

Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr



Karekodu okut, bu kitapla
ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.**

978-975-11-8829-8

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin
İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

RAYLI SİSTEMLER TEKNOLOJİSİ ALANI KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER 11 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

RAYLI SİSTEMLER TEKNOLOJİSİ ALANI

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER



II

Ders Materyali



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

RAYLI SİSTEMLER TEKNOLOJİSİ ALANI

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER 11

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Emre GİRAYHAN

Recep ÇEKER



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....: 9907
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 3359

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metni, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI	Yasin Ali ARSLANTAŞ
PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI	Fulya ÖLKEN
REHBERLİK UZMANI	Musa KARABEYESER
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME UZMANI	Özlem ÇABUKEL
GÖRSEL TASARIM UZMANI	Burhan ALKAN

ISBN: 978-975-11-8829-8

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğüne ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

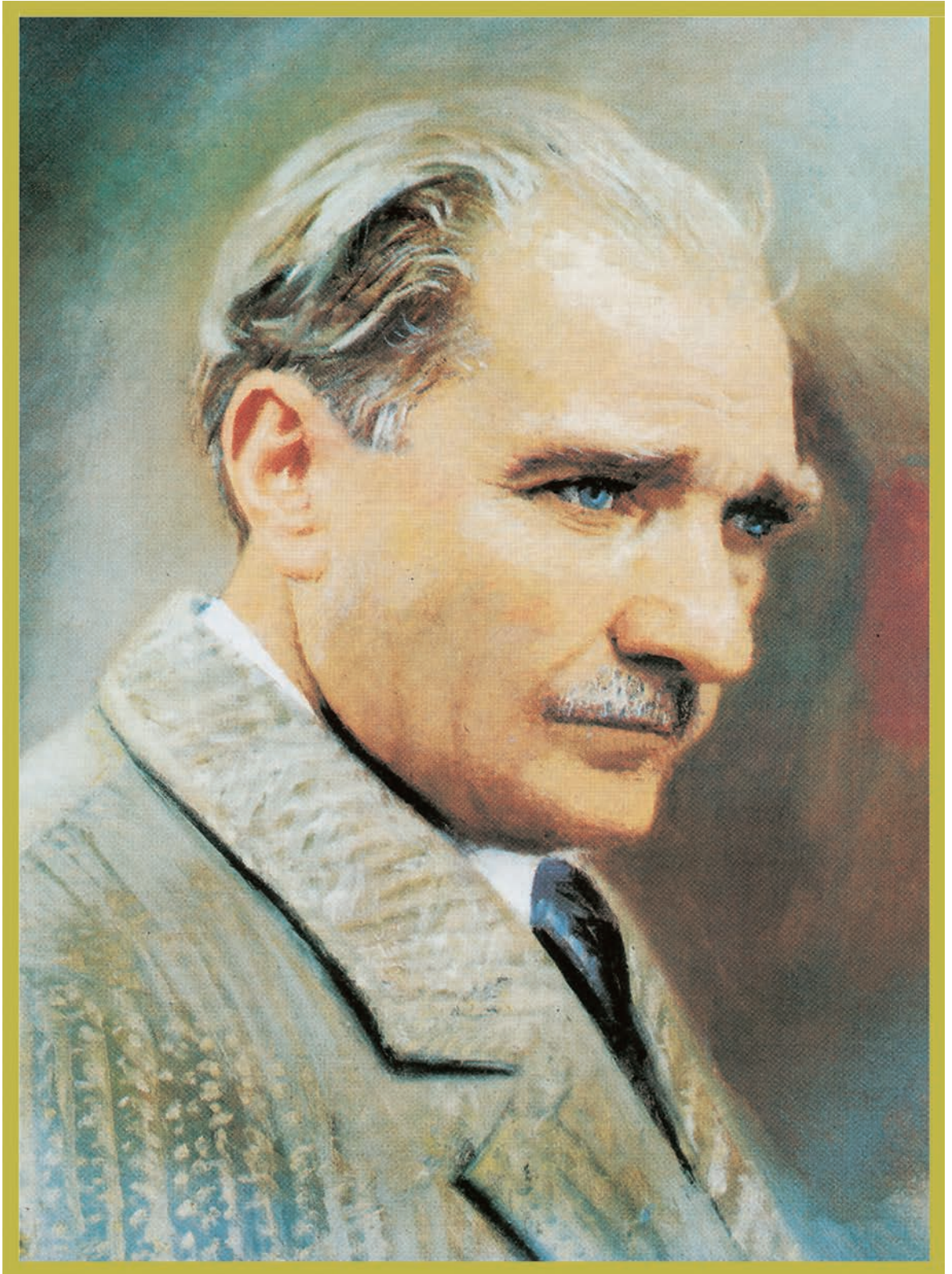
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

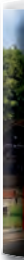
Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaît bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK



İÇİNDEKİLER

1



DERS MATERYALİNİN TANITIMI	14
1. KENT İÇİ TOPLU TAŞIMACILIĞA GİRİŞ	17
GİRİŞ	18
1.1. DEMİRYOLU TARİHİ	18
1.1.1. Dünyadaki Demiryolu Gelişimi	18
1.1.2. Osmanlı Dönemi'nde Demiryolu Gelişimi	19
1.1.3. Cumhuriyet Dönemi'nde Demiryolu Gelişimi	20
1.2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN TARİHİ	21
1.2.1. Türkiye'deki Kent İçi Raylı Sistemlerin Gelişimi	22
1.2.2. Türkiye'deki Kent İçi Raylı Sistemlerin Örnekleri	23
1.2.3. Dünyadaki Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemlerinin Örnekleri	27
1.3. TOPLU TAŞIMACILIĞIN TANIMI VE GEREKLİLİĞİ	28
1.3.1. Kent İçi Toplu Taşımacılığın Tanımı	29
1.3.2. Raylı Sistem Taşımacılığın Kentlerdeki Önemi	29
1.4. KENTSEL ULAŞIMDA ÇEŞİTLİLİKLER	30
1.4.1. Lastik Tekerekli Taşımacılık	30
1.4.2. Deniz Yolu Taşımacılığı	31
1.4.3. Raylı Sistem Taşımacılığı	31
1.4.4. Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Karşılaştırması	32
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	36

2



2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE HAT BİLGİSİ	37
GİRİŞ	38
2.1. DEMİRYOLU UNSURLARI	38
2.1.1. Altyapı	38
2.1.2. Üstyapı	39
2.1.3. Bağlantı Elemanları	42
2.2. DEMİRYOLU HAT GEOMETRİSİ TERİMLERİ	44
2.2.1. Yola Etki Eden Kuvvetler	44
2.2.2. Demiryolu Geometrisini Oluşturan Elemanlar	45
2.3. DEMİRYOLU MAKASLARI	47
2.3.1. Kent İçi Raylı Sistemlerde Kullanılan Makas Çeşitleri	48
2.3.2. Ray Genleşme Contaları (Genleşme Makasları)	50
2.3.3. Makaslarda Hız Limitlerinin Belirlenmesi	50
2.3.4. Makas Kullanım Hataları	50
2.3.5. Metro Makaslarında Manuel Makas Tanzim İşlemi	50
2.3.6. Limit Taşları	51
2.4. TABELA VE YÖNLENDİRMELER	51
2.4.1. Mevkiler	54
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	57

3



3. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE GÜÇ TEMİNİ	59
GİRİŞ	60
3.1. CER GÜCÜ TEMİNİ VE DAĞITIMI	60
3.1.1. Kent İçi Raylı Sistemlerde Cer Gücü Temini ve Dağıtımı	61
3.1.2. Orta Gerilim Sistem Yapısı	63
3.1.2.1. Orta Gerilim Şalt Hücreleri (Cer Gücü Trafo Merkezleri)	63
3.1.3. Doğrultucu Hücreler (Redresör)	64
3.1.4. Negatif Dönüş Hücreleri	64

İÇİNDEKİLER

3.1.5. Doğru Akım (DC) Kesici Hücreler.....	65
3.1.6. AG (Alçak Gerilim) Dağıtım Sistemleri (Yardımcı Güç Trafoları)	65
3.1.6.1. Alçak Gerilimin Dağıtılması	66
3.1.7. SCADA Sistemi.....	66
3.1.7.1. SCADA Sistemi Fonksiyonları	66
3.1.8. Jeneratörler	67
3.1.9. Cer Gücü İletim Sistemleri	68
3.2. KATENER SİSTEMİ.....	69
3.2.1. Konvansiyonel Katener Sistemi (Havai Katener Hattı)	69
3.2.1.1. Katener Sistemi Donanımları	70
3.2.1.2. Katener Direkleri ve Özellikleri	71
3.2.1.3. Katener Gergi Sistemi ve Çeşitleri	71
3.2.2. Rijit Katener Sistemi	72
3.2.2.1. Rijit Katener Sisteminin Avantajları	73
3.2.2.2. Rijit Katener Sistemi Bileşenleri.....	73
3.3. ÜÇÜNCÜ RAY SİSTEMİ	75
3.3.1. Üçüncü Ray	75
3.3.2. Üçüncü Rayın Özellikleri	76
3.3.3. Üçüncü Rayın Bileşenleri	76
3.4. APS SİSTEMİ	80
3.4.1. APS Rayı ve Sistemin Çalışması	80
3.4.2. APS Sistemi Bileşenleri	80
3.4.2.1. APS Ray Yapısı	80
3.4.2.2. APS Sistem Kutuları ve Kabloları	80
3.4.3. APS Sistemi Avantaj ve Dezavantajları	81
3.5. TRENLERE ELEKTRİK ENERJİSİ AKTARIMI	81
3.5.1. Pantograf Sistemi	82
3.5.2. Pantografin Bileşenleri	82
3.5.3. Pantograf Motorunun Genel Yapısı ve Çalışması	83
3.5.4. Pantograf Bakımı ve Kontrolü	83
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	85

4

4. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE SİNYALİZASYON	87
GİRİŞ	88
4.1. SİNYALİZASYON SİSTEMİNİN TARİHÇESİ	88
4.1.1. Raylı Sistemlerde Sinyalizasyonun Amacı	89
4.1.2. Sinyalizasyonun Tarihsel Gelişimi	89
4.1.3. Kent İçi Raylı Sistemlerde Kullanılan Sinyal Lambaları	90
4.2. SİNYALİZASYON TÜRLERİ	91
4.2.1. Ray Devreleri (Tren Algılama)	92
4.2.1.1. İzole Cebireli Ray Devresi	93
4.2.1.2. Kodlu Ray Devresi	94
4.2.1.3. Aks Sayıcı Ray Devresi	94
4.2.1.4. Hareketli Blok Ray Devresi	95
4.3. İNTERLOKİNG SİSTEMİ VE KONTROL MERKEZİ	95
4.3.1. İnterlokıng Sistemi ve Yapısı	96
4.3.2. İnterlokıng Sisteminin Çalışması	96
4.3.3. İnterlokıng Sisteminin Özellikleri	96
4.3.4. İnterlokıng Sisteminin Çeşitleri	97



İÇİNDEKİLER

4.4. TREN KORUMA VE KONTROL SİSTEMLERİ	98
4.4.1. ATS (Otomatik Tren Durdurma) Sistemi	98
4.4.1.1. ATS Sisteminin Yapısı	98
4.4.1.2. ATS Sisteminin Çalışması	98
4.4.2. ATP (Otomatik Tren Koruma) Sistemi	99
4.4.2.1. ATP Sisteminin Yapısı.....	99
4.4.2.2. ATP Sisteminin Çalışması	100
4.4.3. ATC (Otomatik Tren Kontrolü) Sistemi.....	101
4.4.3.1. ATC Sisteminin Yapısı.....	101
4.4.3.2. ATC Sisteminin Çalışması	101
4.4.4. ATO (Otomatik Tren Operasyonu) Sistemi	102
4.4.4.1. ATO Sisteminin Yapısı	103
4.4.4.2. ATO Sisteminin Çalışması	104
4.4.5. CBTC (İletişim Tabanlı Kontrol Sistemi)	104
4.4.5.1. CBTC Sisteminin Yapısı.....	105
4.4.5.2. CBTC Sisteminin Çalışması	105
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	107
5. KENT İÇİ RAYLI SİSTEM İŞLETMECİLİĞİ.....	109
GİRİŞ	110
5.1. MALİYET HESAPLARI	110
5.1.1. Altyapı Maliyeti	110
5.1.2. İşletme Maliyeti	111
5.1.3. Kent İçi Raylı Sistemler Maliyet Hesabı	112
5.2. İŞLETME YAPISI	114
5.2.1. Hat Vardiya Amiri	114
5.3. TREN İŞLETMECİLİĞİ.....	115
5.3.1. Kumanda Merkezi	115
5.3.2. Süpervizör	116
5.3.3. SCADA Operatörü	117
5.3.4. İletişim Operatörü	117
5.3.5. Trafik Operatörü	117
5.3.6. Depo Trafik Operatörü.....	117
5.3.7. Tren Sürücüsü	118
5.4. İSTASYON HİZMETLERİ	119
5.4.1. Yolcu Bilgilendirme	119
5.4.2. İstasyon Aydınlatma, Asansörler ve Yürüyen Merdivenler	119
5.4.3. Güvenlik Hizmetleri	120
5.4.4. İstasyonlarda İlk Müdahale Ekipleri	120
5.4.5. Temizlik Hizmetleri	121
5.4.6. İstasyonların Yönetimi	121
5.4.6.1. Raylı Sistem İşletme Müdürü.....	122
5.4.6.2. Raylı Sistem İstasyonlar Şefi	122
5.4.6.3. Raylı Sistem İstasyon Temizlik Amiri	122
5.4.6.4. Güvenlik Vardiya Amiri	122
5.4.6.5. Planlama Görevlisi	122
5.4.6.6. Kayıp Eşya Görevlisi.....	122
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	124

5



İÇİNDEKİLER

6

6. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE EĞİTİM	125
GİRİŞ	126
6.1. TRAFİK İŞLETMESİNDE EĞİTİM	126
6.1.1. Mesleki Gelişim Eğitimleri	126
6.1.1.1. Oryantasyon Eğitimi	126
6.1.1.2. Sistem Emniyet Bilgisi ve Kurallar Eğitimi	127
6.1.1.3. Güç Bilgisi Eğitimi.....	127
6.1.1.4. Hat ve İstasyon Bilgisi Eğitimi	128
6.1.1.5. Sinyalizasyon ve Haberleşme Eğitimi	128
6.1.1.6. Araç Bilgisi Eğitimi.....	128
6.2. TREN SÜRÜCÜSÜ EĞİTİMİ	129
6.2.1. Tren Sürücüsü Temel Eğitimleri	129
6.2.1.1. İşletme Bilgisi.....	129
6.2.1.2. Demiryolu Teknolojileri	130
6.2.1.3. Temel Elektrik Bilgisi	130
6.2.1.4. Hat Bilgisi.....	130
6.2.1.5. Güç Bilgisi	131
6.2.1.6. Sinyalizasyon ve Haberleşme	132
6.2.1.7. Peron Ekipmanı Kullanımı	133
6.2.1.8. Temel İletişim Becerileri	133
6.2.1.9. İlk Yardım	133
6.2.1.10. Tren Tanıtımı	134
6.2.1.11. Tren Hazırlama ve Kullanma	135
6.2.1.12. Tren ve Hattaki Aksaklıklar	136
6.2.2. Tren Sürücüsü Adayı Olma Şartları	136
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	138

7

7. KENT İÇİ RAYLI SİSTEM ARAÇLARI	139
GİRİŞ	140
7.1. ARAÇ ÇEŞİTLERİ, ARAÇ DİZİLERİ VE ARAÇ NUMARALARI	140
7.1.1. Kent İçi Raylı Sistemlerde Araç Çeşitleri.....	140
7.1.2. Kent İçi Raylı Sistemlerde Araç Dizileri.....	141
7.1.2.1. Raylı Sistem Araç Dizisi Oluşturma	141
7.1.3. Kent İçi Raylı Sistemlerde Araç Numaraları	142
7.2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEM ARAÇ EKİPMANI	144
7.2.1. Araç Üstü Ekipmanı	144
7.2.2. Araç İçi Ekipmanı.....	146
7.2.3. Araç Altı Ekipmanı	148
7.3. ARACIN SİSTEMLERİ	151
7.3.1. Yüksek Gerilim Sistemleri	151
7.3.2. Yardımcı Güç Sistemleri.....	151
7.3.3. Bilgisayar Sistemleri	152
7.3.3.1. VCU Araç Kontrol Ünitesi.....	152
7.3.3.2. GTW Bilgisayarı	152
7.3.3.3. BCU Bilgisayar.....	153
7.3.4. Frenleme Sistemleri	153
7.3.5. Kapı Sistemi.....	155
7.3.6. Kuplaj Sistemleri	156

İÇİNDEKİLER

7.3.7. Cer Sistemi	157
7.3.7.1. Ana Devre Kesici	157
7.3.7.2. Cer Motoru	157
7.3.7.3. Fren Direnci	158
7.3.7.4. MSR Modülü	158
7.3.8. Klima Sistemi	158
7.3.9. Makinist ve Yolcu Bilgilendirme Sistemi	158
7.3.10. CCTV Sistemi	160
7.3.11. Telsiz Sistemleri	160
7.3.12. Yangın ve Duman Algılama Sistemleri	160
7.4. TREN SÜRÜCÜ KABİNİ	162
7.4.1. Makinist Kabininde Bulunan Paneller ve Düğmeler	162
7.5. ARACIN SEVK VE İDARESİ	165
7.5.1. Aracın Canlandırılması	165
7.5.2. Aracın Söndürülmesi	166
7.5.3. Aracın Park Edilmesi	166
7.5.4. Araç Yolcu Kapılarının Kontrolü	167
7.5.4.1. Kapıların İzole Edilmesi	167
7.5.4.2. Kapı Emniyet Koruması	168
7.5.5. Aracın Hareket Ettirilmesi	168
7.5.5.1. Araç Çalıştırma Modu ve Sürüş Yönü	168
7.5.5.2. Trenin Hızlanması ve Yavaşlatılması	168
7.5.6. Aracın Birleştirilmesi ve Çözülmesi	169
7.5.6.1. Aracın Birleştirilmesi (Kuplaj)	169
7.5.6.2. Aracın Çözülmesi (Dekuplaj)	170
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	173

8

8. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE SEFER HESAPLAMA	175
GİRİŞ	176
8.1. SEFER TARİFESİNİN HAZIRLANMASI	176
8.1.1. Sefer Tarifesi Hazırlanırken Dikkat Edilecek Hususlar	176
8.1.1.1. İşletme İstikameti	176
8.1.1.2. Sistemin Kapasitesi ve Fiziksel Yapısı (Temel Kriterler)	176
8.1.1.3. Yolcu Yoğunluğu	176
8.1.1.4. Tren Yolcu Kapasitesi	177
8.1.1.5. Tarife (Sefer Aralığı/Dizi Sıklığı/Headway)	177
8.1.1.6. Yolculuk Süreleri ve Hesaplamaları	177
8.1.2. Dönemsel, Hafta içi ve Hafta Sonu Sefer Tarifeleri Hazırlanırken Dikkat Edilecek Hususlar	179
8.1.3. Sefer Tarifelerinin Oluşturulması	181
8.2. ÇALIŞMA ÇİZELGESİNİN HAZIRLANMASI	183
8.2.1. Orer Grafiğinin Tanımı ve Oluşturulması	183
8.2.2. Sefer Tarifesi	184
8.2.3. Seferlerin Grafiğinin Oluşturulması	184
8.2.4. Görev Numaraları	185
8.2.5. Makinist Çizelgeleri	185
8.2.5.1. İşletme Hesaplama	186
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	190
CEVAP ANAHTARI	191
KAYNAKÇA	193



DERS MATERYALİNİN TANITIMI

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

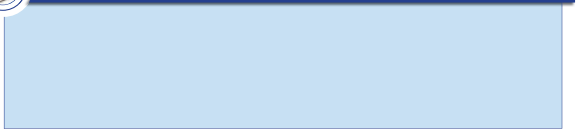


Konuya başlamadan önce hazır bulunuşluk sağlamak için kullanılacak soruları içerir.

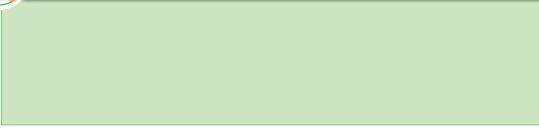
BİLGİ KUTUSU



Konu hakkında kritik öneme sahip bilgileri içerir.



SIRA SİZDE

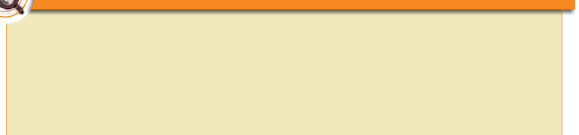


Konuyu pekiştirmek için öğrenciye verilen görevleri içerir.

ARAŞTIRMA



Konu hakkında derin öğrenmeler gerçekleştirilmek üzere yapılması gereken araştırma faaliyetlerinin yer aldığı kutuyu gösterir.



DERS MATERYALİNİN TANITIMI



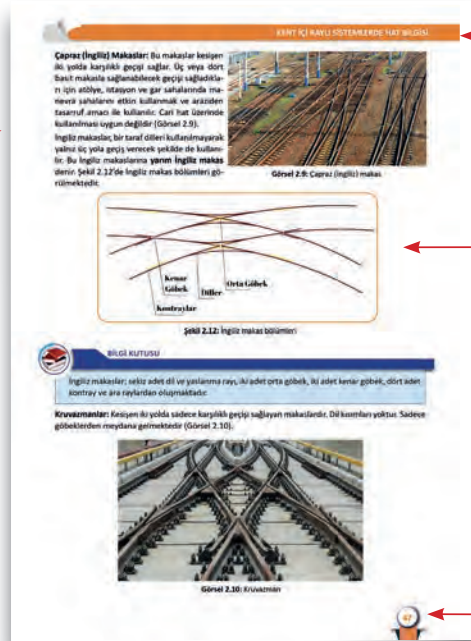
Öğrenme birimi içerisinde temel olarak neler öğrenileceğini gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme birimi içerisinde geçen temel kavramları gösterir.

Öğrenme birimi içerisindeki hazırlık çalışmasını gösterir.

Öğrenme birimi içerisindeki konuları gösterir.



Öğrenme birimi içerisinde yer alan teorik bilgileri içerir.

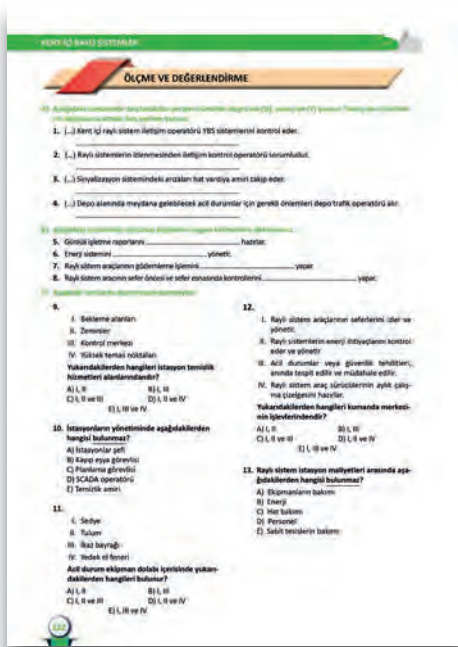
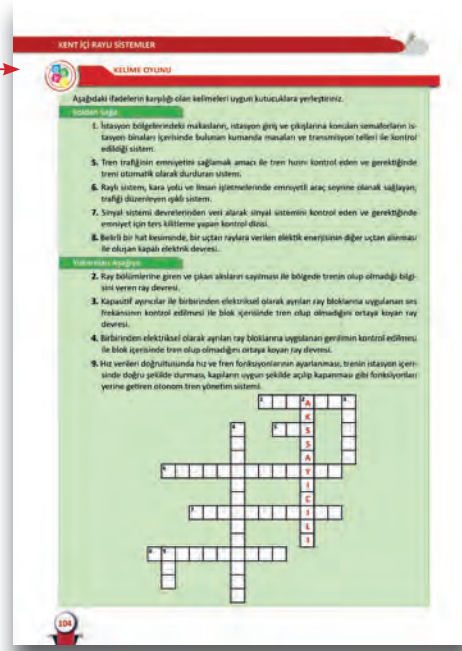
Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme birimi içerisinde yer alan teorik bilgilerin somutlaştırılması amacıyla kullanılan görseller yer alır.

Sayfa numarasını gösterir.

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme biriminde yer alan etkinliği gösterir.



Öğrenme birimi sonlarında yer alan ölçme ve değerlendirme çalışmalarını gösterir.



1. ÖĞRENME BİRİMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Raylı sistem tarihi ve gelişimi
- Kent içi raylı sistemlerin tarihi, gelişimi ve örnekleri
- Toplu taşımacılığın tanımı, gerekliliği
- Kentsel ulaşım çeşitleri ve özellikleri

ANAHTAR KAVRAMLAR

- | | |
|-------------------|----------------|
| • banliyö | • minibüs |
| • kent içi ulaşım | • monoray |
| • LRT | • otobüs |
| • maglev | • raylı sistem |
| • metro | • tramvay |
| • metrobüs | • trolleybüs |

KENT İÇİ TOPLU TAŞIMACILIĞA GİRİŞ

KONULAR

- 1.1. DEMİRYOLU TARİHİ
- 1.2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN TARİHİ
- 1.3. TOPLU TAŞIMACILIĞIN TANIMI VE GEREKLİLİĞİ
- 1.4. KENTSEL ULAŞIMDA ÇEŞİTLİLİKLER



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Bulunduğunuz bölgedeki toplu taşıma araçları nelerdir? Sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Toplu taşıma araçlarıyla yaptığınız yolculuklarda en rahat yolculuk ettiğiniz sistem hangisidir? Düşüncelerinizi sınıfta paylaşınız.

GİRİŞ

Raylı sistem taşımacılığı, yük ve yolcu taşımak için raylı sistem hatları üzerinde yapılan bir taşımacılık türüdür.

1800'lü yıllardan itibaren kullanımına başlanan raylı sistem, insanoğluna önemli avantajlar sağlamıştır. Sanayi Devrimi ile üretilen kitlesel yükler; raylı sistem taşımacılığı sayesinde çok uzak yerlere ulaştırılarak toplumların ekonomik, sosyal ve kültürel hayatlarını etkilemiştir.

Son zamanlarda çevreci ve ekonomik bir taşıma yöntemi olduğu için önem arz etmektedir. Güvenli, uzun ömürlü, enerji tüketimi açısından ekonomik, çevre dostu, yapım maliyetinin düşük olması gibi sebeplerle oldukça avantajlı bir taşıma yöntemidir.

1.1. DEMİRYOLU TARİHİ

İlk zamanlarda insan ve hayvan kuvvetinden faydalanarak genellikle tahta ve taş raylar üzerinde demiryolu taşımacılığı yapılmıştır. Tahta ve taş yerine demirden yapılmış yolların [ray (Görsel 1.1)] tercih edilmesi Orta Çağ'a kadar uzanır. Sonraki dönemlerde, özellikle İngiltere'nin maden ocaklarında, kömür nakleden araçlar bu tür yolları kullanmıştır. Daha sonra demir raylar üzerinde insan ve hayvan gücüyle hareket eden araçlar çoğalmıştır.

Türkiye'deki ilk demiryolu çalışmaları temelde 1802 yılında başlamış olup, sonraki çeyrek yüzyıl içinde hızla gelişip yaygınlaşmıştır. Osmanlı ve Cumhuriyet dönemlerinde ayrı ayrı ele alınan bu raylı sistem çalışmaları detaylı olarak incelenecektir.



Görsel 1.1: Demir ray



BİLGİ KUTUSU

İlk demir ray, 1776 yılında Ben Curr (Ben Kör) tarafından İngiltere 'de Sheffield (Şefiyıl) maden ocaklarında kullanılmıştır.

1.1.1. Dünyadaki Demiryolu Gelişimi

Dünyada demiryollarından teknik bakımdan ilk istifade, 1630 yılında **tramvay** adı verilen araçlarla İngiltere'de gerçekleşmiştir. Daha sonra Amerika Birleşik Devletleri bu gelişmeyi takip etmiştir.

Fransız İhtilali sonrasında Sanayi Devrimi'nin başlamasıyla fabrikalaşmanın ve üretimin artması, ham madde ihtiyaçları ve üretilen ürünlerin pazarlanması, ulaşımı zorunlu kılmıştır. Buhar makinesinin bulunması, ulaşımı kolaylaştırmış ve uygun hâle getirmiştir. 1769 yılında Fransız Nicolas Cugnot (Nikola Kunyo), 1786 yılında ise İngiliz William Murdoch (Vilyım Mördak), buhar gücünü kara yolu ulaşımında kullanan çalışmalar yapmışlardır. 1804 yılında buhar gücüyle giden lokomotif (Görsel 1.2), Richard Trevithick (Rıçhırt Tirevidek) tarafından Glamorgan'da (Gılamorgın) yürütülmüştür. Ancak kullanılan demir rayların lokomotifin ağırlığı altında kolayca kırılması, demiryollarının gelişmesini bir süre engellemiştir.



Görsel 1.2: Buharlı lokomotif



BİLGİ KUTUSU

Richard Trevithick tarafından yapılan lokomotif, 10 ton yük ile 70 kişi taşıyan 5 vagonu çekme kapasitesine sahipti.

Bu konuda asıl gelişme şudur: Northumberland'da (Nortambılın) makine teknisyeni olan Stephenson (Sıtvınsın), My Lord (May Lord) adını verdiği lokomotifini yaparak demiryolları için lokomotif imal etmeye başlamıştır. 1825 yılında İngiltere'de Stockton (Sıtaktın) ve Darlington (Darlington) arasında otuz beş kilometrelik, o zamana kadar yapılmış en uzun demiryolu döşenmiştir. Bu demiryolu, kömür taşımacılığı için yapılmış olsa da aynı zamanda insan taşımada da kullanılmıştır.

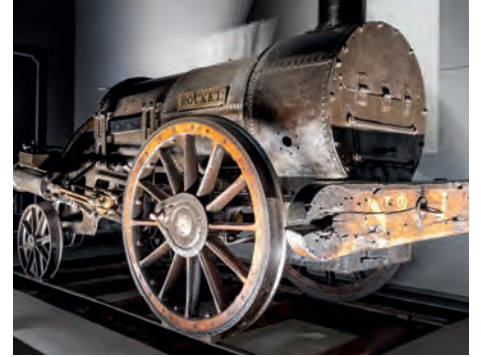
Liverpol (Levirpul) ile Manchester (Mençestır) demiryolları yöneticilerinin düzenlediği bir tren yarışmasına tek başına katılan Stephenson, Raket adlı treni (Görsel 1.3) ile yarışını kazanmıştır. Yarışmadan sonra Stephenson'a Liverpool-Manchester raylı sistem hattının yapımı teklif edilmiştir. Teklifin kabul edilmesiyle 1830 yılında hat, işletmeye açılmıştır.

Sonraki zamanlarda şu devletlerde de demiryolu yapımına başlandığı görülmüştür:

- Fransa'da ilk düzenli demiryolu 1832 yılında St. Etienne (San İtyen) ile Roan (Roğen) arasında
- Almanya'da 1835 yılında Nürnberg (Nönbek) ile Fürt (Füt) arasında
- Belçika'da 1835 yılında Brüksel (Burüksel) ile Malines (Malinis) arasında
- İtalya'da 1839 yılında Napoli-Portici arasında
- Avusturya'da 1848 yılında Glognitz (Gılognitz) ile Mürrzuschlag (Mörzışılığ) arasında
- Japonya'da 1872 yılında Yokohama ile Singawa arasında
- Çin'de 1876 yılında Şangay ile Vuzong kentleri arasında

Çeşitli amaçlarla yapılmış olsa da demiryolları dünya üzerinde süratle yaygınlaşmıştır. Belirli yıllara göre dünyadaki demiryollarının uzunlukları şu şekildedir:

- 1850 yılında 38.600 km
- 1860 yılında 108.500 km
- 1870 yılında 209.000 km
- 1880 yılında 372.500 km
- 1890 yılında 616.200 km



Görsel 1.3: Stephenson tarafından yapılan Raket adlı tren

1.1.2. Osmanlı Dönemi'nde Demiryolu Gelişimi

Osmanlı Dönemi'nde millî sınırlar içinde 23 Eylül 1856 yılında yapımı başlatılan 130 km'lik İzmir-Aydın raylı sistem hattıyla Türk demiryolu tarihi başlamıştır. İngilizler tarafından yapılan bu hat, 1866 yılında tamamlanarak faaliyete geçirilmiştir.

Bu dönemde yapılan ve işletilen demiryolları, yabancı girişimcilerin ortaya koyduğu dış kaynaklı sermaye ile gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde İngiliz, Fransız ve Almanlara km başına kâr güvencesi, demiryolunun 20 km çevresindeki maden ocaklarının işletilmesi gibi imtiyazlar verilmiştir.

Demiryolu, Sanayi Devrimi ile çok önemli ve stratejik bir ulaşım yolu olmuştur. Batılı sermayeciler; Osmanlı topraklarındaki tarım ürünlerini ve önemli madenleri en hızlı biçimde limanlara, oradan da kendi ülkelerine ulaştırmayı hedeflediler. Bu yüzden Osmanlı topraklarında yapılan demiryolu güzergâhlarını kendi iktisadi ve siyasi amaçlarına göre biçimlendirmişlerdir.

1856-1922 yılları arasında Osmanlı topraklarında inşa edilen hatlar:

- Rumeli demiryolları : 2383 km/normal hat
- Anadolu-Bağdat demiryolları : 2424 km/normal hat
- İzmir-Kasaba ve uzantısı : 695 km/normal hat
- İzmir-Aydın ve şubeleri : 610 km/normal hat
- Sam-Hama ve uzantısı : 498 km/dar ve normal hat
- Yafa-Kudüs : 86 km/normal hat
- Bursa-Mudanya : 42 km/dar hat
- Ankara-Yahşihan : 80 km/dar hat

Bu dönemde devlet eliyle Hicaz'da kısa bir demiryolu (Görsel 1.4) ile İstanbul-Bağdat hattının sadece İstanbul-İzmit arasındaki kısmı inşa edilmiştir.

Cumhuriyet Dönemi öncesinde çeşitli yabancı şirketler tarafından inşa edilen demiryolu hattının bir bölümü, Cumhuriyet'in ilanı ile belirlenen millî sınırlar içinde kalmıştır. Osmanlı İmparatorluğu'ndan genç Türkiye Cumhuriyeti'ne; yabancı şirketlere ait 2.282 km'lik normal genişlikte hat, 70 kilometre uzunluğunda dar hat ve devletin yönetiminde olan 1.378 km'lik normal genişlikte hat kalmıştır.



Görsel 1.4: Hicaz'da raylı sistem



SIRA SİZDE

Son yıllarda Türkiye'de demiryolu sektöründe yaşanan gelişmeleri yeterli buluyor musunuz? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.1.3. Cumhuriyet Dönemi'nde Demiryolu Gelişimi

Cumhuriyet Dönemi'nde, millî çıkarlar doğrultusunda kendine yetecek millî ekonominin oluşması hedeflenmiştir. Bu bağlam doğrultusunda I. ve II. Beş Yıllık Sanayileşme Planları'nda demir, çelik, kömür gibi ülke kaynaklarına öncelik verilmiştir. Bu tür kitlesel yüklerin ucuz biçimde taşınabilmesi için demiryolu yatırımlarına ağırlık verilmiştir.

Cumhuriyet Dönemi demiryolu politikaları iki aşamada ele alınır:

- Yabancı şirketlerin elinde bulunan demiryolu hatlarını satın almak ya da anlaşma yoluyla devletleştirmek.
- Mevcut demiryolu hatlarının büyük bölümü Batı bölgesinde yoğunlaştığından Orta ve Doğu bölgelerinin merkez ve sahil ile bağlantısını sağlamak.

Bu dönemde demiryolu yapımı İkinci Dünya Savaşı'na kadar büyük bir hızla sürdürüldü. Savaş nedeniyle 1940'tan sonra yavaşladı. 1923-1950 yılları arasında 3578 km'lik demiryolu tamamlanmıştır.



BİLGİ KUTUSU

1923-1950 yılları arasında yapılan 3.578 km'lik demiryolunun 3.208 km'si, 1940 yılına kadar tamamlanmıştır.

1950 yılında kara yolu ve demiryolu arasındaki rekabet başladı. Kara taşıtlarının daha hızlı ve ekonomik olması, kara yollarının demiryollarına kıyasla daha fazla yolcu ve yük çekmesine yol açtı. Oysa kara yollarının, demiryollarını destekleyecek ve bütünleyecek şekilde geliştirilmesi beklenirken, demiryolları göz ardı edilerek kara yolu yapımına öncelik verildi.

1960 sonrası planlı kalkınma dönemlerinden 1990'a kadar geçen süreçte buharlı lokomotiflerin yerini dizel lokomotifler aldı, ekonomik ömrünü tamamlayan hatlar yenilendi ve demiryollarında kullanılan teçhizat modernize edildi. Ancak tüm bu adımlara rağmen demiryolları ulaşım sektöründe istenilen konuma ulaşamadı. Kalkınma planlarında yapılan düzenleme ve modernizasyon çalışmalarına öncelik verilse de bu planlar uygulamaya geçirilemedi.

2000 yılı sonrasında demiryolları yeniden devlet politikalarının odağına alınmıştır. Artan yatırım ödenekleriyle Yüksek Hızlı Tren (Görsel 1.5) projeleri başta olmak üzere mevcut sistemin modernizasyonu, ileri demiryolu sanayisinin geliştirilmesi ve yeniden yapılanma ana hedefleri doğrultusunda demiryolu yatırımları öncelik kazanmıştır.



Görsel 1.5: Yüksek hızlı tren



ARAŞTIRMA

Türkiye'de demiryollarının tarihsel gelişimini dikkate alarak geçmişten günümüze yapılan yatırımları ve projeleri araştırınız. Bu sürecin Türkiye üzerindeki ekonomik ve sosyal etkilerini değerlendiriniz.

1.2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN TARİHİ

Atlı tramvay (Görsel 1.6) ile başlayan kent içi demiryolu hikâyesi, teknolojinin gelişimiyle buhar ve elektrikli trenlerle taçlanmıştır. Zaman içerisinde gelişen araç teknolojileriyle birlikte önce LRT [Light Rail Transit-Layt Tıransit (Hafif Demiryolu)] daha sonra metro sistemlerine dönüşerek bugünkü modern hâline kavuşmuştur.

Kent içi raylı sistemin ilk örneklerinden atlı tramvay, 1832 yılında Amerika'da Harlem (Harlım) ile Manhattan (Menhedın) arasında yolcu taşımacılığına başlamıştır. Atlı tramvay; 1830'lu yıllarda New York (Nüvyork) ve New Orleans'ta (Nuv Orlıns); 1850'li yıllarda Boston (Bastın), Baltimore (Baltımor), Chicago (Şıkago), Pittsburgh (Pitsbörk) gibi birçok şehirde yaygınlaşmıştır.



Görsel 1.6: Atlı tramvay

1852 yılında oluklu rayın gelişimiyle raylı sistem hattı, kara yolu kaplamasına gömülü olarak teşkil edilmiştir. Bu sayede mevcut kara yolu trafiğine engel oluşturmamış, raylı sistemin gelişim ve yayılımı hızlandırmıştır.

Avrupa'da ilk defa 1853 yılında Paris'te işletmeye açılan atlı tramvay hattı 1860'lı yıllara kadar çok gelişmemiştir. Daha sonra ise Londra (1861), St. Petersburg [San Piterbürg (1863)], Berlin (1865), Viyana (1865), Budapeşte (1866) gibi şehirlerde atlı tramvay hatları açılmış, 1870'li yıllarda ucuz olması nedeniyle özellikle işçi kesiminin tercih ettiği tramvaylar Avrupa'da çok hızlı gelişmiştir.

Atlı tramvayların yüksek işletme maliyetleri, atların beslenme ve bakım zorluğu, çevreye olan etkileri sebebiyle yeni çareler aranmıştır. 1873'te buharla çalışan tramvay, 1880'de ise Rus mühendis Fyodor Pirotsky (Fiyodor Poratski) tarafından elektrikle çalışan tramvay geliştirilmiştir. 1881'de Berlin'de Werner Von Siemens (Verner Fon Zimens) tarafından yapılan ilk elektrikli tramvay hattı işletmeye açılmıştır. Elektrik üretimindeki teknik sorunlar ve elektriğin araçlara aktarımı çözüldüğünde elektrikli tramvaylar, ekonomik olmaları nedeniyle hızla atlı tramvayların yerini almıştır.

1920'li yılların başında özel otomobillerin artması, tramvay işletmecilerine büyük bir darbe vurmuştur. Sıkışık caddelerdeki işletmeyi iyileştirmek ve hat bakım maliyetlerinden kaçınmak için tramvay işletmecileri otobüs işletmesine yönelmiştir. Bu yıllarda tramvay hatlarına gereken ilgi gösterilmemiştir.

1960 yılı itibari ile mevcut tramvay sistemlerinin iyileştirilmesi ve ayrıık şerit uygulanması sayesinde, performansı bir metro sistemine yakın olan hafif raylı sistemler (LRT) ortaya çıkmaya başlamıştır. Almanya şehirlerinin öncülüğünde başlayan LRT hatlarının gelişimi 1970'li yıllardan itibaren sürekli yeniliklere, 2-4 araçlı trenlere, korumalı hat işletmesine, düşük tabanlı araçların ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Böylece dünyada birçok şehirde yüksek kaliteli yolculuk cazibesi olan transit sistemler oluşmuştur.

Atlı tramvay ile başlayan kent içi raylı sistemler serüveni, o günün şartlarında önce yer üstünde hareket eden, kömürlü mekanik sistemlere dönüşmüştür. Daha sonra yer altına inmiş ve elektrik motorlarının gelişmesi ile yer üstü ve yer altı raylı sistem yapıları bugünkü hâline yaklaşmıştır. Bugün ise gelişen motor teknolojileri, yapım yöntemleri ve bilgisayar altyapıları sayesinde daha hızlı, güvenli ve konforlu raylı sistemler, dünya genelinde katenersiz tramvay sistemlerinden sürücüsüz metrolara geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

1.2.1. Türkiye'deki Kent İçi Raylı Sistemlerin Gelişimi

Türkiye'de insan ve eşya nakli için Mehmet Kabuli Paşa tarafından yayımlanan ferman ile 1869 yılında **Dersaadet Tramvay Şirketi** kurulmuştur. İlk atlı tramvay seferi 1871 yılında Azapkapı-Galata arasında başlamıştır. Daha sonra Aksaray-Yedikule, Aksaray-Topkapı, Eminönü-Aksaray hatları faaliyete geçmiştir. Bu hatlarda 430 at, 45 tramvay arabası 1 metre hat genişliği olan raylı sistemde çalışmaktaydı.

1875 yılında buharlı sistem ile çalışan Karaköy-Beyoğlu tüneli (Görsel 1.7) hizmete açılmıştır. Bu tünel aynı zamanda dünyanın ikinci metrosu olma özelliğine sahiptir. Metro tesisinin enerjisi, önceleri 150 beygir gücünde 2 buharlı makine ile sağlanırken 1911 yılındaki yenilemenin ardından elektrikli sisteme geçilmiştir.

1913 yılında Türkiye'nin ilk elektrik fabrikasının kurulmasıyla 1914 yılında ilk kez elektrikli tramvay işletmeciliğine başlanmıştır. İstanbul'da ilk elektrikli tramvay hattı olan Karaköy-Ortaköy hattının açılışı Bedri Bey tarafından 1914 yılında yapılmıştır.



Görsel 1.7: Karaköy-Beyoğlu tüneli

1950'lere gelindiğinde tramvay hatlarının uzunluğu 130 km'ye ulaşmıştır. 1956'da, 56 hatta 270 tren ve 108 milyon yolcu ile zirve yılını yaşamıştır.

27 Mayıs İhtilali sonrası şehirdeki tramvay hizmeti yavaş yavaş durmaya başlamıştır. Hatlar sökülerek yerine o günün şartlarında daha hızlı ve seri hareket edebilen motorlu taşıtların ilerleyebileceği yollar inşa edilmiştir. Eski tramvaylar 1966 yılına kadar hizmet vermeye devam etmiştir.

1961 yılında güç beslenmesi çift havai elektrik hattından sağlanan trolleybüsler (Görsel 1.8) faaliyete geçmiştir. İlk hat Topkapı-Eminönü arasında hizmet vermeye başlamıştır.

Elektrik kesintileri yüzünden sık sık yollarda kalan ve seferleri aksayan trolleybüsler, trafiği engellediği gerekçesiyle 16 Temmuz 1984'te işletmeden kaldırılmıştır.

1980 sonrası yeni bir dönem başlamış ve mahallî idareciler, şehir içi ulaşımında raylı sistemleri de dikkate almaya başlamışlardır.



Görsel 1.8: Trolleybüs



BİLGİ KUTUSU

1968 yılında İETT işçileri tarafından ilk Türk trolleybüsü (Tosun) üretilmiştir.

2003 sonrası raylı sistemlere verilen önem artarak demiryollarında dev projeler hayata geçirilmiş, büyük yatırımlar yapılmıştır. Şehir içi ulaşımı rahatlatmak için birçok ilde yeni projeler gerçekleştirilmiştir. TCDD'nin serbestleştirilmesini öngören kanun 24 Nisan 2013 tarihinde Meclis'ten geçmiştir. Böylece TCDD'nin yeniden yapılanmasının ve sektörde büyük değişikliklerin önü açılarak demiryollarının daha da gelişmesi sağlanmıştır.

1.2.2. Türkiye'deki Kent İçi Raylı Sistemlerin Örnekleri

Türkiye'de çeşitli kentlerde aktif olarak kullanılan raylı sistemler, kent içi ulaşımında kolaylık sağlamaktadır. Türkiye'de kent içi toplu taşımacılıkta kullanılan raylı ulaşım sistemleri; hafif raylı sistem, tramvay, metro, föniküler ve banliyö trenleridir. Türkiye'deki bazı kent içi raylı sistem örnekleri şunlardır:



SIRA SİZDE

Yaşadığınız kentte ulaşımı kolaylaştırmak için sizce hangi toplu taşıma sistemleri kullanılmalıdır? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

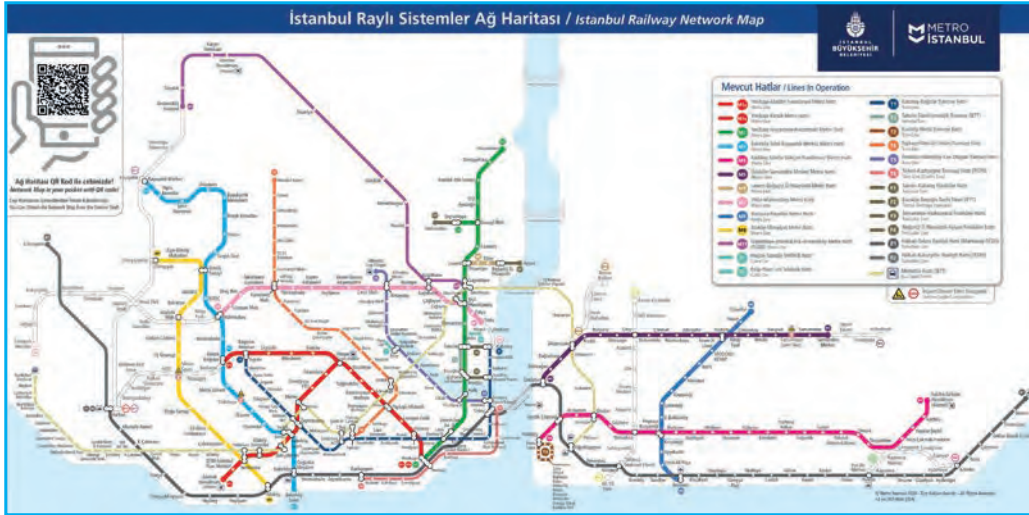


ARAŞTIRMA

Türkiye'deki kent içi raylı sistemlerin tarihsel gelişimini kronolojik olarak araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı tablo haline getirerek sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

İstanbul'da Raylı Sistemler

Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'da metro, tramvay ve föniküler gibi raylı sistemler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Avrupa ve Asya kıtalarını birleştiren Marmaray projesi de İstanbul'un ulaşım ağının önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: İstanbul raylı sistemler ağ haritası

İzmir'de Raylı Sistemler

İzmir, raylı sistemi etkin kullanan kentlerden biridir. Kentte banliyö, metro ve tramvay sistemleri kullanılmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: İzmir raylı sistemler ağ haritası

Ankara'da Raylı Sistemler

Türkiye'nin ilk modern hafif metro sistemini devreye alan şehir olan Ankara'da hafif raylı sistem, metro ve banliyö hattı bulunmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Ankara raylı sistemler ağ haritası

Bursa'da Raylı Sistemler

Bursa, Türkiye'nin sanayi ve turizm açısından önemli şehirlerinden biridir; bu nedenle kent içi ulaşımında raylı sistemlerin kullanımı büyük önem taşır. Şehir içi ulaşımı destekleyen ana raylı sistemler ise Bursa-ray ve tramvay hatlarıdır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Bursa raylı sistemler ağ haritası

Eskişehir’de Raylı Sistemler

Kentin dar sokaklarında dolaşabilecek şekilde tasarlanmış tramvay sistemi bulunmaktadır. Türkiye’de dar ray aralığı (hat açıklığı 1000 mm) kullanılan tek sistem Eskişehir tramvayıdır.

Eskişehir tramvayı 55 kilometre hat uzunluğuna sahiptir. 8 ayrı hat üzerinde toplam 74 istasyonla hizmet vermektedir.

**BİLGİ KUTUSU**

Eskişehir tramvayı; sistem tasarımı, ileri teknolojisi ve çevre kalite yönetimi gerekçeleriyle merkezi Belçika’da bulunan UITP [**Union Internationale des Transports Publics-Unyın internasyonel di Puplih (Uluslararası Toplu Taşıma Birliği)**] tarafından 2004 yılında Dünya Raylı Sistem Ödülü’ne layık görülmüştür.

Kayseri’de Raylı Sistemler

Türkiye’nin dördüncü büyük tramvay ağına sahip olan Kayseri’de raylı sistemler, yoğun olarak kullanılmaktadır.

Samsun’da Raylı Sistemler

Samsun’da kent içi raylı ulaşım, doğu-batı yönünde uzanarak özellikle sahil boyunca önemli noktaları birbirine bağlamaktadır. Şehrin ilk ve tek raylı sistemi olan tramvay, 2010 yılında hizmete girmiştir.

Konya’da Raylı Sistemler

Konya’da kent içi ulaşım, ağırlıklı olarak tramvay hatlarıyla sağlanmaktadır. Konya tramvayı, şehir içi toplu taşımada büyük bir rol oynar ve özellikle şehir merkezi ile çevredeki yoğun bölgeler arasındaki ulaşımı sağlar.

Antalya’da Raylı Sistemler

Antalya’da kent içi raylı sistem ulaşımı, modern ve nostaljik tramvay hatlarıyla sağlanmaktadır. Antalya’nın hızla büyüyen nüfusu ve turistik yapısı göz önüne alındığında tramvaylar hem yerli halk hem de turistler için önemli bir ulaşım aracı hâline gelmiştir.

Gaziantep’te Raylı Sistemler

Gaziantep’te kent içi ulaşım için kullanılan raylı sistem, Gaziray adı verilen banliyö tren hattı ve Gaziantep tramvayıdır. Gaziantep’in hızla artan nüfusu ve büyüyen sanayi ağı göz önüne alındığında raylı sistemlerle yapılan taşımacılık oldukça önemli bir yere sahiptir.

Adana’da Raylı Sistemler

Kentin ilk ve tek hattı olan M1 (Hastane-Akıncılar) metro hattı, 2009 yılında hizmete açılmıştır. Toplam uzunluğu 13,5 kilometre olan hattın 13 istasyonu bulunmaktadır.

İzmit’te Raylı Sistemler

Kocaeli’nin ilk ve şu an için tek tramvay hattı bulunmaktadır. İlk olarak Otogar-Sekapark istasyonları arasında 2017 yılında hizmete açılmıştır. Daha sonra genişletilerek Kuruçeşme’ye kadar uzatılmıştır. Toplam uzunluğu 10,1 kilometre olan hattın 16 istasyonu bulunmaktadır.

**ARAŞTIRMA**

Türkiye’deki güncel raylı sistem ağ haritalarını araştırınız. Araştırma sonuçlarına dayanarak ağ haritalarında meydana gelen değişiklikleri ve bu değişikliklerin nedenlerini sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.2.3. Dünyadaki Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemlerinin Örnekleri

Dünya genelinde kent içi toplu taşımacılıkta kullanılan raylı ulaşım sistemleri; hafif raylı sistemler, tramvaylar, metrolar, banliyö trenleri, manyetik yataklı sistemler ile üst yollu, elektrikli toplu taşıma sistemi olan ve monoraydan (havaray) oluşmaktadır.

Dünyadaki Metro Sistemi Örnekleri

New York (Nü York) Metrosu

27 Ekim 1904'te hizmete giren New York metrosu (Görsel 1.9), 1.370 kilometre olup 27 hat ve 472 istasyondan oluşmaktadır. Acil durumlar hariç 24 saat aktif olarak hizmet vermektedir.



Görsel 1.9: New York metrosu

Şanghay Metrosu

Çin Halk Cumhuriyeti'ndeki Pekin ve Tianjin'in ardından üçüncü metro hattı Şanghay metrosu, 1993 yılında hizmete açılmıştır. Toplam hat uzunluğu 676 kilometre olup 348 istasyondan oluşmaktadır.

Seul Metrosu

15 Ağustos 1974'te hizmete geçen bu hat 331,5 kilometre olup 18 hat 627 istasyondan oluşmaktadır.

Pekin Metrosu

1969 yılında hizmete açılan bu hat 669,4 kilometre olup 331 istasyondan oluşmaktadır. Pekin metrosu dünyanın en uzun ikinci metro sistemidir.

Paris Metrosu

1900 yılında hizmete açılan 214 kilometre uzunluğundaki bu hat, 62 transfer noktası ile ulaşımı kolaylaştıran metro ağıdır.

Dünyadaki Tramvay Sistemi Örnekleri

Melbourne (Melbırın) Tramvay Hattı

Dünyanın en uzun elektrikli tramvay hattı özelliğine sahiptir. 1984 yılında hizmete açılmıştır. Toplam uzunluğu 250 kilometre olup 1763 istasyondan oluşmaktadır.



BİLGİ KUTUSU

Melbourne tramvayının elektrik hatları güneş enerjisiyle beslendiği için elektrikte ciddi tasarruf elde edilmektedir.

Sankt-Peterburg (Sank Piturburg) Tramvay Hattı

27 Ağustos 1863'te hizmete açılmıştır. Dünyanın ikinci büyük tramvay hattıdır. Toplam uzunluğu 231 km olup 40 hatta sahiptir (Görsel 1.10).

Berlin Tramvay Hattı

Berlin tramvayı, dünyanın üçüncü büyük tramvay hattıdır. 1865 yılında hizmete açılmıştır. Toplam uzunluğu 190 kilometre olup 22 hat ve 803 istasyondan oluşmaktadır.



Görsel 1.10: Sankt-Peterburg tramvayı

Dünyadaki Banliyö Sistemi Örnekleri

Londra Banliyö Sistemi

İngiltere'nin başkenti Londra'da 2007 yılında hizmete açılmıştır. Toplam uzunluğu 167 kilometre olup 9 hat ve 112 istasyona sahiptir.

Berlin Banliyö Hattı

Almanya'nın başkenti Berlin'de 1924 yılında hizmete açılmıştır. Toplam uzunluğu 330 kilometre olup 15 hat ve 170 istasyona sahiptir (Görsel 1.11).

Hamburg S-Bahn (Hamburg Es Ban) Banliyö Hattı

1907 yılında Hamburg Metropolitan Bölgesi'nde hizmete açılmıştır. Toplam uzunluğu 147 kilometre olup 68 istasyondan oluşmaktadır.

Dünyadaki Manyetik Yataklı Sistem Örnekleri

Şanghay Maglev Tren Hattı

Çin'in Şanghay kentinde bulunan manyetik raylı tren hattıdır (Görsel 1.12). 1 Ocak 2004'te hizmete açılmıştır. Toplam hat uzunluğu 30,5 kilometredir.

Dünyadaki Monoray Sistem Örnekleri

Shonan (Şonan) Monoray Tren Hattı

Japonya'da türünün ilk monorayı 7 Mart 1970 yılında Kanagawa eyaletinde hizmete açılmıştır. Toplam hat uzunluğu 6,6 kilometredir.

Wuppertal (Vopatayıl) Monoray Tren Hattı

Almanya'nın Wuppertal kentinde bulunan hava rayı sistemidir (Görsel 1.13). 1 Mart 1901 tarihinde hizmete açılmıştır. Toplam hat uzunluğu 13,3 kilometre olup 20 istasyonu bulunmaktadır.

Sentosa Ekspresi Tren Hattı

Sentosa adasını Singapur ana karasına bağlayan bir monoray hattıdır. 2006 yılında hizmete açılmıştır. Toplam hat uzunluğu 4,3 kilometredir.



Görsel 1.11: Berlin banliyö treni



Görsel 1.12: Şanghay maglev treni



Görsel 1.13: Wuppertal monoray treni



ARAŞTIRMA

Türkiye'de kent içi raylı sistemlerin tarihsel gelişimini dikkate alarak geçmişten günümüze yapılan yatırımları ve projeleri araştırınız. Bu sürecin Türkiye üzerindeki ekonomik ve sosyal etkilerini değerlendiriniz.

1.3. TOPLU TAŞIMACILIĞIN TANIMI VE GEREKLİLİĞİ

Son dönemlerde ekonomik, teknolojik, siyasal veya sosyolojik nedenlerden dolayı toplumların kentlerde yaşamayı tercih ettikleri bilinmektedir. Bu hızlı kentleşme ile oluşan yoğun nüfus artışı, hava kirliliği, enerji sıkıntısı ve beraberinde ulaşım da önemli sorunlardan biri hâline gelmiştir. Özellikle büyük kentlerde oluşan ulaşım sorununu çözmek için toplu taşımacılığın geliştirilmesi önem arz etmektedir.



BİLGİ KUTUSU

Avrupa nüfusunun %75'i, dünya nüfusunun %50'si kentlerde yaşamaktadır.

1.3.1. Kent İçi Toplu Taşımacılığın Tanımı

Toplu taşımacılık, kişisel araç kullanılmadan yapılan yolculuklarda tüm ulaşım sistemlerine verilen genel addir. Ulaştırmanın amacı, insanların ve eşyaların mümkün olan en kısa sürede ve en az maliyetle bir yerden bir yere gitmesini sağlamaktır.

Ulaşım ilkin yaya olarak veya atlarla yapılmıştır. Tekerleğin icadından sonra çeşitli araçların yapılmasıyla ulaşımda gelişmeler hızlanmıştır. Buhar gücünün bulunmasıyla 1819 yılında ilk buharlı gemi, Atlas Okyanusu'nda kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra buharlı trenler yapılmış ve böylelikle raylı sistem taşımacılığı başlamıştır. 1885 yılında içten patlamalı motorun icat edilmesiyle 1888 yılında ilk otomobil satışa sunulmuştur. Dizel motorların yapılmasıyla kent içi toplu taşıma; otobüs, elektrikli tramvay ve metrolarla sağlanmaya başlanmıştır. 1908 yılında ilk uçak uygulamaya konularak uçak ile kitle taşımacılığı da başlamıştır.

Kent içi ulaşımda etkin, verimli, ekonomik bir ulaştırma sistemi kurulması sağlanmalıdır. Oluşan trafik sorununa çözüm getirmek, verimli yolcu taşımacılığına olanak sağlamak için toplu taşımacılık ön plana çıkarılmalıdır.

Sürdürülebilir bir kent içi ulaşımda ekonomik ve kültürel özelliklerin yanı sıra gürültü, hava kirliliği, enerji tüketimi, güvenlik, arazi koşulları vb. özellikler de dikkate alınarak planlanma yapılmalıdır.

1.3.2. Raylı Sistem Taşımacılığın Kentlerdeki Önemi

Özellikle büyük kentlerde artan nüfus ve kara yolu taşıtları; trafikte tıkanıklığa, hava kirliliğine, enerji artışına neden olmaktadır. Bu da beraberinde ulaşımı en önemli sorun hâline getirerek toplu ulaşımın gereklilik ve önemini ortaya koymuştur (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Toplu taşımının önemi

Raylı sistem taşımacılığındaki işletme maliyeti, kaza riskleri, enerji tüketimi, trafik sıkışıklığı ve personel istihdamı kara yolu taşımacılığına göre daha düşüktür. Ayrıca raylı sistem taşımacılığı kara yolu taşımacılığına göre daha konforlu, enerji verimi yüksek, çevreye zarar vermeyen ve sessiz yapısıyla son dönemlerde yaygınlaşmıştır.

Raylı sistemlerin yatırım maliyetinin yüksek olması, uzun vadede birçok getirisi olacağından kabul edilebilir bir durumdur. Kent içi toplu ulaşımda raylı sistemin yaygınlaştırılması yolculuk konforunu artırabileceği gibi kent içi trafik sorunlarına da çözüm oluşturacaktır. Ayrıca ekonomi, çevresel duyarlılık ve enerji tüketimi konularında avantaj sağlayacaktır.



SIRA SİZDE

Büyük kentlerde toplu taşıma araçlarını kullanmanın kente olan ekonomik ve çevresel katkıları sizce nelerdir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.4. KENTSEL ULAŞIMDA ÇEŞİTLİLİKLER

Kentsel ulaşım çeşitleri; lastik tekerlekli taşımacılık, deniz yolu taşımacılığı ve raylı sistem taşımacılığı şeklinde üç kategoride incelenir.

1.4.1. Lastik Tekerlekli Taşımacılık

Kara yolu taşımacılığında lastik tekerlekli araç olarak özel otomobil, taksi-dolmuş, minibüs, otobüs, metrobüs ve trolleybüs kullanılmaktadır.

Otobüs

Kent içi yolcu taşımacılığının esasını oluşturan toplu taşımacılık sistemleri içinde oldukça önemli bir yer tutar. Ayrıca kent içi yolcu taşımacılığında en çok kullanılan toplu taşıma aracıdır. Otobüs hizmetleri kentin tüm yerleşik alanına çeşitli ringlerle ulaşım sağlar. Ulaşım sorununu raylı taşıma sistemleri ile çözmüş olan kentlerde dahi otobüsler, her zaman raylı taşıma sistemlerini besleyen unsur olarak önemi korumaktadır.

Otobüsler, diğer toplu taşıma araçlarına göre daha az altyapı maliyeti gerektirir. Tek bir hat üzerinde yolcu taşıma zorunluluğu olmadığından yollarda daha rahat hareket olanağı bulabilmektedir.

Minibüs

Kapasitesi dolmuş ile otobüs arasında kalan bir taşıma aracıdır (Görsel 1.14). Otobüs hizmetlerinin götürülemediği yerler için önemlidir. Dolmuşa nazaran daha ekonomik bir sistemdir.

Minibüs sistemlerinde yolcu bindirme ve indirmede bir disiplin kurulamamıştır. Bu yüzden kent içi trafiğin akışında ve zaman tarifesinde keyfilik söz konusu olduğundan ulaşımında aksamalara neden olmaktadır.



Görsel 1.14: Minibüs

Taksi-Dolmuş

Dolmuşlar, belirli bir hat üzerinde taşıtın alabileceği maksimum yolcuyla taşımak şartı ile ücreti paylaşılan taksi gibi çalışır. Taksiler için ise belirli bir güzergâh ve yolcu sayısı söz konusu değildir. Enerji tüketimi ve trafiği aksatma yönünden sakıncaları vardır.

Metrobüs

Metrobüsler yüksek standartlı, hızlı, rahat, konforlu ve altyapı maliyeti düşük bir toplu taşıma sistemidir. Ayrılmış yol veya ayrılmış şerit uygulamalı bu sistem, aynı sayıda araçla daha fazla yolcu taşımaya sağlamaktadır. Metrobüs genelde modern raylı sistemlerle otobüs merkezli toplu taşıma sistemleri arasında bir hibrit (karma) uygulama olarak çalışmaktadır (Görsel 1.15).



Görsel 1.15: Metrobüs

Özel Otomobil

Taşıt hareketlerinin büyük bir yüzdesini oluşturduğu hâlde yolcu taşımacılığındaki rolü oldukça düşüktür. Taşıdıkları yolcu sayısına göre taşıt işgal sahaları çok büyüktür.

Trolleybüs

Trolleybüsler görünüş olarak otobüse benzedikleri hâlde sabit bir enerji hattı olan hava hatlarına bağlı olarak çalışır. Trolleybüslerin yollarda otobüs kadar rahat hareket imkânları yoktur. Türkiye’de 1992 yılından itibaren kullanılmamaktadır.

1.4.2. Deniz Yolu Taşımacılığı

Deniz yolu taşımacılığı, yolcuların ve malların gemiler vasıtasıyla taşınması işlemidir. Deniz yolu taşımacılığı, tarih boyunca ulaştırma sektörünün en önemli bileşenlerinden biri olmuştur. Deniz yolu, iktisadi açıdan önemli bir taşımacılık yöntemi olarak kabul edilir. Geçmişten bugüne kadar kullanılan en etkili yollardan biridir.

Deniz yolu, büyük ölçekli yüklerin hızlı ve ekonomik bir şekilde taşınmasını sağlar. Aynı zamanda deniz taşımacılığı, coğrafi engelleri aşma konusunda en verimli taşıma yöntemidir.

Yüksek taşıma kapasitesi, düşük ekonomik maliyetleri, özellikle çevre dostu olması ve uluslararası ticarette büyük bir rol oynaması sebebiyle oldukça avantajlı taşıma yöntemidir.



BİLGİ KUTUSU

TÜBİTAK raporuna göre dünya ticareti yaklaşık %80-90 oranlarında deniz yolu ile yapılmaktadır.

Üç tarafı denizlerle çevrili olmasına rağmen Türkiye’deki deniz yolu taşımacılığı oranı sadece %4’tür.

Kent içi deniz yolu taşımacılığını en verimli kullanan il İstanbul’dur. Denizden taşınan yolcuların %63,7’si vapurla (Görsel 1.16), %28,7’si dolmuş motorları ile %7,6’sı deniz otobüsleri ile taşınmaktadır.



Görsel 1.16: Vapur taşımacılığı

1.4.3. Raylı Sistem Taşımacılığı

Raylı sistem taşımacılığında tramvay, LRT (Hafif Raylı Sistem), metro, banliyö ve maglev sistemler kullanılmaktadır.

Tramvay

Kara yolu ulaşım araçları ile aynı alanı kullanan, yol ve trafik durumuna göre bir sürücü tarafından kumanda edilen, elektrik enerjisini katenerden alan, son dönemlerde bir adım atılarak binilebilen, alçak zeminli araçların kullanıldığı, en az yolcu kapasiteli raylı toplu taşıma sistemidir.

LRT (Hafif Raylı Sistem)

Kara yolu ulaşım araçlarından ayrı kendine özgü yolu ve sinyalizasyon sistemi olan, bir sürücü tarafından kumanda edilen ve elektrik enerjisini katenerden alan raylı toplu taşıma sistemidir.

Metro

Büyük şehirlerdeki trafik yoğunluğunu azaltmak amacıyla genellikle yer altında çalışan, yüksek yolcu kapasitesine sahip elektrikli trenlere metro denir.

Banliyö

Banliyö treni, şehrin merkezi ile şehir dışını birleştiren ve gün içinde yolcu taşıyan tren türüdür. Sayısal anlamda yüksek kapasiteli yolcu ve yük taşımacılığında kullanılan, bir şehrin merkezinin çevredeki ilçelerle veya yakın kasabalar ile birbirine bağlanması amacıyla tercih edilen tren türüdür.

Maglev

Maglev trenleri, mıknatıs etkisiyle havada asılı durabilen yüksek hızlı trenlerdir. Maglev ya da manyetik levitasyon sisteminde iki mıknatıs kümesi kullanılır. Bu mıknatıs kümelerinden biri treni raylardan yukarı doğru iterken diğer mıknatıs kümesi, treni ileri doğru iter. Raylarla temas olmadığı için sürtünme kuvveti büyük oranda azalır ve tren yüksek hızlara ulaşabilir.

**ARAŞTIRMA**

Kent içi toplu taşıma aracı olan metrobüsün İstanbul trafiğine yaptığı etkileri araştırınız. Araştırma sonuçlarını sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.4.4. Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Karşılaştırması

Kent içi toplu taşıma sistemlerinin karşılaştırması teknolojik, ekonomik ve çevresel olarak üç şekilde yapılabilir.

Teknolojik Kriterler

Taşıtların geçiş üstünlüğü, yolcu kapasitesi, fiziksel özerkliği, konforu, hızı, esnekliği, düzenli olması vb. kriterler bu kısımda değerlendirilir. Bu özellikler, kent içi toplu taşıma sistemlerinde seçim yapılırken dikkate alınan önemli ölçütlerdir.

Toplu taşımayı seçmenin en önemli sebeplerinden biri geçiş üstünlüğüdür. Sisteme ait araçların hızı, kapasitesi, güvenliği, fiziksel özerkliği ve düzenli olması geçiş üstünlüğüne bağlı değişen değerlerdir. Geçiş üstünlüğü açısından toplu taşıma; **kontROLSÜZ** (otobüs, minibüs), **YARI KONTROLLÜ** (tramvay), **TAM KONTROLLÜ** (hafif raylı sistem) olmak üzere üç grupta ele alınır. KontROLSÜZ sistemler, ticari hızın düşüklüğü ve seyahat süresinin fazla olması yönünden dezavantajlı sayılmaktadır. Yarı kontrollü sistemler; hızlı, güvenilir, yüksek kapasiteli ve konforlu olması nedeniyle daha fazla yolcu çekmektedir. Tam kontrollü sistemler, trafikten ayrı hat üzerinde çalışması nedeniyle kısa seyahat süresi ile birlikte güvenli bir hizmet sunmaktadır.

Fiziksel özerklik bakımından raylı sistemler; bağımsız olarak hizmet verebilmesi nedeniyle sistemin denetimini, düzenliliğini, güvenilirliğini artırmaktadır.

Kent içi raylı ulaşım sistem seçimini belirleyen en önemli kriterlerden biri de öngörülen yolcu kapasitesidir.

Yolcuların kent içi seyahatleri için sistem tercihlerini etkileyen etkenlerden bir diğeri esnekliktir. Sistemlerin esneklikleri, fiziksel özerklikleri ile ters orantılıdır. Genel olarak lastik tekerlekli kent içi toplu taşıma araçlarının esnekliği daha fazladır.

Hız; sistemin fiziksel özerkliğine, yolcu kapasitesine, durak aralıklarına, serbest hızına bağlı olarak değişmektedir. KontROLSÜZ veya YARI KONTROLLÜ toplu taşıma sistemlerinde taşıt hızını yükseltmek suretiyle ticari hızı yükseltme söz konusu olmamaktadır. Ancak raylı sistemlerin tam kontrollü olmaları nedeniyle taşıtın hızında yapılan artış, ticari hızın da büyümesini sağlamaktadır.

Taşıtlara inme ve binme en kolay sistem, platform ile araç zemini aynı seviyede olan raylı sistemlerdir. Bundan dolayı psikolojik olarak yere temas ettiğinin bilinciyle kendini güvende hisseden yolcuların daha rahat yolculuk yapmaları sağlanır. Ayrıca sağlıklı alt ve üstyapı sistemlerine sahip hatlarda sessiz ve sarsıntısız yolculuk sunarak yüksek hızda, yüksek konforda seyahat etme imkânı sağlanmaktadır.

**SIRA SİZDE**

Farklı toplu taşımacılık sistemlerini verimlilik, maliyet, kapasite, çevresel etkiler açısından karşılaştırarak, hangi durumlarda hangi sistemin tercih edilmesi gerektiğini sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Ekonomik Kriterler

Toplu taşıma sistemlerinde maliyet, altyapı yapım (yatırım) ve işletme maliyetleri olmak üzere iki kategoride incelenir.

Yatırım maliyetleri; yol, taşıt, sinyalizasyon tesisleri, depo, mühendislik hizmet maliyetleri ve önceden kestirilemeyen giderlerden oluşmaktadır.

İşletme maliyetlerini oluşturan ögeler; bakım-onarım masrafları, enerji harcamaları, personel giderleri ve yönetim-uzmanlaşma giderleri olarak sayılabilir. Bu giderler mesafeye, zamana ve yola bağlı olarak hesaplanmaktadır.

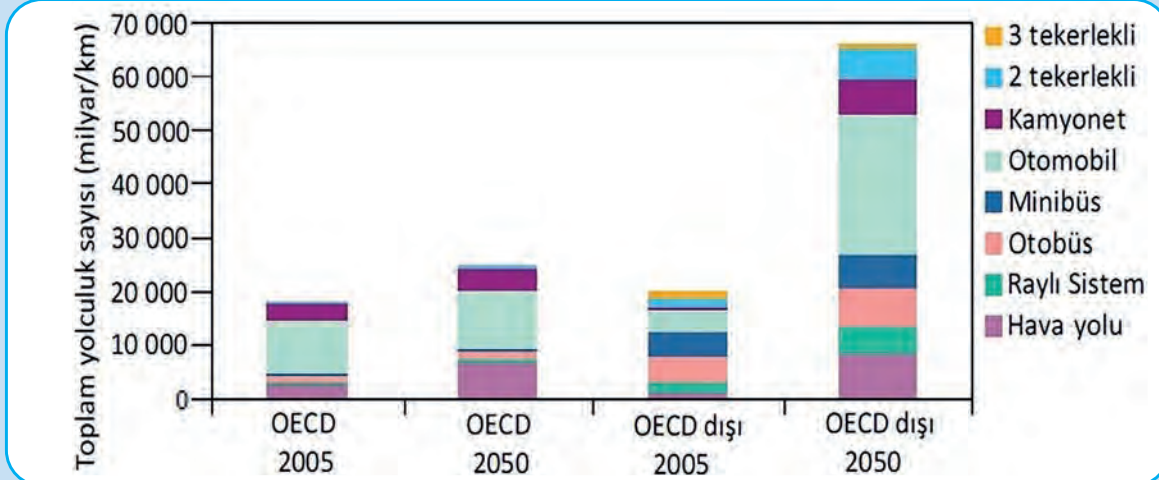
Ekonomik değerlendirme yapılırken bulunulan bölgenin kendi özellikleri dikkate alınır. Arazi yapısı, zemin şartları, sistem karakteristikleri ve çevre koşulları her bölgede farklılık gösterdiğinden bir bölgede kullanılan araştırmaların diğer çalışmalarda kullanılmaması gerekir. Bir bölge için ekonomik çıkan bir sistem, diğer bölgede hiç ekonomik çözüm olmayabilir.

Özellikle kent içi kullanımda otomobillerin yakıt tüketimi oldukça yüksek miktarlara çıkmaktadır. Raylı sistemlerde ise enerji tüketimi oldukça düşüktür. Ayrıca otomobiller için enerji kaynağının büyük bir bölümü yurtdışından ithal edilen petrol ürünlerinden oluşurken, raylı sistemlerde kullanılan elektrik enerjisinin üretimi yerli kaynaklar kullanılarak da mümkün olmaktadır.



BİLGİ KUTUSU

Avrupa şehirlerinde motorizasyon oranındaki artış, yılda yaklaşık %2'dir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6: Motorizasyon oranındaki değişim



SIRA SİZDE

Kent içi ulaşım sistemleri içinde yer alan toplu taşıma araçlarının hangisi ya da hangileri daha çevre dostudur? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

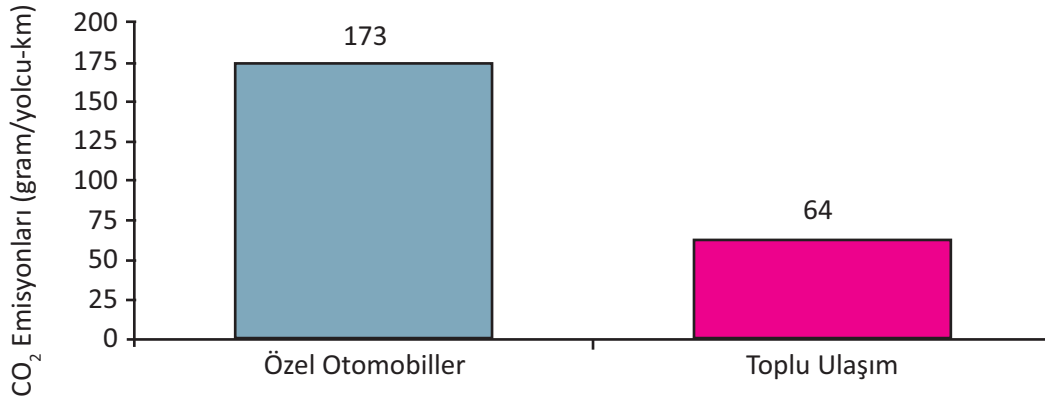
Çevresel Kriterler

Çevresel kıyas kriterleri, çevreye etkileri ve kaza olasılıklarıdır. Sistemlerin trafikte yarattığı çevresel etkilerden en önemlisi hava kirliliğidir. Bu kirlilik, petrole dayalı ulaşım türlerinden kaynaklanmaktadır.



BİLGİ KUTUSU

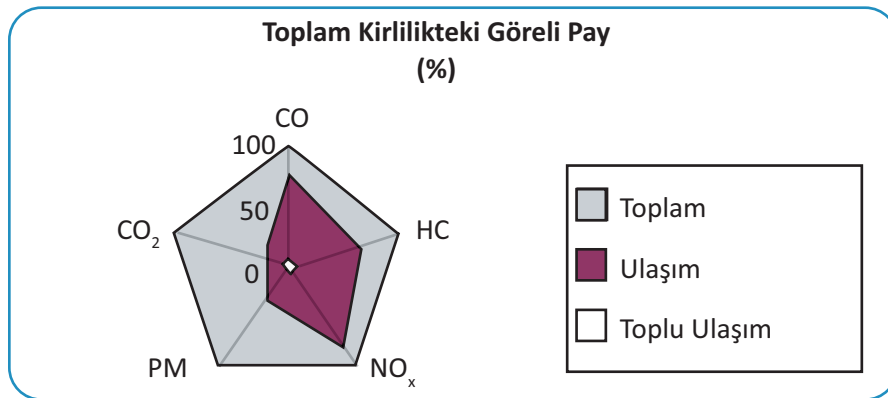
Yolcu/kilometre başına toplu taşımacılık, otomobile göre ortalama %60 daha az CO₂ (karbondioksit) üretir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7: CO₂ emisyon oranları

Elektrik enerjisi ile çalışan sistemlerin seçimi, atmosferik kirlenmenin azalmasına katkıda bulunacaktır. Ulaşım sistemlerin belirlenmesinde çevresel kriterlerden diğeri de gürültüdür. Ulaşım araçlarının her türlüşünün yarattığı ses, gürültünün en önemli nedenidir. Tren ve metroda titreşimler gürültü kadar rahatsız edici olmaktadır. Gürültü azlığı, otomobilin diğeri sistemlere göre üstün olmasını sağlayan özelliktir.

Toplu taşımacılık çevreyi daha az kirletir ve gezegene nefes aldırır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8: Toplam kirlilik oranı



ARAŞTIRMA

Kent içi toplu taşıma araçları hangi nedenlerle gürültü çıkarır? Gürültüyü en aza indirmek için neler yapılması gerektiğini araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



KELİME OYUNU

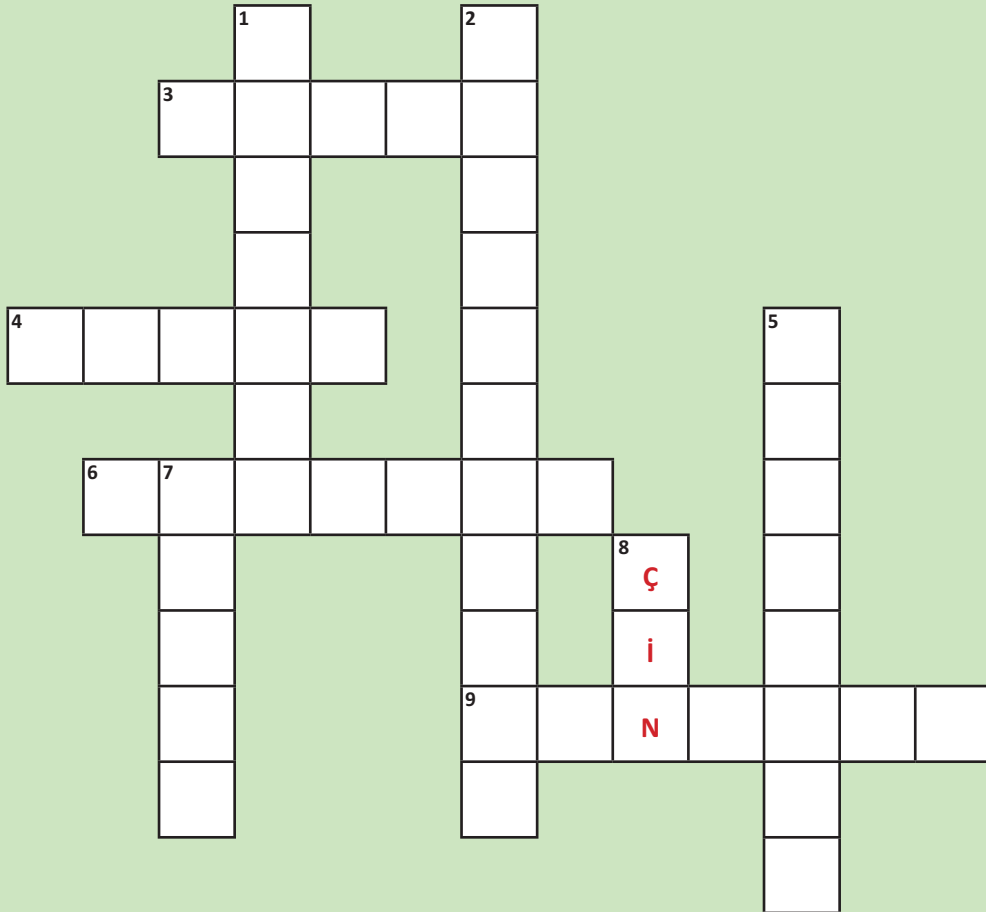
Aşağıdaki ifadelerin karşılığı olan kelimeleri uygun kutucuklara yerleştiriniz.

Soldan Sağa

3. Adana'nın kent içi ulaşımında tercih ettiği raylı sistem aracı
4. Avrupa'da işletmeye açılan ilk tramvay kenti
6. Samsun'un kent içi ulaşımında tercih ettiği raylı sistem aracı
9. Dolmuş ile otobüs arasında kalan taşıma aracı

Yukarıdan Aşağıya

1. Brüksel ile Malines arasındaki hattın bulunduğu ülke
2. Kişisel araç kullanılmadan yapılan ulaşım sistemi
5. Türkiye'de işletmeye açılan ilk elektrikli tramvay kenti
7. Liverpool ile Manchester demiryolları yöneticilerinin düzenlediği yarışmayı kazanan tren
8. Manyetik raylı tren hattını kullanan ilk ülke



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerde (.....) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin doğrusunu alttaki boş yerlere yazınız.

1. (...) Türkiye’de ilk atlı tramvay seferi 1871 yılında Azapkapı-Galata arasında hizmete başlamıştır.
.....
2. (...) İETT işçileri tarafından yapılan ilk Türk trolleybüsüne roket adı verilmiştir.
.....
3. (...) Trolleybüslerin ilk hattı Topkapı-Eminönü arasında hizmet vermeye başlamıştır.
.....
4. (...) Manyetik yataklar üzerinde hareket ettirilen trene **maglev** denir.
.....
5. (...) Türkiye’nin deniz yolu taşımacılığı oranı %50’dir.
.....

B) Aşağıdaki cümlelerde bulunan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

6. Türkiye’de insan ve eşya nakli için ilk kurulan tramvay şirkettir.
7. Türkiye’de 1875 yılında buharlı sistem ile çalışan ilk tünel hattı ve arasında hizmete açılmıştır.
8. Görünüş olarak otobüse benzeyen, sabit bir enerji hattı olan hava hatlarına bağlı olarak çalışan sisteme denir.
9. UITP2’nin 2004 raylı sistem ödülünü kentimiz kazanmıştır.
10. Demiryolu üzerinde hareket eden yolcu veya yük taşımacılığı sistemine denir.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevabı işaretleyiniz.

11.

- I. LRT
- II. Metro
- III. Maglev
- IV. Banliyö

Yukarıdakilerden hangileri Türkiye’de kent içinde kullanılan toplu taşıma araçlarından değildir?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız III
- C) I, II, III
- D) I, II, IV
- E) I, II, III, IV

12.

- I. Tramvay
- II. Metro
- III. Maglev
- IV. Banliyö

Yukarıdakilerden hangileri Bursa’da kullanılan raylı sistem araçlarından?

- A) I, II
- B) II, IV
- C) I, II, III
- D) I, II, IV
- E) I, III, IV

13.

- I. LRT
- II. Metrobüs
- III. Maglev
- IV. Banliyö

Yukarıdakilerden hangileri raylı sistem aracı olarak kullanılmaktadır?

- A) I, II, III
- B) I, II, IV
- C) I, III, IV
- D) II, III, IV
- E) I, II, III, IV

14.

- I. Dolmuş
- II. Metrobüs
- III. Trolleybüs
- IV. LRT

Yukarıdakilerden hangileri lastik tekerlekli araçlar kategorisindedir?

- A) I, II, III
- B) I, II, IV
- C) I, III, IV
- D) II, III, IV
- E) I, II, III, IV

15.

- I. Teknolojik kriterler
- II. Ekonomik kriterler
- III. Çevresel kriterler

Kent içi toplu taşıma sistemlerinin karşılaştırması yukarıdaki kriterlerden hangileri ile yapılır?

- A) Yalnız I
- B) I, II
- C) I, III
- D) II, III
- E) I, II, III



2. ÖĞRENME BİRİMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Demiryolu altyapı ve üstyapı elemanlarının önemi
- Demiryolunun geometrisini oluşturan parametreler arasındaki ilişkileri göz önünde bulundurarak yolun durumunu değerlendirme
- Demiryolu makaslarının özellikleri
- Demiryollarında kullanılan tabela ve yönlendirmelerin özellikleri

ANAHTAR KAVRAMLAR

- | | |
|---------------------|-------------|
| • altyapı | • işaretler |
| • ara ray | • kurp |
| • deray | • makas |
| • dinamik kuvvetler | • mevkiler |
| • ekartman | • üstyapı |

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE HAT BİLGİSİ

KONULAR

- 2.1. DEMİRYOLU UNSURLARI
- 2.2. DEMİRYOLU HAT GEOMETRİSİ TERİMLERİ
- 2.3. DEMİRYOLU MAKASLARI
- 2.4. TABELA VE YÖNLENDİRMELER



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Raylı sistemlerde altyapıya çok fazla önem verilmesinin nedenleri neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Bulunduğunuz bölgedeki demiryolları üzerinde dikkatinizi çeken tabela ve uyarı işaretlerini arkadaşlarınızla paylaşınız.

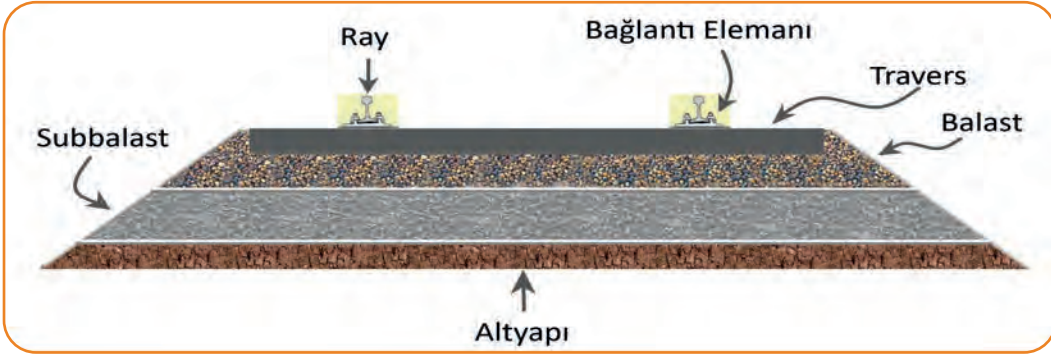
GİRİŞ

Kent içi raylı sistemlerde hat bilgisi; bu sistemlerin tasarımı, inşası, işletimi, bakımıyla ilgili bilgi ve teknik detayları içerir. Kent içi yolcu taşımacılığında güvenli, konforlu ve hızlı seyahat imkânı sunmak gerekir. Bunun için hattın tasarımı, inşası ve işletmesi, kullanım amacına ve yerel koşullara göre değerlendirilip uygulanmalıdır.

2.1. DEMİRYOLU UNSURLARI

Demiryolu yapısı; araçlardan gelen yükleri güvenli bir şekilde zemine iletebilecek, demiryolu hattını zararlı etkilerden koruyabilecek bir temele sahip olmalıdır. Demiryolu araçlarına konforlu, güvenli, estetik ve rahat bir taşıt yolu sağlayacak elemanlar demiryolu unsurlarındandır.

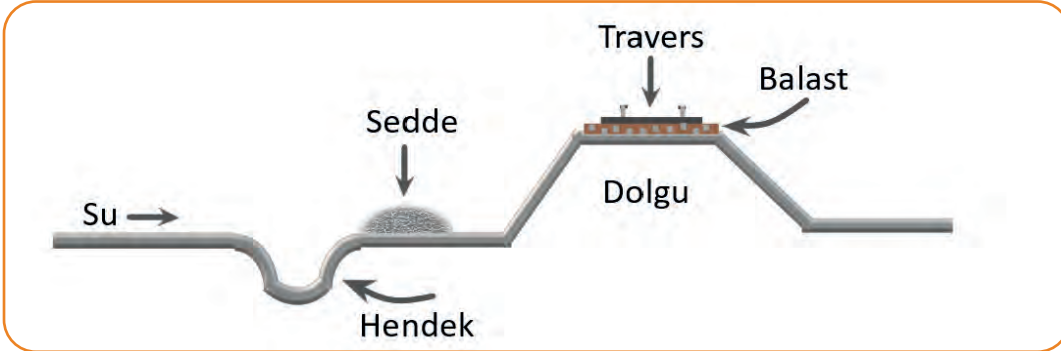
Demiryolu, altyapı ve üstyapı olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Demiryolu unsurları

2.1.1. Altyapı

Demiryolunun platform düzeyi ile zemin arasındaki bölgeye **altyapı** denir. Kazı, dolgu, zemin iyileştirme gibi işlemlerle altyapı oluşturulur (Şekil 2.2). Yarmalar, dolgular, menfezler, köprüler, viyadükler, tüneller, peronlar, istasyon tesis ve binaları, sinyalizasyon ve elektrifikasyon tesisleri de altyapı unsurlarındandır.



Şekil 2.2: Demiryolu altyapısı

Altyapının Görevleri

- Hattın her bölgesinde düzgün bir yüzey sağlamak
- Üstyapıya sağlam temel hazırlamak
- Üstyapı tarafından iletilen yükleri geniş bir alana yaymak
- Yeterli taşıma gücüne sahip olmak
- Üzerinde su tutmamayı sağlamak
- Doğa koşullarından etkilenmemek

2.1.2. Üstyapı

Altyapı platformu üzerine oturan, üzerinde demiryolu araçlarının hareket etmesine olanak sağlayan, araçlardan gelen yükleri platforma aktaran yol bölümüne **üstyapı** denir. Bir demiryolunun oluşturulabilmesi için yüzeyde zeminin üst yapıya uygun hâle getirilmesi gerekir. Üstyapı; balast, travers, ray ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır.

Üstyapının Görevleri ve Üstünlükleri

- Yol boyunca demiryolu araçlarına düzgün ve pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak
- Demiryolu araçlarından gelen yükleri şekil değişimine uğramadan karşılamak ve altyapıya iletmek
- Yeterli esnekliğe sahip olmak
- Yüzey sularının drenajını iyi yapmak
- Uzun ömürlü ve ekonomik olmak



ARAŞTIRMA

Demiryolu yapısını oluşturan alt ve üstyapının birbirleri arasında olması gereken uyumu araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Balast

Traverslerden gelen basıncı azaltarak platforma ileten, basınca ve aşınmaya karşı dayanıklı, temiz, bünyesinde su tutmayan, boyutları 30-60 mm arasında olan kırma taşlara **balast** denir. Balast; yol çerçevesine elastik bir yatak oluşturmak, yağmur sularını süzerek yoldan uzaklaştırmak ve yol yapısına zarar verecek bitkileri azaltmak için kullanılır. Demiryollarında balastın önemi çok fazla olduğu için temizliğine ve bakımına dikkat edilmelidir.

Demiryolu üstyapılarında balastlı (esnek) üstyapı ve balastsız (rijit) üstyapı olmak üzere iki farklı yapım sistemi kullanılır.

Balastlı (Esnek) Üstyapı: Üstyapıda oluşan ve üstyapıyı etkileyen yükler; zemine sırasıyla ray, travers, balast tabakası, alt balast tabakası ve formasyon tabakası yardımıyla aktarılmaktadır. Alt balast tabakası üzerinde balast, travers, bağlantı malzemesi ve raylardan oluşan kısma **balastlı üstyapı** (Görsel 2.1) adı verilmektedir.

Balastlı üstyapı; yapım, bakım, onarım kolaylıkları ve maliyetinin düşük olması nedeniyle avantajlıdır. Ayrıca yüksek titreşim ve gürültüleri azaltarak aktarması sebebiyle son dönemlerde özellikle yüksek hızlı tren hatlarında tercih edilmektedir.



Görsel 2.1: Balastlı üstyapı

Balastsız (Rijit) Üstyapı: Balast tabakasının yerine beton, betonarme veya asfalttan yapılan taşıma tabakalarının kullanıldığı demiryolu üstyapısına **balastsız üstyapı** (Görsel 2.2) denir. Balastsız demiryolu sistemi, bakım maliyetleri açısından uygun ve uzun ömürlü olduğundan genelde kent içi ulaşım sistemlerinden metro ve tramvay hatlarında tercih edilir. Kent içi ulaşımında lastik tekerlekli araçlarla ortak kullanım alanlarında balastsız üstyapı kullanılır.



Görsel 2.2: Balastsız üstyapı

Balastsız üstyapı, balastlı üstyapıya göre daha az yüksekliğe ve daha hafif özelliğe sahip olduğu için tünel, viyadük ve köprülerde önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca balastlı üstyapıya göre daha az bakım ihtiyacına sahip olup servis ömrü daha uzundur.

Balastsız üstyapı sistemleri yapı tiplerine göre **ayrık mesnetli** ve **sürekli mesnetli** olarak sınıflandırılır.

Ayrık mesnetli balastsız üstyapı sistemi, traversli veya traverssiz olarak bağlantı elemanlarıyla bir alt kademedeki taşıma tabakasına oturtulur. Traversli olanlar, betona gömülü traversli ve asfalt beton üzeri traverslidir. Traverssiz olanlar, prefabrik üretim veya yekpare dökümlü beton üstyapılardır.

Sürekli mesnetli balastsız üstyapı sisteminde, raylar esnek bir yatak içinde olduğu ve sürekli olarak bu yataklara mesnetlendiği için sistem, **gömülü raylı balastsız üstyapı** olarak bilinir.

Son dönemlerde Rheda 2000, Züblin, Edilon, Stedef, Shinkansen gibi balastsız üstyapılar yüksek hızlı tren veya kent içi raylı sistem hatlarında kullanılmaktadır.

Travers

Demiryollarında yol eksenine dik yönde ve rayların altına mesnet (dayanak) olarak belirli aralıklarla yerleştirilmiş, çelik, ahşap ve betonarme olarak yapılmış üstyapı elemanına **travers** denir.

Traversler raydan gelen yükleri daha geniş yüzeye yayıp balasta iletir. Ayrıca hat açıklığını sabitleyerek yolu yan etkilere karşı ekseninde tutar.



BİLGİ KUTUSU

Konvansiyonel hatlarda travers eksenleri arasındaki açıklık **62-63 cm**'dir. Hızlı tren hatlarında ise bu açıklık **60 cm**'dir.

Traversin Görevleri

- Yol açıklığını sağlamak ve muhafaza etmek.
- Raylara mesnet görevi yapmak.
- Raylardan gelen kuvvetleri azaltarak yayılı bir şekilde balast tabakasına iletmek.
- İki ray arasında elektrik yalıtımı sağlamak.
- Yükselme, çökme gibi istenmeyen durumlara karşı rayları sabit tutmak.
- Raylarda meydana gelen titreşim ve gürültüyü azaltmak.

Son dönemlerde ahşap ve çelik traverslerin kullanımı oldukça azalmıştır. Bu traverslerin yerine beton traversler kullanılmaktadır.



BİLGİ KUTUSU

Yüksek hızlı tren ve ağır yük taşımacılığı, monoblok beton traversler ile gerçekleştirilir.

Beton Traversler: Son yıllarda kullanımı oldukça artan beton traversler (Görsel 2.3), yüksek kaliteli beton içerisine yerleştirilmiş çelik çubukların gerdirilmesiyle elde edilmektedir. Yapımının ve değiştirilmesinin kolay, dış etkilere karşı dayanıklı, raylar arası mesafeyi korumada başarılı olması gibi özelliklerinden dolayı avantajlıdır. Bakımlarının zor, esnekliğinin zayıf olması ve sağlam olmayan zeminlerde kullanılmaması dezavantajlı yönleridir.

İkiz bloklu ve monoblok beton travers olarak iki farklı beton travers tipi kullanılmaktadır.

Monoblok Beton Travers: Dünya demiryollarında en çok kullanılan betonarme travers tipi tek bir parçadan oluşan monoblok traverslerdir. Bu traversler, ağırlıklarından dolayı yolun stabilitesine uygundur ve ekartmanı çok iyi korumaktadır. Bundan dolayı ağır tonajlı ve yüksek hızlı demiryolu işletmeciliklerinde iyi sonuç vermektedir.

Monoblok traversler ikiz bloklara göre yükü daha iyi yayarlar. Yanal dirençleri, ikiz bloklara göre daha düşüktür ama ahşap traverslere göre de oldukça fazladır.

İkiz Bloklu Beton Travers: Ağır tonajlı ve hızlı taşımacılığın yapılmadığı metro, tramvay vb. raylı sistem işletmelerinde hem ekonomik travers kesitlerinin elde edilmesi hem de yolda esnekliğin sağlanması için ikiz bloklu betonarme traversler kullanılır. Ekartmanı, belli toleranslar içinde tutar ve servis ömrü uzundur.

İkiz bloklu betonarme traversler, balastlı hatlarda kullanıldığı gibi beton yapı içerisine yerleştirilerek balastsız hatlarda da kullanılmaktadır.



Görsel 2.3: Beton travers



ARAŞTIRMA

Bölgenizdeki raylı sistem hatlarında kullanılan travers çeşidinin bulunduğunuz bölgeye uygunluğunu araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



SIRA SİZDE

Türkiye'deki kent içi raylı sistemlerde en kullanışlı ve ekonomik travers çeşidi sizce hangisidir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Ray

Demiryolu araçlarıyla doğrudan temasta bulunan, tekerleklerle yuvarlanma yüzeyi teşkil eden, araçlardan gelen ağırlığı ve etkileri traverslere aktaran, aşınmaya dayanıklı ve yüksek mukavemetli çelikten imal edilmiş üstyapı elemanına **ray** (Görsel 2.4) denir.

Raylar, tren tekerlek dizilerine hat boyunca kılavuzluk yapar. Ayrıca sinyalizasyon sistemi için elektrik iletkeni vazifesi de görür.



Görsel 2.4: Ray

Raylar; mantar, gövde ve taban olmak üzere üç bölümden oluşur. Tekerlekle doğrudan temasta bulunan mantar, yuvarlanma yüzeyinin bombeliği (çıkıntısı), yüksekliği ve yanakların eğimi ile belirtilir. **Vinyol** ve **oluklu ray** olarak iki şekilde üretilmektedir.



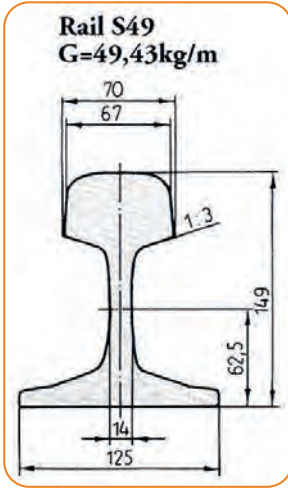
BİLGİ KUTUSU

Raylar, **UIC (Uluslararası Demiryolları Birliği)** standartlarına uyularak **1 metresinin ağırlığına göre** isimlendirilir.

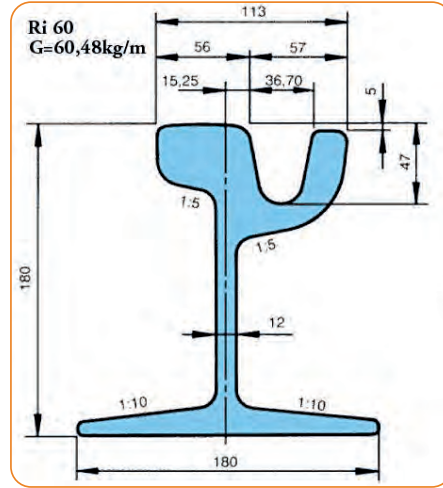
Vinyol Tipi Ray (Mantarlı Ray): Patenli ray olarak da isimlendirilir. Ray, traverse bağlantısını sağlayan dayanma tablası ile tek yuvarlanma yüzeyinden oluşur. Traversler üzerine monte edilmesi basittir. Demir traverslere doğrudan, ahşap ve betonarme traverslere ise seletler yardımıyla oturtulur. Metro ve LRT hatlarında vinyol tipi (S49) raylar (Şekil 2.3) kullanılır. Bazı tramvay hatlarında da kullanıldığı görülmektedir.

Oluklu Ray: Oluklu raylar (Şekil 2.4), diğer şase kaplamaları ile uyushabildiği için demiryolu ve kara yolunun kesiştiği yerlerde, demiryolu ile kara ve yaya yolunun aynı güzergâh içinde bulunması durumunda kullanılır. Ayrıca tramvay ve rıhtım hatlarında da kullanılmaktadır.

Boden yataklarının çeşitli malzemelerle dolması, deray olma ihtimalini yükselteceğinden oluklu rayların sıklıkla temizliğinin yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.3: Vinyol tipi ray



Şekil 2.4: Oluklu ray



ARAŞTIRMA

Kent içi raylı sistemlerde kullanılan rayların özelliklerini araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.1.3. Bağlantı Elemanları

Rayları, raylara ve traverslere bağlayarak stabilitesi yüksek bir çerçeve oluşturan, ray ve travers arasında kuvvet aktarımını sağlayan, rayların şekil ve yer değiştirmelerini önleyen, üstyapıya gelen etkileri esnek şekil değiştirmelerle azaltan malzemelere **bağlantı elemanları** denir.

Bağlantı elemanlarında bulunması gereken özellikler şunlardır:

- Mukavemeti yüksek, sağlam yanıl ve düşey tutuş sağlamalıdır.
- Rayla travers arasında sürekli bir esnek bağlantı sağlamalıdır.

- Birbiriyle karıştırılması olanaksız, mümkün olduğu kadar tekil parçadan oluşmalıdır.
- Traverslere ön montajı mümkün olmalıdır.
- Aşınmayan yapıya sahip olmalıdır.
- Uzun ömürlü olmalıdır.

Rayı Raya Bağlayan Malzemeler

Ray uçlarının birbiri ile bağlandığı kısma **conta** denir. Raylar birbirine bağlantı malzemeleriyle veya kaynak yapılarak bağlanır. Rayı raya bağlayan bağlantı malzemeleri (Görsel 2.5); cebire, cebire bulonu ve rondeladır.



Görsel 2.5: Rayları birbirine bağlayan malzemeler

Cebire: Rayları iki ucundan birbirine bağlamak için kullanılan demir lamalardır.

Cebire Bulonu: Cebire ile ray uçlarının bağlanmasını sağlayan cıvata ve somundur.

Rondela: Hem rayı raya bağlamada hem de rayla traversin bağlantısında kullanılır. Cebirenin bağlantısında esnekliği sağlayan elemandır.

Raylar yüksek oranda stres ve dinamik yük etkisi altındadır. Bu yükler zamanla contalarda önemli derecede artan etki gösterir. Böylelikle yolun diğer bölgelerine oranla bozulma, contalarda daha kısa sürede görülür. Bu da çeken ve çekilen araçların yıpranmasına, yolun emniyet ve konforunun bozulmasına ve maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır.

Bu olumsuzlukları azaltmak, yolun emniyet ve konforunu artırmak için rayların ilk teşkili (oluşumu) esnasında uzun raylar kullanılmalıdır. Bu uzun raylardaki contalar kaynaklanarak maliyet en aza indirilmiştir.

Rayı Traverse Bağlayan Malzemeler

Travers türlerine göre rayın traverse bağlantısı için kullanılan çeşitli bağlantı türleri vardır. K tipi, HM tipi bağlantılar en çok kullanılan bağlantı tipleridir.

K (KPO Klips) Tipi Bağlantı: Çelik selet, tirfon, krapo, krapo bulonu, çift katlı rondela; K tipi bağlantı malzemeleridir. Beton, ahşap, plastik traverslerde ve traverssiz beton bağlantılarında kullanılan yarı elastik bağlantı sistemidir.

HM [Herbert Meir (Höbirt Meyr)] Tipi Bağlantı: Gergi kısıyıcı, açıcı kılavuzu, ara plastik selet, tirfon ve besleme rondelasından oluşan ve yalnızca beton traverslerde kullanılan esnek bir sistemdir. Kurplardaki merkezkaç kuvvetleri, beton traversler inşa edilirken oluşturulan omuzlar aracılığıyla dengelendiği için malzeme kırılmaları yaşanmaz. Bu sistemde tirfonlar, tirfonöz motoru ile doğru torkta sıkıldığı takdirde traverslerin ömrü uzar ve bakım maliyetleri düşer.

Son dönemlerde Pandrol, Nabla, Vossloh, Fastclip, Deenik olarak farklı tiplerde uygulanmaktadır (Görsel 2.6).

Pandrol Bağlantı Tipi: İngilizler tarafından geliştirilen bu sistem titreşimi, diğer bağlantı sistemlerine nazaran üç kat azaltarak taban plakasına iletir. Bundan dolayı çelik köprülerde daha çok tercih edilir.

Nabla Bağlantı Tipi: Bu bağlantı tipi, çok karmaşık olmayan, az parçaya sahip basit bir sistemdir.



Görsel 2.6: Ray-travers bağlantı tipleri

Fransa'da geliştirilen bu sistem Stedef VSB tipinde betona gömülü ikiz blok traverslerin tabanında bulunan elastomer çizme ve pedler sayesinde sistemin, elastikiyetine, titreşimi ve darbeleri sönümlemesine ve gürültünün azalmasına büyük ölçüde yardımcı olmaktadır.

Vosloh Bağlantı Tipi: Almanlar tarafından geliştirilen bir sistemdir. Birçok bileşenden oluşan karmaşık bir yapıya sahiptir. Ani gelişen aşınma ve artan ray sıcaklıkları gibi zor şartlar altında tercih edilmektedir.



SIRA SİZDE

Demiryolu altyapı ve üstyapı elemanlarının önemini açıklayınız. Bu elemanların demiryolu sisteminin güvenli, verimli ve uzun ömürlü çalışmasındaki rolü hakkındaki düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.2. DEMİRYOLU HAT GEOMETRİSİ TERİMLERİ

Demiryolu hat geometrisi (Görsel 2.7); demiryolu raylarının tasarımında, yapımında, işletiminde ve bakımında kullanılan hat tasarımlarının ve ilgili ölçümlerin üç boyutlu (3D) geometrisidir. Kavram; hat genişliği, hizalama, dever, eğrilik, yol profili, ekartman, hız limitleri ve diğer düzenlemeler bağlamında kullanılmaktadır.

Raylı sistem araçlarının trafik yükleri ve atmosferik etkilerle hattın belli bir süre sonunda demiryolu geometrisi bozulur. Bu da düzgün olmayan bir yol geometrisine neden olur. Düzgün olmayan yol geometrisi; demiryolu araçlarının ve yol bileşenlerinin bozulmasına, yolcu konforunun azalmasına, araçların işletme hızının düşürülmesine ve deray olma ihtimalinin artmasına sebep olur. Bu olumsuz etkiler nedeniyle yol geometrisinin bakım ve onarım çalışmalarıyla iyileştirilmesi gerekir.



Görsel 2.7: Demiryolu hat geometri çalışması

2.2.1. Yola Etki Eden Kuvvetler

Demiryolunun alt ve üstyapısıyla birlikte oluşturduğu, yola etki eden **statik** ve **dinamik** kuvvetlerdir.

Statik Kuvvetler: Demiryolu araçlarının dingillerine iletilen kuvvetlerin bütünü, aracın ağırlığı ve taşıdığı yüklerden meydana gelir. Bu kuvvetler, **dingil ağırlığı** olarak adlandırılır ve aracın her bir dingilinin taşıdığı toplam ağırlığı ifade eder.

Statik kuvvetler, demiryolu yapı elemanlarının ivme değerlerinde kayda değer bir değişiklik oluşturmamaktadır.

Bir demiryolu aracının her dingilinden zemine iletilen yük, dingil basıncı olarak adlandırılır. Dingil basıncı, aracın hızına bağlı olarak artar. Diğer bir ifadeyle hız artarsa yola gelen dinamik yükler artacağından dingil basıncı da artar.



BİLGİ KUTUSU

Türkiye'deki **YHT** hatlarının dingil basıncı **22,5 ton** ve azami işletme hızı da **250 km/s**'tir.

Dinamik Kuvvetler: Etkisinde önemli düzeyde titreşimler oluşmaktadır. Demiryolu kuvvetlerinde hız ve ivme değeri arttıkça ortaya çıkan dinamik kuvvetlerin şiddeti de artmaktadır.

Dinamik kuvvetlerin temel nedenleri şunlardır:

- Sıcaklık değişimlerine bağlı olarak rayların uzayıp kılmasına olanak sağlamak amacıyla belirli uzunluktaki raylar, birbirlerine genleşme aralıkları bırakılarak birleştirilir. Contaların olduğu kısımda

tekerlek, bir raydan ötekine geçerken ilk rayın eğilmesi nedeniyle ikinci rayın başına çarpar. Bu çarpma olayı **şok** diye adlandırılır. Bu olay sonucunda **hıza, dingil ağırlığına ve yolun bakım durumuna bağlı olarak beliren ve doğrultusu, tekerleğin merkezinden geçen bir dinamik kuvvet oluşması.**

- Yol üstyapısındaki düşey eksen arızaları (niveleman arızaları) nedeniyle **yolda ve tekerde vuruntular oluşur. Böylece yola fazla yük binmesiyle dinamik kuvvetlerin artması.**
- Düşey düzlemde dinamik kuvvetlerin meydana gelmesi için diğer bir neden **ray yuvarlanma yüzeyindeki head check [het çek (kılcal çatlak)], ondülasyon, zedelenme gibi arızaların oluşması.**
- Çeken ve çekilen araçların tekerleklerinin yuvarlanma yüzeylerinde oluşan farklı aşınma (apleti), çapak vb. arızalar, hız ile doğru orantılı olarak üstyapıya vuruntu yapar. Bu nedenle **yola fazla yük binmesiyle dinamik kuvvetlerin artırması.**
- Frenleme sırasında rayla tekerlek arasında hareket yönünde doğan **frenleme kuvveti.**
- Taşıtların kurplardan geçişi sırasında doğan, hız ile doğru orantılı olarak artan ve **dengelenemeyen merkezkaç kuvvetler.**
- Etkileyen rüzgârlar nedeniyle araçların yan yüzlerine, raylı sistem taşıtların bodenleri aracılığıyla raylara **aktarılan kuvvetler.**

Diğer Kuvvetler

Bu kuvvetler lase, galop ve yalpa hareketlerinden kaynaklanan kuvvetlerdir.

Lase: Rayla tekerlek bodeni arasındaki aralık ve ray-tekerlek teması nedeniyle kendini sağa sola atmak istemesidir.

Galop: Lokomotifte yalpa hareketlerini meydana getiren kuvvetler ve ağırlık merkezine göre lokomotifin baş-kıç yapmasıyla oluşan etkidir.

Yalpa: Özellikle rampa aşağı inişlerde maksimum hızdan fazla hız yapılması, yoldaki niveleman hataları gibi nedenlerle araçlarda görülen aşağı yukarı hareketlerdir.



ARAŞTIRMA

Bulunduğunuz bölgedeki demiryollarında geometrik hat bozukluğuna sebep olan etkileri araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.2.2. Demiryolu Geometrisini Oluşturan Elemanlar

Demiryolu hat geometri elemanları ve bunlar arasındaki ilişkiler aşağıda belirtilmiştir.

Ekartman: Yol açıklığıdır. İki ray arası içten içe olan açıklığa **ekartman** (Görsel 2.8) denir. Demiryolları, yol açıklığındaki mesafeye göre dar hat, geniş hat ve normal hat olarak sınıflandırılır.

Herhangi bir hat boyunca her noktada hat genişliği sabittir. Ancak hattın döşenmesi sırasında hatalardan ve aşınmadan kaynaklanan kabul edilebilir ölçüde oluşan farklara **ekartman toleransları** denir.



Görsel 2.8: Ekartman



BİLGİ KUTUSU

UIC standartlarına göre ekartman değeri **1435 mm**'dir. Normal hat açıklığı **1435 mm**'den küçük olan yollara **dar hat**, yol açıklığı **1435 mm**'den büyük olan yollara **geniş hat** denir.

Aliyman: Demiryolunun düz kısımlarına denir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Aliyman ve kurp

Eğim: Yoldaki iniş ve çıkışlardır.



BİLGİ KUTUSU

Deray: Aracın raydan çıkma durumudur.

Kurp: Farklı doğrultudaki doğru yolları birleştiren, yolun eğri kısımlarına kurp (Şekil 2.5) denir. Yatay ve düşey olarak iki grupta incelenir.

Araçların sağa veya sola dönüşümü sağlayan yapılara **yatay kurp (viraj)** denir.

Eğim değişikliği olan bölgelerdeki bağlantı eğrilerine **düşey kurp** denir.

Fleş: Kurplarda daire yayını kesen kirişin ortasında, kirişin yaya olan mesafesidir.

Dever: Kurplarda merkezkaç kuvvetin etkisini dengelemek için kurbun iç rayına göre dış rayına verilen kot (yükseklik) fazlasıdır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Dever

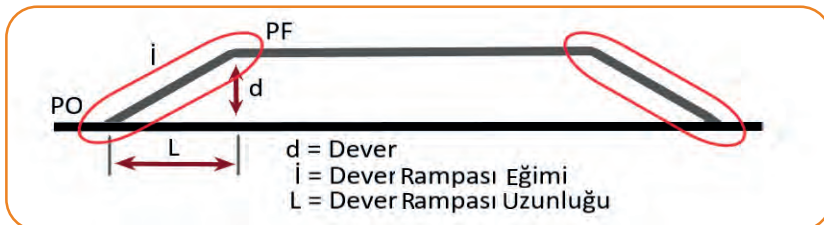


BİLGİ KUTUSU

Merkezkaç Kuvvetlerin Zararları

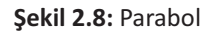
- Çeken ve çekilen araçların merkezden kurp dışına savrulmalarına ve derayına neden olur.
- Araçların kurp dışına kaymasından dolayı dış tekerlek bodenlerinin aşınmasına neden olur.
- Kurp dışına doğru iten bir ivme, araçların ve araçların içinde bulunan yolcuların konforunu ve güvenliğini azaltır.
- Kurplarda hattın dış rayı içtekine göre daha çabuk aşınır ve bu raya ait bağlantıların gevşemesine neden olur.

Dever Rampası: Deverin aşamalı olarak artırılıp azaltıldığı kurp bölgeleridir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Dever rampası

Drenaj Sistemleri: Yağmur sularının demiryolunda birikmemesi ve altyapıya zarar vermemesi için yapılan su tahliye sistemleridir.



Dil Takımı: İnceltilmiş ray uçları, bağlantı çubukları ile birbirine bağlanır. Makas tertibatına bağlı manevra çubuğunun itilip çekilmesiyle diller, kaydırma levhaları üzerinde hareket ederek bir yaslanma rayına yaslanır. Böylece bir dil, yaslanma rayına yapışır. Karşı dil, açık kalır.

Trenlerin bir makasın dil ucu yönünden makasa girmesine **iğne ucu giriş** denir. Trenlerin dil ökçesi olarak bilinen dil arkasından dil ucuna doğru makastan çıkış yapmasına **ökçeden çıkış** denir. Trenlerin makas iğne ucundan girişi, ökçeden çıkışa göre daha düşük hızda olmalıdır. Çünkü dil iğne ucundan giren trenlerdeki vuruntular nedeniyle dilin açıklık yapması, boden inceliği gibi nedenlerle deray etme tehlikesi vardır.

Ara Raylar: Makas, dil takımı ve göbek takımını birleştiren raylardır.

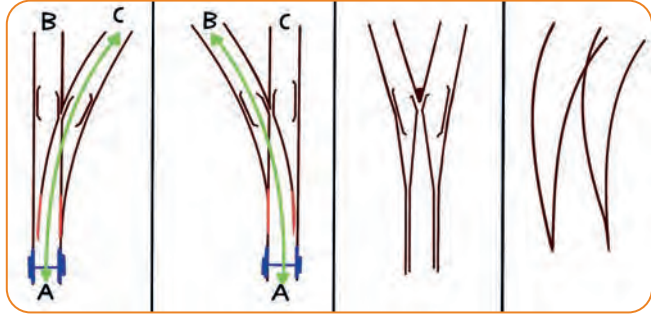
Göbek Takımı: Makasın doğru yol bir rayı ile sapan yol bir rayının birbirine kesiştiği noktadır.

2.3.1. Kent İçi Raylı Sistemlerde Kullanılan Makas Çeşitleri

Makaslar tasarım ve kullanımlarına göre **basit makaslar, bileşik (çift-muzaaf) makaslar, çapraz (İngiliz) makaslar** olarak isimlendirilir.

Basit Makaslar: Bu makaslar, kesişen iki yolun birinden diğerine geçişi sağlar. Bir doğru yolu, bir de sapan yolu vardır (Şekil 2.10).

Kullanım yerlerine göre sağ basit makas, sol basit makas, simetrik basit makas ve eğri (kurp) basit makas çeşitleri bulunmaktadır.



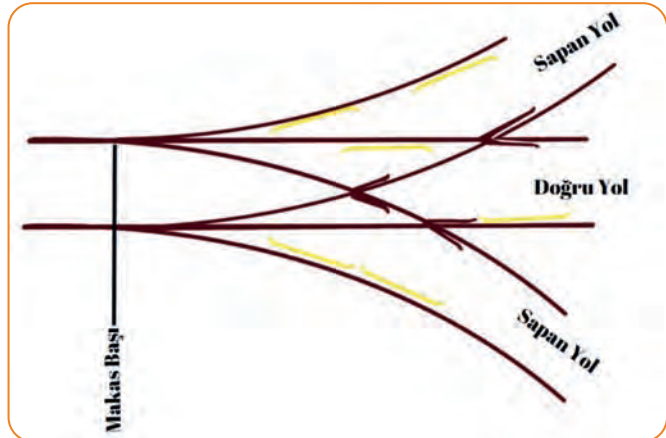
Şekil 2.10: Basit makas çeşitleri



BİLGİ KUTUSU

Basit makaslar; bir göbek, iki yaslanma rayı, iki dil, kontray ve ara raylardan oluşmaktadır.

Bileşik (Çift-Muzaaf) Makaslar: Birbirinin içine geçmiş iki basit makastan meydana gelmiştir. Bir yoldan üç yola geçiş yapılabilir. Bir doğru yolu, iki sapan yolu vardır (Şekil 2.11). Depo ve istasyon sahalarında alandan tasarruf sağlamak için kullanılır. Cari hatlar üzerinde kullanılmaz.



Şekil 2.11: Bileşik makas



BİLGİ KUTUSU

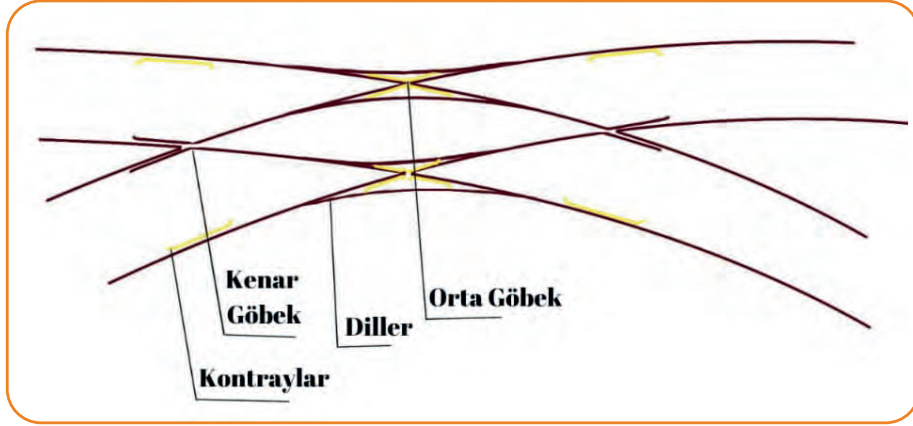
Bileşik makaslar; dört adet dil ve yaslanma rayı, üç adet göbek, altı adet kontray ve ara raylardan oluşmaktadır.

Çapraz (İngiliz) Makaslar: Bu makaslar kesişen iki yolda karşılıklı geçişi sağlar. Üç veya dört basit makasla sağlanabilecek geçişi sağladıkları için atölye, istasyon ve gar sahalarında manevra sahalarını etkin kullanmak ve araziden tasarruf amacı ile kullanılır. Cari hat üzerinde kullanılması uygun değildir (Görsel 2.9).

İngiliz makaslar, bir taraf dilleri kullanılmayarak yalnız üç yola geçiş verecek şekilde de kullanılır. Bu İngiliz makaslarına **yarım İngiliz makas** denir. Şekil 2.12’de İngiliz makas bölümleri görülmektedir.



Görsel 2.9: Çapraz (İngiliz) makas



Şekil 2.12: İngiliz makas bölümleri



BİLGİ KUTUSU

İngiliz makaslar; sekiz adet dil ve yaslanma rayı, iki adet orta göbek, iki adet kenar göbek, dört adet kontray ve ara raylardan oluşmaktadır.

Kruvazmanlar: Kesişen iki yolda sadece karşılıklı geçişi sağlayan makaslardır. Dil kısımları yoktur. Sadece göbeklerden meydana gelmektedir (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Kruvazman

2.3.2. Ray Genleşme Contaları (Genleşme Makasları)

Sıcaklık değişimlerinden dolayı raylarda mevsimsel olarak uzama ve kısalmalar meydana gelmektedir. Sıcaklığın çelik ve beton üzerinde uzama ve kısalma etkisi farklıdır. Özellikle köprü, viyadük gibi bölgelerde ray ve beton, sıcaklık altında farklı davranış sergilemekte; bu sebeple ray ile beton arasında ilave gerilmeler oluşmaktadır. Bu gerilmelerden ötürü gerçekleşebilecek deformasyonları önlemek üzere hattın viyadük, tünel gibi özel bölümlerine genleşme contaları yerleştirilmektedir (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: Ray genleşme contaları

Genleşme contaları; makasın yaslama rayı ve dil rayına benzer şekilde, özel profildeki raylardan üretilmektedir. Genleşme contalarında iki ray arasında geçiş olduğundan, yaşanabilecek arızalara karşı tedbir amaçlı, makas yapılarında da gözlenen kontray yapıları yer almaktadır.

2.3.3. Makaslarda Hız Limitlerinin Belirlenmesi

Dinamik etkiler göz önünde bulundurulduğunda işletme dizayn yüklerinin sabit kalmaması, trafik yükü artışı, sefer sayısı, araçların boji yapısı, konfor parametresinde değişkenlik gibi birçok sebeple makastan tasarım hızıyla geçiş yapılması uygun olmamaktadır. Bunun yanında makas üretici firmaları da makas tasarım hızından daha düşük hızla geçiş yapılması yönünde görüş bildirmektedir.

Makas yapılarında hız limitleri ile ilgili, etkili olan faktörler; dever olmaması, klotoid bulunmaması, makas sapan yolunun spiral yapıya sahip olması, ray profilindeki değişim, makas dilinin hareketli olması ve makas göbek boğazında sürekliliğin olmaması olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple makas sapan yolundan geçişlerde azami hızın (tasarım hızı) uygulanması doğru bulunmamaktadır. Güvenli ve konforlu bir işletme için makas sapan yolu geçiş hızının daha düşük olması gerekmektedir.

Makaslar için hat bakım birimleri tarafından tespit ve tayin edilerek bildirilen hız limitlerine uyulmaması durumunda yaşanabilecek başlıca problem, aracın merkezkaç kuvvetinin etkisiyle savrularak raydan çıkmasıdır. Bu sebeple özellikle makas sapan yolu geçişlerinde makinistlerin ilgili hız limitlerine azami oranda dikkat etmesi gerekmektedir.

2.3.4. Makas Kullanım Hataları

Meydana gelen makas kullanım hatalarının başlıca sebepleri şunlardır:

- Makas toplarının yeterli çevrilmeyip makas dillerinin yaslanma rayına tamamen yanaştırılmaması, kilitleme tertibatının iyi tanzim edilmemesi.
- Dil aralarında yabancı cisimlerin bulunması nedeni ile dilin yaslanma rayına intibak etmemesi.
- Makastan ters çıkıldığında aynı makasın kontrolü yapılmadan ve yeniden tanzim edilmeden makasa geri girilmesi.
- Dil ökçesi, kontray ve göbek üzerinde bulunan olukların yabancı cisimlerle dolu olması.

2.3.5. Metro Makaslarında Manuel Makas Tanzim İşlemi

Manuel makas tanzimi, kumanda merkezi tarafından makasa müdahale edilemediği veya makastan sinyal alınamadığı, dolayısıyla makasın konumunun tespit edilemediği durumlarda yapılır.

Manuel makas tanzim işlemleri şunlardır:

- Makasın tanzim durumu, hareket hâlindeyken tespit edilemiyorsa makasın tanzim durumu görülecek mesafede durulur.

- Tren durdurulurken makas gabari tabelası kesinlikle geçilmemelidir. Makas gabari tabelasına gelindiğinde hâlâ makasın konumu tespit edilememişse trenin inilerek tespit edilmelidir.
- Makasın durumu tespit edildikten sonra makas, gidilecek yönde tanzimli değilse makası tanzim etmek için araçtan inilmek üzere kumanda merkezine anons edilerek izin istenir.
- Can güvenliği için sistem emniyet kurallarına uyulup, mümkünse yürüme yolu ve hemzemin geçit kullanılarak makas motorunun başına gidilir.
- Makasın açık olan dil ucu ile yaslanma rayı arasındaki boşluk kontrol edilerek temiz olduğu görülür.
- Makas motoru üzerinde bulunan mod anahtarı yuvasına yerleştirilip, döndürülerek makas manuel moda alınır.
- Makas kolu yuvasına yerleştirilip, tık sesi duyulana kadar döndürülerek makas tanzim edilir.
- Makas tanzim edildikten sonra makas kolu, yuvasından çıkarılır.
- Makas mod anahtarı eski konumuna döndürülerek makas otomatik moda alınır. Makas kolu yuvasına oturtulmaya çalışılarak makas mod durumu kontrol edilir.
- Makas tanziminden sonra açılan makas dil ucu boşluğu kontrol edilerek boşluğun temiz olduğundan emin olunur.
- Makas tanziminin sonlandırıldığı ve tren kabinine binileceğine dair kumanda merkezine bilgi verilir.
- Can güvenliği için sistem emniyet kurallarına uyularak ve mutlaka hemzemin geçit kullanılarak tren kabinine geçilir.



SIRA SİZDE

Makas tanzim işlemlerini simülasyon şeklinde hazırlayınız. Hazırladığınız simülasyonu sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.3.6. Limit Taşları

Limit taşları (Görsel 2.12), araçların birbirine çarpma-dan geçişini sağlamak için iki yolun birleştiği noktadan itibaren iç ray dizileri, dış mantar yüzeyi arasındaki mesafenin 2 m olduğu yere yerleştirilir. Bu taşlar depo sahasında bulunur ve trenin emniyetli durabileceği noktayı gösterir.



Görsel 2.12: Limit taşı



ARAŞTIRMA

Çevrenizdeki demiryolu istasyonlarına gideyerek bulunan makasların özelliklerini (istasyon yetkilisinin refakatinde ve güvenlik önlemleri alınarak) inceleyiniz. Gördüğünüz makas hatalarını ve bu hataların nasıl giderileceğini araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.4. TABELA VE YÖNLENDİRMELER

Demiryollarında yolun ve mevkilerin durumlarını ifade etmek, işaretli bölgede uyulması gereken kural veya varsa kısıtlamaları ifade etmek üzere tabela ve yönlendirme uygulamaları bulunmaktadır. Bu tabela ve yönlendirmeler okunaklı, erişilebilir, açıklayıcı, planlı ve düzenli olmalıdır. Etkili bir şekilde hazırlanmış tabela ve yönlendirmeler yolcu ve çalışanlar için güvenli bir izlenim bırakacaktır.

Trenin Makas Bölgesinden Çıktığını Gösteren İşaret

Dört veya sekiz vagonlu bir trenin, makas bölgesi tehlikeli noktasının (makas bekleme noktası) dışında bulunduğunu gösterir. Ana ray hattının orta eksenine monte edilir. Yeşil zemin üzerine beyaz harf ve rakamlardan oluşur (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Trenin makas bölgesinden çıktığını gösteren işaret

Kilometre İşareti

Tahsis yolu boyunca mesafe ve yer belirtmek üzere kullanılan işaretlerdir. Tahsis yolu boyunca her uç noktaya ve her 100 metrede bir tünel duvarlarına monte edilir. Beyaz zemin üzerine siyah şekil ve rakamlardan oluşur (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Kilometre işareti

Yüksek Gerilim Uyarısı

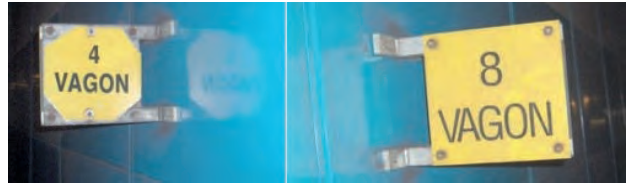
Üçüncü ray sistemi olan hatlarda üçüncü ray kapak levhasının en üstüne her 30 metrede bir yerleştirilen işaretlerdir. Sarı ana zemin içinde kırmızı dikdörtgen, içine beyaz oval şekil üzerine kırmızı TEHLİKE yazısı; sarı ana zemin içinde siyah üçgen çizgi içine siyah yıldırım işareti, ayrıca sarı ana zemin içine YÜKSEK GERİLİM yazısı mevcuttur. Katener sistemi olan hatlarda da benzeri uygulamalar mevcuttur (Şekil 2.15).



Şekil 2.15: Yüksek gerilim uyarısı

İstasyon Duruş Yeri İşareti

İstasyona giren bir trenin duruş noktasını belirten işaretlerdir. Peronun alt tarafına monte edilir. Sarı zemin üzerine siyah harf ve rakamlardan oluşur (Görsel 2.13).



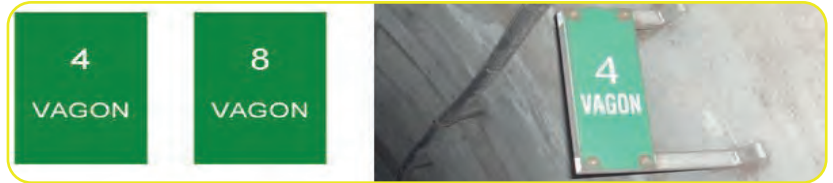
Görsel 2.13: İstasyon duruş yeri işareti

Trenin İstasyondan Çıktığını Gösteren İşaret

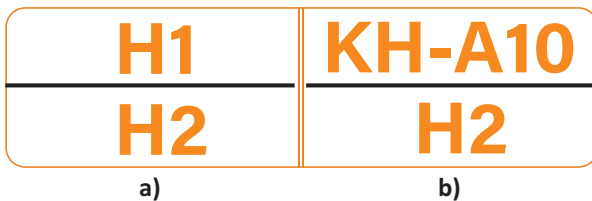
Dört veya sekiz araçlı bir trenin istasyondan tamamen çıkmış olduğunu belirten işaretlerdir. İstasyon bitiminden itibaren dört veya sekiz araçlık bir tren boyu mesafede bulunur. Tünel duvarına monte edilir. Yeşil zemin üzerine beyaz harf içeren metal plakadan oluşur (Görsel 2.14).

Ray Hattı Bölüm İşareti

Özel ray hattı çalışması sonucunda oluşturulmuş, ray hattı bölümleri arasındaki sınırı gösteren işaretlerdir. Her bir ray hattı bölümünden diğer ray hattı bölümüne geçiş noktalarında tünel duvarları üzerine monte edilir. Beyaz zemin üzerine turuncu harf ve rakamlardan oluşur (Şekil 2.16).



Görsel 2.14: Trenin istasyondan çıktığını gösteren işaret



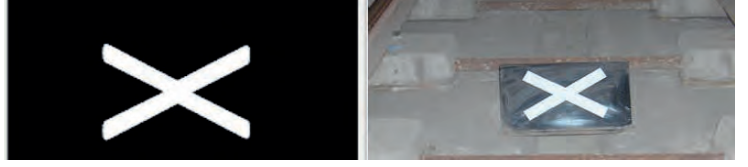
Şekil a): Ray hattı birden (H1), ray hattı ikiye (H2)

Şekil b): Kuyruk hattından (KH), ray hattı ikiye (H2)

Şekil 2.16: Ray hattı bölüm işareti

Makaslarda Emniyet (Bekleme) Noktası

Makasın kritik noktalarını gösteren tanım işaretleridir. Ana ray hattının orta eksenine monte edilmiştir. Ana yol ve sapan yolda duracak trenlerin yeterli gabari açıklığına sahip olabilmeleri için gerekli olan limit mesafesini gösterir. Trenlerin bu mesafeyi aşması hâlinde çarpışma meydana gelir. Siyah zemin üzerine beyaz x işaretidir (Görsel 2.15).



Görsel 2.15: Makaslarda emniyet noktası

Hat Makas Tanımlaması

Bir trenin yaklaşmakta olduğu makasın numarasını belirten işaretlerdir. Her bir makas için arkalı önlü üçer adet, kruvazman geçişlerde ise makas tanımlama levhaları gibi dörder adet konulmaktadır. Her bir makasın tanımlanması için ray hattının orta eksenine monte edilir (Görsel 2.16).



Görsel 2.16: Hat makas tanımlaması

**ARAŞTIRMA**

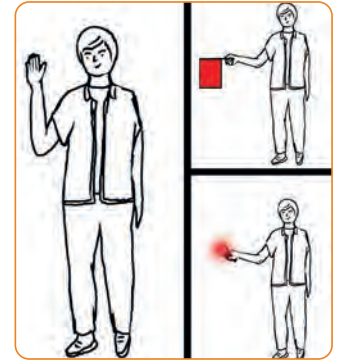
Bulunduğunuz bölgedeki demiryolu istasyonuna giderek tabela ve yönlendirmelerin hangilerinin bulunduğunu ve yeteri kadar konulup konulmadığını araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Dur İşareti

Trenlerin sinyal veren kişiye kadar gelip, durup, daha ileriye gidemeyeceğini gösteren işarettir (Şekil 2.17).

Gündüz: El veya bayrak sabit tutulur.

Gece: Kırmızı ışıklı sinyal lambası sabit tutulur.



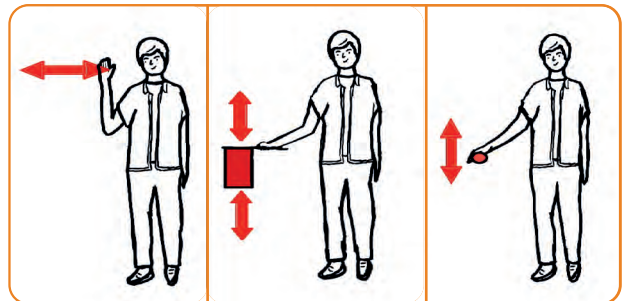
Şekil 2.17: Dur işareti

Acilen Dur İşareti

Trenin hemen durdurulması gerektiğini gösteren işarettir (Şekil 2.18).

Gündüz: El hızla yanlara doğru hareket ettirilir veya bayrak yukarı aşağı hareket ettirilir.

Gece: Kırmızı ışıklı sinyal lambası hızla yukarı aşağı hareket ettirilir.



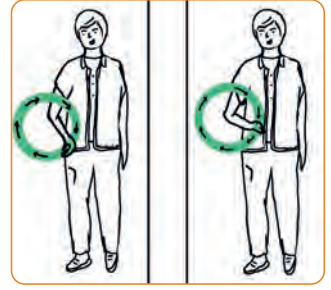
Şekil 2.18: Acilen dur işareti

İleri Hareket Serbest İşareti

Trenin ileri hareketinin serbest olduğunu gösteren işarettir (Şekil 2.19).

Gündüz: Sinyal verenin kolu yavaşça daireler çizer.

Gece: Yeşil ışıklı sinyal lambası ile yavaşça daireler çizilir.



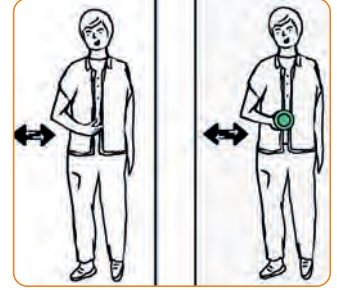
Şekil 2.19: İleri hareket serbest işareti

Geri Git

Trenin geri hareketinin serbest olduğunu gösteren işarettir (Şekil 2.20).

Gündüz: Sinyal verenin kolu şekildeki gibi yanlara doğru sallanır.

Gece: Yeşil ışıklı sinyal lambası şekildeki gibi yanlara doğru sallanarak işaret verilir.



Şekil 2.20: Geri git işareti

**SIRA SİZDE**

Dur, acilen dur, ileri hareket serbest, geri git işaretlerini sınıf ortamında uygulamalı olarak gösteriniz.

2.4.1. Mevkiler

Tünel içerisindeki güvenli bekleme ve gözlem yapma bölgeleri, hat ekseni boyunca devam eden yürüme yolları, bir hattan diğer bir hatta bağlanan **CP'ler**, hattın üzerinden geçiş olanağı sunan hemzemin geçitler ve tünelden acil çıkış olanağı sunan yaklaşım tünelleri mevki olarak kabul edilmektedir.

Güvenli Bekleme Bölgeleri

Bu bölgeler, bazı hatların makas bölgelerinde bulunan geniş tip tünellerde makas üçgeni dışında kalan geniş alanlardır. Bu alanlar hemzemin geçitler vasıtasıyla yürüme yollarına bağlanmıştır.

Yürüme Yolları

Yürüme yolları, tüm hat boyunca hat eksenine paralel olarak devam eden yollardır. Yürüme yollarında tren hareketine yakalanmak tehlikeli sonuçlar oluşturabileceğinden dikkatli olmak gerekir.

CP'ler (Crossing Passage)

Crossing Passage (kırsing pesiç); metro hatlarında işletme güvenliğini sağlamak ve acil kaçış imkânı sunmak üzere oluşturulan, hat boyunca yaklaşık **200-300 m** aralıklarla her iki tüneli birbirine bağlayan, yürüme yolu seviyesindeki **geçiş tünelleridir**. Bu tüneller farklı amaçla yapılmış olmalarına rağmen bekleme bölgesi olarak kullanılabilecek şekilde tasarlanmışlardır.

Hemzemin Geçitler

Hemzemin geçitler; yürüme yollarının değiştirdiği yerlerde, makas ve yaklaşım tüneli bölgelerinde bulunur. Rayların arasındaki ve dışındaki boşlukların ahşap kalaslarla yükseltilerek ray üst kotu seviyesine getirilmesiyle oluşturulur.

Yaklaşım Tünelleri

Genellikle metro hatlarının yapım aşamasında lojistik amaçlı açılan, ana hatta veya tali yollara bağlantılı olan tünellerdir. Bazı yaklaşım tünelleri metro hatları işletmeye açıldıktan sonra da bakım araçlarının veya gerekli iş makinelerinin hatta alınması, malzeme nakillerinin sağlanması gibi lojistik amaçlarla açık tutulmaktadır.



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistemlerde hat bilgisi ile ilgili **on kavram**, aşağıdaki tabloda soldan sağa, yukarıdan aşağıya gizlenmiştir. Bu kavramları bularak kutu içine alınız. Bulduğunuz kavramlar hakkında bildiklerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

M	R	N	E	R	T	F	Q	A	Ş	L	A	G
A	F	T	R	A	V	E	R	S	E	L	R	B
K	T	J	K	N	Ü	R	A	T	L	İ	K	A
A	A	F	K	U	R	P	P	S	E	M	P	L
S	T	T	D	İ	C	A	D	A	K	İ	C	A
S	E	G	A	B	A	R	İ	C	A	T	E	S
H	N	Q	L	I	P	O	N	U	R	T	B	T
O	L	U	K	L	U	R	A	Y	T	A	İ	I
Ö	R	S	A	R	T	M	A	N	M	Ş	R	O
R	R	A	Y	D	E	V	R	P	A	İ	E	P
Ü	S	T	Y	A	P	İ	E	R	N	T	O	Ğ



KELİME OYUNU

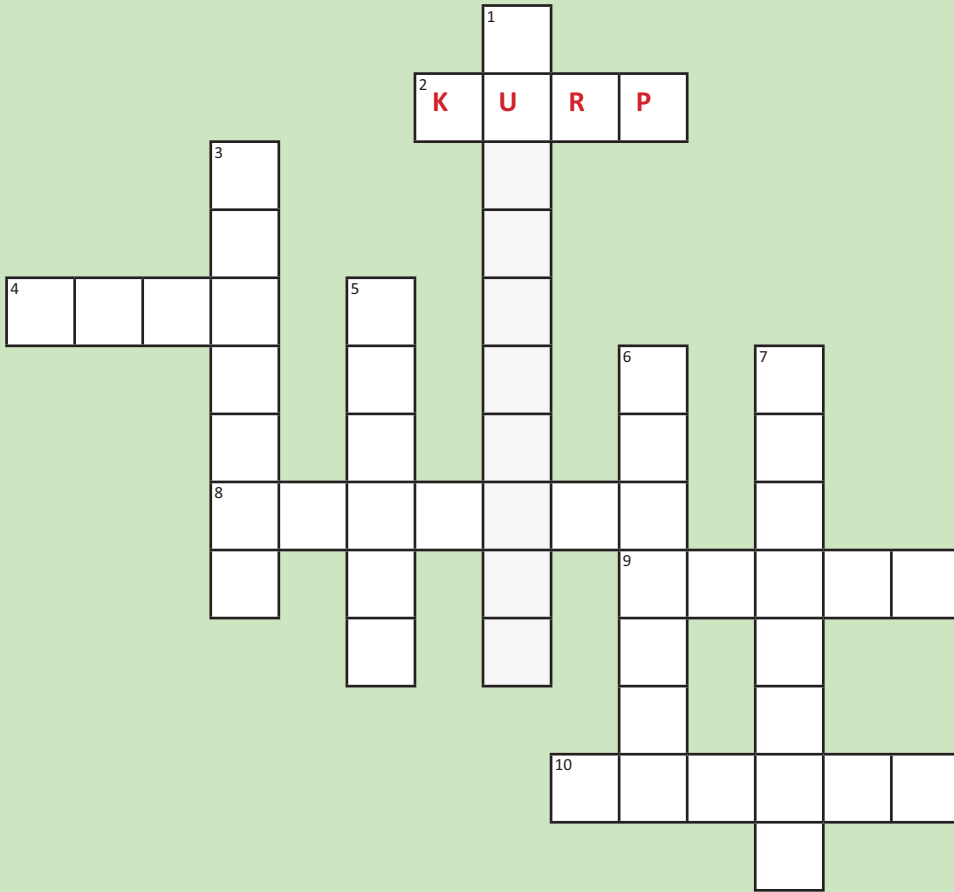
Aşağıdaki ifadelerin karşılığı olan kelimeleri uygun kutucuklara yerleştiriniz.

Soldan Sağa

2. Farklı doğrultudaki doğru yolları birleştiren yolun eğri kısmı
4. Kurplarda merkezkaç kuvvetin etkisini dengelemek için kurbun iç rayına göre dış rayına verilen kot farkı
8. Demiryolunun düz kısmı
9. Aracın raydan çıkma durumu
10. Araçların genişlik ve yükseklik bakımından ölçüsü

Yukarıdan Aşağıya

1. Kesişen iki yolda sadece karşılıklı geçişi sağlayan makas türü
3. İşletmenin yapıldığı ana güzergâh
5. Rayları iki ucundan birbirine bağlamak için kullanılan demir lama
6. Cebirenin bağlantısında esnekliği sağlayan eleman
7. İki ray arası içten içe olan açıklık



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerde (.....) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin doğrusunu alttaki boş yerlere yazınız.

1. (...) Demiryollarında esnek ve rijit üstyapı olmak üzere iki farklı özellikte balast kullanılır.
.....
2. (...) Hızlı tren hatlarında travers eksenleri arasındaki açıklık 80 cm'dir.
.....
3. (...) Ekartman, üstyapı elemanıdır.
.....
4. (...) Raylar yüksek mukavemetli çelikten imal edilmiştir.
.....
5. (...) Demiryolunun platform düzeyi ile zemin arasındaki bölgesine altyapı denir.
.....

B) Aşağıdaki cümlelerde bulunan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

6. Demiryolu bağlantılarının yükünü taşımak ve suyun boşaltılmasını kolaylaştırmak için kullanılan elemanlara denir.
7. Yol eksenine dik yönde ve rayların altına mesnet olarak belirli aralıklarla yerleştirilmiş üstyapı elemanına denir.
8. Demiryolu araçlarının dingillerinden aktarılan kuvvetlerin toplamına denir.
9. Yağmur sularının demiryolunda birikmemesi ve altyapıya zarar vermemesi için yapılan su tahliye sistemlerine denir.
10. Raylı sistem yolu üzerinde hareket eden demiryolu araçlarının diğer bir yola geçmesini sağlayan ekipmanlara denir.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevabı işaretleyiniz

11.

- I. Menfezler
- II. Tüneller
- III. Peronlar
- IV. Sinyalizasyon ve elektrifikasyon tesisleri

Yukarıdakilerden hangileri demiryolu altyapısını oluşturan tesislerdendir?

- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I, II, III
D) I, II, IV E) I, II, III, IV

12.

- I. Yüzey sularının drenajını iyi yapmak
- II. Pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak
- III. Üstyapıya sağlam temel hazırlamak
- IV. Araçlardan gelen yükleri alt yapıya iletmek

Yukarıdakilerden hangileri üstyapının görevleri arasındadır?

- A) I, II B) II, IV C) I, II, III
D) I, II, IV E) I, III, IV

13.

- I. Yol açıklığını sağlamak ve muhafaza etmek
- II. Raylara mesnet görevi yapmak
- III. İki ray arasında elektrik yalıtımı sağlamak
- IV. Raylarda meydana gelen titreşim ve gürültü-yü azaltmak

Yukarıdakilerden hangileri traversin görevleri arasındadır?

- A) I, II, III B) I, II, IV C) I, III, IV
D) II, III, IV E) I, II, III, IV

14.

- I. Mukavemeti yüksek, sağlam yanal ve düşey tutuş sağlamalıdır.
- II. Kısa ömürlü olmalıdır.
- III. Traverslere ön montajı mümkün olmalıdır.
- IV. Aşınmayan yapıya sahip olmalıdır.

Bağlantı elemanlarında bulunması gereken özellikler yukarıdakilerden hangileridir?

- A) I, II, III B) I, II, IV C) I, III, IV
D) II, III, IV E) I, II, III, IV

15.

- I. Basit
- II. Birleşik
- III. Çapraz
- IV. Karmaşık

Yukarıdakilerden hangileri kent içi raylı sistemlerde kullanılan makas çeşitlerindendir?

- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I, II, III
D) I, II, IV E) I, II, III, IV

16.



Yukarıdaki şekilde gösterilen işaretin anlamı nedir?

- A) Dur
B) Acilen dur
C) Geri hareket serbest
D) İleri hareket serbest
E) Park et

17.



Yukarıdaki şekilde gösterilen işaretin anlamı nedir?

- A) Dur
B) Acilen dur
C) Geri hareket serbest
D) İleri hareket serbest
E) Park et

18.

- I. Ekartman
- II. Fleş
- III. Galop
- IV. Dever

Yukarıdakilerden hangileri demiryolu hat geometrisini oluşturan elemanlar arasındadır?

- A) Yalnız I B) I, II C) I, III
D) I, II, IV E) I, II, III, IV

19.

- I. Cebire
- II. Cebire bulonu
- III. Rondela

Yukarıdakilerden hangileri rayı raya bağlayan bağlantı elemanlarıdır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I, II
D) I, III E) I, II, III

20. UIC standartlarına göre ekartman değeri aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 1435 mm B) 2435 mm
C) 3435 mm D) 4435 mm
E) 5435 mm



3. ÖĞRENME BİRİMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Raylı sistem araçlarında cer gücü temini ve dağıtımı
- Kent içi raylı sistem araçlarının katener sistemleri ve çalışması
- Kenti içi raylı sistem araçlarında üçüncü rayın yapısı, çalışması ve özellikleri
- Kent içi raylı sistemlerde APS sistem yapısı, çalışması ve özellikleri
- Trenlere elektrik enerjisinin aktarılmasında pantografin yapısı, çalışması ve özellikleri

ANAHTAR KAVRAMLAR

- | | | |
|--------------|------------------|-----------------|
| • AG dağıtım | • enerji iletimi | • pantograf |
| • APS | • jeneratör | • rijit katener |
| • cer gücü | • konvansiyonel | • negatif dönüş |
| • DC kesici | • katener | • hücresi |
| • doğrultucu | • orta gerilim | • üçüncü ray |

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE GÜÇ TEMİNİ

KONULAR

- 3.1. CER GÜCÜ TEMİNİ VE DAĞITIMI
- 3.2. KATENER SİSTEMİ
- 3.3. ÜÇÜNCÜ RAY SİSTEMİ
- 3.4. APS SİSTEMİ
- 3.5. TRENLERE ELEKTRİK ENERJİSİ AKTARIMI



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Raylı sistemlerde kullanılan doğru akım ve alternatif akımın özelliklerini karşılaştırınız? Karşılaştırma sonucunu arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Son yıllarda raylı sistem hatlarının yaya ve araç trafiğinden ayrılma nedenleri sizce nelerdir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

GİRİŞ

Raylı sistem taşımacılığında trenlerin hareketini sağlamak için geçmişten bugüne çeşitli enerji türleri kullanılmıştır. Kullanılan enerji türü örnekleri şunlardır:

- Buharlı lokomotiflerde kullanılan buhar basınçlı yöntem
- Dizel lokomotiflerde kullanılan dizel motorlar
- Dizel elektrik ve elektrikli lokomotiflerde kullanılan elektrik motorları

Raylı sistemlerle yapılan taşımacılık, zaman içinde teknolojik ilerleme ve gelişmeler doğrultusunda değişmiş ve bunların çeşitlilikleri artmıştır. Özellikle hızlı kentleşme, yoğun nüfus artışı, enerji ihtiyacı, hava kirliliği gibi sorunlar raylı sistem yapılarında yeni sistemleri zorunlu kılmıştır. Tüm bu nedenler, elektrikli raylı sistemleri ana toplu taşıma sistemlerinden biri olarak insan hayatına dâhil etmiştir.

Kent içi raylı sistemlerde kullanılan araçlar genellikle elektrik enerjisiyle çalışmaktadır. Bu trenlerin hareketi için gerekli olan gücün temini, raylı sistemlerde elektrik enerjisinin kullanılabilmesi, tren hareketliliğinin devamlılığı ve trafik güvenliği için gereklidir.

Tahrik gücü olarak elektrik enerjisini kullanan sistemler çevre dostudur. Bu sistemlerden daha iyi hız ve verim elde edilir. Verimi yüksek olan elektrikli sistemlerde güç temini istasyon, depo vb. alanlarda da sağlanmaktadır. Bu sistemlerin bakımı ve güç temini etkin bir şekilde izlenir. Olumsuz durumların önüne geçmek için proaktif yaklaşım (olaylara hazırlıklı olma durumu) ile tüm güvenlik önlemleri önceden alınır.

Kent içi raylı sistemlerde güç temini; ulaşım hizmetlerinin verimliliği, güvenlik, ekonomiklik ve çevre duyarlılığı bakımından önemli bir unsurdur. Kent içi raylı sistemlerde gücün doğru ve güvenilir olarak temini, kent içi toplu taşımacılığın başarılı bir şekilde işletilebilmesine olanak sağlar.



SIRA SİZDE

Elektrikli tren motorlarının çalışması için sizce yenilenebilir enerji kaynaklarından nasıl yararlanılabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1. CER GÜCÜ TEMİNİ VE DAĞITIMI

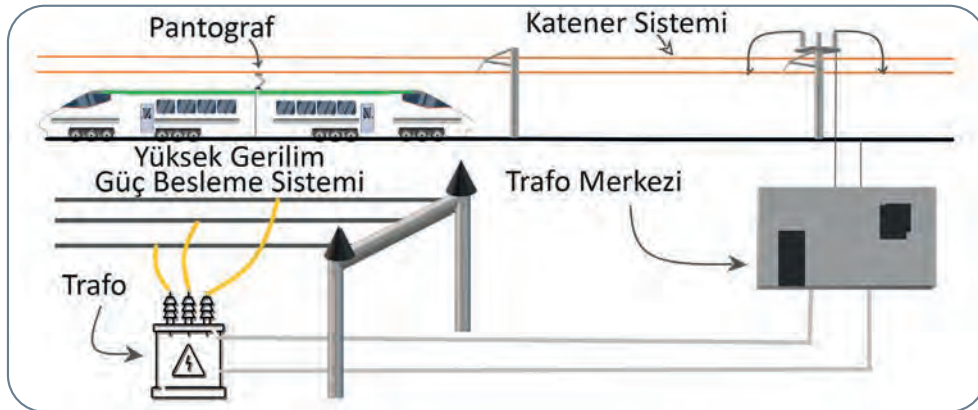
Raylı sistemlerde trenlerin harekete geçebilmesi, hareketi sürdürebilmesi, motorların tahriki ve diğer yardımcı donanımların beslenmesi için gerekli olan güce **cer gücü** denir. **Cer** kelimesi çekme ve sürük-leme anlamlarını taşımaktadır. **Cer motoru**; aracın hareket etmesini, tahrik gücünü sağlayan motorları ifade etmektedir. **Cer trafosu** ise havai hat (katener) ve üçüncü ray sistemi ile taşınarak cer motorlarına, çalışması için gerekli olan enerjiyi sağlayan trafolardır.

Raylı sistemlerde kullanılacak güç beslemesinin türü belirlenirken hangi seviyede enerji kullanılacağı, trafo merkezlerinin mesafeleri, hat eğimi, durak sayısı, taşınacak yük miktarı, yolcu sayıları vb. birçok etken göz önüne alınmaktadır. Raylı sistemlerde enerji beslemelerinin nasıl yapılacağı, kullanılan motorun karakteristik yapısına göre belirlenmektedir.

Modern toplu taşımacılık sistemi olarak bilinen elektrikli raylı ulaşım sistemlerinin tasarlanmasında en önemli unsurlardan biri cer gücünün temini ve bu gücün dağıtım şeklidir. Kısacası cer gücü için gerekli olan elektrik enerjisi, iletim hatlarından yüksek gerilim olarak alınır. Ardından indirici ve yükseltici trafolar ile istenen seviyeye getirilir. Böylece raylı sistem hattının beslenmesi ve tren hareketliliğinin devamlılığı sağlanır.

Türkiye’de ve dünyada yerel şebekelerden **alternatif akım [AC (Alternative Current-alternatif körint)]** veya **doğru akım [DC (Direct Current-dayrek körint)]** olarak temin edilen elektrik enerjisi, kesintisiz olarak devam eden raylı sistem hatlarına, özel üretim iletkenler aracılığıyla aktarılır.

Raylı sistem hattında bulunan elektrik enerjisi, çeşitli yöntemlerle trenlere alınarak tahrik gücü elde edilmiş olur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Tahrik gücü iletim sistemi

Raylı sistem hatlarında tahrik gücü için kullanılan gerilimler ve frekans değerleri farklılıklar göstermektedir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Raylı Sistemlerde Kullanılan Gerilim Değerleri Örneği

RAYLI SİSTEM HATLARI	GERİLİMLER
Nostaljik eski tip tramvay hatları	600 VDC
Türkiye ve dünyada metro ve tramvay hatları	750 VDC
Türkiye’de son yıllarda yapılan metro hatları	1500 VDC
Türkiye demiryolu hatları	25 kV 50 Hz AC
Ağır yük nakliye hatları	50 kV 50-60 Hz AC

Elektrifikasyon sistemleri ve güç elektroniğinde meydana gelen gelişmeler doğrultusunda Türkiye raylı sistem hatlarında 25 kV-50 Hz AC elektrik enerjisi tercih edilmiştir. AC gerilim seviyeleri özellikle yük ve uzun mesafe taşımacılığında kullanılmaktadır. Yüksek hızlı tren ve banliyölerde 25 kVAC, kent içi raylı sistemler ve metro hatlarında 750 V/1500 VDC, nostaljik eski tip tramvaylarda 600 VDC gerilim seviyeleri kullanılmaktadır.



BİLGİ KUTUSU

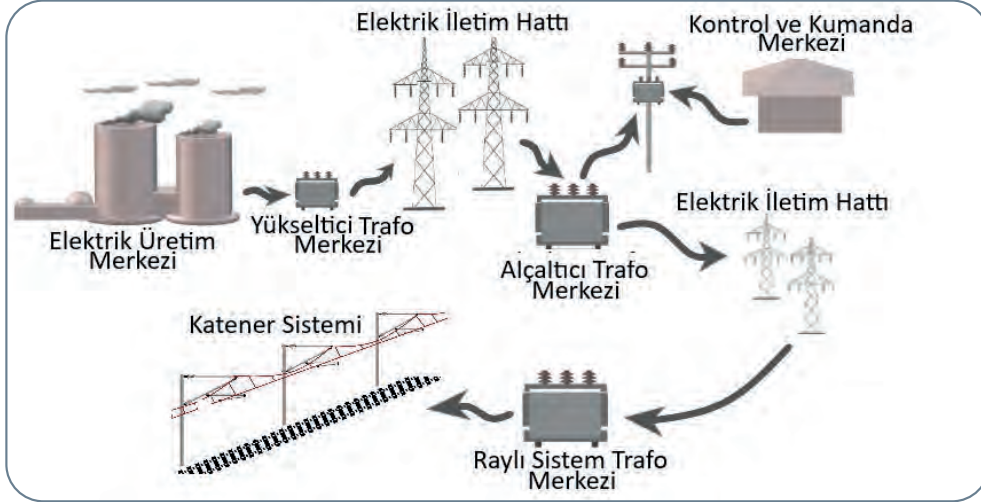
Raylı sistem hatlarında seyrini sürdüren trenin hareket etmesini sağlayan elektrik enerjisinin temin edildiği trafo merkezlerine **cer gücü trafo merkezi** denir.

3.1.1. Kent İçi Raylı Sistemlerde Cer Gücü Temini ve Dağıtımı

Kent içi raylı sistemlerde aktif olarak kullanılan DC sistem; genel olarak 750/1500 VDC gerilimin elde edilmesini sağlayan redresör, gerilim beslemesini sağlayan redresör trafosu ve DC gerilimi hatta ileten panolardan oluşmaktadır.

Kent içi raylı DC sistemlerde kullanılan trenler için gerekli olan cer gücü, 154/34,5 kVAC olarak tedarikçi firmanın indirici trafo merkezinden alınarak cer trafo merkezine gönderilir.

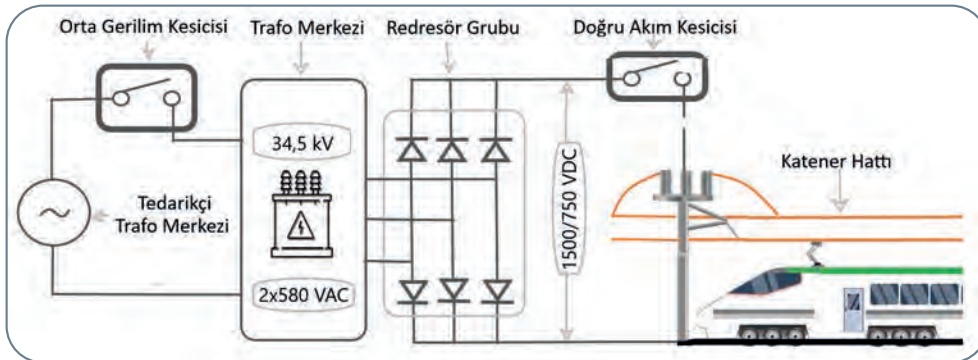
Cer trafo merkezlerine alınan gerilim, orta gerilim hücreleri üzerinden cer ve yardımcı trafolarla iletilir (Şekil 3.2). Cer trafoları trenlerin hareketi için gerekli olan enerjiyi, yardımcı trafolar ise istasyon ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Gerilim, cer trafoları aracılığıyla 34,5/2x580 VAC olacak şekilde dönüştürülür. Yardımcı trafolarla ise 400/250 V elde edilir. Trafolarından elde edilen AC gerilim, DC sistemlerde kullanılan redresörleri beslemektedir. Sistem üzerinde bulunan redresör, AC gücü DC olarak doğrultur. Bu işlemlerin sonunda doğrultmaç devrelerinden geçen enerji 750 volt veya 1500 volt DC gerilime dönüşmüş olur.



Şekil 3.2: Enerji üretim ve dağıtım

Redresör trafosu-redresör ünitesinden geçen enerji, DC şalt hücresi olan cer gücü şebekesi giriş donanımına girer. Sistem üzerinde dâhili olarak bulunan, metal pano şeklinde dizayn edilmiş bu DC şalt hücrelerinde ayırıcılar, kesiciler, izleme, kontrol ve koruma donanımları bulunmaktadır.

DC gerilimin, diğer bir ifadeyle redresörün (+) pozitif ucu, sistem üzerinde mevcut olan DC panolarda cer gücü şebekesi barası adını alan ortak bir bara (aynı frekans ve gerilim değerine sahip enerjinin toplanıp dağıtıldığı ünite) üzerinde toplanır. Ayrıca dönüş akımı kabloları da hücre içerisinde (-) negatif barada toplanır. DC gerilimin (-) negatif ucu ray üzerinden DC panolara bağlanarak devresini tamamlar. Sistem üzerinde bulunan hat besleme hücresi (+) barası elde edilen cer gücünün hatta dağıtım görevinde kullanılmaktadır. Doğrultucu grup üzerinden elde edilen gerilim, iletim sistemleri ile trenlere iletilerek motor tahrik gücü sağlanır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Cer gücü temini ve dağıtım



BİLGİ KUTUSU

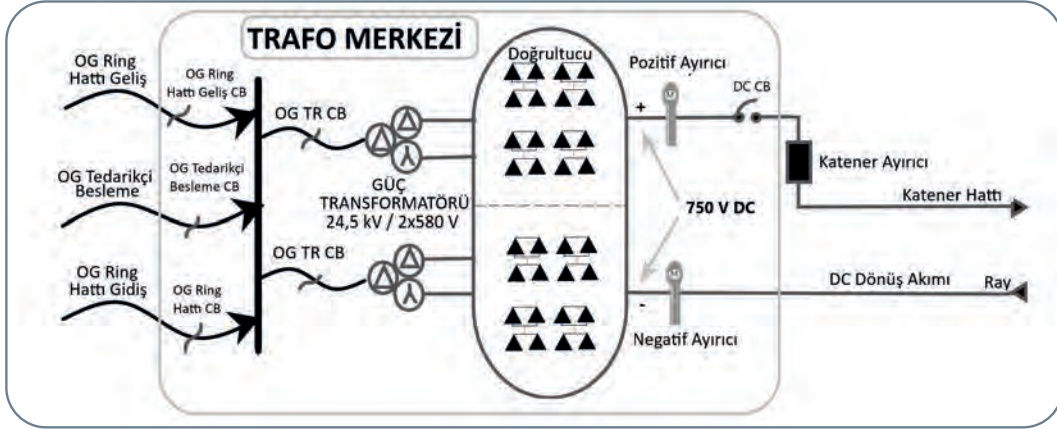
DC gerilimin uzak mesafelere taşınabilmesi için tüm hatlar, birden fazla noktalara kurulmuş trafolar ile beslenmektedir.

3.1.2. Orta Gerilim Sistem Yapısı

Kent içi raylı sistemlerde kullanılacak enerji; 154/34,5 kV güç olarak, indirici trafo merkezlerinden alınıp orta gerilim kabloları ile cer trafo merkezlerine getirilir. Basit anlamda orta gerilim kabloları ile taşınan enerji, cer trafo merkezleri içindeki kesici hücre yapılarına iletilir. Cer trafo merkezleri içinde bulunan orta gerilim hücreleri, istasyonların ve cer gücü sisteminin güvenli bir şekilde beslenmesi için kullanılan bir yapıdır. Kapalı ve güvenli yapılar içinde muhafaza edilmektedir. Orta gerilim hücreleri hem ölçme hem de besleme amacıyla kullanılır.

3.1.2.1. Orta Gerilim Şalt Hücreleri (Cer Gücü Trafo Merkezleri)

Orta gerilim hücreleri elektrik enerjisinin dağıtıldığı ve kontrolünün yapıldığı bileşendir. Kent içi raylı sistemlerde, elektrik ihtiyacının karşılanmasında gerekli olan elektrik altyapısını sağlamak için orta gerilim hücreleri kullanılmaktadır. Bu hücrelerin elektriksel diyagramı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Cer trafo merkezi elektriksel diyagramı

Şebeke ve tedarikçilerden alınan yüksek gerilimin cer gücü olarak kullanılabilecek hâle getirilmesi için tüm işlemlerin yapıldığı merkezlere **cer gücü trafo merkezi** denir. Orta gerilim sistemi içinde 34,5 VAC gerilim, orta gerilim giriş hücresine alınarak istasyonların ve cer gücü sistemlerinin kullanabileceği uygun gerilimlere dönüştürülür ve doğrultucu hücrelere iletir. Bu merkezlerin öncelikli amacı, elektrik enerjisini raylı sistemlerin kullanabileceği uygun karakteristik yapıya dönüştürerek cer motorlarına beslenme devamlılığı sağlamaktır.

Cer trafo merkezleri; cer trafosu, DC şalt hücreleri, orta gerilim hücreleri, doğrultucu, doğrultucu trafosu, yardımcı trafolar, AG (alçak gerilim) panoları, jeneratör, kesintisiz güç kaynağı vb. ekipmandan oluşmaktadır. Bu ekipmanın gücü, çeşit ve sayısı hattın ihtiyaçları doğrultusunda değişiklik gösterebilmektedir.

Cer trafo merkezleri, hat üzerinde ve belirli aralıklarla kurulur. Yapı içinde gerilim trafoları, akım trafoları, ayırıcı, kesici ve ölçüm sistemleri mevcuttur. Cer trafo merkezleri içinde bulunan orta gerilim hücreleri şunlardır (Görsel 3.1):



Görsel 3.1: Orta gerilim şalt hücre odası

Cer Trafo Besleme Hücresi: Raylı sistem araçlarının hareketi için gerekli olan tahrik gücünün elde edilmesini ve cer trafolarının enerjisini sağlayan hücredir.

Yardımcı Servis Trafo Besleme Hücresi: İstasyon, tünel ve diğer alanlardaki ihtiyaçların karşılanması için kullanılan enerjinin sağlanarak yardımcı servis trafolarının beslendiği hücredir.

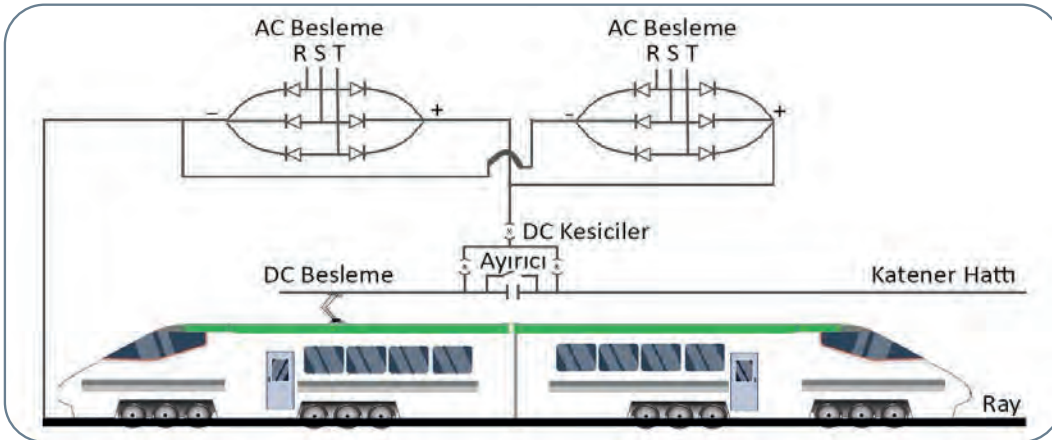
Ölçü Hücresi: Raylı sistemlerin işletilmesi sırasında harcanan gücün takip edildiği ölçüm hücresidir.

Ring Hücreler: Herhangi bir trafo merkezinde yaşanabilecek olumsuz durumlarda tren hareketliliğinin ve sistemin çalışma devamlılığı için trafo merkezlerini birbirine bağlayan hücrelerdir.

Bara Kuplaj Hücresi: Yük ayırıcılarına kuplaj yapmak için kullanılan hücredir. Sistem üzerinde birden fazla enerji beslemesi bulunduğu için enerji giriş önceliğinin belirlendiği hücredir.

3.1.3. Doğrultucu Hücreler (Redresör)

Tren motorlarının tahriki için gerekli olan gerilimin üretiminde kullanılan trafolarla **cer trafoları** denir. Cer trafosunun primer (başlangıç) sargısına gelen 34,5 kVAC gerilim, sekonder (ikinci) sargısından 0,59 kVAC gerilime dönüştürülür. Ardından enerji busbar sistemiyle DC şalt hücreleri içinde bulunan diyot grubuna iletilir. Cer trafolarından sonra doğrultucu hücrelere girerek diyot grupları aracılığıyla 0,59 kVAC gerilim, 600-3000 VDC olmak üzere kent içi raylı sistemlerde 750 VDC gerilime çevrilir. Doğrultucu hücreler, trenlerin çalışması için gerekli olan akımı ürettikten sonra ürettiği enerjiyi DC şalt sistemi ayırıcı ve kesicisi üzerinden iletim hatlarına gönderir. Doğrultucu hücreler trafo binalarının içinde yer almaktadır. Kent içi raylı sistemlerde yerel merkezlerden alınan AC güç, redresör merkezlerinde darbeli dönüştürücülerle DC güce dönüştürülmektedir. Artan güç ihtiyacı ve hat yoğunlukları nedeniyle son dönemlerde ağırlıklı olarak 12 darbeli dönüştürücüler kullanılmaktadır (Şekil 3.5). Bunun nedeni, üç fazlı alternatif akımın doğrultulması işleminde 12 darbeli doğrultucuların daha verimli çalışmasıdır.



Şekil 3.5: Trafo merkezi doğrultucu devresi örneği

3.1.4. Negatif Dönüş Hücreleri

Raylar aracılığıyla trafo merkezlerine dönen negatif (-) doğru akımın toplandığı, negatif baranın bağlandığı hücreye **negatif dönüş hücresi** denir.

Kent içi DC beslemeli raylı sistem hatlarında raylar, elektriksel devreyi tamamlayan devre elemanları olarak çalışmaktadır. Mevcut sistemin devresini tamamlayabilmesi için raylar üzerinden doğrultucu hücrelerin çıkışına geri dönüş bağlantısı vardır. Negatif dönüş hücresi, doğrultucu ünitenin negatif uçlarından negatif dönüş barasının beslendiği, 750 VDC ayırıcıların bulunduğu hücredir. Genellikle sistem üzerinden redresöre dönen negatif akımlar bir koruma ünitesi ve negatif akım şalteri üzerinden redresörün negatifine bağlanmıştır.



SIRA SİZDE

Raylı sistemlerde raylar üzerinden dönen negatif dönüş akımlarının canlılara verebileceği zararlar sizce nelerdir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1.5. Doğru Akım (DC) Kesici Hücreler

Yük altında açma kapama yapılabilen, tehlikeyi azaltmak, canlıları ve cihazları elektrik akımının tehlikelerinden korumak amacıyla kullanılan, yük akımını ve kısa devre akımlarını kesmeye yarayan elemanlara **kesici** denir.

DC gerilimin (+) ucu, ortak baralarda toplandıktan sonra hatta verilmeden doğru akım elektrik devresine bağlanır. Bu devreyi korumak, yönetmek ve kontrol etmek için kullanılan, yük altında açma kapama yapılabilen elemanların bulunduğu kesici hücresine **DC kesici hücresi** denir (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: DC kesici hücre

Redresör çıkışlarında bulunan ortak DC bara, DC kesiciye bağlıdır. DC kesiciler; koruma, kontrol, anahartarlama, elektrik ekipmanının izolasyonu gibi birden çok amaca hizmet eder. Redresörlerden elde edilen 750 VDC gerilim, DC kesiciler üzerinden geçtikten sonra hattı beslemektedir.

DC kesiciler, katener hattının belirli bir kısmına enerji verilmesini ya da kesilmesini sağlar. Hat, enerjili iken trafo ve doğrultucular üzerinde bakım yapmaya olanak sunar. Ayrıca kısa devrede, arızada ve diğer tehlikeli durumlarda ekipmanın korunmasını sağlar. Trafo binası içinde yer alır ve herhangi bir olumsuz durumda (kısa devre, aşırı yükleme vb.) otomatik olarak devreye girip sisteme enerji akışını engeller.

Kent içi raylı sistem tren motorlarının tahriki için gerekli olan 750 VDC gücün pozitif (+) ucunda bulunan enerji, redresör grubundan çıkar. Sonra iletim hatlarına gönderilmek üzere doğru akım kesicileri üzerinden geçerek bakım ayırıcılarına bağlanır. Bakım ayırıcıları üzerinden de geçtikten sonra iletim hatları vasıtasıyla trenlere gönderilir ve pantografin alabileceği duruma gelir. Negatif (-) kutuplu enerji, negatif geri dönüş yaparak raylar üzerinden DC panolara geri döner ve elektrik devresini tamamlar.

3.1.6. AG (Alçak Gerilim) Dağıtım Sistemleri (Yardımcı Güç Trafoları)

Yardımcı güç merkezlerinde iç ihtiyaç dağılımını sağlayan, alçak gerilime ihtiyaç duyulan diğer yerlerde kullanılan, 34,5/0,4 kV düşürme oranına sahip trafolardır. **Alçak gerilim sistemlerinin temelini yardımcı güç trafoları oluşturmaktadır. İç ihtiyaç trafosu** adı da verilen bu donanımlar; istasyonlardaki aydınlatma, asansör, alarm, yangın pompaları, motorlar, havalandırma, güvenlik, yangın algılama, drenaj pompası, yürüyen merdiven, priz tesisatı, zayıf akım sistemleri (anons, sinyalizasyon, telsiz, haberleşme vb.) ve diğer istasyon donanımlarının çalışması için gerekli olan enerjinin elde edildiği bir sistemdir.

3.1.6.1. Alçak Gerilimin Dağıtılması

Yardımcı güç trafolarından alınan enerji tek ve üç fazlı tüm sistemlerde kullanılabilir niteliktedir. Yardımcı güç trafosu çıkışından 0,4 kV değerinde bir enerji, AG ana dağıtım panolarına ve pano odalarına gönderilmektedir (Görsel 3.3). AG ana dağıtım panolarındaki enerji, istasyon içinde çeşitli yerlerde bulunan dağıtım odalarındaki panolara dağıtılmaktadır.



Görsel 3.3: AG dağıtım panoları

Yardımcı güç trafolarının sekonder çıkışındaki enerji, kablolar ve/veya busbar sistemleri aracılığıyla ana dağıtım panolarına iletilmektedir. Tali (ikincil) dağıtım panoları, şalter ile ana dağıtım panolarına bağlıdır. İstasyon sistemleri ve diğer tüm yardımcı sistemler için oluşturulan panoların her biri, belirli bir düzen ile oluşturulmaktadır. Örneğin tünel aydınlatma panosu, istasyon priz panosu, tünel priz panosu vb. isimlerle bir düzen sağlanmıştır.

3.1.7. SCADA Sistemi

SCADA [Supervisory Control and Data Acquisition (Süperveyzör Kontrol an Dada Akuzeyşin)] kelimelelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. **Uzaktan kontrol ve veri toplama sistemi** anlamındadır. SCADA sistemi ile raylı sistemler üzerindeki tüm hattı besleyen transformatör merkezlerinin, bu hatlar üzerinde kurulmuş şalt cihazlarının kontrol ve denetimleri yapılır, kayıtları tutulur. Bu sistem; bilgisayar ortamında uzaktan kontrolle kumanda etme, izleme, tren hareketlerini sevk ve idare olanağına sahiptir.

SCADA ile transformatör merkezlerindeki tüm ayırıcı ve kesicilerin bilgisayar üzerinden açılıp kapatılması, gerilim-akım gibi değerlerin takibi yapılabilir. Bu sistemin asıl amacı, sistemi anlık olarak uzaktan takip ederek arıza durumlarında veya bakım gerektiğinde hızlı müdahale edebilmektir. Sistem üzerinde yapılan her işlem, merkezdeki bilgisayar tarafından kayıt altında tutulur.

SCADA, bütünsel bir sistem olup periyodik ve aralıklı haberleşme temelini kullanır. Yüksek doğruluk ve hızlı müdahale istenen sistemlerde tercih edilir. SCADA, kendisine bağlı olan trafo merkezleri ve diğer sistemlerden haberleşme ile veriyi alır. Alınan veriler gelişmiş teknolojik yapıyla donatılmış sunucu odalarında işlenir ve düzenlenir. İşlenen ve düzenlenen veri, operatörün bilgisayar arayüzüne ikaz olarak gönderilir. SCADA üzerinden sistem takibini gerçekleştiren yetkili operatörler, alınan ikazlar doğrultusunda gerekli iş ve işlemleri gerçekleştirirler. SCADA sisteminin çalıştığı bilgisayarlar, durumları analiz ederek anlık ve hızlı bir değerlendirme ile olayları tespit eder. Tespit edilen olay, arıza veya diğer durumlar için görevliler yönlendirilir.

3.1.7.1. SCADA Sistemi Fonksiyonları

Kent içi raylı sistemlerde kullanılan SCADA sisteminin güç sistemleri üzerindeki görevi; trafo merkezlerinin, elemanlarının kontrol ve kumandasını sağlamaktır (Görsel 3.4). SCADA sisteminin güç sistemleri üzerindeki görevlerine enerji yönetimi, elektromekanik ve çevresel kontroller de eklenerek işlevsellik artırılmıştır.



Görsel 3.4: Marmaray SCADA odası

SCADA sisteminin temel fonksiyonları şunlardır:

- Ekipmanın mevcut durumları hakkında bilgileri kontrol eder.
- Akım, gerilim, güç vb. analog değerleri ölçer.
- Ayırıcı, kesici, trafo vb. yapıların, bağlantısı bulunan cihazların kontrol ve kumandasını sağlar.
- SCADA operatörünün sistemi net biçimde takip ederek gerekli izleme, denetim ve müdahaleleri yapmasına olanak sağlar.
- Belirli durumları merkeze bildirerek SCADA operatörünün dönütler almasına, dönütler doğrultusunda işlemler yapabilmesine olanak sağlar.
- Kent içi raylı sistemlerde kullanılan mevcut SCADA sistemine **enerji yönetimi** kapsamında OG, AG, doğru akım, acil durum jeneratörü, akım kaçağı izleme vb. sistemlerin denetim ve kontrolü eklenmiştir.

Kent içi raylı sistemlerde SCADA sistemine **elektromekanik ve çevresel sistemlerin kontrolü** kapsamında yürüyen merdiven, aydınlatma, yürüyen bant, asansör, hidrofor, pompa, su tankı, sensörler, kompresör, havalandırma vb. sistemlerin denetim ve kontrolü eklenmiştir.



ARAŞTIRMA

Çevrenizdeki istasyon veya garlarda bulunan SCADA sistemini araştırıp özellikleri hakkında yetkililerden bilgi alınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



SIRA SİZDE

Son teknolojik gelişmeler doğrultusunda kent içi raylı sistemlerde kullanılmak üzere daha kapsamlı ve işlevsel bir SCADA sistemi nasıl olmalıdır? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1.8. Jeneratörler

Kent içi raylı sistem hatlarında tüm hatta herhangi bir nedenle enerji verilememesi durumunda otomatik olarak devreye giren jeneratörlerin yer aldığı jeneratör besleme merkezleri bulunur (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Jeneratör besleme merkezi

Bu merkezlerde bulunan jeneratörler, herhangi bir enerji kesintisi durumunda tünellerde kalan araçların istasyonlara sevkı ile yolcu tahliyesi için gerekli olan diğer ekipmana enerji sağlamak için kullanılır. Ayrıca her istasyonun bünyesinde istasyon kullanımı için jeneratörler de bulunmaktadır. Bu jeneratörler herhangi bir enerji kesintisinde istasyonun kendi kullanımı için tahsis edilmiştir.

Jeneratörler ile sistemin kalıcı olarak işletilmesi mümkün değildir. Jeneratörden aldığı tahrik gücüyle seyrini sürdüren trenler, uygun hızla en yakın istasyona kadar ilerler ve yolcular tahliye edilir.

Kesintisiz Güç Kaynağı

Herhangi bir enerji kesintisinde kritik öneme sahip ekipman ve sistemlerin çalışmasının sürdürülebilmesi ve işletme kalitesinin devamlılığı için kesintisiz güç kaynakları bulunmaktadır (Görsel 3.6). Raylı sistemlerin güvenli sevk ve idaresini sağlamak için hayati öneme sahip donanımlar, diğer besleme kaynaklarının yanında kesintisiz güç kaynaklarıyla da beslenmektedir.



Görsel 3.6: Kesintisiz güç kaynakları



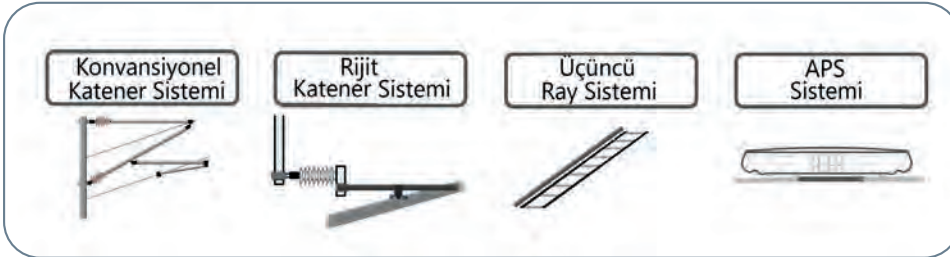
SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistemlerde kullanılan jeneratör sistemlerinin çalışmaması, sizce hangi sorunlara neden olur? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1.9. Cer Gücü İletim Sistemleri

Enerji iletimi, trafo merkezlerinden alınan elektrik enerjisinin enerji iletim sistemleri aracılığıyla raylı sistem araçlarına aktarılmasıdır.

Tren cer motorlarının tahriki için gerekli olan elektrik enerjisi, cer trafo merkezleri üzerinden hatta paralel olarak iletkenler vasıtasıyla kesintisiz iletilmektedir. Bu enerjinin iletilmesi için kullanılan sistemler, farklı tren türleri ve ray çeşitlerine uygun tasarlanmıştır. Elektrik enerjisinin raylı sistem araçlarına iletim ortamları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Enerji iletim sistemleri



ARAŞTIRMA

Çevrenizde bulunan raylı sistem güç temini ve dağıtım sistemlerini araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

3.2. KATENER SİSTEMİ

Cer trafo merkezlerinden alınan, trenlerin hareketini sürdürebilmesi için gerekli olan enerjiyi raylı sistem hattı boyunca araçlara ulaştıran, taşıyıcı tel ve kontak telinden oluşan iletken hatta **katener** denir. Elektrik enerjisinin tüm hat boyunca taşındığı havai hat sistemine ve bu sistem üzerindeki tüm ekipmana **katener sistemi** denir (Görsel 3.7).

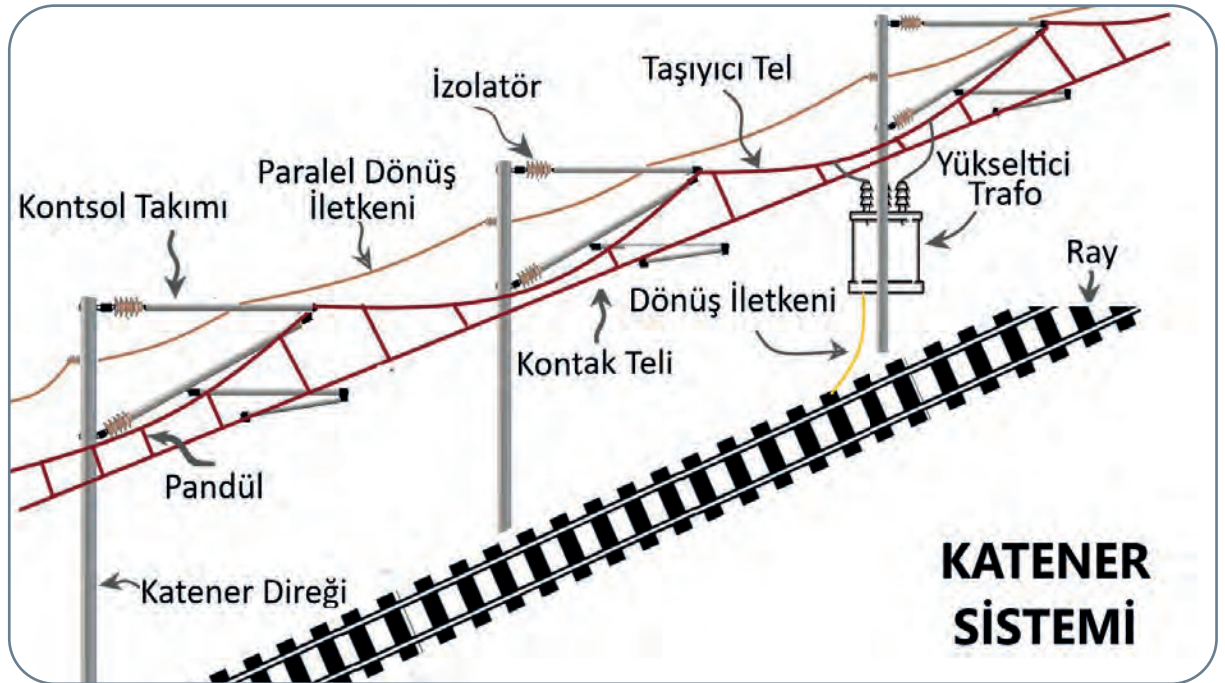


Görsel 3.7: Katener sistemi

Kent içi raylı sistemler için gerekli olan cer gücü, katener adı verilen havai besleme hatları ile cer motorlarına iletilmektedir. Konvansiyonel katener hattı ve rijit katener hattı olmak üzere iki çeşit havai katener hattı vardır. Her iki sistemde de tren hareketi için gerekli olan tahrik gücü, pantograf aracılığıyla katener teline (seyir teli) alttan baskı uygulamasıyla alınır. Tahrik gücü için alınan elektrik enerjisi, raylar ve geri dönüş kabloları üzerinden devresini tamamlar.

3.2.1. Konvansiyonel Katener Sistemi (Havai Katener Hattı)

Cer trafo merkezlerinden alınan elektrik enerjisinin raylı sistem hattı boyunca nakline olanak sağlayan ve genel olarak kontak teli, taşıyıcı tel, direkler, iletken taşıma aparatı, yalıtkanlar, mekanik gergi aparatı, ağırlıklar vb. unsurlardan oluşan klasik havai katener hattı tipine **konvansiyonel katener hattı** denir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Konvansiyonel katener sistemi

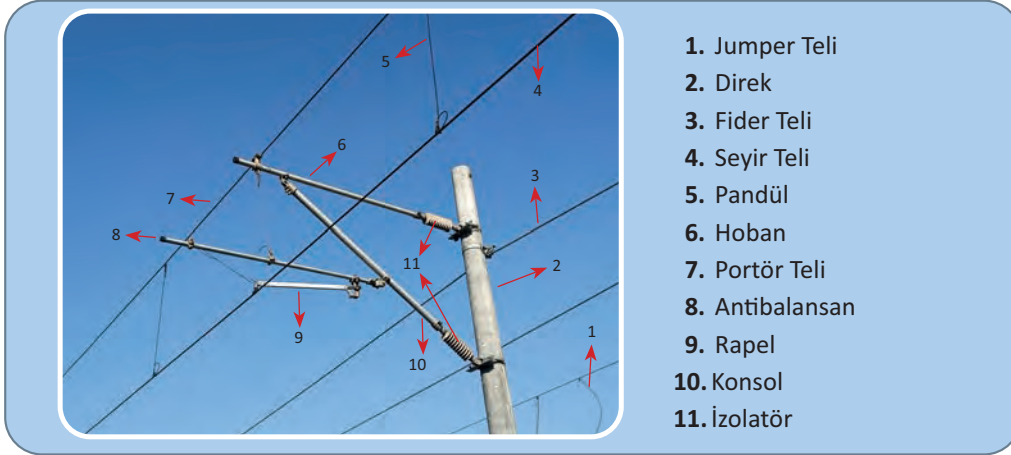
Konvansiyonel katener hatlarının genel yapıları araçların işletme sıklıklarına ve sistemin çalışması için gerekli olan güç seviyesine göre değişiklik göstermektedir.

Katener sisteminde akım ihtiyacına göre seçilen, bir veya iki adet taşıyıcı katener teliyle birlikte zikzak çizerek giden kontak teli bulunur. Hat boyunca asılı olan katener hattından cer motorları için gerekli olan tahrik gücü, pantograf aracılığıyla bu tellerden alınmaktadır. Özellikle 1500 V ve üzeri gerilimlerde katener sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle ana raylı sistem hatları, katener hatları ile işletilmektedir.

3.2.1.1. Katener Sistemi Donanımları

Katener sistemlerinin genel yapısını ve konfigürasyonunu; katener hattında kullanılacak trenlerin hızları, trafo kurulum yerleri vb. etmenler belirler.

Katener sistemi; hat boyunca raylı sistem araçları için gerekli olan gücü, güvenli ve etkin bir şekilde sağlamalıdır. Katener sistemin etkin ve güvenli enerjiyi sağlamak için yapısında bulundurduğu donanım şunlardan oluşmaktadır (Görsel 3.8):



Görsel 3.8: Katener direği ve parçaları

Seyir Teli (Kontak Teli): Trenlerin pantografları aracılığıyla katener hattına sürtünerek motorların tahriki için gerekli olan elektrik enerjisini aldıkları örgüsüz, sert bakırdan üretilmiş tele **seyir teli** denir.

Fider Teli: Hattın akım taşıma kapasitesinin yetersiz kaldığı, araç yoğunluğu olan hatlarda hattın araç kapasitesini artırmak amacıyla kullanılan, katener teli ile aynı yapıya sahip tele **fider teli** denir.

Portör Teli (İkiz Katener): Taşıyıcı tel olarak adlandırılan **portör teli**, seyir telini belirli aralıklarla askılama şeklinde taşıyan teldir. Portör teli, aynı zamanda akım taşıyan teldir.

Pandül [Dropper (Dırapır)] Teli: Pantograf ile seyir teli arasındaki temasın hat boyunca en doğru şekilde yapılabilmesi için seyir teli pandüller aracılığıyla portör teli adında diğer bir iletkene bağlanmıştır.

Jumper [Campır (Atlama)] Teli: Katener ve kontak teli arasında akım iletimi görevinde kullanılan jumper teli, enerji devamlılığı için katener hattı etaplarının başlangıç ve sonlarında yer alır. Bu teller bir etabın bitip diğer etabın başladığı bölgelerde enerjinin devamlılığı için yerleştirilen atlama telleridir.

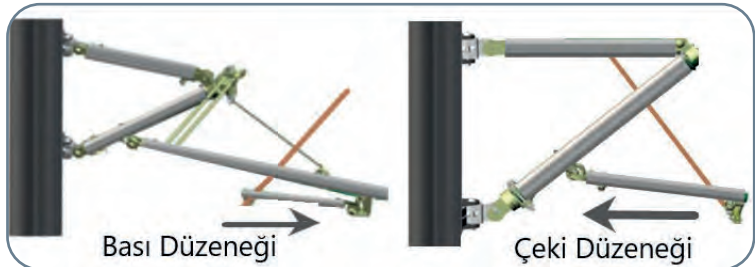
Konsol: Katener direğine bağlı olarak katener hattı tellerini taşıyan mekanik yapıdaki sistemdir.

Headspan [Hedsipen (Kafa Açıklığı)] Sistemi: Konsol sisteminin kullanılmadığı tünel, dar alanlar, depo vb. yerlerde katener sistem tellerinin havada asılı şekilde çelik tellerle taşındığı sistemdir.

Sistem Yüksekliği: Sistem yüksekliği katener teli ile kontak teli arasındaki yüksekliği ifade etmektedir.

Etap: Katener sistemleri, maksimum 1500 metrelik etaplardan oluşmaktadır.

Pull-Off [Ful of (Çek)], Push-off [Paş of (Bas)] ve Stagerme (Siteycirm): Pantograf kömüründeki aşınmanın eşit miktarda olmasını sağlamak amacıyla kontak telinin pantograf üzerinde farklı noktalara sürtünmek üzere zikzak çizerek ilerletilmesi işlemine **stagerleme** denir. Zikzak işlemi hattın montajı sırasında konsola bağlı olan alt tüpler sayesinde yapılmaktadır. Direk üzerinde Şekil 3.8'de gösterilen alt tüpler, teli direğe doğru iter ve çeker.



Şekil 3.8: Stagerleme sistemi



SIRA SİZDE

Sizce kontak telinin kopması durumunda çözüm olarak neler yapılabilir? Düşüncelerinizi nedenleriyle sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.2.1.2. Katener Direkleri ve Özellikleri

Katener hattını taşıyan, beton ve demir kullanılarak yapılmış, sisteme özgü direklerdir. Kent içi raylı sistemlerde kullanılan direk ve direk tutucu ekipman şunlardır:

Midpoint (Orta Nokta) Direkleri: Herhangi bir arıza durumunda kontak teli, katener teli veya her ikisinin beraber kopması sonucunda tüm etabın arızadan etkilenmemesi amacıyla yapılmış yapılara **midpoint** ya da **antişöminman** denir.

Hat Sonu Direkleri: Gergi aparatı montajının yapıldığı hat başı ve sonlarında kullanılan direklere **hat sonu direk** denir.

Taşıyıcı Direkler: Kent içi raylı sistem ağı içinde hat sonu ve midpoint direkleri dışında kullanılan diğer direklere **taşıyıcı direk** denir.

Lente: Raylı sistem tellerinin ve sistemin oluşturacağı ağırlıktan dolayı hat sonu direklerinin yıkılmaması için direklere bağlanan ve yere sabitlenen demir çubuklara **lente** denir.

3.2.1.3. Katener Gergi Sistemi ve Çeşitleri

Katener sistemindeki iletkenlerin sarkması pantograf ve seyir teli arasındaki bağlantıyı etkileyecek ve sistemin çalışırılığını bozacaktır. Bu nedenle tüm katener sistemi mekanik bir gergi sistemi ile gergilenir. İletken ağırlıkları ve çevresel sıcaklık farklılıkları nedeniyle meydana gelebilecek iletken boylarındaki değişimlerden sistemin etkilenmesi gergi yöntem ile engellenir.

Katener sisteminde kullanılan tellerin sarkma ve bozulmalarını önlemek adına, kullanılan yerlere, hatlara göre değişen gergi sistemleri şunlardır:

Sabit Gergi: Mevsimsel olarak az etkilenecek şekilde inşa edilen depo, atölye, tünel gibi düşük hız limitlerinin geçerli olduğu yerlerde kullanılan gergi yapısıdır (Görsel 3.9). Sabit gergi sistemleri sıcaklık farklarının az olduğu, düşük hız gerektiren yerlerde tercih edilir.



Görsel 3.9: Sabit gergi sistemi

Otomatik Gergi: Direk üzerinde makaralı sistemler mevcuttur. Katener hattının yük durumuna göre ağırlığın otomatik olarak havada asılı kalma durumunun ayarlandığı sistemdir (Görsel 3.10). Trafik yoğunluğunun çok olduğu ve yüksek hız istenen yerlerde tercih edilmektedir.

Hidrolik Gergi: Hidrolik bir gergi ile sadece kontak telindeki gerilme kuvvetinin ayarlandığı +/- 25 cm çekme mesafeli sistemdir (Görsel 3.11).



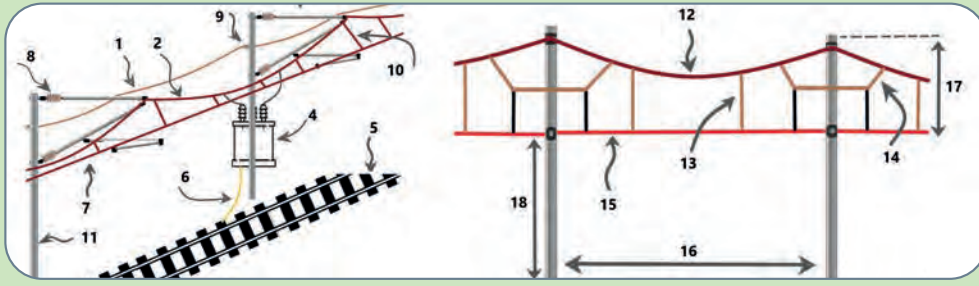
Görsel 3.10: Otomatik gergi sistemi



Görsel 3.11: Hidrolik gergi sistemi



SIRA SİZDE



Şekil 3.9: Katener sistemi bileşenleri görseli

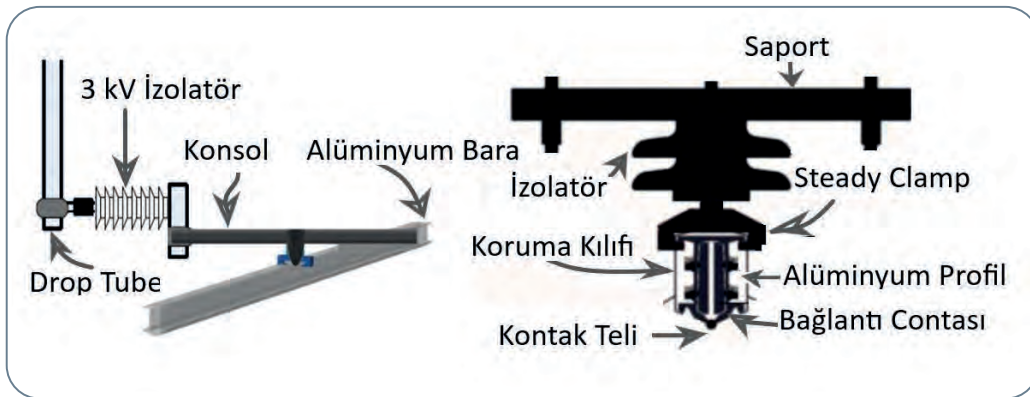
Yukarıda kent içi raylı sistemlerde kullanılan konvansiyonel katener sistemi bileşenleri verilmiştir. Şekil 3.9'da ok yönünde gösterilen bileşenleri ilgili numaranın karşısına yazınız.

No.	Sistem Bileşeni	No.	Sistem Bileşeni
1		10	
2		11	
3		12	
4		13	
5		14	
6		15	
7		16	
8		17	
9		18	

3.2.2. Rijit Katener Sistemi

Rijit katener sistemi konvansiyonel katener sistemine göre daha yeni bir teknolojidir. Konvansiyonel katener sistemine göre alternatif iletkenliği yüksek, hafif, bakımı kolay ve basit yapıya sahip havai katener sistemine **rijit katener sistemi** denir. Genel yapı olarak alüminyum bir profil ve kontak telinden oluşmaktadır.

Rijit katener sisteminin en büyük avantajlarından biri, konvansiyonel katener sistemi ile beraber aynı hat içerisinde kullanılabilmesidir. Metro sistemleri gibi daha küçük tünel gerektiren yapılarda izolasyonu kolaylaştırdığı için tercih edilmektedir. Rijit katener sistemi elemanları Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10: Rijit katener sistemi elemanları

Rijit katener sistemi; bakımının kolaylığı, mekanik arızalarının azlığı, bütünsel yapıya sahip olması, akım taşıma kapasitesi, iletkenliği vb. özelliklerinden dolayı yer altı tren hatlarında, özellikle de tünel yapılı yer altı metrolarında tercih edilmektedir.

Rijit katener sistemi genel olarak 750 VDC ve 1500 VDC şeklinde kent içi raylı sistemlerde kullanılmakla birlikte 3000 VDC, 15 kVAC, 25 kVAC şeklinde diğer sistemlerde de tercih edilmektedir (Görsel 3.12).



Görsel 3.12: Kent içi rijit katener sistemi



BİLGİ KUTUSU

Pantograf ve araçların hepsine uyumlu olarak üretilen, yana ve yukarıya hareket edebilme özelliğine sahip, hareketli rijit katener sistemleri de mevcuttur.

3.2.2.1. Rijit Katener Sisteminin Avantajları

Rijit katener sisteminin konvansiyonel katener sistemi ve üçüncü ray sistemine kıyasla avantajları şunlardır:

- Sağlam, güvenilir, ekonomik ve daha az bakım istemesi
- Montaj kolaylığı sağlayan sade ve dinamik yapıda olması
- Konvansiyonel katenere göre temas kuvveti küçük ve düzenli temasa sahip olması
- Tünel içlerinde kullanılabilmesi ve yer tasarrufu sağlaması
- İletkenliğinin yüksek ve akım taşıma değerlerinin daha fazla olması
- Gergi tertibatı ekipmanına gerek olmaması
- Diğer sistemlerle uyumlu ve beraber çalışabilmesi
- Çeki bası kuvvet etkisi olmaması sayesinde kontak teli kopma arızasının az olması
- Kontak telinde bir kopukluk, yanma gibi durumlar olsa dahi arıza giderilene kadar bara sistemi tarafından beslenmesi
- Herhangi bir bükme işlemi olmaksızın büyük kulplarda montajının yapılabilmesi
- Diğer sistemlere göre basit ve sade olması, daha az parça içermesi
- Seyir teli aşınmasının konvansiyonel teline göre çok daha az olması

Rijit katener hattının konvansiyonel hatlara göre çok büyük avantajları olmakla beraber açık hatlarda ve 120 km/h'den yüksek hız istenen yerlerde pratikte uygulama zorluğu oluşturmaktadır.



ARAŞTIRMA

Çevrenizde yer alan rijit katener sistemlerini araştırıp özellikleri hakkında yetkililerden bilgi alınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.2.2.2. Rijit Katener Sistemi Bileşenleri

Üretim ve kullanım yerine göre değişiklik göstermekle beraber rijit katener sistemi bileşenleri şunlardır:

Doğru Akım (DC) Besleme Noktaları: Enerji dağıtım firmalarından alınarak 750/1500 VDC'ye dönüştürülen gerilim, tüneller içinde bulunan doğru akım bara sistemlerine bağlanır ve bağlandığı bara üzerinden katener hattı beslenir (Görsel 3.13).



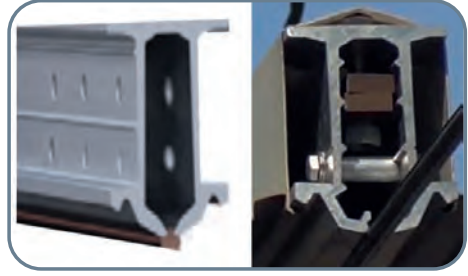
Görsel 3.13: Besleme barası

İletken Ray Profili: Alüminyum malzemeyle yapılan iletken ray profili üzerine standart olarak üretilen tüm kontak telleri kelepçelenir (Görsel 3.14).

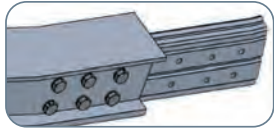
Bağlantı Plakaları: Alüminyum malzeme ile yapılan bağlantı plakaları, iletken profil malzemelerin bağlantısında kullanılır (Şekil 3.11).

Destek Noktaları: Tünel içinde katener hattının montajı, destek noktaları üzerine yapılır (Şekil 3.12).

Orta Nokta Ankraji: Rijit katenerin sabit kalmasını sağlayan gergeri sistemidir (Şekil 3.13).



Görsel 3.14: İletken ray profili



Şekil 3.11: Bağlantı plakası



Şekil 3.12: Destek noktası

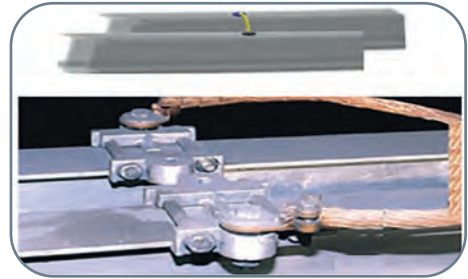


Şekil 3.13: Orta nokta ankraji

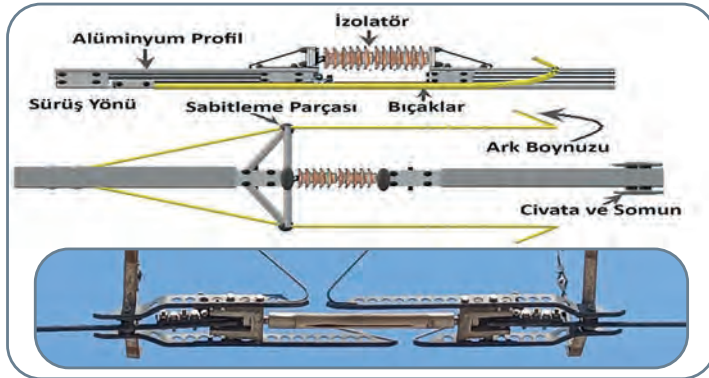
Elektriksel Bağlantılar: Paralel genişleme noktalarına profilleri bağlamak için kullanılan parçadır (Görsel 3.15).

Bölge İzolatörü: Rijit katener hattı üzerinde iki ayrı enerji bölgesini birbirinden ayıran ekipmandır (Şekil 3.14).

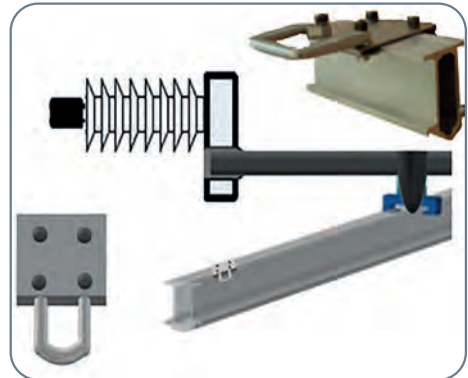
Topraklama: Bakım güvenliği sağlamak ve tesisatı topraklamak için kullanılır (Şekil 3.15). Genel olarak tünellerin, etapların başlarında ve sonlarında kullanılır.



Görsel 3.15: Elektriksel bağlantı



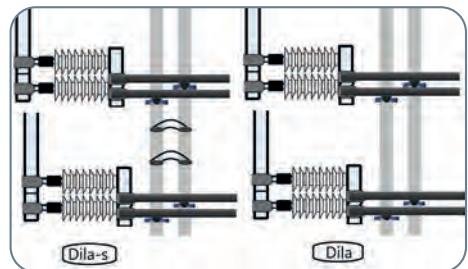
Şekil 3.14: Bölge izolatörü



Şekil 3.15: Topraklama sistemi

Dila ve Dila-S: Rijit katener sisteminde iki enerjili kesimin birleşip kesiştiği bölgelerde jumper kullanıldıysa **Dila**, jumper kullanılmadıysa **Dila-S** adı verilir (Şekil 3.16). Dila-S bölgeleri üzerinden hatta elektrik aktarılmaktadır.

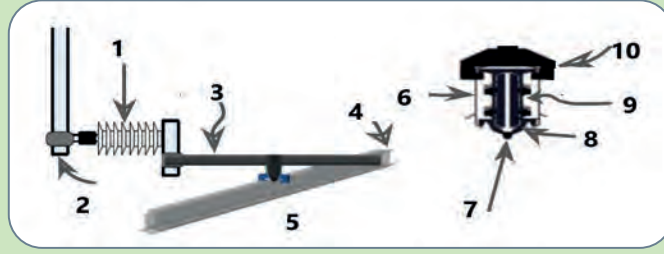
Koruyucu Kapak: Alüminyum profilin zarar görmemesi ve çevresel faktörlerden korunması amacıyla plastik kapak ile korunması sağlanır.



Şekil 3.16: Dila-S ve Dila sistemi



SIRA SİZDE



Şekil 3.17: Rijit katener sistemi bileşenleri

Yukarıda kent içi raylı sistemlerde kullanılan rijit katener sistemi bileşenleri verilmiştir. Şekil 3.17’de ok yönünde gösterilen bileşenleri ilgili numaranın karşısına yazınız.

No.	Sistem Bileşeni	No.	Sistem Bileşeni
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

3.3. ÜÇÜNCÜ RAY SİSTEMİ

Üçüncü ray sistemleri mevcut yapısından dolayı tehlike arz ettiğinden araç ve yaya trafiğine kapalı alanlar, tüneller vb. yerlerde kullanılmaktadır. Özellikle kent içi ve yer altı işletmelerde elektrikli araçlara enerji iletiminde tercih edilmektedir. Dünyada bazı eski sistemlerde açık alanda da kullanımına rastlanmaktadır.

Genellikle 1000 V altında işletilen hatlarda hattın konumu ve yapısı göz önüne alınarak, üçüncü ray tercih edilirken 1000 V üstünde ağırlıklı olarak havai hat sistemleri tercih edilmektedir.

3.3.1. Üçüncü Ray

Raylı sistem araçlarında cer motorlarının tahriki için gerekli olan elektrik enerjisini sağlamak amacıyla raylı sistem araçlarının hareket ettiği iki raydan farklı olarak bulunan raya **üçüncü ray** denir (Görsel 3.16).

Üçüncü ray, hat boyunca trenlerin hareketini sürdürdüğü raylara paralel olarak rayların dış tarafından ilerlemektedir. Bazı yapılarda iki rayın tam ortasında da bulunabilmektedir. Genel yapısı normal çelikten biraz daha yumuşak olacak şekilde çelik malzemeden üretilmektedir.



Görsel 3.16: Üçüncü ray

Üçüncü ray özellikle yer altı işletmelerde

ve kent içi raylı sistemler gibi düşük ve orta hızlı hatlarda, tünel kesitinin küçük olduğu alanlarda, yüksek kesitli iletkenlere ihtiyaç duyulabilecek ağır trafiğin olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Elektrik; üçüncü

raydan trenlere busbarların üstünden, yanından veya altından, akım pabucu vasıtasıyla aktarılmaktadır. Üçüncü ray sistemi; makas bölgesi, hemzemin geçit gibi yerlerde kesintiye uğrayabilmektedir. Kesintiye uğradığı bölgelerde enerjisiz geçişler ya da yalıtkan atlama kablolarıyla enerji geçişleri sağlanmaktadır.

3.3.2. Üçüncü Rayın Özellikleri

Üçüncü ray, çalışması ve genel yapısı gereği hem avantaj hem de dezavantajlara sahiptir. Üçüncü rayın tasarım, avantaj, dezavantaj gibi yönleriyle ilgili genel özellikleri şunlardır:

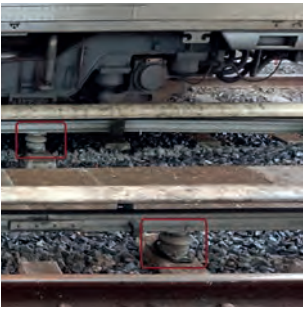
- Hemzemin geçit, makaslar bölgesi vb. alanlarda yarı-sürekli bir yapıdadır.
- Üçüncü ray sisteminin bakım onarımı havai hatlara göre daha kolaydır.
- Elektrik enerjisinin alındığı akım pabuçları iletken raya basınç oluşturarak akım kopmasını engelleyecek şekilde tasarlanmıştır.
- Üçüncü rayın kullanımından doğacak maliyetler havai sistemlere göre çok daha düşük ve ekonomiktir.
- Son teknolojiye üçüncü ray sistemleri, alüminyum-çelik karışımı kompozit yapıda kullanılmaktadır.
- Olumsuz hava koşullarından etkilenmez.
- Tünel, köprü gibi yerlerde kullanımı olumlu sonuçlar vermektedir.
- Görünüş olarak havai hatlara göre daha estetik ve basit yapıdadır.
- Yüksek gerilimlerde elektrik akımı toprağa atlama yapabilmektedir. Bu nedenle düşük gerilimlerde kullanılmaktadır.
- İstasyonlarda yolcular için tehlike oluşturmaması amacıyla üçüncü raylar diğer taraftaki ray yanından devam etmektedir ve 1-1,5 m civarı aşağıdadır.
- Üçüncü raylar, olası bir elektriksel tehlikenin önüne geçmek amacıyla plastik kapak ve donanımla kapatılmaktadır.

3.3.3. Üçüncü Rayın Bileşenleri

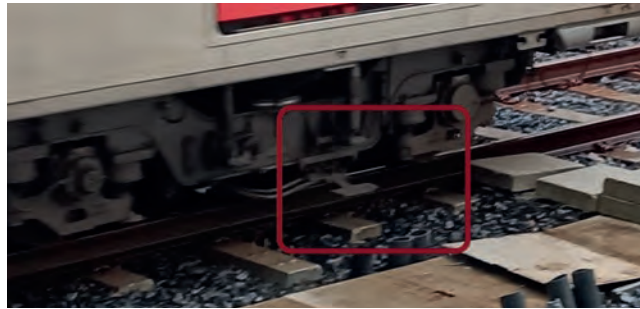
Trenlerin hareketi için gerekli olan tahrik gücünün en doğru şekilde sağlanması için üçüncü rayın bünyesinde bulundurduğu temel bileşenler şunlardır:

Üçüncü Ray İzolatörü: Üçüncü ray izolatörleri, üçüncü ray ile taşıyıcı ray arasındaki yalıtımı sağlayan ve üçüncü rayı taşıyan malzemelerdir (Görsel 3.17).

Akım Pabuçları: Raylı sistem araçlarında bulunan akım pabuçları ile cer motorları için gerekli olan tahrik gücü üçüncü raydan alınmaktadır (Görsel 3.18).



Görsel 3.17: Üçüncü ray izolatörü



Görsel 3.18: Akım pabucu



SIRA SİZDE

Üçüncü ray sistemlerinde akım pabuçlarının üçüncü raya yeterli temas sağlanamazsa sizce ne gibi olaylar yaşanabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

Tren hareketi için gerekli olan enerji alttan, üstten veya yandan temaslı şekilde üçüncü raydan akım pabuçları ile alınmaktadır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: Akım pabucu temas şekilleri

Üçüncü Ray Rampası: Üçüncü ray üzerinde kolektör pabuçlarının kolayca kayarak hareket etmesini sağlayan elemana **üçüncü ray rampası** denir (Görsel 3.19).

Genleşme Derzi: Çevresel koşullardan kaynaklı, ray uzunluklarında meydana gelebilecek fiziksel değişimlerin giderilmesi için kullanılan donanım **genleşme derzi** denir (Görsel 3.20).



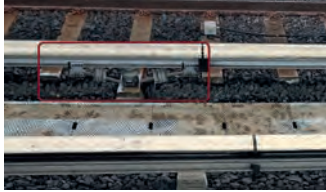
Görsel 3.19: Üçüncü ray rampası



Görsel 3.20: Üçüncü ray derzi

Ankraj: Üçüncü ray ankrajlar, ray kesitinin üçüncü ray hattı üzerinde sabitlenmesini ve yatayda yer değiştirmesini engellemek amacıyla kullanılan elamanlardır (Görsel 3.21).

Koruyucu Kapak: Yalıtımlı olarak üretilen koruyucu kapak, üçüncü rayı örterek dış etmenlerden koruma görevine sahiptir (Görsel 3.22).



Görsel 3.21: Ankraj sistemi



Görsel 3.22: Koruyucu kapaklar

Z Profili: Z şeklinde üretilen plastik yapıli perçinler, üçüncü ray güç besleme bağlantılarının üzerinin örtülmesi amacıyla kapak profili üzerine yerleştirilmiş ekipmandır (Görsel 3.23).

Üçüncü Ray Güç Beslemesi: Cer motorlarının çalışması için gerekli olan 750 VDC gerilimin (+) pozitif ucu, üçüncü raya bu besleme elemanları üzerinden bağlanmaktadır (Görsel 3.24). 750 VDC gerilimin (-) negatif ucu, taşıyıcı raylara bağlanarak redresör sistemine dönmektedir.



Görsel 3.23: Z profili



Görsel 3.24: Güç beslemesi

Üçüncü Ray Bağlantı Elemanları: Üçüncü rayda devamlılığı sağlamak için kullanılan birleştirici iletken elemanlara **üçüncü ray bağlantı elemanları** denir (Görsel 3.25).



Görsel 3.25: Ray bağlantı elemanı



ARAŞTIRMA

Çevrenizde yer alan istasyon veya garlarda bulunan üçüncü ray sistemini araştırıp özellikleri hakkında yetkililerden bilgi alınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



SIRA SİZDE

Şekil 3.19'da kent içi raylı sistemlerde kullanılan üçüncü ray bileşenleri verilmiştir. Şekil 3.19'da ok yönünde gösterilen bileşenleri ilgili numaranın karşısına yazınız.



Şekil 3.19: Üçüncü ray bileşenleri

No.	Sistem Bileşeni	No.	Sistem Bileşeni
1		4	
2		5	
3			

3.4. APS SİSTEMİ

APS (Otomatik Güç Kaynağı) sistemi geçmişten bugüne dünyanın birçok yerinde tramvay hatları üzerine kurulmuştur. Kent içlerinde bulunan tarihi demiryollarında gürültü ve görüntü kirliliğini gidermek için geliştirilmiştir.

APS sistemi üçüncü ray ve geleneksel havai hatlar yerine kullanılabilen elektrifikasyon sistemidir. **APS sistemi**, özellikle kent içi raylı sistemlerde trenler için gerekli olan enerjinin hızlı ve kesintisiz iletimini katenersiz sağlayan bir sistemdir (Görsel 3.26).



Görsel 3.26: APS tramvay sistemi

3.4.1. APS Rayı ve Sistemin Çalışması

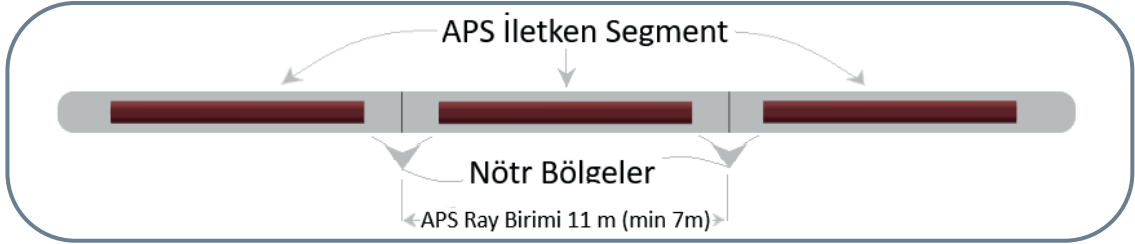
Otomatik güç kaynağı sistemi; havai katener sistemlerinde bulunan teller, direkler ve diğer sistemsel donanımların karmaşık gürültüsünden hattı arındırarak çevreci ve gürültüsüz bir yapı ortaya koymaktadır.

APS sisteminde motor tahriki için gerekli olan enerji, zeminle aynı seviyede olan güç rayları ile sağlanmaktadır. Zeminden beslemeli sistemlerde, enerji beslemesi zeminden sürekli ve kesintisiz sağlanmaktadır. Durak mesafeleri uzak ve yoğun trafikli hatlarda mesafe sınırı, trafik vb. olumsuz durumlardan etkilenmediği için tercih edilmektedir.

APS ray sistemi, cer gücü 750 VDC olacak şekilde gömülü enerji sistemleri ile araç ilerledikçe enerji, araca verilmektedir. Araçların hareketi sırasında sadece 8 m'lik segment enerjili kalır. Diğer kısımlarda enerji yoktur.

APS sisteminde şu özellikler bulunmaktadır:

- Cer gücü iletim rayı değişiklik gösterebilmekle beraber 8 m iletken, 3 m nötr olmak üzere 11 m olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: APS yol yapısı

- Sistem üzerinde yer alan cer gücü kutuları iki kesimi çalıştırmaktadır. Her 22 m'de bir, cer gücü rayı enerjisi için güç kutuları yer alır.
- Elektrikli kesimler üzerinde bulunan tramvayların uzunlukları 30-40 m civarındadır.
- Tramvay geçişi ile enerji kesimlerine enerji verilir.

APS sistemi, tramvayın üzerinden geçtiği ilgili rayın beslenmesi prensibi ile çalışmaktadır. Hat üzerinde bulunan diğer raylarda hiçbir zaman enerji bulunmamaktadır. Enerjili kısım, sadece aracın altında kalan kısımdır.

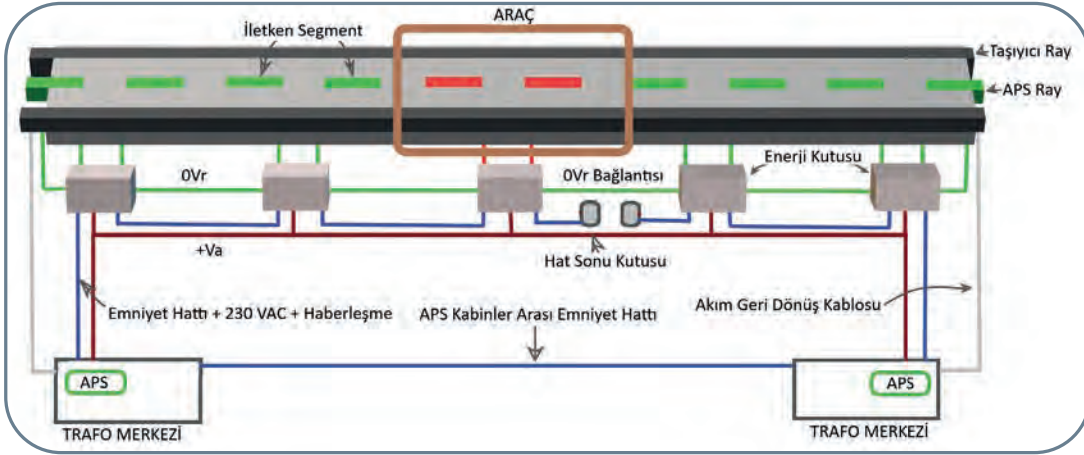
Tramvay hattı düz olduğunda APS rayı iki taşıyıcı rayın ortasında, kulp bölgelerinde ise yana doğru kayık konumunda yer alır. Hat üzerinde hareket eden tren, ray sistemine üzerinde olduğu bilgisini kodlanmış bir sinyal ile iletmektedir. Araç üstü bilgisayar sistemi tarafından üretilen kod, kolektör pabucuna antenler aracılığıyla iletilir. APS ray sistemi, segmentler üzerinde kodlanmış bilgiyi alır ve segmentlere enerji çıkış izni vererek aracın enerji beslemesi sağlanır.

APS sisteminde kullanılan tüm donanımlar altyapıda gömülü vaziyettedir. Görünen, yola engel teşkil eden veya tehlike oluşturabilecek yapılar yer üstünde bulunmamaktadır. Ayrıca sistem üzerinde, emniyet ve güvenlik hattı adını alan bir arıza kontrol ünitesi yer alır. Herhangi bir arızada ya da olumsuz durumda emniyet hattı açılır ve arıza giderilene kadar sistem korunur.

Emniyet hattı, sistemi enerjiden uzaklaştırma işlemini hat sonu ayırıcıları ile gerçekleştirir. Bu sistem APS kabini ile ilgili trafo merkezlerinden aktif izlenir. Ayırıcılar ile ayrılan hat kısa ise araç, hattı kendi hızıyla ilerleyerek geçebilir. Diğer hatta enerji olması durumunda araç, durumu algılar ve cer motorları tekrar APS rayları tarafından enerjilenir. Ayırıcı ile ayrılan hat uzunsa ve bu hattı aracın kendi hızı ile geçmesi mümkün değilse makinist, aracı durdurur ve cer motorlarının enerjisini araç üstü batarya ünitesinden sağlar. Enerjili hatta ulaşıldığında batarya gücü devre dışı kalarak tahrik gücü APS rayından kazanılır.

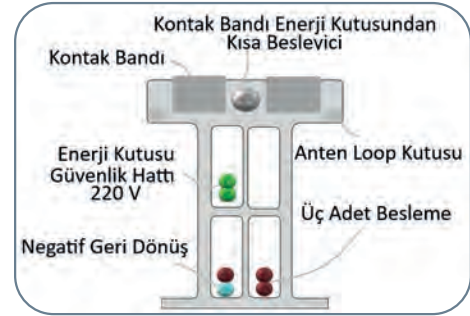
3.4.2. APS Sistemi Bileşenleri

APS sisteminin temel bileşenleri (Şekil 3.21) tramvay üstünde bulunan batarya, kontak pabuçları, anten ve kontrol-anahtarlama kabinidir. Hat üzerinde ise enerji güç iletim rayı, kumanda panosu ve güç kutusu yer almaktadır.



Şekil 3.21: APS sisteminin ana bileşenleri

APS sistemlerinde iletken olan segmentler araç üstünden geçerken 750 VDC ile trenlere motor tahrik gücünü sağlar. Sistemin geri dönüş akımları ise raylar ve eş potansiyel bağlantılar ile sağlanır. OVR kablosu, hat üzerinde eş potansiyel bağlantı noktalarına en yakın raya düzenli olarak bağlanmıştır. Bu kablo, ayrıca sistem güç kutuları aracılığıyla enerjisiz segmentlere doğrudan bağlıdır. Enerji kutusuna gerilim referans değerini aktarır.



Şekil 3.22: APS ray yapısı

3.4.2.1. APS Ray Yapısı

Yalıtkan ve iletken segmentlerden oluşan, taşıyıcı rayların arasından ilerleyen cer motorlarının ihtiyaç duyduğu tahrik gücünü veren enerjili raya **APS ray** denir (Şekil 3.22).

3.4.2.2. APS Sistem Kutuları ve Kabloları

APS sisteminde araçların enerjili bir şekilde seyrini sürdürebilmesi için dağıtım, bağlantı, enerji ve hat sonu kutuları bulunmaktadır. Bu kutular sistemin işlevsel ve sorunsuz çalışması için tasarlanmıştır. APS sistem kutuları, donanım ve sistem kabloları şunlardır:

APS Hat Sonu Kutuları: Çevresel faktörlerden etkilenmeyecek şekilde tasarlanmış; emniyet hattının yayınlıcısını, emniyet hattı sistemlerini, haberleşme, izleme, besleme vb. yapıları içinde bulunduran APS yarı kesiminin son enerji kutusuna **APS hat sonu kutusu** denir.

APS Enerji Kutuları: APS menholleri içine yerleştirilmiş şekilde bulunan, emniyetli tasarıma sahip, bir enerji kutusu iki segmente enerji verecek şekilde tasarlanmış sistem besleme donanımdır.

Bağlantı Kutuları: İki APS rayının ve haberleşme kablolarının birleştirilmesinde kullanılan kutulardır.

Dağıtım Kutuları: Enerji kutusu ile APS ray bağlantısı ve bağlantı kutusu işlevlerini sağlayan kutudur.

APS Menholleri: APS yer altı sistem donanımlarının yer altında düzenli şekilde korunma, yerleşim, düzen, bağlantı, dağıtım gibi işlerine olanak sağlayan üründür. Genel olarak APS menholü içinde enerji kutuları, bağlantı kutuları, pozitif ve negatif eş potansiyeller yer almaktadır.

APS Enerji Kabloları: APS sistemi içinde yer alan pozitif, negatif, geri dönüş, segment ve enerji kutularının bağlantısında kullanılan tüm kablolar APS enerji kablolarıdır.

3.4.3. APS Sistemi Avantaj ve Dezavantajları

APS sisteminin en büyük avantajı sıfır görüntü kirliliği iken montaj maliyetinin fazlalığı ve tramvay üreticilerinin kendine özgü tasarım yapması sistemin dezavantajlarıdır. Bir diğer dezavantaj ise mevcut araçlarda kullanılmak istendiğinde yapılması gereken değişikliklerin maliyet oluşturmalarıdır.

APS sistemi genel yapı olarak üçüncü raya benzese de güvenlik ve çalışma açısından üçüncü raydan farklıdır. Sistemde araç geçişi sırasında sadece araç altındaki sistemler enerji alır ve diğer bölgeler enerji almaz. Sistem güvenliği yetkili makamlarda dünya genelinde onaylanmıştır.

APS sisteminin diğer avantajları şunlardır:

- APS sisteminde, çatılarda gözle görülür bir ağır ekipman olmadığı için tramvayların estetiği korunur. Sistemde yedek güç sınırlaması bulunmaz. İstasyonlarda bekleme olmadan sefer sıklığı korunur. Azami hız kısıtlamaları bulunmaz. Katenersiz hat uzunluğu istenen şekilde düzenlenebilir.
- APS rayının enerjili segmenti ile nötr segmenti arasında elektrik arkı oluşabilir. APS rayının bozulması veya yıpranması durumunda enerji kesilmesi olabilir. Mevsim koşulları kaynaklı hat üzerinde buzlanma vb. etkiler görülebilir.



ARAŞTIRMA

Çevrenizde bulunan ve raylı sistemlerde kullanılan cer gücü iletim sistemlerini araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



SIRA SİZDE

Aşağıda verilen boşluğa Türkiye’de kullanılan APS sisteminin genel yapısını ve bileşenlerini gösteren basit bir çizim yapınız. Çizim üzerinde bileşenleri kısaca açıklayınız.

3.5. TRENLERE ELEKTRİK ENERJİSİ AKTARIMI

Elektrikli trenlerin çalışması ve hareket etmesi için gerekli olan elektrik enerjisinin tren motorlarına alınması işlemine **trenlere elektrik enerjisi aktarılması** denir. Elektrikli trenler geleneksel trenlerin aksine motor tahrik gücü olarak elektrik enerjisini kullanır ve bu elektrik enerjisini çeşitli yöntemler ile temin etmesi gerekir.

Genel anlamda elektrik enerjisi trenlerin hareketi, araç iç ve dış donanımının çalışması ve diğer sistemlerin beslenmesi için kullanılır. Araçlar tüm bu sistemlerin çalışması için gerekli olan elektrik enerjisini, üstünde bulunan ve pantograf adını alan enerji toplama sistemi yardımıyla almaktadır.

3.5.1. Pantograf Sistemi

Elektrik enerjisi ile çalışan raylı sistem araçlarında, motorların tahriki ve araç donanımlarının çalışması için gerekli olan elektrik enerjisinin havai sistemlerde katener telinden alınmasına yarayan donanıma **pantograf** denir (Görsel 3.27). Pantograf üzerinden alınan elektrik enerjisinin geri dönüş akımları, taşıyıcı raylardan sağlanmaktadır. Pantograf, araçların çatısında yer alır ve araç şasesinden izolatörler aracılığıyla yalıtılmıştır.



Görsel 3.27: Pantograf sistemleri

Türkiye’de katener telinin pantografa sürtünme genişliği göz önüne alınarak büyük veya küçük pantograflar kullanılmaktadır.

3.5.2. Pantografin Bileşenleri

Pantograflar farklı tren tipi ve havai hat yapısına uyum sağlamak için farklı tasarım, boyut ve bileşenlerden oluşabilmektedir (Şekil 3.23).

Pantografin en temel bileşenleri pantograf arşesi, pantograf sergele, dengeleme çubuğu, gövde, ittirme kolu, sustalar, izolatör ve pantograf motorudur.

Pantograf Arşesi: Pantograf arşesinde arşe kömürü, arşe bağlantı parçası ve boynuzlar bulunur. Arşe kömürü karbon grafit malzemeden, boynuzlar ise izole (cam elyaf üzeri polyester dolgu) yapıdaki malzemelerden üretilmiştir. Türkiye’de kullanılan büyük pantografların boynuz arası genişliği 1950 mm iken küçük pantografların boynuz arası genişliği 1600 mm’dir.

Pantograf kömürü, katener teline ortalama 7 kg temas basıncını sustalar tarafından uygulamaktadır. Pantograf baskı kuvveti düzgün ayarlanmayıp gevşek olursa elektrik arkları meydana gelir. Basıncın yüksek olması durumunda ise kömürde hızlı aşınma, katener telinde bozulma görülür. Susta gergi cıvataları gevşetilip sıkılarak temas basıncı ayarlamaları yapılabilmektedir.

Pantograf Sergesi: Elektrik akımını araca ileten ve ana gövde ile arşe arasındaki bağlantıyı sağlayan donanımdır.

Dengeleme Çubuğu: Katener teli konumundaki değişimlere uygun hareket ederek pantograf arşe kömürünün her zaman yatay pozisyonda kalmasını sağlar.

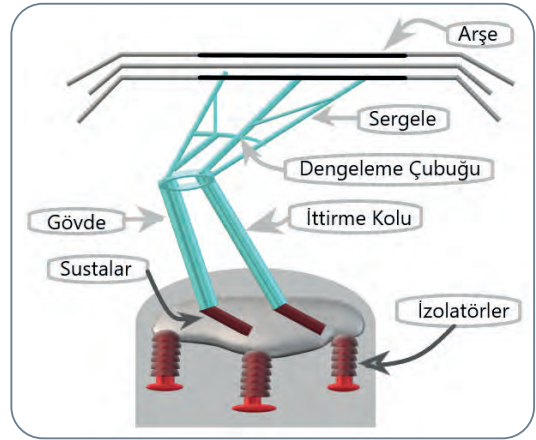
İttirme Kolu: Arşenin ana gövde üzerinde dengeli ve sistemli şekilde yükseltilmesinde kullanılır.

Ana Gövde: Araç üzerinde bulunan izolatlara pantografin bağlanmasında kullanılan, temel ve alt kol olarak iki parçadan oluşan yapıdır.

İzolatörler: Araç üzerindeki izolatörler pantografin sabitlenmesi, elektriklelen yapıların araç şasesinden izole edilmesi amacıyla kullanılır.

Sustalar: Pantografin havai hat temas teline sürtünmesi sırasında oluşturacağı basıncı ayarlamak için kullanılır.

Pantograf Motoru: Pantografa hareket enerjisini vererek yukarı doğru ilk hareketini sağlayan, pantografin aşağı doğru indirilmesinde kullanılan donanıma **pantograf motoru** denir.



Şekil 3.23: Pantograf bileşenleri

3.5.3. Pantograf Motorunun Genel Yapısı ve Çalışması

Pantograf motorunun yapısında basınçlı hava ile çalışan piston ve indirme yayları bulunmaktadır. Kompresörlü hava basıncı, elektrovalf ile kumanda edilerek pistonlara iletildiğinde basınçlı hava susta basıncını yener ve pantograf kolu yukarı doğru itilir. Bu durumda pantograf serbest kalarak iki adet yayın çekme kuvveti ile pantograf yukarı yönlü harekete zorlanır ve arşe kömürü katener teline temas ederek 7 kg basınç uygular. Pantografin katener teline olan teması ile araç çalışmaya ve harekete hazır hâle gelir. Pantografin geri indirilmesi için elektrovalf enerjisi kesilir ve piston içindeki basınçlı havanın çıkışı sağlanır. Bununla birlikte hava motoru yayı, arşe kaldırma yaylarının kaldırma kuvvetini yenerek arşeyi aşağı doğru harekete geçirir.

Piston ile pantograf arasındaki izolasyonu sağlamak amacıyla pantograf üzerinde bulunan tahrik izolatorünün üzerindeki ayar kolu, pantografin açılma mesafesini ve tam kapanmasını sağlar.

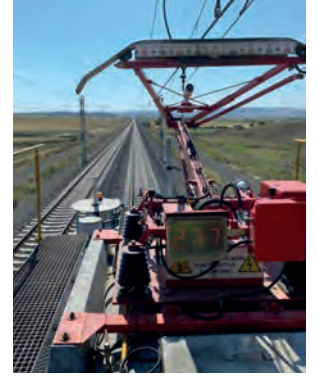
3.5.4. Pantograf Bakımı ve Kontrolü

Elektrikle çalışan raylı sistem araçlarının iletim hattı üzerinden elektrik enerjisini sorunsuz alabilmesi ve çalışma istikrarı için pantograf (Görsel 3.28) bakım ve kontrollerinin en doğru şekilde yapılması gerekir. Örneğin piston içinde sızdırmazlığı sağlayan contalar zamanla eskiyebilir ve hava kayıpları yaşanabilir. Bu durumda pantografin kalkmaması gibi arızalar yaşanabilir. Bu gibi sorunlar ile karşılaşmamak için bakım ve kontroller yapılmalıdır.

Pantografin bakım ve kontrollerinde yapılması gerekenler şunlardır:

- Arşe kömürü ile bağlantı parçalarının bağlantısı düzgün olmalıdır.
- Pantograf açılış ve kapanış süreleri aktif kontrol edilmelidir.
- Pantografin katener teline yaptığı basıncın uygunluk testleri yapılmalıdır.
- Pantograf sabitleme ve bağlantı donanımlarının kontrolleri yapılmalıdır.
- Hareketli parçaların bakım periyotlarında yağlanması işlemleri yapılmalıdır.
- Pantograf kamçısının genel kontrolleri yapılmalıdır.
- Arşe kömürü sağlam olmalıdır, kırık ve çatlak oluşması durumunda değiştirilmelidir.
- Piston içi bakım periyotlarında -40 °C'ta donmayan lityum gres yağı ile yağlanmalıdır.
- Piston piminin dış ortamla temasını engelleyen körük lastiğinin durumu kontrol edilmelidir.

Genel anlamda pantograf bakımlarında temizlik, aşınma kontrolü, ayar, yağlama, elektriksel testler, malzeme değişimi, güvenlik kontrolü vb. işler yerine getirilmektedir. Pantograf bakımı, araçların periyodik olarak servise alınmasını ve uzmanlarca kontrol edilmesini gerektiren; sonucunda yolcu, personel ve işletme güvenliği sunan bir iştir.

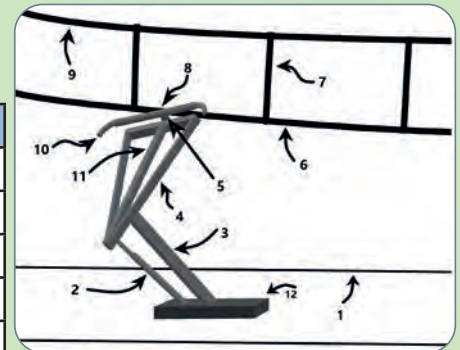


Görsel 3.28: Pantograf

SIRA SİZDE

Şekil 3.24'te kent içi raylı sistemlerde kullanılan pantograf sistemi bileşenleri verilmiştir. Şekil 3.24'ü kullanarak ok yönünde gösterilen bileşenleri ilgili numaranın karşısına yazınız.

No.	Sistem Bileşeni	No.	Sistem Bileşeni
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6		12	



Şekil 3.24: Pantograf sistemi bileşenleri



KELİME OYUNU

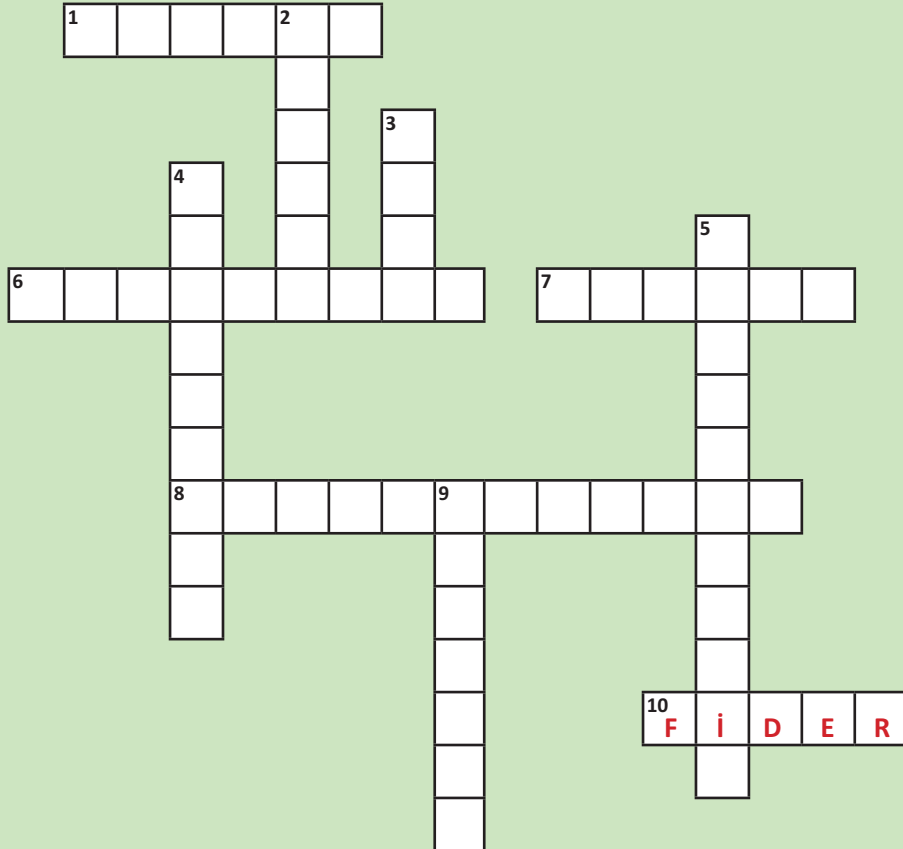
Aşağıdaki ifadelerin karşılığı olan kelimeleri uygun kutucuklara yerleştiriniz.

Soldan Sağa

1. Cihazları elektrik akımının tehlikelerinden korumak amacıyla kullanılan yük akımını ve kısa devre akımlarını kesmeye yarayan eleman
6. Trenlere elektrik enerjisini sağlamak amacıyla kullanılan ve raylı sistemler araçlarının hareket ettiği iki raydan farklı olarak bulunan ray
7. Yalıtkan ve iletken segmentlerden oluşan, taşıyıcı rayların arasından ilerleyen enerjili ray
8. Konvansiyonel katener sistemine alternatif, iletkenliği yüksek, hafif, bakımı kolay ve basit yapıya sahip havai katener sistemi
10. Hattın akım taşıma kapasitesinin yetersiz kaldığı hatlarda hattın araç kapasitesini arttırmak amacıyla kullanılan tel

Yukarıdan Aşağıya

2. Motorların tahriki ve diğer yardımcı donanımlarının beslenmesi için gerekli olan güç
3. Bilgisayar ortamında uzaktan kontrollü, kumanda, izleme, uzaktan manevralara izin veren, tren hareketlerinin sevk ve idare edilebildiği sistem
4. Elektrik enerjisinin havai sistemlerde katener telinden alınmasına yarayan donanım
5. Orta gerilim elektrik enerjisinin dağıtıldığı ve kontrolünün yapıldığı bileşen
9. Trenlerin hareketini sürdürebilmesi için gerekli olan enerjiyi raylı sistem hattı boyunca araçlara ulaştıran taşıyıcı tel ve kontak telinden oluşan iletken hat



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerde (.....) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin doğrusunu alttaki boş yerlere yazınız.

1. (...) Kent içi raylı sistemlerde kullanılan araçlarda, dünyada elektrik enerjisi tercih edilmektedir.
.....
2. (...) Kent içi raylı sistemlerde motorların tahriki için Türkiye’de 750/1500 VDC gerilim kullanılır.
.....
3. (...) Kent içi raylı sistemlerde AG hücrelerinden hatlara elektrik dağıtım yapılan kablolarda 34,5 kVAC gerilim vardır.
.....
4. (...) Cer gücü trafo merkezleri içinde ölçüm sistemleri bulunur.
.....
5. (...) Raylı sistemlerde kullanılan üçüncü ray sistemi, havai akım toplama sistemlerindendir.
.....
6. (...) Elektrikli trenler, hareketleri için gerekli olan gücünü havai katener sistemlerinde seyir telinden alır.
.....
7. (...) Konvansiyonel katener sistemine alternatif olarak geliştirilen havai katener sistemine APS katener sistemi denir.
.....
8. (...) Üçüncü ray sisteminde kullanılan ray izolatörü taşıyıcı ray ile üçüncü ray arası yalıtımı sağlar.
.....
9. (...) APS sistemde cer gücü rayı 2 m iletken, 2 m nötr olmak üzere toplamda 4 m olarak tasarlanmıştır.
.....

B) Aşağıdaki cümlelerde bulunan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

10. Trenlerin harekete geçebilmesi, motorların tahriki ve diğer yardımcı donanımların beslenmesi için gerekli olan güç denir.
11. Tedarikçi firmalardan alınan yüksek gerilimin cer gücü olarak kullanılacak norma getirilmesi için tüm işlemlerin yapıldığı merkeze denir.
12. Pantografin hareket etmesine yarayan, yapısında basınçlı hava ile çalışan piston ve indirme yayları bulunan donanım denir.
13. Raylı sistem elektrikli araçlarında pantografin seyir teline teması ile alınan elektrik enerjisi akımlarını taşıyıcı raylardan sağlar.
14. Yalıtkan ve iletken segmentler içeren, APS sistemde motorlarının ihtiyacı olan tahrik gücünü veren enerjili raya denir.
15. Raylı sistem elektrikli araçları cer motorlarının hareketi için gerekli olan tahrik gücünü üçüncü raydan ile almaktadır.
16. Raylı sistem araçları için gerekli olan elektrik enerjisi, ... adı verilen havai besleme hatları ile cer motorlarına iletilmektedir.
17. Yardımcı güç merkezlerinde ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılmak üzere 34,5/0,4 kV dönüşümünü yapan trafolar denir.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevabı işaretleyiniz

18. Türkiye’de kent içi raylı sistemlerde kullanılan cer gücü besleme gerilimi kaç voltur?

- A) 750 VAC
- B) 750 VDC
- C) 3000 VAC
- D) 3000 VDC
- E) 34500 VAC

19. Aşağıdaki ifadelerden hangisi cer gücü temini ve dağıtım sisteminin bileşenlerinden değildir?

- A) Sinyalizasyon sistemi
- B) SCADA sistemi
- C) Cer gücü trafosu
- D) Katener sistemi
- E) APS sistem

20. Elektrikli trenlerin pantografları aracılığıyla motor tahrik gücünü aldıkları tel aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Fider
- B) Pantograf
- C) Portör
- D) Seyir
- E) Toprak

21. Aşağıdakilerden hangisi rijit katener sistemi bileşenlerinden değildir?

- A) Portör teli
- B) Bölge izolatörü
- C) Kontak teli
- D) “Z” profili
- E) Alüminyum profil

21. APS menhollerinde aşağıda verilen donanımlardan hangisi bulunmaz?

- A) Pozitif en potansiyeller
- B) Bağlantı kutuları
- C) Enerji kutuları
- D) Negatif eş potansiyeller
- E) Sıfırlama kutuları

23.

- I. Cer trafo
- II. Hızlı geçiş
- III. Ölçüm
- IV. Bara kuplaj

**Cer trafo merkezlerinde yukarıda verilen hüc-
relerden hangileri bulunmaktadır?**

- A) I ve II
- B) I, II, III
- C) I, III, IV
- D) II, III, IV
- E) I, II, III, IV

19. Kent içi raylı sistemlerde cer gücü ve temini ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?

- A) Sistemde enerji kaçağı olduğunda otomatik devreye girerek sistemin enerjisini kesen donanıma, kesintisiz güç kaynağı denir.
- B) Bilgisayar ortamında uzaktan kontrol, izleme, kumanda, denetleme yapılan; trenlerin uzaktan sevk ve idare edildiği sisteme SCADA denir.
- C) İç ihtiyaç dağılımı ve ihtiyaç duyulan alçak gerilimi değerleri için 34,5/0,4 kV dönüştürme oranına sahip trafoya yardımcı güç trafosu denir.
- D) Cer gücü geriliminin pozitif ucunun bağlandığı ve yük altında iken açma kapama yapabilen kesici hücresine DC kesici hücresi denir.
- E) Raylar aracılığıyla dönen akımın toplandığı, eş potansiyel baranın bulunduğu hücreye negatif dönüş hücresi denir.

25.

- I. Cer gücü iletim rayı 8 m iletken, 3 m nötr olmak üzere 11 m olarak tasarlanmıştır.
- II. Sistem üzerinde yer alan cer gücü kutuları iki kesimi çalıştırmaktadır. Her 22 m’de bir cer gücü rayı enerjisi için güç kutuları yer alır.
- III. APS sisteminde elektrikli kesimler üzerinde bulunan tramvayların uzunlukları 30-40 m civarındadır.
- IV. APS sisteminde trenlerin hareketi ve sistemin işlevsel çalışması için katener sistemi çeşitleri kullanılır.

APS sistemi ile ilgili yukarıda verilen ifadelerden hangileri doğrudur?

- A) I ve II
- B) I, II, III
- C) I, III, IV
- D) I, II, III, IV
- E) II, III, IV



4. ÖĞRENME BİRİMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Raylı sistemlerde sinyalizasyonun amacı ve önemi
- Kent içi raylı sistemde kullanılan sinyalizasyon türleri
- Kent içi raylı sistemde interlocking sistemi
- Kent içi raylı sistemdeki tren koruma ve kontrol sistemleri

ANAHTAR KAVRAMLAR

- | | |
|-------------|-----------------|
| • anlaşılan | • interlocking |
| • ATC | • ray devresi |
| • ATP | • sinyaller |
| • ATO | • sinyalizasyon |
| • ATS | |

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE SİNYALİZASYON

KONULAR

- 4.1. SİNYALİZASYON SİSTEMİNİN TARİHÇESİ
- 4.2. SİNYALİZASYON TÜRLERİ
- 4.3. İNTERLOKİNG SİSTEMİ VE KONTROL MERKEZİ
- 4.4. TREN KONTROL VE KORUMA SİSTEMİ



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Kent içi raylı sistemlerde insan hatalarını ortadan kaldırmak için sizce neler yapılabilir?
2. Sinyalizasyon sistemlerine sizce neden ihtiyaç duyulmuştur? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

GİRİŞ

Raylı sistem, kara yolu ve liman işletmelerinde emniyetli araç seyrine olanak sağlayan, trafiği düzenleyen ışıklı sisteme **sinyalizasyon** denir (Görsel 4.1). Ancak sinyalizasyon sistemlerinin temeli bayrak, flama, el, kol vb. işaretlerin kullanımına dayanmaktadır.



Görsel 4.1: Sinyalizasyon

Demiryollarında kullanılan **sinyalizasyon sistemi** genel olarak trenlerin güvenli bir şekilde seyrine olanak sağlayan, tren hareketlerini kontrol eden, trenler arası mesafeyi düzenleyen ve insan kaynaklı hataları en aza indiren ışıklı sistemleri tanımlamaktadır.

Türkiye’de ve dünyada kullanılan demiryolları; teknolojik gelişmelerle birlikte değişmiş olup, zaman içinde donanım ve sistem olarak da gelişmiştir.

4.1. SİNYALİZAYON SİSTEMİNİN TARİHÇESİ

Son dönemlerde artan nüfus, ulaşım ihtiyacı, hava kirliliği ve enerji kaynaklarının tüketimi; ulaşımın değiştirilip geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Raylı sistemler ile yapılan ulaşım, dünyanın birçok ülkesinde ulaşım sorunlarını azaltmak için toplum hayatına dâhil olmuştur.

Sinyalizasyon sistemlerinin kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda tren trafik idaresi için el ve kol ile trenlere işaret veren görevliler hat üzerinde görevlendirilmiştir. Daha sonra tren hareketlerini kontrol etmek için sarı, yeşil, kırmızı, mavi renkli bayraklar ve çeşitli lambalar ile trenlere hareket bildirimi gerçekleştirilmiştir. Zamanla artan nüfus, toplu taşıma ihtiyacı, tren hızının artışı, taşınan yük ve yolcu sayılarındaki artışlar trenlerin görüş mesafeleri içinde durmasına engel olmuş, hatlardaki flamaların veya işaretlerin uzaktan görülememesinin tren hareketlerini kısıtlaması nedeniyle hatlardaki işaretçilerin artırılması gerekli görülmüştür. İşaretçi sayısı artırılsa da arazi koşullarındaki olumsuzluklar, hava koşulları, hat yoğunlukları vb. nedenler göz önüne alınarak değişen ve gelişen teknoloji çerçevesinde yeni yöntemler geliştirilmiştir. İhtiyaçlar dâhilinde, ilerleyen zamanlarda istasyon ve buluşma noktalarının giriş ve çıkışlarına mekanik cihazlar yerleştirilerek trenlerin istasyona giriş ve çıkışlarını kontrol altına alan mekanik sinyal sistemleri geliştirilmiştir.

Gelişen ve değişen teknoloji, nüfus artışı, trafik yoğunluğu, hat kapasitesindeki artış vb. nedenler ile ilkel işaret ve mekanik sinyaller, yerini zamanla modern ve emniyetli sinyalizasyon sistemlerine bırakmıştır.

Sinyalizasyon sistemleri geliştirilirken ilk aşamada, basit mekanik sinyal sistemleri kullanılmıştır. İlerleyen zamanlarda, bugünkü elektrikli sinyal sistemlerinin temelini oluşturan **elektrikli akımın raylarda kullanımı** yöntemine geçilmiştir. Trenler arasında belirli mesafeler oluşturularak hız, emniyet ve

ekonomik yapının elde edilmesi amaçlanmıştır. Ancak bu işletim sisteminde aynı ve aksi yönde trenlerin bilgisine ulaşılamamaktadır.

Bir raylı sistem hattında birbirini takip eden iki trenin varlığında iki tren arasında bir trenin durabileceği mesafeden fazlasının bırakılması gerekmektedir. Tüm bu eksiklikleri gidermek amacıyla mesafe aralık yöntemi ile raylı sistem hatları bloklara bölündü ve her blok başına bir işaret yerleştirildi. Bu işaretler aracılığıyla makiniste, gireceği blokta trenin var olup olmadığı bilgisi aktarılmıştır. Mesafe aralık yönetiminin kullanılması sonrasında sabit hat sinyalleri kullanılmaya başlanmıştır. Telgrafın keşfi ile görevliler tarafından bir sonraki istasyona blok durum bilgisi vb. bilgilerin aktarılması kolaylaşmıştır.

1900'lü yıllar ve sonrasında trenler arası mesafeler düşünülerek elle kontrollü blok, yarı otomatik blok, otomatik blok, mekanik blok vb. sistemler geliştirilmiştir. Son dönemlerde sinyalizasyon sistemleri teknolojik ivmelenme ile geliştirilmiş, otonom ve akıllı sistemler insan hayatına girmiştir.

4.1.1. Raylı Sistemlerde Sinyalizasyonun Amacı

Demiryollarındaki sinyalizasyon sistemleri kullanılırken bu sistemlerin belirli amaçlara hizmet etmesi beklenmektedir. Sinyalizasyon sistemleri bu amaçlar doğrultusunda teknolojik ivmelenmeler ile geliştirilmektedir. Raylı sistemlerde kullanılan sinyalizasyonun temel amaçları şunlardır:

- Trenlerin emniyetli seyrinin sağlanması.
- Sefer sıklığının artırılması.
- Trenler arasındaki güvenli mesafenin sağlanması.
- İşletme kolaylığının sağlanması.
- İnsan hatalarının ortadan kaldırılması.
- Trafiğin seri ve akıcı hâle getirilmesi.
- Kazaların ve olumsuz durumların ortadan kaldırılması.
- Acil durumların kontrolünün sağlanması.
- Tren hız kontrolünün sağlanması.
- Ekonomik, etkin, modern ve verimli işletmeciliğin sağlanması.
- Çeken ve çekilen araçlarda optimum fayda sağlanması.
- Trafik ile ilgili işlemlerin azalması (emir ve formlara gerek kalmaması).

4.1.2. Sinyalizasyonun Tarihsel Gelişimi

Demiryollarının toplum hayatına dâhil olmasından bugüne kadar raylı sistemlerde meydana gelen gelişmeler, raylı sistem ulaşım araçlarının hızını artırmıştır. Demiryollarının kullanıma başlandığı ilk yıllarda tren hızları günümüze göre çok düşüktü. Bu nedenle trenlerin sevk ve idaresi kolaylıkla gerçekleştirilebiliyordu. Raylı sistem kullanımının ilk yıllarında tren hızlarının tren görüş mesafesinde durabilecek seviyede olması, hat boyunca ilerleyen trenin önünün boş olması, tren trafiğinin yoğun olmaması, hat sayısının az olması vb. nedenler ile sinyalizasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmamıştır.



BİLGİ KUTUSU

Bugünün modern sinyalizasyon sistemlerinin temelini oluşturan mekanik sinyaller, lamba bildirile-ri, el ve kol hareketleri, flamalar ve bayraklar Türkiye'de az da olsa kullanılmaktadır.

İlerleyen yıllarda meydana gelen gelişmeler, sefer sıklığı, hat sayısı artışı, trafik yoğunluğundaki artışlar vb. birçok etkenden kaynaklı ihtiyaçlar ve karşılaşılan olumsuz durumlar sinyalizasyon sistemlerini zorunlu hâle getirmiştir (Görsel 4.2).



Görsel 4.2: Tren trafik yoğunluğu

4.1.3. Kent İçi Raylı Sistemlerde Kullanılan Sinyal Lambaları

Kent içi raylı sistemlerde hatların güvenliğini sağlamak için kullanılan temel unsulardan biri de **sinyal lambalarıdır**. Bu lambalar raylı sistem araçlarının durması, hareket etmesi, hızını değiştirmesi veya yolcu indirip bindirmeleri gerektiği bilgisini raylı sistem araç sürücülerine vermek amacıyla kullanılan renkli ışıklardır.

Raylı sistemlerde kullanılan sinyal lambaları genel olarak üç renkten oluşmaktadır. Sinyal bildirilerinde yeşil ışık, **ilerle**; sarı ışık, **kontrollü ilerle**; kırmızı ışık, **kesinlikle dur** anlamına gelir.

Sinyal lambalarındaki renkli ışıklar, raylı sistem sürücü ve operatörlerine güvenli bir seyahat sağlanması için gerekli olan talimatları verir. Kent içi raylı sistemlerde taşıma türüne göre çeşitli şekillerde sinyal lambaları kullanılmaktadır. Örneğin tramvay sistemlerinde yönlendirme işaretleri içeren lambalar kullanılır (Görsel 4.3).



Görsel 4.3: Tramvay sinyal lambası



SIRA SİZDE

Sinyalizasyon sistemlerinde meydana gelebilecek arızalar, raylı sistem trafiğinde ne gibi olumsuz durumlara neden olabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



ARAŞTIRMA

Türkiye’de kent içi raylı sistemlerde kullanılan sinyal lambalarının türlerini ve anlamlarını araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.2. SİNYALİZASYON TÜRLERİ

Raylı sistemlerde kullanılan sinyalizasyon sistemleri, operasyonel verimlilik ve emniyet için bütün olarak tasarlanmıştır. **Sinyalizasyon türleri**, trenler arasındaki trafiği uyumlu hâle getirmek ve olası kazaları önlemek amacıyla kullanılan basit veya karmaşık kontrol sistemleridir.

Sinyalizasyon sistemlerindeki verimliliği artırmak ve emniyetli tren trafiği elde etmek üzere **mekanik** ve **elektronik sinyal** türleri kullanılmaktadır.

Mekanik Sinyaller

İstasyon bölgelerindeki makasların, istasyon giriş ve çıkışlarına konulan semaforların istasyon binaları içerisinde bulunan kumanda masaları ve transmisyon telleri ile kontrol edildiği sistemlere **mekanik sinyal sistemleri** denir. Mekanik sinyal sistemleri kullanılarak tanzim edilen donanımlara ise **mekanik sinyaller** denir (Görsel 4.4).



Görsel 4.4: Mekanik sinyaller



BİLGİ KUTUSU

Türkiye’de trenlerin merkezden telefon ile idare edildiği bazı istasyonlarda **ileri koruma tesisatı** adı verilen mekanik sinyal tesisatı bulunmaktadır.

Mekanik sinyallerde makaslar uygun konuma ayarlanırken trenlerin seyredeceği yol belirlenir ve bu yola giriş ve çıkış için ilgili semafor açılarak mekanik sinyaller kullanılır.

Çoğu istasyonda kullanımdan kaldırılmış olan mekanik sinyal sistemleri; kumanda alanı içinde bulunan semafor, semafor ihbarı, mekanik emniyet donanımı, mesafe tayin levhaları, geçit fenerleri, makas fenerleri vb. işaretlerden oluşur.



ARAŞTIRMA

Türkiye’de geçmiş yıllarda kullanılmış olan mekanik sinyal tesisatının neler olduğunu araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Elektronik Sinyaller

Demiryollarında tren trafiğinin sevk ve idaresini gerçekleştirmek üzere tesis edilmiş elektrikli sistemlere **elektrikli sinyal sistemleri** denir. Elektrikli sinyal sistemlerinde kullanılan elektrik-elektronik temelli sinyallere ise **elektronik sinyaller** denir (Görsel 4.5).

Elektrikli sinyal sistemleri ve elektronik sinyaller sayesinde tesisatın merkezden kumandası ve tren hareketliliğinin merkezden izlenilmesi sağlanır. Elektronik sinyallerin kullanıldığı hat kısımlarında istasyon giriş ve çıkışları ile bunların arasındaki bloklara konulan otomatik ve kumandalı sinyallerle trenlerin trafiği hızlı, emniyetli ve akıcı olarak sağlanır. Uzaktan kontrol ve izlemeye olanak sunan elektronik sistemler, trenler arasındaki mesafeyi kısaltarak hat kapasitesinin artırılmasını sağlar.

Trenlerin uzaktan kontrol ve izlemesini yapabilmek için elektrikli sinyal sistemleri içinde tren yerlerinin belirlenmesinde kullanılan tren algılama sistemleri bulunur.



Görsel 4.5: Elektrik-elektronik temelli sinyaller

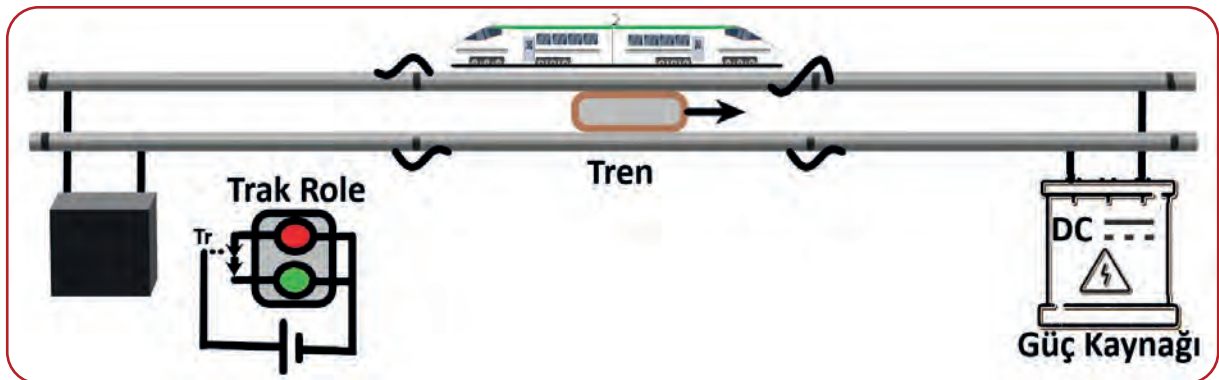


ARAŞTIRMA

Çevrenizde bulunan ve raylı sistemlerde kullanılan sinyalizasyon türlerini araştırınız? Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.2.1. Ray Devreleri (Tren Algılama)

Belirli bir hat kesiminde raylara bir uçtan verilen elektrik enerjisinin diğer uçtan alınarak oluşturduğu kapalı elektrik devresine **ray devresi** denir (Şekil 4.1). Ray devresi, tren mili tarafından rayların kısa devre edilmesi sonucunda tren varlığını ortaya koyar. Bu devrenin görevi, yolun emniyetli tren seyrine uygun olup olmadığını (boş, dolu) kontrol edip elde ettiği meşguliyet bilgisini ilgililere iletmektir.



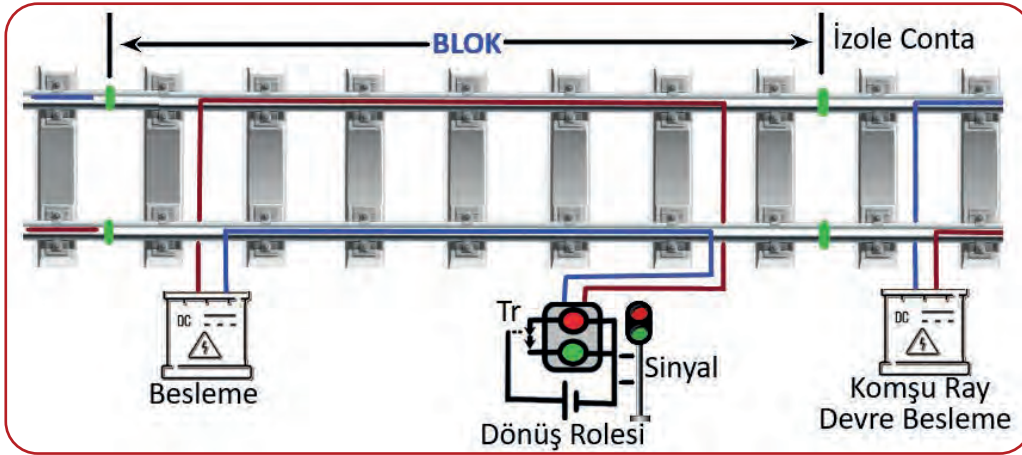
Şekil 4.1: Basit bir ray devresi

Ray devreleri, tren yolu meşguliyeti bilgisi ve tren yerlerinin belirlenmesinde kullanılır. Tren yerlerinin belirlenmesinde kullanılan ray devresi çeşitleri şunlardır:

- İzole Cebireli Ray Devresi
- Kodlu Ray Devresi
- Aks Sayıcı Ray Devresi
- Hareketli Blok Ray Devresi

4.2.1.1. İzole Cebireli Ray Devresi

İzole cebireler yardımıyla birbirinden elektriksel olarak ayrılan ray bloklarına uygulanan gerilimin kontrol edilmesiyle blok içinde tren olup olmadığını ortaya koyan devreye **izole cebireli ray devresi** denir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: İzole cebireli ray devresi

İzole Cebireli Ray Devresinin Çalışması

İzole cebireli ray devresi ile çalışan sistemlerde raylı sistem, izole cebireler (Görsel 4.6) ile anlamlı bölümlere ayrılmıştır. İzole cebireler ile bölgelere ayrılan ray bölümünün herhangi bir ucundan verilen gerilim, ray bölümünün diğer ucundan kontrol edilir. İzole edilmiş ray bölümünden dönüş akımı alınabiliyorsa elektrik devresi tamamlanıyor demektir ve ray bölümünde tren olmadığı bilgisi verilir. Tren, ray bölümlerinden birine girdiğinde tren rayları kısa devre yapacağından elektrik devresi tamamlanmayacak ve bölgede tren olduğu bilgisi alınacaktır.



Görsel 4.6: İzole cebire

Herhangi bir sebeple ray elektrik akım döngüsünde problem (kısa devre, donanım arıza, kablo kopukluğu vb.) meydana gelirse sistem, bölgede tren var şeklinde bilgi verecektir. Sistem, olası kazaları önlemek amacıyla bu şekilde tasarlanmıştır.

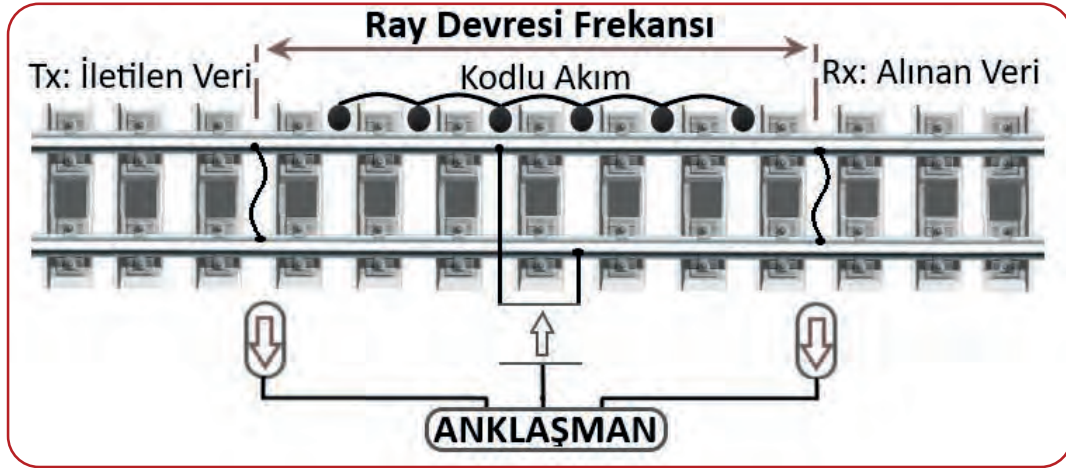


ARAŞTIRMA

Türkiye’de izole cebireli ray devrelerinin kullanıldığı hatların nereler olduğunu araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.2.1.2. Kodlu Ray Devresi

Kapasitif ayırıcılar tarafından birbirinden elektriksel olarak ayrılan ray bloklarına uygulanan ses frekansının kontrol edilmesi ile blok içinde tren olup olmadığını ortaya koyan devreye **kodlu ray devresi** denir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Basit ses frekanslı kodlu ray devresi örneği



BİLGİ KUTUSU

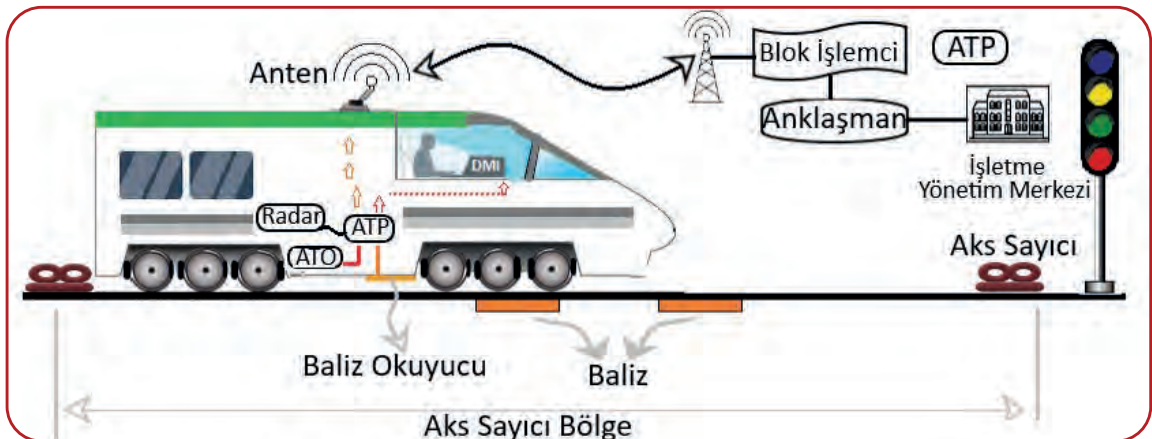
Kodlu ray devreleri kesintisizdir. Çünkü raylar izole cebire ile ayrılmamıştır.

Kodlu Ray Devresinin Çalışması

Kapasitif ayırıcılar ile bölgelere ayrılan ray bölümlerinin bir ucundan verici devreleri vasıtasıyla uygulanan ses frekansı, ray bölümünün diğer ucundan alıcı devreleri vasıtasıyla alınır ve ölçülür. Ölçülen frekans değerinde bir değişim varsa ray bölümünde tren olduğu bilgisi alınır ve bölge, diğer trenlerin trafiğine kapatılır.

4.2.1.3. Aks Sayıcılı Ray Devresi

Ray bölümlerine giren ve çıkan aksların sayılması ile bölgede trenin olup olmadığı bilgisini veren ray devresine **aks sayıcılı ray devresi** denir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Aks sayıcılı ray sistemi örneği



BİLGİ KUTUSU

Bir trenin tekerlekleri ve bu tekerlekleri birbirine bağlayan mil sistemine **tren aksı** denir. Tren aksları, bir trenin raylar üzerinde güvenli ve dengeli hareket etmesini sağlar.

Aks Sayıcı Ray Devresinin Çalışması

Bölgeye giren trenin aks sayısı bölgeden çıkan trenin aks sayısına eşit ise bölgede tren olmadığı bilgisi alınır (Görsel 4.7). Bölgeye giren trenin aks sayısı çıkan aks sayısına eşit değilse bölgede trenin var olduğu bilgisi alınır.



Görsel 4.7: Aks sayıcı ray

4.2.1.4. Hareketli Blok Ray Devresi

Sinyal sisteminde sanal ray devreleri kullanan, blok uzunlukları tren hızına ve durma mesafesine, fren gücüne, bölge kurp ve eğim parametrelerine göre değişen ray devresine **hareketli blok ray devresi** denir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Hareketli blok ray devresi

Hareketli Blok Ray Devresinin Çalışması

Hareketli blok ray devresinin kullanıldığı sistemlerde trenler sürekli izlenir. Yüksek hassasiyete sahip konum çözünürlüğü ve önceki tren tekerleğinin hareketi neticesinde elde edilen veriler ile hareketli blok sinyalizasyon sistemi elde edilir. Kumanda merkezlerinde yer alan program her trenin önündeki mesafeyi otomatik olarak ayarlar ve tren hızını değiştirir.



ARAŞTIRMA

Ray devrelerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı tablo hâline getirip sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



SIRA SİZDE

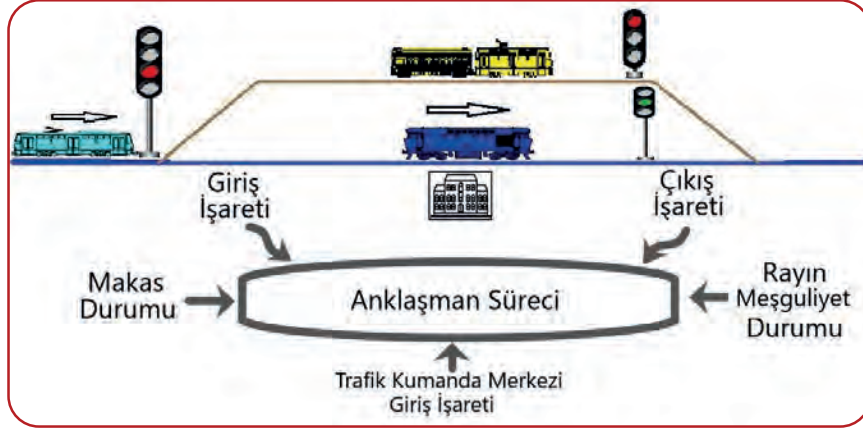
Son zamanlardaki teknolojik gelişmeler (sanal evren, yapay zekâ, yüksek hızlı mobil ağ vb.) doğrultusunda kent içi raylı sistemlerde kullanılmak üzere daha kapsamlı ve işlevsel bir sinyalizasyon sistemi sizce nasıl olmalıdır? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.3. İNTERLOKİNG SİSTEMİ VE KONTROL MERKEZİ

Raylı sistem araçları için herhangi bir yöne makas tanzimi, sinyal açılması gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi için sinyal sistemi devrelerinden veri olarak sinyal sistemini kontrol eden ve gerektiğinde emniyet için ters kilitleme yapan kontrol dizisine **interlocking (iç kilitleme)** denir. Interlocking, sinyalizasyon sisteminin kontrol birimi olarak bilinir. Bu sistemin diğer adı **anklaşmandır**.

4.3.1. İnterlocking Sistemi ve Yapısı

İnterlocking (anklaşman) sistemi; kent içi raylı sistemler sinyalizasyon sistemi içinde yer alan tüm anklâşman ekipmanının kilitlenmesi, birbiriyle ortaklaşa hareket etmesi vb. süreçleri işletmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: İnterlocking (anklaşman) süreci

4.3.2. İnterlocking Sisteminin Çalışması

Kent içi raylı sistemler bünyesinde bulunan kontrol merkezinde tüm hat boyu ekipmanından alınan bilgiler toplanır. Bu bilgiler, merkezî bilgisayarlarda işlenir (Görsel 4.8). Bu sayede trenin ray bölgesine girmesine izin verilip verilmeyeceği kararlaştırılır. İnterlocking sisteminde bir ray veya makas bölgesine giren tren bölgeyi terk etmedikçe bölge kilitlidir ve bölgeye başka tren girişine izin verilmez. İç kilitleme sistemiyle tren çarpışması vb. olayların engellenmesi amaçlanır.



Görsel 4.8: Merkezî bilgisayar sistemlerinin bulunduğu kontrol merkezi

Trenin gideceği güzergâh dışındaki yollar, merkezî interlocking tarafından kilitlenir. Trenin gideceği yönde makaslar, elektrikli şekilde düzenlenerek ayarlanır ve mekanik olarak kilitlenir. Sinyal düzenlemeleri yapılarak, tren güzergâhındaki tren varlığı aktif olarak denetlenir. Tren tarafından güzergâh üzerindeki ray bölgeleri terk edildikçe, bu bölgelerin kilitleri otomatik olarak serbest bırakılır. Genel yapı olarak interlocking sisteminin tren yollarını kontrolü bu şekilde yapılır.



BİLGİ KUTUSU

Tren trafiğinin yönetilmesi ve kontrol edilmesi amacı ile kurulan sistemlerin bulunduğu merkezlere **kontrol merkezi** denir.

4.3.3. İnterlocking Sisteminin Özellikleri

İnterlocking sistemi üzerinde tren kazalarını önlemek üzere oluşturulan merkezî iç kilitleme yapısı, ilk zamanlar röleler aracılığıyla yapılmaktaydı. Meşguliyet algılanan bölgede röle, kontaklarını çeker. Böylece bölgeye tren girişine izin verilmez.



BİLGİ KUTUSU

Üzerinden akım geçmesi neticesinde elektrikli şekilde çalışarak açık veya kapalı konuma getirilen elektromanyetik anahtarlama elemanına **röle** denir.

Bugünün modern sistemlerinde yazılım temelli anlaşılan sistemleri kullanılmaktadır. Sistem, endüstriyel merkezî bilgisayar ile kontrol edilir. Genellikle hataya yer vermemek için veriler, anlaşılan sistemin en az iki bilgisayar tarafından toplanır ve karşılaştırılarak uygulanır. Bilgisayarlardan alınan verilerde farklılık olması durumunda sonuçlar uygulanmaz.

4.3.4. İnterlocking Sisteminin Çeşitleri

Raylı sistemler tren trafiğinin sağlanmasında kullanılan makas, sinyal, ray devresi vb. birimler arasında anlamlı ilişkiyi kuran interlocking sisteminin çeşitleri şunlardır:

Mekanik İnterlocking Sistemi

Mekanik interlocking sisteminde birimler arasındaki bağlantı, mekanik bağlantılar kullanılarak gerçekleştirilir. Bu sistem mafsal ve tellerden oluşan, en eski interlocking sistemidir (Görsel 4.9).



Görsel 4.9: Mekanik interlocking (anlaşılan) sistemi

Röleli İnterlocking Sistemi

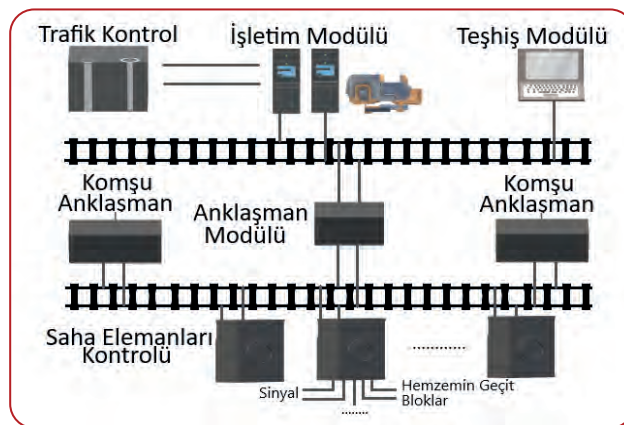
Röleli interlocking sisteminde röle grupları ve kontrol paneli bulunmaktadır (Görsel 4.10). Birimler arasındaki bağlantı tamamen elektromekanik röle grupları ile gerçekleştirilmektedir.

Elektronik İnterlocking Sistemi

Değişen ve gelişen teknoloji çerçevesinde mekanik, röleli interlocking sistemleri yerine elektronik ekipman kullanılarak birimler arasındaki bağlantının yapıldığı elektronik ve yazılım temelli interlocking sistemidir (Şekil 4.7).



Görsel 4.10: Röle grupları



Şekil 4.7: Elektronik interlocking blok diyagramı

SIRA SİZDE

Raylı sistemlerle yapılan taşımacılıkta interlocking sisteminde bir arıza olması durumunda sizce ne gibi olumsuz durumlar yaşanabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.4. TREN KORUMA VE KONTROL SİSTEMLERİ

Raylı sistemlerle yapılan taşımacılıkta sistemin çalışması, emniyet ve güvenlik önlemleri alınarak sağlanmaktadır. Sistem güvenliği alınmış olmasına karşın trenin idaresinde görevli veya demiryollarındaki diğer personelden kaynaklı hatalar olabilir. Bu hatalar nedeniyle istenmeyen olaylar meydana gelebilir.

Raylı sistemlerle yapılan taşımacılıkta değişen ve gelişen teknolojiyle birlikte yeni sistemler geliştirilerek insan kaynaklı hataların yok edilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle tren koruma ve kontrol sistemleri geliştirilmiş ve demiryollarında meydana gelen pek çok olumsuz durumun önüne geçilmiştir.

Raylı sistem işletmeciliğinde emniyetli ve verimli tren trafiğinin sağlanması amacıyla geliştirilen tren koruma ve kontrol sistemlerinin bazıları şunlardır:

- ATS (Otomatik Tren Durdurma) Sistemi
- ATP (Otomatik Tren Koruma) Sistemi
- ATC (Otomatik Tren Kontrol) Sistemi
- ATO (Otomatik Tren Operasyonu) Sistemi

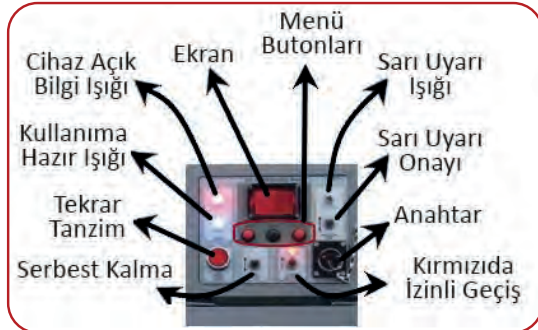
4.4.1. ATS (Otomatik Tren Durdurma) Sistemi

Trafiğin elektrikli sinyaller ile idare edildiği hat kesimlerinde kırmızı bildirim veren hat sinyali çeşitli nedenlerle izinsiz geçilebilir. Bu durumda tren trafiği emniyetini sağlamak amacı ile tren hızını kontrol eden ve otomatik olarak durduran sisteme **ATS sistemi** denir. ATS, İngilizce **Automatic Train Stopping** (Adumedig Tireyin Sıtaping) kelimelerinin baş harfleridir. **Otomatik tren durdurma** anlamına gelmektedir.

4.4.1.1. ATS Sisteminin Yapısı

ATS sistemi, genel yapı olarak yol boyu ve araç üstü donanımlardan oluşur (Görsel 4.11).

ATS sistemi, çeken araçlara konulan ATS kabin cihazı ile hat boyunca yer alan bobin devresinden meydana gelmektedir (Görsel 4.12).



Görsel 4.11: ATS cihazı araç üstü kullanıcı paneli



Görsel 4.12: ATS yol bobini

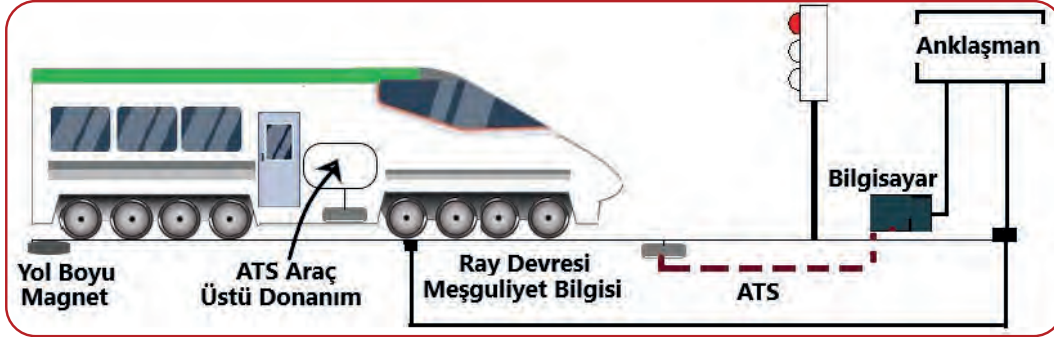
ATS kabin cihazları genel yapı olarak kabin bobini, ATS kontrol devresi, kontrol paneli, takometre, fren kontrol sistemi, elektrik bağlantı sistemi, veri gönderici devre vb. sistemlerden oluşur.

4.4.1.2. ATS Sisteminin Çalışması

Trenlerin hat boyunca yer alan sinyalleri izinsiz geçmesi veya belirlenen hız limitlerine uymaması durumunda ATS sistemi devreye girer. ATS sisteminin devreye girmesi ile trenin hızını azaltması veya durması için makiniste uyarı sinyali gönderilir. Makinistin uyarı sinyaline uymaması durumunda tren, sistem tarafından otomatik olarak durdurulur.

ATS sistemi; bütün sinyallerin yanına, yol boyuna ve lokomotiflerin altına konulan magnetlerin (bobinlerin) birbirini algılaması ile devreye girer. Bobinler her sinyalin yanına mutlaka konulmaktadır.

Giriş sinyalinin 300 metre gerisinde de ikinci bir uyarı bobini bulunur. Hat boyunca yer alan bobinler; sinyale yaklaşma, sinyalin sarı veya kırmızı olması gibi durumlarda trenin yavaşlaması ya da durması için makinisti uyarır. Kırmızı olan sinyalin geçilmesi durumunda hemen devreye girerek treni fren mesafesi içinde durdurur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: ATS sisteminin genel yapısı

Otomatik tren durdurma sistemi, yetkililerin vereceği kırmızı geçiş izni vb. izinler sonrasında lokomotif kumanda panosu üzerinden iptal düğmesine basılarak devre dışı bırakılabilir. Sinyal ihlalleri ve otomatik durdurma sisteminin iptal edilmesi işlemleri, yetkililerden alınacak izinler ile yapılabilir.



SIRA SİZDE

Otomatik tren durdurma sistemi tarafından makiniste yavaşla veya dur uyarısı gönderilir. Makinistin uyarılara uymaması durumunda ATS sistemi, sizce hangi nedenlerden dolayı treni otomatik olarak durdurur? Görüşlerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.4.2. ATP (Otomatik Tren Koruma) Sistemi

Teknolojik gelişim ve değişimler neticesinde hem tren kazalarını önlemek hem de insan faktörünü en aza indirmek için demiryollarında çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Trenlerin seyri sırasında, yol sinyalizasyon sisteminin verdiği emirlerin makinist tarafından doğru şekilde uygulanmadığı durumlarda devreye girerek trenin uygun azami hızı veya tehlike noktalarını geçmesini önlemek üzere raylı sistem aracının kontrolüne müdahalede bulunan sisteme **ATP sistemi** denir. ATP, İngilizce **Automatic Train Protection** (Adumedig Tıreyin Pırotekşın) kelimelerinin baş harfleridir. **Otomatik tren koruma** anlamına gelmektedir.

4.4.2.1. ATP Sisteminin Yapısı

Otomatik tren koruma sistemi (ATP) genel yapı olarak yol boyu ve araç üstü donanımlardan meydana gelir.

Otomatik tren koruma sisteminde yol boyu donanımı olarak sinyaller, sinyal devreleri, sinyal ara yüzleri, elektronik ünite (LEU), ray devresi, yol bobinleri (Görsel 4.13) ile birlikte çalışan kod üretici bulunurken, araç üstü donanım olarak da ATP kabin cihazı bulunur.



Görsel 4.13: ATP yol bobini

ATP araç kabin cihazında ATP sinyal kodlarını yakalayan kod yakalayıcı anten, bilgilerin işlenmesi ve kontrol edilmesinde kullanılan işlemci, tren hızölçer, otomatik frenleme ve hızlanma sistemi ile makinistin bilgileri takip ettiği makinist paneli yer alır.

4.4.2.2. ATP Sisteminin Çalışması

Trenlerin güvenliğini artırmak ve kazaları önlemek amacıyla tasarlanan ATP sisteminde tren hızlarını izleyen sensörler, bilgisayarlar ve acil durum mekanizmaları yer almaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: ATP sisteminin genel yapısı

ATP sistemi genel olarak tren hızlarını kontrol eder ve trenlerin gitmesi gereken emniyetli hız ile karşılaşmasını yapar. Yapılan karşılaştırma sonrasında tren hızı, emniyetli seyir hızını geçmişse otomatik tren koruma sistemi devreye girerek treni emniyetli hızlara indirir veya otomatik olarak durdurur. Trenlerin seyir emniyetini artıran bu durum, insan kaynaklı hataları en aza indirmeyi amaçlar.

Trenlerin gitmesi gereken emniyetli seyir hızı hesaplanırken kırmızı sinyale olan tren uzaklığı, hattın genel yapısı (eğim, hız limiti) gibi değişkenler kullanılır.



BİLGİ KUTUSU

ATS sisteminde hız kontrolü sadece magnetlerin olduğu noktalarla sınırlı iken ATP sisteminde bloğun herhangi bir noktasında ilerlemekte olan tren için araç üstü donanımda hız eğrisi denetimi yapılmaktadır. ATS sistemi araç üstü donanımında bu özellik bulunmamaktadır.



SIRA SİZDE

Aşağıdaki soruların cevabını alttaki boşluklara yazınız.

A) Otomatik tren koruma sistemlerinin raylı sistem taşımacılığı üzerindeki etkileri nelerdir?

.....

.....

.....

.....

B) Otomatik tren koruma sistemlerinin yolcu güvenliği üzerindeki etkileri nelerdir?

.....

.....

.....

.....

4.4.3. ATC (Otomatik Tren Kontrolü) Sistemi

Trenlerin güvenli ve verimli bir şekilde seyrini sürdürmesi amacıyla tasarlanan, bir önceki ve sonraki trenin konumları referans alınarak güvenli tren seyir mesafesinin hesaplandığı ve bu hesaplarla birlikte tren hızının otomatik olarak ayarlandığı sisteme **ATC sistemi** denir. ATC, İngilizce **Automatic Train Control** (Adumedig Tıreyin Kentrol) kelimelerinin baş harfleridir. **Otomatik tren kontrolü** anlamına gelir.

Özellikle yüksek hızlı tren hatlarında yüksek hızlarla trenlerin seyrinin sürdürülmesi, klasik sinyalizasyon sistemleri yerine yeni sistemlerin geliştirilmesini zorunlu hâle getirmiştir. Yüksek hız, hat kapasite artışı, artan nüfus kaynaklı ulaşım ihtiyacı ve yüksek hızlarda insan hatalarını ortadan kaldırmak için raylı sistemlerin gelişimi sürecinde ATC sistemi geliştirilmiştir. ATC sisteminde makinist ister otomatik ister manuel olarak (el ile) treni sevk ve idare edebilmektedir.



ARAŞTIRMA

Kent içi raylı sistemlerde trafik güvenliği kavramını araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.4.3.1. ATC Sisteminin Yapısı

Son dönemlerde artan yüksek hızlı tren hatlarındaki tren seyrinin güvenliği için geliştirilen otomatik kumanda sistemi, genel yapı olarak yol boyu ve araç üstü donanımdan oluşmaktadır (Görsel 4.14).

Otomatik tren kontrol sistemi; yol boyu sinyaller ve sinyal devreleri, yol boyu elektronik ünite (LEU), ray devresiyle eş zamanlı çalışan kod üretici ile araç üstü donanım olarak çeken araçlarda bulunan ATC sistem donanımlarından meydana gelmektedir.

ATC araç üstü sisteminde araç kontrol donanımı genel olarak tren ile merkez arasında iletişimi sağlayan alıcı, verici, ATC donanımı sinyal toplayıcı ve makinist bilgilendirme panelinden oluşur.



Görsel 4.14: ATC araç üstü donanımı

4.4.3.2. ATC Sisteminin Çalışması

Otomatik tren koruma sistemi tren seyahatlerini daha güvenli, etkili ve düzenli hâle getirmek için tasarlanmıştır (Görsel 4.15).



Görsel 4.15: ATC sistemi bulunan tren

ATC sistemi bulunan trenlerde tren hızını, konumunu ve diğer verileri kullanarak raylı sistem aracının kontrolü sağlanır. Sistem, çalışma prensibi olarak insan hatalarını en aza indirmeyi ve çeşitli güvenlik önlemleri olarak raylı sistem taşımacılığını daha güvenli hâle getirmeyi amaçlar.

ATC sistemi üzerinde yer alan ray devreleri, belirli uzunluklarda (genelde **1,5 km**) bölümlere ayrılarak izole edilmiştir. Bölümlere ayrılan ray devrelerinde sinyal dalgaları bulunur. ATC sistemi üzerinde yaklaşık her 20 km'de bir, içerisinde sinyal alıcı ve vericisi bulunan sinyal kabinleri yer almaktadır. Sinyal kabinleri ray devrelerine bağlıdır. İzole edilmiş ray bölgeleri üzerinde bulunan ray devrelerinde meydana gelen bir meşguliyet, alıcı tarafından algılanır. Meşguliyet algılayan alıcı sinyal devresi, gerideki sinyal devresinin meşguliyet durumunu ve sinyal dalga şeklinin koşullarını kontrol eder. Tüm bu işlemler sonrasında, kabinde, sinyal dalgasının alıcı tarafından alınması sağlanır ve otomatik kontrol mekanizması devreye girer. Tüm sistemin çalışmasında güvenliği artıran ana donanım, sensörlerdir.

ATC sisteminde sensörlerden alınan verileri işleyip makiniste aktaran temel donanımlardan biri de **ATC bilgisayarıdır**. ATC bilgisayarı, hat boyu sensörler ve ekipmandan alınan bilgiler ile güzergâhtaki hız, konum ve zaman grafiklerini çıkararak trenlerin güvenli seyrini sağlar. Alınan veriler işlenip, makiniste anlamlı bilgi olarak iletilir. Makinistin belirtilen limitlere uymadığı durumlarda makinist sesli olarak uyarılır. Belirlenen limitlerin ilk aşımı gerçekleştiikten sonra otomatik frenleme sistemi aktif olur. Tren, bilgisayar tarafından belirlenen limitlere otomatik olarak indirilir. Belirlenen limitler ikinci kez aşıldığında acil durum frenleri devreye girerek treni durdurur.

ATC sistemi, kırmızı sinyale yaklaşan makiniste sinyalin kırmızı olduğu bilgisini, belirlenen standartlarda önceden bildirir. Makinist sinyali takip ederek treni kırmızı sinyalde durdurabilir. Makinistin kırmızı sinyali fark etmemesi durumunda makinist ATC panelinden sesli olarak uyarılır. Makinistin yapacağı hamle, sistem tarafından kontrol edilir. Güvenli duruş mesafesine kadar makinist treni durdurmaz ise tren koruma sistemi devreye girer ve treni durdurur.

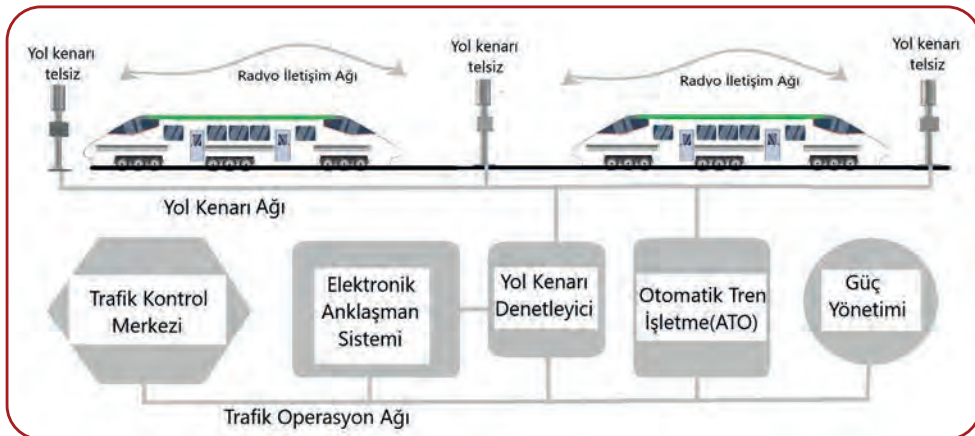


SIRA SİZDE

Otomatik tren kontrolü sisteminin enerji verimliliği üzerine etkileri sizce nelerdir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.4.4. ATO (Otomatik Tren Operasyonu) Sistemi

Trenlerin daha verimli ve düzgün kullanılması, kalkış ve duruşların konforundaki uygun frenlemenin sağlanması, tren hız verileri doğrultusunda hız ve fren fonksiyonlarının ayarlanması, trenin istasyon içerisinde doğru şekilde durması, kapıların uygun şekilde açılıp kapanması gibi fonksiyonları yerine getiren otonom tren yönetim sistemine **ATO Sistemi** denir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: ATO kullanılan işletim sistemi omurga örneği

ATO; trenlerin güvenli ve verimli bir şekilde seyrini sürdürmesi amacıyla tasarlanan, trenlerin bir tren kontrol merkezine bağlı, otomatik olarak yönetildiği bir sistemdir. ATO, İngilizce **Automatic Train Operation** (Adumedig Tıreyin Apıreyşin) kelimelerinin baş harfleridir. **Otomatik tren operasyonu** anlamına gelir.

4.4.4.1. ATO Sisteminin Yapısı

Gelişen ve değişen teknolojiyle otonom sistemler, demiryollarında etkin hâle gelmiştir. Böylece Otomatik Tren Operasyonu (ATO), makinistin görevlerini otomatik olarak yerine getirmek üzere raylı sistemlerde kullanılmaya başlanmıştır. Sistem, sürüş ve hassas durmayı sağlayan otomatik tren işletimi donanımlarını bünyesinde bulundurur. Otomatik Tren Operasyonu (ATO) sisteminin temel fonksiyonlarından bazıları şunlardır:

- Otonom tren kontrolü
- Hız denetimi
- Kapı kontrolü
- Konforlu kalkış ve duruş
- İstasyon durma noktalarına giriş kontrolü

Otomatik tren operasyon sistemi genel yapı olarak yol boyu ve araç üstü donanımdan oluşmaktadır.



ARAŞTIRMA

Kent içi raylı sistemlerde akıllı ulaşım kavramını araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Yol Boyu Otomatik Tren Operasyonu Sistemi

Raylı sistem hattı boyunca yol üzerinde bulunur. Sistemin aktif ve düzgün çalışmasıyla tüm trenlerin kalkış, varış, bekleme vb. sürelerinin en doğru şekilde elde edilmesi, trenlerin hedef istasyonları ve istasyon meşguliyet durumlarının kontrol edilmesi amacıyla kullanılır. Bu görevler ile birlikte trenin bilgilerini hat boyu ATP'ye ileterek trenlerin emniyetli sevk ve idaresinde aktif rol üstlenmektedir.

Araç Üstü Otomatik Tren Operasyonu Sistemi

Makinistin görevlerini daha konforlu ve emniyetli şekilde yerine getirmesini kolaylaştırır. Araç üstü otomatik tren operasyonu sistemi, yol boyu otomatik tren operasyonu sisteminin kontrol ve denetimi altında çalışır. ATP sisteminden alınan veriler doğrultusunda itiş ve fren sistemlerinin otomatik kontrolünü gerçekleştirir.

Araç üstü otomatik tren yönetim sisteminin çalışma sırasında yerine getirdiği işlevler şunlardır:

- Seyir hâlinde hız ayarlama
- Seyri biten trenin uygun konuma park edilmesi
- Trenlerin tekrar sefere dâhil edilmesi
- Trenin otomatik kontrolü
- İtiş gücü ve fren gücü kontrolü
- Tren yolcu kapısının durumunun kontrolü
- Hat boyu ATO ile çift taraflı haberleşme vb. görevler

4.4.4.2. ATO Sisteminin Çalışması

Otomatik tren operasyonu sistemi, raylı sistem araçlarının makinist tarafından veya tamamen otomatik olarak yönetilmesine yönelik tasarlanmıştır. Bu sistem aracılığı ile tamamen otomatik olarak hareket eden tren, seyrini tamamen otomatik olarak ve üst düzey konforla gerçekleştirir.



BİLGİ KUTUSU

ATO sistemi, yalnızca ATP sistemi etkinken ve otomatik işletimi denetliyorken işletilebilir. Bu nedenle ATP sistemi ATO sisteminin aktif edilmesini ve kapatılmasını gerçekleştirir.

Rota boyunca seyir hâlinde olan trenin hareketi, durdurulması, hız ayarlaması ATO sistemi ile otomatik olarak kontrol edilir. Yolcu konforu sınırları içinde hızlanma, ivmelenme, yavaşlama, durma ve sarsılma oranları hesaplanır. Trenin hızı, ATP tarafından belirlenen hız sınırlarını geçmez. Ayrıca ATO sistemi, yolcu binışı ve inişi sırasında tren kapılarını ve varsa platform kenar kapılarını otomatik olarak kontrol eder. Kapıları açık olan trende istasyonda kalma süreleri ATS tarafından belirlenmiş olup ATO tarafından kontrol edilir. Bu sistem sensörler ve kesintisiz veri iletişimi aracılığı ile konforlu istasyon platform yaklaşması, frenleme, hızlanma vb. birçok görevi de yerine getirir.

Raylı sistem otonom sistemleri, hareket otoritesinin belirleyeceği kurallar ile çalışmaktadır ve raylı sistem araçları ile yol kenarı donanımları arasında kesintisiz kablosuz iletişim vardır. Otomatik trenler çalışırken öncelikle trenler için yol kenarı bilgisayarlar tarafından hareket yetkileri hesaplanır. Tam otomatik olarak çalışacak trenler hat kontrolü ve onayı sonrası ATC sistemi tarafından çalıştırılır. Yol kenarında bulunan donanımlar ve tren içi donanımlar arasında bilgisayar ve haberleşme temelli çift taraflı veri alışverişi vardır. ATO sistemi, tren seyri sırasında makinistin hata yapmasını önleyerek otomatik hız kontrollerini gerçekleştirir. ATO sistemi yolcu konforu dâhilinde istasyona yaklaşma, kapı kontrolü vb. diğer kontrolleri de yerine getirir. ATO, istasyona yaklaşan trenin nerede duracağını belirler. Tüm süreçlerde ATO bilgisayarı, ATP sistemi tarafından izlenir ve ihtiyaç hâlinde müdahale edilir.



SIRA SİZDE

Tren koruma ve kontrol sistemlerinin kullanılması, raylı sistem taşımacılığındaki kapasite artışını sizce nasıl etkiler? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.4.5. CBTC (İletişim Tabanlı Kontrol Sistemi)

Raylı sistem araçları arasında haberleşme temelli çift yönlü telsiz iletişiminin sağlandığı, blokların mantıksal olarak bölündüğü, araçların daha sık aralıklarla işletilmesine olanak sağlayan raylı sistem sinyalizasyon ve tren kontrol sistemine **CBTC** [Communication Based Train Control-Komunikeşın Beys Treyın Kntrol (**İletişim Tabanlı Kontrol Sistemi**)] denir.

CBTC; trenlerin konum ve hareketlerini gerçek zamanlı, kesintisiz olarak izleyen, kontrol eden, yöneten, sürekli haberleşmeye (airlink) dayanan, iletişim tabanlı bir yapıdır. Bu sistem sayesinde bir trenin mevcut konumu geleneksel sinyal sistemlerine göre daha doğru olarak tespit edilmektedir.



ARAŞTIRMA

Türkiye’de kent içi millî sinyalizasyon sisteminin geliştirilmesine yönelik çalışmaları araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

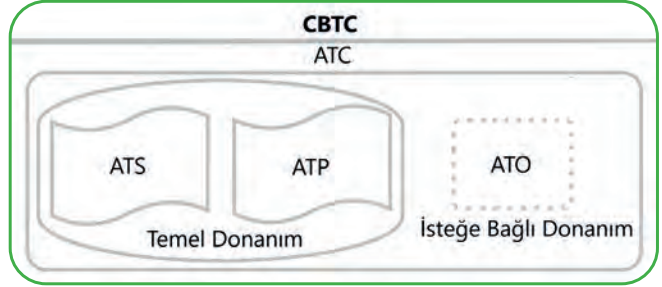
4.4.5.1. CBTC Sisteminin Yapısı

İletişim tabanlı kontrol sistemi anlaşılan sistemleri, telsiz donanımları ve ATC sisteminden oluşmaktadır. CBTC sisteminin temelini Otomatik Tren Kontrolü (ATC) oluşturur. CBTC, yapı olarak farklı fonksiyonları destekler yapıdadır. Bu nedenle isteğe bağlı donanımlar ile özelleştirilebilir.

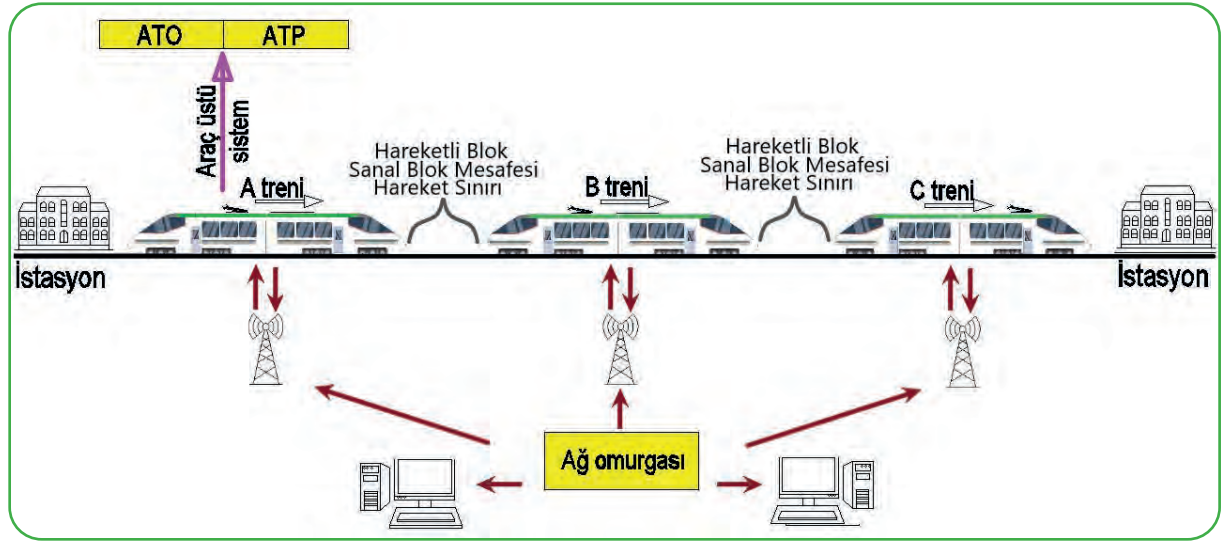
CBTC tarafından desteklenen ATC, ATS, ATP, ATO gibi fonksiyonlar arasında kurulması gerekli olan iletişim yapısı CBTC iletişim arayüzü tarafından sağlanır. Tüm bu fonksiyonlar arasında çift yönlü veri iletişimi, hızlı veri transferi ve yüksek emniyetli çalışma gerçekleşir.

4.4.5.2. CBTC Sisteminin Çalışması

CBTC sistemi, radyo (telsiz) sistemini ve sanal blok teknolojisini içinde barındırır. Bu sistemde raylarda bulunan gelişmiş sensörler aracılığıyla trenler ve kontrol merkezi arasında eş zamanlı iletişim kurulur. Böylece yüksek hassasiyetli konum çözünürlüğü elde edilir. Önden giden aracın tekerlerinin hareketi neticesinde hareketli blok (moving blok) sinyalizasyon sistemi oluşur. CBTC donanımları kullanılarak trenlerin konumu, fren eğrileri ve sistemin çalışırılığı için gerekli olan veriler işlenir ve araçların birbirlerini daha kısa ve güvenli aralıklar ile takibi sağlanır (Şekil 4.11). CBTC blok mimarisi ile araçlar arasındaki güvenli mesafe dinamik olarak ayarlanmakta, araçlar ile kontrol merkezi arasında kapalı çevrim çift taraflı iletişim kurulmakta ve ray üzerinde daha fazla aracın güvenli seyri sağlanmaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.11: CBTC sistemi



Şekil 4.12: CBTC sistemi kapalı devre iletişimi



ARAŞTIRMA

CBTC sistemlerinde kullanılan kablosuz haberleşme altyapısının kapasitesi ve güvenilirliğinin tren operasyonlarına etkisini ve bu sistemlerde meydana gelebilecek haberleşme kesintilerine karşı alınması gereken önlemleri araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



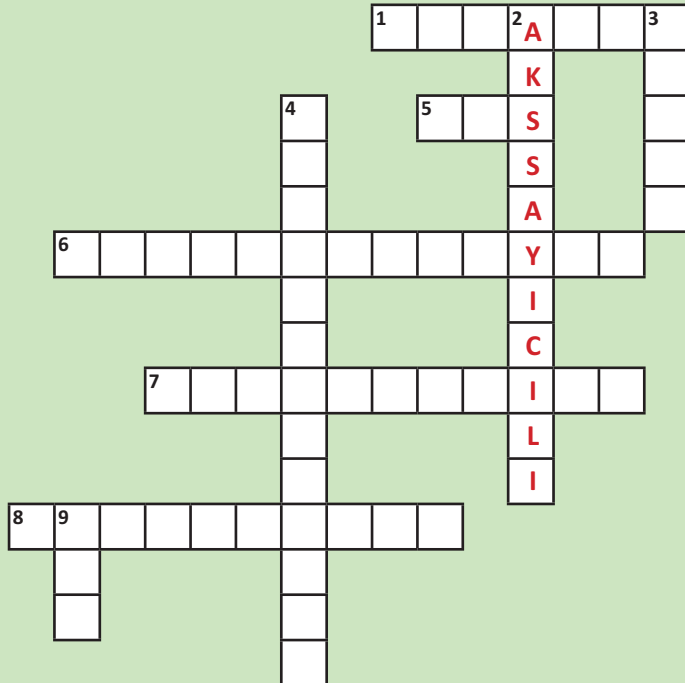
Aşağıdaki ifadelerin karşılığı olan kelimeleri uygun kutucuklara yerleştiriniz.

Soldan Sağa

- İstasyon bölgelerindeki makasların, istasyon giriş ve çıkışlarına konulan semaforların istasyon binaları içerisinde bulunan kumanda masaları ve transmisyon telleri ile kontrol edildiği sinyal sistemi
- Tren trafiğinin emniyetini sağlamak amacı ile tren hızını kontrol eden ve gerektiğinde treni otomatik olarak durduran sistem
- Raylı sistem, kara yolu ve liman işletmelerinde emniyetli araç seyrine olanak sağlayan, trafiği düzenleyen ışıklı sistem
- Sinyal sistemi devrelerinden veri olarak sinyal sistemini kontrol eden ve gerektiğinde emniyet için ters kilitleme yapan kontrol dizisi
- Belirli bir hat kesiminde, bir uçtan raylara verilen elektrik enerjisinin diğer uçtan alınması ile oluşan kapalı elektrik devresi

Yukarıdan Aşağıya

- Ray bölümlerine giren ve çıkan akşların sayılması ile bölgede trenin olup olmadığı bilgisini veren ray devresi
- Kapasitif ayırıcılar ile birbirinden elektriksel olarak ayrılan ray bloklarına uygulanan ses frekansının kontrol edilmesi ile blok içerisinde tren olup olmadığını ortaya koyan ray devresi
- Birbirinden elektriksel olarak ayrılan ray bloklarına uygulanan gerilimin kontrol edilmesi ile blok içerisinde tren olup olmadığını ortaya koyan ray devresi
- Hız verileri doğrultusunda hız ve fren fonksiyonlarının ayarlanması, trenin istasyon içerisinde doğru şekilde durması, kapıların uygun şekilde açılıp kapanması gibi fonksiyonları yerine getiren otonom tren yönetim sistemi



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerde (.....) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin doğrussunu alttaki boş yerlere yazınız.

1. (...) Kent içi raylı sistemlerde kullanılan sinyal lambaları tren trafiğinin güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılır.
.....
2. (...) Raylı sistem ulaşımının insan hayatına girmesi ile ilk kullanılan sinyal sistemi, elektrik ve elektronik temellidir.
.....
3. (...) Raylı sistemlerde ray devresi tren mili tarafından rayların kısa devre edilmesi sonucunda tren varlığını ortaya koyar.
.....
4. (...) Hareketli blok ray devresinin kullanıldığı sistemlerde trenlerin aralıklı olarak izlenmesi durumu raylı sistemin hat çözünürlüğünü düşürür.
.....
5. (...) İnterlocking, raylı sistemlerde sinyalizasyon sisteminin ray devresi onarım birimi olarak bilinir.
.....
6. (...) Hata olasılığını en aza indirmek için anlaşılan sisteminden alınan veriler, en az iki bilgisayar tarafından işlenir.
.....
7. (...) ATS sistemi, çeken araçlara konulan ATS kabin cihazı ile hat boyunca yer alan bobin devresinden meydana gelmektedir.
.....
8. (...) Trenlerin aralıklı olarak izlenmesi hat çözünürlüğünü düşürür.
.....

B. Aşağıdaki cümlelerde bulunan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

9. Raylı sistem, kara yolu ve liman işletmelerinde emniyetli araç seyrine olanak sağlayan, trafiği düzenleyen ışıklı sisteme denir.
10. Sinyal lambalarındaki renkli ışıklar, raylı sistem için güvenli bir seyahat sağlanması amacıyla gerekli olan talimatları verir.
11. Ray bölümlerine giren ve çıkan trenlerin aksların sayılması ile bölgede trenin olup olmadığı bilgisini veren ray devresine denir.
12. Belirli bir hat kesiminde bir uçtan raylara verilen elektrik enerjisinin diğer uçtan alınması ile oluşan kapalı elektrik devresine denir.
13. Üzerinden akım geçmesi ile elektrikli şekilde çalışarak açık veya kapalı konuma getirilen elektromanyetik anahtarlama elemanına denir.
14. Raylı sistemlerde sinyalizasyon sisteminin kontrol birimi olarak bilinen sisteminin diğer adı anlaşılandır.
15. Otomatik tren koruma sistemi (ATP) genel yapı olarak yol boyu ve donanımlardan meydana gelir.
16. Önceki ve sonraki trenlerin konumları referans alınarak tren seyir hızının otomatik olarak ayarlandığı sisteme denir.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevabı işaretleyiniz.

17.

- I. Emniyetli tren seyrini sağlamak
- II. Trafiği seri ve akıcı hâle getirmek
- III. Sefer sıklığını artırmak
- IV. İnsan hatalarını ortadan kaldırmak

Raylı sistemlerde sinyalizasyon sisteminin amaçları arasında yukarıda verilenden hangileri bulunmaktadır?

- A) I ve II
- B) I, II, III
- C) I, III, IV
- D) II, III, IV
- E) I, II, III, IV

18. Elektrikli sinyal sistemlerinde bölgeler arasında, trenlerin varlığı hangi devreler ile algılanır?

- A) Algılama
- B) Geçit
- C) Lamba
- D) Makas
- E) Ray

19. Sinyalizasyon sistemi içerisinde tüm ekipmanın kilitlemesi, birbiriyle ortak hareket etmesi süreçlerini işleten yapı aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Sinyalizasyon sistemi
- B) SCADA sistemi
- C) Cer gücü trafosu
- D) İnterlocking sistemi
- E) Ray devresi

20. Aşağıda verilenlerden hangisi güvenli tren trafiğinin sağlanması için geliştirilen otomatik tren koruma ve kontrol sistemlerinden değildir?

- A) Tren durdurma
- B) Tren koruma
- C) Tren yavaşlatma
- D) Tren kontrol
- E) Tren operasyonu

21.

- I. Mekanik sinyal sistemleri, kullanım kolaylığı sağladığı için kullanım alanı çok geniştir.
- II. Elektrikli sinyal sistemleri içerisinde trenlerin yerlerini algılamak amacıyla kullanılan sistemler yer alır.
- III. Elektrik-elektronik temelli sinyal sistemleri trenlerin uzaktan kontrol ve izlenmesine olanak sunar.
- IV. Mekanik sinyal sistemi kumanda sistemi arasında semafor ve semafor ihbar donanımı bulunur.

Sinyalizasyon sistemleri ile ilgili yukarıda verilenlerden hangileri doğrudur?

- A) I ve II
- B) I, II, III
- C) I, III, IV
- D) II, III, IV
- E) I, II, III, IV

22. İnterlocking sisteminin özellikleri arasında aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?

- A) Evrak kontrolü
- B) Güzergâh kontrolü
- C) Hız kontrolü
- D) Sinyal kontrolü
- E) Sistem güvenliği

23.

- I. Kodlu
- II. İzole cebireli
- III. Hareketli blok
- IV. Ray sayıcı

Ray devreleri arasında yukarıda verilenlerden hangileri bulunmaktadır?

- A) I ve II
- B) I, II, III
- C) I, III, IV
- D) II, III, IV
- E) I, II, III, IV

24. Otomatik tren durdurma (ATS) sistemi ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?

- A) Hat boyunca yer alan sinyallerin izinsiz geçilmesi durumunda devreye girer.
- B) Hat boyunca seyrini sürdüren trenin hız ihlali yapması durumunda ATS devreye girer.
- C) ATS sistemi, trenin hızını azaltması veya durması için uyarı donanımları vasıtasıyla sinyal gönderir.
- D) Uygun olmayan tehlikeli durumlarda trenin otomatik olarak durdurulması için fren sistemini çalıştırır.
- E) Trenlerin seyri sırasında ihtiyaç duyulduğu hâllerde trenlerin otomatik olarak kullanılabilmesini sağlar.

25.

- I. Tren seyrinin otonom olarak yapılmasına olanak sağlar.
- II. Tren kapılarının en doğru şekilde kontrolünü sağlar.
- III. Tren cer motorları için gerekli olan enerjiyi sağlar.
- IV. İstasyon durma noktalarına konforlu yaklaşma sağlar.

ATO sistemi ile ilgili yukarıda verilen ifadelerden hangileri doğrudur?

- A) I ve II
- B) I, II, III
- C) I, II, IV
- D) II, III, IV
- E) I, II, III, IV



5. ÖĞRENME BİRİMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Kent içi raylı sistemlerde altyapı ve işletme maliyetini açıklama
- Kent içi raylı sistemlerde işletme yapısı ve organizasyon şemasını açıklama
- Kent içi raylı sistemlerde kumanda merkezinin yapısı, çalışması; iletişim, SCADA, trafik ve depo trafik operatörlerinin, süpervizörün ve makinistin görevlerini açıklama
- Kent içi raylı sistem istasyonlarında verilen hizmetleri ve sağladığı yararları; istasyonların yönetimini; yolcu bilgilendirme, anons ve saat sistemini; turnikeler, X-Ray cihazları, biletmatikler; aydınlatma, asansör ve yürüyen merdivenleri; ilk müdahale ekiplerini ve temizlik hizmetlerini açıklama

ANAHTAR KAVRAMLAR

- CCTV • dedektör • istasyon hizmetleri • işletme
- kumanda merkezi • maliyet • SCADA • süpervizör



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Kent içi raylı sistem işletmeciliğinde çevresel sürdürülebilirlik nasıl sağlanabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Raylı sistem istasyonlarında alınan güvenlik önlemlerini artırabilmek için neler yapılabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

KENT İÇİ RAYLI SİSTEM İŞLETMECİLİĞİ

KONULAR

- 5.1. MALİYET HESAPLARI
- 5.2. İŞLETME YAPISI
- 5.3. TREN İŞLETMECİLİĞİ
- 5.4. İSTASYON HİZMETLERİ

GİRİŞ

Son dönemlerde ekonomik, teknolojik, siyasal veya sosyolojik nedenlerden dolayı toplumların kentlerde yaşamayı tercih ettikleri bilinmektedir. Bu hızlı kentleşme ile oluşan yoğun nüfus artışı ulaşımı önemli sorunlardan biri hâline getirmiştir. Özellikle büyük kentlerde oluşan ulaşım sorununu çözmek için toplu taşımacılığın geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Ülkemiz genelinde yetersiz olmasına rağmen son yıllarda toplu taşıma aracı olan raylı sistemlerin sayısı giderek artmaktadır. Raylı sistemlere verilen bu önem, ülkenin altyapısının modernleştirilmesi ve sürdürülebilir şehirler oluşturulması yolunda atılan önemli adımlardan biridir.

Raylı sistem yatırımları yüksek maliyetlidir. Bu tür büyük altyapı projelerinde öncelikler doğru belirlenmeli, verimlilik maksimum derecede gözetilmeli ve ekonomik kaynaklar en fazla yarar getirecek biçimde kullanılmalıdır.

5.1. MALİYET HESAPLARI

Raylı sistemlerin maliyeti; sistemin karmaşıklığı, yerel işçilik, malzeme maliyeti, çevresel ve toplumsal faktörler gibi birçok değişkene bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Bu tür projeler genellikle büyük sermaye yatırımları gerektirir. Ancak uzun vadede kent içi ulaşımın etkinliğini ve sürdürülebilirliğini artırarak ekonomik ve sosyal faydalar sağlar.

Belirtilen değişkenlere göre fizibilite etüdü (ön hazırlık çalışması) yapılarak en uygun yapım ve işletme maliyeti hesaplanır.



BİLGİ KUTUSU

Raylı sistem projelerinde öngörülen yolculuk hacmi, maliyet hesabı yapılırken dikkate alınacak önemli bir veridir.

5.1.1. Altyapı Maliyeti

Raylı sistemlerde maliyet değerleri bölgeden bölgeye farklılık gösterir. Yapım maliyeti, her kentin kendi koşullarına göre belirlenir. Bu maliyet, sistemin türüne (metro, tramvay, hafif raylı sistem vb.), güzergâh uzunluğuna, yerel, coğrafi ve çevresel koşullara, teknik gereksinimlere ve projenin büyüklüğüne göre değişir (Görsel 5.1).

Raylı sistemlerde altyapı maliyeti hesaplanırken şu faktörlere bakılır:

- Proje fizibilite çalışmaları (Tablo 5.1)



Görsel 5.1: Raylı sistemde altyapı çalışması

Tablo 5.1: Proje Fizibilite Çalışmaları

Değişken Cinsi	Değişken Özellikleri				
İstasyon Yolcu Kapasitesi (Kişi/Saat)	10000 ve altı	10000 - 15000	15000 ve üstü		
İşletim Sistemi	4'lü dizi	5'li dizi	6'lı dizi	8'li dizi	
Platform İnşaat Yöntemi	Viyadük	Hemzemin	Delme Tünel	Aç-Kapa Tünel	Top Down
İşletme Yapısı Yöntemi	Viyadük	Hemzemin	Delme Tünel	Aç-Kapa Tünel	Top Down

- Çevresel etkilerin değerlendirilmesi
- Mühendislik tasarımı
- Hatların ve istasyonların inşası için gerekli arazinin satın alınması
- Hatların döşenmesi, köprü ve tünel inşaatları, istasyonlar ve bakım tesislerinin yapımı
- Hatların elektrifikasyonu, sinyalizasyon sistemleri ve güvenlik donanımları
- Raylı sistem araçlarının satın alınması veya üretimi



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistem maliyetinin her kentte farklı çıkmasının nedenleri sizce nelerdir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.1.2. İşletme Maliyeti

Raylı sistemlerin işletme maliyeti sistemin büyüklüğüne göre değişiklik göstermektedir. Maliyet uygunluğunun diğer kanadını oluşturan işletme maliyeti; istasyon işletme maliyeti, hat işletme maliyeti ve sistem genel işletme maliyeti olarak incelenir.

Raylı Sistem İstasyonları Maliyeti: Raylı sistem istasyonlarının ve burada kullanılan ekipmanın bakım ve enerji maliyeti oldukça önemlidir. Optimizasyon kapsamında oluşturulan istasyonların her biri için işletme maliyeti hesaplanır.

İstasyonlardaki işletme maliyeti şunlardan oluşmaktadır:

- Enerji
- Personel
- Sabit tesislerin bakımı
- Ekipmanın bakımı



SIRA SİZDE

Raylı sistem hattının maliyetini düşürmek için sizce hangi stratejiler uygulanabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Raylı Sistem Hattı İşletme Maliyeti: Optimizasyon (en uygun duruma getirme) çalışmasında hat bakım maliyeti bu başlık altında hesaplanır.

Raylı sistem hattı maliyeti şunlardan oluşur:

- Enerji
- Personel
- Hat bakımı
- Araçların bakım maliyeti

Raylı Sistem Genel İşletme Maliyeti: Raylı sistemlerin genel işletme maliyeti ve yönetim giderleri bu başlık altında incelenmektedir.



ARAŞTIRMA

Bulunduğunuz bölgede kullanılan kent içi raylı sistemin geçtiği güzergâhın işlevselliğini araştırınız. Olumlu ve olumsuz yanlarını arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.1.3. Kent İçi Raylı Sistemler Maliyet Hesabı

Kent içi raylı sistemlerin maliyet hesabı, aşağıda belirtilen maliyet kalemlerinin toplamından oluşmaktadır.

Enerji Maliyeti: Kent içi raylı sistemlerin enerji maliyeti; toplu taşıma sisteminin türü, işletme sıklığı, sistemin teknolojik yapısı ve şehirdeki enerji tarifeleri gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Raylı sistemlerin enerji tüketimindeki en büyük oran, raylı sistem araçlarına aittir. Bunun yanında aydınlatma, istasyon gibi sabit tesis enerji tüketimleri de enerji maliyetinde önemli bir yere sahiptir.

$$\text{Enerji Maliyeti} = \text{Araç Yakıt Tüketimi} + \text{Sabit Tesis Enerji Tüketimi}$$



BİLGİ KUTUSU

Raylı sistem hattında harcanan enerjiyi etkileyen ana faktörler şunlardır:

- Hat geometrisi
- Araç karakteristiği
- Cer gücü sistemleri
- İşletme karakteristiği

Hat Bakım Maliyeti: Kent içi raylı sistemlerde hat bakım maliyeti tabloda gösterildiği gibi hesaplanır.

	İşin Cinsi	Tutar
1	Parke Çalışması	XXXXX
2	Yol Tamirâtı	XXXXX
3	Makas Bakımı	XXXXX
4	Kaynak İşlemleri	XXXXX
5	Mastik Dolgu	XXXXX
6	Buraj İşlemleri	XXXXX
7	Balast Bakımı	XXXXX
8	Kanal Temizliği	XXXXX
9	Yabani Ot İlaçlama	XXXXX
10	Ray Değiştirme	XXXXX
11	Diğer İşler	XXXXX

Sabit Tesis Maliyeti: Kent içi raylı sistemlerde sabit tesis maliyeti tabloda gösterildiği gibi hesaplanır.

	İşin Cinsi	Tutar
1	Yürüyen Merdivenler	XXXXX
2	Bantlar	XXXXX
3	Alt Yapı Sistemleri	XXXXX
4	Su Giderleri	XXXXX
5	Havalandırma	XXXXX

Araç Bakım Maliyeti: Kent içi raylı sistemlerde araç bakımları sistemlerin türüne göre farklı periyotlarda yapılmaktadır. Tabloda örnek olarak tramvay aracının periyodik bakımları ve maliyeti gösterilmiştir.

	İşin Cinsi	Tutar
1	B2 Bakımı (Her 20000 km'de yapılır.)	XXXXX
2	B4 Bakımı (Her 40000 km'de yapılır.)	XXXXX
3	B8 Bakımı (Her 80000 km'de yapılır.)	XXXXX
4	B16 Bakımı (Her 160000 km'de yapılır.)	XXXXX

Personel Maliyeti: Kent içi raylı sistemlerde personel giderleri, işletme maliyeti içinde en büyük kaleme sahiptir. Maaş, ikramiye, tazminat, sigorta ve prim gibi giderler personel maliyeti içinde yer almaktadır. Bu giderlerin toplamı personel maliyetini oluşturmaktadır.

Genel Giderler: Kent içi raylı sistemlerdeki genel giderler tabloda gösterildiği gibi hesaplanır.

	İşin Cinsi	Tutar
1	Vergi, Resim, Harç	XXXXX
2	Taşıma Giderleri	XXXXX
3	Seyahat Giderleri	XXXXX
4	Danışmanlık Ücreti	XXXXX
5	Posta-Telefon	XXXXX
6	Kırtasiye	XXXXX
7	Personel İş Elbisesi	XXXXX
8	Yemek Giderleri	XXXXX
9	Bilgi İşlem	XXXXX
10	Tanıtım Giderleri	XXXXX
11	Isıtma	XXXXX
12	Yakıt Giderleri	XXXXX
13	Kira Giderleri	XXXXX
14	Amortisman Giderleri	XXXXX

Toplam Maliyet Hesabı: Kent içi raylı sistemlerin toplam maliyet hesabı tabloda gösterildiği gibi hesaplanır.

	İşin Cinsi	Tutar
1	Enerji	XXXXX
2	Hat Bakım	XXXXX
3	Sabit Tesis	XXXXX
4	Araç Bakım	XXXXX
5	Personel	XXXXX
6	Genel	XXXXX
7	Toplam	XXXXX



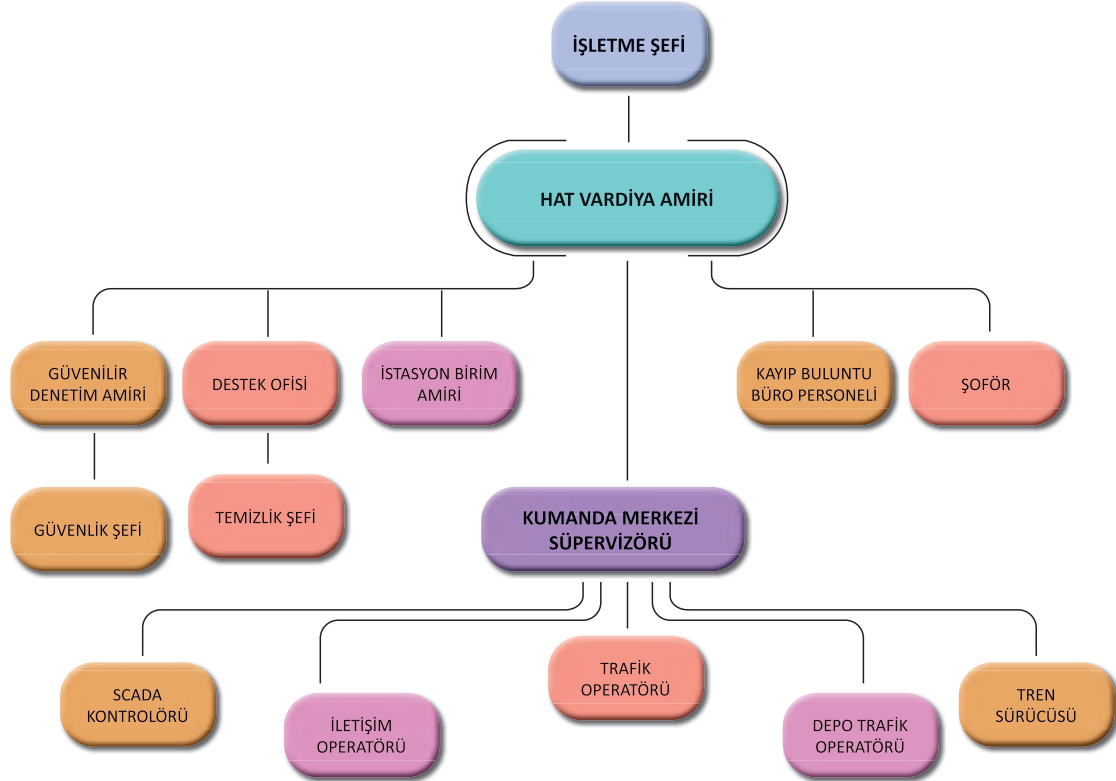
ARAŞTIRMA

Çevrenizdeki istasyon veya garlardan birini iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine dikkat ederek ziyaret ediniz. İşletme maliyet hesabı için gerekli olan verileri alınız. İşletmenin toplam maliyet hesabını aşağıdaki boşluğa yapınız. Sonuçları sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.2. İŞLETME YAPISI

Kent içi raylı sistemlerde işletme yönetimi etkili bir ekip çalışması gerektirir. İşletmenin başarılı bir şekilde işletilmesi ve yönetilmesi; farklı birimler, bölümler ve uzmanlık alanları arasında koordinasyon ve iş birliği gerektirir. Kent içi raylı sistem işletme yapısı, ekip çalışmasının nasıl organize edildiği ve yönetildiği hakkında bilgi verir.

Kent içi raylı sistem işletme yapısı Şema 5.1’de verilmiştir.



Şema 5.1: Raylı sistem işletme yapısı

5.2.1. Hat Vardiya Amiri

Hat vardiya amiri; kent içi raylı sistem işletimiyle ilgili tanımlanmış işlem ve talimatlar doğrultusunda işletimin emniyetli, verimli, öngörülen zaman ve koşullarda gerçekleşmesine yönelik kontrol ve denetimleri yaparak meydana gelen sorunların giderilmesini sağlar.

Hat vardiya amirinin görev ve sorumlulukları şunlardır:

- Normal mesai saatleri dışında şef vekilidir. Vardiyasında meydana gelecek acil plan ve programları yapmaktan sorumludur.
- İşletme kontrol merkezinde bulunan tüm çalışma konsollarındaki SCADA, sinyalizasyon ve haberleşme cihaz ve ekipmanının çalışır durumda olduklarını kontrol eder. Çalışmadıkları durumlarda gerekli birimlere bilgi verir ve arızanın giderilmesini sağlar.
- Sinyalizasyon ve SCADA sistemindeki arıza ve değişiklikleri güncel olarak takip eder.
- Yolcu yoğunluğunu ve hareketlerini sürekli takip ederek tarife planı uygunluğunu denetler.
- Kontrolörlerin çalışmalarını denetler ve her gün göreve hazır olup olmadıklarını kontrol eder.
- Sistemlerde meydana gelebilecek her türlü arıza, olay vb. durumlarda işletimin devamını sağlamak için gerekli **alternatif işletim** şekline karar verir.
- Kontrolörlerin kayıt defterini günlük olarak inceler ve görülen problemlerde gerekli çözümler için ilgili bölümlerle koordinasyon sağlar.
- Gerekli durumlarda metro/tramvay ve istasyon tahliyelerine karar verir.

- Acil müdahale birimleri (polis, ambulans, itfaiye, kurtarma ekipleri vb.) ve bakım bölümleri ile koordinasyonu sağlar.
- Olay/kaza durumlarında olay müdürü sahaya ulaşana kadar en yakın kalifiye personeli alan koordinatörü olarak görevlendirerek ilgili bakım bölümlerini yönlendirir.
- Raylı sistem araçlarının günün şartlarına göre planlanan temizlik işlemlerinin koordinasyonunu sağlar.
- Günlük olarak işleme hazır araç, bakımdaki araç, arızalı araç ve yedek araçlar konusunda bilgi olarak yeterli sayıda aracın hatta çıkmasını ve yedek araç bulundurulmasını sağlar.
- Vardiyasında meydana gelen olaylar hakkında gerekli raporları hazırlayarak yöneticisine bilgi verir.
- İşletimde meydana gelen aksamalar durumunda anons sistemi vasıtasıyla yolcuları ve istasyon personeli bilgilendirir.
- Yolcu konforunu ve memnuniyetini en üst seviyede tutmak için eldeki tüm imkân ve kabiliyetleri en verimli şekilde kullanır.
- İşletimin emniyetli ve zamanında devamlılığını sağlamak için tüm faaliyetlerin en etkin şekilde gerçekleşmesi amacıyla ilgili tüm birimlerle koordineli çalışır.



ARAŞTIRMA

Kent içi raylı sistem organizasyon yapısındaki birimleri araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.3. TREN İŞLETMECİLİĞİ

Raylı sistem işletmeciliği, kent içi raylı sistemlerin etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesini sağlar. Şehirlerin sürdürülebilir ve verimli ulaşım sistemleri oluşturmada önemli bir role sahiptir. Hem yolcu memnuniyetini sağlamak hem de verimliliği artırmak için bu unsurların etkin bir şekilde yönetilmesi gereklidir.

Kent içi raylı sistem işletiminde kumanda merkezleri kritik rol oynar. Bu merkezler, ileri düzey teknoloji kullanılarak trenlerin hareketlerini, sefer sıklıklarını ve yolcu bilgilerini gerçek zamanlı olarak izler ve yönetir.



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistem işletmeciliğinde verimliliği arttırmak için sizce neler yapılabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.3.1. Kumanda Merkezi

Kent içi raylı sistem kumanda merkezi (Görsel 5.2), şehir içi raylı sistem ulaşımının merkezî kontrol noktasıdır. Sistemin beyni olarak kabul edilir ve operasyonların sorunsuz, güvenli ve verimli bir şekilde yürütülmesini sağlar.

Kumanda merkezinin işlevleri şunlardır:

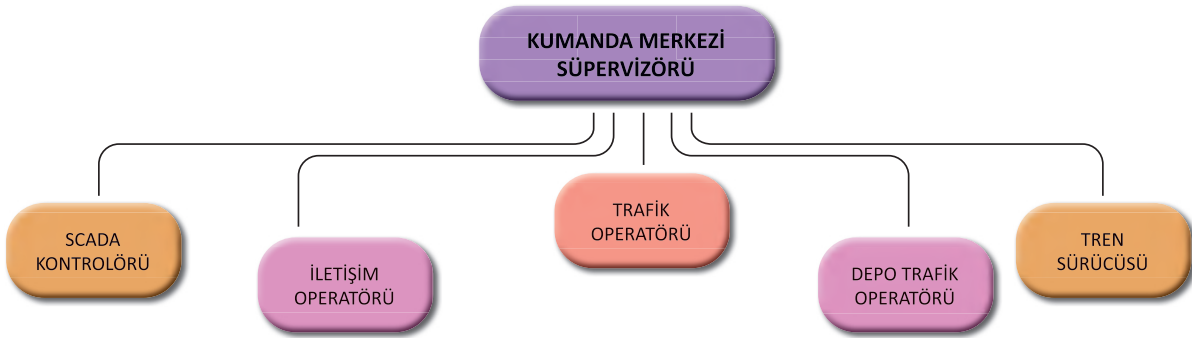
- Sinyalizasyon sistemi ile raylı sistem araçlarının hareketini, hızını, konumunu ve yönünü kontrol eder.
- Raylı sistem araçlarının seferlerini izler ve yönetir.
- Raylı sistemlerin enerji ihtiyaçlarını kontrol eder ve yönetir.
- CCTV kameralar ve diğer güvenlik ekipmanı ile istasyonlar, raylı sistem araçları ve raylar sürekli olarak izlenir. Acil durumlar veya güvenlik tehditlerinin anında tespiti ile müdahale edilir.



Görsel 5.2: Raylı sistemlerde kumanda merkezi

- Yolculara kalkış-varış saatleri, gecikme bilgileri ve acil durum duyuruları bu sistemler üzerinden yapılır.

Kumanda merkezinin işletme yapısı Şema 5.2’de belirtilmiştir.



Şema 5.2: Kumanda merkezi işletme yapısı



ARAŞTIRMA

Dijitalleşme ve otomasyon sistemlerinin kumanda merkezlerinin işleyişine ne gibi etkileri olduğunu araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.3.2. Süpervizör

Belirli bir birim, bölüm veya ekibin operasyonlarını denetlemekten sorumlu olan kişilere **süpervizör** denir (Görsel 5.3). Sistemin etkin ve verimli bir şekilde işleminde önemli rol oynarlar.

Kent içi raylı sistemler süpervizörün görevleri şunlardır:

- İşletmedeki servis, enerji, yolcu, ekipman ve yol durumundan sorumludur.
- Kumanda merkezindeki trafik, SCADA, iletişim oturumlarını denetler ve oturumlardaki operatörleri yedekler.
- Sefer tarifi hazırlama talimatına göre hazırlanan **Timetable** tarifesine göre servis işletmesini denetler.
- Tren sürücülerinin aylık çalışma çizelgesini hazırlar.
- Günlük işletme raporlarını hazırlar.
- Oturumlarda doldurulması gereken form, evrak ve çizelgelerin doldurulduğunu kontrol eder.
- Günlük gelişmeleri seyir raporuna (Logbook) kaydeder.
- Olay, maç vb. durumlara özel sefer düzenlemesi yapar, işletmeyi takip eder.
- Sefer esnasında yolcu hareketlerini etkileyen herhangi bir arıza, kaza veya olayla ilgili üst yönetime bilgilendirme yapar.
- Hat üzerinde seferler esnasında olağan dışı yolcu yoğunluğunda ek sefer yapılmasını sağlar.
- İletişim kontrolörünün normal işletme esnasında PA, CCTV ve YBS kontrolünü denetler.
- Daha önce belirlenen önemli olayların CCTV’den kayıt altına alınmasını takip eder.
- Kumanda merkezi personeliyle tren sürücülerinin sağlık raporu ve izin almaları durumunda gerekli personel ayarlamasını yapar.

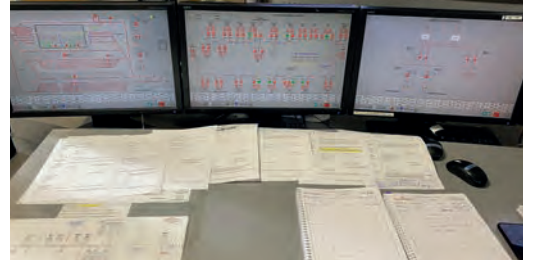


Görsel 5.3: Süpervizör

5.3.3. SCADA Operatörü

Raylı sistemlerin izlenmesi ve kontrol edilmesinden sorumludur. SCADA sistemi (Görsel 5.4), çeşitli raylı sistem altyapı bileşenlerinin ve operasyonlarının güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için tasarlanmıştır.

Raylı sistemler SCADA operatörü, modern raylı sistem operasyonlarının omurgasını oluşturur. Bu görev, hem teknik uzmanlık hem de operasyonel bilgi gerektirir.



Görsel 5.4: SCADA sistemi

Kent içi raylı sistem SCADA operatörünün görevleri şunlardır:

- Enerji sistemini yönetir.
- İstasyon ve tesislerdeki tüm sistemlerin yönetimini takip eder.
- SCADA sistemleri aracılığıyla elde edilen verileri toplar, analiz eder ve raporlar.
- Bakım ve arıza müdahalelerinde enerjili ve enerjisiz bölgeleri takip eder, raporlar ve hızlı bir şekilde çözüme ulaştırır.
- Teknik ekiple birim ve bölümler arasında etkili iletişim kurarak sorunların çözülmesini sağlar.
- SCADA yazılım ve donanımının düzenli bakımını ve güncellemesini gerçekleştirir.
- SCADA sistemlerini kullanacak personele eğitim ve teknik destek sağlar.
- Acil durumlarda sistemi yönetir.

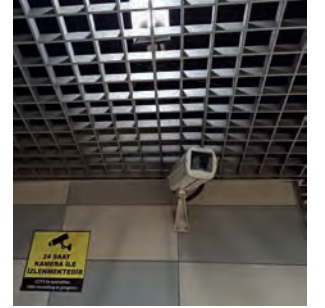
5.3.4. İletişim Operatörü

Raylı sistem araçlarının güvenli ve verimli bir şekilde hareket etmesini sağlamak için iletişim sistemlerinin kontrolünü, denetimini, oluşan arızaların giderilmesini sağlar. Bu operatörler; trenlerin hareketini izlemek, yönlendirmek ve kontrol etmek için bir dizi iletişim ve kontrol sistemi kullanırlar.

Raylı sistem iletişim operatörleri, işlerini etkili bir şekilde yapabilmek için ileri düzeyde teknik bilgi ve yeteneklere sahip olmalıdır.

Kent içi raylı sistem iletişim operatörünün görevleri şunlardır:

- CCTV (Görsel 5.5), anons, telsiz, telefon, YBS sistemini kontrol eder.
- Günlük bildirilmesi gereken arızaları kaydeder, raporlar.



Görsel 5.5: CCTV

5.3.5. Trafik Operatörü

Tesis edilmiş kurallar içerisinde raylı sistem araçlarının hareketlerini gözlemlemek, yönlendirmek, denetlemek ve acil durumları yönetmekten sorumlu olan kumanda merkezi personeldir.

Trafik operatörünün görevleri şunlardır:

- Raylı sistem araçlarının hareketlerini sürekli olarak izler, herhangi bir aksama durumunda müdahale eder.
- Sinyal ve anahtar sistemlerini kontrol ederek araçların güvenli bir şekilde yönlendirilmesini sağlar.
- Kazalar, arızalar veya diğer acil durumlarda hızlı ve etkili bir şekilde müdahale eder. Gerekliğinde tren trafiğini durdurur.
- Raylı sistem araç sürücüleri, bakım ekipleri ve diğer ilgili personel ile sürekli iletişim hâlinde olur, bilgi akışını sağlar ve koordinasyonu yönetir.
- Raylı sistem araçlarının sefer değişiklikleri, gecikmeler veya diğer önemli konular hakkında yolcuların bilgilendirilmesini sağlar.

5.3.6. Depo Trafik Operatörü

Raylı sistem işletimiyle ilgili tanımlanmış işlem ve talimatlar doğrultusunda hat ve depolardaki tüm tren işletiminin güvenli, verimli, öngörülen zaman ve koşullarda gerçekleşmesine yönelik kontrolleri yapan personeldir.

Kent içi raylı sistem depo trafik operatörünün görevleri şunlardır:

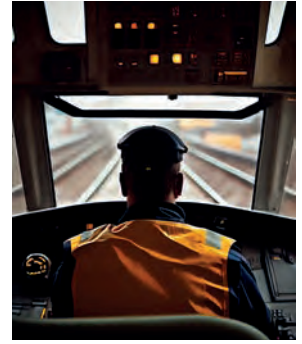
- Depo hatlarında raylı sistem araçlarının sinyalizasyon ve ATP koruması altında çalışmalarını takip ve kontrol eder.
- Depo çalışma konsollarında bulunan tüm sinyalizasyonun, haberleşme cihaz ve ekipmanının çalışır durumda olduklarının kontrolünü sağlar.
- Depo sahasını CCTV vasıtasıyla kontrol eder.
- Tarife planına uygun olarak tren dizilerinin hazırlanarak işletme hatlarına çıkmasını sağlar.
- Raylı sistem araçlarının iç ve dış temizliklerinin yaptırılması ve bakıma alınacak araçların uygun hatlara alınması işlemlerini koordine eder.
- Bakımı ve diğer işlemleri tamamlanmış raylı sistem araçlarının işleme verilmek üzere yedek araç olarak hazırlanmasını sağlar.
- Depo alanında güvenlik prosedürlerinin uygulanmasını sağlar. Bu alanda meydana gelebilecek acil durumlar için gerekli önlemleri alır.
- Raylı sistem araçlarının hareket, bakım çalışması ve diğer faaliyetleriyle ilgili kayıtları tutar ve rapor hazırlar.

5.3.7. Tren Sürücüsü

Raylı sistem işletimiyle ilgili tanımlanmış işlem ve talimatlar doğrultusunda, tarife ve çalışma planlarına uygun olarak raylı sistem işletme ve depo hatlarında raylı sistem araçlarını kullanan personeldir. Sürücüler (Görsel 5.6), genellikle yoğun bir eğitim sürecinden geçer ve sürekli olarak mesleki bilgi ve becerilerini geliştirirler.

Tren sürücüsünün görev ve sorumlulukları şunlardır:

- Kural ve işlemler doğrultusunda yolcu, yük, araç ve sistem emniyetini sağlayacak şekilde raylı sistem aracını kullanır.
- Raylı sistem aracının sefer öncesi ve sefer esnasında teknik kontrollerini yapar.
- Meydana gelebilecek gecikme, arıza, olay ya da kaza durumlarında İKM'ye bilgi verir, işlem ve talimatlara göre hareket eder.
- Vardiyasında meydana gelen olaylar, kazalar veya istenen konular hakkında gerekli evrakları ve raporları hazırlar; yöneticisine bilgi verir.
- Kontrol merkezi ile düzenli ve etkili iletişimde bulunur.
- Gerekli durumlarda makasçı ve bayrakçı görevlerini yerine getirir.
- İş için gerekli olan araç gereç, ekipman, makine ve malzemeyi düzgün, doğru ve talimatlara uygun olarak kullanır.
- Teknik bilgi ve becerilerini sürekli günceller.
- İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyar.



Görsel 5.6: Tren sürücüsü



SIRA SİZDE

Aşağıdaki ifadelerde boş bırakılan yerleri doğru ifadeler ile doldurunuz.

1. Kent içi raylı sistemlerde araç trafiğinin merkezi kontrol birimine denir.
2. Kent içi raylı sistemlerde görev alan ekiplerin denetlenmesinden sorumlu olan kişiye denir.
3. Kent içi raylı sistemlerde kullanılan haberleşme sistemlerini kontrol eden kişiye denir.
4. Raylı sistem depolarındaki tüm önlemlerin alınmasından sorumlu kişiye denir.

5.4. İSTASYON HİZMETLERİ

Kent içi raylı sistem istasyonlarında verilen hizmetler; yolcuların konforunu, güvenliğini, seyahat deneyimini iyileştirmeyi ve emniyetli bir şekilde sistemin kullanımını sağlamayı amaçlar. Raylı sistem istasyonlarında sunulan başlıca hizmetler; yolcu bilgilendirme, istasyon aydınlatma, asansörler, yürüyen merdivenler, güvenlik hizmetleri, istasyonlarda ilk müdahale ekipleri ve temizlik hizmetleridir.



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistem istasyonlarında yolcuların konforunu artırmak için neler yapılabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.4.1. Yolcu Bilgilendirme

İstasyonlarda yolcu bilgilendirmeleri; yolcu bilgilendirme ekranları, duyurular ve anons sistemi (Görsel 5.7) yardımıyla yapılmaktadır. İstasyonlarda çalışan tüm personel; yolcuları yönlendirme konusunda istasyon güzergahları, işletimi etkileyen arıza ve olaylar, tren seferlerindeki gecikmeler, istasyona yakın hastane, okul ve diğer resmî kuruluşlar, diğer bağlantılı raylı sistem, otobüs ve hizmet veren toplu taşıma araçlarına nasıl gidildiğiyle ilgili gerekli bilgilere sahip olmalıdır. İstasyonlarda çalışan tüm personellere altı ayda bir tazeleme eğitimi verilerek genel bilgilendirmeler yapılır.



Görsel 5.7: Anons sistemi

Her istasyonda trenin geliş saatini gösteren yolcu bilgilendirme ekranları bulunmaktadır. Anonslar, İşletme Kontrol Merkezi tarafından ve her istasyonda bulunan anons sisteminden ihtiyaç hâlinde yapılmaktadır.

“İnen yolculara öncelik tanıyınız!” ya da “Sarı çizgiyi geçmeyiniz!” gibi rutin yolcu duyuruları, daha önceden kaydedilmiş olan anonslarla otomatik olarak yapılır.

İşletme Kontrol Merkezi, tren seferlerindeki aksama ile ilgili yolcu duyurularını ya da etkilenen tüm istasyonlardaki diğer olayları merkezî anons sistemi kanalıyla yapar.

İstasyon personeli; istasyondaki yolcu yoğunluğunun kontrolü ve yönlendirilmesinde, yolcu tahliyesi olması durumunda, acil durumlar ve anons ihtiyacı olması hâlinde, tren seferlerinde gecikme varsa istasyondaki anons sistemini kullanır.

5.4.2. İstasyon Aydınlatma, Asansörler ve Yürüyen Merdivenler

Aydınlatma: İstasyonların güç beslemesi, şehir içi elektrik dağıtım şirketi tarafından trafo merkezlerinden temin edilmektedir. İstasyonlarda güç kaynağının kaybolması durumunda, istasyon aydınlatması UPS’ler (Kesintisiz Güç Kaynağı) ile sağlanmaktadır. UPS’lere bağlı ekipman (CCTV, telefon, aydınlatma, yolcu bilgilendirme sistemleri vb.), sisteme ve yüke bağlı olarak belli bir süre çalışmaktadır.

İstasyonlarda herhangi bir elektrik kesintisi olması hâlinde gerekli tedbirler alınarak indirgenmiş işletim modeline geçilir.



BİLGİ KUTUSU

İstasyonlarda elektrik kesintisi olması hâlinde sadece kiosk (Görsel 5.8) cihazlarının enerjisi kesilmez.



Görsel 5.8: Kiosk cihazı

Asansörler: Raylı sistemlerde asansör kullanımı; yolcuların konforu, güvenliği ve kolay erişilebilirlik açısından oldukça önemlidir. Metro, tramvay, hafif raylı sistemler gibi toplu taşıma araçlarında özellikle engelli bireyler, çocuklu aileler ve yükü ağır yolcular için büyük önem taşır.

Asansörler, istasyonların stratejik noktalarına yerleştirilmelidir (Görsel 5.9). Personellere, çıkış noktalarına ve diğer kilit alanlara kolay erişim sağlamalıdır. Asansörlerin bakımları periyodik olarak yapılmalı ve arızalı asansörlere gün içinde müdahale edilmelidir.

Yürüyen Merdivenler: Raylı sistem istasyonlarında kullanılan yürüyen merdivenler yolcuların hızlı, güvenli ve konforlu bir şekilde hareket etmelerini sağlar. Yaşlılar, hamileler, çocuklu aileler ve bagaj taşıyan yolcular için oldukça önemlidir. Yürüyen merdivenlerin bakımı periyodik olarak yapılmalı ve arızalı merdivenlere gün içinde müdahale edilmelidir (Görsel 5.10).

5.4.3. Güvenlik Hizmetleri

Yolcuların ve personelin güvenliğini sağlamak; olası suçları önlemek, acil durumlara hızlı ve etkili bir şekilde müdahale etmek için oldukça önemlidir.

Raylı sistem istasyonlarında güvenlik kameraları (CCTV), güvenlik görevlileri, acil durum telefon ve butonları, X-Ray cihazları ve dedektörler güvenlik hizmetleri içinde yer alır.



Görsel 5.9: Asansör



Görsel 5.10: Yürüyen merdiven



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistem istasyonlarında güvenliğini artırmak için neler yapılabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.4.4. İstasyonlarda İlk Müdahale Ekipleri

Acil durumlarda hızlı ve etkili bir şekilde müdahale ederek yolcuların ve personelin güvenliğini sağlar. Bu ekipler, çeşitli acil durum senaryolarına hazırlıktır. İtfaiye ve sağlık ekipleri, teknik ekipler ve güvenlik görevlilerinden oluşur.

Tüm istasyonlarında, personel ya da yolcuların erişebileceği yerlerde acil durumlarda kullanılmak üzere şu ekipman bulunur:

Yangın Alarm Butonları: Acil durumlarda yangın ihbarı yapmak için kullanılan bir cihazdır (Görsel 5.11). Genellikle kırmızı renkli ve kolayca erişilebilir bir yerde bulunur. Butona basıldığında yangın alarm sistemi devreye girer ve istasyon içindeki herkesin yangın durumundan haberdar olmasını sağlar.

Taşınabilir Yangın Tüpleri: Her istasyonun özelliğine ve ihtiyacına göre temin edilen taşınabilir yangın tüpleri tüm personel tarafından bilinen ve hızlıca ulaşılacak yerlerde bulundurulur. Yangın durumunda personel tarafından kullanılır.

Yangın Dolapları: Her istasyonun özelliğine ve ihtiyacına uygun olarak duvarlara monte edilen yangın dolaplarında (Görsel 5.12) yangın hortumu ve nozulu (başlığı) bulunmaktadır. Yangın durumunda, yangın sistemine su basılması hâlinde personel tarafından kullanılır.

Yangın koruma ekipmanına ek olarak tüm istasyonlarda Acil Durum Ekipman Dolabı içerisinde, personel tarafından acil durum hizmetlerinde kullanılmak üzere bulundurulması zorunlu olan malzemeler şunlardır:

- Yaralıları taşımak için sedye
- Gerektiğinde RS Tren Sürücüsüne işaret verebilmek için kırmızı, yeşil ve sarı renkli bayraklar
- İlk yardım dolabı ve yedek el feneri



Görsel 5.11: Yangın alarm butonu



Görsel 5.12: Yangın dolabı



BİLGİ KUTUSU

Yangın durumunda acil havalandırma fanları hava akış yönü doğrultusunda çalıştırılır.

5.4.5. Temizlik Hizmetleri

Yolcuların konforu, sağlığı ve güvenliği açısından oldukça öneme sahiptir. Ayrıca genel toplum sağlığı ve çevre koruma açısından da dikkat edilmesi gereken konulardandır. Temizlik hizmetleri genellikle profesyonel temizlik şirketleri tarafından sağlanır (Görsel 5.13).

Temizlik unsurlarında yapılması gerekenler şunlardır:

Bekleme Alanları: Bekleme koltukları, banklar ve diğer oturma alanları düzenli olarak temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir.

Zemin Temizliği: Yolcuların en çok kullandığı alanlardan biri olan zeminler düzenli olarak süpürülmeli ve yıkanmalıdır.

Asansörler ve Merdivenler: Asansör kabinleri ve merdiven basamakları, özellikle tutma yerleri dezenfekte edilmelidir.

Yüksek Temas Noktaları: Turnikeler, bilet makineleri, tutma yerleri gibi sıkça dokunulan yüzeyler düzenli aralıklarla dezenfekte edilmelidir.

Kapalı Alan Temizliği: Kapalı alanlarda hava temizleme sistemleri kullanılmalı ve bakımları düzenli olarak yapılmalıdır.

Periyodik Derin Temizlik: Belirli aralıklarla yapılması gereken detaylı temizlik ve bakım çalışmalarıdır.

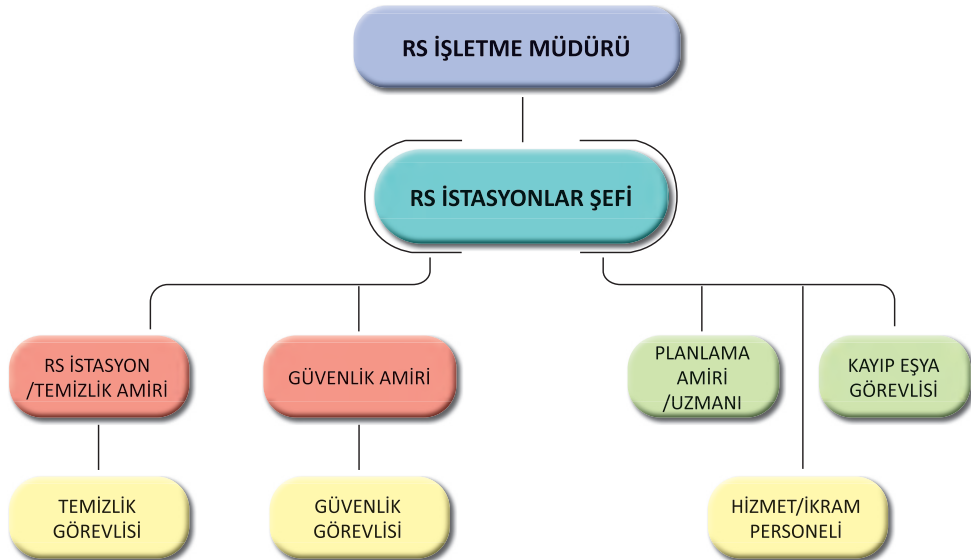


Görsel 5.13: Temizlik hizmetleri

5.4.6. İstasyonların Yönetimi

Raylı sistem istasyonlarının yönetimi; tren istasyonlarının günlük operasyonlarını ve genel işleyişini organize etmek, verimliliği, güvenliği ve müşteri memnuniyetini artırmak için titizlikle planlanmış ve sürekli olarak iyileştirilen süreçlere dayanır. Bu görevlerin etkin bir şekilde yerine getirilmesi, kent içi ulaşımın sorunsuz işlemesi ve yolcuların güvenli bir şekilde seyahat edebilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Raylı sistem istasyonlarının yönetimi, Şema 5.3'te gösterilen ekipler tarafından iş birliği içerisinde gerçekleştirilir.



Şema 5.3: İstasyonların yönetimi

5.4.6.1. Raylı Sistem İşletme Müdürü

Raylı sistem işletme müdürü, kent içi raylı sistemlerin günlük operasyonlarını yöneten ve denetleyen kişidir. Ulaşım sistemlerinde operasyonların verimli ve sorunsuz bir şekilde işlemesi, yöneticilerin ekip arkadaşlarıyla etkili ve uyumlu olarak çalışmasına bağlıdır.

5.4.6.2. Raylı Sistem İstasyonlar Şefi

Raylı sistem istasyonlar şefinin görevleri şunlardır:

Düzenleme ve Denetim: Raylı sistem istasyonlarının faaliyetlerini emniyetli ve etkin bir şekilde yürütmek için gerekli düzenlemeleri ve denetimleri yapmak.

Talimatlara Uygunluk: Genel Müdürlük tarafından belirlenen amaç, ilke ve talimatlara uygun olarak hareket etmek.

Emniyet: İstasyonların güvenliğini sağlamak ve bu doğrultuda önlemler almak.

Etkinlik: Raylı sistem istasyonlarının etkin bir şekilde işlemlerini sağlamak.

İşlem ve Talimatlar: İlgili işlem ve talimatlar doğrultusunda çalışmaları yürütmek ve uyulmasını sağlamak.

Bu görevler, raylı sistemlerin güvenli, düzenli ve verimli bir şekilde işlemlerini sağlamak amacıyla istasyon şefinin sorumlulukları arasındadır.

5.4.6.3. Raylı Sistem İstasyon Temizlik Amiri

Raylı sistem istasyonlar şefi tarafından verilen emirlere göre hareket eder. Raylı sistem istasyonlarının işlem ve talimatlar doğrultusunda güvenli, sorunsuz, düzenli ve verimli bir şekilde işletilmesi amacıyla gerekli çalışmaları yapar ve yapılmasını sağlar. Temizlik görevlilerinin vardiyalarını çalışma çizelgelerine göre takip eder. Temizlik görevlerini en iyi şekilde uygulamalarını sağlar.

5.4.6.4. Güvenlik Vardiya Amiri

Raylı sistem istasyonlar şefi tarafından verilen emirlere uygun olarak raylı sistem istasyonlarında, raylı sistem araçlarında ve atölye binalarında çalışan güvenlik personelinin çalışma çizelgelerine göre çalışmasını sağlar ve gerekli takibi yapar.

5.4.6.5. Planlama Görevlisi

Raylı sistem istasyonlar şefi tarafından verilen emirlere uygun olarak istasyonlarla ilgili iş planlarının hazırlanması çalışmalarında görev yapar. Şirket merkezi ile istasyonlar arasında bilgi akışını sağlar.

5.4.6.6. Kayıp Eşya Görevlisi

Raylı sistem istasyonlar şefi tarafından verilen emirlere uygun olarak raylı sistem istasyonları ve trenlerde bulunan kayıp eşyaların korunması, saklanması ve sahiplerine teslim edilmesiyle ilgili işlemleri yapar.



SIRA SİZDE

İstasyonlarda sağlanan hizmetlerin raylı sistemlerin genel işleyişi üzerindeki etkileri sizce nelerdir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



KELİME OYUNU

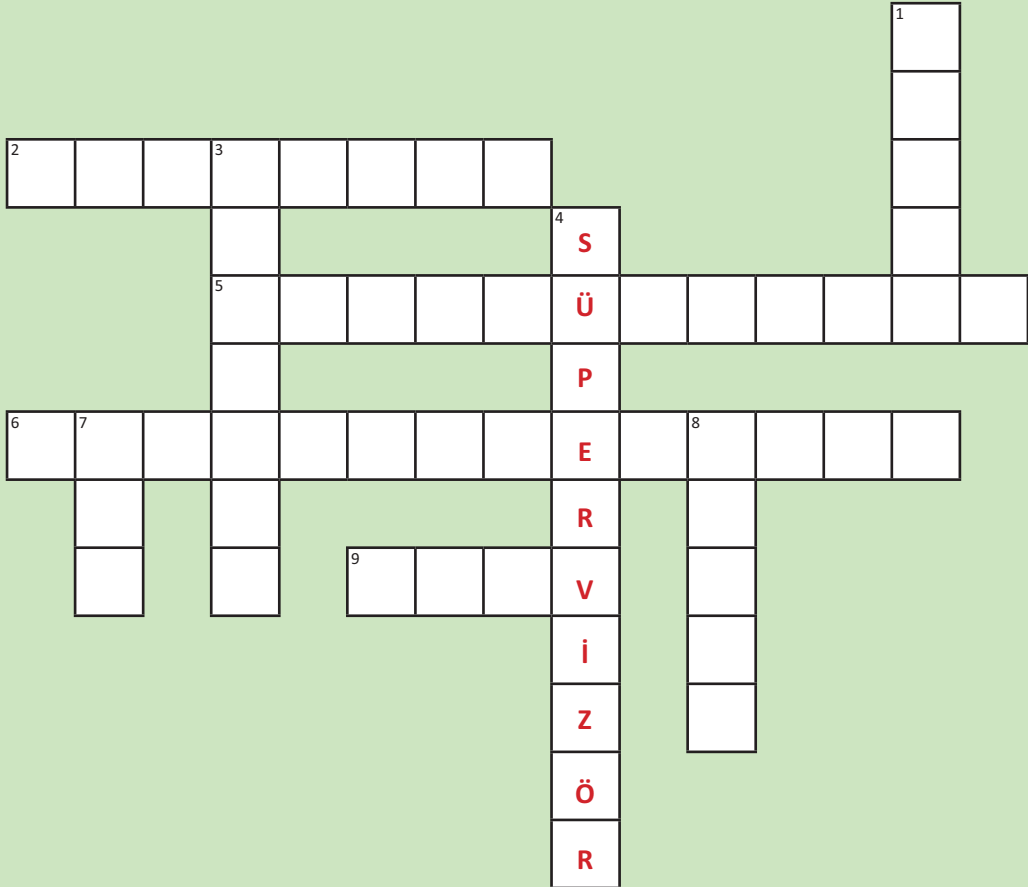
Aşağıdaki ifadelerin karşılığı olan kelimeleri uygun kutucuklara yerleştiriniz.

Soldan Sağa

2. Raylı sistem araçlarının yolcu indirdikleri ya da aldıkları yer
5. Raylı sistem işletme ve depo hatlarında raylı sistem araçlarını kullanan personel
6. Kent içi raylı sistem ulaşımının merkezi kontrol noktası
9. İstasyonlarda güvenlik kameraları

Yukarıdan Aşağıya

1. İstasyonlarda yolcu duyurusu
3. Raylı sistemlerin platform düzeyi ile zemin arasındaki bölge
4. Belirli bir ekibin operasyonlarını denetlemekten sorumlu kişi
7. Kesintisiz güç kaynağı
8. İstasyonlarda bilet alınan veya dolum yapılan makine



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerde (.....) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin doğrusunu alttaki boş yerlere yazınız.

1. (...) Kent içi raylı sistem iletişim operatörü YBS sistemlerini kontrol eder.
.....
2. (...) Raylı sistemlerin izlenmesinden iletişim kontrol operatörü sorumludur.
.....
3. (...) Sinyalizasyon sistemindeki arızaları hat vardiya amiri takip eder.
.....
4. (...) Depo alanında meydana gelebilecek acil durumlar için gerekli önlemleri depo trafik operatörü alır.
.....

B) Aşağıdaki cümlelerde bulunan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

5. Günlük işletme raporlarını hazırlar.
6. Enerji sistemini yönetir.
7. Raylı sistem araçlarının gözlemleme işlemini yapar.
8. Raylı sistem aracının sefer öncesi ve sefer esnasında kontrollerini yapar.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevabı işaretleyiniz.

9.

- I. Bekleme alanları
- II. Zeminler
- III. Kontrol merkezi
- IV. Yüksek temas noktaları

Yukarıdakilerden hangileri istasyon temizlik hizmetleri alanlarındandır?

- A) I, II
B) I, III
C) I, II ve III
D) I, II ve IV
E) I, III ve IV

10. İstasyonların yönetiminde aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?

- A) İstasyonlar şefi
B) Kayıp eşya görevlisi
C) Planlama görevlisi
D) SCADA operatörü
E) Temizlik amiri

11.

- I. Sedye
- II. Tulum
- III. İkaz bayrağı
- IV. Yedek el feneri

Acil durum ekipman dolabı içerisinde yukarıdakilerden hangileri bulunur?

- A) I, II
B) I, III
C) I, II ve III
D) I, II ve IV
E) I, III ve IV

12.

- I. Raylı sistem araçlarının seferlerini izler ve yönetir.
- II. Raylı sistemlerin enerji ihtiyaçlarını kontrol eder ve yönetir.
- III. Acil durumlar veya güvenlik tehditleri, anında tespit edilir ve müdahale edilir.
- IV. Raylı sistem araç sürücülerinin aylık çalışma çizelgesini hazırlar.

Yukarıdakilerden hangileri kumanda merkezinin işlevlerindendir?

- A) I, II
B) I, III
C) I, II ve III
D) I, II ve IV
E) I, III ve IV

13. Raylı sistem istasyon maliyetleri arasında aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?

- A) Ekipmanların bakımı
B) Enerji
C) Hat bakımı
D) Personel
E) Sabit tesislerin bakımı



6. ÖĞRENME BİRİMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Kent içi raylı sistemlerde verilen temel eğitimler

- Oryantasyon (uyum) eğitimi
- Sistem emniyet bilgisi ve kurallar eğitimi
- Güç bilgisi eğitimi
- Hat bilgisi eğitimi
- Sinyalizasyon ve haberleşme eğitimi
- Araç bilgisi eğitimi

Kent içi raylı sistemlerde verilen tren sürücüsü eğitimi

- Tren sürücüsü adayı olma şartları
- Tren sürücüsüne uygulanan testler
- Tren sürücüsü eğitimi

ANAHTAR KAVRAMLAR

- eğitim • güç bilgisi • hat • istasyon • oryantasyon
- sinyalizasyon • tren sürücüsü

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE EĞİTİM

KONULAR

- 6.1. TRAFİK İŞLETMESİNDE EĞİTİM
- 6.2. TREN SÜRÜCÜSÜ EĞİTİMİ



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Yeni alınan personele işe başlamadan önce verilen uyum eğitimlerinin faydaları nelerdir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Raylı sistemlerde eğitime çok fazla önem verilmesinin nedenleri neler olabilir? Düşüncelerinizi sınıfta paylaşınız.

GİRİŞ

Kent içi raylı sistemlerde eğitim, birçok önemli konuyu kapsar. Buradaki amaç, raylı sistemlerin etkin ve güvenli bir şekilde işletilmesini sağlamaktır. Bu eğitimler genellikle aşağıdaki alanları içerir:

Raylı Sistem İşletmeleri: Sistemlerin verimli bir şekilde nasıl çalıştırılacağı, planlama ve operasyon yönetimi

Güvenlik: Yolcuların ve personelin güvenliğini sağlamak için gerekli işlemler ve acil durum yönetimi.

Sinyalizasyon: Trenlerin ve araçların güvenli bir şekilde hareket etmesi için sinyal sistemlerinin nasıl çalıştığı

Bakım: Araç ve altyapının düzenli bakımının nasıl yapılacağı, arızaların tespiti ve onarımı

Temizlik: Araç ve istasyonların temizliği ve hijyen standartlarına uyulması

Müşteri Hizmetleri: Yolculara etkili ve kaliteli hizmet sunma, şikayet ve geri bildirim yönetimi

Bu eğitimler; kent içi raylı sistemlerin güvenli, verimli, konforlu bir şekilde işletilmesini destekler ve şehir içi ulaşımın kalitesini artırır.

6.1. TRAFİK İŞLETMESİNDE EĞİTİM

Kent içi raylı sistemler bünyesinde çalışan personele işe başlamadan önce ve iş sürecinde belirli aralıklarla eğitimler verilir. Eğitimler; kent içi raylı sistemlerin ekonomik olmasını ve güvenli bir biçimde işletilmesini sağlamak, işletmede meydana gelebilecek hataları en aza indirmek, kaza ya da olay söz konusu olduğunda izlenmesi gereken yöntemleri en kısa ve en doğru şekilde uygulayabilmek amacıyla gerçekleştirilir. Bu eğitimler mesleki gelişim, yönetim, işletme, bakım ve güvenlik konularıyla ilgili farklı görevler için makul ve uygun aşamalar hâlinde yürütülür.

Eğitimler, işletmeye ait eğitim ekipleri tarafından bir eğitim programı hazırlanarak uygulanır.

6.1.1. Mesleki Gelişim Eğitimleri

Mesleki eğitimlerin aşamaları şunlardır:

- Adayın kriterlerine (ölçütlerine) göre alacağı eğitimin içeriği belirlenir.
- Eğitim içeriğini aktarmak için görev yapan personel, adayın eğitmenliğini yapar.
- Eğitmen, adayın staj süreci başlangıcına kadar ilgili eğitimin içeriğini adaya anlatmak ve bunları öğretmekle yükümlüdür.
- Eğitmen eğer başka bir eğitimde görevlendirilmişse ilk üç madde eğitmenin kendisi için de geçerlidir.

Mesleki gelişim eğitimleri; oryantasyon eğitimi, emniyet bilgisi eğitimi, güç bilgisi eğitimi, hat bilgisi eğitimi, sinyalizasyon ve haberleşme eğitimi, araç bilgisi eğitimi şeklinde gerçekleştirilir.

6.1.1.1. Oryantasyon Eğitimi

Kent içi raylı sistemlerde işe yeni alınan personelin işletmeye ve işe en kısa sürede uyumunu sağlamak için oryantasyon eğitimi uygulanır (Şekil 6.1). Bu eğitimlerle personelin işletmeye ve işe uyumu sağlanır, verimliliğe olan katkısı artırılır.

Yeni alınan personele mesleki gelişim eğitimlerinden önce işletmenin fiziki yapısı, işleyişi, şirket politikaları, ortak kurallar teorik ve uygulamalı olarak aktarılır. Böylece personelin çalışma ortamına en kısa sürede hazırlanması ve uyumu amaçlanır.



Şekil 6.1: Oryantasyon eğitimi



SIRA SİZDE

Oryantasyon eğitimlerinin hangi durumlarda ve zamanlarda verilmesi gerektiğine ilişkin fikirlerinizi zı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

6.1.1.2. Sistem Emniyet Bilgisi ve Kurallar Eğitimi

Katılımcılara iş sağlığı ve güvenliği, hukuki sorumluluklar, kaza veya olay anında izlenmesi gereken yöntemler anlatılır.

Acil Durum Yönetimi ve Prosedürleri: Teorik ve uygulamalı bir derstir. İşletmeyi dolaylı ya da doğrudan etkileyen bir durum söz konusu olduğunda görev yaptığı ortamdaki sorumluluklar, izlenmesi gereken yöntem ve prosedürler (işlemler) personele anlatılır. Bunlar, ilk tatbikatta uygulamalı olarak gösterilir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Acil durum yönetimi
- Acil durum prosedürü
- Acil durum uygulamaları (saha/kumanda merkezi)

Hukuki Sorumluluklar: Personelin görev yaptığı/yapacağı kent içi raylı sistem hattında bir kaza veya olay söz konusu olabilir. Böylesi durumlarda personelin uygulayacağı ya da uygulamayacağı yöntem ve prosedürlerin hukuki boyutu hakkında gerekli bilgiler anlatılır. Teorik bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Kaza anında ve sonrasında yapılması gereken iş ve işlemlerin hukuki boyutları
- Vaka anında ve sonrasında yapılması gereken iş ve işlemlerin hukuki boyutları

Kaza, Olay ve Vaka Analizi: Teorik bir derstir. Personelin görev yaptığı/yapacağı alanlarda yaşanabilecek bir kaza veya olay olabilir. Bu durumda personelin izlemesi/izlememesi gereken yöntem ve prosedürler anlatılır (Görsel 6.1).

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Kaza anında ve sonrasında yapılması gereken iş ve işlemler
- Olay anında ve sonrasında yapılması gereken iş ve işlemler



Görsel 6.1: Acil müdahale

6.1.1.3. Güç Bilgisi Eğitimi

Görevlendirildiği hattaki ekipmanın türlerini, konumlarını ve işlevlerini tanımaya yönelik verilen teorik eğitimidir. Bu eğitimde yer alan konular şunlardır:

- Güç bilgisi
- TEİAŞ girişleri
- OG (Orta Gerilim) sistemi
- DC (Doğru Akım) sistemi
- AG (Alçak Gerilim) sistemi
- UPS (Kesintisiz Güç Kaynağı) sistemi

Trafo Merkezleri ve Saha Gezisi: Görevlendirildiği hattaki ekipmanın türlerini, konumlarını ve işlevlerini tanımaya yönelik verilen saha eğitimidir (Görsel 6.2).



Görsel 6.2: Saha gezisi



ARAŞTIRMA

Güç bilgisi eğitimlerinden sonra yapılacak trafo merkezi ve saha gezisi sırasında alınması gereken önlemleri araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

6.1.1.4. Hat ve İstasyon Bilgisi Eğitimi

Görevlendirilen personelin görev yaptığı/yapacağı hattın ve istasyonların genel özellikleri anlatılır. Teorik bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Hattın genel özellikleri
- İstasyonun genel özellikleri

İstasyon ve İşletme Yönetim Talimatları: Görevlendirildiği hattaki istasyon yapılarının ve istasyon işletme yönetim talimatlarının teorik olarak anlatıldığı bir eğitimidir.

6.1.1.5. Sinyalizasyon ve Haberleşme Eğitimi

Araç, depo ve trafik kontrolörü personellerinin görev yaptığı/yapacağı hatta kullanılan yol boyu sinyal ekipmanı anlatılır. Teorik bir derstir. Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Hat boyu sinyalizasyon sistemi ekipmanı ve görevleri
- Hat boyu sinyalizasyon sistemi ekipmanının çalışma prensibi

Araç Üstü Sinyalizasyon Sistemi: Araç, depo ve trafik kontrolörü personelinin görev yaptığı/yapacağı hatta kullanılan araç üstü sinyal ekipmanı anlatılır. Teorik bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Araç üstü sinyalizasyon sistemi ekipmanı ve görevleri
- Araç üstü sinyalizasyon sistemi ekipmanının çalışma prensibi

**SIRA SİZDE**

Yeni başlayan personele sinyalizasyon ve haberleşme eğitiminin süreç içerisindeki olumlu katkıları sizce nelerdir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Telsiz, Telefon, Güvenlik Sistemleri: Personele ekipmanı talimatlara uygun şekilde hangi amaçla ve nasıl kullanabileceği anlatılarak uygulama yaptırılır. Teorik ve uygulamalı bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Telsiz sistemi ve talimatlara uygun kullanımı (Görsel 6.3)
- Telefon sistemi ve talimatlara uygun kullanımı
- Güvenlik sistemi ve talimatlara uygun kullanımı

6.1.1.6. Araç Bilgisi Eğitimi

Görevli olunan hatta karşılaşılabilecek aksaklıklar, aksaklık anında edilmesi gereken müdahaleler ve sonrasındaki süreçler anlatılır. Teorik ve uygulamalı bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- SCADA'da meydana gelen/gelebilecek arızalar
- SCADA'da meydana gelen/gelebilecek müdahale yöntemleri
- SCADA'da meydana gelen aksaklıklarda arıza kaydı ve süreç takibi



Görsel 6.3: Telsiz kullanımı

**SIRA SİZDE**

Kent içi raylı sistem trafik işletmesinde verilen eğitimlerin verimliliğini artırabilmek için sizce neler yapılabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

6.2. TREN SÜRÜCÜSÜ EĞİTİMİ

Eğitim programında, **Kent İçi Raylı Sistemler Tren Sürücüsü Ulusal Yeterliliği** temel alınır ve eğitim içerikleri, yeterlilikte yer alan öğrenme çıktılarını karşılamak üzere düzenlenir.

Eğitim programı, teorik ve uygulamalı sürüş aşamalarından oluşur. Her bir eğitimin ardından yazılı sınav yapılır. Bu sınavda başarılı olanlara performans (uygulama) sınavları yapılarak eğitim programı tamamlanır.

Her temel eğitimden sonra en az iki vardiya olmak üzere mesul (sorumlu) tren sürücüsü yanında staj yapılması öngörülür. İhtiyaç duyulması hâlinde staj süresi uzatılabilir.

6.2.1. Tren Sürücüsü Temel Eğitimleri

Tren sürücüsü eğitimleri; tren sürücüsü temel eğitimi, işletmeler arasındaki rotasyon eğitimi, hatırlatma eğitimi ve intibak eğitimi olmak üzere dört ayrı eğitim programı şeklinde planlanır ve uygulanır.



BİLGİ KUTUSU

Tren sürücüsü eğitim programlarını ilgili işletme şefliği ve teknik eğitim şefliği birlikte hazırlar.

Eğitimlerin süresinde değişiklik yapılabilir. Yeni oluşturulan eğitim programı, teknik eğitim şefliği tarafından ilan edilir.

Eğitim gruplarında uygulanacak **Hafif Metro, Metro ve Tramvay Hattı Tren Sürücüsü Temel Eğitim Programı**'nda İşletme Bilgisi, Demiryolu Teknolojileri, Temel Elektrik Bilgisi, Hat Bilgisi, Güç Bilgisi, Sinyalizasyon ve Haberleşme, Peron Ekipmanları Kullanımı, Temel İletişim Becerileri, İlk Yardım, Tren Tanıtımı, Tren Hazırlama ve Kullanma, Tren ve Hattaki Aksaklıklar başlıkları altında dersler anlatılmaktadır.



SIRA SİZDE

Raylı sistem sürüş simülatör programlarını kullanarak; ani fren, hat değişikliği, sinyal hatası vb. durumlarda sürüş eğitimleri gerçekleştiriniz.

6.2.1.1. İşletme Bilgisi

Dersin amacı işletmenin genel yapısı, çalışma prensipleri, işletme personelinin görev ve sorumlulukları hakkında bilgi vermektir. Teorik bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

1. Raylı sistemlerde işletme
2. İşletme personellerinin görev ve sorumlulukları
 - Tren sürücüsü
 - Kontrol merkezi personelleri
 - İstasyon birim amirleri
 - Hat vardiya amirleri ve işletme şefliği
3. Sefer, numaralı ve sıralı sistem
4. Metro ve tramvay işletmesindeki farklılıklar
5. Depo sahası ve bakım yönetimi (Görsel 6.4)



Görsel 6.4: Depo sahası ve bakım

6.2.1.2. Demiryolu Teknolojileri

Dersin amacı katılımcılara demiryolunun tarihçesi, gelişimi, demiryolunu oluşturan sistemlerin genel prensipleri hakkında bilgi vermektir. Teorik bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Demiryolu tarihi
- Yük ve yolcu taşımacılığında demiryolunun avantajları
- Kent içi raylı sistemler
- Demiryolu terminolojileri
- Genel hat bilgisi
- Genel güç bilgisi
- Genel sinyalizasyon ve haberleşme bilgisi
- Genel araç bilgisi

6.2.1.3. Temel Elektrik Bilgisi

Dersin amacı, katılımcılara raylı sistemlerde kullanılan genel elektrik sistem bilgisi kazandırmaktır. Teorik bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Elektrik nedir?
- Elektrik enerjisinin özellikleri
- Elektrik enerjisi üretim kaynakları
- Elektrik enerjisinin taşınması
- Elektrik akım çeşitleri
- Elektrikliğin çalışma prensipleri
- Elektrikliğin tehlikeleri ve bu tehlikelerden korunma

6.2.1.4. Hat Bilgisi

Katılımcılara raylı sistem hatlarındaki alt ve üst yapı ekipmanı ve özelliklerini öğretmek manuel makas tanzimini prosedüre göre yapma becerisi kazandırmayı amaçlar. Teorik ve uygulamalı bir derstir (Görsel 6.5).

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

1. Demiryolu terimleri
 - Başlıca demiryolu unsurları
 - Hat geometrisi terimleri
2. Hattın tarihçesi
3. Hattın kullanılan ray tipleri, kısımları ve bağlantı elemanları
 - Hattın kullanılan ray tipleri ve kısımları
 - Hattın kullanılan bağlantı elemanları
4. Makas, özellikleri ve çeşitleri
 - Makas çeşitleri
 - Makas kısımları
 - Makaslarda hız limitleri
 - Manuel makas tanzimi



Görsel 6.5: Hat bilgisi çalışmasına örnek

5. Hattın fiziksel özellikleri
 - Güvenli bölgeler
 - Geçiş bölgeleri
 - Mevki bilgileri
6. Depo sahası ve atölye yolları
7. Hat arızaları



ARAŞTIRMA

Yeni başlayan personele hat bilgisi eğitimlerinin sadece teorik olarak verilmesi durumunda ileride oluşabilecek aksaklıkları araştırınız. Araştırma sonuçlarını sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

6.2.1.5. Güç Bilgisi

Katılımcılara raylı sistem hatlarında ve araçlarında kullanılan enerji besleme sistemleri ve çeşitlerini, alt bileşenlerini ve enerji serüvenini öğretmeyi amaçlar. Teorik bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

Cer gücü temini

1. Alternatif Akım (AC) ile çalışan sistemlerde besleme
2. Doğru Akım (DC) ile çalışan sistemlerde besleme
3. Cer gücü sistem bileşenleri
 - Redresör trafosu
 - Redresör
 - DC şalt hücreleri
 - OG şalt hücreleri
 - Ana dağıtım trafosu
 - Dağıtım ve AG transfer trafosu
 - Yardımcı güç panoları
 - Kesintisiz güç kaynağı
 - Kontrol donanımı

Trafo ve jeneratör sistemi

1. Cer trafosu
2. İç ihtiyaç trafosu
3. Jeneratör
4. Kesintisiz güç kaynağı

Enerji aktarım sistemleri

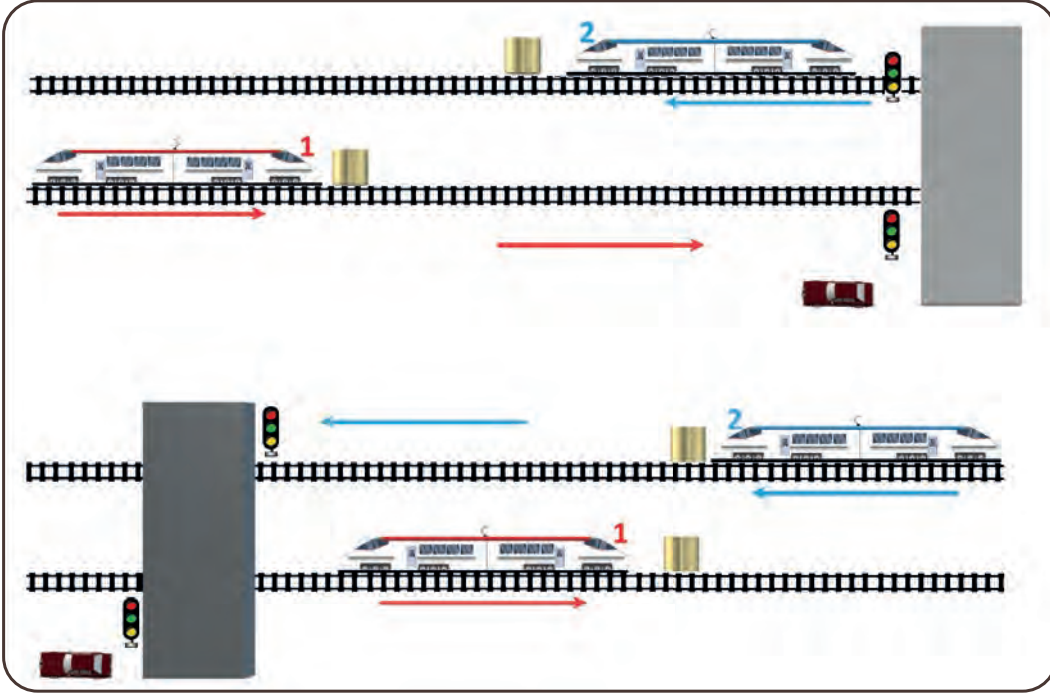
1. Katener sistemi
 - Rijit katener sistemi ve kısımları
 - Konvansiyonel katener sistemi ve kısımları
 - Üçüncü ray ve kısımları
 - Yerden besleme sistemi ve kısımları
2. Harici besleme sistemi [Stinger (sitnyır)]

Aydınlatma sistemi

- Tünel aydınlatma ve renk anlamları
- Işıklı tabelalar ve anlamları

6.2.1.6. Sinyalizasyon ve Haberleşme

Dersin amacı katılımcılara raylı sistemlerde kullanılan sinyalizasyon (Şekil 6.2) ve haberleşme sistemlerini, sinyalizasyon çeşitlerini ve alt ekipmanı, trenin kumanda ve hat ile olan ilişkilerini öğretmektir. Teorik bir derstir.



Şekil 6.2: Sinyalizasyon

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

1. Sinyalizasyon sistemi ve görevleri
 - Sinyalizasyon sisteminin tanımı
 - Sinyalizasyon sisteminin görevi
2. Sabit blok
 - Sabit blok sinyalizasyon sisteminin tanımı
 - Sabit blok sinyalizasyon sisteminin çalışma prensibi
3. Hareketli blok
 - Hareketli blok sinyalizasyon sisteminin tanımı
 - Hareketli sinyalizasyon sisteminin çalışma prensibi
4. Hat boyu sinyalizasyon ekipmanı ve çalışma prensibi
 - Hat boyu sinyalizasyon sistemi ekipmanı ve görevleri
 - Hat boyu sinyalizasyon sistemi ekipmanı çalışma prensibi
5. Araç üstü sinyalizasyon ekipmanı ve çalışma prensibi
 - Araç üstü sinyalizasyon sistemi ekipmanı ve görevleri
 - Araç üstü sinyalizasyon sistemi ekipmanı çalışma prensibi
6. Kontrol merkezi tren bağlantısı otomatik ve yarı otomatik tren işletimi
 - Kontrol merkezi ile tren arasında veri alışverişi

6.2.1.7. Peron Ekipmanı Kullanımı

Dersin amacı katılımcılara görev alacakları hatta ve peron bölgesinde (Görsel 6.6) bulunan ekipmanın kullanımını öğretmektir.



BİLGİ KUTUSU

Peron ekipmanı kullanımı eğitimi, sadece sürücüsüz metro hatlarına özel teorik ve uygulamalı bir derstir.



Görsel 6.6: Peron

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

1. Yürüyen merdiven sistemi ve acil durumlarda yapılması gerekenler
 - Yürüyen merdiven sistemindeki ekipman tanımları
 - Yaşanacak muhtemel aksaklıklarda SMAMP'ın müdahale yöntemleri
2. Asansör sistemi ve asansörden yolcu kurtarma yöntem ve teknikleri
 - Asansör sistemindeki ekipman tanımları
 - Asansörden yolcu kurtarma yöntemleri
3. Peron Ayırıcı Kapı Sistemi (PAKS) ve acil durumlarda yapılması gerekenler
 - PAKS ekipman tanımları
 - Yaşanacak muhtemel aksaklık senaryoları ve SMAMP'ın müdahale yöntemleri

6.2.1.8. Temel İletişim Becerileri

Dersin amacı katılımcılara iletişim becerisi, ekip çalışması, kriz yönetimi, stresle başa çıkma yöntem ve tekniklerinin yetkinliğini kazandırmaktır. Teorik ve uygulamalı bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Kriz yönetimi
- Ekip çalışması (Görsel 6.7)
- Kalabalık yönetimi
- Kurumsal iletişim
- Stres ve öfke kontrolü
- Temel yönetim becerileri



Görsel 6.7: Ekip çalışması

6.2.1.9. İlk Yardım

Dersin amacı, insan yaşamını tehlikeye sokan durumlarda sağlık ekibi gelene kadar hasta veya yaralıya yapılması gereken müdahaleleri öğretmektir. Bu sayede kişinin hayatının kurtarılması veya yaşadığı sağlık problemin ilerlemesinin önlenmesi hedeflenmektedir. Teorik ve uygulamalı bir derstir.

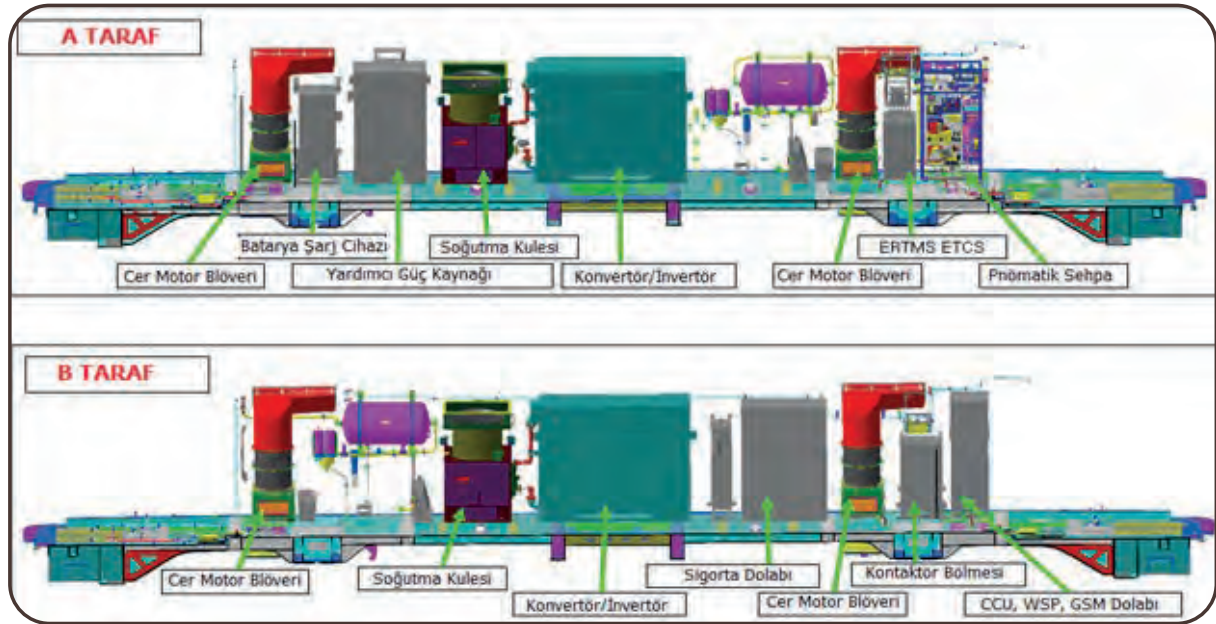
Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

- Genel ilk yardım bilgileri
- Hasta/yaralı ve olay yerinin değerlendirilmesi
- Temel yaşam desteği
- Kanamalarda ilk yardım
- Yaralanmalarda ilk yardım
- Yanık, donma ve sıcak çarpmalarında ilk yardım
- Kırık, çıkık ve burkulmalarda ilk yardım
- Bilinç bozukluklarında ilk yardım

- Zehirlenmelerde ilk yardım
- Hayvan ısırmalarında ilk yardım
- Göz, kulak ve buruna yabancı cisim kaçmasında ilk yardım
- Boğulmalarda ilk yardım
- Hasta/yaralı taşıma teknikleri
- Defibrilatör (AED) cihazı eğitimi

6.2.1.10. Tren Tanıtımı

Dersin amacı katılımcılara raylı sistemlerde kullanılan tren ya da trenlerin teçhizat yerleşimini, çalışma prensiplerini, çeşitliliklerini ve teçhizatın bağlı bulunduğu sistemler hakkındaki bilgileri aktarmak ve öğretmektir. Teorik ve uygulamalı bir derstir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3: Tren tanıtımı

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

1. Tren ve araç tanıtımı
 - Kısaltmalar
 - Tren hakkında genel bilgiler
 - Araç üstü teçhizatlar ve yerleşimi
 - Araç altı teçhizatlar ve yerleşimi
 - Araç içi teçhizatlar ve yerleşimi
2. Araç çeşitleri
 - Motor kabinli araç (MC)
 - Motorlu araç (M)
 - Motorsuz (treylar) araç (T)
 - MC, M ve T araçlar arasındaki farklılıklar
3. Trende bulunan temel sistemler
 - Pnömatik sistem
 - Fren sistemi
 - Cer sistemi
 - Tren kontrol ve izleme sistemi

- Araç otomatik kontrol sistemi (metro)
- Bojiler
- Haberleşme sistemi
- Yangından korunma sistemi
- Aydınlatma sistemi

4. Makinist kabini

- Sinyal ekranı
- Tren kontrol ve izleme ekranı
- Yolcu bilgilendirme ekranı
- Kontrol panelleri
- Master kontrolör (ivme kolu)
- Baypas paneli
- Masa altı teçhizatı
- Tavan teçhizatı
- Kabin içi diğer teçhizat ve ekipman

6.2.1.11. Tren Hazırlama ve Kullanma

Dersin amacı katılımcılara raylı sistemlerde kullanılan trenlerin sefere hazırlık aşamalarını, sevk ve idaresini uygulamalı olarak öğretmektir. Teorik ve uygulamalı bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

1. Trenin sefere hazırlanması

- Trenin canlandırılması
- Trenin iç, dış ve alt teçhizatının kontrolü
- Trende bulunan temel sistemlerin kontrolü
- Ray hattının kontrolü
- Makinist kabini kontrolü
- Telsiz sistemi ve yolcu bilgilendirme sisteminin kontrolü

2. Tren canlandırma ve söndürme

- Trenin canlandırma prosedürü
- Trenin söndürme prosedürü

3. Trenin sevk ve idaresi

- İvme kolu hâkimiyeti
- Konforlu sürüş teknikleri
- Duruş noktası hassasiyeti
- Yolcu iniş biniş prosedürleri
- Kuplaj yapma ve çözme prosedürleri
- Otomatik, yarı otomatik ve görerek sürüş
- Trenin belirlenen noktaya park edilmesi
- Servis dışı veya tahliye prosedürleri



SIRA SİZDE

Bulunduğunuz bölgedeki eğitim istasyonlarında, trafiğe kapalı alanda usta öğretici eşliğinde ve işletme tarafından belirlenen iş güvenliği kurallarına uyarak sürüş eğitimi gerçekleştirebilirsiniz.

4. Kabin değişimi

- Sürücü kabinini pasif hâle getirme
- Makinist kabinde bulunan cam, kapı, ayna vb. ekipmanı kapalı hâle getirme
- Kabin değişiminde tren içi kontrolü
- Sürücü kabinini aktif hâle getirme ve sürüşe hazırlama

6.2.1.12. Tren ve Hattaki Aksaklıklar

Dersin amacı katılımcılara raylı sistemlerde kullanılan trenlerin sevk ve idaresinde karşılaşılabilecek aksaklık, arıza senaryoları ve müdahale yöntemleriyle bu senaryolarda izlenecek prosedürleri uygulamalı olarak öğretmektir. Teorik ve uygulamalı bir derstir.

Dersin içeriği şunlardan oluşmaktadır:

1. Trendeki aksaklıklar

- Trende bulunan temel sistemlerde yaşanan aksaklıkların işletmeye etkileri
- Trende bulunan temel sistemlerde yaşanan aksaklıkların yolcuya etkileri

2. Arızalı trene müdahale yöntemleri

- Trende bulunan temel sistemlerde yaşanan aksaklıklara müdahale yöntemleri

3. Hat ve hat ekipmanındaki aksaklıklar

- Hat ve hat ekipmanında yaşanan aksaklıklar ve müdahale yöntemleri

4. Yolcu güvenliği ve acil durum müdahale yöntemleri

- Yolcudan kaynaklı aksaklıklarda uygulanacak müdahale yöntemleri
- Sinyal, hat ve güç sistemlerinden kaynaklı aksaklıklarda uygulanacak müdahale yöntemleri
- Yangın, deprem vb. durumlardan kaynaklı aksaklıklarda uygulanacak müdahale yöntemleri



ARAŞTIRMA

Tren sürücüsü adaylarına psikoteknik testlerin uygulanmaması, yolcu güvenliği ve acil durumlara müdahale konusunda ne gibi olumsuz sonuçlar doğurabilir? Bu konuyu araştırarak bulgularınızı sınıfta paylaşınız.

6.2.2. Tren Sürücüsü Adayı Olma Şartları

Tren sürücüsü adayları olmak için belirli şartlar aranır. Aday olma şartları şunlardır:

- En az teknik lise mezunu veya meslek yüksekokullarının örgün eğitim veren Elektrik-Elektronik, Otomotiv, Motor, Bilişim Teknolojileri, Bilgisayar, Raylı Sistemler, Mekatronik, Otomasyon veya Makine bölümlerinin birinden mezun olma
- En az B sınıfı ehliyete sahip olma
- Erkek adaylar için askerliğini tamamlamış olma
- Psikoteknikten başarılı olma
- Vardiyalı çalışma konusunda engeli olmama
- Sağlık kriterlerini taşıma

Tren sürücüsü adaylarının ruhsal ve fiziksel olarak sağlıklı olup olmadığını anlamak için psikoteknik testler uygulanır. Bu testler; adayın ne kadar uyumlu ve dayanıklı olduğunu, çalışırken ne kadar zaman geçirebileceğini, ne kadar verimli çalışabileceğini, anlayışlı, dikkatli ve kurallara uygun hareket edebilirliğini kapsamlı araştırma yöntemidir.



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistemler alanında istihdam edilecek personelin alması gereken temel eğitimler nelerdir? Bildiklerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



KELİME OYUNU

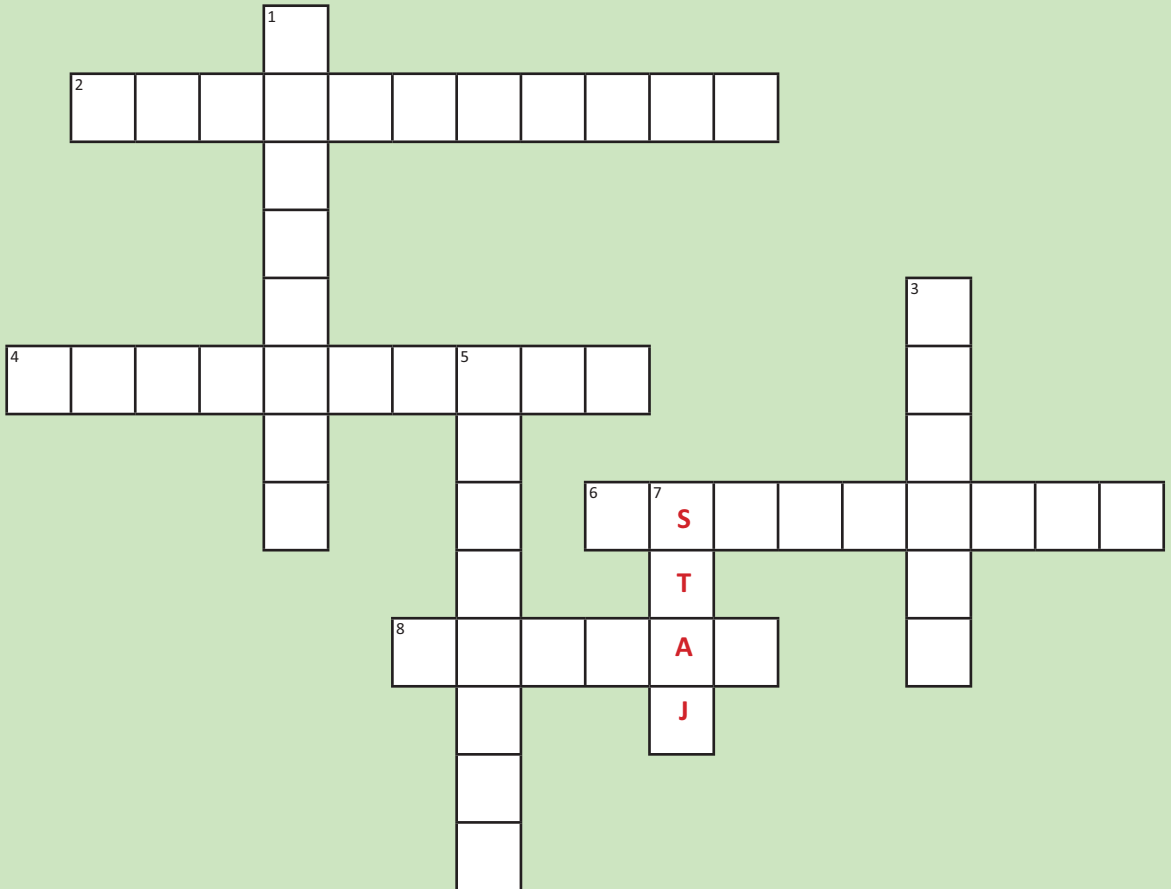
Aşağıdaki ifadelerin karşılığı olan kelimeleri uygun kutucuklara yerleştiriniz.

Soldan Sağa

2. İşe yeni başlayan personelin işe adapte olması (uyumu)
4. Raylı sistem hatlarında ve araçlarında kullanılan enerji besleme sistemleri dersi
6. Tren sürücüsüne yapılan test
8. Şehir içi hatlarda kullanılan tramvay-metro sürücüsü

Yukarıdan Aşağıya

1. Şehirler arası banliyö trenlerini kullanan kişi
3. Bireyin davranışlarında kendi yaşantısı yoluyla kasıtlı olarak değişme
5. İnsan yaşamını tehlikeye sokan herhangi bir durumda sağlık ekibi gelene kadar kişinin hayatını kurtarma çabası
7. Tren sürücüsü adayının temel eğitimden sonra tren sürücüsü yanında alması gereken eğitim



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerde (.....) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin doğrusunu alttaki boş yerlere yazınız.

1. (...) Kent içi raylı sistem eğitimleri, işletmeye ait eğitim ekipleri tarafından hazırlanarak uygulanır.
.....
2. (...) Personelin başına gelebilecek bir kaza söz konusu olduğunda, hukuki boyutu hakkında gerekli bilgiler kaza, olay ve vaka analizi eğitimi içeriğinde anlatılır.
.....
3. (...) Tren hazırlama ve kullanma eğitimi içeriğinde trenlerin sefere hazırlık aşamaları yer alır.
.....

B) Aşağıdaki cümlelerde bulunan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

4. Tren sürücüsü adayı olabilmek için adayın ehliyeti en az olmalıdır.
5. Eğitimin bir üst oturumunun alınabilmesi için personelin en az yıl asil olarak görev yapması gerekmektedir.
6. Tren sürücüsü temel eğitim programları ve ile birlikte hazırlanır.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevabı işaretleyiniz.

7.
 - I. Mekatronik
 - II. Otomasyon
 - III. Beden Eğitimi
 - IV. Raylı Sistemler
 Tren sürücüsü adayı olabilmek için yukarıdaki bölümlerden hangilerinden mezun olmak gerekir?

- A) Yalnız I B) Yalnız III
C) I, II ve III D) I, II ve IV
E) I, II, III ve IV

8. Kent içi raylı sistemler trafik işletmesine ait eğitimlerde hangi konuda bilgi verilmez?

- A) Temel yangın sistemleri
B) Güç bilgisi
C) OG (Orta Gerilim) sistemi
D) DC (Doğru Akım) sistemi
E) AG (Alçak Gerilim) sistemi

9. Kent içi raylı sistem sefer planlama eğitimi ders içeriğinde aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?

- A) Araç çeşitliliklerine hakimiyet
B) Araçların sefere uygun şekilde işletilmesi
C) Araçların sefere eklenmesi/çıkarılması
D) Sefer planlama iş ve işlemleri
E) Araç maliyeti hesapları

10. Raylı sistem sürücüsü personelinin temel iletişim becerileri dersi içeriğinde aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?

- A) Kriz yönetimi
B) İlk yardım bilgisi
C) Ekip çalışması
D) Kurumsal iletişim
E) Stres ve öfke kontrolü

11. Raylı sistem sürücüsünün hat bilgisi eğitiminin içeriğinde aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?

- A) Demiryolu terimleri
B) Makas ve özellikleri
C) Cer gücü
D) Hattın fiziksel özellikleri
E) Hat arızaları



7. ÖĞRENME BİRİMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Kent içi raylı sistem araçlarında

- Numaralar, yerleşim yerleri ve araç dizi oluşumu
- Araç üstü, içi ve altı ekipman
- Yüksek gerilim, yardımcı güç, bilgisayar, frenleme, kapı, kuplaj, cer, klima, makinist bilgilendirme, CCTV, telsiz, yangın ve duman algılama sistemleri
- Tren sürücüsü kabininde bulunan paneller ve düğmeler
- Sevk ve idare (aracın canlandırılması, söndürülmesi, park edilmesi, yolcu kapılarının kontrolü; aracı hareket ettirme, birleştirme ve çözölmeyi sağlama)

ANAHTAR KAVRAMLAR

- | | |
|-------------------|-----------------------------|
| • araç dizisi | • araçların sevk ve idaresi |
| • araç ekipmanı | • araç sistemleri |
| • araç numaraları | • makinist kabini |

KENT İÇİ RAYLI SİSTEM ARAÇLARI

KONULAR

- 7.1. ARAÇ ÇEŞİTLERİ, ARAÇ DİZİLERİ VE ARAÇ NUMARALARI
- 7.2. ARAÇ EKİPMANI
- 7.3. ARACIN SİSTEMLERİ
- 7.4. TREN SÜRÜCÜSÜ KABİNİ
- 7.5. ARACIN SEVK VE İDARESİ



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Kent içi raylı sistemlerde, çeşitli araç tiplerine (tramvaylar, hafif raylı sistemler, metro araçları vb.) sizce neden ihtiyaç duyulmuştur? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Türkiye’de kent içi ulaşımda en fazla kullanılan raylı sistem aracı sizce hangisidir? Belirttiğiniz aracın tercih edilmesinin nedenleri neler olabilir?

GİRİŞ

Şehir içi ulaşımı sağlamak amacıyla kullanılan, kendine ait yolu bulunan, yer üstünde ve yer altında hareket edebilen araçlara **kent içi raylı sistem araçları** denir. Bu araçlar; çevreye duyarlı, hızlı, güvenli ve konforlu bir ulaşım sağlamak amacıyla kullanılır.

7.1. ARAÇ ÇEŞİTLERİ, ARAÇ DİZİLERİ VE ARAÇ NUMARALARI

Kent içi raylı sistemlerde araç çeşitliliği, özellikleri, işletme türü vb. faktörler yardımıyla araçlar numaralandırılır ve araç dizileri oluşturulur. Bu yapı; araçların tanınması, izlenmesi, bakım ve onarımı, yedek parça yönetimi, güvenliği, performansı ve verimliliğinin takibinde önemli bir rol oynar. Bu sayede işletmenin verimliliği artırılır.

7.1.1. Kent İçi Raylı Sistemlerde Araç Çeşitleri

Kent içi raylı sistemlerde araç çeşitliliği; ulaşımın verimini artırmak, trafik sıklığını azaltmak, hızlı, konforlu ve güvenli ulaşım sağlamak amacıyla kullanılır. Hangi aracın seçileceği; işletmenin ve şehrin yapısına, yolcu taleplerine, hizmet türü ve alt yapı olanaklarına bağlıdır. Kent içi raylı sistemlerde kullanılan araçların genel özellikleri, taşıma kapasiteleri ve kullanım amaçları farklılık gösterebilmektedir (Tablo 7.1).

Tablo 7.1: Kent İçi Raylı Sistemde Araç Türleri ve Özellikleri

Araç Çeşitleri	Genel Özellikler	Kapasite
Tramvay	Yollarda diğer araçlarla birlikte seyredebilir. Hızlı iniş ve binişlere olanak sağlar. Kara yolu ile aynı yükseklik yapılarına sahiptir. İnşaat çalışması gerektirmediğinden ucuzdur.	Düşük ve orta yoğunlukta yolcu taleplerini karşılar. En düşük yolcu kapasitesine sahip raylı sistem araçlarındandır.
Hafif Raylı Sistem	Tramvaya göre daha yüksek hızda çalışabilir. Genellikle özel yollarda seyreder. Sistem, tecritli olduğu için yüksek hızlarda kullanılabilir. Yer altı ve yer üstünde çalışabilir.	Orta yoğunlukta yolcu taleplerini karşılar. Yüksek kapasiteli sistemlerle bütünleşmiş olarak çalışabilir. Tramvaya oranla yolcu kapasitesi yüksektir.
Metro	Yüksek kapasite ile çalışabilir sistemlerdir. Yer altında çalışan sistemdir. Hızlı ve sık seferler düzenlenebilir.	Özellikle yüksek yoğunluklu yolcu taleplerini karşılamak amacıyla tercih edilir.
Banliyö	Genellikle yer üstünde ve uzun mesafeli ulaşımında kullanılır. Şehir merkezleriyle şehirlerin dış kesimlerinin birleştirilmesi amacı taşır.	Çok yüksek yolcu kapasitesine sahiptir.
Füniküler	Dik yamaçlar ve kısa mesafe taşımacılığında tercih edilen araçtır. Hem asansör hem de raylı sistem teknolojisinden oluşur.	Düşük ve orta yoğunlukta yolcu taleplerini karşılar.
Monoray	Yer üstünde ve yer altında kullanılabilir. Tek ray üstünde çalışır ve genellikle kent içi taşımacılıkta kullanılır. Ray altı veya ray üstü işletilebilir araçlardır.	Düşük ve orta yoğunlukta yolcu taleplerini karşılar.
Maglev	Manyetik güç aracılığıyla taşıtın havada hareket ettirilmesi mantığında çalışır. Yüksek hız, sessizlik ve konfor olanaklarına sahiptir. Tren ve ray arasında fiziksel bağlantı olmadığı için sürtünme azdır.	Çok yüksek yolcu kapasitesine sahiptir.



ARAŞTIRMA

Bulunduğunuz bölgede taşımacılıkta kullanılan kent içi raylı sistem araçlarını araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Türkiye’de kent içi ulaşımında kullanılan raylı sistem türleri arasında metro, hafif raylı sistem, füniküler, tramvay ve banliyö trenleri yer alır (Görsel 7.1).



Görsel 7.1: Kent içi raylı sistemlerde taşımacılık türlerine örnekler

7.1.2. Kent İçi Raylı Sistemlerde Araç Dizileri

Mevzuat ve standartlar, yolcu talepleri, işletme stratejisi, platform uzunlukları, araç kapasitesi, yolcu yoğunluğu vb. faktörler doğrultusunda planlama yapılarak kent içi raylı sistemlerde araç dizileri oluşturulur.

7.1.2.1 Raylı Sistem Araç Dizisi Oluşturma

Raylı sistem araçları birbirlerine bağlanarak veya tek tek işletilebilir. Bu nedenle tramvay araçları (her biri çift kabinli yapıda tasarlandığından) tekli, ikili, üçlü vb. şekillerde, ihtiyaçlar doğrultusunda diziler oluşturularak kullanılır (Görsel 7.2).



Görsel 7.2: Tramvay dizisi örneği



ARAŞTIRMA

Kent içi raylı sistemlerde kullanılmak üzere tren dizisi oluşturulurken araç sayılarının nelere göre belirlendiğini araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Metro işletmelerinde kullanılan tren setleri, sistemin gereksinimlerine göre proje aşamasında üretici firmadan genellikle üçlü, dörtlü veya daha fazla araçtan oluşacak şekilde talep edilir ve bu doğrultuda üretilir. Fabrika üretimi metro tren setleri, tramvaylardan farklı olarak, sabit kupajlarla birbirine bağlanarak set hâlinde kullanılır.

Metro tren setlerinde kullanılan sabit kuplajın getirmiş olduğu en büyük avantaj, vagonlar arasındaki bağlantı yerlerinde yolcuların geçiş yapabilmesidir. Ayrıca ihtiyaçlar doğrultusunda (hat uzunluğu, yolcu yoğunluğu, işletme gerekliliği vb.) işletmeci tarafından farklı dizi uzunluğundaki iki metro aracı birbiriyle bağlanarak daha uzun metro dizileri de oluşturabilir (Görsel 7.3).



Görsel 7.3: Birbirine bağlanmış metro dizisi örnekleri



BİLGİ KUTUSU

Metro tren setlerinde vagonlar arası geçişin yapılabildiği yola **geçiş yolu [gaintway (gayntvey)]** denir.

Metro Tren Dizisi Örneği: Türkiye’de bulunan bir metro hattında, CBTC Otomatik Tren İşletimi modunda çalışan ve altı adet vagona sahip elektrikli tren seti bulunmaktadır. Bu tren setinde iki adet yardımcı tren sürücü kontrol paneli içeren uç vagon, iki adet ara motorlu vagon ve iki adet ara çekilen vagon (T1: Pantografli, T2: Pantografli ve CBTC teçhizatlı) bulunmaktadır. Bu elektrikli tren setinin ünite yapısı; MC1 (Motorlu kabinli 1. araç)- M1 (Motorlu araç 1)- T1 (Taşıyıcı araç)- T2 (Taşıyıcı araç)- M2 (Motorlu araç 1)- MC2 (Motorlu kabinli 2. araç) şeklindedir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1: Metro örnek yerleşim düzeni



SIRA SİZDE

Araç dizisi yapılırken sizce hangi stratejiler kullanılabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.1.3. Kent İçi Raylı Sistemlerde Araç Numaraları

Raylı sistem araçlarının birbirleri arasındaki konumu ve bu araçların sistemli olarak takibi, araç numaraları aracılığıyla sağlanır. Tramvay araçları gibi kullanılan ve kent içi raylı sistem araçlarının üzerinde bulunan bu numaralar araçların kimlik bilgisidir (Görsel 7.4).



Görsel 7.4: Tramvay araç numaraları

Kent içi raylı sistemlerde işletmenin talebi üzerine oluşturulan metro tren setlerinin tek bir numarası vardır (Görsel 7.5). Tren seti içinde kullanılan her bir aracın ise sistematik olarak belirlenmiş birbirinden farklı araç numaraları bulunur.

Tren numaraları isimlendirilirken genel olarak dizi içerisinde bulunan T ve M araçlarının numaraları kullanılır.

Tren setinde yer alan MC1 ve MC2 araçları M ve T araçlarının numaraları referans alınarak sistematik olarak numaralandırılır (Tablo 7.2).



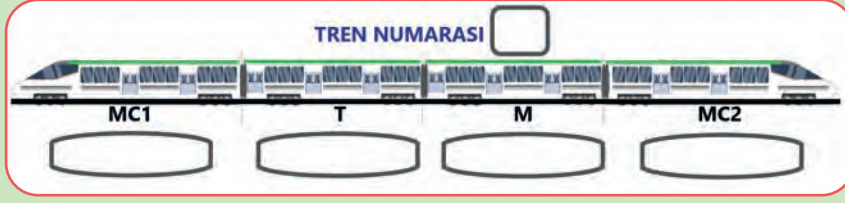
Görsel 7.5: Metro tren numaraları

Tablo 7.2: Tren Numaralandırma Sistemi

Araç Çeşidi Proje Numarası 4 5 4 1 Tren Numarası	
4	Örneğin hatlara göre proje numaraları M2: 1, M3: 2, M4: 3, M5: 4, M6: 5 şeklinde verilsin. İlk rakam proje numarasını verdiğinden 4 numaralı proje olan M5 hattına ait bir tren olduğu bilgisi, araç numarasının ilk hanesinden alınır.
5	Araç numarasının ikinci rakamı araç çeşidi bilgisini verir. Örneğin M5 hattında 3 çeşit araç bulunsun ve 5: MC, 4: M, 1: T aracını temsil etsin. Bu durumda ikinci rakam 5 olduğundan numaralandırılan araç çeşidi, MC aracıdır. Numaranın son rakamı (1) ve tek sayı olduğundan MC1 aracı olduğu anlaşılır. NOT: Numaranın son rakamı tek ise MC1, M1, T1 aracı bilgisi alınırken son rakam çift ise MC2, M2, T2 bilgisi alınır.
41	Araç numarasının son iki rakamı, aracın hangi trene ait olduğu bilgisini verir. Bu rakamlar M ve T araçlarının tren numarasıdır. Son iki rakam 41 tek sayı olduğundan 1 eklenir ve ikiye bölünür elde edilen 21 sayısı bize o trenin numarasını verir. NOT: Numaranın son rakamı tek ise numaraya 1 eklenir, ikiye bölünür. Son rakam çift ise numara ikiye bölünür ve tren numarası elde edilir.
E1	Tren numarasının sonuna eklenen E1 – E2, A – B, X – Y gibi harfler aracın yön bilgisini verecektir.
TREN NUMARASI 21	



SIRA SİZDE



Şekil 7.2: Tren numarası

4'lü tren dizisinde bir metro aracı, M3 hattında çalışmaktadır ve M3 hattı için proje numarası M3: 2 şeklindedir. Bu proje hattında üç çeşit araç bulunmaktadır. Araç numaraları 5: MC, 3: M, 1: T şeklindedir ve her aracı temsil eden numara farklıdır.

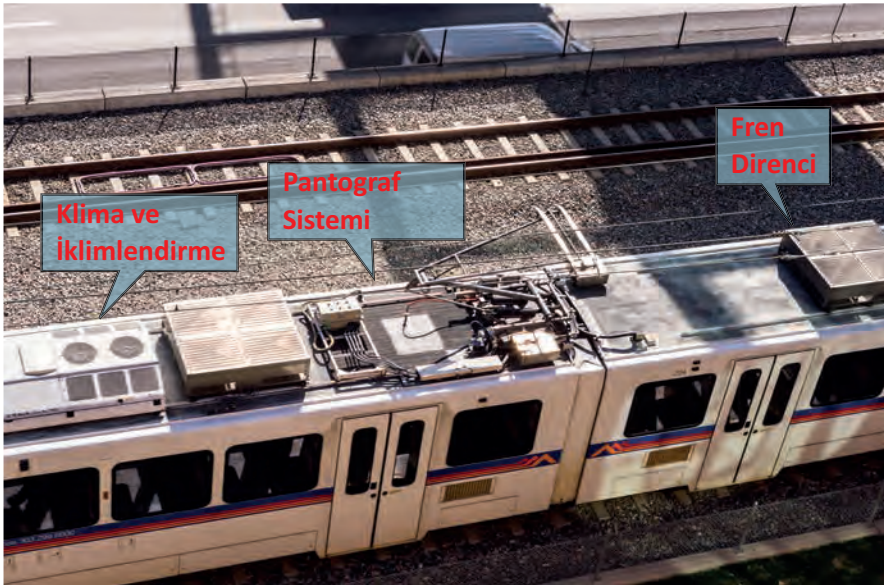
Şekil 7.2'de boş bırakılan yerleri uygun vagon ve tren numaraları ile doldurunuz.

7.2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEM ARAÇ EKİPMANI

Raylı sistem araçlarında bulunan ekipman; aracın türüne, kullanım amacına, teknolojik seviyesine, müşteri ve işletme taleplerine göre değişiklik göstermektedir. Bu ekipman; araç üstü, araç içi ve araç altı ekipman olarak üç temel başlığa ayrılır. Genel olarak **metro** gibi **yüksek tabanlı araçlarda** tren ekipmanının çoğunluğu **araç altında** yer alırken, **tramvay** gibi **alçak tabanlı araçlarda** tren üzerinde yer alır.

7.2.1. Araç Üstü Ekipmanı

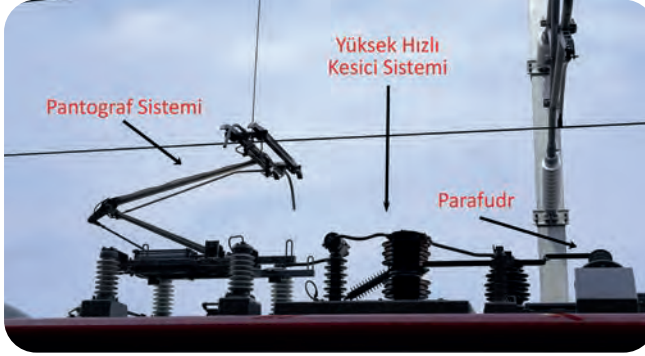
Araç üstü ekipmanı, tren üzerinde yük oluşturmayacek şekilde yolcu konforu ve operasyonel verimliliği artırmak amacıyla yerleştirilir. Kent içi raylı sistem araçlarında bulunabilecek araç üstü ekipmanı şunlardır (Görsel 7.6):



Görsel 7.6: Araç üstü ekipmanı

- Araç üzerinde yolcu hava konforunu sağlamak amacıyla monte edilen **havalandırma, fanlar, klima ve iklimlendirme ekipmanı**
- Frenleme ile araç motorlarında oluşacak geri besleme geriliminin ısı enerjisine çevrilmesi amacıyla **fren direnci**
- Aracın aşırı yük akımlarından korunması amacıyla **yüksek hızlı kesici**

- Elektrik enerjisinin katener hattından alınması amacıyla **pantograf** (Görsel 7.7)
- Arıza, yıldırım düşmesi, kesici açması vb. nedenlerle oluşabilecek gerilim dalgalanması kaynaklı hasar etkisinden sistemi korumak amacıyla **parafudr** (Görsel 7.8)



Görsel 7.7: Pantograf ve kesici



Görsel 7.8: Parafudr

- Raylı sistem aracına alınan elektrik enerjisinin motorların tahriki, aracın seyri ve diğer tüm elektriksel devrelerin çalışması için gerekli olan gerilim değerlerinin (24 VDC, 400 VAC vb.) elde edilmesi için kullanılan **motor konvertör sistemi**
- Raylı sistem aracının enerjisiz kaldığı bölgelerde 750 V gerilim ile bu bölgelerde aracın seyrine olanak sağlayan **750 V batarya** (Görsel 7.9). Ayrıca araçların iki baş kısmında aracın canlandırılması için **24 V batarya sistemi**
- Raylı sistem aracının merkezi kontrol birimleri ve diğer araçlar ile iletişimini sağlayan wifi, GPS vb. **iletişim antenleri** (Görsel 7.10)



Görsel 7.9: 750 V batarya



Görsel 7.10: Araç üstü iletişim antenleri

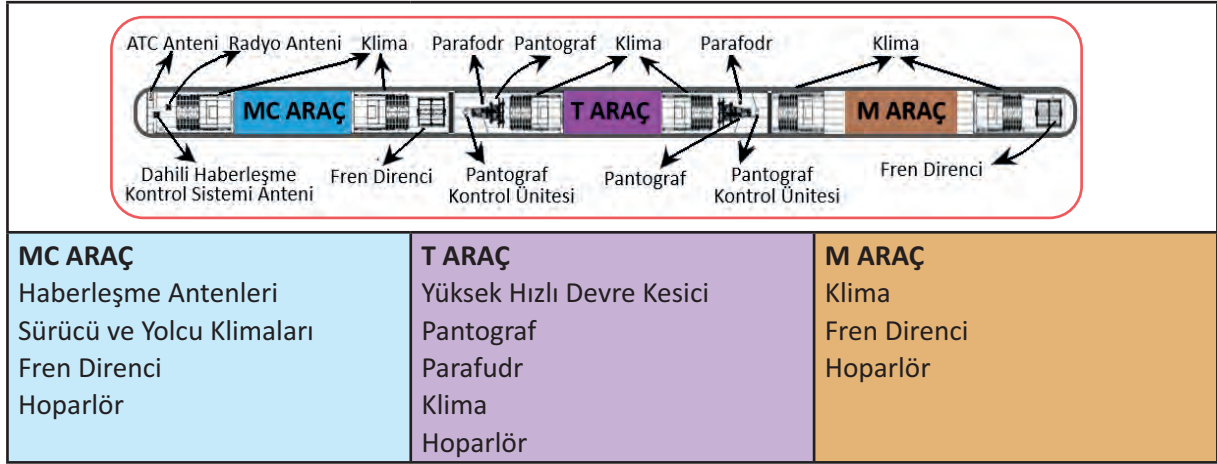
- Kent içi raylı sistem araçlarında genel olarak bulunan araç donanımlarına ek olarak araç üstlerinde **hava tanklı kompresör sistemleri, hoparlör ve anons sistemleri, ışıklandırma ve sinyal sistemleri**, araç performansını izlemek ve kontrol etmek için **sensörlü kontrol birimleri** ve haricen takılan kablolar ile raylı sistem aracının 750 V ile beslenmesine olanak sağlayan **harici besleme kutusu** gibi donanımlar



ARAŞTIRMA

Çevrenizdeki istasyon veya garlarda bulunan raylı sistem araçlarının araç üstü ekipmanının neler olduğunu araştırınız. Bunların özellikleri hakkında yetkililerden bilgi alınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Kent içi raylı sistemlerde araç üstü ekipman, aracın teknolojik durumu ve işletme gereklilikleri doğrultusunda değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin metro trenlerinde bulunan temel araç ekipmanının araç üstü yerleşimi Şekil 7.3'te gösterilmiştir.



Şekil 7.3: Metro trenleri araç üstü ekipmanı



SIRA SİZDE

Aşağıdaki ifadelerde boş bırakılan yerleri doğru ifadeler ile doldurunuz.

1. Elektrik hattında meydana gelebilecek herhangi bir gerilim dalgalanması kaynaklı hasar etkisinden sistemi koruyan ekipmana denir.
2. Raylı sistem aracı üzerinde bulunan, haberleşme amacıyla kullanılan wifi, GPS gibi donanım antenlerinin genel adına denir.
3. Raylı sistem aracının bakım, tamir vb. durumlarda 750 V ile harici olarak beslenmesine olanak sağlayan ekipmana denir.
4. Raylı sistem aracı üzerinde bulunan ve motorların tahriki için gerekli olan elektrik enerjisini katener hattından alan ekipmana denir.

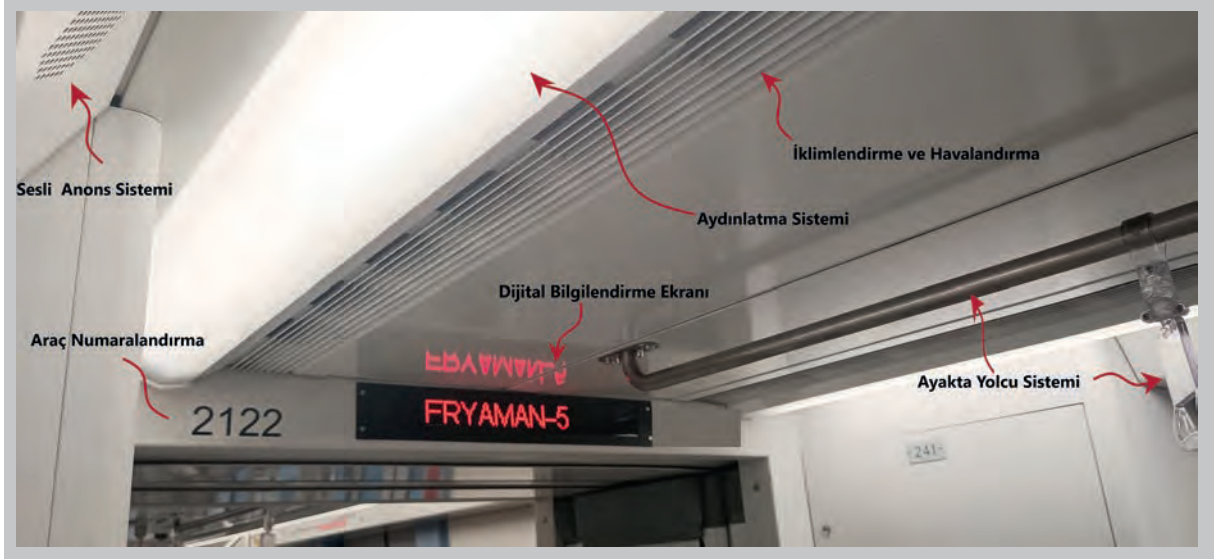
7.2.2. Araç İçi Ekipmanı

Kent içi raylı sistem araçlarındaki iç ekipmanının; yolcu güvenliğini, yolculuk konforunu, işletmenin operasyonel verimliliğini sağlamak gibi çeşitli amaçları vardır. Bu ekipman; aracın türüne, kullanım amacına ve mevcut teknoloji çerçevesine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Kent içi raylı sistem araçlarında yer alan araç içi ekipmanından bazıları şunlardır:

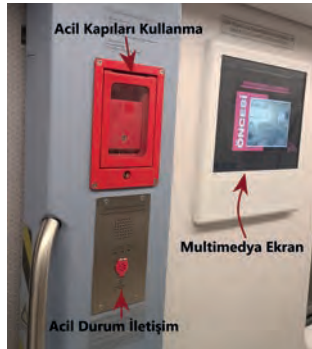
- Enerji verimliliği düşünülerek tasarlanmış **araç içi aydınlatma** ve acil durumlarda devreye giren **acil durum aydınlatma sistemleri**
- Araç içi hava kalitesini arttırmak için **araç içi klima ve ısıtma sistemleri**, araç içindeki havanın sirkülasyonu için **araç içi havalandırma fanları**.
- Ayakta seyahat edecek yolcuların tutunabilecekleri **dikey ve yatay barlar**, yolcuların güvenli bir şekilde seyahat etmeleri için **kayışlı tutamaçlar**
- Tekerlekli sandalye, bebek arabası vb. araçları kullanan yolcuların raylı sistem aracına rahatça inip binmeleri için **rampa ve lift sistemleri**, engelli bireylerin yardım talep edebileceği **yardım çağrı butonu**
- Yolcuların bilgilendirilmesi ve eğlencesi için **multimedya ekranlar**, kesintisiz internet hizmeti için **kablosuz internet donanımları**

- Durak isimleri, varış noktaları, güvenlik duyuruları, sefer bilgileri ve diğer önemli bilgilendirmelerin yapıldığı **dijital bilgilendirme ekranları** ve **sesli anons sistemleri** (Görsel 7.11)



Görsel 7.11: Araç içi ekipmanı

- Seyahatlerini yapan yolcuların eşyalarını koyabilecekleri **raf sistemleri**, bisiklet kullanıcıları için ayrılmış **bisiklet askı sistemleri**
- Acil durumlarda yolcuların makinist ve merkez ile iletişime geçebileceği **acil durum iletişim sistemi** (Görsel 7.12), aracı durdurabilecek **yolcu fren butonu**; araç içi izleme, yolcu hareketlerinin takibi ve güvenlik için **kapalı devre kamera sistemi** (Görsel 7.13) vb. güvenlik ekipmanı



Görsel 7.12: Acil durum ekipmanı



Görsel 7.13: Kamera sistemi

- Yolcuların konforlu seyahatini sağlamak amacıyla tasarlanmış **ergonomik koltuklar** ile engelli, hasta, yaşlı, hamile vb. yolcular için ayrılmış **özel koltuklar**
- Yolcuların araca giriş çıkışını kolaylaştıran **otomatik kapılar**, kapıların açılıp kapanması sırasında sesli ve ışıklı bilgi veren **kapı uyarı sistemleri** (Görsel 7.14)
- Meydana gelebilecek bir yangında **yangın algılama, söndürme ve havalandırma sistemleri**



Görsel 7.14: Oturma düzeni ve kapı sistemi

- Araç ana bilgisayarı (VCU), haberleşme bilgisayarı (GTW), fren sistemi kontrol bilgisayarı (BCU) ve sigorta kutuları araç içi donanımı



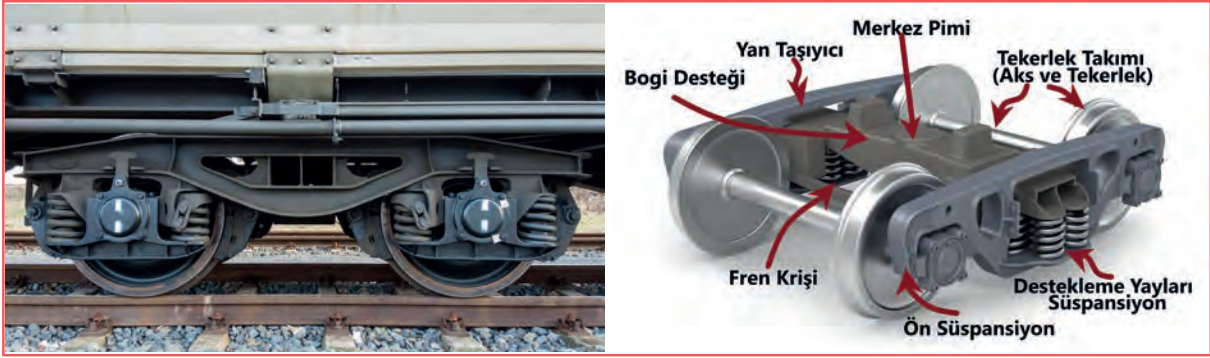
ARAŞTIRMA

Çevrenizde bulunan raylı sistem araçlarının araç içi ekipmanının neler olduğunu araştırınız. Bunların özellikleri hakkında yetkililerden bilgi alınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.2.3. Araç Altı Ekipmanı

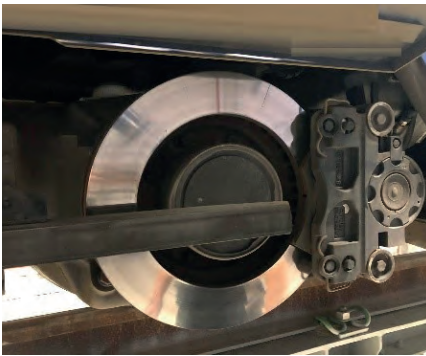
Araç altı ekipmanı, raylı sistem araçlarının hareketini sağlayan mekanik ve elektriksel bileşenlerden, güvenlik ve bakım ekipmanı gibi teknik unsurlardan oluşur. Kent içi raylı sistem araçlarında bulunabilecek araç altı ekipmanı ve işlevleri şunlardır:

- Aracın ray üzerinde hareketini sağlayan, araç tekerleklerinin üzerinde durduğu, dönebilen ve süspansiyon sistemlerini içeren çerçeve yapıda **bogi sistemi** (Görsel 7.15)
- Metal tekerlekler ve tekerlekleri taşıyıp döndüren **aks sistemi**. Aks üzerinde aks ile birlikte dönen diskler

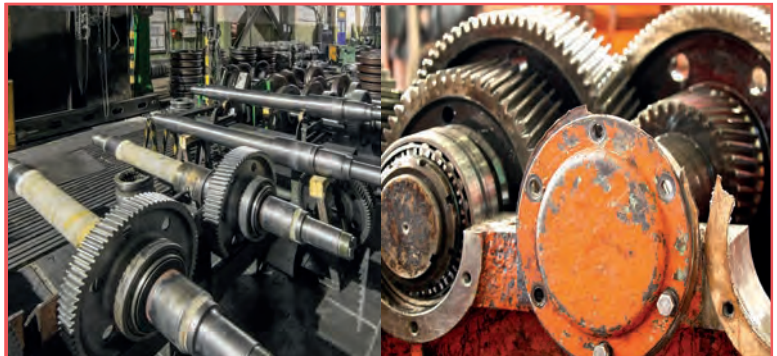


Görsel 7.15: Bogi Sistemi

- Kaliper yay basıncının yağ basıncı kullanılarak yenildiği ve frenleme sisteminin harekete geçtiği kısım olan **disk ve kaliper takımı** (Görsel 7.16)
- Raylı sistem araçlarında motordan gelen hız ve torku, istenen seviyede değiştirmek için **dişli çarkları** (Görsel 7.17). Motordan hareket enerjisini alan ve buradan tekerlere ileten, içinde **dişli çarkı** bulunan **dişli kutusu**



Görsel 7.16: Disk ve kaliper takımı

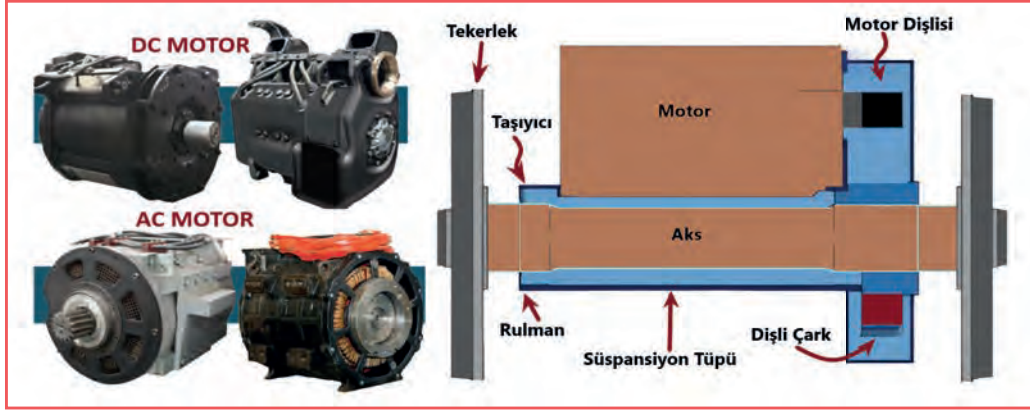


Görsel 7.17: Tren dişli çarkları

- Raylı sistem aracı APS sistemi ile besleniyorsa 750 V gerilimin araç tahrik sistemine alınması için **APS pabuç** (Görsel 7.18) ve **APS kaldırma vinçleri**
- Raylı sistem araçlarının sinyalizasyon sistemi ile olan haberleşmesine olanak sağlayan **sinyalizasyon antenleri**
- Araçların hareketi için gerekli olan gücü üreten kapalı sistem **cer motorları** (Görsel 7.19). Cer motorlarının kontrol edilebilmesi için **motor kontrol modülü**

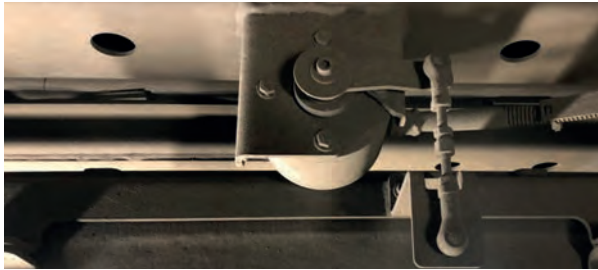


Görsel 7.18: APS pabuç



Görsel 7.19: Cer motoru

- Bogi mekanik frenlerini çözmek için fren kaliperi içerisine hidrolik basarak disk frenlerini çalıştıran **Hydraulic Power Unit [(HPU) hidrolik puvir yünit] hidrolik güç ünitesi**; tüm fren sistemlerinin kontrolü amacıyla kullanılan **fren kontrol modülü**, araç altı donanımı; fren kontrol modülüne veri sağlayan, yolcu yükü ile orantılı olarak mekanik fren ve cer gücü sinyallerinin üretimi amacıyla kullanılan **ağırlık sensörü** (Görsel 7.20); bogiler üzerinde takılı, ray freni pabucu donanımı bulunan, raydan 7-8 mm yükseklikte konumlandırılmış **elektromanyetik** bir fren sistemi olan **ray freni** (Görsel 7.21)

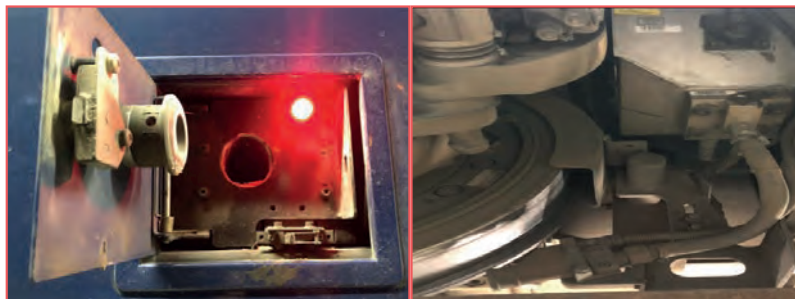


Görsel 7.20: Tren ağırlık sensörü



Görsel 7.21: Ray freni

- Tekerlek ve ray arasına, kum kutusundan kum taşıyarak aracın daha kısa mesafede durması amacıyla kullanılan **kumlama sistemleri** (Görsel 7.22)
- **Batarya üniteleri, yardımcı güç sistemleri, fren dirençleri, yağlama ve süspansiyon donanımları**



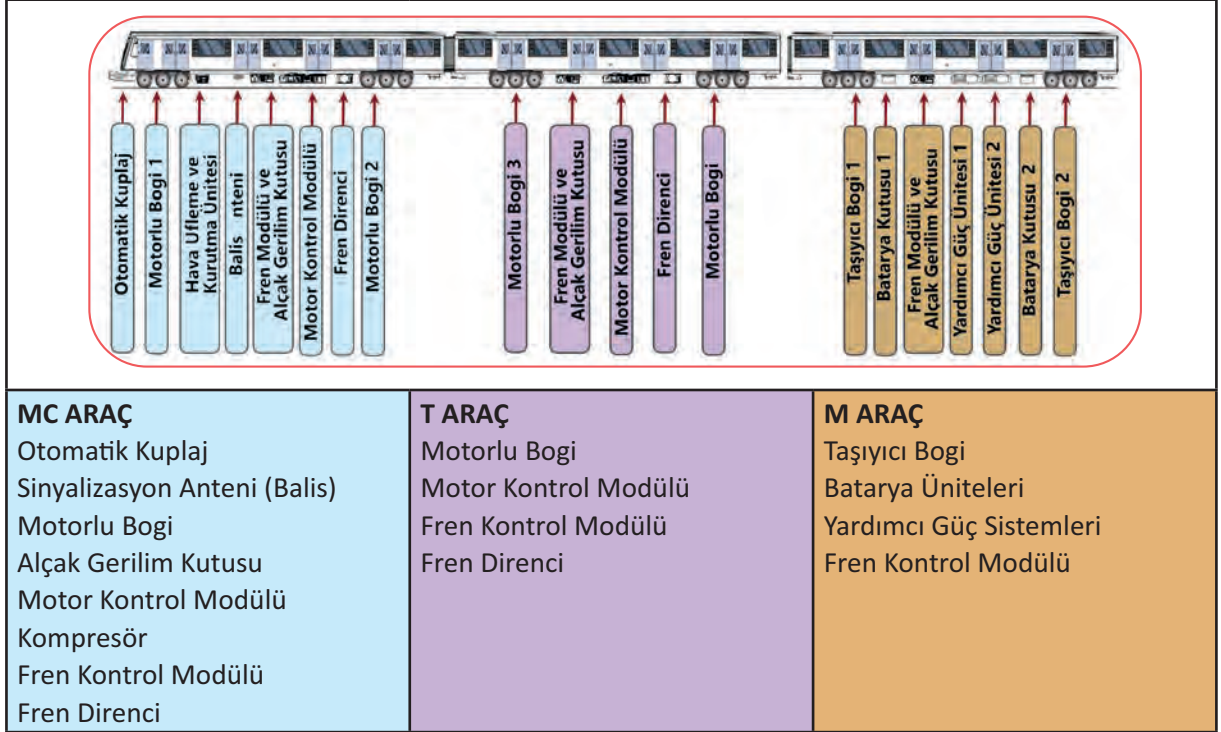
Görsel 7.22: Kumlama sistemi



ARAŞTIRMA

Çevrenizdeki istasyon veya garlarda bulunan raylı sistem araçlarının araç altı ekipmanının neler olduğunu araştırınız. Bunların özellikleri hakkında yetkililerden bilgi alınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Kent içi raylı sistemlerde araç altı ekipmanı, aracın teknolojik durumu ve işletme gereklilikleri doğrultusunda değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin metro trenlerinde bulunan temel araç ekipmanının araç altı yerleşimi Şekil 7.4'te gösterilmiştir.



Şekil 7.4: Metro trenleri araç altı ekipmanı



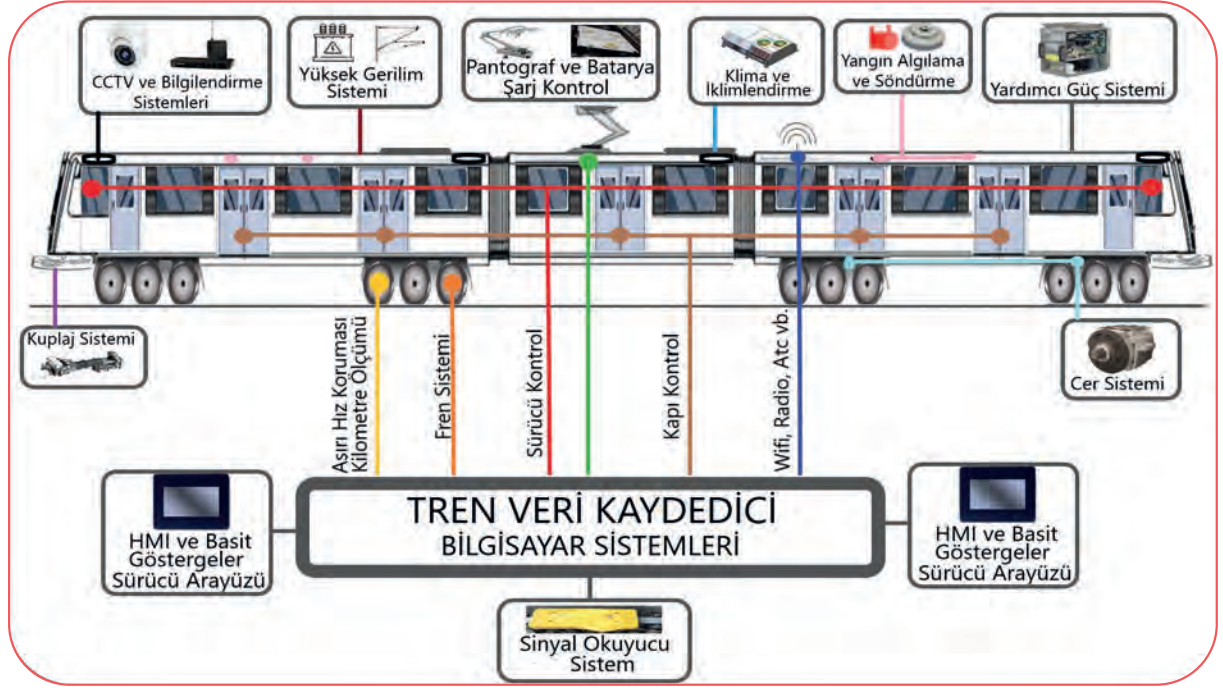
SIRA SİZDE

Aşağıdaki ifadelerde boş bırakılan yerleri doğru ifadeler ile doldurunuz.

1. Raylı sistem aracı altında bulunan, motorlardan gelen gücü istenilen seviyede ayarlamak için kullanılan araç altı ekipmana denir.
2. Raylı sistem aracının daha kısa mesafede durması amacıyla teker ile ray arasına kum taşıyan araç altı ekipmana denir.
3. Mekanik fren ve cer gücünün kontrolü için yolcu yükü ile orantılı olarak fren kontrol modülüne veri gönderen araç altı ekipmana denir.
4. Raylı sistem araç tekerleklerinin hareketini sağlayan ve elektrik enerjisi ile tahrik olan kendinden soğutmalı araç altı ekipmana denir.
5. Raylı sistem araç tekerleği, süspansiyon sistemi, aks, disk ve kaliper gibi ekipmana sahip aracın hareketini sağlayan araç altı ekipmana denir.

7.3. ARACIN SİSTEMLERİ

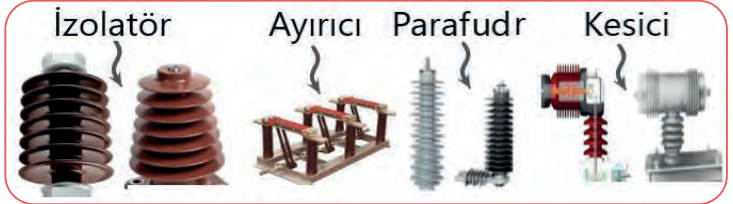
Kent içi raylı sistem araçlarında çeşitli sistemler mevcut olup bu sistemler aracın teknolojik yapısı ve araç modeli doğrultusunda değişmektedir (Şekil 7.5).



Şekil 7.5: Araç sistemleri örneği

7.3.1. Yüksek Gerilim Sistemleri

Raylı sistem araçlarının ve altyapısının elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılan elektrikli sistemlere **yüksek gerilim sistemi** denir. Raylı sistem araçlarının çalışması için gerekli olan elektrik enerjisi **hava hatlarından pantograf** ile veya **üçüncü raydan APS pabuç** vasıtasıyla alınır. Alınan enerji, raylı sistem aracına yüksek gerilim geçiş elemanları üzerinden giriş yapar. Yüksek gerilim geçiş elemanları şunlardır (Görsel 7.23):



Görsel 7.23: Yüksek gerilim geçiş elemanları

- Yüksek gerilim ile raylı sistem araç şasesi arasında izolasyonu sağlayan **izolatörler**
- Elektrikli lokomotiflerde yük altında açma kapama yapan **yüksek hızlı devre kesici**
- Hat arızaları, kesici açması, yıldırım düşmesi gibi manevralarla meydana gelebilecek yüksek gerilim dalgalanmalarından sistemi koruyan **parafudr**
- Elektrikli lokomotiflerde bulunan büyük ve küçük pantografların herhangi birinin arızalanması durumunda arızalı pantografı sistemden izole etmek için **ayırıcı**

Araçlarda genellikle yüksek gerilim geçiş elemanları (örneğin alternatör) tarafından sağlanan yüksek gerilim, daha düşük ve uygun voltajlara indirilerek (genellikle 750 V) araç içerisindeki çeşitli donanımlar (örneğin cer motoru), elektrikli ekipman ve diğer sistemler için kullanılır.

7.3.2. Yardımcı Güç Sistemleri

Kent içi raylı sistem araçlarında kullanılan yardımcı güç sistemleri, aracın doğrudan hareketinden sorumlu olmayan ancak yolcu güvenliği, konforu ve işletme verimliliği için gerekli olan elektrikli ve

mekanik sistemlerin çalışması için enerji sağlar. Yardımcı devreler için **yardımcı konvertör** adı verilen güç üniteleri bulunmaktadır (Görsel 7.24). Bu ünite ve sistemler; araç içindeki aydınlatma, havalandırma, ısıtma, iletişim, akü beslemesi, basınçlı hava kompresörleri, bilgilendirme ve diğer önemli bileşenlerin enerji ihtiyacını karşılar.

Yardımcı güç sistemi gerilim çıkışlarından (400 VAC, 24 VDC, 72 VDC vb.) raylı sistem araç sistemlerinin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjileri elde edilir. Örneğin elde edilen elektrik enerjilerinden 24 VDC ile düşük voltaj batarya şarj devreleri şarj edilirken, 400 VAC ile klima ve hava kompresörleri beslenebilir.



Görsel 7.24: Yardımcı konvertör

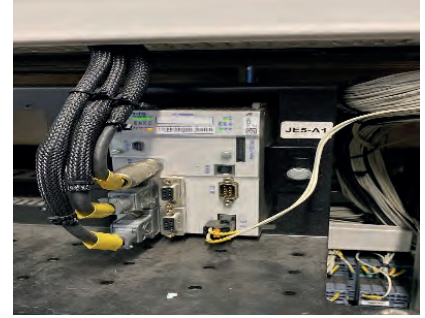
7.3.3. Bilgisayar Sistemleri

Kent içi raylı sistem araçları bilgisayar sistemi, araç operasyonlarının etkin, güvenli ve verimli bir şekilde yönetilmesi amacıyla kullanılan temel sistemdir. Bu sistem, araç kontrolünden yolcu bilgilendirme sistemlerine kadar birçok temel işlevin yerine getirilmesinde kullanılır.

7.3.3.1. VCU Araç Kontrol Ünitesi

VCU [(Vehicle Control Unit) viyıkl kantrıl yünit] **araç kontrol ünitesi**, raylı sistem aracının tüm sistemlerini ve temel operasyonları yönetip kontrol eden merkezi ana kontrol bilgisayardır (Görsel 7.25). Araç üzerindeki sensörlerden ve elektronik bileşenlerden çeşitli verileri toplar ve bu verileri işleyerek aracın verimli, sorunsuz ve güvenli çalışmasını sağlar.

Bu ünite, kent içi raylı sistem araçlarında araç hareket kontrolü, araç enerji yönetimi, kapı ve donanım kontrolü, araç içi güvenlik kontrolü, araç hava kalitesi kontrolü, sensör kontrolü gibi görevleri yerine getirir ve sürücü ile araç iletişimini aktif bir şekilde sürdürür.



Görsel 7.25: Araç kontrol ünitesi

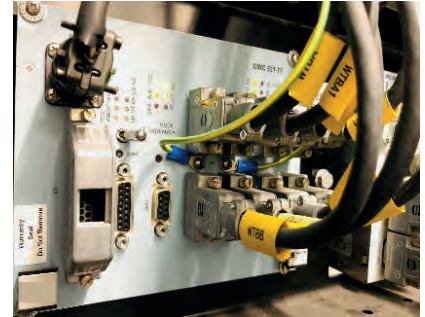
7.3.3.2. GTW Bilgisayarı

Gateway (Geydvey) **ağ geçidi, ağ sistemi bilgisayarı**; çeşitli alt sistemler arasında veri iletişimini ve entegrasyonu sağlamak amacıyla kullanılan, araçlar arası merkezî haberleşme bilgisayardır (Görsel 7.26). Bu bilgisayar, araç içerisindeki farklı ağ protokollerini destekleyerek, veri alışverişlerini kolaylaştırıp araç içindeki tüm sistemlerin uyumlu çalışmasını sağlar.

GTW (Gateway) bilgisayarı, çeşitli önemli işlevleri yerine getiren bir bileşendir. Bu işlevler genellikle şunları içerir:

- Ağ protokolü dönüşümü
- Sistemler arası uyum sağlama
- Veri izleme ve tanılama
- Güvenlik ve izleme sistemlerinin bağlantısı
- Araç içi ve dışı iletişim
- Haberleşme
- Veri işleme
- Uygun alt sisteme gönderme

Bu bilgisayar, kent içi raylı sistemlerde araç içi ve araç dışı sistemlerin birbiri ile bağlantısını kurarak uyum içinde çalışmasını sağlar. Böylece operasyonel süreçlerin kesintisiz devam etmesine katkıda bulunur.



Görsel 7.26: Gateway



SIRA SİZDE

Bilgisayar sistemlerinde yapay zekâ ve makine öğrenimi teknolojileri sizce nasıl kullanılabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.3.3.3. BCU Bilgisayar

BCU [(Brake Control Unit) brik kantrıl yünit] **fren kontrol ünitesi**, raylı sistem araçlarında fren sistemlerini kontrol eden merkezi fren kontrol bilgisayarıdır (Görsel 7.27). Bu bilgisayar, raylı sistem aracının emniyetli ve etkin bir şekilde fren sistemini kullanmasını sağlamak için çeşitli fonksiyonları yerine getirir. BCU'nun temel fonksiyonları şunlardır:



Görsel 7.27: Fren kontrol ünitesi

Frenleme Yönetimi: Normal frenlemede trenin emniyetli ve yolcu konforunu bozmayacak şekilde; acil frenlemelerde maksimum fren kuvveti ile emniyetli bir şekilde trenin yavaşlatılıp durdurulmasına katkıda bulunur.

Fren Kuvveti Yönetimi: Araç içerisinde bulunan farklı frenleme sistemlerinin birbiri arasındaki koordinasyonu sağlar. Fren kuvvetinin araca dengeli dağıtılması, yük ve yol koşullarına göre fren kuvvetinden ayarlamalar yapılmasında etkindir.

Fren Sistemlerinin İzlenmesi: Fren sensörlerini eş zamanlı ve kesintisiz izleyerek olası bir arıza ya da olumsuzluğun meydana gelmesi durumunda uyarı verir.

Enerji Kazancı: Frenleme sırasında açığa çıkan enerjinin geri kazanımını ve depolanmasını sağlar.

İletişim: Araç kontrol ünitesi ve merkezi kontrol birimleri ile eş zamanlı iletişim hâlinde kalarak operasyonel verimlilik sağlar ve fren taleplerini alarak uygular.



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistem taşımacılığında araç bilgisayar sistemlerinde bir arıza olması durumunda ne gibi olumsuz durumlar yaşanabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.3.4. Frenleme Sistemleri

Kent içi raylı sistem araçlarında BCU bilgisayarı, raylı sistem aracından veya sürücünden aldığı frenleme bilgisiyle birlikte devreye girerek fren kuvvetini otomatik ayarlar. Araç altında bulunan ağırlık sensörü tarafından tespit edilen ağırlık durumuyla birlikte araç üstünde bulunan diğer sensörlerden alınan veriler, fren kuvvetinin ayarlanmasında veri olarak kullanılır.

Kent içi raylı sistem araçlarında kullanılan frenleme sistemleri genellikle birbiriyle entegre çalışır. Raylı sistem araçlarındaki fren sistemleri yönetilirken kullanılan bazı fren modları şunlardır:

Servis Freni: Normal kullanım şartlarında geçerli olan fren modudur.

Maksimum Servis Freni: Hız aşımalarında maksimum servis frenlemesine geçerek (%100 servis freni) aracın hız limitlerine getirilmesine olanak sunar.

Otomatik Servis Freni: Aracın yazılım parametrelerinde yer alan hız limitleri dâhilinde hızlanmayı otomatik olarak kesen fren sistemidir. Örneğin ölü adam tutamağı basılı olmazsa, hareket hâlinde araç kapıları açılırsa, araçlar istemsizce ayrılırsa, cer ve fren sisteminde bir hata algılanmışsa yazılımsal olarak devreye girer.

Emniyet Freni: Kabinlerden herhangi birinde acil durumlar için olan mantar butonunun aktif edilmesiyle devreye girer.

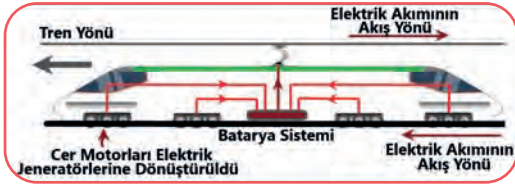
Park Freni: Trenin park hâlinde sabit ve hareketsiz kalmasını sağlayan, manuel (el ile) veya otomatik olarak çalıştırılabilen fren modudur.

Durdurma Freni: Araç belirli bir hız ve altına düşünce elektrikli frenleme özelliğini yavaş yavaş azaltır, hidrolik frenlemeyi artırır.

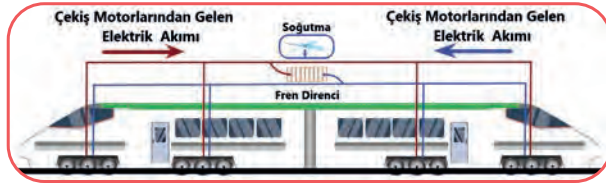
Raylı sistem araçları frenleme modlarının çalıştırılması için kullanılan temel frenleme sistemleri ve özellikleri şunlardır:

Elektrodinamik Frenleme Sistemi

Elektrodinamik frenleme sistemi, raylı sistem araçlarında enerji verimliliğini ve araç fren performansını en üst seviyeye çıkarmak için kullanılan cer sistemi frenlemesidir. Bu sistemde cer motorları, dinamo gibi çalıştırılarak tekerleklerin dönüşü zorlaştırılır. Böylece elektromanyetik bir direnç oluşması amaçlanır. Bu sistemlerde frenleme sırasında açığa çıkan enerji katener hattına geri verilerek ya da araç üzerindeki batarya sistemleri şarj edilerek **rejeneratif** (yenileyici) frenleme yapılır (Şekil 7.6). Rejeneratif fren yapılamadığı durumlarda açığa çıkan enerji, fren direnci üzerinde harcanarak **reostatik** (dirençli) frenleme yapılır (Şekil 7.7). Ancak elektrodinamik frenlemede herhangi bir aksaklık meydana gelmesi durumunda **mekanik frenleme sistemi** otomatik olarak devreye girerek fren kuvvetini sağlar.



Şekil 7.6: Yenileyici frenleme



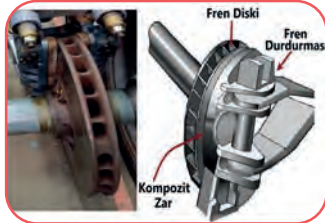
Şekil 7.7: Dirençli frenleme

Mekanik Frenleme Sistemi

Mekanik frenleme sisteminde tren tekerleklerine veya disklere mekanik kuvvet uygulanarak aracın kinetik enerjisi, ısı enerjisine dönüştürülür ve frenleme sağlanır (Görsel 7.28).

Manyetik Raylı Frenleme Sistemi

Raylı sistem araçlarından raylara uygulanan manyetik alanın mıknatıs kuvveti ile raylı sistem aracını yavaşlatan veya durduran frenleme sistemidir (Şekil 7.8).



Görsel 7.28: Mekanik fren sistem



Şekil 7.8: Manyetik raylı frenleme



ARAŞTIRMA

Bulunduğunuz bölgedeki raylı sistem araçlarında kullanılan fren sistemlerini araştırınız? Araştırma sonuçlarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.

Pnömatik (Havalı) Frenleme Sistemi

Kompresör ve hava tanklarından beslenen hava basıncını kullanan fren sistemidir. Hava basıncı fren silindirlere itilerek fren pabuçlarına veya disklerine baskı uygulanır. Ani hava boşaltma sistemi ile acil durumlarda hızlı frenleme sağlar.

Hidrolik Fren Sistemi

Mevcut fren sistemleri içinde ve mevcut fren sistemlerine ek olarak kullanılan hidrolik sıvı basıncı ile fren kuvveti oluşturan fren sistemidir. Hidrolik yağın yüksek basınç frenleme etkisinden faydalanılır.

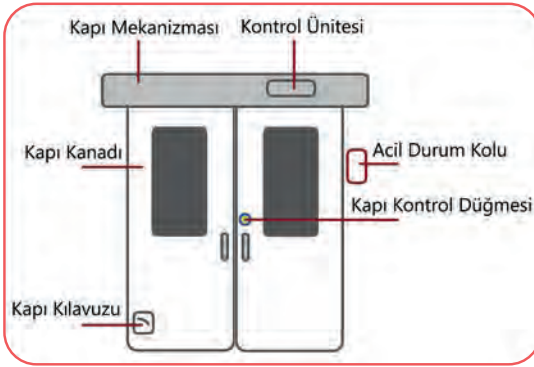


BİLGİ KUTUSU

Elektrodinamik frenleme ve mekanik frenleme sistemleri herhangi bir nedenle devre dışı kalırsa cer sistemi, maksimum dinamik frenleme performansına denk bir frenleme üreterek aracı durdurur.

7.3.5. Kapı Sistemi

Raylı sistem araçlarında yolcu ve sürücü kapıları bulunmaktadır (Görsel 7.29). Sürücü kapıları; yolcuların ve izinsiz kişilerin girmesini engelleyecek, sadece anahtar ile açılacak şekilde tasarlanmıştır. Araçlar üzerindeki tüm yolcu kapıları genellikle birbiri ile bağlantılı, otomatik olarak çalışmaktadır. Kapılar kapanmadığı takdirde araç hareket yetkisi alamaz ve raylı sistem aracı seyrini sürdüremez. Raylı sistem araç kapılarının güvenli ve aktif çalışabilmesi için bazı temel bileşenlere sahip olması gerekir (Şekil 7.9).



Şekil 7.9: Kapı bileşenleri



Görsel 7.29: Yolcu ve sürücü kapıları

Raylı sistem araçlarında yolcu kapılarının güvenli ve düzgün bir şekilde çalışmasını sağlayan **kapı kontrol ünitesi** [(DCU-Door Control Unit) duur kantrıl yünit] bulunur. Bu ünite; kapıların açılıp kapanması, güvenlik kontrolleri, sensör verilerinin alınması, makiniste bilgi gönderilmesi, kapıların kilitlenmesi, kilidin açılması gibi işlemleri kontrol eder.

Kapı kontrol ünitesinin başlıca bileşenleri şunlardır:

Kontrol Panosu: DCU'nun yönetim merkezidir. Kapıların açılıp kapanması ile ilgili tüm komutların verildiği panolardır.

Sensörler ve Algılayıcılar: Kapı arasında, önünde veya yanında bulunan yolcuların varlığını ve kapı kapanacağı zaman kapı aralarında bulunan engelleri algılayarak kapıların otomatik açılması için bilgi gönderen **infrared sensörler** bulunur. Ayrıca kapı çevresindeki canlı ve cisimlerin algılanmasını sağlayan **ultrasonik sensörler** de bulunmaktadır.

Motorlar ve Mekanizmalar: Kapıların otomatik veya manuel açılıp kapanmasını sağlayan elektrik motorları ve çeşitli bileşenler kapılar üzerinde yer alır.

Güvenlik Sistemleri: Raylı sistem araçlarında bulunan sensör ve algılayıcıları kullanan, kapı kapanırken veya açılırken bir engel olup olmadığını tespit eden **engel algılama sistemleri** yer alır. Ayrıca acil durumlarda kapıların manuel olarak açılmasına olanak sunan, genellikle kapı yanlarında bulunan, manuel kapı açma ve kol düğmelerini içeren **acil durum açma mekanizmaları** da bulunmaktadır.

İletişim Arayüzü: Araç kontrol ünitesinin DCU ile iletişimini sağlayan arayüzdür.

Güvenlik Kilitleri: Kapıların doğru bir şekilde kapanmasını, güvenli bir şekilde kilitlenmesini ve araç hareket hâlinde iken açılmamasını sağlar.

Vagon Kontrol Paneli: Kapıların vagon içerisinde kapatılıp açılmasına olanak sağlayan panellerdir.

Yazılım Temeli: Kapıların açılıp kapanması ve hareketlerini kontrol eden ve güvenlik sistemlerinin çalışmasını yöneten **donanım ve yazılımlar** bulunmaktadır.

Kapı kontrol ünitesi; raylı sistem aracı üzerindeki bileşenlerini kullanarak otomatik veya manuel kapı açma kapama, engel algılama, güvenlik kilidi oluşturma ve kilidi açma, arızaların tanımlanması, bildirimi vb. işlevleri yerine getirir.



SIRA SİZDE

Akıllı sensörler ve nesnelerin interneti teknolojisinin raylı sistem araçlarında kullanılması sizce araç performansını nasıl iyileştirir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

7.3.6. Kuplaj Sistemleri

Raylı sistem araçlarının birbirine elektriksel veya mekanik olarak bağlanması işlemine **kuplaj** denir (Görsel 7.30). Kent içi raylı sistemlerde kullanılan otomatik kuplaj sistemleri, hem metro/hafif raylı sistemlerde sık duraklamaları yönetmek için hem de banliyö trenlerinde hızlı birleştirme/ayırıştırma işlemleri için önemli bir avantaj sağlar (Görsel 7.31).

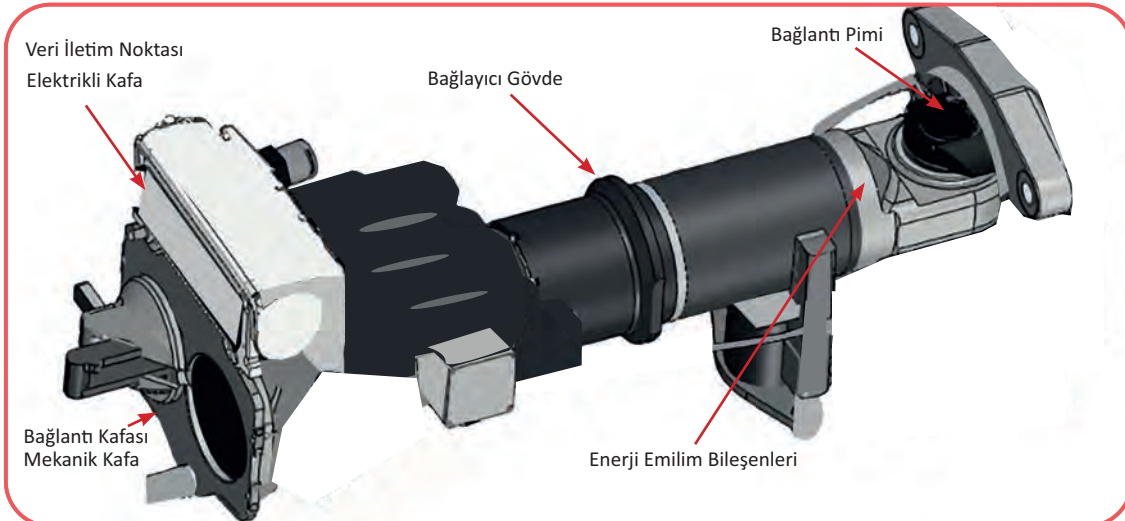


Görsel 7.30: Kuplaj işlemi



Görsel 7.31: Otomatik kuplaj sistemi

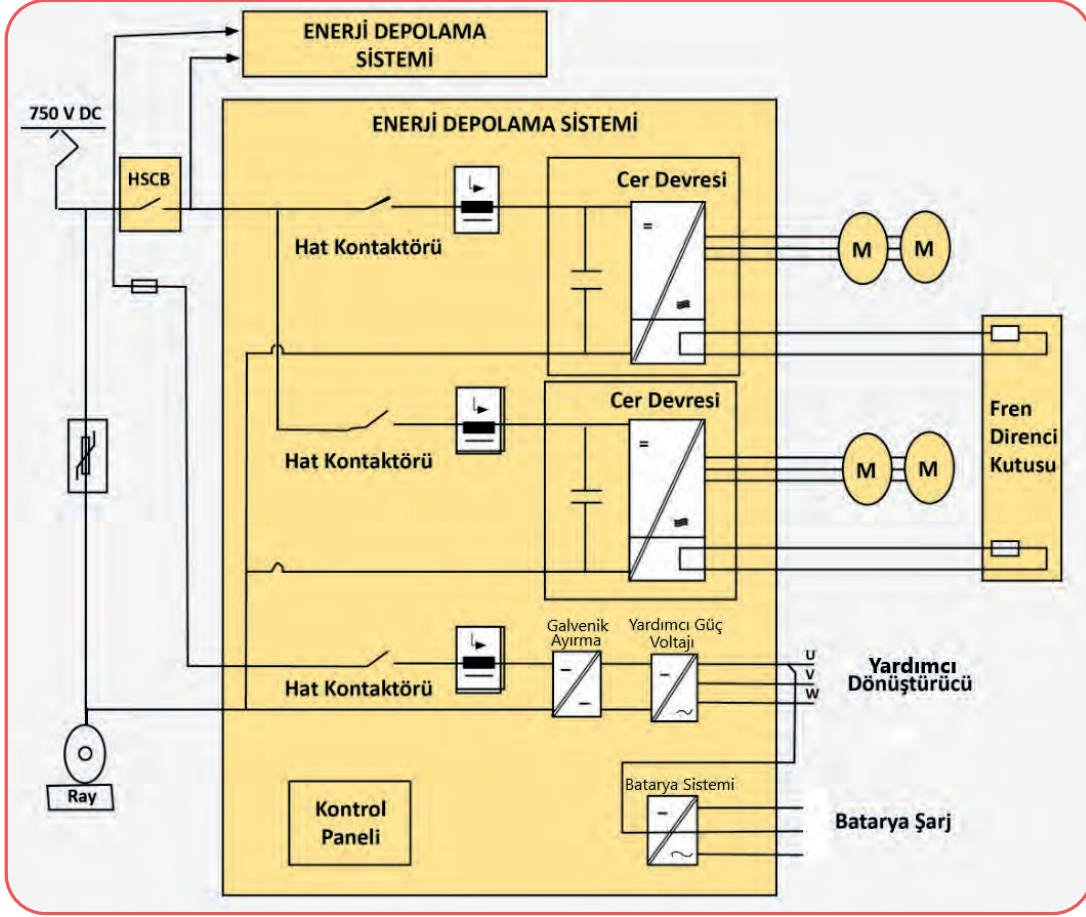
Otomatik kuplaj sisteminin bileşenlerinde (Şekil 7.10), elektrik kısmının bulunduğu yerlerde araçlar arası data ve haberleşme sistemlerinin iletimini sağlayan pimler bulunur. Kuplaj sistemindeki mekanik kafa, yük ve baskının çekilmesi amacıyla kullanılır. Ayrıca kuplajın eksenden sapmasını engelleyen; “Kuplaj oldu.”, “Mekanik birleşme gerçekleşti.” gibi bilgileri veren merkezî donanımlar ve sensörler bulunmaktadır.



Şekil 7.10: Otomatik kuplaj bileşenleri

7.3.7. Cer Sistemi

Raylı sistem araçlarının hareket ettirilmesi ve durdurulması için gerekli olan enerji ve kontrol donanımlarını içeren elektronik sisteme **cer sistemi** denir (Şekil 7.11).

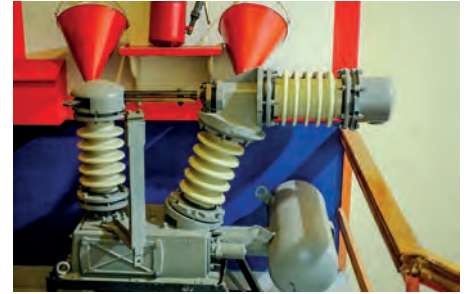


Şekil 7.11: Cer sistemi

Kent içi raylı sistemlerde bulunan cer sisteminin başlıca elemanları HSCM (Ana devre kesici), fren direnci, cer devresi (MSR) ve motorlardır.

7.3.7.1. Ana Devre Kesici

Raylı sistem araçlarının güvenli ve verimli çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılan, aracın ana elektrik devresini aşırı akım, kısa devre vb. tehlikeli durumlara karşı koruyan, yüksek hızlı devre kesiciye [(HSCB-High Speed Circuit Breaker) hayg sipiid sirkut biriykır]] **ana devre kesici** denir (Görsel 7.32). Genel çalışma prensibi olarak çekiş sisteminin yüksek gerilim sistemlerine olan bağlantısını açıp kapatarak aracı aşırı akım ve kısa devrelere karşı korur.



Görsel 7.32: Ana devre kesici

7.3.7.2. Cer Motoru

Raylı sistem araçlarının hareketini sağlamak için kullanılan elektrik motoruna **cer motoru** denir (Görsel 7.33). Bu motorlara indükleme prensiplerine göre çalıştıkları için **indüksiyon motorları** da denir.



Görsel 7.33: Cer motoru

7.3.7.3. Fren Direnci

Tren motorlarının frenleme sırasında ürettikleri AC gerilim, genellikle jeneratör mantığıyla çalışan MSR modülü aracılığıyla toplanır ve DC gerilime dönüştürülür. Bu DC gerilim, genellikle 750 V gibi yüksek bir voltaja sahiptir. DC gerilim, aracın kate-ner hattına geri beslenmesi yoluyla enerjiyi geri verir veya araç üstü batarya vb. donanımları şarj eder. Aşırı gerilime sebep ola-bilecek durumlarda, geri besleme ve batarya şarjı yapılmaması hâlinde, fazla enerji fren direnci (Görsel 7.34) aracılığı ile ısıya çevrilerek çevreye dağıtılır.



Görsel 7.34: Fren direnci

7.3.7.4. MSR Modülü

Cer devresi, raylı sistem araç motorlarını güvenli ve konforlu bir şekilde tahrik eden, hız kontrolü sağla-yan ve durduran elektronik sistemdir. MSR [(Motorized Switch and Router)-Modirayzıd Siviç en Raadır] modülü, **motorlu anahtar ve yönlendirici** anlamına gelmektedir.

7.3.8. Klima Sistemi

Raylı sistem aracı klima ve iklimlendirme sistemi, araç içi orta-mın sıcaklığını ve nemini kontrol ederek yolcuların konforlu se-yahat etmesini sağlayan sistemdir (Görsel 7.35).

Kent içi raylı sistem araçlarında aracın teknolojik özellikleri ve tasarımı doğrultusunda farklı soğutma ve ısıtma kapasitelerine sahip, üzerinde kontrol paneli bulunan ve Ethernet yardımı ile de kontrol ve bakımları yapılabilen HVAC (Isıtma Havalandırma-sı ve Klima) ünitesi bulunur. Araçlarda bulunan yolcu klimaları aracın tasarımına göre farklı yerlerde yer alabilmektedir.

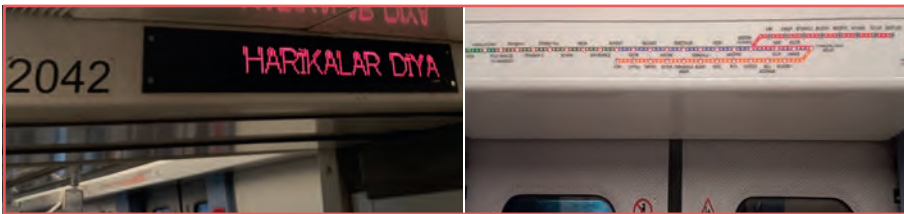


Görsel 7.35: Klima ünitesi

7.3.9. Makinist ve Yolcu Bilgilendirme Sistemi

Makinistlerin tren durumu, tren donanım ve ekipmanı, operasyonel parametreler, çalışma koşulları, yol durumu, araç içi görüntüleme sistemleri, yolcu bilgilendirme sisteminden gelen mesajlar, güvenlik bil-gileri vb. verilere anlık olarak ulaştığı bütünleşmiş dijital sisteme **makinist bilgilendirme sistemi** denir. Makiniste yapılan tüm bilgilendirmeler **veri kaydedici, kara kutu** vb. şekilde farklı isimler verilebilen donanımlar üzerinde kaydedilmektedir.

Raylı sistem araçlarında bulunan yolcuların anlık olarak bilgilendirilmesini amaçlayan bilgilendirme ekipmanının bütününe **yolcu bilgilendirme sistemi** denir. Yolcu bilgilendirme sitemleri genellikle ta-mamen otomatik çalışan sistemlerdir. Bu sistem; kontrol sistemi, ses sistemi ve duyuru sistemlerinin birleşiminden meydana gelir. Ayrıca yolcuların görsel olarak bilgilendirilmesi amacıyla led gösterge pa-nelleri, dinamik yol haritaları (Görsel 7.36) vb. görsel donanımlarla da yolcu bilgilendirilmesi yapılır.



Görsel 7.36: Dinamik yol haritası

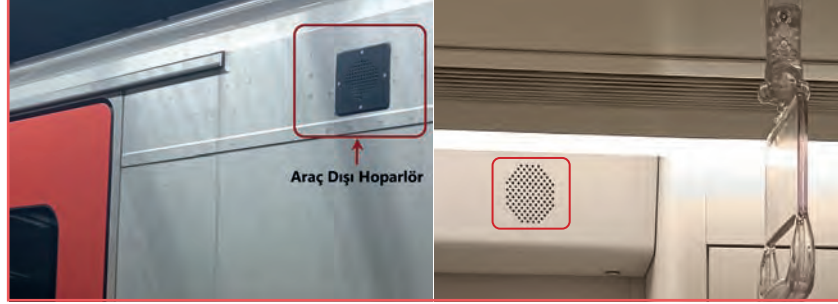
Makinistin yolculara bilgilendirme yaptığı, makinist ile yolcu arasındaki iletişimi sağlayan sistem ve bi-leşenleri şunlardır:

Kontrol Sistemi (HMI): [(Human-Machine Interface) Humın Meşin İntırfays] **İnsan-Makine Arayüzü**

ekranına rota seçimi ve istasyon listeleri otomatik yüklenir. Sürücü, bu sistem üzerinde manuel olarak istasyon seçebilir. HMI ekranı kullanarak sürücünün yapabileceği bazı işlemler şunlardır:

- HMI ekranı üzerinde bulunan özel duyurulardan makinist duyuru yapabilir.
- Tüm duyuru ve konuşma ses düzeyleri ayarlanabilir.
- Araç kamera sistemi aktif olarak izlenebilir ve yönetilebilir.
- Araç üzerindeki tüm donanımların durumu gözlemlenebilir.

Hoparlör ve Mikrofon Sistemi: Araç içerisinde manuel veya otomatik olarak anons yapılabilen, sürücü ile yolcu arasındaki irtibatı sağlayan sistemdir. Hoparlör ve mikrofon sistemi ile sürücünün yapabildiği işlemler şunlardır (Görsel 7.37):

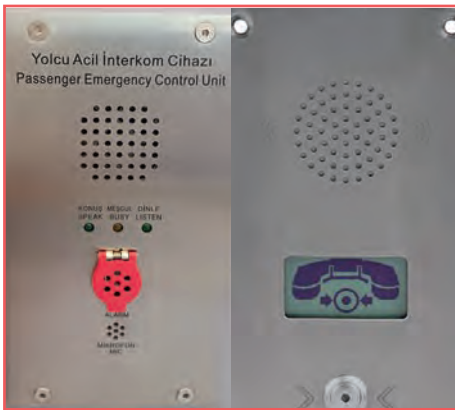


Görsel 7.37: Hoparlör sistemi

- Sürücü, araç dışına ve içine ayrı ayrı veya aynı anda anons yapabilir.
- Sürücü, kabinler arasında iletişim kurabilir.
- Sürücü, istasyon ve durak anonslarını yapabilir.
- Sürücü, özel mesajları anons edebilir.

Bas Konuş Ünitesi: Yolcuların sürücü ile iletişime geçebildiği konuşma sistemine **Bas Konuş Sistemi** denir (Görsel 7.38). Ayrıca kapı yanlarında olan imdat kolu çekildiğinde bas konuş sistemi otomatik olarak devreye girer ve sürücü ile yolcu konuşabilir.

İndüksiyon Döngü Sistemi: Duyma engelli bireyler için ses frekansını yükselten ve duyma cihazlarına gönderen haberleşme sistemidir (Görsel 7.39).



Görsel 7.38: Bas konuş ünitesi



Görsel 7.39: İndüksiyon döngü sistemi



SIRA SİZDE

Gelecekte yolcu bilgilendirme sistemlerinde beklediğiniz teknolojik yenilikler nelerdir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.3.10. CCTV Sistemi

CCTV (Kapalı Devre Televizyon Sistemi), araç içinde ve dışında bulunan kameralarla raylı sistem aracının içi ve dışındaki çeşitli alanları sürekli izleyerek güvenliği artırır ve acil durumlarda hızlı müdahale olanağı sağlar.

Raylı sistem araçlarında sürücüler, kontrol sistemi (insan-makine arayüzü) aracılığıyla araç üzerinde bulunan tüm kameraları gerçek zamanlı olarak izleyebilir. Görüntülemek istediği kameranın seçimini yapabilir. CCTV ekranı, normalde kapalı konumdadır. Raylı sistem araç sürücüsü CCTV ekranını açmak istediğinde üzerindeki düğmeye basar ve CCTV açık konuma gelir. Herhangi bir yolcu iletişim butonunun devreye sokulması, yangın algılamanın aktif edilmesi, acil durum kapı açmanın devreye alınması, taşıt ayrılması gibi önemli durumlarda CCTV ekranı otomatik açılır.

Raylı sistem aracındaki CCTV sistemi; araç içi ve dışı kameralar (Görsel 7.40), video kaydediciler, izleme ekranı, ağ ve iletişim altyapısı, görüntü işleme yazılım bileşenlerine sahiptir. Bu sistem özellikle suç önleme, gözetim ve izleme, olayların tespiti ve müdahale, suç durumunda delil toplama, yolcu güvenliği gibi amaçları yerine getirmek için kullanılır.



Görsel 7.40: Araç içi ve dışı kamera

7.3.11. Telsiz Sistemleri

Raylı sistem araçlarında araç operatörleri, kontrol merkezi personeli, istasyon personeli ve bakım ekipleri arasında anlık, kesintisiz, güvenli ve verimli iletişimi sağlamak amacıyla kullanılan haberleşme kanalına **raylı sistem telsiz sistemi** denir. Raylı sistemlerde tam işlevsel bir telsiz sistemi; el telsizi, araç telsizi (Görsel 7.41), sabit telsizler, telsiz konsolları, ses kayıt sistemi, çatı antenleri, araç üstü antenler, ağ ve iletişim altyapısı, baz istasyonları ve sinyal güçlendirici bileşenlerini içerir.



Görsel 7.41: Araç ve el telsizi

Telsiz sisteminin asıl amacı raylı sistem araç sürücülerinin birbirleriyle ve kontrol merkezi ile haberleşmesi içindir. Telsiz sistemleri; makinist, bakım personeli, güvenlik ekipleri ve yönetim ile sürekli ve anlık iletişimi sağlar.

7.3.12. Yangın ve Duman Algılama Sistemleri

Raylı sistem aracında meydana gelebilecek yangın ve duman tehlikelerinin erken tespitini, müdahale ve tahliye olanağını sağlayan, entegre tren yangın ve duman algılama sistemidir. Bu sistemin temel işlevleri şunlardır:

- Yangının büyümesini önlemek amacıyla duman ve ısıyı erkenden tespit etmek.
- Yangından yolcuların ve personelin haberdar olması için sesli ve görsel uyarı vermek.
- Otomatik olarak yangını kontrol merkezine ve itfaiye birimlerine bildirmek.
- Acil durum planlarını devreye sokarak yolcuların güvenli ve hızlı tahliyesini sağlamak.
- Otomatik söndürme ve havalandırma sistemlerini devreye almak.

Modern bir raylı sistem aracında yangın alarm kontrol paneli, hava örneklemeli dedektör, doğrusal ısı dedektörü, optik duman dedektörü, diğer ısı dedektörleri ve çok işlevli dedektörler, sinyal ve kontrol bağlantıları, sesli ve ışıklı uyarı cihazlarını içeren yangın alarm sistemi bileşenleri bulunur (Şekil 7.12). Bu bileşenlerin sayısı ve araç içerisindeki konumu, raylı sistem aracının tasarımı ve teknolojik altyapısı doğrultusunda değişir.



Şekil 7.12: Yangın sistem bileşenleri

Raylı sistem aracında duman ve ısı dedektörleri her bir yolcu vagonunda bulunur. Bu dedektörler Tren Kontrol ve İzleme Sistemi'ne (İngilizce kısaltması TCMS) doğrudan bağlıdır. Dedektör yangını algıladığında TKİS, yangın bilgisini ve yangının yeri hakkındaki bilgileri alarak yangın ve yangın bilgisini izleyen Tren Kontrol ve İzleme Sistemi'nin gösterge ünitesine gönderir. Araç içerisinde yangın veya duman tespit edilmesi durumunda acil durum fanı, otomatik havalandırma ve söndürme sistemlerini devreye alarak dumanı ve ısıyı tahliye eder. Ayrıca sesli ve görsel uyarılar ile yangın durumunu bildirir. Ayrıca yangın ve duman algılama sistemleri araç içerisindeki diğer güvenlik ve kontrol sistemleri ile entegre çalışır.



SIRA SİZDE

Aşağıdaki boşluğa kent içi raylı sistem aracını ve araç sistemlerini gösteren basit bir tren resmi çizin. Çizim üzerinde uygun görülen yerlere sistem bileşenlerini kısaca açıklayınız.

7.4. TREN SÜRÜCÜ KABİNİ

Modern raylı sistemlerde sürücü kabini; sinyalizasyon sisteminin kontrolü, donanım kontrolü, aracın hızının kontrolü, frenlerin kullanımı, kapıların kontrolü, acil durumlara müdahale vb. işlevlere sahip kontrol, izleme ve iletişim donanımlarından oluşur.

7.4.1. Makinist Kabininde Bulunan Paneller ve Düğmeler

Makinist panellerinde trenin sürülmesi ve kontrol edilebilmesi için gerekli olan tüm butonlar, anah-tarlar ve göstergeler bulunur. Görsel 7.42’de kent içi raylı sistem araçlarının makinist panel örnekleri verilmiştir. Araçlar üzerindeki panellerin yerleri ve üzerlerindeki düğmeler farklı şekillerde tasarlan-mıştır.

Kent içi raylı sistem makinist kabininde bulunabile-cek ana paneller ve donanımlar şunlardır:



Görsel 7.42: Makinist kabini örnekleri

P1 Paneli Düğmeleri ve Anlamları: Mühürlü anahtar paneli olarak da bilinen bu panel özel operasyonel ihtiyaçlar ve çeşitli acil durumlarda trenin kontrolünü sağlar. Fren sisteminin serbest bırakılması, otomatik servis freni iptali, ölü adam baypas gibi kritik işlevler, bu panel içerisinde bulunan düğmeler aracılığıyla kontrol edilir. Ayrıca sileceklerin hız kontrolü ve kuplaj ayırma fonksiyonları da bu panel üzerindeki anahtarlar ile ayarlanabilir (Görsel 7.43).



Görsel 7.43: P1 paneli

1, 2, 3, 4, 5, 6: Araç bogisinde fren arızası meydana geldiği durumlarda ilgili bogi düğmesi aktif edilerek o boginin fren izolasyonu sağlanır. **MBA (Motorlu Bogi A)**, **MBB (Motorlu Bogi B)**, **TB (Taşıyıcı Bogi)** ifadeleri hangi bogi üzerinde işlem yapılacağını göstermektedir.

7: Kapı sinyal döngüsü tamamlanmadığı durumlarda veya mekanik bir arıza nedeniyle kapı kanallarının hareketinde problem meydana gelirse aracın çekilmesinde kullanılan düğmedir.

8: Arıza durumlarında aracın sıfır hız sinyalinin kapatılması amacıyla kullanılır.

9: Cer kolunda bulunan ölü adam tuşunun işlev dışı bırakılması amacıyla kullanılır.

10: Seyir hâlinde aracın kontrol sisteminde bir arıza meydana gelirse aktif edilmesi gereken düğmedir. MMI ekranına acil mod uyarı sinyali gelir.

11: Otomatik servis freninin araç hareketini engellememesi için aktif edilen bir butondur.

12: Araç silecek kontrolünün yapıldığı düğmedir.

13: Kuplaj ayırma işlemlerinde kullanılan anahtar.

P2 Paneli Düğmeleri ve Anlamları: Raylı sistem aracının araç canlandırma paneli, temel elektrik sisteminin kontrolü ve yönetimi amacıyla kullanılan devre kesici, akü kontrolü, temizlik modu ve acil aydınlatma gibi işlevleri içeren paneldir (Görsel 7.44).



- 1:** Devre kesicinin çalıştırılması ve durdurulması için kullanılır.
- 2:** 24 V akü sistemlerinin kapatılıp açılması için kullanılır.
- 3:** Aracın iç ve dış yıkaması ve diğer temizlik işlemlerinde aktif edilen anahtardır. Tüm kapıları serbest duruma geçirir.
- 4:** Acil aydınlatma sistemlerinin açılıp kapatılması için kullanılır.

Görsel 7.44: P2 paneli

P3 Paneli Düğmeleri ve Anlamları: Makinist, görsel bilgi panelini trenin çeşitli sistemlerini izlemek ve kontrol etmek amacıyla kullanır. Bu panel üzerinden alınan canlı kamera görüntüleri, sistem için önemli uyarılar ve çeşitli kontrol seçenekleri sunar (Görsel 7.45). Bu sayede trenin güvenli ve verimli seyri sağlanır.



- 1: Sağ sinyal, sol sinyal, kapıların emniyet döngüsü tamamlandı (kapılar kapalı), araç sürüşe hazır bilgilerinin sürücüye aktarıldığı ışıklı göstergelerdir (indikatör).
- 2: İnsan makine arayüzü ekranı.
- 3: Sistem güncellemelerini gerçekleştirmek için servis portuyla veri aktarımı ve cihaz bağlanması için bulunan USB portudur.

Görsel 7.45: P3 paneli

P4 Paneli Düğmeleri ve Anlamları: Raylı sistem araç sürücüsünün aracın genel durumunu gördüğü, arızalara müdahale ettiği **kontrol paneli**; MMI ekranı, dış aydınlatma, kapı kontrol, güvenlik freni donanımlarını içeren paneldir (Görsel 7.46).



- 1: Manuel anons yapılabilmesi için mikrofon.
- 2: Araç hareket yönünü seçer.
- 3: Sol tarafta yer alan kapıların serbest bırakılması amacıyla kullanılır.
- 4: Sol tarafta bulunan kapıları açmak amacıyla kullanılan düğmedir.
- 5: Sürücünün araca ait bütün ekipmanın durumunu görebildiği MMI ana sürücü ekranıdır.
- 6: Araç durana kadar mekanik fren, ray freni ve kumlama frenlerini devreye alan düğmedir.
- 7: Aracın park, kısa ve uzun farlarının aktif edilmesi amacıyla kullanılır.
- 8: Sağ tarafta yer alan kapıların serbest bırakılması amacıyla kullanılır.
- 9: Sağ tarafında bulunan kapıları açmak amacıyla kullanılan düğmedir.

Görsel 7.46: P4 paneli

P5 Paneli Düğmeleri ve Anlamları: Raylı sistem aracının P5 sürücü kontrol paneli üzerinde raylı sistem aracının farklı sistemlerini kontrol etmek ve izlemek için kullanılan menü giriş düğmeleri yer alır (Görsel 7.47).



- 1: Fren devrede, arıza, otomatik fren aktif, yangın alarm acil ikaz lambaları bulunur.
- 2: Araç donanımlarının kontrol edilmesini sağlayan panel kontrol düğmeleri ve ekran yer alır.
- 3: Panel çerçevesinden sistem ayarları ve hızlı erişim anahtarları yer alır.

Görsel 7.47: P5 paneli

Panel kontrol düğmelerinden CTRL ve MOD düğmelerine (Görsel 7.48) basıldığında gelen ekrandan birçok donanımın kontrolü sağlanabilir.

P6 Paneli Düğmeleri ve Anlamları: Enerji yönetimi ve iletişim sistemlerinin yer aldığı bu panel; sürücüyü araç ve sistemlerin iletişimini, kontrolünü sağlamak amacıyla kullanılır (Görsel 7.49).



Görsel 7.48: Donanım kontrol ekranı



- 1: Aracın yüksek gerilim kaynağının kesilebildiği, yerden beslemenin aktif edilebildiği, pantograftan beslemenin devreye alınabildiği, aracın bataryadan beslenebildiği yüksek gerilim düğmeleri yer alır.
- 2: Araç sinyallerinin flaşör olarak kullanılmasını sağlayan düğmedir.
- 3: Araç haberleşme sisteminin bulunduğu kısımdır.
- 4: Makasların sağa, sola ve ileri yönlü hareketinin sağlandığı sarı oklar ve aracın sürüşe hazır olduğunu gösteren yeşil ikaz ışıklı bas bırak düğmesi yer alır.

Görsel 7.49: P6 paneli

P7 Paneli Düğmeleri ve Anlamları: Raylı sistem aracı için sürüş esnasında ihtiyaç olan ve en çok kullanılan temel düğmeleri içeren paneldir (Görsel 7.50).



- 1: Butona basılınca korna çalar ve uzun farlar aktif olur.
- 2: Araç kumlama sisteminin manuel olarak çalıştırılmasını sağlar.
- 3: Araç içerisindeki tüm kapıları kapatır.
- 4: Araç ray freni pabuçlarını aktif hâle getirir.
- 5: Düğmeye basıldığında uzun farlar aktif edilir.
- 6: Yolcu bölümündeki kapılardan kapı kapanacak ikaz bildiriminin verilmesi amacıyla kullanılır.

Görsel 7.50: P7 paneli

İvme Kolu (Master Kontrolör): Araç hızının ve fren sisteminin makinist tarafından kontrol edilmesine olanak sunularak aracın hızlanması veya yavaşlaması için araç üstü bilgisayara veri gönderen ivme kolunun (mastır kolu) bulunduğu kısımdır (Görsel 7.51).

Ayak Pedalı: Raylı sistem aracının en temel emniyet sisteminden olan ayak pedalı, sürücünün aracı aktif olarak kullandığını teyit etmek için makinist kabininde bulunur (Görsel 7.52). Totman sisteminin temel görev kaybını önlemektir.



Görsel 7.51: İvme kolu



Görsel 7.52: Ayak pedalı



SIRA SİZDE



Görsel 7.53: Araç düğmeleri

Yukarıda kent içi raylı sistem makinist panelinde bulunan araç düğmeleri verilmiştir. Görsel 7.53’de numaralandırılmış olan düğmelerin görevlerini alttaki numaraların karşısına yazınız.

No.	Araç Düğmelerinin Görevi	No.	Araç Düğmelerinin Görevi
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

7.5. ARACIN SEVK VE İDARESİ

Kent içi raylı sistem araçlarının sevk ve idaresi özel eğitim gerektiren bir beceridir. Genellikle belirli kriterlere sahip olmayı ve belirli bir süre eğitim almayı gerektirir.

7.5.1. Aracın Canlandırılması

Raylı sistem araçlarının harekete geçebilmesi için gerekli olan yardımcı sistemleri, bataryayı ve cer gücünü devreye alarak treni aktif, canlı hâle getirme işlemine **aracın canlandırılması (güç açma işlemi)** denir. Raylı sistem aracı sönük ise aracın sefere hazırlanması ve canlandırılması için yapılması gereken bazı kontrol ve işlemler vardır. Bu kontrol ve işlemlerden bazıları şunlardır:

- Araç içerisindeki kapı açma vanası kare anahtar ile çevrilerek açılır.
- Raylı sistem aracının 24 V akü yazan düğmesi kullanılarak batarya devreye alınır.
- Sistem üzerindeki yardımcı güç ve batarya sistemleri devreye alınır.
- Akü sisteminin devreye girmesi ile bilgisayar sistemi gerekli kontrolleri yapar ve onay işlemini gerçekleştirerek araç kontağını aktif hâle getirir.
- Besleme butonları yanıp sönmeye başladığında güç seçilir (izolasyon, APS, pantograf).
- Araçta pantograf varsa pantograf kaldırılır ve durumu kontrol edilir.
- MMI ekranına personel sicil numaraları ile giriş yapılır.
- HSCB (ana devre kesici) devreye alınır.
- Yön seçimi aktif hâle getirilir ve cer sistemi devreye alınır.
- Aracın hareket etmesini önleyen park/disk frenleri devre dışı bırakılır.

Araçların canlandırılması ile gerçekleştirilen bu iş ve işlemler sonrasında aracın sefere çıkması için gerekli görülen hazırlıklar yapılır.

7.5.2. Aracın Söndürülmesi

Cer gücü ve yardımcı sistemlerin, araç park hâlinde ve frenler devrede iken pasif duruma alınması işlemine **aracın söndürülmesi (güç kapatma işlemi)** denir (Görsel 7.54).

Raylı sistem hattı üzerinde seyrini sürdüren aracın seferden alınarak söndürülmesi iş ve işlemleri şunlardır:

- Aracın yön şarteli **0** konumuna alınır.
- HSCB (ana devre kesici) devreden çıkarılır.
- Raylı sistem aracı, izolasyon moduna alınır.
- Acil mod şalteri aktif hâle getirilir.
- Aracın kapılarının ve pencerelerinin kapalı olduğu kontrol edilir.
- Park ve disk frenleri aktif hâle getirilerek kontrolleri yapılır.
- Araç yardımcı güç sistemleri devre dışı bırakılır.
- Araçta pantograf sistemi varsa pantograf indirilir ve gerekli kontroller yapılır.



Görsel 7.54: Söndürülmüş araç

7.5.3. Aracın Park Edilmesi

Raylı sistem araçlarının park edilmesi, genellikle istasyon, depo, tamirhane gibi yerlerde yapılır (Görsel 7.55).

Raylı sistem aracının park edilmesi sırasında işlenen süreçler genel olarak şunlardır:

- Aracın park edileceği alana girişini yapmak için araç hızı düşürülür.
- Araç park edileceği güvenli noktaya yönlendirilir.
- Araç park alanına girip yanaştıktan sonra durdurulur. Bu işlem sırasında aracın güvenli ve doğru park edildiğinden emin olunarak park frenleri etkin hâle getirilir.
- Aracın enerji kaynakları ile elektriksel bağlantılar kesilir. Araç üzerindeki enerji kaynakları kapatılır. Aracın hareket etmesi engellenir.
- Park edilen aracın yer, zaman vb. bilgileri işletme sistemine işlenir.



Görsel 7.55: Tamirhaneye park edilmiş araçlar

Aracın batarya hariç tüm yardımcı sistemlerinin, cer sisteminin, pinomatik sistemin ve fren sisteminin aktif olmayacak şekilde römork hâline getirilmesi işlemine **aracı öldürmek** denir. Araç öldürülmesi ve park edilmesi işlemi için yapılması gereken bazı kontrol ve işlemler vardır. Bu kontrol ve işlemlerden bazıları şunlardır: Aracın öldürülmesi gerektiği bilgisi trafik kontrolörüne iletilir. Öldürülecek olan aracın diğer araçlarla olan bağlantısı ve mekanik kuplajı kontrol edilir. Aracın teknik özellikleri doğrultusunda araç öldürülür.



ARAŞTIRMA

Römork hâline gelmiş ölü aracın depo alanına park edilmesi için yapılması gereken iş ve işlemleri araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.5.4. Araç Yolcu Kapılarının Kontrolü

Raylı sistem araçlarında yolcu kapıları kontrol butonları genellikle sürücü kabininde bulunan MMI ekranının sağında, solunda ve sürücünün rahat ulaşabileceği yerde bulunur (Görsel 7.56).

Raylı sistem araçlarının yolcu kapılarının kontrolü genellikle şu adımları içerir:

- Kapı açılma işlemleri otomatik veya operatör tarafından kontrol edilir. Yolcu kapıları, istasyon veya duraklarda durulduğunda açılır.
- Yolcu kapıları, yolcuların araca iniş ve biniş yapmalarına izin verecek sürelerde açık tutulur. Bu aşamalarda tüm güvenlik önlemleri ve sinyal sistemleri aktif kullanılır.
- Yolcu iniş ve binişleri tamamlandıktan sonra kapılar otomatik olarak kapatılır. Kapıların kapatılması için belirli bir süre verilir.
- Kapıların emniyetli ve düzgün bir şekilde kapanıp kilitlendiği kontrol edilir. Otomatik kapı sistemleri, emniyet ve kilit kontrollerini genellikle otomatik gerçekleştirir. Bu kontroller sürücü ve operatör tarafından da yapılır.
- Kapı sensörlerinden alınan bilgi ile kapının kapanmadığı veya kilitlenemediği tespit edilirse sürücü kapiya müdahale eder ve manuel olarak kapıyı kapatıp kilitler.
- Yolculuk sırasında arızalanan kapılar devre dışı bırakılarak mutlaka kilitlenir.

Araç kapıları genel olarak iki farklı modda, **kapılar serbest** ve **kapı açma** şeklinde kontrol edilir. Açılan kapılar, **talep iptali** veya **kapıları kapat** butonları ile kapatılır.

Kapılar Serbest Modu: Araç sürücüsü tarafından sağ veya sol kapılar serbest butonuna basıldığında kapılar açılmaz. Bu durumda kapılar yolcu tarafından kapı üstü butonlara basılarak açılır. Yolcular tarafından kapı üstü butonlara verilen taleplerin iptali ile veya makinist tarafından basılan cebri kapı kapama butonu ile kapılar kapatılır.

Kapıları Açma Modu: Sürücü tarafından verilen sağ veya sol kapıların açılması talebi ile kapılar açılır. Kapıların açılması talebinin iptali veya cebri kapama butonuna basılması ile kapılar kapatılır.

Engelsiz Kapı Modu: Engelli bireylerin kapıları rahat açmalarına yardımcı olacak butondan kapı açma talebi gelirse MMI ekranına engelli birey kapı açma talep bilgisi gelir. Araç sürücüsü kapıları serbest konumda açarsa otomatik kapanma olmaz ve açılması için talep edilen kapı açık kalır. Tüm kapıları kapat butonuna basılması ile kapılar kapatılabilir.

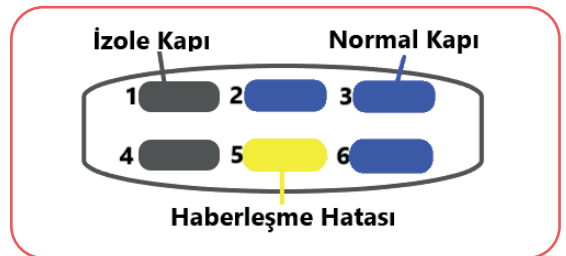


Görsel 7.56: Kapı kontrol butonları

7.5.4.1. Kapıların İzole Edilmesi

Kapının mekanik ve elektriksel olarak, devre dışı bırakılıp kapı kanatlarının kapalı pozisyonda kilitlenmesine **kapının izole edilmesi** denir. Yolcu kapılarından birinin arızalanması durumunda arıza lambası yanar. Yolcu kapısında bir haberleşme arızası oluşursa ilgili yolcu kapısı TCMS üzerinde sarı renkte gösterilir (Şekil 7.13).

Arızalı kapı kullanılmayacak şekilde kapatılır ve kilitlenir. Araç, uygun görülen park alanında ana hattan alınarak yedek araç hatta dâhil edilir. Yedek araç temin edilemezse kapısı arızalı araç, arızalı kapısı tamamen kilitli ve kapalı olarak işletmesini sürdürür. Aracın birden fazla kapısının arızalanması durumunda aracın servis dışına alınması, yolcu tahliyesi ve aracın park alanına alınması için ilgili işletme prosedürleri yerine getirilir.



Şekil 7.13: Kapı arıza renkleri

7.5.4.2. Kapı Emniyet Koruması

Kapıların kapanması sırasında insanların, hayvanların veya nesnelerin kapı arasında sıkışmasını önlemek amacıyla kullanılan emniyet sistemidir. Otomatik modda istasyona gelindiğinde araç normal durma noktasında durmaz ise HMI ekranında **Durma Hatası** ikonu yanar ve yolcu kapıları otomatik açılmaz. Kapı kapanması sırasında bir engel tespit edilirse kapı kontrol ünitesi engel algılama devreye girer ve kapı, sıkışmayı önleyecek şekilde hareket eder.

Genellikle kapılar üzerinde hassas kenar sistemleri de bulunmaktadır. Kapı kapanması bir nedenle engellenirse DCU, engel algılama sistemini devreye alır. Kapı kanatları belirli bir aralıktaki tekrar açılarak açık konumda belirli bir süre bekler ve tekrar kapanmaya çalışır. Kapıların kapatılması sırasında engel algılanmaz ise kapılar kapanır. Engel tekrar algılanırsa kapılar tekrar belirli bir aralık ile açılır. Yazılımsal olarak belirlenmiş olan sayıda kapılar kapanmayı dener ve engel algılama devam ederse kapılar açık konumda bırakılıp sistem tarafından arıza bildirimi verilir.

7.5.5. Aracın Hareket Ettirilmesi

Araç hareket ettirilmeden önce TCMS DU (Tren Kontrol Ünitesi Gösterge Ekranı) üzerinden tüm kapıların kapalı ve kilitli olduğu teyit edilir. Ayrıca indikatör lamba grupları (Görsel 7.57) kontrol edilerek kapı göstergesinin yanmadığından emin olunur. Herhangi bir istasyondan ayrılırken yetkili kontrol merkezinden izin sinyali alınması beklenir ve izin sinyali alınmadan araç hareket ettirilmez.

Kent içi raylı sistemlerde kullanılan araç setinin servise sokulması (raylı sistem aracının teknik özellikleri doğrultusunda) modları şunlardır:

- Otomatik Tren Çalıştırma Modu (ATO)
- Yarı Oto Mod (MCS)
- Kısıtlı Manuel Mod (RM)



Görsel 7.57: İndikatör lamba grupları

7.5.5.1. Araç Çalıştırma Modu ve Sürüş Yönü

Raylı sistem araç sürücüsü sürücü panelinde bulunan sürüş modu şartelini kullanarak sürüş modunu seçer (Görsel 7.58).

Seçilen sürüş modu ile oluşan sinyal, tren hatları vasıtasıyla T vagonundaki TCMS ve ATC ünitelerine iletilir.

- Otomatik sürüş modu (ATO) seçilirse tren seti, otomatik olarak ATO ekipmanı tarafından çalıştırılır.
- Yarı otomatik sürüş modu (MCS MOD) seçilirse tren seti, ana kontrolör ivme-fren kolu kullanılarak çalıştırılır. Yolcu kapı kontrolü sürücü tarafından manuel olarak yapılır.
- Kısıtlı manuel mod (RM) seçilirse tren seti sadece kısıtlı olarak hareket eder. Raylı sistem aracının özelliklerine göre örneğin RM seçme butonu kullanılarak tren hızı 15 km/s veya 30 km/s olarak seçilebilir. Yolcu kapıları tren sürücüsü tarafından manuel olarak açılır.



Görsel 7.58: Sürüş modu

Sürüş modu seçildikten sonra raylı sistem araç sürücüsünün sürüş yönü seçilir. Raylı sistem araç sürücüsü, makinist panelinde yer alan ilgili yön şartelini kullanarak ileri veya geri olacak şekilde trenin gideceği yönü seçer. Genellikle sürüş yön seçim butonunda ileri, nötr ve geri olacak şekilde üç konum yer alır.

7.5.5.2. Trenin Hızlanması ve Yavaşlatılması

Raylı sistem araç sürücüsü ana kontrolör koluyla trenin hızını kontrol edebilir. Ana kontrol kolunun güç verme konumuna getirilmesi ile araç seti hızlanır, frenleme konumuna getirilmesi ile araç seti

yavaşlatılır. Araca verilen güç ve frenleme seviyeleri TCMS üzerinden izlenir. Ayrıca gerekli olduğu durumlarda kontrol kolu üzerinden acil fren sistemleri de aktif hâle getirilebilir.

7.5.6. Aracın Birleştirilmesi ve Çözülmesi

Raylı sistem araçlarının birleştirilip çözülmesi (birleştirme ve ayırma) operasyonları, **işletme gereksinimlerine göre araç seçiminin düzenlenmesi** anlamına gelir (Görsel 7.59).



Görsel 7.59: Araçların birleştirilip çözülmesi



SIRA SİZDE

İstasyon içerisinde araçların birleştirilmesi veya çözülmesi işlemlerini yapacak olan bir personel, işini dikkatli ve kurallara uygun bir şekilde yapmazsa sizce ne gibi sorunlar ortaya çıkabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.5.6.1. Aracın Birleştirilmesi (Kuplaj)

Birleştirilmesi gereken araç setleri için sürücü kontrol masasındaki tüm izole anahtarların normal konuma getirildiği kontrol edilir. Kuplaj işlemi yapılacak aracının söndürülmesi ve manuel moda alınması gerekir. Birleştirilecek tren setleri için tüm teknik ve güvenlik kontrolleri yapıldıktan sonra birleştirme işlemine geçilir.

Raylı sistem araçlarının MC vagonları, genellikle sürücü kabininin ön ucunda elektrikli ve mekanik kuplaj sistemlerine sahiptir. Kuplaj sistemi, araç setinin diğer araç setine doğru götürülmesi suretiyle genellikle otomatik olarak yapılır. Raylı sistem aracındaki otomatik birleştirme işleminin durumu ikaz lambaları aracılığıyla TCMS DU üzerinden gözlemlenir.

Otomatik kuplaj, kuplörlerin birbirine hem yatay hem de dikey olarak manuel hizalanması ile mümkündür. Araçların birleştirilmesi için kuplörler açık konumda olmalıdır. Bunun için önce kuplajı örten kapağın kare anahtar ile kilidi açılır ve el ile yukarı kaldırılır. Kuplaj çekme kolu kullanılarak kuplaj açık konuma getirilir. Birleştirilecek iki aracın kuplajları açılıp bataryaları aktif hâle getirildikten sonra araçlar kuplaj işlemine hazır olur.



BİLGİ KUTUSU

Araçların birleştirilmesi sırasında kuplaj hızı aşılsa ya da başka darbeler meydana gelirse araç birleştiricileri mutlaka kontrolden geçirilmelidir.

Raylı sistem araç setleri birbirine yaklaşıp, kuplaj işlemi için ön yüzleri buluştuğunda **ana rezervuar (MR) vanası** ile **birakma valfi** açılır. Sonrasında mekanik ve elektrikli kuplaj gerçekleşir.

Tüm bu iş ve işlemler sonrasında TCMS üzerinden kuplaj işleminin tamamlandığı makinist tarafından doğrulanır. TCMS DU ya da indikatör lamba grubunda kuplaj işleminin gerçekleştiği bilgisi doğrulanmazsa kuplajın ön yüzlerinin uygun şekilde birleşip birleşmediği kontrol edilir. Kuplaj işleminde bir hata meydana gelir ya da herhangi bir neden ile birleşme olmazsa sorunlar çözülerek tekrar kuplaj işlemi yapılır.

Kuplaj işlemleri ve dikkat edilmesi gereken önemli durumlar şunlardır:

- İki canlı aracı birleştirmek için kuplaj kapakları açık ve hava muslukları aktif olmalıdır.

- Kuplaj işlemi amacıyla bir araç diğer araca götürülürken araç hızı maksimum 5 km/sa. hızı aşmayacak şekilde olmalıdır.

Tren setleri arası kuplaj işlemi tamamlandığında raylı sistem aracının çoklu kullanımı için makinistin yapması gerekenler şunlardır:

- Makinist, ana kabin içindeki ana kontrolör anahtarını çıkarır.
- Öndeki kabine geçer ve ana kontrolör anahtarını takıp çalıştırır.
- İlgili kontrol panelinden devre kesiciyi açarak VVVF (değişken gerilim değişken frekans) indikatörünü çalıştırır.
- Araç setinin park freni çözme düğmelerini kullanarak park frenlerini serbest bırakır.
- Raylı sistem aracının çalışması için ana kontrolör kolunu güç verme konumuna getirir.



ARAŞTIRMA

Kuplaj mekanizmasında sıkışma veya arıza durumunda yapılması gerekenleri araştırınız? Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

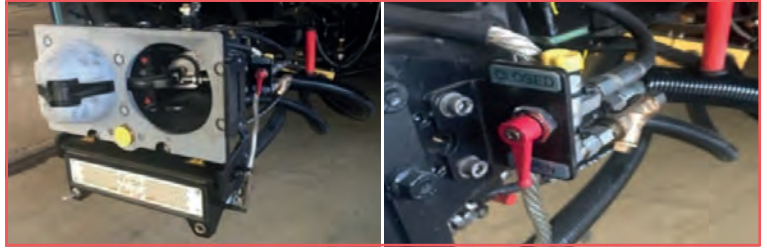
7.5.6.2. Aracın Çözülmesi (Dekuplaj)

Raylı sistem araçlarının çoklu kullanımından sonra ayırma işlemi gerekiyorsa bu ayırma işlemi, otomatik dekuplaj veya manuel ayırma şeklinde yapılabilir.

Otomatik Dekuplaj İşlemi

İki canlı raylı sistem aracında ayırma işlemi için aracın kuplajlı kabinine geçilir ve kontak aktif edilir. Genellikle mühürlü panel üzerinde bulunan **kuplaj ayırma butonuna** basılarak araç seti ayrılır.

Diğer kabinde hareket edebilmek için anahtar takılıp MMI ekranı üzerinden çekme modu aktif edilir. Tüm bu işlemlerin sonunda vagonların mekanik ve elektriksel olarak ayrıldığı gözlemlenir. Raylı sistem araç seti ayrıldığında hava geçiş valfi ile elektrik kuplaj valfi kapanır ve ayırma işlemi tamamlanmış olur (Görsel 7.60).



Görsel 7.60: Kuplaj kafa ve valf

Ayrırma işlemi bittiğinde makinist tarafından TCMS üzerinden ya da indikatör lamba grubu göstergeleri üzerinden kuplaj ayırma işleminin tamamlandığı doğrulanır. Doğrulama ile beraber görsel olarak da ayrıldığı gözlemlenince ayırma işlemi tamamlanmış olur.

Manuel Ayırma İşlemi

Raylı sistem araç seti herhangi bir nedenle otomatik dekuplaj olmuyorsa mekanik birleştiriciler manuel olarak el ile ayrılabilir. Elektrikli ayırma işleminde de problem meydana gelirse mekanik ayırma işleminin önce elektrikli birleştiriciler manuel olarak ayrılır.

- Mekanik kuplajın manuel olarak ayrılması sırasında birleştiricinin çekme yükü altında olmadığı kontrol edilir. Vagonlar birbirlerine kaydırılarak yavaşça yakınlştırılır. Çünkü çekme yükleri kuplaj mekanizmasının araçtan ayrılmasını engeller. Mekanik kuplajı manuel ayrılmadan önce ilk olarak elektrikli birleştiricilerin ayrıldığı gözle kontrol edilir. Elektrikli birleştiriciler ayrılmamış ise ilk önce elektrikli birleştiriciler ayrılır.
- Elektrikli birleştiriciyi ayırma işlemi için mekanik birleştiricinin yanındaki ayırma kolu uç konuma doğru çekilir. Bu işlem sırasında bir **klik** sesi gelir. Mekanizmanın doğru şekilde ayrıldığını kontrol etmek için gösterge kontrol edilir. Manuel ayırma kolunun çıkıntı yaptığı ve eski konumuna gelmediği kontrol edilir. Tren setleri ters istikamete götürülür ve ayırma işlemi tamamlanır.



SIRA SİZDE

Aşağıda verilen araç sevk ve idare işleri gerçekleştirilirken yapılması gereken iş ve işlemleri uygun boşluğa sırasına göre yazınız.

Canlandırma	Söndürme	Park Etme	Kapı Kontrol
Hareket Ettirme (İleri-Geri)	Kuplaj (Birleştirme)	Dekuplaj (Çözme)	



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistem araçları ile ilgili **on kavram**, aşağıdaki tabloda soldan sağa, yukarıdan aşağıya gizlenmiştir. Bu kavramları bularak kutu içine alınız. Bulduğunuz kavramlar hakkında bildiklerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

A	R	A	Ç	D	İ	Z	İ	S	İ	İ	K
K	B	H	O	P	A	R	L	Ö	R	V	U
U	A	İ	Z	O	L	A	T	Ö	R	M	M
P	T	B	D	S	C	A	B	A	T	E	L
L	S	O	A	T	O	T	T	C	C	K	A
A	N	G	T	T	P	O	C	U	İ	O	M
J	Ö	İ	A	T	O	M	O	D	U	L	A
C	C	T	V	U	S	D	F	G	H	U	C
F	R	E	N	D	İ	R	E	N	C	İ	İ



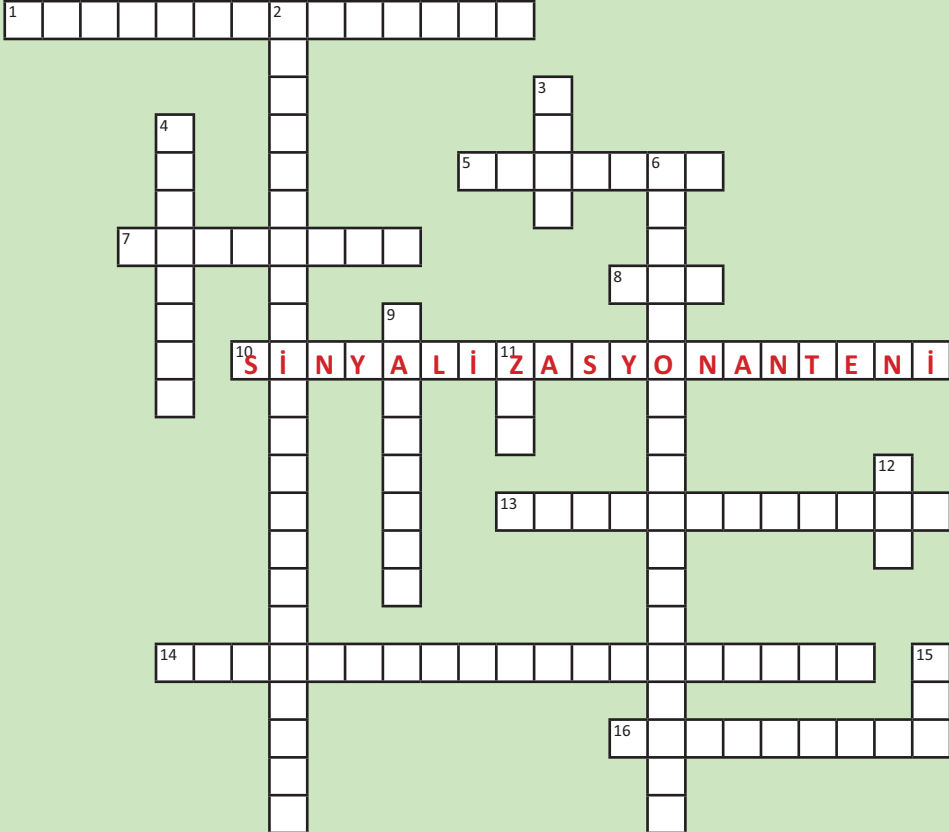
Aşağıdaki ifadelerin karşılığı olan kelimeleri uygun kutucuklara yerleştiriniz.

Soldan Sağa

1. Araç dizilerini artırmak için kullanılan otomatik araç bağlantı ekipmanı
5. Ağ geçidi ve veri iletişimi sağlayan haberleşme bilgisayarı
7. Bogi üzerinde takılı olan elektro-manyetik fren sistemi
8. Araç fren sistemlerinin otomatik kullanımını sağlayan bilgisayar
10. Sinyalizasyon sistemi ile raylı sistem aracının haberleşmesini sağlayan anten
13. Motor geri besleme gerilimini ısı enerjisine çeviren ekipman
14. Acil durumlarda devreye giren araç içi aydınlatma ekipmanı
16. Vagonlar arasında insanların geçiş yapabildiği körüklü yapı

Yukarıdan Aşağıya

2. Araç kapılarının elektriksel veya mekanik olarak devre dışı bırakılması
3. Araç içi güvenlik ve yolcuların izlenmesi için kullanılan ekipman
4. İstenmeyen ve zararlı olabilecek gerilim dalgalanmalarından koruyan ekipman
6. Cer gücü veya yardımcı sistemlerinin araç park hâlinde ve frenleri devredeyken uyku konumuna alınması
9. Yolcuların sürücü ile iletişime geçebildiği araç içi ekipman
11. Yolcu kapılarının düzgün ve güvenli çalışmasını sağlayan merkezi sistem
12. Raylı sistem aracının ana kontrol bilgisayarı
15. Yolcu kapılarının düzgün ve güvenli çalışmasını sağlayan kontrol sistemi



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerde (....) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin doğrusunu alttaki boş yerlere yazınız.

1. (...) İnşaat çalışmaları gerekmediği için tramvay sistemlerinin kurulumu diğer sistemlere göre daha ucuzdur.
.....
2. (...) Metro trenleri işletmecinin talebi üzerine fabrikalarda sabit kuplaj ile bağlanarak üretilir.
.....
3. (...) Metro gibi alçak tabanlı araçlarda tren ekipmanı araç altında bulunur.
.....
4. (...) Raylı sistem araçlarda kullanılan dişli çarkları araç üstü ekipmanda yer alır.
.....
5. (...) Araç içerisindeki termal konforun sağlanması amacıyla araç üstü iklimlendirme ekipmanı bulunur.
.....
6. (...) Hız aşımalarında aracın belirlenen hız limitlerine otomatik olarak indirilmesi amacıyla servis freni devreye girer.
.....
7. (...) Araçlarda enerji verimliliğini artırmak için hidrolik fren sistemi tercih edilir.
.....
8. (...) Raylı sistem araç sürücüsü HMI ekranı üzerinden rota seçimini manuel olarak yapabilir.
.....
9. (...) Raylı sistem araçlarının canlandırma işlemiyle araç güç sistemleri pasif hâle getirilir.
.....
10. (...) Raylı sistem araç seti otomatik olarak çözilemiyorsa manuel olarak (el ile) ayırma işlemi yapılabilir.
.....

B) Aşağıdaki cümlelerde bulunan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

11. Raylı sistem araç setlerinin birbirlerinden ayrılması için yapılması gereken iş ve işlemlere denir.
12. Makinist kabininde bulunan şarteli ile aracın çalışma modu seçilir.
13. Aracın batarya, yardımcı güç ve cer gücü sisteminin devreye alınması iş ve işlemlerine denir.
14. Makinistin diğer personeller ve araçlarla iletişimi sağlayan haberleşme kanalına denir.
15. Araç içerisinde ses frekanslarını yükselterek duyma engelli bireylerin işitme cihazlarına sesi gönderen sisteme denir.
16. Yolcuların makinist ve diğer yetkililer ile iletişime geçebildiği sisteme denir.
17. Tren motorlarında frenleme esnasında oluşan geri besleme gerilimini ısıya çevirip çevreye yayan ekipmana denir.
18. Manyetik alanın mıknatıs kuvvetini kullanarak aracı yavaşlatan veya durduran sisteme denir.
19. Araç içerisinde farklı ağ protokolleri kullanan sistemlerin uyumlu çalışmasını sağlayan sisteme denir.
20. Manyetik güç sistemleri ile çalışan, ray ile fiziksel bağı olmayan ve havada hareket eden araca denir.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevabı işaretleyiniz.

21. Aşağıda verilenlerden hangisi kent içi raylı sistem araçlarının ana kontrol bilgisayarıdır?

- A) BCU B) DCU
C) GTW D) MSR
E) VCU

22. Aşağıdakilerden hangisi kent içi raylı sistem taşımacılığında kullanılan trenlerden değildir?

- A) Banliyö B) Ekspres
C) Füniküler D) Maglev
E) Tramvay

23. Aşağıdakilerden hangisi cer sistemi bileşenlerinden değildir?

- A) Ana devre kesici
B) Aks sistemi
C) Cer motoru
D) Fren direnci
E) MSR modülü

24.

- I. Yüksek hızlı kesici
II. Bogi
III. Pantograf
IV. GPS Anteni

Yukarıda verilen ekipmanlardan hangileri raylı sistem araçlarında araç üstünde bulunmaktadır?

- A) I ve II B) I, II, III
C) I, III, IV D) II, III, IV
E) I, II, III, IV

25.

- I. Fren izolasyonu
II. Ray freni
III. Yön seçimi
IV. Bas konuş

Yukarıda verilenlerden hangileri makinist kabini içinde bulunan düğmelerdendir?

- A) I, II, III B) I, II, IV
C) I, III, IV D) II, III, IV
E) I, II, III, IV

26. Aşağıdakilerden hangisi kent içi raylı sistem araçlarında bulunan yüksek gerilim geçiş elemanlarından değildir?

- A) Ayırıcı
B) İzolatör
C) Kesici
D) Konvertör
E) Parafudr

27.

- I. Yardımcı güç sistemleri, aracın motorunun çalışması için gerekli olan tahrik gücünü sağlar.
II. Makinist veya otomatik sistemlerden alınan frenleme bilgisi BCU tarafından işlenerek fren kuvveti otomatik ayarlanır.
III. Katener hattına geri besleme yapan veya araç bataryalarını şarj eden frenlemeye yenileyici frenleme adı verilir.
IV. Raylı sistem araç kapı sistemlerinde bulunan yolcu kapıları otomatik şekilde ve birbiri ile bağlantılı olarak çalışır.

Kent içi raylı sistem araç sistemleri ile ilgili yukarıda verilen ifadelerden hangileri doğrudur?

- A) I ve II B) I, II, III
C) I, III, IV D) II, III, IV
E) I, II, III

28.

- I. Frenleme
II. Dinamik
III. Kuplaj
IV. GPS Anteni

Yukarıda verilenlerden hangileri kent içi raylı sistem araçlarında bulunan araç sistemlerindendir?

- A) I ve II B) I, II, III
C) I, III, IV D) II, III, IV
E) I, II, III, IV

29. Araç içerisindeki yolcu yükündeki değişimi algılayıp fren kontrol ünitesine veri gönderen araç altı sensör aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Ağırlık
B) İletişim
C) Ray freni
D) Süspansiyon
E) Kuplaj

TimeTable



8. ÖĞRENME BİRİMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Kent içi raylı sistemlerde

- Sefer tarifiesi hazırlanırken dikkat edilecek kriterler
- Dönemsel, hafta içi ve hafta sonu sefer tarifiesi hazırlanırken nelere dikkat edileceği

Kent içi raylı sistemlerde çalışma çizelgesiyle ilgili

- Orer grafiğinin tanımı ve oluşturulması
- Sefer tarifiesi
- Seferlerin grafiği
- Görev numaraları
- Makinist çalışma çizelgesi

ANAHTAR KAVRAMLAR

- görev numarası • makinist çalışma çizelgesi • orer
- sefer grafiği • sefer hesaplama • sefer tarifiesi



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Kent içi raylı sistemlerde tren seferlerinin planlı olmasına sizce neden ihtiyaç duyulmuştur? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Güvenilir raylı sistem işletimi için sizce makinistlerin çalışma koşulları nasıl olmalıdır? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE SEFER HESAPLAMA

KONULAR

- 8.1. SEFER TARİFESİ HAZIRLAMA
- 8.2. ÇALIŞMA ÇİZELGESİNİN HAZIRLANMASI

GİRİŞ

Kent içi raylı sistemlerde seferlerin hesaplanıp planlanması, çalışma çizelgelerinin oluşturulması, orer grafiklerinin çizilmesi ve sefer tarifelerinin oluşturulması kent içi raylı sistemlerin etkinliğini, kullanıcı memnuniyetini ve ulaşımın genel kalitesini artırır. Bu nedenle doğru ve güncel bir şekilde raylı sistem sefer hesaplamaları yapılmalı, sefer tarifeleri ve personel çalışma çizelgeleri hazırlanmalıdır.

8.1. SEFER TARİFESİNİN HAZIRLANMASI

Mevcut altyapı, yolcu profili ve talepleri, kent dinamikleri ve yönetsel talepler doğrultusunda seferlerin işleyişini zamansal olarak düzenleyen ve sistemin işlerliğini arttıran plana **sefer tarifi** [timetable (taymteybl)] denir.

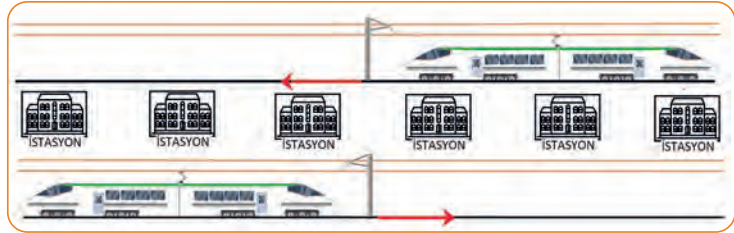
Kent içi raylı sistemlerde sefer tarifelerinin hazırlanması; ulaşım hizmetlerinin iyileştirilmesi, acil durumların planlanması, çevresel etkilerin azaltılması, toplu taşıma verimliliğinin artırılması, tren trafik emniyetin sağlanması vb. birçok faktörü doğrudan etkiler.

8.1.1. Sefer Tarifi Hazırlanırken Dikkat Edilecek Hususlar

Sefer tarifeleri hazırlanırken kullanıcı ihtiyaçları, güzergâh ve istasyonlar, sefer sıklığı, başlangıç ve bitiş saatleri, özel durumlar (tatil, özel etkinlik, acil durum vb.), güvenlik ve teknik faktörler, iletişim ve bilgilendirme vb. birçok faktör dikkate alınmaktadır. Profesyonel, hatadan arınık ve etkin bir sefer tarifi hazırlamak için dikkat edilmesi gereken kriterler ve tanımlamalar şunlardır:

8.1.1.1. İşletme İstikameti

Bir rayın gidiş, diğer rayın dönüş hattı olarak kullanıldığı gidiş ve geliş yönüne **işletme istikameti** denir (Şekil 8.1). Sefer tarifeleri hazırlanırken istasyon işletme yönleri sıralı olarak belirtilmelidir.



Şekil 8.1: İşletme yönü örnek hat şeması

8.1.1.2. Sistemin Kapasitesi ve Fiziksel Yapısı (Temel Kriterler)

Sistem kapasitesi belirlenirken sinyal sisteminin mevcut durumu, makas ve kulp yapısı, makinist sayıları, araçların harcadığı enerji miktarı, bölgedeki raylı sistem araç sayısı ve teknik yapıları, yoldaki arızalar ve düzensizlikler, enerji kapasitesi, hattın uzunluğu, istasyon sayısı, blok sisteminin yapısı, makas ve peron yapıları vb. veriler bilinmelidir. Bununla birlikte tek yönlü olarak bir saatte taşınabilecek en yüksek yolcu sayısı olarak adlandırılan **kapasite** bilinmelidir. **Bu veriler sefer tarifi oluşturulurken kullanılan temel kriterlerdir.**

8.1.1.3. Yolcu Yoğunluğu

Yolcu yoğunluk bilgisi, sefer tarifeleri hazırlanırken bölgeden ne sıklıkla tren geçirilmesi gerektiği bilgisini verir.

Sefer tarifeleri oluşturulmadan önce günlük tahmin edilen yolcu sayıları, yoğunluk beklenen saatler (pik saatler), kalabalık olması beklenen istasyonlar vb. veriler bilinmelidir. Okullar, sanayi siteleri, stadyum, fuar alanı, konser alanı, turistik yerler, alışveriş merkezleri, sinema, tiyatro vb. yerlerde yolcu yoğunluğu artar. Bu yerlerle birlikte sefer tarifi hazırlanacak hat için yolcu sayısını etkileyen bazı zamanlar ve veriler bulunmaktadır. Yolcu yoğunluğunun değiştiği bazı durumlar şunlardır:

- Yılın dönemleri (Yaz-Kış)
- Okulların durumu
- Haftanın günleri (hafta içi/cumartesi-pazar)
- Yoğun saatler (sabah pik saatler-akşam pik saatler)

- Özel günler (maçlar, dinî günler, kutlamalar, bayramlar)
- İlin ve şehrin özel durumları



ARAŞTIRMA

Metro ve hafif raylı sistemlerdeki teknolojik gelişmelerin kent içi raylı sistemlerdeki yolcu yoğunluklarına etkilerini araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

8.1.1.4. Tren Yolcu Kapasitesi

Raylı sistem araçlarının teknik dokümanlarında trenlerin yolcu kapasitesi bilgisi yer alır ancak tren yolcu kapasitesi işletmeler tarafından farklı şekillerde hesaplanabilir.

Örnek

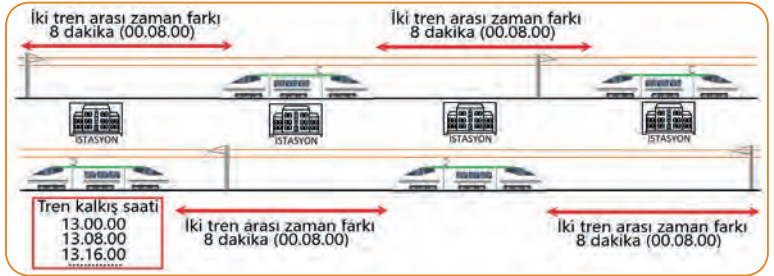
Ayakta duran yolcuların kullanabileceği alanlar m² olarak ölçülür. Ölçüm sonrasında 1 m² alana kaç kişinin sığacağı belirlenir. Kent içi raylı sistem araçlarında ayakta duran yolcular için normal yoğunluklarda 1 m² = 4 kişi, ileri seviye yoğunluklar için ise 1 m² = 5 kişi tercih edilebilmektedir. Bu sayılar işletmenin tercihleri, fiziksel yapısı, insan faktörü vb. birçok etkene bağlı olarak değişiklik gösterir.

Tren yolcu kapasitesi = [(Ayakta duran yolcular için ayrılmış alan x belirlenen kişi sayısı) x Tren dizi sayısı] formülü ile bulunabilmektedir (Hesaplama kişi sayısı; 4, 5 vb. olabilir.).

8.1.1.5. Tarife (Sefer Aralığı/Dizi Sıklığı/Headway)

Sabit bir nokta referans alınarak referans noktasından ardışık olarak geçen ve seyrini sürdüren iki araç arasındaki zamansal farka **sefer aralığı** denir. İyi organize edilmiş sefer aralığı işletmeler için ekonomik, yolcular için konforlu yolculuk sunar.

Örneğin “Sefer aralığı 8 dakika olacak.” ifadesi, her iki raylı sistem aracı arasında 8 dakika zaman farkı olduğu veya 8 dakikada bir raylı sistem araç hareketi gerçekleşeceği anlamına gelir (Şekil 8.2).



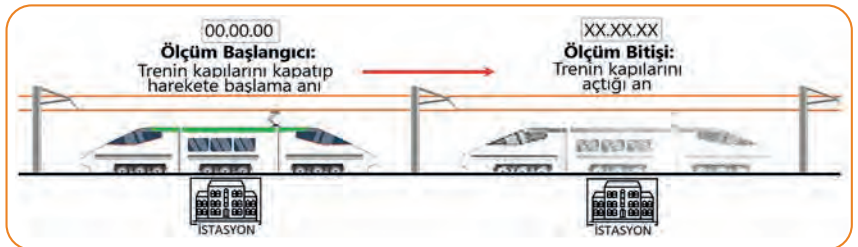
Şekil 8.2: Tren kalkış saatleri ve sefer aralığı örnekleme

8.1.1.6. Yolculuk Süreleri ve Hesaplamaları

Sefer tarifeleri hazırlanırken dikkat edilmesi gereken süreler ve hesaplamalar şunlardır:

a) İstasyonlar Arası Yolculuk Süresi

Bir trenin hareketinin hat üzerindeki herhangi bir istasyonda başlayıp, bir sonraki istasyonun platformunda durarak kapılarını açtığı ana kadar geçen süreye **iki istasyon arası yolculuk süresi** denir (Şekil 8.3).



Şekil 8.3: İki istasyon arası yolculuk süresi ölçümü

Sefer süreleri hesaplanırken

depo veya parktan çıkan trenin uç istasyonlara varacağı süreler hesaba katılır. Hattın tek yön parkur süresi hesaplanarak yolcu kapasitesi bulunur.

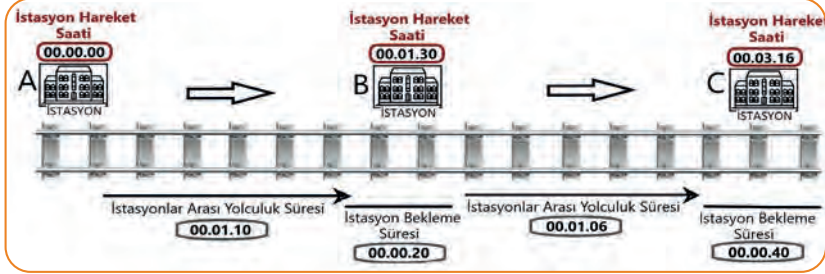
b) İstasyon Bekleme Süresi

Raylı sistem hattı üzerinde istasyon platformuna yanaşan trenin yolcu almak için beklediği süreye **istasyon bekleme süresi** denir. Yaşlı, engelli, çocuklu vb. yolcuların rahatlıkla inip binebilmeleri için uygun süreler tercih edilmelidir.

c) İstasyon Hareket Saati

İstasyonlar arası yolculuk süresi ile istasyon bekleme sürelerinin toplamına **istasyon hareket saati** denir (Şekil 8.4).

Şekil incelendiğinde A istasyonundan 00.00.00'da hareketine başlayan bir trenin 00.01.30 'da (00.01.00 + 00.00.20) B istasyonundan, 00.03.16'da (00.01.30 + 00.01.06 + 00.00.40) C istasyonundan hareket etmesi beklenir. İlk istasyondan başlanarak tüm istasyonlar için hareket saati hesaplaması bu örnekte olduğu şekilde yapılır.



Şekil 8.4: İstasyon hareket saati örneği

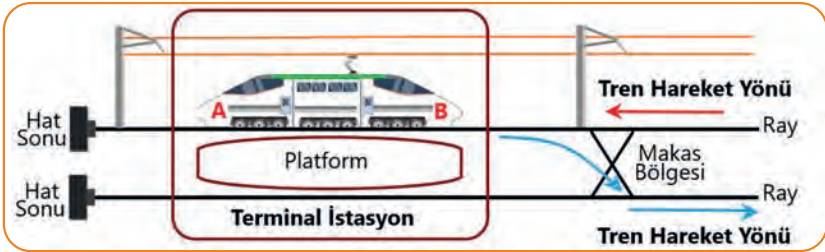
**BİLGİ KUTUSU**

Belirli bir raylı sistem hattı üzerinde bulunan uç veya son istasyon adını alan, hat sonlarında yer alan istasyonlara **terminal istasyon** denir.

ç) Kabin Değiştirme Süresi

Terminal istasyonlara ulaşan sürücülerin, bulunduğu kabin-den inip trenin diğer kabinini aktif ettiği süreye **terminal istasyon kabin değiştirme süresi** denir (Şekil 8.5).

Kabin değişim süreci Şekil 8.5'te görüldüğü gibi tren A ucu ve ok yönünde hareketini sürdürerek hat sonundaki terminal istasyona gelir. Tren sürücüsü A kabininin çalışmasını durdurarak B kabinine gelir ve treni çalışır hâle getirip mavi ok yönünde seyrine döner. Tren sürücüsünün A kabinini pasif hâle getirip B kabinini aktif ederek seyre başlaması için geçen süre, terminal istasyon kabin değiştirme süresini verecektir.



Şekil 8.5: Terminal istasyon kabin değiştirme süreci örnek şeması

d) Tarife Değişim Saati (Tarife Kırılımı)

Sefer tarifelerinde dizi sıklıklarının değiştiği zamana **tarife kırılımı** denir. Örneğin yolcu sayısının yoğun olduğu 07.00 – 10.00 saatleri arasında dizi sıklığı 5 dakika, yolcu yoğunluğunun azaldığı 10.00 – 16.00 saatleri arasında dizi sıklığı 8 dakika, 16.00 – 22.00 arası dizi sıklığı 10 dakika olarak belirlenirse bu durumda tarife kırılım saatleri 10.00, 16.00 olacaktır. Tarife kırılımları iyi organize edilmeli ve yolcu yoğunluğuna uygun olarak belirlenmelidir.

e) Trip Süresi

Raylı sistem hattı üzerinde iki terminal istasyon arasındaki yolculuk süresi ve istasyon bekleme sürelerinin toplamına **iki terminal istasyon arası toplam yolculuk süresi (trip)** denir.

i ifadesi istasyon, i_b ifadesi bekleme süresi kabul edilirse **Trip süresi** = $(i_1 + i_{b1}) + (i_2 + i_{b2}) + (i_3 + i_{b3}) \dots$ şeklinde olacaktır.

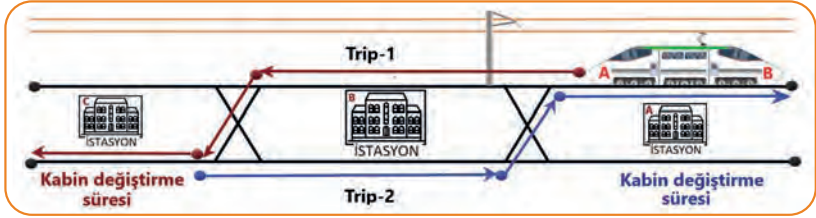
f) Toplam Tur Süresi

İlk istasyondan çıkan bir aracın, tekrar başlangıç noktasına geldiği ve tekrar aynı noktadan çıkması için ihtiyaç olan sefer süresine **toplam tur süresi (tarife planında tur)** denir (Şekil 8.6).

Toplam tur süresi belirlenirken

hat uzunluğu, istasyon sayısı, araç kapasitesi, sefer aralığı, tren dizi uzunluğu, bekleme süreleri vb. veriler kullanılmaktadır. Araç sayıları belirlenirken toplam tur süreleri göz önüne alınmaktadır.

Tur süresi = Trip 1 + Kabin Değiştirme Süresi + Trip 2 + Kabin Değiştirme Süresi



Şekil 8.6: Trip ve tur süreleri

SIRA SİZDE

A istasyonundan C istasyonuna doğru seyrini sürdürecektir olan bir tren vardır. Bu tren, 5 dakikalık bir kabin değişim süresi sonrasında saat 07.05'te A istasyonundan hareketine başlamış ve 07.30'da B istasyonuna gelmiştir. B istasyonunda saat 7.35'te hareketine başlamış, C istasyonuna saat 7.50'de gelmiştir. C istasyonunda 5 dakikalık bir kabin değiştirme süresi sonrasında C istasyonundan A istasyonuna doğru seyrine başlamıştır.

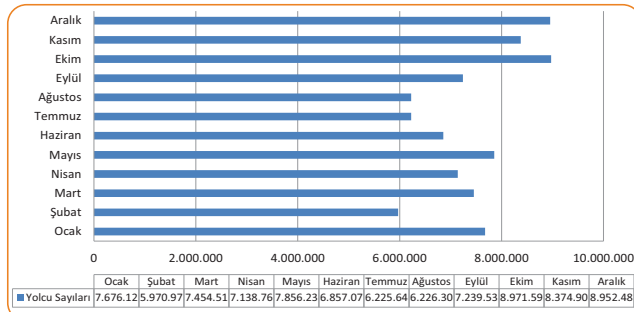
Aşağıdaki süreleri, Şekil 8.6'yı kullanarak hesaplayınız. Hesaplama sonuçlarınızı arkadaşlarınızın buldukları sonuçlarla karşılaştırınız.

1. İstasyonlar arası yolculuk
2. Toplam kabin değiştirme
3. Toplam tur
4. Headway
5. Trip

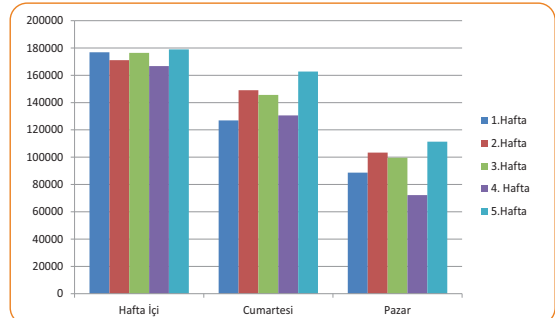
8.1.2. Dönemsel, Hafta İçi ve Hafta Sonu Sefer Tarifeleri Hazırlanırken Dikkat Edilecek Hususlar

Dönemsel, yaz ve kış aylarında, hafta içi ve hafta sonu ile özel günlerde insan yoğunluğundaki değişikliklere bağlı olarak sefer aralıkları, istasyon bekleme süreleri, parkur süreleri gibi durumlarda değişiklik yapılabilir.

Şekil 8.7'deki grafik verileri, Türkiye'de kent içi raylı sistemler alanında ulaşım yapan bir kentin aylara göre yolcu sayıları veri örneğidir. Yaz ve kış aylarında yolcu sayıları dönemsel olarak değişmektedir. Şekil 8.8'deki grafik verileri Türkiye'de kent içi raylı sistemler alanında ulaşım yapan bir kentin hafta



Şekil 8.7: Aylara göre yolcu sayıları örneği



Şekil 8.8: Haftalara göre yolcu sayıları örneği

içi, cumartesi ve pazar günlerine göre yolcu sayıları veri örneğidir. Hafta içi, cumartesi ve pazar günleri yolcu sayıları, sefer aralıkları değişmektedir (Tablo 8.1). Sefer tarifleri hazırlanırken günlere, haftalara ve aylara göre yolcu sayıları analiz edilmelidir.

Tablo 8.1: Kış ve Yaz Dönemi Sefer Aralıkları Örneği

KIŞ DÖNEMİ SEFER ARALIKLARI					
HAFTA İÇİ		CUMARTESİ		PAZAR	
PLANLANAN		PLANLANAN		PLANLANAN	
SAATLER	SEFER ARALIĞI	SAATLER	SEFER ARALIĞI	SAATLER	SEFER ARALIĞI
06.00 - 07.00	10 DAKİKA	06.00 - 07.00	10 DAKİKA	06.00 - 09.00	10 DAKİKA
07.00 - 08.30	5 DAKİKA	07.00 - 12.00	6 DAKİKA	09.00 - 12.00	7,5 DAKİKA
08.30 - 16.00	6 DAKİKA	12.00 - 19.00	5 DAKİKA	12.00 - 19.00	6 DAKİKA
16.00 - 20.00	5 DAKİKA	19.00 - 21.00	6 DAKİKA	19.00 - 22.00	7,5 DAKİKA
20.00 - 20.30	6 DAKİKA	21.00 - 22.00	7,5 DAKİKA	22.00 - 00.00	10 DAKİKA
20.30 - 22.00	7,5 DAKİKA				
YAZ DÖNEMİ SEFER ARALIKLARI					
06.00 - 07.00	10 DAKİKA	06.00 - 07.00	10 DAKİKA	06.00 - 10.30	10 DAKİKA
07.00 - 09.30	6 DAKİKA	07.00 - 08.30	6 DAKİKA	10.30 - 20.00	7,5 DAKİKA
09.30 - 17.00	7,5 DAKİKA	08.30 - 12.00	7,5 DAKİKA	20.00 - 00.00	10 DAKİKA
17.00 - 20.30	6 DAKİKA	12.00 - 19.00	6 DAKİKA		
20.30 - 21.30	7,5 DAKİKA	19.00 - 21.00	7,5 DAKİKA		
21.30 - 00.00	10 DAKİKA	21.00 - 00.00	10 DAKİKA		



SIRA SİZDE

Seyir tarifelerinde belirlenen sürelerin aksamasına neden olabilecek durumlar sizce nelerdir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Sefer tarifeleri dönemsel, haftanın günlerine ve gün içi yolcu yoğunluklarına göre hazırlanır. İhtiyaçlar doğrultusunda güncellenir veya değiştirilebilir. Sefer tarifeleri düzenlenirken dikkat edilmesi gereken özel hususlar şunlardır:

İklim Koşulları: Kış aylarında yağış, buzlanma gibi hava koşulları seferlerin iptaline veya gecikmesine neden olabilmektedir. Ayrıca yaz veya kış aylarında yolcuların iş çalışma saatlerinde değişiklikler meydana gelebilmektedir. Yaz aylarında gezme ve eğlence amacı taşıyan yolcuların geç saatler için ulaşım talepleri olabilecektir.

Tatil ve Özel Günler: Tatil dönemleri, bayram, yılbaşı, maç günü vb. zamanlarda trafik karakteristiği genellikle yükündür.

Emniyet ve Bakım Çalışmaları: Hafta içi, hafta sonu ve özel günlerin trafik durumları göz önüne alınarak özellikle tatil ve özel günlerde trafik yoğunluğu fazla olacağından ulaşımı aksatacak çalışmaları ve emniyet açısından zorunlu olanların dışında kalan çalışmalar trafik yoğunluğunun az olduğu zamanda yapılmalıdır.

Konfor Beklentisi: Hafta içi, hafta sonu, yaz, kış ya da özel günlerde yolcuların yolculuk süresi ve konfor beklentileri farklı olabilir.

İş Birliği: Raylı sistem taşımacılığı ile buna alternatif ulaşım araçları (taksi, otobüs vb.) iş birliği içinde olmalıdır. Şehir içi hatlar arasındaki ulaşım bir bütün olarak sağlanmalıdır.

Dinamikler: İş için yapılan yolculuklar hafta içi sabah ve akşam saatlerinde daha yoğun olduğundan daha fazla sefer düzenlenirken hafta sonu seyahat edenler için saatler daha esnek düzenlenebilmektedir. Ayrıca yılın belli dönemleri ve hafta sonlarında turistik rotalara ek seferler konup ihtiyaçlar gözetilebilmektedir.



ARAŞTIRMA

Bulduğunuz bölgedeki kent içi raylı sistem işletmesine yönelik, aşağıda sıralanan maddeleri araştırınız. Bulduğunuz sonuçları sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. İşletmenin hafta içi ve hafta sonu sefer tarifelerini
2. İstasyon işletme yönlerinin şemasını
3. Sefer tarifelerindeki sefer aralıklarını
4. İstasyonlar arasındaki yolculuk sürelerini
5. Dönemsel, yaz, kış, hafta içi, hafta sonu ve özel günlerde tarifeler arasındaki farklılıkları
6. Trenlerin istasyon bekleme sürelerini

8.1.3. Sefer Tarifelerinin Oluşturulması

Kent içi raylı sistem işletmesinin yolcu yoğunlukları doğrultusunda en aktif ve ekonomik şekilde sevk ve idaresi için farklı sefer tarifelerine ihtiyaç duyulabilmektedir. Sefer tarifesinin oluşum basamakları şu başlıklardan oluşur:

a) Sefer Bilgisi ve Sefer Hesaplama

Yolcu taşımak üzere tren veya tren dizisi oluşturulup trenlerin seyrinin gerçekleştirilmesi işlemine **sefer** denir. Raylı sistem aracının seyrini yapacağı iki ana nokta arasındaki güzergâha **hat** denir (Şekil 8.9).



Şekil 8.9: Basit hat yapısı örneği

Raylı sistemlerde karışıklıklarının önüne geçmek için işletmece belirlenen kurallar çerçevesinde sefer ve hatlara isim veya kod verilir.

Örneğin Hat 1 ve Hat 2'ye sahip iki işletmede tren seferleri yapılacaktır. Hat 1 üzerinde işletim yapacak trenlerin seferleri 01, 02, 03, ..., 10 şeklinde numaralandırılabilir. Hat 2 üzerinde işletim yapacak trenlerin seferleri 20'den başlanarak 20, 21, 22, 23, ..., 29 şeklinde numaralandırılabilir. Bu durumda 1'den 10'a kadar olan seferlerin Hat 1'e, 20'den 29'a kadar olan seferlerin ise Hat 2'ye ait olduğu anlaşılır.

Bir kent içi raylı sistem hattı üzerinde gerçekleşen sefer sayısını hesaplayabilmek için dizi süresi ve dizi sıklığı bilgisi bilinmelidir.

$$\text{Sefer Sayısı} = \frac{\text{Tur Süresi (dakika)}}{\text{Dizi Sıklığı (dakika)}} \text{ formülü üzerinden bulunur.}$$

Örnek: Tur süresi 60 dakika olan bir hatta 8 dakika dizi sıklığı ile tren çalıştırılması durumunda kaç sefere ihtiyaç duyulur?

$$\text{Sefer Sayısı} = \frac{\text{Tur Süresi}}{\text{Dizi Sıklığı}} = \frac{60}{8} = 7,5 = 8 \text{ sefer (Küsurat yukarı yuvarlanır.)}$$

b) Sefer Tarifesi Formatının Oluşturulması

Sefer tarifelerin karışmaması için yapılan her tarifeye farklı bir isim verilir. **Hafta içi yaz tarifi, hafta içi okullar açık tarifi, hafta sonu tarifi, hafta sonu maç tarifi** vb. şeklinde anlaşılabilirliği artıran isimler ile tarifeler birbirinden ayrılır ve isimlendirilir. Bir diğer yöntem ise sefer tarifelerine **hafta içi 5, hafta içi 8, hafta sonu 01** vb. şeklinde işletme çalışanlarının anlayacağı kodlar ile sefer tarifeleri birbirinden ayrılır ve isimlendirilir. İşletmeden işletmeye isimlendirme değişiklik gösterir ve personel sefer tarifelerinin yapısı hakkında eğitime tabi tutulur.

İsimlendirilen veya kod adı verilen sefer tarifeleri oluşturulurken yapılması gereken diğer iş ve işlemler şunlardır:

- Tarife zamanı belirlenir.
- Gerekli sefer sayıları hesaplanır.
- İlk kalkış yapan seferler ve hareket saatleri belirlenir.
- Sefer numaraları verilir.
- Tarife değişimlerinde yeni hesaplamalar yapılır ve plana işlenir.
- Tarife değişimi sonrası seferler tekrar ayarlanır.
- Depo çıkış saatleri belirlenir.
- İşletme biriminde seferlerin depoya alınma işlemleri yapılır.

Sefer tarifeleri için gerekli veriler toplandıktan sonra karmaşık ve kompleks bir yapı meydana gelir. Hatalardan arınık bir sefer planlaması için bu verilerin sefer tarifesine dönüştürülmesi ve bir program aracılığı ile görsel bir yapıya kavuşturulması amaçlanır. İşletmelerin kendine has sefer tarifi formatı bulunmaktadır (Tablo 8.2).

Tablo 8.2: Sefer Tarifesinin Uygulamaya Dönük Örneği

İstasyon Adı	Yolculuk Süresi	İstasyonda Bekleme Süresi	Toplam Süre	01-01 (Sefer No.- Trip No.)	02-01 (Sefer No.- Trip No.)	...-... (Sefer No.- Trip No.)	GİDİŞ
Depo	00.03.00						
A İstasyonu	00.00.00			07.00.00	...	...	
B İstasyonu	00.01.20	00.00.35	00.01.55	07.01.55	...	...	
C İstasyonu	00.01.00	00.00.25	00.03.20	07.03.20	...	...	
D İstasyonu	00.01.20	00.00.25	00.05.05	07.05.05	...	...	DÖNÜŞ
İstasyon Adı	Yolculuk Süresi	İstasyonda Bekleme Süresi	Toplam Süre	01-01 (Sefer No.- Trip No.)	02-01 (Sefer No.- Trip No.)	...-... (Sefer No.- Trip No.)	
D İstasyonu	00.00.00			07.10.00	...	...	
C İstasyonu	00.01.20	00.00.25	00.01.45	07.11.45	...	...	
B İstasyonu	00.01.00	00.00.35	00.03.20	07.13.20	...	...	
A İstasyonu	00.01.20	00.00.25	00.04.55	07.14.55	...	...	
Depo	00.03.00				...	...	

Sefer tarifelerinin uygulamaya dönük örneği üzerinden sefer tarife tablolarının doldurulduğu şu şekildedir:

- A ve D istasyonları terminal istasyonlardır. Tren seferleri gidiş yönü için A istasyondan dönüş yönünden ise D istasyonundan seyrine başladığı için istasyon bekleme süreleri boştur.
- İstasyon isimleri sıralı olarak sefer tarifelerine yazılır.
- Yolculuk süreleri ve istasyon bekleme süreleri yazılır.
- Yolculuk süresi ve istasyon bekleme süreleri sıralı olarak toplanarak toplam süre bilgisi tabloya yazılır.

- Trip süreleri hesaplanır ve veri girişi sıralı olarak tabloya yazılır.
- Sefer numarası ve sefer sayıları tabloya girilir. Örnek tabloda ilk iki rakam sefer numarası “-” (kıs çizgi) ile ayrılmış, ikinci rakamlar ise trip numarasını verecek şekilde sefer numarası ve sefer sayıları girilmiştir.
- Tablo üzerinde tripler tüm seferler için ayrı ayrı raylı sistem tren işletiminin başlangıcından sonuna kadar devam ettirilir.
- Depodan terminal istasyonlara ulaşmak için gerekli olan süre bilgisi tabloya girilir.
- İşletme gereklilikleri gereği farklı veri girişleri için özel veri giriş alanları oluşturulabilir ve sefer tarifeleri işletme standartları doğrultusunda şekillendirilir.



SIRA SİZDE

10 istasyondan oluşan bir kent içi raylı sistem işletmesi bulunmaktadır. Terminal istasyondan 06.00.00’da seyrine başlayacaktır. Dizi sıklığı 10, kabin değiştirme süresi 5 dakikadır. İstasyon bekleme süreleri 20 saniye, istasyonlar arası yolculuk süresi 2 dakikadır.

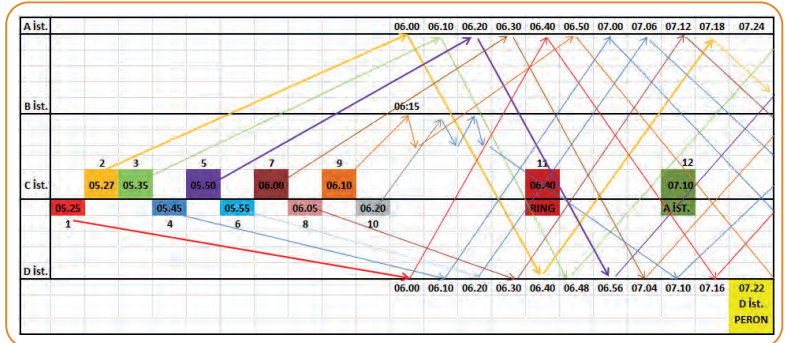
Bu verilere göre gerekli hesaplamaları yaparak sefer tarifesi hazırlayınız.

8.2. ÇALIŞMA ÇİZELGESİNİN HAZIRLANMASI

Hızlı kentleşme ve nüfus artışından dolayı raylı sistem kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Raylı sistemle ulaşımın kent içi taşımacılıkta kullanılması; tren seferlerinin düzenlenmesi, makinistlerin çalışmasının planlanması, çalışma ve dinlenme sürelerinin ayarlanması vb. durumların sistemli bir şekilde planlanmasını gerekli kılmıştır. Bu nedenle raylı sistem taşımacılığında yer alan bu sistemlerin planlanması, planlamaların sürekliliğinin sağlanması için raylı sistem idaresi içinde sürekli ve profesyonel çalışmalar yapılmaktadır.

8.2.1. Orer Grafiğinin Tanımı ve Oluşturulması

Orer, Fransızca **horaires** (uher) kelimesinden türetilmiştir. Sözcüğün Türkçe karşılığı **saatlendirmedir**. Tren trafiğiyle ilgili bilgilere yer verilen grafik, broşür, ilan, afiş, seyr tarifeleri ve yolcu rehberlerinin tümüne **orer** denir. Bir günde veya belirli bir zaman içinde güzergâhlarında çalışan tüm trenlerin istasyonlara varış, duruş ve kalkış saatleri ile buluşma, öne geçme durumlarını gösteren planlama grafiğine **orer grafiği** denir (Şekil 8.10).



Şekil 8.10: Sefer süreleri ve tren hareketliliği orer grafik örneği

Etkili bir orer grafiği, trenlerin işletim sürecini planlarken personel yönetimini ve günlük işletme faaliyetlerini aktif olarak koordine eder. Orer grafiğinin verimliliğini arttırmak için yerine getirilmesi gereken ön hazırlıklar şunlardır:

Personel Listelerinin Hazırlanması: İşletmedeki tüm personelin bilgileri, adları, görevleri ve çalışma saatlerini içeren liste hazırlanır.

Günlük İşletme Bilgilerinin Hazırlanması: İşletmenin sürdürüleceği hatlar için günlük çalışma saatleri, trenlerin sefer saatleri, tren türleri, istasyonlar arası mesafeler, seyr süreleri ve diğer işletme verileri hazırlanır.

Personel Görevlendirme: Hazırlanan personel listesinden işletmenin günlük ihtiyaçları doğrultusunda trenlerin işletimi, istasyon içi görevler, bakım, onarım gibi görevler için personeller görevlendirilir.

Çalışma Çizelgesi Oluşturma: Günlük işletme bilgileri ve personel görevlendirmeleri doğrultusunda çalışma çizelgeleri oluşturulur.

Uygulama: Tüm işletme verileri kullanılarak oluşturulacak orer grafikleri ve çalışma planlarının uygulanabilirliği aktif olarak izlenir ve hatalar düzeltilir.

Kent içi raylı sistemlerde raylı sistem araçlarının zamanlanması ve birbiriyle olan ilişkisini göstermek için orer planlarıyla aynı amaçta kullanılmak üzere **sefer süre hesaplama işlemleri** yapılır ve sefer tarihleri kullanılır.

8.2.2. Sefer Tarifesi

Raylı sistem işletmeleri hattın ve işletmenin yapısı doğrultusunda farklı yapı ve standartlarda sefer tarifeleri oluşturmaktadır (Şekil 8.11). Sefer grafikleri ve makinist çizelgeleri oluşturulurken sefer tarifeleri göz önüne alınmaktadır.

HAFTA İÇİ TARİFESİ						HAT 1 O istasyonu - S istasyonu					
E İst	GÖREV NO.	SEFER KODU	A İstasyonu	E İstasyonu	H İstasyonu	MAKAS KODU: 01					
1	05.25	H İst.	1	100	06.00	Y.B.K.-01-02					
2	05.27	A İst.	2	102	06.10						
3	05.45	H İst.	3	103							
4	05.50	A İst.	4	104	06.20						
5	05.55	H İst.	5	105							
6	06.00	A İst.	6	106	06.30						
7	06.05	H İst.	7	107							
8	06.10	A İst.	8	108	06.40						
			2	102	06.00						
			4	104	06.10						
9	06.13	R+R A İst.	9	109							
			6	106	06.20						
			12	108	06.30						
10	06.30	R+R A İst.	10	101							
			13	100	06.37						
			23	115	H İst. PERİONDAN						
			8	103	06.45						
11	06.50	R+R A İst.	11	111							
			1	109	06.52						
12	07.00	R+R A İst.	12	112	O İst. Hareket 07.06						
			3	105	07.00						
					07.34						

Şekil 8.11: Sefer tarife örnekleri



ARAŞTIRMA

Çevrenizde yer alan istasyon veya garları ziyaret ediniz. Görevlilerden sefer tarifelerinde meydana gelebilecek herhangi bir aksaklık durumunda personellerin neler yapması gerektiği hakkında bilgi alınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

8.2.3. Seferlerin Grafiğinin Oluşturulması

Raylı sistem taşımacılığında belirli bir hat veya hatta ait trenler ile yapılacak olan seferlerin zamanlamasını grafiksel olarak gösteren plan veya programa **raylı sistem sefer grafiği** denir.

Kent içi raylı sistemler için sefer grafiği oluşturmak işletmenin ihtiyaçları, operasyonel kısıtlamalar, yolcu beklentileri, sefer tarifeleri ve işletme hesaplamaları doğrultusunda yapılır. Sefer grafikleri, seyahat planlamasıyla birlikte taşımacılık faaliyetinin günlük işletim süreci içinde organize edilmesini sağlar. Raylı sistem işletmecileri sefer grafiklerini oluştururken anlaşılabilirliği en yüksek ikon, işaret, font, renk vb. grafiksel özellikleri kullanır.

Sefer grafiğinin genel olarak içerdiği bilgiler şunlardır:

- Kalkış ve varış saatleri
- İstasyonlar ve duraklar
- Sefer aralıkları
- Seyahat süreleri
- Transfer noktaları
- Özel durumları içeren notlar



BİLGİ KUTUSU

Grafikler, trenlerin birbiriyle olan ilişkilerini ve hareketlerini toplu olarak gösterir. Trenlerin hareket saatleri değiştiğinde yapılan değişiklikler grafiklere işlenir.

8.2.4. Görev Numaraları

Raylı sistemlerde görev numarası, her tren seferinin veya hizmetin birbirinden farklı bir şekilde tanımlanması amacıyla kullanılan numaralandırma biçimidir. Bu numara; trenin hangi hat ve rotada seyrini sürdürdüğünü, kalkış ve varış istasyonlarını, sefer tipini, vardiya bilgisini ve işletmece belirlenen diğer bilgileri belirtmek için kullanılmaktadır.

Görev numaraları, raylı sistem işletmecisi tarafından belirlenir. Genellikle bir harf ve rakam kombinasyonundan meydana gelir.



BİLGİ KUTUSU

Raylı sistemler işletmesi için hazırlanacak tüm plan ve hesaplarda çalışanların görüşlerini almak ve çalışma şartlarını doğru planlamak son derece önemlidir. Raylı sistem taşımacılığı her ne kadar güvenli bir ulaşım sistemi olsa da en ufak bir hatanın maddi ve manevi çok ağır sonuçlar doğuracağı unutulmamalıdır.

8.2.5. Makinist Çizelgeleri

Çizelgelerde makinistlerin hangi gün ve saatler arasında görev yapacakları, görev bilgileri, dinlenme süreleri ve işletmece gerekli görülen diğer detaylar gösterilir (Tablo 8.3). Makinist vardiya çizelgeleri işletmeler tarafından sefer tarifeleri ve sefer tarifelerinde kullanılan veriler doğrultusunda dikkatlice planlanmalı ve güncel tutulmalıdır. Düzgün hazırlanmış bir makinist çizelgesi raylı sistem işletmesinin etkin, güvenli ve düzenli işletilmesine olanak sunar.

Tablo 8.3: Makinist Çalışma Çizelgesi Örneği (Günlük)

GÜNLÜK VARDİYA PLANI														
Görev		İsim	Servis Geliş	Çıkışta Hazırlık	Depo Çıkış		Görev Başlangıç	Araç Teslim	Görev Bitiş	Depoya	Dönüşte Hazırlık	Servis Çıkış	Süre	Fiili Süre
HAT -1- (A İstasyonu – B İstasyonu İstikameti)														
01011	HAT 1 Tram 1 sabah		05.00	05.15	05.30	DEPO	13.12	13.12				8.12	07.42	
01012	HAT 1 Tram 1 akşam		A İSTASYONU YÖNÜ ÇARŞI				1.15	16.25		00.57	01.03	01.05	08.40	08.10
01021	HAT 1 Tram 2 sabah		05.00	05.23	05.38		DEPO	13.20	13.20			08.20		07.50
01022	HAT 1 Tram 2 akşam		A İSTASYONU YÖNÜ ÇARŞI				15.37	15.37		23.54	23.59	00.15	08.38	08.08
01031	HAT 1 Tram 3 sabah		05.00	05.31	05.46		DEPO	13.28	13.28			08.28		07.58
01032	HAT 1 Tram 3 akşam		A İSTASYONU YÖNÜ ÇARŞI				12.57	12.57		21.27	21.32	21.37	08.40	08.10
01041	HAT 1 Tram 4 sabah		05.45	05.39	05.54		DEPO	13.53	13.53			08.08		07.38
01042	HAT 1 Tram 4 akşam		B İSTASYONU YÖNÜ ÇARŞI				15.12	15.12		00.07	00.12	00.15	09.03	08.33

Çalışma çizelgeleri saatlik, günlük, haftalık, aylık vb. olarak raylı sistem işletmesinin talepleri ve sistemin işleyişi doğrultusunda farklı şekillerde ve standartlarda hazırlanabilir. Raylı sistem işletmelerinde

genellikle aylık çalışma çizelgeleri bulunmaktadır (Tablo 8.4). Bu çalışma çizelgelerinde görev numaraları ve diğer gerekli görülen bilgiler yer alır.

Tablo 8.4: Makinist Çalışma Çizelgesi Örneği (Aylık)

VARDİYA: 1. GRUP																																			
	SİGİL NO.	ADI SOYADI	GÖREVİ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1				113	2	3		143	259	60	61	62			104	205	6	7	15		63	164	251	60	51					110	211			53	54
2				102	8	9	38		258	59	60	61			Yİ		Yİ	Yİ		31	62	163	264	51	15		14	1		102	203			52	53
3				111	12	13		144	252	53	54	55		52	110	201	2	3	22		56	157	258	59			4	5	106	207			60	61	
4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



SIRA SİZDE

Sefer tarifeleri ve makinist çalışma çizelgelerinin hazırlanmasından sorumlu personel vardır. Bu personelin, süre planlamasını hatalı yapması sonucunda sizce ne gibi sorunlar ortaya çıkabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla sınıfta paylaşınız.

Makinist vardiya çizelgesi oluşturulurken dikkat edilmesi gereken bazı faktörler şunlardır:

Çalışma Saatleri: Çizelgeler oluşturulmadan önce makinistlerin günlük, haftalık, aylık çalışma saatleri belirlenmelidir. Personelin hangi saatler arasında görev yapacağına karar verme sürecinde gereklidir.

Vardiya: İşletmenin sürdürülebilmesi için gerekli olan vardiya türü ve düzeni belirlenmelidir. Vardiya arası geçiş ve dinlenme süreleri göz önüne alınmalıdır.

Görev Dağılımı: Hangi makinistin hangi hat ve araçta görev yapacağı belirlenerek görev dağılımları yapılmalıdır.

Dinlenme Süreleri: Makinistlerin mola ve dinlenme süreleri iyi planlanmalıdır.

Yedekler: Beklenmedik durumlar için plan oluşturulmalıdır. Makinistlerin görevleri değiştiğinde ya da acil bir durumda nasıl davranılması gerektiği bilinmeli, yedek makinist görevlendirmesi yapılmalıdır.



ARAŞTIRMA

Türkiye’de makinistlerin çalışma saatlerine yer verilen yönetmelikleri araştırınız. Makinistlerin çalışma saatlerini tablo hâline getirerek edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

8.2.5.1. İşletme Hesaplama

İşletme hesaplaması yapılırken hattın toplam tur süresi, tren sayısı, sürüş hâlinde makinist sayısı, bir vardiyada bulunması gereken makinist sayısı, işletme sırasında makinist dinlenme süresi, işletmede bulunması gereken toplam makinist sayısı, vardiya sayısı gibi verilerin hesaplaması yapılır.

İşletme Hesaplama Örneği: Kent içi raylı sistemlerde taşımacılık yapan bir işletmede 17 adet istasyon bulunmaktadır. Her bir istasyon arası mesafe test edilmiştir ve 2 dakikadır. Raylı sistem aracı her istasyonda en az 20 saniye bekleyecektir. Raylı sistem hattı sefer aralıkları pik saatlerde 5 dakika ve diğer durumlarda 8 dakika, sefer saatleri 06.00-00.00 arası olacak şekilde genel bir kent içi raylı sistem işletme hesaplaması:

- Ara istasyon bekleme süreleri toplamı**

Ara istasyon sayısı, toplam istasyon sayısından başlangıç ve bitiş istasyonlarının eksilmesi ile bulunur.

Ara istasyon $\times$ istasyon bekleme süresi = 15×20 sn. = 300 sn. = **5 dk.**

Her iki yönde ara istasyon bekleme süresi = 2×5 = **10 dk.**

- **Başlangıç istasyonlarında (2 istasyon) bekleme süreleri toplamı**

$$2 \times 2 = \underline{4 \text{ dk.}}$$

- **İstasyonlar arasındaki sürelerin toplamı**

İstasyonlar arasındaki mesafe farklılıklarından ve diğer nedenlerden dolayı süreler farklı ise süreler toplanır. Bu örnekte süreler eşit kabul edilmiştir.

17 istasyonda 16 istasyon arası vardır.

$$16 \times 2 = \underline{32 \text{ dk.}}$$

$$\text{Her iki yön için} = 2 \times 32 = \underline{64 \text{ dk.}}$$

- **Toplam parkur süresi**

Toplam parkur süresi = ara istasyon ve başlangıç istasyonu bekleme süreleri toplamı + istasyon aralarındaki sürelerin toplamı

$$10 \text{ dk.} + 4 \text{ dk.} + 64 \text{ dk.} = \underline{78 \text{ dk.}}$$

- **Sefer süresine göre hattaki tren sayısı (5 dakikalık seferlerde)**

Toplam tur süresi/yapılacak sefer aralığı

$$78 / 5 \text{ dk.} = 15,6 \text{ tren olacağından bu işletme için } \underline{16 \text{ tren}} \text{ gereklidir.}$$

- **Bir vardiya için en fazla makinist sayısı**

Bir makinistin her tur sonunda en az 15 dk. dinlenmesi gerektiği düşünülürse 5 dk. olan seferlerde makinist sayısı, hatta bulunan dizi sayısının 3 fazlasıdır.

$$\text{Hattaki maksimum dizi sayısı} + 3 = 16 + 3 = \underline{19 \text{ makinist}} \text{ gereklidir.}$$

- **Sefer süresine göre hattaki tren sayısı (8 dakikalık seferlerde)**

Toplam tur süresi / yapılacak sefer aralığı

$$78 / 8 \text{ dk.} = 9,75 \text{ tren olacağından bu işletme için } \underline{10 \text{ tren}} \text{ gereklidir.}$$

- **Makinist dinlenme süresi (8 dakikalık seferlerde)**

5 dakikalık seferlerde yani pik saatlerdeki vardiyada 19 makinist vardır.

Makinist sayısı – hattaki tren sayısı

$$19 - 10 = 9 \text{ makinist dinlenmede}$$

Dinlenen maksimum makinist sayısı X sefer aralığı

$$9 \times 8 = \underline{72 \text{ dk. bir makinist}} \text{ dinlenir.}$$

- **Toplam vardiya sayısı**

Vardiya sistemi 3 vardiya olacak şekilde işletilmelidir. İşletme saatleri 06:00 - 00:00 olduğundan

1. Sabah vardiyası 05.30 - 14.30

2. Akşam vardiyası 14.00 - 00.30

3. Dinlenmede 1 vardiya bulunur.

- **Toplam makinist sayısı**

Hatta çıkan maksimum araç sayısı X 3,5 = Toplam makinist sayısı

$$16 \times 3,5 = \underline{56 \text{ makinist}}$$



SIRA SİZDE

Bir tramvay işletmesinde 20 adet istasyon bulunmaktadır. Her bir istasyon arası mesafenin 5 dakika olduğu test edilmiştir. Raylı sistem aracı, her istasyonda en az 20 saniye bekleyecektir. Raylı sistem hattı sefer aralıkları, pik saatlerde 4 dakika ve diğer durumlarda 10 dakika; sefer saatleri 06.00 - 01.00 arası olacak şekilde, genel bir kent içi raylı sistem işletme hesaplaması yaparak basit bir makinist çalışma çizelgesi formatı oluşturunuz.



SIRA SİZDE

Kent içi raylı sistemlerde sefer hazırlama ile ilgili **on kavram**, aşağıdaki tabloda soldan sağa, yukarıdan aşağıya gizlenmiştir. Bu kavramları bularak kutu içine alınız. Bulduğunuz kavramlar hakkında bildiklerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

K	A	P	A	S	İ	T	E	J	İ	İ	H	R
İ	H	T	R	İ	P	S	Ü	R	E	S	İ	O
Ş	E	İ	Z	O	L	A	T	Ö	R	H	F	R
L	A	B	D	S	C	A	B	A	T	A	R	E
E	D	V	A	R	D	İ	Y	A	İ	T	T	R
T	W	İ	L	L	O	Ç	İ	Z	E	L	G	E
M	A	S	E	F	E	R	S	A	Y	İ	S	İ
E	Y	S	J	R	U	O	P	Ğ	Ü	O	T	S
S	E	F	E	R	T	A	R	İ	F	E	S	İ



KELİME OYUNU

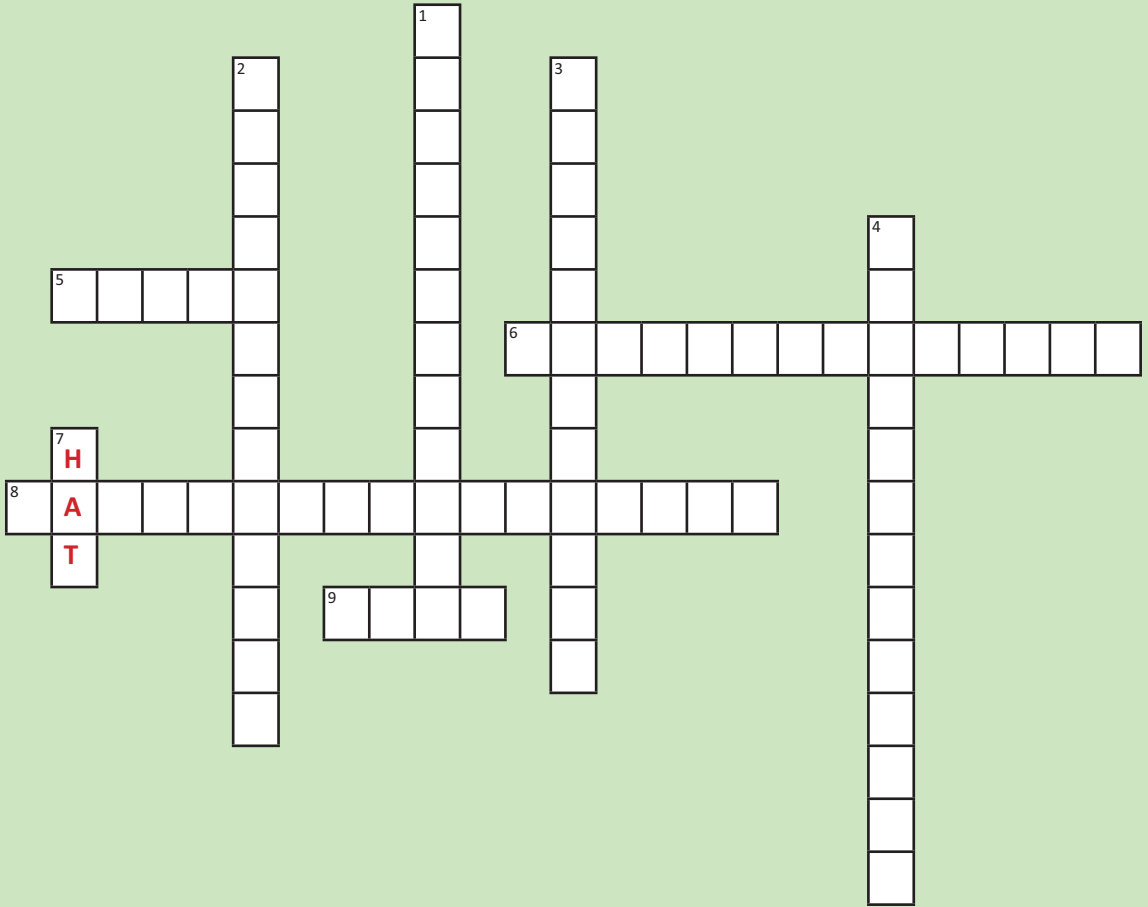
Aşağıdaki ifadelerin karşılığı olan kelimeleri uygun kutucuklara yerleştiriniz.

Soldan Sağa

5. Trenlerin yolcu taşımak amacıyla seyrini gerçekleştirmesi
6. Sefer tarifelerinde dizi sıklıklarının değiştiği zaman
8. Makinistlerin çalışmalarıyla ilgili detayların yer aldığı çizelge
9. İki terminal istasyon arası tren hareketliliği

Yukarıdan Aşağıya

1. Seferlerin zamanlanmasını grafiksel olarak gösteren plan
2. Seferlerin işleyişini zamansal olarak düzenleyen plan
3. Seyrini sürdüren iki araç arasındaki zamansal fark
4. Raylı sistem seferlerinin tanımlanması amacıyla kullanılan numaralandırma
7. Raylı sistem aracının seyrini sürdürdüğü güzergâh



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerde (.....) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin doğrusunu alttaki boş yerlere yazınız.

1. (...) Sefer tarifeleri oluşturularak, raylı sistem seferlerinin işleyişi zamansal olarak belirli bir düzene sokulur.
.....
2. (...) Kent içi raylı sistemlerde; okul, sanayi sitesi, konser alanı, alışveriş merkezi ve fuar alanları yerlerde yolcu yoğunlukları belirli zamanlarda artar.
.....
3. (...) Dönemsel olarak yaz ve kış aylarında raylı sistemlerde taşınan yolcu yoğunlukları birbirine yakındır.
.....
4. (...) Raylı sistem işletmesinin sürdürülebilmesi için işletmede ne şekilde, kaç vardiya yapılacağı kararlaştırılmalıdır.
.....
5. (...) Terminal istasyonlarda kabin değiştirme süresi için sefer tarifelerinde 3 dakikalık standart süre belirlenir.
.....
6. (...) Çalışma çizelgeleri hazırlanırken personelin ev adres bilgileri doğrultusunda planlama yapılmalıdır.
.....
7. (...) İki istasyon arası yolculuk süresi ölçülerek istasyonlar arası seferlerde planlı yolculuk sağlanır.
.....
8. (...) Çalışma çizelgeleri trenlerin birbiriyle olan ilişkisini ve hareketlerini toplu olarak gösterir.
.....

B) Aşağıdaki cümlelerde bulunan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

9. Kent içi raylı sistemlerde seyrini sürdüren iki tren arasındaki sürenin ölçülmesi ile elde edilen değere denir.
10. Terminal istasyondan seyrine başlayan aracın tekrar başlangıç noktasına geldiği ve seyrine başladığı süreye denir.
11. Son istasyonlara ulaşan sürücülerin, treni ters yöne doğru harekete geçirmek için kabin değiştirdiği süreye denir.
12. Belirli bir hat üzerindeki araçların zamanlanmasını grafiksel olarak göstermek için kullanılır.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevabı işaretleyiniz.

13. Kent içi raylı sistemlerde yolcu yoğunluğu değiştiğinde sefer aralıklarında oluşan değişiklik saatine ne ad verilir?

- | | |
|----------------------|--------------------|
| A) Değişim zamanı | B) Sefer tarifesi |
| C) Tarife tur süresi | D) Tarife kırılımı |
| E) Yolculuk süresi | |

14.

- I. Sefer aralıkları
- II. Seyahat süreleri
- III. Kalkış ve varış saatleri
- IV. İstasyon ve duraklar

Kent içi raylı sistemler için hazırlanan sefer grafiklerinde yukarıdaki verilerden hangileri bulunur?

- | | | |
|----------------|---------------|-------------------|
| A) I ve II | B) I, II, III | C) I, III, IV |
| D) II, III, IV | | E) I, II, III, IV |

15. Aşağıda verilen sürelerden hangisi kent içi raylı sistemlerde sefer tarifeleri hazırlanırken dikkate alınması gereken temel sürelerden değildir?

- A) Terminal istasyon temizlik ve bakım
- B) Raylı sistem İstasyonları arası yolculuk
- C) Raylı sistem hattı üzerindeki toplam tur
- D) Raylı sistem aracı kabin değiştirme
- E) Terminal istasyonlar arasındaki yolculuk

CEVAP ANAHTARI

1. Öğrenme Birimi Ölçme ve Değerlendirme

1	D	9	Eskişehir
2	Y	10	Raylı sistem
3	D	11	B
4	D	12	A
5	Y	13	C
6	Dersaadet	14	A
7	Karaköy-Beyoğlu	15	E
8	Trolleybüs		

2. Öğrenme Birimi Ölçme ve Değerlendirme

1	D	11	E
2	Y	12	D
3	Y	13	E
4	D	14	C
5	D	15	C
6	Balast	16	A
7	Travers	17	D
8	Statik kuvvetler	18	D
9	Drenaj sistemleri	19	E
10	Makas	20	A

3. Öğrenme Birimi Ölçme ve Değerlendirme

1	D	14	APS ray
2	D	15	Akım Pabuçları
3	Y	16	Katener
4	D	17	Yardımcı güç trafosu
5	Y	18	B
6	D	19	A
7	Y	20	D
8	D	21	D
9	D	22	E
10	Cer gücü	23	C
11	Cer gücü trafo merkezi	24	A
12	Pantograf motoru	25	B
13	Geri dönüş		

4. Öğrenme Birimi Ölçme ve Değerlendirme

1	D	14	İnterlocking
2	Y	15	Araç üstü
3	D	16	Otomatik tren kontrolü (ATC)
4	Y	17	E
5	Y	18	E
6	D	19	D
7	D	20	C
8	Y	21	D
9	Sinyalizasyon	22	A
10	Sürücü ve operatör	23	B
11	Aks sayıcılı	24	E
12	Ray devresi	25	C
13	Röle		

5. Öğrenme Birimi Ölçme ve Değerlendirme

1	D	8	Tren sürücüsü
2	Y	9	D
3	D	10	D
4	D	11	E
5	Süpervizör	12	C
6	SCADA kontrolörü	13	C
7	Trafik operatörü		

6. Öğrenme Birimi Ölçme ve Değerlendirme

1	D	7	D
2	Y	8	A
3	D	9	E
4	B Sınıfı	10	B
5	1 (bir)	11	C
6	İlgili İşletme Şefliği ve Teknik Eğitim Şefliği		

CEVAP ANAHTARI

7. Öğrenme Birimi Ölçme ve Değerlendirme

1	D	16	Bas konuş ünitesi
2	D	17	Fren direnci
3	Y	18	Manyetik ray freni
4	Y	19	Gateway
5	D	20	Maglev
6	Y	21	E
7	Y	22	B
8	D	23	B
9	Y	24	C
10	D	25	A
11	Aracın çözülmesi	26	D
12	Sürüş modu	27	D
13	Aracın canlandırılması	28	C
14	Telsiz sistemi	29	A
15	İndüksiyon döngü sistemi		

8. Öğrenme Birimi Ölçme ve Değerlendirme

1	D	9	Sefer aralığı
2	D	10	Toplam tur süresi
3	Y	11	Kabin değiştirme süresi
4	D	12	Sefer grafiği
5	Y	13	D
6	Y	14	E
7	D	15	A
8	Y		

KAYNAKÇA

- AKÇAER, M. Z. (2014). *Demiryolu Ray – Travers Bağlantı Sistemlerinin ve Uygulanan Testlerin İncelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü: Yayınlanmış yüksek lisans tezi.
- AKSOP, E. Y. (2018). *Demiryolu Üstyapı Hesaplarının Analitik ve Nümerik Yöntemlerle İncelenmesi*. Sakarya Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü: Yayınlanmış yüksek lisans tezi.
- AVCI, M. (2014). *Atatürk Dönemi Demiryolu Politikası*. Ankara Üniversitesi Türk İnkılâp Tarihi Enstitüsü Atatürk Yolu Dergisi, S. 54, s. 39-58.
- AYHAN, S. (2007). *Kentsel Raylı Sistemlerde İşletme Maliyetleri*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü: Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- BİRİNCİ, R. A. (2022). *Kent İçi Raylı Sistemlerde Tarife Planı Yapımı*. Başakşehir Üniversitesi, Yüksek lisans projesi.
- CAN, M. (2020). *Kent İçi Raylı Sistemlere Yeni Hat Entegrasyonunda Farklı Koşulların İşletme Sürekliliğine Etkisinin İncelenmesi*. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi: Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- ÇELİK, M.S. (2015). *Demiryolu Traverslerinin Çok Yönlü İncelenmesi ve Örnek Hat Üzerinde Kullanılan Farklı Tipteki Traverslerin İrdelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi. Yayınlanmış yüksek lisans tezi.
- DEMİRTAŞ, B. (2017). *Cumhuriyet Döneminde Demiryolu Siyasetinin Malatya Durağı*. International Journal Of Eurasia Social Sciences, Vol: 8, Issue: 26, pp. (97-110).
- DÜNDAR, M. T., ÖZTÜRK, Z. (2016). *Metro Sistemlerinin Yapım ve İşletme Maliyetleri Optimizasyonu İçin Bir Çalışma*. İMO Teknik Dergi, s. 7659-7668.
- GÜLENER, Y. (2009). *Bir Raylı Ulaşım Sinyalizasyon Sistemi Gerçekleştirme*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- KARAYANIK, S. (2016). *Marmaray Sinyalizasyon Sistemleri*. Demiryolu Mühendisliği Dergisi, S. 4, s. 71-77.
- KOCAGÖZ, A.B. (2021). *Haberleşme Temelli Tren Kontrol Sistemlerinde Fonksiyonel Emniyet Yönetimi ve Hata Ağacı Analizi*. Karabük Üniversitesi: Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi.
- KONMAZ, O. (2014). *Katenersiz Tramvay Sistemleri ve Konya Uygulaması*. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Yayınlanmış yüksek lisans tezi.
- Metro İstanbul AŞ. (2020). *Demiryollarında Yol Bilgisi*. İstanbul.
- Metro İstanbul AŞ. (2019). *Güç Bilgisi El Kitabı*. İstanbul.
- Metro İstanbul AŞ. (2021). *Hat Bilgisi El Kitabı*. İstanbul.
- Metro İstanbul AŞ. (2020). *Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemler İşletme Bilgisi*. İstanbul.
- Metro İstanbul AŞ. (2019). *M2 Rotem 68 Metro Aracı Tren Sürücüsü El Kitabı*. İstanbul.
- Metro İstanbul AŞ. (2017). *Sinyalizasyon ve Haberleşme Tren Sürücüsü Eğitimi Kitabı – Sinyalizasyon El Kitabı*. İstanbul.
- Metro İstanbul AŞ. (2022). *T5 Durmazlar Aracı Tren Sürücüsü El Kitabı*. İstanbul.
- ÖZDEMİR, M. (2001). *Mütareke ve Kurtuluş Savaşı Başlangıç Dönemlerinde Türk Demiryolları, Yapısal Ekonomik Sorunlar (1918-1920)*. Kültür Bakanlığı Yayınları, Ankara, s. 8- 11.
- ÖZMEN, İ. (2014). *50 V Dc Cer Gücü Tedarik Sisteminin Bilgisayar Destekli Modellemesi, Benzetimi ve Analizi*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü: Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- ÖZTÜRK, İ. (2009). *Osmanlı İmparatorluğundan Günümüze Demiryollarının Gelişimi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Yüksek Lisans Tezi.

KAYNAKÇA

- ŞENOL, S. (2014). *Raylı Sistemler ve Levent Hisarüstü Metro Projesinde Cer Gücü Beslemesi*. İstanbul Aydın Üniversitesi: Yayınlanmamış yüksek lisans seminer tezi.
- TDK Güncel Türkçe Sözlük (2023). Ankara: TDK.
- TDK Yazım Kılavuzu (2023). Ankara: TDK.
- TEMİZGÜNEY, F. (2008). *Erzurum'a Demiryolunun Gelişi*. Ankara Üniversitesi: Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- YILDIRIM, E. (2013). *Kentsel Raylı Sistemlerin Planlanması Bursa Örneği*. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Yayınlanmamış yüksek lisans tezi.

Not: Kaynakça oluşumunda APA 6 kuralları uygulanmıştır.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇASI

Karekoda ulaşılabilmesi durumunda aşağıdaki linki kullanabilirsiniz.
<http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2354>.

