$

$$k = (\bar{t}_z / s_z)^2 = (10,8/6,04)^2 = 3,20$$

İzleme sürelerinin rastlantısal olup olmadığı Erlang dağılımı kullanılarak belirlenecektir. Buna göre, Erlang dağılımı modeli $k = 3$ için oluşturulacaktır. Erlang dağılımının kümülatif teorik frekans değerleri aşağıdaki modele göre belirlenecektir (Potthoff, 1980):

$$\sum_{\alpha}^{\infty} h = N\phi$$

$$\phi = e^{-3\alpha} [1 + 3\alpha + (3\alpha)^2 / 2]$$

Çizelge 7.16'da teorik frekanslar (h) hesaplanmış ve gerçekleşen frekanslarla (f) farkları alınarak Ki-kare testinde kullanılacak değerler bulunmuştur.

Çizelge 7.15 Gözlenen izleme sürelerine ait frekanslar

t_z	Orta değer	x	f	xf	x^2f
2-3	2,5	-3,75	4	-15	56,25
4-5	4,5	-2,75	2	-5,5	15,13
6-7	6,5	-1,75	3	-5,25	9,19
8-9	8,5	-0,75	0	0	0,00
10-11	10,5	0,25	3	0,75	0,19
12-13	12,5	1,25	4	5	6,25
14-15	14,5	2,25	4	9	20,25
16-17	16,5	3,25	0	0	0,00
18-19	18,5	4,25	2	8,5	36,13
20-21	20,5	5,25	3	15,75	82,69
Σ			25	13,25	226,06

Çizelge 7.16 Erlang dağılımında teorik frekanslar ve χ^2 testi

Sınıfların ara değeri	$\alpha = t_z / \bar{t}_z$	ϕ	$\Sigma h = N \cdot \phi$	h	f	$f - h$	$(f - h)^2 / h$
0	0,000	1,000	25				
				2	4	2	2,000
3,5	0,324	0,921	23				
				4	2	-2	1,000
5,5	0,509	0,797	19				
				3	3	0	0,000
7,5	0,694	0,648	16				
				4	0	-4	4,000
9,5	0,880	0,503	12				
				3	3	0	0,000
11,5	1,065	0,376	9				
				3	4	1	0,333
13,5	1,250	0,273	6				
				2	4	2	2,000
15,5	1,435	0,193	4				
				1	0	-1	1,000
17,5	1,620	0,134	3				
				3	5	2	1,333
Σ				25	25	0	11,67

Çizelge 7.16'da Erlang dağılımında kullanılan ϕ dağılım fonksiyonu yardımıyla $k = 3$ için h teorik frekansları hesaplanmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar Ki-kare testi yardımıyla gözlenen f frekans değerleriyle karşılaştırılır.

Son iki sınıf birleştirildiğinde, toplam 9 sınıf aralığına göre $9 - 3 = 6$ serbestlik derecesi için $\chi^2_{95} = 12,59$ 'dur (Ek 4). Gözlenen değer ($\chi^2_{\text{gözlenen}} = 11,67$), teorik değerden ($\chi^2_{95} = 12,59$) küçük olduğundan $f - h$ farklarının rastlantısal olduğu kabul edilir. Ancak, gözlenen değer teorik değere çok yakın olduğundan, rastlantısallık durumu kuvvetli değildir.

8. SONUÇLAR

Çalışmamızda günümüz demiryollarında kullanılan çeşitli işletim teknik ve teknolojilerine değinilmiştir; bunların bileşenleri ve bileşenler arasındaki ilişkiler kapsamlı olarak incelenmiştir.

Ulaştırma sektöründeki temel rekabet unsurları işletimin güvenilirliği ve kalitesidir. Giderek artan yolcu ve yük talebi, mevcut altyapıdan daha verimli faydalanmayı gerektirmektedir. Böylece artan kapasite gereksinimi ile birlikte hizmet düzeyinin yüksek tutulması gereklidir. Bu nedenle, planlanan tren trafiği ile gerçekleşen tren hareketleri arasındaki uyumun sağlanması da son derece önemlidir. Bu bağlamda, çalışmanın uygulama bölümünde Haydarpaşa-Gebze çift hatlı demiryolunda 1 Haziran 2005 tarihine ait sabah (06:00-08:10) ve akşam (17:00-19:21) zirve saatlerdeki tren trafiği incelenmiştir. Çalışmada, planlanan ve gerçekleşen tren hareketleri incelenmiştir. Buna göre;

- Haydarpaşa-Gebze hattında ele alınan zaman aralıklarında, planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri arasındaki uyumun incelenmesi sonucunda, dikkate alınan 50 seferin sadece yüzde 14'ünde (7 seferde) uyumun gerçekleştiği saptanmıştır. Ayrıca, seferlerin yüzde 58'inde (29 seferde) trenlerin planlanandan daha hızlı seyrettiği bulunmuştur.
- Planlanan ve gerçekleşen seyir süreleri arasında zayıf bir negatif korelasyon ($r_{xy} = -0,1649$) bulunduğu anlaşılmaktadır. Buna göre, incelenen zaman aralıklarında, planlanan seyir süreleriyle gerçekleşen seyir süreleri arasında güçlü bir ilişkiden söz etmek mümkün değildir.
- Planlanan (t_x) ve gerçekleşen (t_y) seyir süreleri arasındaki sapmaların rastlantısal kabul edilip edilmeyeceğini anlamak için t_x ve $t_d (= t_y - t_x)$ arasındaki ilişki incelenmiştir. Bulunan korelasyon katsayısı ($r_{xd} = -0,739$), -1 sınır değerine yakındır. Yani planlanan ile gerçekleşen seyir süresi farkları arasında negatif bir korelasyon vardır. Buna göre, planlanan seyir süreleri büyüdükçe gerçekleşen seyir süresi farkları küçülmektedir. Hesaplanan r_{xd} 'nin belirgin olarak sıfırdan sapıp sapmadığı t dağılımı yardımıyla kontrol edildiğinde, t_d farklarının (seyir süresi sapmalarının) rastlantısal olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu da, incelenen zaman aralığında, seyir süresi farklarının sistematik olduğu anlamına gelmektedir.
- Tren izlemelerinde planlanan (oradaki) seyir sürelerinin düzenliliği incelendiğinde, hesaplanan korelasyon katsayısının ($r_{xy} = 0,00136$), tren izlemeleri arasında bir ilişki kurulamayacak kadar küçük olduğu görülmüştür. t dağılımı yardımıyla korelasyon

katsayısının sıfıra yakınlığı kontrol edildiğinde, izlemelerdeki seyir sürelerinin rastlantısal olduğu (sistematiik olmadığı) saptanmıştır.

- Trenlerin Haydarpaşa yönünde Gebze istasyonundan kalkış saatleri dikkate alınarak incelenen sabah ve akşam zirve saatlerinde gerçekleşen tren izleme süreleri belirlenmiştir. Buna göre en küçük izleme süresi 2 dak. ve en büyük izleme süresi 21 dak.'dır. İzleme sürelerinin rastlantısal olup olmadığı Erlang dağılımı kullanılarak Ki-kare yöntemiyle test edilmiştir. Buna göre, izleme sürelerinin rastlantısal olduğunun kabul edilebileceği anlaşılmıştır. Ancak rastlantısallığın çok da kuvvetli olmadığı görülmüştür.

Buradaki uygulamalar, yalnızca bir günlük (1 Haziran 2005) sabah ve akşam zirve saatleri arasındaki tren hareketlerini kapsamaktadır. Bu nedenle, elde edilen sonuçlarla bir genelleme yapmak doğru değildir. Örnekleme boyutu (incelenen zaman aralığı ve tren sayısı) artırılarak daha sağlıklı sonuçlara varmak mümkündür. Bu çalışmada sunulan istatistiksel analizler, çeşitli ölçek ve trafik koşullarına sahip işletme ve hatlar için gerçekleştirilebilir. Böylece, planlanan ve gerçekleşen tren hareketlerinin, tek ve çift hatlı demiryollarındaki çeşitli yolcu ve yük katarlarından oluşan trafik kompozisyonları için incelenmesi/karşılaştırılması olanaklıdır.

KAYNAKLAR

Ang, A. H-S. and Tang, W.H. (1975) Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume I-Basic Principles, John Wiley & Sons, USA.

Pachl, J. (2002a) Systemtechnik des Schienenverkehrs, 3. Auflage, Teubner Verlag, Wiesbaden, Deutschland.

Pachl, J. (2002b) Railway Operation and Control, VTD-Rail Publishing, Mountlake Terrace, USA.

Potthoff G. (1972) Analyse von Verkehrssystemen, Verkehrsströmungslehre, Band 4, Transpress VEB für Verkehrswesen, Berlin, DDR.

Potthoff G. (1980) Die Zugfolge auf Strecken und in Bahnhöfen, Verkehrsströmungslehre, Band 1, 3., bearbeitete und ergaenzte Auflage, Transpress VEB für Verkehrswesen, Berlin, DDR.

Scheaffer, R.L. and McClave J.T., (1986) Probabiliyt and Statistics for Engineers, Second Edition, Duxbury Pres, Boston, USA.

EKLER

- Ek 1 Demiryolu İşletiminde Temel Kavramların Tanımları
- Ek 2 Almanca-Türkçe Demiryolu Terimleri Sözlüğü
- Ek 3a 1 Haziran 2005 Tarihli Haydarpaşa-Gebze Hattının 06:00-09:00 Saatleri Arasındaki Tren Hareketlerine Ait Trengraf Çıktısı
- Ek 3b 1 Haziran 2005 Tarihli Haydarpaşa-Gebze Hattının 17:00-20:00 Saatleri Arasındaki Tren Hareketlerine Ait Trengraf Çıktısı
- Ek 4 t (Student) ve Ki-Kare Dağılımlarına Ait %95 ve %99 Güven Aralığı Değerleri

Ek 1 Demiryolu İşletiminde Temel Kavramların Tanımları

AÇIKLIK SÜRESİ (ABSTANDZEIT): Bir trenin bir istasyondan kalkışıyla zıt yöndeki diğer bir trenin aynı istasyona varışı arasındaki süre.

AKTARMA YERİ (ÜBERLEITSTELLE): Trenlerin anahat üzerinde başka bir hatta geçebildikleri blok yeri.

ANAHAT (DURCHGEHENDE HAUPTGLEISE): İstasyondaki anahat.

ANAHAT (FREIE STRECKE): İstasyonlar haricindeki hat.

ANAHAT (HAUPTGLEIS): Trenlerin seyir planına uygun olarak hareket ettiği hat.

ANAHAT DEMİRYOLU / AĞIR RAYLI SİSTEM (HAUPTBAHN): Büyük trafik yükü taşıyan demiryolu hattı (genellikle şehirlerarası). Anahat demiryolunun bazı özellikleri büyük trafik miktarı ile büyük tren ağırlığı ve hızlarıdır. (Bkz.: yan hat)

ANA SİNYAL (HAUPTSIGNAL): Normal işletimde trenin izleyen hat kesimine girişini sağlayan sinyal.

ANAHAT ÜZERİNDEKİ HAREKET DÜZENİ (FAHRORDNUNG AUF DER FREIEN STRECKE): Çift hatlı demiryollarında hat kullanımının belirlenmesi. Demiryolu Yapımı ve İşletimi Yönetmeliği'nde hareket yönüne göre sağdaki hattın kullanımı öngörülmüştür.

ARA SİNYAL (ZWISCHENSIGNAL): Bir istasyon içinde bulunan, giriş ya da çıkış sinyali olmayan sinyal.

ARALIKLI SEYİR (FAHREN IM RAUMABSTAND): Aynı yönde hareket eden iki tren arasında, en az artçıl trenin maksimum fren mesafesine eşit sabit bir aralığın bırakıldığı güvenli tren izleme uygulaması. (bkz: sabit aralıklı seyir)

ARDARDA TREN İZLEMELERİ (VERKETTUNG DER ZUGFOLGE): İşgal süresi basamaklarının tren izleme homojenliğine bağlı olarak sıralanmasıyla, kullanılmayan ve böylece kapasiteyi (verimliliği) düşüren zaman aralıklarının olduğu tren izleme kalitesi.

AYNI YÖNDEKİ TRENLER ARASINDAKİ (VARİŞTAKİ) İZLEME SÜRESİ (NACHFOLGEZEIT): Aynı hat üzerinde birbirini izleyen iki tren arasında varıştaki izleme süresi.

AYRILMA/DALLANMA YERİ (ABZWEIGSTELLE): Anahatlarda trenlerin bir hattan başka bir hatta geçiş yapabildikleri blok yeri.

BAĞIL FREN MESAFELİ SEYİR (FAHREN IM RELATIVEN BREMSWEGABSTAND): İki tren arasındaki izleme mesafesinin en az trenlerin fren mesafeleri arasındaki farka eşit olduğu güvenli tren izleme uygulaması.

BAĞIMSIZ İZİN (EINZELERLAUBNIS): Her bir bağımsız tren hareketi için aynı yöndeki tren bildirim yerinden işgal bildirimi verilmesi gereken zıt yönlü hareket güvenliğine yönelik blok çalışma biçimi.

BAĞLANTI/BİRLEŞME HATTI (ANSCHLUSSBAHN): Trafiğe kapalı demiryolundan trafiğe açık demiryoluna geçiş yapılan hat. (Bkz.: şantiye hattı)

BAĞLANTI/BİRLEŞME YERİ (ANSCHLUSSSTELLE): Anahattan - şantiye hattına erişmek için- birleşme hattına manevra yaparken geçişe kapatılan blok kesimi. (bkz. Geçiş Birleşme Yeri)

BARİYER SİNYALİ (DECKUNGSSIGNAL): Bariyer yerlerinde güvenliği sağlayan uyarıcı sinyal.

BARİYER YERİ (DECKUNGSSTELLE): Anahatlarda özellikle hareketli köprülerde, kavşaklarda, içiçe geçmiş hatlarda ve bakım yapılan hatlarda tren işletimini düzenleyen demiryolu tertibatı.

BASİT HAT DIŞLAMASI (EINFACHER FAHRSTRASSENAUSSCHLUSS): Yalnızca sinyal bağlantılarının otomatik etkileşimiyle sağlanan hat (çatışan güzergahlar) dışlama işlemi.

BAŞLANGIÇ SİNYALİ (STARTSIGNAL): Hat başlangıcındaki ana sinyal veya işgal sinyali (Bkz. Bitiş sinyali)

BİLDİRİM (ABMELDUNG): Tren kalkışlarını bir sonraki istasyona ve ilgili diğer istasyonlara bildiren mesaj.

BİLDİRİM ALIŞVERİŞİ (ANBIETEN UND ANNEHMEN): İki istasyonla sınırlanan tek hatlı (çift yönlü) bir demiryolu kesiminde seyreden trenin hareketine ilişkin bildirimler

BİLGİSAYAR DESTEKLİ TREN İZLENMESİ (RECHNERGESTÜTZTE ZUGÜBERWACHUNG): Aktarma merkezlerinde tren işletimini izlemeye yarayan uygulama.

BİRLEŞME HATLARINA YÖNELİK DEMİRYOLU YAPIMI VE İŞLETİMİ YÖNETMELİĞİ (EISENBAHN-BAU UND BETRIEBSORDNUNG FÜR ANSCHLUSSBAHNEN (EBOA/BOA)): Federal Almanya Cumhuriyeti yerel yönetimlerinin birleşim hatlarının yapımı ve işletimine yönelik hukuki mevzuatı.

BİTİŞ SİNYALİ (ZIELSIGNAL): Bir hattın sonunda bulunan ana sinyal veya dur (işgal) sinyali.

BLOK (BLOCKSTELLE): Blok hattını sınırlayan demiryolu tesisi. Blok yerleri istasyonlar, kesişme yeri, aktarma yeri, birleşim yeri, bekleme noktası, bekleme yeri veya bariyer yeri (hemzemin geçiş) şeklinde oluşturulabilir.

BLOK BOŞALTMA MESAFESİ (DURCHRUTSCHWEG): Sinyalden sonra hat kesiminin tamamıyla boşaltılması için gereken mesafe. (Blok sonundaki sinyalle conta yeri arasındaki mesafe).

BLOK BÖLGESİ (BLOCKFELD): Eski tesislerde blok bağlantılarının oluşturulması için kullanılan geleneksel elektromanyetik kilitleme düzeni. Bu düzen kısmen modern sinyalizasyon tesislerinde de bulunmaktadır.

BLOK HATTI (BLOCKSTRECKE): Sabit aralıklı seyir durumunda, trenlerin sadece işgal edilmemiş olduğunda giriş yapabildikleri hat kesimi.

BLOK KESİMİ (BLOCKABSCHNITT): Blokların temsili gösterimi.

BLOK MANTIĞI (BLOCKLOGIK): Blok tertibatlarında ön bloklama, geri bloklama ve yetki (izin) değişikliğinin gerçekleştirilmesiyle ilgili çalışma mantığı.

BLOK SEYİR YOLU (BLOCKFAHRSTRASSE): Anahat üzerindeki blokların merkezi olarak düzenlendiği makassız seyir yolu.

BLOK SİNYALİ (BLOCKSIGNAL): Anahat üzerinde bir bloğa girişi sağlayan ana sinyal.

BLOK TERTİBATI (BLOCKANLAGE): Blok kesiminin işgal durumunu yalnızca kontrol noktası aracılığıyla veya tren geçişiyle belirleyen tertibat.

BOŞALTMA KONTROLÜ (RÄUMUNGSPRÜFUNG): Bir trenin conta yerini tamamen geçtiğinin ve dur işareti aldığının belirlenmesi.

BOŞALTMA SÜRESİ (RÄUMFAHRZEIT): Bir hat kesiminin ve sonraki blok boşaltma mesafesinin tamamen boşaltılması için gerekli süre. Boşaltma süresi işgal süresinin bir bileşenidir.

BÖLGELİ BLOKLAMA (FELDERBLOCK): Blok ilişkilendirmelerinin blok bölgeleriyle sağlandığı otomatik olmayan blok sistemi.

BÜTÜNLEŞİK SABİT ARALIKLI ORER (INTREGRAIER TAKTFAHRPLAN): Aktarma noktalarında, birbiriyle bağlantılı seferlerin hareket zamanlarının uyumlu bir aktarmayı sağlayacak şekilde düzenlendiği sabit aralıklı hareket planı.

COĞRAFİ HAT KİLİTLEMESİ (GEOGRAFISCHE FAHRSTRASSENBLOCK): Bağımsız yol bileşenlerinin hat düzenlemesi için birbiriyle ilişkili mantıksal nesneler olarak tanımlandığı kilit sistemi. Hat düzenlenirken, önceden belirlenmiş kurallara göre başlangıçtan varışa kadar bir rota araştırılır.

CONTA (TREN BİTİM) YERİ (ZUGSCHLUSSSTELLE): Bir hat kesiminde (blok kesimi, hat) işgal durumunun kalkabilmesi için bir trenin tamamen terketmesi gereken yer.

CONTA YERİ (SIGNALZUGSCHLUSSSTELLE): Blok bitiminde, bir gerideki blok artçıl trenin geçişine açılmadan önce, öncül trenin arka ucunun tamamıyla geçmesi gereken yer.

ÇEKİCİ ARAÇ KARAKTERİSTİĞİ (TRIEBFAHRZEUGCHARAKTERISTIK): Çekici aracın hıza bağlı çekim kuvvetinin ifadesi.

ÇIKIŞ GECİKMESİ (AUSBRUCHVERSPÄTUNG): Ele alınan sistemin (hat kesimi, düğümler, ağ kesimi) sınırlarında sistemi terkeden trenin gecikmesi.

ÇIKIŞ SİNYALİ (AUSFAHR SIGNAL): İstasyonlardan ayrılarak anahatta geçişi sağlayan ana sinyal.

ÇİFT YÖNLÜ HAT İŞLETİMİ (GLEISWECHSELBETRIEB): Çift hatlı demiryollarında hatların sinyaller yardımıyla iki yönlü kullanılabilirdiği işletim yöntemi.

ÇİZELGE/ORER KAPASİTESİ (FAHRPLANLEISTUNGSFÄHIGKEIT): Tampon süre kullanmaksızın, önceden belirlenmiş sabit kalkış aralıklarına ve pazardaki talebe uygun düzenlemelerle oluşturulabilecek maksimum tren çizgisi sayısı.

ÇOKLU BLOK SİNYALİZASYONU (MEHRABSCHNITTSSIGNALISIERUNG): Bir ana sinyalin birden çok blok kesiminin serbestliği (işgal durumu) hakkında bilgi verebildiği sinyalizasyon uygulaması. (Bkz: tekli blok sinyalizasyonu)

DARBOĞAZ TAMPON SÜRESİ (ENGPASSPUFFERZEIT): Trafik yükü fazla olan hat kesimlerindeki orerlerin oluşturulmasında kullanılan azaltılmış tampon süre.

DEMERAJ (KALKIŞ) DİRENİMİ (ANFAHRWIDERSTAND): Kalkıştaki dinamik direnim.

DEMİRYOLU TESİSLERİ (BAHNANLAGEN): Yolcu ve yük taşımacılığı ile güvenliğinin sağlanması amacıyla bölge yetkililerinin denetimi altında olan araziler, yapılar ve diğer tesisler.

DEMİRYOLU YAPIMI VE İŞLETİMİ YÖNETMELİĞİ (EISENBAHN-BAU UND BETRIEBSORDNUNG (EBO)): Federal Almanya Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı'nın trafiğe açık demiryolu yapımı ve işletimine yönelik hukuki mevzuatı.

DİNGİL SAYACI (ACHSZÄHLER): Bir hat kesiminin işgal edilmiş olup olmadığını anlamak için bu kesimin her iki ucuna dingil algılayıcıları yerleştirilir. Bu algılayıcılarla belirlenen dingil sayılarının karşılaştırılmasıyla hat kesiminin boş olup olmadığını tespit eden işgal bildirim donanımı.

DİSPEÇER (ZUGLEITER): Bir hattın seyir denetiminden sorumlu görevli.

DOĞRUDAN YAN HAT KORUMASI (UNMITTELBARER FLANKENSCHUTZ): Teknik yan hat koruma tertibatlarıyla (koruma makasları, engelleme takozları, sinyaller) sağlanan yan hat koruması. (Bkz: dolaylı yan hat koruması)

DOLAYLI YAN HAT KORUMASI (MITTELBARER FLANKENSCHUTZ): Yalnızca işletim düzenlemeleriyle (manevra yasağıyla) sağlanan yan hat koruması. (Bkz.: Doğrudan yan hat koruması)

DUR (İŞGAL) SİNYALİ (SPERRSIGNAL): Trenlere ve manevra hareketlerine seyir yasağı koyan sinyal.

DURMA NOKTASI (HALTEPUNKT): Trenlerin orere uygun olarak durduğu, harekete geçtiği veya hareketi tamamladığı makassız demiryolu tesisi. Bir durma noktası aynı zamanda blok yeri olarak düzenlenebilir.

DURMA YERİ (HALTESTELLE): Konum olarak bir durma noktasıyla bağlantılı olan ayrılma, aktarma veya bağlantı (birleşme) yeri.

EK FRENLEME SÜRESİ (BREMSZUSCHLAGZEIT): Rejim hızıyla hareket eden trene göre tam duruş için gereken ek süre.

EK KALKIŞ SÜRESİ (ANFAHRZUSCHLAGZEIT): Duran bir trenin, seyir halindeki trenin hareketine göre, kalkış için harcadığı ek süre.

ELEKTROMEKANİK SİNYAL KABİNİ (ELEKTROMECHANISCHES STELLWERK): Dış sinyal düzeneklerinin elektriksel olarak kontrol edildiği ve manivelalar arasındaki bağlantının mekanik bir kilitleme kutusu ile sağlandığı sinyal kabini.

ELEKTRONİK SİNYAL KABİNİ (ELEKTRONISCHES STELLWERK (ESTW)): Çalışma ve güvenlik mantığının yazılımlarla sağlandığı ve mikroişlemciyle denetlenen sinyal kabini.

ELEKTROPNÖMATİK SİNYAL KABİNİ (ELEKTROPNEUMATISCHES STELLWERK): Dış sinyal düzeneklerinin elektrik kumandalı basınçlı hava tertibatı ile ayarlandığı ve manivelalar arasındaki bağlantının mekanik bir kilitleme kutusu ile sağlandığı sinyal kabini.

EN KÜÇÜK İZLEME SÜRESİ (MINDESTZUGFOLGEZEIT): Birbirini izleyen iki trenin güvenli bir şekilde hareket edebilmesi için teknik olarak uygulanabilecek en küçük izleme süresi.

ENGELLEME TAKOZU (GLEISSPERRE): Tehlike oluşturabilecek bir trenin korunan hatta girmesini engelleyen yan hat koruma tertibatı.

EŞGÜDÜM (SENKRONİZASYON) SÜRESİ (SYNCHRONISATIONSZEIT): Belirli bir zaman aralığındaki aktarmaların gerçekleştirilmesi ve/veya kalkış zamanlarının birbirine uyumlu hale getirilmesi için plana uygun bekleme süresi.

GEÇİŞ HIZI (ÜBERGANGSGESCHWINDIGKEIT): Çekici araç karakteristiğinde, çekim kuvvetinin tekerlekle ray arasındaki sürtünme kuvveti sınırında bulunan nokta. Geçiş hızının üzerindeki hızlarda çekim kuvveti çekici aracın gücüyle sınırlıdır.

GEÇİŞİN YAPILDIĞI BİRLEŞME YERİ (AUSWEICHANSCHLUSSSTELLE): Şantiye hattına geçişin tamamlanmasının ardından blok kesimini işgale açan birleşme yeri.

GERİYE BLOKLAMA (RÜCKBLOCKUNG): Bir blok kesimi ve izleyen blok boşaltma mesafesinin tamamıyla boşaltılmasından sonra blok kesiminin başındaki sinyal kilidinin kaldırılması (Bkz.: ön bloklama)

GİRİŞ GECİKMESİ (EINBRUCHVERSÄTUNG): Trenin sistemin (hat kesimi, düğümler, kısmi ağ) sınırındaki giriş gecikmesi.

GİRİŞ SİNYALİ (EINFAHR SIGNAL): İstasyona girişi sağlayan ana sinyal.

HAT DÜZENLEME SÜRESİ (FAHRSTRASSEN BILDEZEIT): Bir hattın düzenlenmesi komutunun verilmesinden başlangıç sinyali geç konumuna getirilinceye kadar geçen süre. Aynı zamanda, bir hattın güvenli konuma getirilmesi için gerekli süre olarak da tanımlanmaktadır. Hat düzenleme süresi, işgal süresinin bir bileşenidir.

HAT DIŞLAMASI/ROTA ÇATIŞMASI (FAHRSTRASSENAUSSCHLUSS): Tehlike arzeden iki güzergahın aynı anda düzenlenmesinin önlenmesi. (Bkz.: basit hat dışlaması, özel hat dışlaması)

GÜZERGAH/HAT (FAHRSTRASSE): Seyir veya manevra hareketi için güvenli olarak düzenlenen yol. Anahat, yan hat ve manevra hatları güvenlik düzeyleri bakımından farklıdır.

HAREKET GÜCÜ (BEFÖRDERUNGSENERGIE): Bir hat kesiminde ortalama seyir hızı için birim zamanda harcanan enerji.

HAT (STRECKE): İki nokta arasında trenlerin plana uygun olarak hareket ettikleri ve kendi kilometrajına sahip bir veya daha fazla yoldan oluşan bağlantı.

HAT BLOĞU (STRECKENBLOCK): Belirli aralıklı seyir için gerekli güvenlik tertibatı. Bloklar otomatik veya otomatik olmayan şekilde uygulanabilir.

HAT BOŞALMA BİLDİRİMİ (RÜCKMELDUNG): Geride kalan bir tren izleme yerinde boşaltma kontrolünü onaylayan tren bildirimi.

HAT BÖLÜMÜ (TEILSTRECKE): İşletim programının fazla değişmediği ve performansın kapalı gözleminin mümkün olduğu hat kesimi.

HAT DİRENİMİ (STRECKENWIDERSTAND): Tren hareketine karşı koyan hat altyapısının oluşturduğu dinamik direnimsel kuvveti. Hat direnimi, eğim direnimi, kurp direnimi ve tünel direniminden meydana gelir.

HAT DİYAGRAMI KABİNİ (SPURPLANSTELLWERK): Coğrafi hat mantığıyla çalışan sinyal kabini.

HAT DÜĞÜMLERİ (FAHRSTRASSENKNOTEN): Çok sayıda hattın makaslar yardımıyla birleştirildiği bölge.

HAT DÜZENLEME MANTIĞI (FAHRSTRASSENLOGIK): Kumanda merkezinde hatların güvenliğini sağlamak amacıyla oluşturulan ilişkilendirmelerin türü ve şekli.

HAT GRUBU İÇİN ARA SİNYAL / KAVŞAK SİNYALİ (GRUPPENZWISCHENSIGNAL): İstasyonlarda -hat- dallanma yerlerinden önce, bu hat grubu için ortak ara sinyal.

HAT GRUBU İÇİN ÇIKIŞ SİNYALİ / KAVŞAK SİNYALİ (GRUPPENAUSSFAHR SIGNAL): Bir hat grubu için ortak çıkış sinyali.

HAT GRUBU SİNYALİ/KAVŞAK SİNYALİ (GRUPPENSIGNAL): Bir hat grubunda seyir yollarının birleşmesinden sonra bu hat grubundaki tüm hatlar için geçerli ana sinyal.

HAT KESİMİ (STRECKENABSCHNITT): İki tren bildirim yeri arasında yer alan anahat kesimi.

HAT KONTROLÜ (FAHRWEGPRÜFUNG): Hattın işgal durumunun ve makaslarla yan koruma düzenlemelerinin tren hareketine uygun olup olmadığının belirlenmesi.

HAT SABİTLEMESİ (FAHRSTRASSEN FESTLEGUNG): Trenin makas yerini terkedene kadar veya belirlenen durma noktasına varıncaya kadar hat kilitlenmesi işleminin geri alınmasını önlemeye yönelik düzenleme.

HAT SERBESTLİĞİ BİLDİREN TERTİBAT (GLEISFREIMELDEANLAGE): Hat kesiminin işgal durumunun taşıtların geçişiyle belirlendiği güvenlik tertibatı.

HAT SİNYALİZASYONU (FAHRWEGSIGNALISIERUNG): Sinyalden sonraki hat kesimi hakkında sinyallerle bilgi gönderilen sinyalizasyon uygulaması.

HATTIN ÇÖZÜLME SÜRESİ (FAHRSTRASSEN AUFLÖSEZEIT): Dar anlamda trenin arka ucunun geçişinin ardından hattın serbest kalması için gerekli süre. Geniş anlamda hat kapasitesi hesaplarında ve bir hat kesiminin (ya da blok kesiminin) işgal durumunun kaldırılma (hat kesiminin boşaltılması) süresinin tanımı için de kullanılmaktadır. Hattın çözülme süresi kitleme süresinin bir bileşenidir.

HATTIN ÇÖZÜLMESİ (FAHRSTRASSEN AUFLÖSUNG): Trenin arka ucu conta yerini geçtikten sonra sonra hattın yeniden düzenlenmesi ve kilitlenmesi.

HATTIN KİLİTLENMESİ (FAHRSTRASSEN VERSCHLUSS): Bir seyir yoluna ait makas ve yan hat koruma tertibatının düzeneğinin kilitlenmesi.

HIZ SİNYALİZASYONU (GESCHWINDIGKEITSSIGNALISIERUNG): Trenin aşmaması gereken hızları gösteren sinyalizasyon uygulaması.

İKİLİ KORUMA MAKASI (ZWIESCHUTZWEICHE): Aynı anda farklı konumlarda yanal koruma görevi görebilen koruma makası.

İKİNCİL TREN (NEBENFAHRZEUG): Demiryolu yapım ve işletim yönetmeliğinin hükümlerine, yalnızca özel giriş koşullarında uyması gereken özel demiryolu taşıtı.

İLERİ SİNYALİZASYON (HOCHSIGNALISIERUNG): Kademeli frenleme uygulamasında ve kısaltılmış blok boşaltma mesafesiyle ilgili hız sınırlama sinyalinin güncellenmesi.

İPTAL MAKASI (VERZICHTWEICHE): Hat dallanma yerinde öncelikli bir seyir için kilidin değiştirilebildiği ikili koruma makası.

İSTASYON (BAHNHOF): Trenlerin kalkış, varış, geçiş veya manevra yaptıkları, en az bir makaslı demiryolu tesisi.

İSTASYON BLOĞU (BAHNHOFSBLOCK): İstasyonlarda farklı sinyal kabinleri arasında haberleşme sağlayan blok kesimi.

İSTASYON DENETLEYİCİSİ (HAREKET MEMURU) (FAHRDIENSTLEITER): Kendisine bağlı işletim yerindeki tren hareketlerinden sorumlu görevli.

İSTASYON İÇİ HAREKET DÜZENİ (FAHRORDNUNG IM BAHNHOF): İstasyon içerisinde, trenin çizelgesine (orerine) bağlı olarak platform/hat kullanımının belirlenmesi.

İSTASYONDAKİ HAREKET/SEYİR DÜZENİ (BAHNHOFSAHRORDNUNG):

İstasyonlarda hareket personeline yönelik önceden hazırlanmış hareket/seyir planı.

İŞARET BLOĞU, İŞARET BAZLI BLOK (TOKEN-BLOCK, TOKENBASIERTER BLOCK):

Blok mantığının, hat kesimine girişin uygun olduğunu belirtmek üzere trene bilgi veren ve blok kesiminin boşalmasından sonra geri alınan fiziksel veya mantıksal veri taşıyıcılarının (ingilizce "token") kullanımı esasına dayanan hat bloğu.

İŞGAL ORANI (BELEGUNGSGRAD): Belirli bir yol kesiminde işgal sürelerine bağlı işgal oranı.

İŞGAL SÜRESİ (BELEGUNGSZEIT): Belirli bir yol kesiminin işgal süresi.

İŞGAL SÜRESİ (SPERRZEIT): Hat kesiminin (blok kesimi, seyir yolu) dolu ve başka trenlerin girişine kapalı olduğu zaman aralığı. İşgal süresi, hat düzenlemesiyle başlar ve tren, bitim yerini geçtikten sonra hat kesiminin artçıl trene açılmasıyla sona erer.

İŞGAL SÜRESİ BASAMAĞI (SPERRZEITENTREPPE): Trenin geçtiği blok kesimlerindeki işgal sürelerinin grafikte gösterimi.

İZİNLİ SEYİR (PERMISSIVES FAHREN): Otomatik bloklu hatlarda yalnızca tren izleme düzenlemesine yarayan ana sinyal dur konumundayken, hareket memurunun özel izni olmanızın trenin dikkatli bir şekilde seyrine devam edebildiği işletim uygulaması. Demiryolu yapım ve işletim yönetmeliğinde izinli hareket uygulamasına izin verilmemiştir.

İZLEME GECİKMESİ (FOLGEVERS PÄTUNG): Gecikmelerin yayılması (aktarılması) nedeniyle meydana gelen tren gecikmesi.

İZLEME SÜRESİ (KALKIŞTAKİ) (VORSRUNGSZEIT): Aynı hat üzerinde birbirini izleyen iki tren arasında kalkıştaki izleme süresi.

İZOLASYON CONTASI (ISOLIERSTOSS): Birbirini izleyen rayların elektriksel izolasyonunu sağlayan ray contası.

İZOLE EDİLMİŞ RAY (ISOLIERTE SCHIENE): Ray kısa devresinden, ray kontağından ve ray devresinden oluşan tren işletim düzenlemesi. İzole edilmiş ray, anahtarlama işleminin trenin son dingili tarafından çözülmesi için kullanılır.

KABİN SİNYALİZASYONU (FÜHRERRAUMSIGNALISIERUNG): Çekici taşıtın makinist kabinindeki ekranda sinyal bildirimi.

KADEMELİ/ÇOK KESİMLİ FRENLEME (MEHRABSCHNITTSBREMSUNG): Fren mesafesinin blok kesimlerine bölündüğü ve hızın sinyallerle kademeli olarak düşürüldüğü sinyalizasyon uygulaması. (Bkz: Kısaltılmış blok, ileri sinyalizasyon)

KALKIŞ GECİKMESİ (ABFAHRTVERS PÄTUNG): Seyir yolunun başındaki kalkış gecikmesi.

KALKIŞTA EN BÜYÜK (AĞIRLIK ANFAHRGRENZMASSE): Çekici taşıtın (lokomotif) belirli bir eğimde kalkış yapabilmesi için izin verilen en büyük katar ağırlığı.

KAPALI BLOK (GESCHLOSSENER BLOCK): Normalde kapalı olan bir bloğun, sadece bir tren blok kesimine girerken ya da öncül trenin bir sonraki blok kesimini tamamıyla geçişinden sonra açıldığı sabit blok sistemi.

KAPASİTE (LEISTUNGSFÄHIGKEIT): Belirli bir işletim programına uygun olarak bir demiryolu işletmesinde üretilen en büyük iş miktarı.

KARŞI YÖNDEKİ HAT (GEGENGLEIS): Çift hatlı demiryolunda normal seyir yönüne zıt yönde hareket edilen hat.

KARŞILAŞMA (KREUZUNG, KREUZEN): Tek hatlı demiryolunda zıt yönde hareket eden iki trenin birbirine yol vermesi.

KARŞILAŞMA İZLEME SÜRESİ (KREUZUNGSZEIT): Aynı hat üzerinde zıt yönde hareket eden iki trenden birinin varışıyla ayrılan trenin kalkışı arasında geçen izleme süresi.

KENTİÇİ HIZLI RAYLI SİSTEM (STADTSCHNELLBAHN): Kentlerde ve banliyölerde kısa mesafeli yolcu taşımacılığının geliştirilmesini amaçlayan yüksek performanslı/kapasiteli raylı sistem. Kentiçi hızlı raylı sistemin temel özellikleri sıklık ve yüksek hızdır.

KISALTILMIŞ BLOK (HALBREGELABSTAND): Kısaltılmış blok kesimlerinde ana sinyalin normal fren mesafesinin yarısında ve ön duraklama sinyalinin iki blok geride bulunduğu sinyalizasyon uygulaması.

KİLİTLEME PLANI, KİLİTLEME TABLOSU (VERSCHLUSSPLAN, VERSCHLUSSTABELLE): Bir kumanda merkezinde hat düzenleme mantığının tablolarla gösterimi.

KONTROL NOKTASI (BETRIEBSSTELLEN): İstasyon ve anahatlarda tren ve manevra hareketlerinin doğrudan düzenlendiği ve güvenliğinin sağlandığı yer.

KORUMA MAKASI (SCHUTZWEICHE): Ayrılma (dallanma) yerinde yan hat koruması sağlayan makas.

KUMANDA MASASI (GLEISBILDSTELLWERK): Bildirimlerin ve hat düzenlemelerin yapıldığı kumanda masası.

KUMANDA MERKEZİ (BETRIEBSZENTRALE): Büyük bir işletim bölgesinde tren hareketlerinin ve seyir hizmetlerinin düzenlendiği merkez.

KÜTLE ARTIŞ KATSAYISI (MASSENFAKTOR): Seyir dinamiği hesaplarında dönme hareketi yapan kütlelerin ataletlerini hesaba katan katsayı.

LİMİT TAŞI (GRENZZEICHEN): Makaslarda ve kesişen hatlarda birleşen yolların güvenli bir şekilde işgal edilme sınırını gösteren işaret.

LZB (Sürekli Tren Kontrolü)-BLOK GÖSTERİMİ (LZB-BLOCKKENNZEICHEN): Yol boyu sinyallerinin kullanılmadığı (sabit sinyalizasyon uygulanmadığı) durumlarda sürekli tren kontrolüyle blok kesimlerinin sınırlarının gösterildiği sinyal panosu.

MAKAS DİLİ KİLİDİ (SPITZENVERSCHLUSS): Makasın dil ucuna yerleştirilen kilit.

MAKAS GÖBEK KİLİDİ (HERZSTÜCKVERSCHLUSS): Hareketli makas göbek uçlarının kilitlenmesini sağlayan bağlantı.

MAKAS KİLİDİ (WEICHENVERSCHLUSS): Makasların uygun konumda korunması için makas dili ve hareketli makas göbeği ucunun sabitlendiği tertibat.

MANEVRA DUR İŞARETİ (RANGIERHALTTAFEL): Kontrol memurunun yazılı komutuyla manevra geçişi yapılabilen sinyal levhası.

MANEVRA DUR SİNYALİ (RANGIERHALTSIGNAL): Sadece manevra hareketi yapan trenlere yönelik dur sinyali.

MANEVRA HAREKETİ (RANGIERFAHRTEN): İstasyon ve bağlantı yerlerinde trenlerin oluşturulması ve ayrılması, vagon değişikliği, yükleme yerlerinin işletimi ve benzeri amaçlarla basitleştirilmiş kurallarla gerçekleştirilen tren hareketi. Manevra hareketleri çok düşük hızla gerçekleştirilir.

MANEVRA HATTI (RANGIERFAHRSTRASSE): Manevra hareketinin güvenli bir şekilde gerçekleştirildiği hat.

MANEVRA YÖNLENDİRİCİSİ (RANGIERBEGLEITER): Makiniste yardımcı olmak amacıyla manevra hareketini yönlendiren görevli.

MEKANİK SİNYAL KABİNİ (MECHANISCHES STELLWERK): Dış sinyal düzeneklerinin kablo ve miller vasıtasıyla kol gücüyle ayarlandığı ve manivelalar arasındaki bağlantının mekanik bir kitleme kutusu ile sağlandığı sinyal kabini.

MERKEZİ BLOK (ZENTRALBLOCK): Bir hattaki blok tertibatlarının bir merkezde bulunduğu otomatik blok sistemi: Merkezi blok mantığı blok kesimleriyle gerçekleştirilir.

MERKEZİ KİLİT (MITTELVERSCHLUSS): Uzun makaslarda dil bölgesindeki ilave makas bağlantısını tamamlayan uç kilidi.

NOKTASAL KİLİT (ZUNGENRIEGEL): Bir makasın düzenlendiği pozisyonda iki dili kilitleyen mekanizma.

NOKTASAL TREN KONTROLÜ (PUNKTFÖRMIGE ZUGBEEINFLUSSUNG (PZB)): Verilerin trene yalnızca belirli noktalarda iletildiği tren kontrolü.

NOMİNAL VERİM (NENNLEISTUNG, NENNLEISTUNGSFÄHIGKEIT): Bir hat kesiminde istenilen işletim kalitesinin sağlanabilmesi amacıyla aşılması gereken trafik yükünün sınır değeri. Nominal verim değeri, yaklaşık olarak 24 saat üzerinden ortalama 0.5'lik zincirleme işgal oranına karşılık gelmelidir.

NORMAL FREN MESAFESİ (REGELBREMSWEG): Hat üzerinde, trenlerin frenlemesi işini de gören güvenlik tertibatlarının yerleştirildiği fren mesafesi.

NORMAL HAREKET YÖNÜ (GEWÖHNLICHE FAHRTRICHTUNG): Anahat üzerindeki seyir düzenine uygun hareket yönü.

NORMAL KONUMDAKİ MAKAS (REGELSTELLUNGSWEICHE): Anahatta tanzim edilmiş ve kilitlenmemiş haldeki makas.

ORER/ÇİZELGE, SEYİR PLANI (FAHRPLAN): Trenin hareket günlerine, seyir sürelerine, hızına ve güzergahına bağlı olarak tahmini seyir düzeninin belirlenmesi.

ORER STABİLİTESİ (FAHRPLANSTABILITÄT): Orerin giriş ve seyir gecikmelerinden dolayı meydana gelen izleme gecikmelerini, zaman ve mekan olarak sınırlama ve ortadan kaldırma yeteneği.

OTOMATİK BLOK (SELBSTBLOCK): Blok düzenlemelerinin hat boyunca yerel kontrol kabinleri arasında blok verilerinin iletilmesiyle sağlandığı otomatik blok uygulaması.

OTOMATİK BLOK SİSTEMİ (SELBSTTÄTIGER STRECKENBLOCK): Seyir yönü değişikliği haricinde kontrol memurunun müdahalesine gerek duyulmadığı blok sistemi. Hat boyunca hat serbestliğini bildiren tertibat bulunmalıdır.

OTOMATİK OLMAYAN BLOK (NICHTSELBSTTÄTIGER STRECKENBLOCK): İşlemlerin gerçekleştirilmesi için bir kullanıcıya gereksinim duyulan blok sistemi.

ÖN BLOKLAMA (VORBLOCKUNG): Bir trenin bloğa girişinden sonra, bu hat kesimine yönlendirme yapan tüm ana sinyallerin bu blok tarafından kilitlenmesi. (Bkz: Yeniden bloklama)

ÖN SİNYAL (VORSIGNAL): Fren mesafesindeki bir ana sinyalden önce yerleştirilen ve ana sinyalin görünümünü bildiren sinyal.

ÖNE GEÇME (ÜBERHOLUNG, ÜBERHOLEN): Aynı yönde seyreden farklı hızlardaki trenlerin birbirini geçmesi.

ÖZ GECİKME (URVERSÄTUNG): Bir trenin diğer trenlerin gecikmelerinden kaynaklanmayan kendi gecikmesi.

ÖZEL İKİLİ KORUMA MAKASI (EIGEN-ZWIESCHUTZWEICHE): Aynı anda iki hattı koruyabilen ikili koruma makası. Özel çifte koruma makası, bir hatta aynı zamanda iptal makası olarak kullanılmaktadır.

ÖZEL SEYİR YOLU DÜZENLENMESİ (BESONDERER FAHRSTRASSENAUSSCHLUSS): Sinyaller aracılığıyla düzenlenemeyen, bu nedenle kumanda merkezindeki özel işlemlerle gerçekleştirilebilen seyir yolu düzenlenmesi.

PERFORMANS/BAŞARIM (LEISTUNGSVERHALTEN): İşletim kalitesiyle demiryolu işletmesinin trafik yükü arasındaki ilişki.

PERONA GİRİŞ SİNYALİ (NACHRÜCKSIGNAL): Kentiçi hızlı raylı sistemlerde, giriş sinyaliyle peron (platform) başlangıcı arasında yer alan ve peronda duran bir trenin kalkışı esnasında arkadan gelen trenin perona girişini sağlayan ve bu sayede perondaki değişim süresini kısaltan ara sinyal.

PERONDAKİ AKTARMA SÜRESİ (BAHNSTEIGWECHSELZEIT): Peronlarda bir trenin kalkışıyla bir sonraki trenin varışı arasındaki süre.

PLANA UYGUN BEKLEME SÜRELERİ (PLANMÄSSIGE WARTEZEITEN): Hareket planında belirtilmiş olan bekleme süreleri. Bu süreye planda yer alan karşılaşma ve öne geçmedeki bekleme süreleri ve tren hareketlerindeki uyum (senkronizasyon) süreleri dahildir.

PLANDA YER ALMAYAN BEKLEME SÜRELERİ (AUSSERPLANMASSIGE WARTEZEITEN): İşletim sürecindeki düzensizliklerden kaynaklanan bekleme süreleri (gecikmeler).

RAY DEVRESİ (GLEISSTROMKREIS): Bir hat kesimindeki rayları da kullanarak hattın işgal durumunu algılayan elektrik devresi. Bu kesimin serbestliği, kesimin bir ucundaki algılayıcı tertibatın (rölenin) diğer uçtaki elektrik kaynağından akım almasıyla tespit edilir.

RAYLI SİSTEM YAPIM VE İŞLETİM YÖNETMELİĞİ (VERORDNUNG ÜBER DEN BAU UND BETRIEB VON STRASSENBAHNEN (BOStrab)): Alman Ulaştırma Bakanlığı'nın yerüstü-yer altındaki raylı sistem hatlarına yönelik hukuki mevzuatı.

RÖLE BLOĞU (RELAISBLOCK): Blok ilişkilendirmelerinin röle kontaktlarıyla gerçekleştirildiği otomatik olmayan blok. Röle bloğu çoğunlukla yarı otomatik blok olarak çalışmaktadır.

RÖLE SİNYAL KABİNİ (RELAISSTELLWERK): Tüm ilişkilendirmelerin röle kontaktlarıyla gerçekleştiği sinyal kabini. (Bkz: Kumanda Masası, Tuşlu Kumanda Paneli)

SABİT ARALIKLI ORER (TAKTFAHRPLAN): Bir hat üzerindeki sabit izleme süreli trenlerin seyir planı.

SABİT ARALIKLI SEYİR (FAHREN IM FESTEN RAUMABSTAND): İki trenin birbirini izlemesi durumunda, artçıl trenin hareketine devam edebilmesi için öncül trenin blok kesimini ve blok boşaltma mesafesini tamamen boşaltması gerektiği seyir durumu.

SABİT FREN MESAFELİ SEYİR (FAHREN IM ABSOLUTEN BREMSWEGABSTAND): Aynı yönde hareket eden iki tren arasındaki en küçük izleme mesafesinin artçıl trenin fren mesafesine uygun olacak şekilde düzenlendiği güvenli izleme uygulaması.

SEMAFOR (FORMSIGNAL): Hareketli kol veya levhalarla oluşturulan sinyal.

SERBEST (AÇIK) BLOK (OFFENER BLOCK): Blok kesiminin normalde açık tutulduğu ve yalnızca bir tren tarafından işgal edildiğinde kapatıldığı sabit blok sistemi. (Bkz.: kapalı blok)

SERBESTLİK BİLDİREN KESİM (FREIMELDEABSCHNITT): Bildirim tertibatıyla serbest olduğu bildirilen hat kesimi.

SEYİR BİLDİRİM YERİ (ZUGLAUFMELDESTELLE): Hatlardaki tren izleme durumlarının tren hareketleriyle düzenlendiği işletim yeri (istasyon, sayding gibi).

SEYİR GRAFİĞİ (ORER) (BILDFAHRPLAN): Bir hat üzerinde planlanmış tren seyirlerinin yol-zaman grafiği ile gösterimi.

SEYİR İZNİNİN GERİ ALINMASI (RÜCKGABEZWANG): Bir tren hareketinden sonra, bu tren hareketi için algılanan tüm serbestlik bildirimlerinin geri alınmasını gerektiren istasyon bloğu düzenlemesi.

SEYİR PLANI (TARİFE, LİVRE) (BUCHFARPLAN): Demiryolu personeline yönelik seyir planı (livre). Seyir sürelerini, izin verilen hızları ve bir trenin seyir güzergahı üzerindeki özel işletim durumlarını içerir.

SEYİR SÜRESİ ÖNERİLERİ (FAHRZEITZUSCHLAG): İdeal seyir süresi elde etmek için küçük gecikmelerin dengelenmesi amacıyla seyir planında yer alan öneriler.

SEYİR YÖNÜ DEĞİŞİKLİĞİ (ERLAUBNISWECHSEL) Çift yönlü işletilen (tek) hatlarda izin verilen seyir yönünün blok tekniğiyle değiştirilmesi işlemi.

SEYİR YÖNÜ İZNİ (RICHTUNGSERLAUBNIS): Bir hat üzerinde iki tren bildirim yeri arasında izin verilen seyir yönünün ("İzin Verilen Seyir Yönü") blok tekniğine uygun olarak düzenlendiği zıt yönlü seyir güvenliği uygulaması. Sadece seyir yönü değişikliğinde işlem gerektirir (Seyir Yönü Değişikliği) (Bkz.: Einzelerlaubnis)

SEYİR ZAMANI ÖLÇÜM NOKTASI (FAHRZEITMESSPUNKT): Hareket/seyir planında verilen varış, kalkış ve geçiş zamanlarına ait kontrol noktalarındaki işaretler. Büyük kontrol noktalarında çok sayıda ölçüm noktası tasarlanabilir.

SİNYAL GÖRÜŞ SÜRESİ (SIGNALSICHTZEIT): Makinistin sinyal görünüşünü güvenli olarak algılaması için gerekli reaksiyon süresi. Sinyal görüş süresi işgal süresinin bir bileşenidir.

SİNYAL IŞIĞI (LICHTSIGNAL): İşaretlerin farklı renkleri veya düzenlemelerle gösterildiği sinyaller.

SİNYAL İLİŞKİLENDİRMESİ/ANKLAŞMAN (SIGNALABHÄNGIGKEIT): Sinyallerin yalnızca, hattaki tüm makaslar ve yan hat koruma tertibatları doğru konumda ve kilitli olduğunda, hareket işareti vermelerini sağlayan güvenlik ilişkilendirmesi.

SİNYAL KABİNİ (STELLWERK): Makas ve sinyallerin merkezi olarak çalıştırılmasını sağlayan güvenlik tertibatı. Bir sinyal kabininde ayrıca güvenlik için gerekli ilişkilendirmelerin gerçekleştirilmesini sağlayan merkezi güvenlik sistemi bulunur. (Bkz.: mekanik sinyal kabini, elektromekanik sinyal kabini, elektropnömatik sinyal kabini, röle kabini, elektronik sinyal kabini)

SİNYAL KONTROL (İZLEME) MESAFESİ (ÜBERWACHUNGSLÄNGE EINES SIGNALS): ABD'den alınmış olan ("control length of a signal") ve sinyal serbest konumdayken sinyali izleyen hat kesiminin açık ve güvenli olduğunu gösteren işaret. Bu işaret genelde Almanya'da kullanılmaz.

SİNYALİZASYONLU TREN İŞLETİMİ (SIGNALISIERTER ZUGLEITBETRIEB): Hattın bir sinyal sistemiyle donatıldığı (basitleştirilmiş) tren işletimi.

STANDART DEMİRYOLU TAŞITI (REGELFAHRZEUG): Koşulsuz olarak demiryolu yapım ve işletim yönetmeliğine uyması gereken demiryolu taşıtı.

STANDART HAT (REGELGLEIS): Normal yönde seyir yapılan çift hatlı demiryolu. (Bkz.: Karşı Yöndeki Hat, Çift Yönlü Hat İşletimi)

SÜREKLİ SEYİR DENETİMİ (ZUGLAUFVERFOLGUNG): Demiryolu ağı üzerinde hareket eden trenlerin ve konumlarının belirlenmesini sağlayan otomasyon tertibatı.

SÜREKLİ TREN KONTROLÜ (LINIENFÖRMIGE ZUGBEEINFLUSSUNG (LZB)): Verilerin trene sürekli olarak iletildiği tren kontrol biçimi.

ŞANTIYE HATTI (WERKBAHN): Sadece manevra ve yükleme/boşaltma amacıyla kullanılan trafiğe kapalı kör hat. Bir şantiye hattı birleşme hattı üzerinden anahatta bağlanır.

TABİİ SEYİR SÜRESİ (REINE FAHRZEIT): Orer'e göre mümkün olan en kısa seyir süresi.

TAMPON ORANI (PUFFERGRAD): İşgal oranının 1.0'den farkı. (Bkz.: zincirleme tampon oranı)

TAMPON SÜRE (PUFFERZEIT): Hareket planı (ORER) oluşturulurken, planda yer almayan gecikmelerin yayılmasını azaltmak amacıyla minimum izleme süresine yönelik olarak dikkate alınan öneriler.

TAŞIT DİRENİMİ (FAHRZEUGWIDERSTAND): Taşıtın hareketini etkileyen dinamik direnim kuvveti.

TAŞIYICI KORUMA MAKASI (TRANSPORTSCHUTZWEICHE): Uzaktan koruma sağlayan bir hat bileşeniyle koruduğu hat arasında yer alan ve yan hat korumasını "taşıyan", (kendisi koruma makası olmayan) makas.

TEHLİKE NOKTASI (GEFAHRPUNKT): Hat üzerinde ana sinyalden sonra trenin geçişi sırasında tehlike oluşturabilecek ilk yer.

TEKLİ BLOK SİNYALİZASYONU (EINABSCHNITTSIGNALISIERUNG): Ana sinyalin, -kendini izleyen- blok kesimi işgal edilmediğinde işaret bildirdiği sinyalizasyon uygulaması.

TELSİZLE TREN KONTROLÜ (FUNKZUGBEEINFLUSSUNG) Hatla tren arasında veri iletimini sağlamak için telsiz araçlarını kullanıldığı sürekli tren kontrolü.

TREN BİLDİRİM YERİ (ZUGMELDESTELLE): Bir hat üzerindeki tren izleme durumlarının düzenlendiği işletim yeri.

TREN BİLDİRİM YERİ ÇİZELGESİ (FAHRPLAN FÜR ZUGMELDESTELLEN): Her bir yön için seyir seçeneklerinin; varış, kalkış ve geçiş hareketlerinin gösterildiği, ayrıca hat kullanımının da yer aldığı tren bildirim yeri çizelgesi.

TREN BİLDİRİMLERİ (ZUGMELDUNGEN): Komşu işletim yerlerindeki dispeçerlerin haberleşmelerini sağlayan bildirimler. Bu bildirimler telsiz haberleşmeleri veya tren numarası bildirim tertibatları aracılığıyla iletilebilir.

TREN ÇİZGİLERİNİN KOORDİNASYONU (TRASSENMANAGEMENT): Belirli bir altyapıda, işleticinin isteği doğrultusunda tren çizgilerinin uyumunu sağlamak için yapılan planlama.

TREN ÇİZGİSİ (FAHRPLANTRASSE): Seyir planında öngörülen altyapı işgali. Seyir planı oluşturulurken, işgal süresi basamaklarına ek olarak gerekli tampon süreler de ayrılmalıdır.

TREN İZLEME SÜRESİ (ZUGFOLGEZEIT): Birbirini izleyen iki tren arasında belirli bir yerde ölçülen zaman farkı .

TREN İZLEME YERİ (ZUGFOLGESTELLE): Anahat üzerinde tren izleme durumlarının düzenlendiği işletim yeri. Bir tren izleme yerinin çalışma biçimi blok tertibatıyla eşleniktir.

TREN KONTROLÜ (ZUGBEEINFLUSSUNG): Önceden hazırlanan seyir grafiğinden sapmalar meydana geldiğinde güvenlik önlemleri (otomatik frenleme) almak amacıyla, hattan trene veri ileten güvenlik tertibatı.

TREN NUMARASI (ZUGNUMMER): Bir trenin ve seyir planının işletme dahilindeki işaretlerle nümerik tanımlaması.

TREN NUMARASI BİLDİRİM YERİ (ZUGNUMMERNMELDEANLAGE): Tren numaralarının dispeçerlerin kullandığı hat diyagramı ekranında/panosunda gösterildiği tren seyir denetimi uygulaması. Tren numara göstergesi kumanda panelinde yer alır.

TREN SEVK İŞLETİMİ (ZUGLEITBETRIEB): Dispeçerin, bir hattaki tren hareketlerini telsiz haberleşmesiyle düzenlediği basitleştirilmiş işletim uygulaması. (Bkz.: sinyalizasyonlu tren işletimi)

TREN SEYİR EŞGÜDÜMÜ (ZUGMITWIRKUNG): Hareket halindeki trenlerin eşgüdümünün, örneğin izole conta yerleri gibi tertibatlarla sağlanması.

TREN SEYİR YÖNETİMİ (ZUGLENKUNG): Hat düzenleme (güzergah oluşturma) komutlarının kumanda merkezinden otomatik olarak gönderilmesini sağlayan otomasyon tertibatı.

TREN SONU LAMBASI (SCHLUSSIGNAL): Trenlerin son vagonunda bulunan ve yerel işletim personelinin gözleyerek trenin hat kesimini tamamen boşalttığını belirleyebildikleri (kırmızı renkli) lamba.

CONTA YERİ (FAHRSTRASSENZUGSCHLUSSSTELLE): Bir hattın veya hat kesiminin çözülebilmesi için trenin arka ucunun (dingilinin) geçmesi gereken yer.

TREN YARDIM HATTI (ZUGHILFSTRASSE): Arıza ve normal işletimden sapma durumlarında hattın geçici güvenliğini sağlayan yardımcı hat.

TREN YOLU (ZUGSTRASSE): Trenlerin normal işletimde seyrettikleri güvenli seyir yolu.

TREN YÖNETİM HATTI (BÖLGESİ) (ZUGLEITSTRECKE): Bir dispeçerin sorumluluğundaki tren işletim hattı (bölgesi).

TREN, TREN HAREKETİ (ZÜGE, ZUGFAHRTEN): Bir seyir planına göre anahat üzerinde veya bir istasyon içerisinde seyir yapan, standart demiryolu taşıtlarından oluşan ve mekanik bir güçle hareket eden üniteler veya çekici araçlar. Uygun ikincil trenler tren olarak kullanılabilir veya trenlere eklenebilir. Trenler için seyir planında belirlenen (izin verilen) hız esastır.

TUŞLU KUMANDA PANELİ (DRUCKTASTENSTELLWERK): Hat düzenlemesinin tuşlarla yapıldığı kumanda paneli.

UZAKTAN KORUMA (FERNSCHUTZ): Korunması gereken seyir yolunu, (kendisine komşu olmayan) uzaktaki bir hattın bileşeniyle koruyan yan hat koruması.

UZAKTAN SEYİR İŞLETİMİ (FUNKFAHRBETRIEB): Tren konumlarının uzaktan otomatik olarak bir merkeze bildirildiği ve bu merkezden seyir onayı alınan işletim uygulaması. Hareketli hat bileşenleri (makaslar) tren tarafından uzaktan denetlenir.

VARIŞ GECİKMESİ (ANKUNFTSVERSÄTUNG): Trenin, bir işletim bölgesindeki varış gecikmesi.

YAKLAŞIM SEYİR SÜRESİ (ANNÄHERUNGSFAHRZEIT): Ön sinyalle ana sinyal arasında gerçekleşen seyir süresi, örneğin fren mesafesindeki seyir süresi (kabin sinyalizasyonunda). Yaklaşım seyir süresi blok işgal süresinin bir bileşenidir.

YAN (İKİNCİL) HAT (NEBENGLEIS): Plana uygun tren hareketinin yapılmasına izin verilmeyen hat.

YAN HAT (SAYDİNG) (NEBENBAHN): İkincil (çoğunlukla yalnızca bölgesel) hat. Yan hatlarda, anahatlara göre yapı ve sinyal tertibatlarında basitleştirmelere izin verilmektedir.

YAN HAT KORUMASI (FLANKENSCHUTZ): Taşıtların hareket halindeyken açılmış bir yola girmelerini önleyen tedbirler. Dolaylı ve dolaysız yan koruma olarak ikiye ayrılmaktadır.

YAN HAT KORUMA MESAFESİ (FLANKENSCHUTZRAUM): Yan koruma sağlayan hat bileşeniyle koruduğu hat arasındaki mesafe.

YARI OTOMATİK BLOK SİSTEMİ (HALBAUTOMATISCHER STRECKENBLOCK): Hareket memurunun tren sonunu tespit etmekten başka bir işleme gerek duymadığı otomatik olmayan blok sistemi.

YÖN DEĞİŞİKLİĞİ (WENDEN): Seyir halindeki veya manevra hareketi yapan bir trenin yönünü değiştirmesi.

YÜKSEK VERİMLİ BLOK (HOCHLEISTUNGSBLOCK): Tren uzunluğundan daha kısa blok kesimlerinde sürekli tren kontrolü ile sinyalizasyon uygulaması.

YÜRÜYEN ARALIKLI (HAREKETLİ BLOKLU) SEYİR (FAHREN IM WANDERN DEN RAUMABSTAND): Seyir halindeki trenin ardından hattın sürekli olarak açıldığı aralıklı seyir uygulaması.

ZİNCİRLEME İŞGAL ORANI (VERKETTETER BELEGUNGSGRAD): Ardarda tren izlemeleri nedeniyle oluşan işgal sürelerinin gözönünde bulundurulduğu; bir hat kesiminin, işgal süresi basamaklarıyla belirlenen zamansal doluluğunun derecesi. (Bkz.: İşgal Derecesi)

ZİNCİRLEME TAMPON ORANI (VERKETTETER PUFFERGRAD): Zincirleme işgal oranının 1'den farkı (Bkz.: Tampon oranı)

ZORUNLU FRENLEME (ZWANGSBREMSUNG): Güvenlik düzenlemelerinden faydalanarak yapılan ani frenleme.

Ek 2 Almanca-Türkçe Demiryolu Terimleri Sözlüğü

Abfahr	: Kalkış
Abfahrauftrag	: Hareket emri
Abfahrtverspaetung	: Kalkış gecikmesi
Abfahrzeit	: Kalkış zamanı
Abfertigungszeit	: Sevk süresi
Ablauf	: Seyir
Abmeldung	: Bildirim
Abstand	: Aralık, mesafe
Abstandszeit	: Aralık süresi
Abzweigstelle	: Dallanma yeri
Achs	: Dingil
Achsabstand	: Dingil aralığı
Achszaehler	: Dingil sayacı
Anbieten des Zuges	: Tren gönderme
Anfahr	: Kalkış
Anfahrwiderstand	: Kalkış (demeraj) direnimi
Anfahrzuschlagzeit	: Ek kalkış süresi
Anfangsfeld	: Başlangıç bölgesi
Ankunft	: Varış
Ankunftszeit	: Varış zamanı
Anlage	: Tertibat, tesisat
Annaeherungsfahrzeit	: Yaklaşım seyir süresi
Annaeherungsverschluss	: Yaklaşım kilidi
Annehmen des Zuges	: Tren kabulü
Anschlag	: Anahtar
Anschluss	: Birleşme, bağlantı
Anschlussbahn	: Birleşme hattı
Anschlussstelle	: Birleşme yeri
Ausbau	: Genişletme
Ausbruch	: Çıkış
Ausbruchsverspaetung	: Çıkış gecikmesi
Ausfaedlung, ausfaedeln	: Hızlanma
Ausfahrtsignal	: Çıkış sinyali
Ausfahr, ausfahren	: Çıkış
Ausfahrsperrzeit	: Çıkıştaki işgal süresi
Ausweichen	: Ayrılma
Ausweichgleis	: Ayrılma hattı
Backenschiene	: Dış ray
Bahnhof	: İstasyon
Bahnhofsbereich	: İstasyon alanı
Bahnsteig	: Platform
Bahnsteiggleis	: Platform hattı
Bedienungstheorie	: Kuyruk kuramı
Beförderungszeit	: Hareket süresi
Begegnung	: Çift hatta karşılaşma
Behinderungszeit	: Engellenme süresi
Belegungsgrad	: İşgal oranı
Belegungszustand	: İşgal durumu
Besetzungszeit	: Doluluk (işgal) süresi

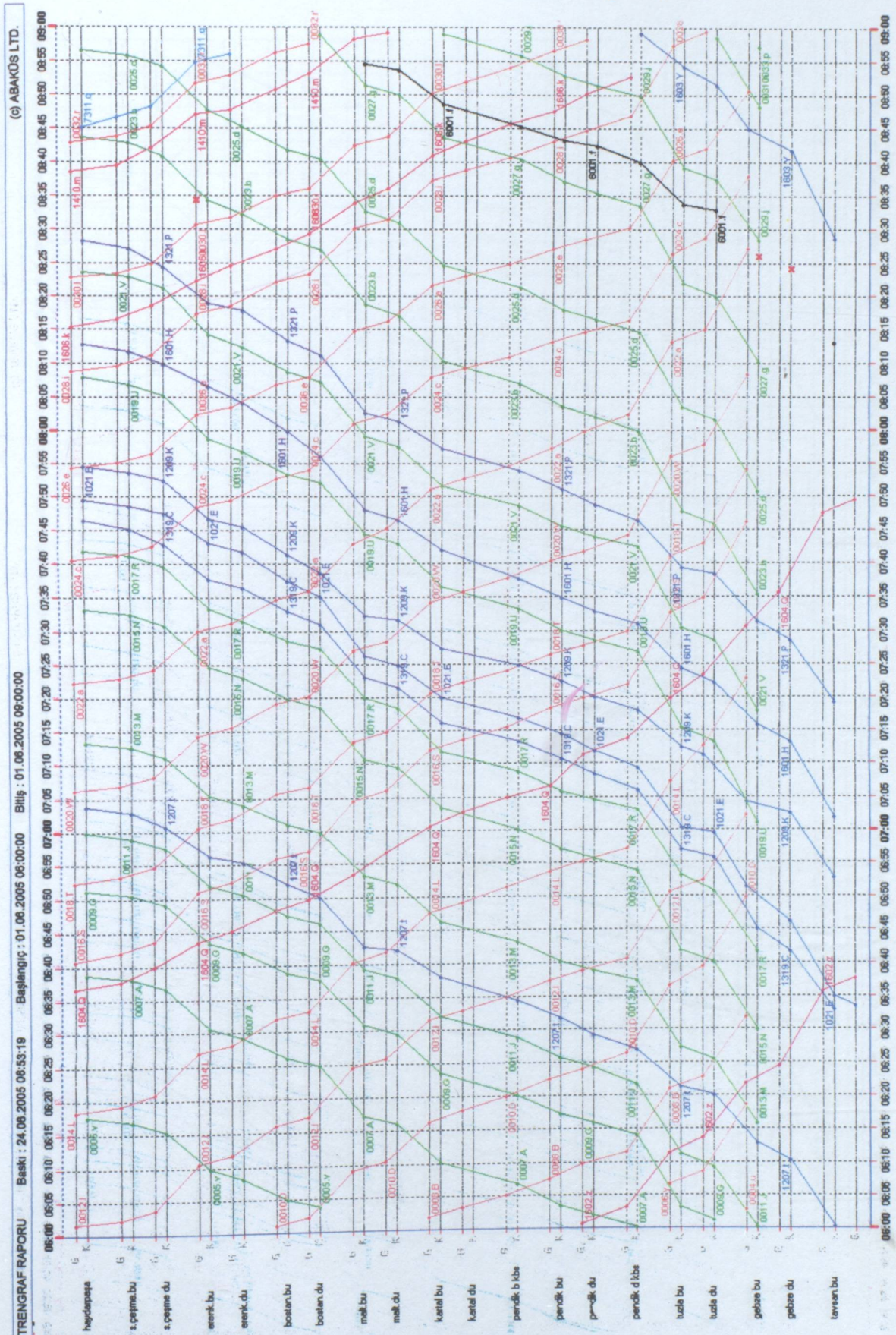
Betriebsablauf	: İşletim süreci
Betriebsdurchführung	: İşletim uygulaması
Betriebsabfahrzeit	: İşletimdeki kalkış zamanı
Betriebspersonal	: Demiryolu işletim personeli
Bevorrechtete Fahrstrasse	: Öncelikli hat
Blockanlage	: Blok tertibatı
Blockfeld	: Blok bölgesi
Blockrelais	: Blok rölesi
Blocksignal	: Blok sinyali
Bremsweg	: Fren mesafesi
Bremszuschlagzeit	: Ek frenleme süresi
Deckungssignal	: Bariyer sinyali
Deckungsstelle	: Bariyer yeri
Drucktastenstellwerk	: Tuşlu kumanda paneli
Durchfahr	: Geçiş
Durchfahrzeit	: Geçiş zamanı
Durchrutschweg	: Blok boşaltma kesimi
Einbruchsverspaetung	: Giriş gecikmesi
Einfädelung, einfädeln	: Yavaşlama
Einfahrtsignal	: Giriş sinyali
Einfahrsperrzeit	: Girişteki işgal süresi
Einfahrt, einfahren	: Giriş
Eingleisige Strecke	: Tek hatlı demiryolu
Einrichtungsbetrieb	: Tek yönlü işletim
Einsteigeschluss	: Yolcu alımının sona ermesi
Einzelerlaubnis	: Bağımsız izin
Eisenbahnbetrieb	: Demiryolu işletimi
Eisenbahnfahrzeug	: Demiryolu taşıtı
Endfeld	: Bitiş bölgesi
Engpasspufferzeit	: Darboğaz tampon süresi
Entblockt	: Blokajı kaldırılmış
Entgleisen	: Raydan çıkma (derayman)
Erlaubnisfeld	: İzin bölgesi
Erlaubnisrichtung	: İzin verilen yön
Fahrdienstleiter	: Hareket memuru
Fahrplan	: Orer, seyir planı
Fahrplanleistungsfaehigkeit	: Orer kapasitesi
Fahrplanstabilitaet	: Orer stabilitesi
Fahrplantrasse	: Orer (tren) çizgisi
Fahrplanunterlage	: Orer taslağı
Fahrstrasse	: Hat, güzergah
Fahrstrassenauflösezeit	: Hat çözülme süresi
Fahrstrassenauflösung	: Hat çözülmesi
Fahrstrassenausschluss	: Hat dışlaması
Fahrstrassenbildezeit	: Hat düzenleme süresi
Fahrstrassengruppe	: Hat grubu
Fahrstrassenknoten	: Hat düğümü
Fahrstrassenverschluss	: Hat kilitlemesi
Fahrstrassenzugschlussstelle	: Conta yeri
Fahrtenabhaengigkeitsplan	: Seyir ilişkileri planı
Fahrtrichtung	: Seyir yönü

Fahrtstellung	: Geç konumu
Fahrtverlauf	: Seyir süreci
Fahrweg	: Hat, seyir yolu
Fahrwegprüfbezirk	: Hat kontrol bölgesi
Fahrwegprüfung	: Hat kontrolü
Fahrzeugwiderstand	: Taşıt direnimi
Felderblock	: Bölgeli bloklama
Fertigmeldezeit	: Hazırlık bildirim süresi
Flankenschutz	: Yan hat koruması
Flankenschutzraum	: Yan hat koruma alanı
Folgefahrerschutz	: İzleme güvenliği
Folgender Zug	: İzleyen tren
Folgeverspaetung	: İzleme gecikmesi
Freie Strecke	: Anahat
Freimeldeabschnitt	: Hat serbestliği bildiren kesim
Frequenzcode	: Kodlanmış elektrik sinyalleri
Führerraum	: Makinist kabini
Führerraumsignalisierung	: Kabin sinyalizasyonu
Geblockt	: Bloke edilmiş
Gefahrpunkt	: Tehlike noktası
Gegenfahrerschutz	: Zıt yönlü seyir güvenliği
Gegengleis	: Karşı yöndeki hat
Geschwindigkeit	: Hız
Geschwindigkeitssignal	: Hız sinyali
Gestaltung	: Düzenleme
Gewöhnliche Fahrtrichtung	: Normal seyir yönü
Gleisabschnitt	: Hat kesimi
Gleisfreimeldeanlage	: Hat serbestliği bildirim tertibatı
Gleisfreimeldung	: Hat serbestliği bildirimi
Gleisgruppe	: Hat grubu
Gleissperre	: Engelleme takozu
Gleisstromkreis	: Ray (elektrik) devresi
Gleisverschlingung	: İç içe geçmiş hatlar
Gruppenausfahrtsignal	: Hat grubu çıkış sinyali
Güterzug	: Yük treni
Güterzugausfahrtsignal	: Yük treni çıkış sinyali
Haltepunkt	: Durma noktası
Haltestelle	: Durma yeri
Hauptgleis	: Anahat
Hauptsignal	: Ana sinyal
Hebel	: Manivela
Herzstückverschluss	: Makas göbek kilidi
Hochsignalisierung	: İleri sinyalizasyon
Isolierstoss	: İzolasyon teması
Isolierte Schiene	: İzole ray
Klammerverschluss	: Mandallı kilit
Kreuzung	: Tek hatta karşılaşma
Kreuzungszeit	: Karşılaşma izleme süresi
Ladegleis	: Yükleme hattı
Mehrabschnittssignalisierung	: Çoklu blok sinyalizasyonu
Mindestzugfolgezeit	: En küçük (minimum) izleme süresi

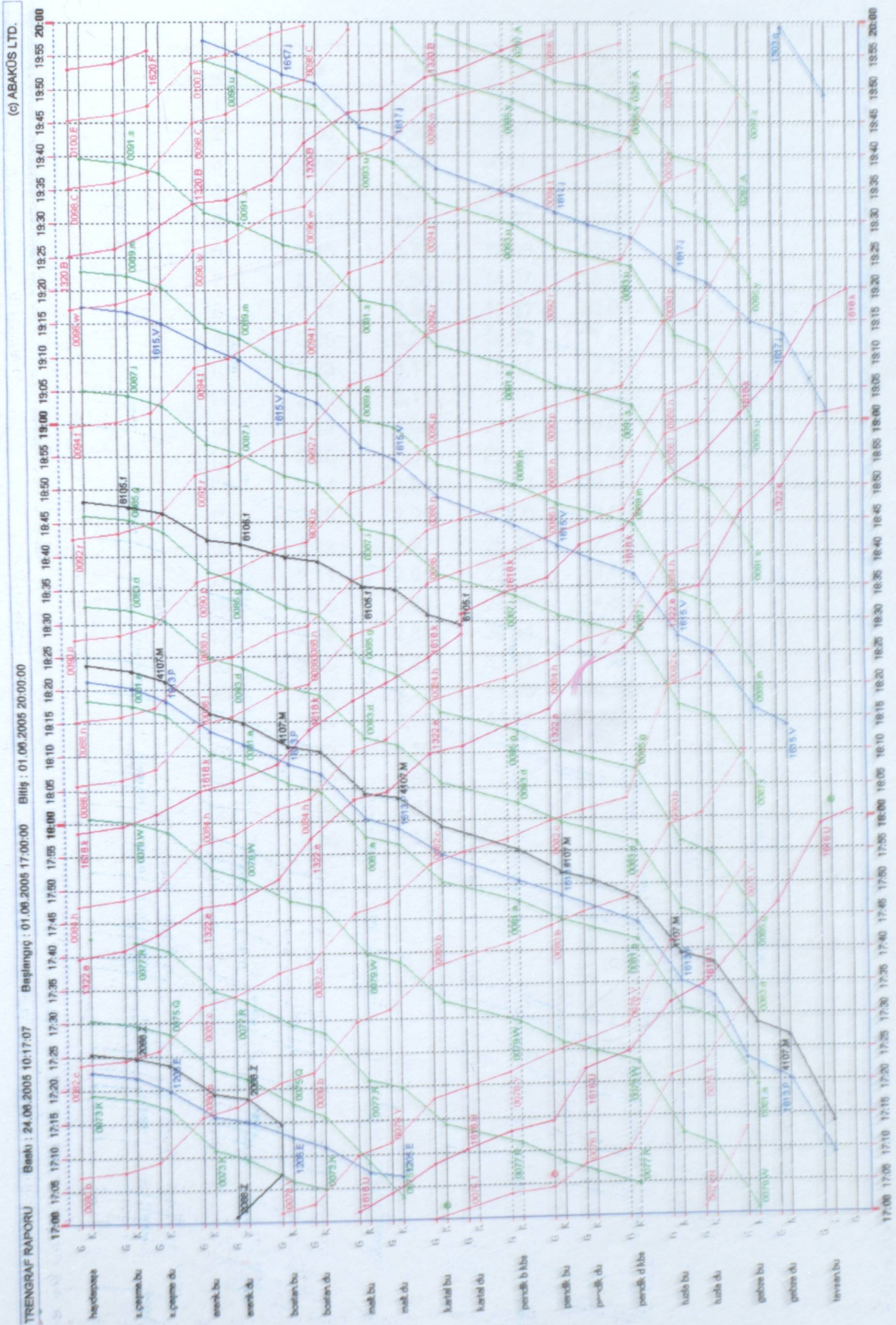
100	100
101	101
102	102
103	103
104	104
105	105
106	106
107	107
108	108
109	109
110	110
111	111
112	112
113	113
114	114
115	115
116	116
117	117
118	118
119	119
120	120
121	121
122	122
123	123
124	124
125	125
126	126
127	127
128	128
129	129
130	130
131	131
132	132
133	133
134	134
135	135
136	136
137	137
138	138
139	139
140	140
141	141
142	142
143	143
144	144
145	145
146	146
147	147
148	148
149	149
150	150
151	151
152	152
153	153
154	154
155	155
156	156
157	157
158	158
159	159
160	160
161	161
162	162
163	163
164	164
165	165
166	166
167	167
168	168
169	169
170	170
171	171
172	172
173	173
174	174
175	175
176	176
177	177
178	178
179	179
180	180
181	181
182	182
183	183
184	184
185	185
186	186
187	187
188	188
189	189
190	190
191	191
192	192
193	193
194	194
195	195
196	196
197	197
198	198
199	199
200	200

Nachfolgezeit	: Varıştaki izleme süresi
Nachrücksignal	: Perona giriş sinyali
Nebenbahn	: Tali (ikincil) hat
Nebenfahrzeug	: Yardımcı demiryolu taşıtı (ikincil tren)
Nebengleis	: Yan hat (sayding)
Personenzug	: Yolcu treni
Pufferzeit	: Tampon süre
Radsatz	: Dingil takımı
Rangierbegleiter	: Manevra yönlendiricisi
Rangierfahrstrasse	: Manevra hattı
Rangierfahrt	: Manevra hareketi
Rangiergrenze	: Manevra sınırı
Rangierhaltsignal	: Manevra dur sinyali
Rangierhalttafel	: Manevra dur işareti
Raeumfahrzeit	: Boşaltma süresi
Raeumung	: Boşaltma
Regelbremsweg	: Normal fren mesafesi
Regelfahrzeug	: Standart demiryolu taşıtı
Regelgleis	: Standart hat
Regelstellungsweiche	: Normal konumdaki makas
Reisezug	: Yolcu treni
Relaisblock	: Röle bloğu
Relaisschaltung	: Röle devresi
Relaisstellwerk	: Röle sinyal kabini
Richtungserlaubnis	: Seyir yönü izni
Rückblockung	: Geri bloklama (bloklamanın geri alınması)
Rückmeldung	: Geri bildirim
Schiene	: Ray
Schienenkontakt	: Ray kontağı
Schienenverkehr	: Raylı işletim sistemi
Schlussignal	: Tren sonu lambası
Schrittschaltwerk	: Ardışık devre
Schutzweiche	: Koruma makası
Selbstblock	: Otomatik blok
Selbstkorrelation	: Oto korelasyon
Sicherungseinrichtungen	: Güvenlik tertibatları (düzenlemeleri)
Signalbild	: Sinyal görünüşü
Signalsicht	: Sinyal görüşü
Signalsichtzeit	: Sinyal görüş (izleme) süresi
Sperrsignal	: İşgal (dur) sinyali
Sperrzeit	: İşgal süresi
Sperrzeitentreppe	: İşgal süresi basamağı
Spitzenverschluss	: Makas dili kilidi
Spitz befahrene Weiche	: Ayrılma noktası makası
Startsignal	: Başlangıç sinyali
Steigung	: Yokuş, eğim
Stellwerk	: Sinyal kabini, kumanda merkezi
Streuereinrichtung	: Kontrol tertibatı
Streckenblock	: Hat bloğu
Streckenblockanlagen	: Hat bloğu tertibatları
Streckenkilometrierung	: Hat kilometraji

Streckschutz	: Tren uzaması/açılması koruması
Streckschutzabschnitt	: Uzama/açılma koruması kesimi
Stumpf befahrene Weiche	: Birleşme noktası makası
Taktfahrplan	: Sabit aralıklı orer (seyir planı)
Triebfahrzeug	: Çekici demiryolu taşıtı
Türöffnungszeit	: Kapıların açılma süresi
Token	: İşaret
Überholung	: Öne geçme
Überleitstelle	: Aktarma yeri
Überwachungslaenge	: Kontrol mesafesi
Verbindungsstange	: Bağlantı mili
Verkettete Streckenpufferzeit	: Kuyruklanmış tampon süre
Verkettete Streckensperrzeit	: Kuyruklanmış işgal süresi
Verketteten Belegungsgrad	: Kuyruklanmış işgal oranı
Verschlusskaste	: Kilitleme kutusu
Verschlussregister	: Kilitleme kutusu
Vertraegliche Fahrstrassen	: Uygun hatlar
Verzichtweiche	: İptal makası
Vorausfahrender Zug	: İzlenen tren
Vorblockung	: Ön bloklama
Vorrang	: Öncelik
Vorsignal	: Ön sinyal
Vorsprungszeit	: Kalkıştaki izleme süresi
Weichenbereich	: Makas bölgesi
Weichenverschluss	: Makas kilidi
Weichenzunge	: Makas dili
Werkbahn	: Şantiye hattı
Zentralblock	: Merkezi blok
Zielsignal	: Bitiş sinyali
Zugangebot	: Tren sunumu
Zugfahrt	: Tren hareketi
Zugfolgestelle	: Tren izleme yeri
Zugfolgezeit	: İzleme süresi
Zuglaufmeldestelle	: Seyir bildirim yeri
Zuglaufmeldung	: Seyir bildirimi
Zuglaufverfolgung	: Sürekli seyir denetimi
Zugleitbetrieb	: Tren sevk işletimi
Zugleiter	: Dispeçer
Zugmeldestelle	: Tren bildirim yeri
Zugmeldung	: Tren bildirimi
Zugnummer	: Tren numarası
Zugschlussbeobachtung	: Tren arka ucunun izlenmesi
Zugschlussstelle	: Tren arka ucu
Zugspitze	: Tren ön ucu
Zugtrasse	: Tren çizgisi
Zugtrennung	: Tren kopması
Zusatzsignal	: Ek sinyal
Zweigleisige Strecke	: Çift hatlı demiryolu
Zweirichtungsbetrieb	: Çift yönlü işletim
Zwieschutzweiche	: İkili koruma makası
Zwischensignal	: Ara sinyal



Ek 3b 1 Haziran 2005 Tarihli Haydarpaşa-Gebze Hattının 17:00-20:00 Saatleri Arasındaki Tren Hareketlerine Ait Trengraf Çıktısı



Ek 4 t (Student) ve Ki-Kare dağılımlarına ait %95 ve %99 güven aralığı değerleri

Serbestlik derecesi	t_{95}	t_{99}	χ^2_{95}	χ^2_{99}
1	12,71	63,66	3,84	6,63
2	4,30	9,92	5,99	9,21
3	3,18	5,84	7,81	11,34
4	2,78	4,60	9,49	13,28
5	2,57	4,03	11,07	15,09
6	2,45	3,71	12,59	16,81
7	2,36	3,50	14,07	18,47
8	2,31	3,36	15,51	20,09
9	2,26	3,25	16,92	21,67
10	2,23	3,17	18,31	23,21
11	2,20	3,11	19,68	24,72
12	2,18	3,06	21,03	26,22
13	2,16	3,01	22,36	27,69
14	2,14	2,98	23,68	29,14
15	2,13	2,95	25,00	30,58
16	2,12	2,92	26,30	32,00
17	2,11	2,90	27,59	33,41
18	2,10	2,88	28,87	34,80
19	2,09	2,86	30,14	36,19
20	2,09	2,85	31,41	37,57
25	2,06	2,79	37,65	44,31
30	2,04	2,75	43,77	50,89
40	2,02	2,70		
60	2,00	2,66		
120	1,98	2,62		
∞	1,96	2,58		

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	02/12/1973	
Doğum Yeri	Mersin	
Lise	1988-1991	İçel Hacı Sabancı Lisesi
Lisans	1991-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
Çalıştığı Kurumlar		
	1997-2001	Kalem Çeviri Bürosu
	2001-Devam ediyor	Boğaziçi Üniversitesi Çeviribilim Bölümü Araştırma Görevlisi

