

Arató Károly

Vasúti rendszertechnikai ismeretek

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
4. A VASÚTI KÖZLEKEDÉS DINAMIKAI JELLEMZŐI	4
4.1. A vasúti közlekedés kinematikai és kinetikai alapjai	4
4.1.1. Kinematikai mozgásjellemzők	4
4.1.2. Az egyenes vonalú mozgás egyenletei és kinematikai alapja	7
4.1.3. A járművek tömege	8
4.1.4. A vonóerő	9
4.1.5. A vasúti ellenállások	15
4.1.6. A fékezőerő és a fékezés	22
4.1.7. A vonatmozgás egyenlete	26
5. GURÍTÁSDINAMIKA	27
5.1. A gurított kocsira (-csoportra) ható erők	27
5.2. Az energiamagassági vonal	27
5.2.1. Az állandó esésű szakasz energiamagassági vonala	27
5.2.2. A változó esésű pályaszakasz energiamagassági vonala	28
5.3. A pályaeerő-grafikon	31
5.4. A gurítódomb hossz-szelvényének geometriája	33
5.4.1. A gurítódomb lejtési viszonyai	33
5.4.2. A gurítólejtő esését meghatározó szempontok	34
5.4.3. A gurítódomb magassága	35
5.5. A gurítási idő meghatározása	36
5.6. Két egymás után futó kocsik követési idejének szabályozása	38
5.6.1. Egymás után futó kocsik követési időközét meghatározó szempontok	38
5.6.2. Egymás után futó kocsik követési időközének szabályozása a gurítási sebesség változtatásával	41
5.6.3. Egymás után guruló kocsik követési időközének szabályozása fékezéssel	43
6. A VASÚTÜZEMI FOLYAMAT	50
6.1. Az alapvető üzemi folyamat	51
6.2. vasúti szolgálati helyek osztályozása	56
6.3. A vasútállomások funkciói és osztályozása	63
6.4. A vasútállomások forgalmi-üzemi műveletei	65

6.4.1. Forgalmi-üzemi műveletek	66
6.4.1.1. Vonatközlekedéssel kapcsolatos állomási műveletek	67
6.4.1.2. Állomási műveletek időnormáinak meghatározása	83
6.4.1.3. A vonatközlekedés állomási időpontjainak megállapítása	96
6.4.2. Meddőidő felhasználások	96
6.4.2.1. A menetrendi kötöttségek	97
6.4.2.2. A vonali zavaridők	97
7. A TOLATÁSELMÉLET ALAPJAI	100
7.1. Tolatási technológiák	101
7.1.1. Bejárásos tolatás	101
7.1.2. Szalasztás	102
7.1.3. Csurgatás	105
7.2. A tolatási munkák dinamikájának és normalizálásának alapjai	105
7.2.1. A tolatási időnormák megállapítása számítási paraméterekkel	108
7.2.2. A tolatási időnormák megállapítása menetdinamikai számítással	112
7.2.3. Tolatási út és időnormák	116
7.2.4. A kocsicsoportok tolatás közbeni követésének meghatározása	119
7.2.5. A kihúzási távolság meghatározása	119
7.2.6. A szalasztási sebesség meghatározása	121
8. VASÚTI AUTOMATIKÁK	123
8.1. Általános ismeretek	123
8.2. Főbb baleseti veszélyhelyzetek	128
8.3. Biztosítási alapelvek	129
8.4. Állomási biztosítóberendezések jellemzése	141
8.5. Vonali biztosítóberendezések jellemzése	148
8.5.1. Térköz-biztosítóberendezés	148
8.5.2. Nyíltvonali fedezőjelzős biztosítóberendezés	150
8.5.3. Központi forgalomirányító-, ill. forgalomellenőrző berendezés	151
8.5.4. Útátjáró-fedezőberendezés	152
9. EGYSEGES EURÓPAI VASÚTIRÁNYÍTÁSI RENDSZER	153
9.1. ETML	156
9.2. EIRENE	157
9.3. ETCS	162

9.3.1. A vonatforgalom szabályozásának történeti áttekintése	163
9.3.2. ETCS követelmények és rendszerstruktúra	169
9.3.3 Pályaoldali alrendszer	171
9.3.4. Járműoldali alrendszer	186
9.3.5. Az ETCS szintek	197
10. A NAGYSEBESSÉGŰ KÖZLEKEDÉS	207
10.1. A nagysebességű vasutak jellemzői	208
10.2. Az ICE, mint a környezetbarát, nagysebességű vasút	214
11. KÖTÖTTPÁLYÁS RENDSZER TELJESÍTŐKÉPESSÉGE	218
11.1. A kapacitáselmélet általános tudnivalói	218
11.1.1. A kapacitás	218
11.1.2. A kapacitás kihasználása	222
11.1.3. A kapacitás és kihasználásának tervezése	226
11.2. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása	230
11.2.1. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása analitikus módszerrel	234
11.2.2. Az állomások rakodási kapacitása és kihasználása	249
11.2.3. Az állomás kocsifeldolgozó képessége	251
11.2.4. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása grafoanalitikus és grafikus módszerrel	257
11.2.4.1. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása grafoanalitikus módszerrel	262
11.2.4.2. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása grafikus módszerrel	268
12. A VASÚTI KÖZLEKEDÉS BIZTONSÁGA	271
12.1. A vasúti közlekedés komplex rendszere	272
12.2. Vasúti baleseti helyzet	278
12.3. A személyszállítás biztonsága	283
12.4. Az áruszállítás biztonsága	285
12.5. A vasúti átjárók biztonsága	287
12.5.1. A biztonságot befolyásoló tényezők	289
12.5.2. A vasúti átjárót biztosító jelzőberendezések	289
12.5.2.1. Teljes sorompó	290
12.5.2.2. Fénysorompó	291

12.5.2.3. Fél sorompó	293
12.5.3. A vasúti átjárók közlekedésbiztonsági helyzete	294
12.6. Műszaki mentés és segélynyújtás szerepe	296
Felhasznált irodalom	299

4. A VASÚTI KÖZLEKEDÉS DINAMIKAI JELLEMZŐI

4.1. A vasúti közlekedés kinematikai és kinetikai alapjai

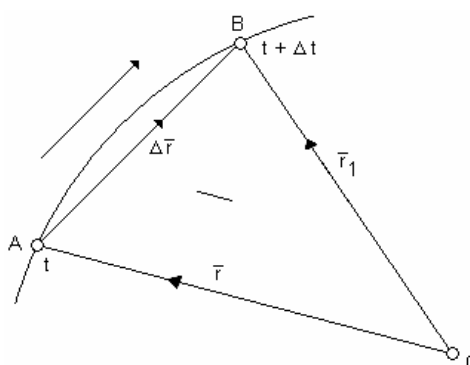
A vasúti pálya egyes pontjai között a helyüket változtató járművek, járműcsoportok, szerelvények, vonatok mozgásjellemzőik által szigorúan meghatározott módon közlekednek. A jegyzet a továbbiakban a mozgó járműegységek (vonat) tömegét azok súlypontjában levő anyagi pontként veszi figyelembe.

4.1.1. Kinematikai mozgásjellemzők

A vasúti pályán történő mozgás időbeni változását a mozgás sebessége (v), gyorsulása (a) és gyorsulásváltozása (h) jellemzik. Az említett jellemzők vektorként értelmezendők. A mozgásjellemzőknek, a vektorokhoz hasonlóan, *nagyságuk*, *irányuk* és *értelmük* van.

A sebességvektor

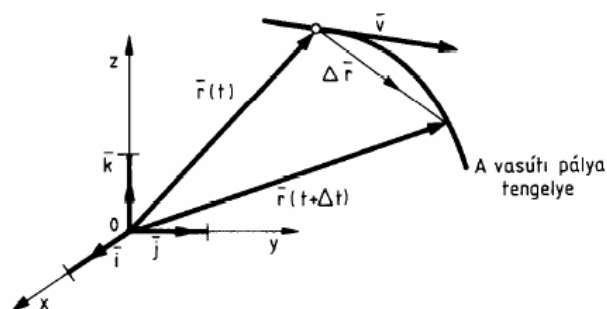
A térbeli vasúti pályán mozgó anyagi pont pillanatnyi helyzetét az $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ helyzetvektor adja meg. Ezt a 4.1. ábra szemlélteti.



4.1. ábra
Ívben mozgó pont helyzetváltoztatása

Amennyiben az anyagi pont valamely t időpontban az $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$, az ezt követő, $t + \Delta t$ időpontban pedig az $\mathbf{r}_1 = \mathbf{r}(t + \Delta t)$ helyzetben van, akkor a két hely távolságát, tehát a befutott utat a

$$\Delta r = r(t + \Delta t) - r(t)$$



4.2. ábra
Térben általános pályán mozgó pont helyzetvektorai

elmozdulásvektor határozza meg. A sebesség tehát:

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \dot{\mathbf{r}}(t)$$

Vagyis a sebességvektor a pályagörbét leíró vektor-skalár függvény idő szerinti első derivált vektora. A sebességvektor érinti a mozgó pont pályáját, értelme pedig megegyezik a mozgás pillanatnyi értelmével.

Amennyiben az út függvénye $s = s(t)$ adott, akkor a sebesség nagyságát az útnak idő szerinti első deriváltja adja:

$$v = \frac{ds}{dt}$$

A derékszögű koordináta-rendszerben

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

ahol $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ a derékszögű koordináta-rendszerben x, y, z koordináták egységvektorai, tehát

$$\dot{\mathbf{r}} = \mathbf{v} = \dot{x}\mathbf{i} + \dot{y}\mathbf{j} + \dot{z}\mathbf{k}$$

vagyis, a sebesség összetevői:

$$v_x = \dot{x} = \dot{x}(t); \quad v_y = \dot{y} = \dot{y}(t); \quad v_z = \dot{z} = \dot{z}(t)$$

A sebesség skaláris értéke:

$$v = |\mathbf{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

A gyorsulásvektor

A gyakorlat azt mutatja, hogy a vasúti járművek ritkán haladnak egyenletes sebességgel. Indításkor a sebességük növekszik, fékezésekor csökken. Ugyanez a helyzet menet közben is, az ellenállások és a vonóerő változása következtében a sebesség növekszik, vagy csökken. Foglalkozni kell tehát a sebesség változásával, vagyis a gyorsulással, ellentétes értelemben pedig a lassulással.

A gyorsulás értékének meghatározására vizsgálandó a pont sebességének egy dt időre eső változása. A sebesség változását jelentő $d\mathbf{v}$ vektor a $\mathbf{v}$ és $\mathbf{v} + d\mathbf{v}$ vektorok síkjában fekszik. Ezek a sebességek a pálya végtelen kicsiny szakaszának közel eső két érintőjébe esnek, vagyis az általuk meghatározott simuló síkba és így az $\mathbf{a}$ gyorsulásvektor is a pálya simuló síkjában van. Ezek után felírható a skalár v és a $\mathbf{t}$ egységvektor szorzatának deriváltja:

$$\mathbf{a} = \ddot{\mathbf{r}} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d(v\mathbf{t})}{dt} = \mathbf{t} \frac{dv}{dt} + v \frac{d\mathbf{t}}{dt}$$

az egyenlet jobb oldalán levő első tagban

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

a második tag pedig

$$v \frac{dt}{ds} = v \frac{dt}{ds} \frac{ds}{dt} = v^2 \frac{dt}{ds}$$

mivel a Frenet-képlet szerint

$$\frac{dt}{ds} = \frac{1}{\varrho} \mathbf{n}$$

ahol $\mathbf{n}$ a vizsgált helyen a főnormálisba eső és a görbületi középpont felé mutató egységvektor, ϱ pedig a görbületi sugár, a gyorsulás értéke:

$$\mathbf{a} = \mathbf{t} \frac{d^2s}{dt^2} + \mathbf{n} \frac{v^2}{\varrho} = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_n$$

Ez a kifejezés mely még Eulertől származik, azt mondja, hogy a gyorsulást két egymásra merőleges összetevőből kapjuk:

$$\mathbf{a}_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}; \quad \mathbf{a}_n = \frac{v^2}{\varrho} = v^2 g$$

Az $\mathbf{a}_t$ megadja a sebesség skaláris értékének változását és értelme dv előjelétől függ. Amennyiben dv és vele $\mathbf{a}_t$ előjele (értelme) megegyezik a v előjelével, a pont (test, jármű) mozgása gyorsuló, ellenkező esetben lassuló.

A másik összetevő $\mathbf{a}_n$ a főnormálisba esik és a görbületi középpont felé mutat. A $g = 1/\varrho$ görbületi mérték mindig a pálya homorú oldalára esik. A normális gyorsulást, mivel a görbületi középpont felé mutat, centripetális gyorsulásnak, a kinematikában kitérítő gyorsulásnak is nevezik, mert megmutatja, hogy a mozgó pont az érintőirányú mozgásból mennyire tér ki.

Az elmondottak szerint ívben való haladáskor – bármiképpen mozog is a pont – mindig van gyorsulás, mert ha a görbület nem zérus, akkor a normális irányú komponens fellép. Amint láttuk, ha a pont mozgását megadó $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ függvény ismeretes, a pont sebessége és gyorsulása deriválással minden esetben meghatározható.

A gyorsulásváltozás-vektor

A $\mathbf{h}$ vektor a gyorsulásváltozásról ad képet. Természetesen számunkra fontos tudnivaló a gyorsulás változása, nem csak azért, mert ez is a járművek mozgásjellemzői közé tartozik,

hanem mert változásának mértéke, a változás iránya és nagysága, ha úgy tetszik a vasútüzemi folyamatok tervezésének és lebonyolításának menetrendi kérdése. Az előbbieket szerint:

$$\mathbf{h} = \frac{d\mathbf{a}}{dt} = \ddot{\mathbf{r}} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dv}{dt} \mathbf{t} + v \frac{d\mathbf{t}}{dt} \right) = \frac{d^2v}{dt^2} \mathbf{t} + 2 \frac{dv}{dt} \frac{d\mathbf{t}}{dt} + v \frac{d^2\mathbf{t}}{dt^2}$$

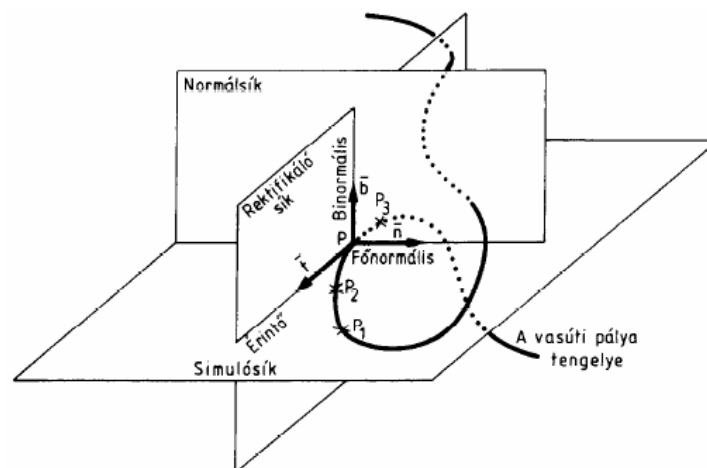
A kijelölt deriválások végrehajtása után, a levezetés mellőzésével kapjuk:

$$\mathbf{h} = \left(\frac{da_t}{dt} - v^3 g^2 \right) \mathbf{t} + \left(3va_t g + v^2 \frac{dg}{dt} \right) \mathbf{n} + v^3 g c \mathbf{b}$$

ahol

v	$[\text{m/s}]$	– a sebesség nagysága,
a_t	$[\text{m/s}^2]$	– az érintőirányú gyorsulás nagysága,
g	$[\text{m}^{-1}]$	– a pályagörbület,
c	$[\text{m}^{-1}]$	– a pályatorzió,
dg/dt	$[\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}]$	– a pályagörbület idő szerinti deriváltja.

A $\mathbf{t}$, $\mathbf{n}$, $\mathbf{b}$ a kísérőtriéder egységvektorai. A kísérőtriéder a 4.3. ábrán látható.



4.3. ábra
Kísérőtriéder

A mozgásgeometriai vizsgálatok során a mozgásjellemző vektorok meghatározásakor különleges jelentőségű az ún. kísérőtriéder szerepe. A kísérőtriédert három nevezetes irányú és páronként egymásra merőleges egységvektor határozza meg. Ezek az egységvektorok az érintőirányú ($\mathbf{t}$), a főnormális irányú ($\mathbf{n}$) és a binormális irányú ($\mathbf{b}$). A térgörbe P pontjához tartozó érintőirányú egységvektor ($\mathbf{t}$) párhuzamos a pontbeli érintővel. A főnormális irányú ($\mathbf{n}$) egységvektor merőleges az érintőirányú egységvektorra és a térgörbe P pontbeli simulósíkjában fekszik, továbbá a pontbeli simulókör középpontja felé mutat. A binormális egységvektor ($\mathbf{b}$) merőleges az érintőirányú és a főnormális irányú egységvektorokra, azokkal jobbsodrású rendszert alkot.

4.1.2. Az egyenes vonalú mozgás egyenletei és kinematikai alapja

Az egyenes vonalú mozgás jellemzője, hogy normális (centripetális) gyorsulás nincs, annak értéke zérus ($a_n = 0$). A gyorsulás, valamint a sebesség iránya megegyezik a pálya tengelyével és csak a sebesség nagysága, valamint a gyorsulás nagysága és értelme változik. Állandó sebességgel, ill. gyorsulással mozgó pont esetén a $\mathbf{h}$ vektor nagysága is zérus. Itt most csak az az esettel foglalkozunk, amikor az út az idő függvényében van megadva, tehát $s = s(t)$. Ekkor

$$v = \frac{ds}{dt} = v(t); \quad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} = a(t)$$

Amikor valamely F [N] erő M [kg] tömegre dt [s] ideig hat, akkor nevezett tömeg az erő irányába dv [m/s] sebességváltozást szenved. Ez esetben az impulzustétel szerint felírható:

$$F dt = M dv$$

A járművek mozgásakor a tömeg állandó. Amennyiben az F erő, amely változó is lehet, t ideig hat, akkor:

$$\int_0^t F dt = M \int_0^t dv = M v$$

Az M tömeg tehát az F erő hatására t idő alatt v sebességet ér el. Minél hosszabb ideig hat az erő, annál nagyobb lesz a sebesség. Amennyiben az erő hatása megszűnik, a v sebesség állandóvá válik, akkor a tömeg egyenes vonalú egyenletes sebességgel halad tovább. Ebben az esetben a megtett út:

$$l = v t$$

Állandó F erő hatására változó sebességű mozgás áll elő:

$$v = \frac{dl}{dt} \text{ [m/s]}$$

Ha F erő állandó, akkor a mozgásváltozó is állandó:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{v}{t} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

4.1.3. A járművek tömege

A mozgó vasúti járművek minden egyes pontja haladó mozgásban van. E haladó mozgás mellett azonban a kerekek, tengelyek, hajtóművek, motor szerkezeti elemek forgó mozgást is végeznek. A menetdinamikai számításokban a vonatok vagy egyes járművek tömegét ezeknek a forgó mozgásoknak a figyelembevételével kell számításba venni.

A haladó vasúti jármű M tömegéből M_f a forgó mozgást végző szerkezetek tömege. Ilyenkor a jármű összes mozgási energiája a haladó és forgó részek energiájából tevődik össze:

$$E = E_1 + E_2$$

Mivel

$$E_1 = \frac{M v^2}{2}; \quad E_2 = \frac{I \omega^2}{2}$$

Ahol: v – a jármű sebessége [m/s],
 I – a forgó tömegek poláris tehetlenségi nyomatéka [kgm²],
 ω – a forgó tömegek szögsebessége [rad/s].

$$I = \int r^2 dM = R^2 M_f \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Ahol: r az elemi tömeg forgástengelytől mért távolsága,
 R pedig a kerék futókörének a sugara.

Utóbbi kis elhanyagolással azonos a forgó tömeg inerciasugarával (m).

A szögsebesség:

$$\omega = \frac{v}{R} \text{ [rad/s]}$$

A jármű mozgási energiája tehát:

$$E = \frac{M v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} = \frac{M v^2}{2} + \frac{M_f R^2 v^2}{2 R^2} = \frac{v^2}{2} (M + M_f) \text{ [Nm]}$$

$$E = \frac{M v^2}{2} + \frac{M + M_f}{M} \cdot \frac{M v^2}{2}; \quad \varrho = \frac{M + M_f}{M} = \frac{Q + Q_f}{Q} = 1 + \frac{Q_f}{Q}$$

Fenti összefüggésben ϱ a tömegtényező, Q pedig a jármű teljes súlyereje. Ezek ismeretében a jármű teljes mozgási energiája:

$$E = \frac{\varrho Q v^2}{2 g} = \frac{\varrho Q V^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot g} \text{ [kJm]}$$

V a jármű sebessége (km/h). A gurításdinamikai számításokban a tömegtényezőt olyan módon veszik figyelembe, hogy a nehézségi gyorsulást g és ϱ hányadosaként számítják. A tömegtényező tapasztalati (gyakorlati) értékei:

- Vontatott járművekre 1,02 – 1,11
- Mozdonyokra 1,15 – 1,28
- Vonatokra 1,08

4.1.4. A vonóerő

A vonat mozgását a vonóerő és az ellenállások nagysága szabályozza. A vonóerő a vontatójárművet meghajtó erőgép (belsőégésű motor, villamos motor) forgatónyomatékának hatására, a meghajtott kerekek és a sín érintkezési helyén jelentkezik, a kerék és a sín közötti súrlódás következtében. Ennek megfelelően a mozdony hajtott kerekeinek kerületén keletkező F_k kerületi vonóerő felső határát a kerekek és a sín közötti súrlódás, valamint a mozdony hajtott kerekeire eső Q_a súlyerő, az ún. adhéziós súlyerő határozza meg. Ez az adhéziós vonóerő:

$$F_{k\max} = F_a = 1000 f Q_a \quad [\text{N}]$$

Ahol: f a kerék és sín közötti csúszó súrlódási tényező (adhéziós tényező),
 Q_a a mozdony hajtott kerekeire eső súlyerő [kN].

Az f tényező értékét befolyásolja a pálya állapota, az időjárás, a vontatás neme. Átlagos értéke 0,15-re tehető. Ismert műszaki tény, hogy a vonat továbbítását nem lehet a kerekek kerületén fellépő teljes kerületi vonóerővel végezni. Erre a célra csak a vontatójármű vonóhorgán mérhető F_v vonóerőt lehet felhasználni, amelyet hasznos, vagy effektív vonóerőnek neveznek.

$$F_v = F_a - W_m$$

Az összefüggésben szereplő W_m tag a mozdonynak, mint járműnek a saját ellenállása. Tudni kell azt, hogy számos vasút a vonóhorgon megjelenő és mérhető vonóerővel számol. Vannak vasutak azonban, amelyek más módszert tartanak célravezetőnek.

A kerületi vonóerő a vontatójárművet meghajtó erőgép munkájának következtében jön létre. A gépezet kifejthető munkája alapján is számítható egy vonóerő, amelyből le kell vonni a súrlódási veszteségeket, hogy a hajtott kerekek kerületén mérhető kerületi gépezeti vonóerőt megkapjuk:

$$F_{kg} = F_i - W_g$$

ahol F_{kg} a kerületi gépezeti vonóerő [N],
 F_i az indikált kerületi vonóerő [N],
 W_g a gépezeti súrlódási veszteségek (gépezeti ellenállás) [N].

Az elmondottakból következik, hogy fennáll a következő egyenlőtlenség:

$$F_i > F_k > F_v$$

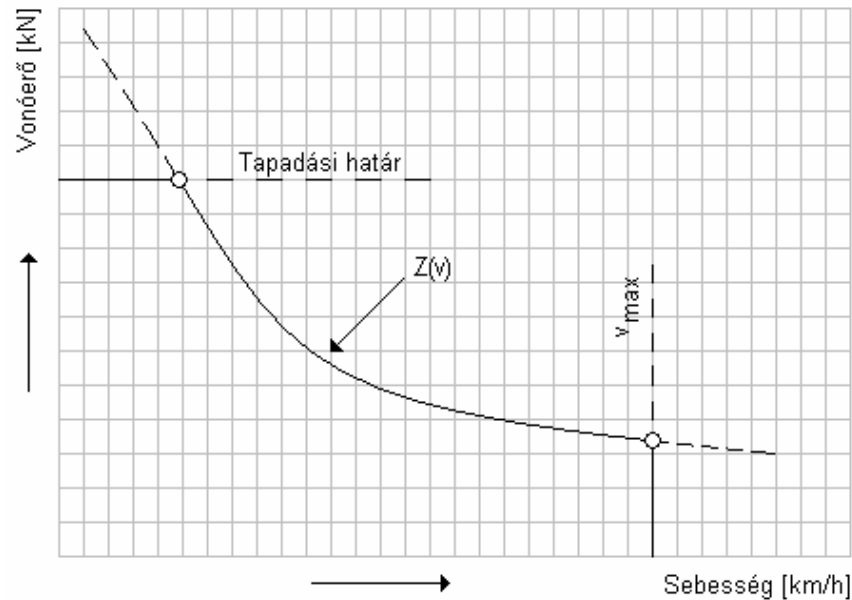
A tapadási súlyt (tömeget) csak akkor lehet kihasználni, ha a legnagyobb gépezeti (indikált) vonóerő $F_{i\max}$ valamivel nagyobb, de legalább egyenlő az $F_{k\max}$ legnagyobb adhéziós vonóerővel.

A vontatáshoz szükséges teljesítmény:

$$P \text{ [kW]} = \frac{F \text{ [N]} \cdot v \text{ [m/s]}}{1000}; \quad P \text{ [kW]} = \frac{F \text{ [N]} \cdot V \text{ [m/s]}}{1000 \cdot 3,6} = \frac{F \cdot V}{3600}$$

Az F vonóerő változása a sebesség függvényében hiperbolikus jellegű. A hiperbolától való eltérést az erőgép teljesítményének és az erőátvitel hatásfokának változó viselkedése okozza. A hiperbola kezdeti szakaszán (kis sebességeknél) a gépezeti vonóerő meghaladja az adhéziós

vonóerő értékét, ezért addig a sebességig, amelynél a kétféle vonóerő éppen egyenlő, az adhéziós érhető csak el, mert különben a kerekek megcsúsznának. Ennél nagyobb sebességnél a hiperbolikus jellegű gépezeti vonóerő a mértékadó, mert innen kezdve kisebb az adhéziós vonóerőnél. A vonóerő – sebesség viszonyát a 4.4. ábra mutatja be.



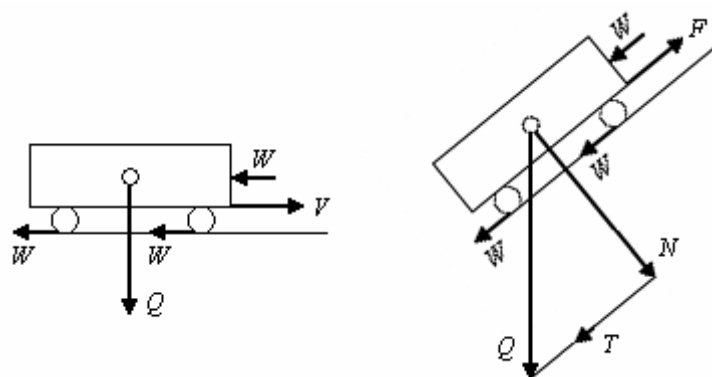
4.4. ábra
Vonóerő diagram

4.1.5. A vasúti ellenállások

A vasúti pályán haladó járművek mozgásával szemben, ellenállások lépnek fel. A járművek általában valamilyen vonóerő hatására jönnek mozgásba, amit a mozdony szolgáltat. A jármű sebességét a vonóerő és az ellenállások összegének viszonya határozza meg. Ha a járművekre ható vonóerő F , az ellenállások összege W , akkor a következőképpen minősíthetők a mozgások:

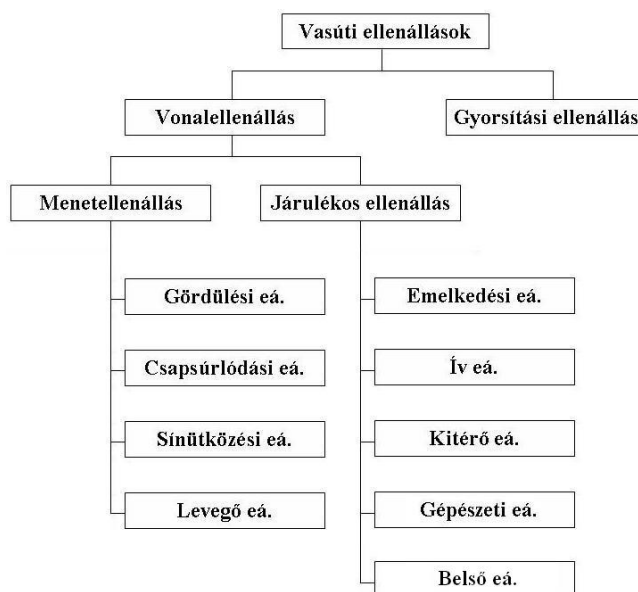
$F = W$	egyenletes mozgás,
$F > W$	gyorsuló mozgás,
$F < W$	lassuló mozgás.

A lejtőben fekvő pályán a jármű Q súlyerejének a pályasíkkal párhuzamos T összetevője lejtőben haladva vonóerőként, emelkedőben haladva pedig ellenállásként hat. A mozgó vasúti járműre ható ellenállások értelmezését a 4.5. ábra szemlélteti.



4.5. ábra
Mozgó vasúti járműre ható ellenállások

Az egyenes, vízszintes pályán, szélcsendben, állandó sebességgel haladó vasúti jármű összes ellenállását *menetellenállásnak* nevezik. A menetellenállás a vasúti jármű mozgásakor minden esetben fellép. A menetellenálláshoz a vasúti pálya viszonyainak megfelelően más ellenállások is hozzáadódnak, ezeket *járulékos ellenállásoknak* nevezik. A járulékos ellenállások körébe tartozik az emelkedési ellenállás, az ívellenállás, a kitérő (kanyarulati) ellenállás és a vontatójármű gépezeti ellenállása. Ezek az ellenállások az állandó sebességgel haladó járműveken lépnek fel. Gyorsításkor, indításkor egy újabb ellenállásként is felfogható, a gyorsítást akadályozni igyekvő erő lép fel, a gyorsító ellenállás. A vasúti ellenállások csoportosítását mutatja be a 4.6. ábra.



4.6. ábra
A vasúti ellenállások csoportosítása

Az ellenállások közül a menetellenállás, az emelkedési ellenállás és az ívellenállás a vasúti pálya vonalvezetésével, kialakításával függ össze, ezért ezeket *vonalellenállásoknak* nevezik.

A gyakorlati számításokban az ellenállások fajlagos értékeit alkalmazzák, amelyek a járműsúlyerők egységére vonatkoznak [N/kN]. Ennek megfelelően a Q súlyerejű járműre ható ellenállás értéke:

$$W \text{ [N]} = w \text{ [N/kN]} Q \text{ [kN]}$$

ahol a w fajlagos ellenállás. Ezután a vasúti járműre ható teljes (összes) ellenállás:

$$W_{\Sigma} = (w + w_e + w_R + w_{gy}) Q \text{ [N]}$$

Ahol: W_{Σ} az összes ellenállás [N],
 w fajlagos menetellenállás [N/kN],
 w_e fajlagos emelkedési ellenállás [N/kN],
 w_R fajlagos ívellenállás [N/kN],
 w_{gy} fajlagos gyorsítási ellenállás [N/kN],
 Q a jármű súlyereje [kN]

A kitérő-ellenállás csak a rendező-pályaútdvarokon, a gépezeti ellenállás csak a mozdonyokon játszik szerepet. E két ellenállás ezért nem szerepel a felsorolásban.

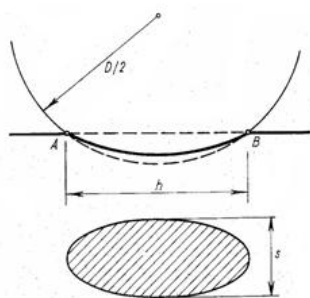
Gördülési ellenállás

A sínen futó jármű kerekeinek gördülése közben a kerék és sín érintkezési felületén mindkét testen alakváltozások lépnek fel. Ezek benyomódások formájában akadályozzák a mozgást, ellenállásként lépnek fel, amelyet gördülési ellenállásnak neveznek. A benyomódások az acél abroncs és acél sín felületén kicsinyek. A közúti járművek gumiabroncsain szabd szemmel is jól láthatóak.

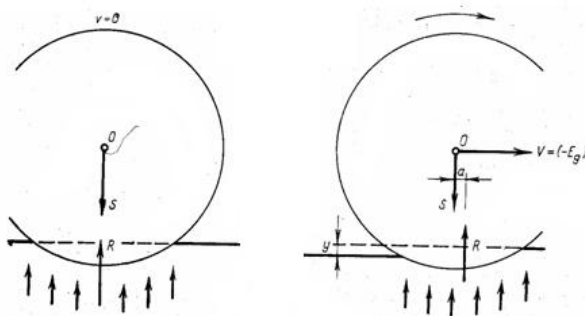
A gördülési ellenállás keletkezésének másik oka a járművel szabálytalan kigyózó mozgása, amelynek következtében a kerékpár kúpos kiképzésű kerekei egyenes pályán is változó és eltérő kerületű futókörökön mozognak. A futókörök különbsége a már ismert j játékköz függvényében tág határok között változik (1,9 – 10,4mm). A mereven kapcsolt kerekek a különböző utakat csak csúszással tudják kiegyenlíteni, ami ellenállásként jelentkezik (4.7. ábra).

A fajlagos gördülési ellenállás átlagos értéke $w_g = 0,9 \dots 1,1 \text{ [N/kN]}$

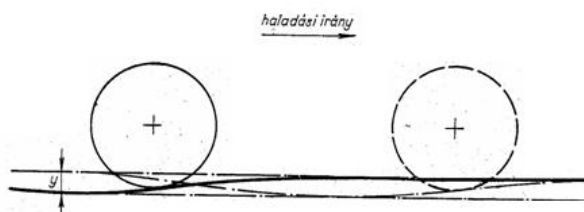
Kerék és sín érintkezési felülete



Gördülési ellenállás keletkezésének vázlata



A sín lehajlása a gördülő kerék alatt



4.7. ábra
Gördülési ellenállás

Csapsúrlódási ellenállás

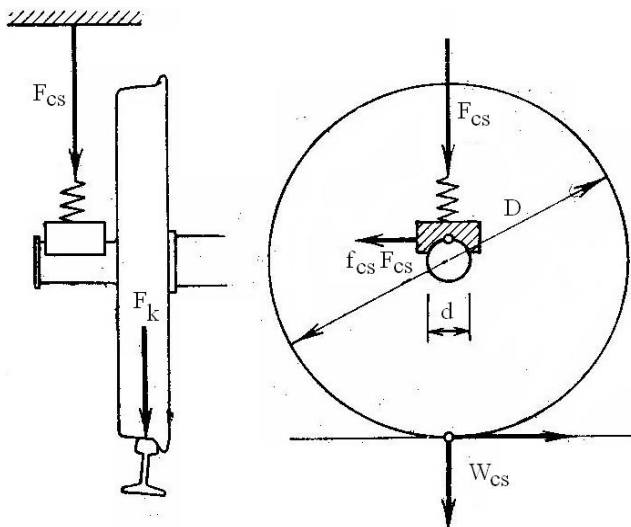
Ez az ellenállás a forgó tengelycsap és a csapágó közötti csúszó- (csúszó csapágó) vagy görgősúrlódásból (görgős csapágó) áll elő. Értékét a 4.8. ábrából láthatóan a következők szerint határozzák meg:

$$W_{cs} \frac{D}{2} = f_{cs} F_{cs} \frac{d}{2}$$

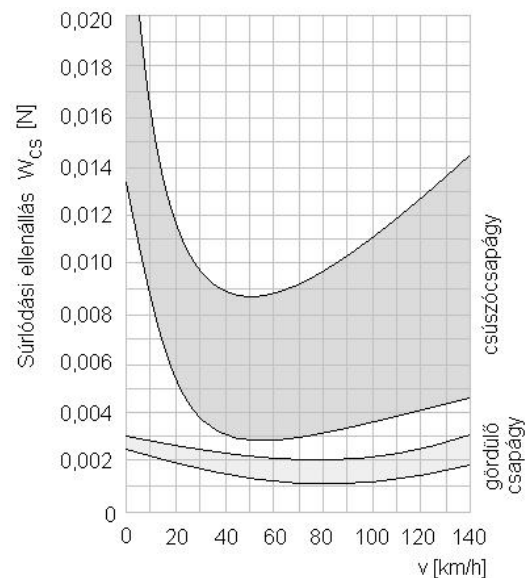
ahonnan

$$W_{cs} = 1000 f_{cs} F_{cs} \frac{d}{D}$$

ahol: W_{cs} a csapsúrlódási ellenállás [N],
 D a kerék átmérője [m],
 F_{cs} a csapra ható függőleges tehererő [kN],
 d a csap átmérője [m],
 F_k a függőleges kerékerő [kN],
 f_{cs} a csapsúrlódási tényező.



4.8. ábra
A csapsúrlódás keletkezése



4.9. ábar
A csapsúrlódási ellenállás változása

A csapra ható függőleges tehererő és a függőleges kerékerő értéke eltérő, mert a vasúti kerék-pár tekintélyes súlyerőt képvisel. Átlagosan $F_{cs} / F_k = 5 / 6$. Ennek figyelembevételével a csapsúrlódási ellenállás fajlagos értéke $F_k = 1$ kN függőleges kerékerőre vonatkoztatva:

$$w_{cs} = 1000 f_{cs} \frac{F_{cs}}{F_k} \cdot \frac{d}{D} = 833 f_{cs} \frac{d}{D} \quad [\text{N/kN}]$$

Az f_{cs} értékét a csapágy szerkezete, a csap és a csapágy anyaga, a kenőanyag minősége, a csapágy és a kenőanyag hőmérséklete, a csap kerületi sebessége, a futási idő, valamint az indulást megelőző állási idő tartama befolyásolja.

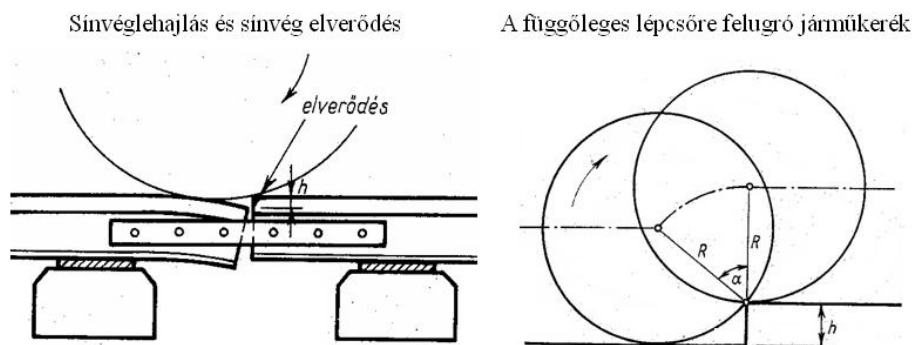
A csúszó- és gördülőcsapágyak f_{cs} értékei lényegesen eltérnek egymástól. A különbség különösen induláskor mutatkozik meg, amikor az állás alatt a csúszócsapágyat kenő olajfilm megszakad és induláskor fémes súrlódás jelentkezik. Az f_{cs} értékének változását a sebesség függvényében a 4.9. ábra szemlélteti.

Amennyiben a fajlagos csapsúrlódási ellenállás előbbi képletébe $f_{cs} = 0,005$ és $d/D = 1/7$ átlagosnak tekinthető értékeket behelyettesítjük, akkor $w_{cs} = 0,6$ [N/kN] értéket kapjuk.

Sínütközési ellenállás

Ezt az ellenállást korábban a gördülési ellenállás egyik összetevőjének tekintették és csak hézag nélküli felépítmény elterjedése után kezdték külön vizsgálni. A sínek összehegesztése ugyanis megszüntette az illesztési hézagokat, aminek következtében ezzel az összetevővel csökkent a menetellenállás. A sínütközési ellenállást okozzák:

- A két illeszkedő sínvég között a terhelés hatására magassági lépcső áll elő, ami a hiányos fenntartás következtében fokozódik. Erre a lépcsőre a kereknek fel kell lépni (gördülni), ez pedig energiavesztéssel jár. A problémát a 4.10. ábra érzékelteti.
- Az illesztésnél vízszintes lépcső is keletkezhet, ami részben oldalirányú ütéssel jár, amellet a kerek kúposága miatt magassági ugrást is okoz.



4.10. ábra
Sínütközési ellenállás kialakulása

Professzor Dr. Kerkápoly Endre egyetemi tanár vizsgálatainak eredménye szerint a fajlagos sínütközési ellenállás:

$$w_{ü} = 0,008 \left(\frac{V}{10} \right)^2 \quad [\text{N/kN}]$$

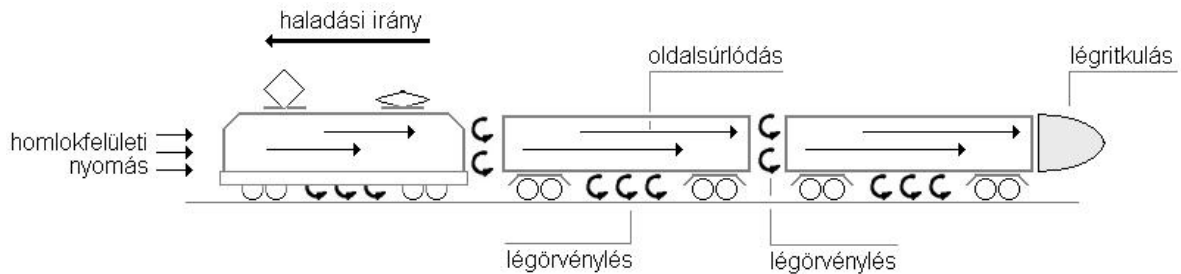
Levegő-ellenállás

Levegő-ellenálláson a mozgó járműre a nyugalomban levő levegő által kifejtett ellenállást értjük. Létre hozza a mozgó jármű homloklapfelületére ható légnyomás, a tető- és oldalfelületeken ható légsúrlódás, a járművek alatt és között fellépő örvénylő légmozgások és az utolsó jármű mögött keletkező légritkulás együttes hatása okozza. A 4.11. ábra ezt szemlélteti.

Valamely $A \text{ m}^2$ felületnek a felületre merőleges irányú mozgatasakor fellépő levegő-ellenállás Newton szerint:

$$W_1 = \frac{\gamma}{2g} A v^2$$

ahol: γ a levegő sűrűsége $1,293 \text{ [kg/m}^3]$,
 g nehézségi gyorsulás $[\text{m/s}^2]$,
 v a mozgás sebessége $[\text{m/s}]$,
 A a haladás irányára merőleges felület $[\text{m}^2]$.



4.11. ábra
A levegő-ellenállás

A vonat levegő-ellenállásánál nemcsak az első jármű homloklapfelületét, hanem – a felsorolt okok következtében – egy megnövelt A_{red} felületet kell figyelembe venni. A Newton-egyenletbe behelyettesítve és km/h sebességre áttérve:

$$W_1 = 0,052 A_{\text{red}} V^2 \text{ [N]}$$

A levegő-ellenállás tehát a sebesség négyzetével nő. A gyakorlatban sebességen általában a jármű sebességét szokták érteni, ami a vasútvonalon közlekedő vonatok és járművek számára elfogadható, bár a V tulajdonképpen a levegő és jármű közötti relatív sebességet jelenti, amit természetesen a szél sebessége és iránya befolyásol. A vasúti csomópontokon elhelyezkedő rendező-pályaudvarok gurításdinamikai számításaiban figyelembe veszik az uralkodó szél-irányt és a szél várható sebességét is.

A részellenállások összegzése

Az elmondottak alapján a teljes menetellenállás a következők szerint összegezhető:

$$W = (w_{\text{cs}} + w_g + w_{\text{ü}})Q + W_1$$

A gördülési ellenállás független a sebességtől, tehát $w_g = a_1$ alakban is felírható. Amennyiben a csapsúrlódási ellenállás indítási nagy értékeit elhanyagoljuk, akkor a csapsúrlódási ellenállás $w_{\text{cs}} = a_2 + bV$, a sínütközési ellenállás pedig $w_{\text{ü}} = c_1 V^2$ lesz. Most felírható a menetellenállást:

$$W = (a_1 + a_2 + bV + c_1V^2)Q + c_2A_{\text{red}}V^2$$

Megfeleltetve $a_1 + a_2 = a$ után

$$w = (a + b)V + c_1V^2 + c_2 \frac{A_{\text{red}}}{Q} V^2 \quad [\text{N/kN}]$$

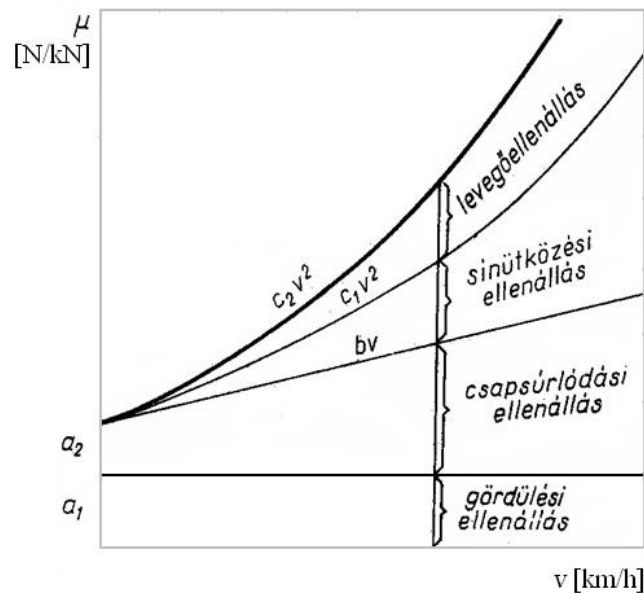
Ha a V^2 két állandó szorzóját összevonjuk, vagyis

$$c = c_1 + c_2 \frac{A_{\text{red}}}{Q}$$

akkor

$$w = a + bV + cV^2 \quad [\text{N/kN}]$$

Az összevonás akkor hajtható végre, ha a fajlagos menetellenállást az A/Q szempontjából eltérő járműtípusokra külön állapítják meg. A fajlagos menetellenállást a 4.12. ábra szemlélteti.



4.12. ábra
Fajlagos menetellenállás a sebesség függvényében

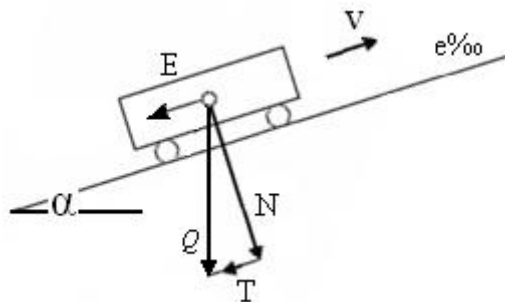
Az együtthatók értékeit a különböző járműtípusokra kísérletileg állapítják meg. Néhány példa a magyar és német vasutak által alkalmazott összefüggések összevetésével.

Villamos mozdony ellenállása	
MÁV Zrt.	$W_m = \left[2,5 + 0,067 \left(\frac{v}{10} \right)^2 \right] F$

Deutsche Bundesbahn	$W_m = c_1 Q_{mf} + c_2 Q_{ma} + c_3 \left(\frac{v}{10} \right)^2 + c_4 V_i$
Személyszállító vonat kocsijának fajlagos ellenállása	
MÁV Zrt. (négytengelyes kocsi)	$w_k = 1,8 + 0,025 \left(\frac{v}{10} \right)^2$
Strahl (négytengelyes kocsi)	$w_k = 2 + 0,032 \left(\frac{v}{10} \right)^2$
Áruszállító vonat kocsijának fajlagos ellenállása	
MÁV Zrt. (nyitott üres kocsi)	$w_k = 2 + 0,0125 \left(\frac{v}{10} \right)^2$
Strahl (nyitott üres kocsi)	$w_k = 2 + 0,107 \left(\frac{v}{10} \right)^2$

Emelkedési ellenállás

A lejtőben fekvő pályán mozgó vasúti járműre a menetellenálláson kívül járulékos ellenállásként az emelkedési ellenállás is hat. Ismeretes, hogy az emelkedési ellenállás fajlagos mértéke éppen a lejtő e értékével azonos. Ha a pálya lejtése $e = 1000 \tan \alpha$, akkor a 4.13. ábra szerint:



4.13. ábra
Emelkedési ellenállás

$$\begin{aligned}
 W[N] &= w[N/kN]N[kN] + 1000T[kN] \\
 W &= wQ \cos \alpha + 1000Q \sin \alpha \\
 W &= Q \cos \alpha (w + 1000 \tan \alpha) \\
 W &= Q \cos \alpha (w + e)
 \end{aligned}$$

Adhéziós vasutak emelkedőinél azonban $\cos \alpha \cong 1$ -nek vehető, a fajlagos ellenállás tehát $W/Q = w + e$, mivel w a fajlagos menetállás, $w_e = e$. Az emelkedési ellenállás fajlagos értéke azonos az emelkedő ezrelékben kifejezett értékével. Lejtőben az emelkedési ellenállást le kell vonni a menetellenállásból. Ilyen esetben: $W/Q = w - e$.

A fogaskerekű vasutakon azonban a $\cos \alpha$ már nem vehető 1-nek, mert a szög értéke nagyobb 5 foknál. Ilyenkor a járműre ható teljes fajlagos ellenállás:

$$W/Q = (w + e) \cos \alpha \quad [\text{N/kN}] \text{ emelkedésben és}$$

$$W/Q = (w - e) \cos \alpha \quad [\text{N/kN}] \text{ esésben.}$$

Ívellenállás

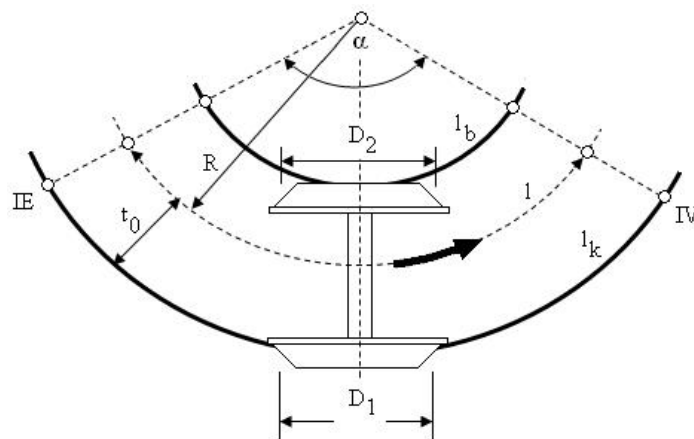
Az íves pályarészen haladó járműre a menetellenálláson felül egy járulékos ellenállás, az ívellenállás, más néven kanyarulati ellenállás is hat. Az ívellenállásnak több oka is van.

Íves pályán a két sínszál hossza eltérő, a külső hosszabb a belsőnél. A kereknek tehát különböző hosszúságú utat kellene megtenniük, de mivel mereven vannak a tengelyre felerősítve, kényszer folytán együtt forognak. Nincs más fizikai lehetőség, az útkülönbséget hosszirányú csúszással egyenlítik ki. A csúszást okozó útkülönbség a 6.14. ábra szerint

$$\Delta l = l_k - l_b = \text{arc} \alpha \left(R + \frac{t_0}{2} \right) - \left(R - \frac{t_0}{2} \right) = \frac{t_0}{R} l$$

Ezt az útkülönbséget a kerek kúpos alakja, továbbá a kerékpár és a vágány közötti „j” játék bizonyos határok között elméletileg kiküszöböli, de mindenképpen csökkenti. A kerékpár akkor fog csúszás nélkül gördülni, ha a külső és belső kerék futókörének aránya

$$D_1 : D_2 = \left(R + \frac{t_0}{2} \right) : \left(R - \frac{t_0}{2} \right)$$



4.14. ábra
Körívben haladó

Abban az esetben ha a „j” játék értéke 6 – 33mm között változik, 1435mm nyomtáv és 1000mm kerékátmérő figyelembevételével a kerek kúposága $R=650\text{m}$ sugarú körívben elméletileg kiegyenlítheti az útkülönbséget. A nyomkarimának a külső sínszálhoz szorulása biztosítja, hogy a külső kerék nagyobb átmérőjű futókörön mozogjon, amivel szemben a pálya hiányosságai, a nyomkarima kopása és a kigyózó mozgás kedvezőtlenül befolyásolják a helyes futókörarányok kialakulását.

A nyomkarimának a külső sínszálhoz szorulása a kerékpárokat az ívnek megfelelő irányváltoztatásra kényszeríti, ami csak keresztirányú csúszás útján valósulhat meg. Mindez erős sűrűlódással jár.

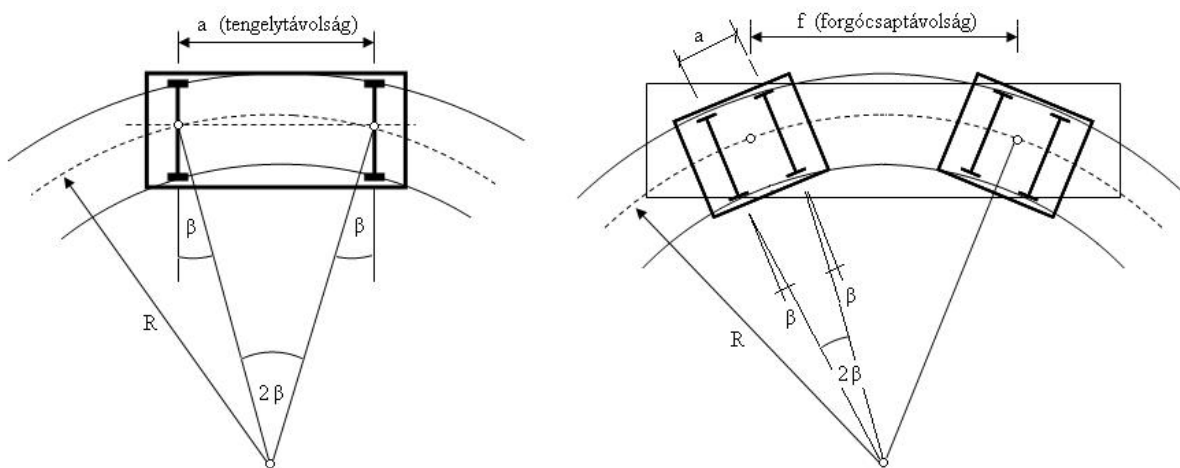
A járművek tengelyei – a csapágyvezetékek adta kis lehetőségtől eltekintve – egymással párhuzamosak, és nem állhatnak be az ív görbületi sugarának irányába. A 4.15. ábrából láthatóan e szempontból a négytengelyű forgóalvázas kocsik kedvezőbbek, mert a körívsugar és a tengelyek által bezárt β szög kisebb.

A kéttengelyű jármű ívben haladásának három lehetősége van:

- Csak az első tengely külső kereke érinti a külső sínszálat, a hátsó tengely szabadon mozoghat. Ezt *egypontos vezetésnek* (szabad futásnak) hívják. A gyakorlatban rövid járművek nagyobb ívbe haladásakor, tehát ritkán következnek be.
- Amikor a jármű mind a négy kereke érinti a sínszálakat, ezt *szoros futásnak* nevezik. A nagy tengelytávú kocsik kissugarú ívekben való haladásakor fordulhatna elő, ez azonban nincs megengedve, így elő sem fordulhat.
- Az első tengely külső kereke a külső sínszálat, a hátsó tengely belső kereke a belső sínszálat érinti. Ez a *kétpontos vezetés*, vagy ékelt futás. A gyakorlatban ezzel kell leginkább számolni.

A gyakorlatban általános kétpontos vezetés következménye, hogy a két kerék ütések mér a sínszálakra és a jármű egy elméleti függőleges tengely körül oldalirányú elfordulásokat végez, ami szintén csúszással jár.

Ezek a hatások képezik az ívellenállás összetevőit, amelyeknek mindegyike függvénye az ívsugárnak.



4.15. ábra
Körívben haladó két- és négytengelyes kocsi

A fajlagos ívellenállás általánosan:

$$w_R = \frac{C}{R} \quad [\text{N/kN}]$$

Az általános alak hibája, hogy nincs tekintettel arra a kis ívsugárra, amelyben a járművet már nem lehet vontatni, mert az ívellenállás végtelen nagy. Helyesebb ezért a következő összefüggés alkalmazása, amelyben R az ívsugár, C és R_0 értékét pedig kísérleti úton állapítják meg.

$$w_R = \frac{C}{R - R_0} \quad [\text{N/kN}]$$

A vasutak történetében első ilyen alakú képlet volt Röckl 1876-ban, 2500 kísérleti futás alapján felállított, született eredeti összefüggése:

$$w_R = \frac{650,4}{R - 55} \quad [\text{N/kN}]$$

Azóta a járművek műszaki paraméterei, a mérőműszerek fejlődése és a mérési módszerek változása során tökéletesítették a képletet. A Magyar Államvasút által is használt ún. módosított Röckl képlet:

$$w_R = \frac{520}{R - 55} \quad [\text{N/kN}]$$

Az előzőekhez hasonló alakú képletek és az alkalmazásukhoz kapcsolható gyakorlat közös hibája. Hogy nem veszik figyelembe a járművek tengelytávolságát, amelynek – a korábbiakban láttak szerint – komoly befolyása van. Az elmúlt évtizedekben a magyar vasút ezért a következő összefüggés alapján számolta az ívellenállás értékét:

$$w_R = \frac{100a + 200}{R} \quad [\text{N/kN}]$$

Az a tengelytávolság mellett a kerék és a sín közötti súrlódást is figyelembe veszi a rendező-pályaúdvark dinamikai számításában használt Protopapadakis-képlet, amely szerint:

$$w_R = \frac{f_g(0,27e + 0,47a)}{R} \quad [\text{N/kN}]$$

ahol: f_g a kerék és a sín közötti súrlódási együttható,
 e a vágányszélesség sínközéptől sínközépig (m),
 a a tengelytávolság (m),
 R az ívsugár (m).

Amennyiben Protopapadakis ajánlásait figyelembe vesszük, azaz mérsékelt égövben nyáron $f_g = 0,22$, télen $f_g = 0,165$, továbbá a sínközép-távolság $e = 1500\text{mm}$, akkor az eredeti képlet az alábbi formára hozható (nyári és téli formula):

$$w_R = \frac{233,2 + 103,4a}{R} \quad [\text{N/kN}]$$

$$w_R = \frac{175 + 77,6a}{R} \quad [\text{N/kN}]$$

Kitérőellenállás

Ezt a járulékos ellenállást a rendező-pályaudvarok gurításdinamikai számításaiban a kitérők teljes hosszában veszik figyelembe. Értéke a különböző vasutak gyakorlatában eltérő és a következő értéktartományban állapítják meg: 0,2 – 1,1 [N/kN]. Abban az időben amikor a hazai rendező-pályaudvarok jelentősége, feladatai és teljesítménye közötti összhangjának megléte fontossá tette magát a rendezői infrastruktúrát, továbbá a nagy forgalom okán a fejlesztéseket és új pályaudvarok megépítését, a magyar vasút a kitérő-ellenállás fajlagos értéké-ként 0,76 [N/kN] alkalmazását tartotta indokoltnak..

Gyorsítási ellenállás

Amikor a vonat sebességének növelésére van szükség, akkor a mozdony vonóerejének na-gyobbnak kell lenni az ellenállások összegénél. A vonatmozgás egyenletében használt szim-bólumok szerint $F > \Sigma W$. A gyorsítási ellenállás tulajdonképpen nem tartozik az eddigiekben tárgyalt ellenállások közé. Ennek oka, hogy a gyorsításra fordított munka növeli a vonat moz-gási energiáját, nem valamiféle hiányt, hanem azt a fajlagos vonóerőtöbbletet fejezi ki, ami a vonat sebességének fokozásához elengedhetetlenül szükséges. Ez a többlet vonóerő a tömeg-tényező figyelembevételével:

$$F_{gy} = W_{gy} = F - W = \zeta Ma = \zeta 1000 \frac{Q_m + Q_k}{g} a \quad [\text{N}]$$

ahonnan a fajlagos gyorsítási ellenállás:

$$w_{gy} = \frac{1000\zeta a}{9,81} \quad [\text{N/kN}]$$

ahol: ζ a tömegtényező,
 a a vonat átlagos gyorsulása [m/s^2].

Ha $\zeta = 1,08$ értékkel számolunk, akkor $w_{gy} = 110a$ [N/kN], ami azt jelenti, hogy 1 m/s^2 gyorsulás $110a$ [N/kN] ellenállástöbbletet okoz. A gyorsuláshoz szükség van megfelelő úthosszra is. Ezen kell elérni a sebesség szükség szerinti megváltoztatását. Ez esetben a szükséges átlagos gyorsulás:

$$a = \frac{\Delta v^2}{2h} = \frac{\Delta v^2}{2 \cdot 3,6^2} = 0,03858 \frac{\Delta V^2}{h} \quad [\text{m/s}^2]$$

ahol: ΔV a sebességváltozás [km/h],
 h a megtett út [m].

$$w_{gy} = \frac{1000\zeta a}{9,81} = \frac{1000\zeta}{9,81} \cdot \frac{\Delta V^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot h} = 4,25 \frac{\Delta V^2}{h} \quad [\text{N/kN}]$$

4.1.6. A fékezőerő és a fékezés

A fékezőerőt szokták a vonatmozgás harmadik tényezőjének (a vonóerő és ellenállások után) is nevezni. Magába foglalja mindazokat a haladással ellentétes értelmű pályairányú erőket, amelyeket szükség szerint lehet „ébreszteni” és szabályozni. A fékezőerő a vonóerő-kifejtés

nélkül haladó vonat sebességének szabályozására és a vonat megállítására szolgál. Lejtős pályaszakaszon a vonatok állvatartása is fékezőerő alkalmazásával történik. A vonat megvalósítható fékezőereje rendszerint sokkal nagyobb, mint a vonatot továbbító vontatójármű legnagyobb vonóereje.

Az egyes vonatok esetében a fékezőerőt egymástól megkülönböztethető módon lehet előállítani:

- kerékfékezés,
- közvetlen sínfékezés,
- légellenállásos fékezés.

A nagyvasúti üzemben legelterjedtebb a tuskós kerékfékezés. A városi vasutak több évtizede használják a sínfékezést, mint fékezési módot. Légellenállásos vonatfékezéssel ritkábban találkozunk.

A fékezőnyomaték előállítása szempontjából, a vasutak alkalmazása szerint, megkülönböztetnek tuskós (abroncs), dob, tárcsa és villamos fékezést. A két utóbbi rohamosan terjed a vasúti alkalmazások területén, mert a tárcsafékek az emelt- és nagysebességű vasutak nélkülözhetetlen eszközei, a villamos fékezés pedig hatásfoka és korszerűsége, ill. a környezetterhelés mérséklése szempontjából válik egyre jelentősebbé.

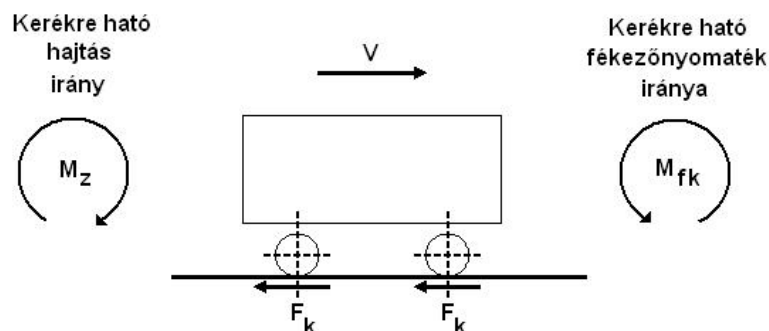
A kerékfékezés alapelvét a 4.16. ábra szemlélteti. Ennél a fékezési módnál mindegyik fékezett kerékpárra a forgással ellentétes értelmű M_{fk} fékezőnyomaték hat, amely a forgást gátolja. A fékezőnyomaték hatására a kerekek és a sín között pályairányú fékezőerő lép fel. A fékezőerő nagysága kerékpáronként:

$$F_k = \frac{M_{fk}}{r} \quad [\text{N}]$$

Kerékfékezésnél tehát a kerekek és a sín érintkezésénél keletkezik a fékezőerő. Az egész járműre ható fékezőerő:

$$F_l = n_{fk} F_k = n_{fk} \frac{M_{fk}}{r} \quad [\text{N}]$$

ahol: n_{fk} a jármű fékezett kerékpárjainak mennyisége,
 r a fékezett kerékpár gördülési sugarának sugara [m].



4.16 ábra

Kerékfékezés alapelve

A vonat mozgása közben kifejtett fékezőerő mechanikai (mozgási, helyzeti) energiát emészt. A fékezésnél felemésztett energia súrlódásos és villamos ellenállásos fékezésnél hővé alakul és a vonattovábbítási energia szempontjából, mint veszteség-energia jelentkezik. A fékezés során felemésztett mechanikai energiát hasznófékezéssel újra hasznosítható energiafajtvá lehet alakítani. A villamos vontatójárművek hajtott kerékpárjainál a fékezőnyomaték a vontatómotorok generátorként való működtetésével is előállítható. Az ilyen módon megvalósított villamos hasznófékezésnél a generátorként működő vontatómotorok a felemésztendő mechanikai energiát villamos energiává alakítják, majd a hálózatba visszatáplálják.

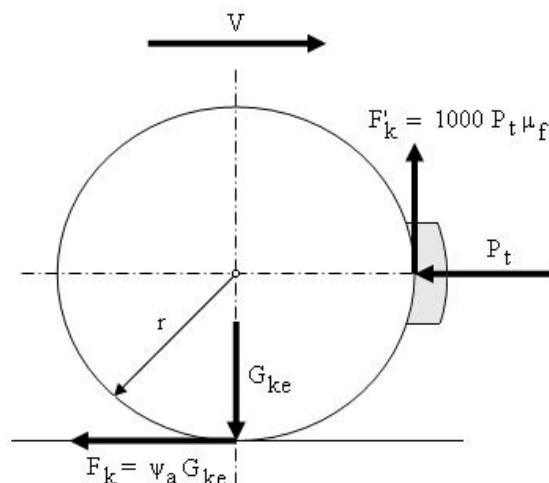
Jelentőségénél és a használatban való elterjedtségénél fogva, a fékezőerő meghatározásának csak a súrlódásos abroncsos kerékfékezésre vonatkozó összefüggéseit ismerteti a jegyzet.

Az abroncsos kerékfékezés erőjátékát a 4. 17. ábra szemlélteti. A féktuskót a P_t tuskóerő szorítja a kerékhez, amely a féktuskó és a kerékabroncs közötti súrlódás következtében a kerék kerületén a kerékforgással ellentétes értelemben forgató F'_k súrlódási erőt hoz létre.

$$F'_k = P_t \mu_f \quad [\text{N}]$$

Ahol P_t a féktuskót a kerékhez szorító tuskóerő [N],
 μ_f a féktuskó és a kerékabroncs közötti súrlódás tényezője [N/N],
 F'_k a kerék kerületén ható súrlódási erő [N].

Mivel az F'_k súrlódási erő a vonathoz viszonyítva belső erő, közvetlenül nem szolgálhat a vonat fékezésére. A vonat fékezését végző külső erő a kerékabroncs és sín között fellépő pályairányú adhéziós fékezőerő, amely az F'_k erővel azonos nagyságú, de ellentétes értelemben forgató erő.



4.17. ábra
A kerékfékezéskor ható erők

A féktuskó és a kerékabroncs között ébredő F'_k súrlódási erő alakulását a μ_f súrlódási tényező határozza meg. A féktuskók és a kerékabroncs közötti súrlódás tényezője nagymértékben függ a következőktől:

- jármű sebessége,

- fajlagos féktuskónyomás,
- kerékabroncs anyaga,
- féktuskó anyagának összetétele, keménysége.

A súrlódási tényező meghatározása empirikus összefüggések segítségével történik. A kísérletek tapasztalatai azt mutatták, hogy a súrlódási tényező értéke a :

- sebesség növekedésével *csökken*,
- féktuskó felületi nyomásának növekedésével *csökken*,
- féktuskó keménységének növekedésével *csökken*,
- foszfor tartalom növekedésével *csökken*,
- szennyezettség növekedésével *csökken*,
- féktuskó felületi deformációjával *csökken*,
- időjárás változására csak *kissé érzékeny*.

Az üzemszerű fékezés feltétele, hogy a keréknek nem szabad a sínen megcsúszni. Ennek előfeltétele viszont az, hogy a féktuskó és a kerékabroncs között ébredő súrlódási erők összege ne haladja meg a tengelynyomásnak megfelelő tapadási erőt, amely az elérhető külső fékezőerő *határértéke*. Amennyiben a súrlódási erők összege meghaladja a tapadási határértéket, a kerék forgása megszűnik, tehát csúszik. A csúszás a vonat sebességével történik. A csúszás káros jelenség, mert

- csökkenti a fékezőerőt,
- az abroncs egyenlőtlen kopását idézi elő és,
- keréklaposodást okoz.

Nagyteljesítményű fékberendezésekkel felszerelt járműveknél fokozottabban fennáll a kerékcsúszás veszélye – különösen a sín kedvezőtlen állapota (szennyezettség) esetén. A kerékcsúszás következményeinek elkerülésére mechanikus, vagy elektronikus csúszásgátló berendezéseket alkalmaznak.

A csúszásgátló szabályozó két alapvető feladatot old meg:

- megakadályozza a kerekek csúszását túlfékezés esetén,
- a fékezőerőt úgy szabályozza, hogy a kerék és sín közti tapadás a legkedvezőbb módon legyen kihasználható.

A csúszásgátló berendezések csúszásveszély esetén a fékezőerő csökkentése érdekében a fékhengert valamilyen mértékben légtelenítik, s így a teljes csúszás általában nem következik be. A csúszás veszélyének megszüntetése után a fékhenger önműködően az előző nyomásra töltődik fel. Az egész folyamat nagyon gyorsan játszódik le, ezért a fékezőerő hiánya csak rövid ideig áll fenn.

A hazai vasutak nagyobb sebességű járművein jelenleg kétféle mechanikus csúszásgátló berendezést alkalmaznak. Az egyik a régebbi M, a másik az MWX jelzésű csúszásgátló szabályozó. Mind tuskós, mind tárcsás fékeknél alkalmazhatók. A berendezés két fő része:

- csúszásgátló-szabályozó, amit a kocsik tengelyére szerelt hajtóberendezés forgat. (A MÁV kocsikon a tengelyvégre – a csapágyfedél helyére – szerelik a csúszásgátló szabályozót),
- kieresztő szelep, amelyet a nyomásmódosító, illetve a kormány szelep és a fékhenger közé építenek be.

Fontos tudnivaló, hogy a vonatokat, vasúti szerelvényeket az előírt fékút távolságon belül kell megállítani. A fékezés hatásossága (mértéke) ezért alapvető biztonsági követelmény. A fékezettesség mértékének meghatározására két fontos üzemi jellemzőt állapítottak meg:

- *Féksúly* (B), amely a jármű fékberendezéseinek hatásosságát jellemző számérték. Megadja, hogy az adott jármű fékberendezése hány tonna tömeget (ϱ) fékez meg az összehasonlítás alapjául vett járművel azonos mértékben.
- *Féksúly – százalék* (λ), amely vonat megfékezettességének számértéke. Táblázatban adják meg.

$$\lambda = \frac{B}{\varsigma}$$

4.1.7. A vonatmozgás egyenlete

A vonat mozgástényezőinek (vonóerő, ellenállás, fékezőerő) ismeretében megoldható a vonatmozgás-egyenlet. Ezáltal lehetővé válik a vontatható elegysúlyok és a menetrend készítéséhez nélkülözhetetlen menetidők megállapítása.

Adott vontatójármű és ismert fajlagos alapellenállású kocsisor esetén, a különböző pálya és üzemi viszonyok mellett, V =állandó sebességgel továbbítható elegysúlyok, az ún. statikus vonatterhelések, az egyenletes sebességgel haladó vonat mozgásegyenletéből számíthatók.

A dinamikus vonatterhelések, a pálya különböző pontjain elért sebességek és az adott pályaszakaszok befutásához szükséges menetidő értékek megállapítása a változó sebességgel haladó vonat mozgásegyenletének megoldása útján grafikus, vagy analitikus eljárással, ma már többnyire gépi úton, történik.

A vonatmozgás-differenciálegyenletének általános alakja (kinetikai egyensúlyi egyenlet):

$$Z \pm W - F \pm M \frac{dv}{dt} = 0$$

Ahol Z vonóerő,
 W ellenállások összege,
 F fékezőerő,
 M tömeg,
 dv/dt gyorsulás.

Fenti összefüggésben valamennyi mozgástényező szerepel, jóllehet ilyen helyzet a gyakorlatban, a közlekedő vonatok esetében, nem fordul elő. Ez elsősorban az elméleti jobb megértést szolgálja. A vonatmozgás differenciálegyenletével valamennyi mozgásállapot leírható.

$Z \pm W - Ma = 0$	vonóerő kifejtéssel gyorsuló vonat
$Z - W = 0$	egyenletes sebességgel mozgó vonat
$\pm W - [M(\pm a)] = 0$	vonóerő-kifejtés nélkül gyorsuló, ill. lassuló vonat
$-W_0 + W_p = 0$	vonóerő-kifejtés nélkül egyenletesen mozgó vonat
$\pm W - F - [M(-a)] = 0$	fékezőerő működése közben lassuló vonat

5. GURÍTÁSDINAMIKA

A gurítás, mint rendező-pályaudvari részfolyamat, a kocsinak vagy a kocscsoportnak a gurított szerelvényekről történő leválásától az irányvágányon való megállásáig tart. A részszerelvény (fogás) és a teljes szerelvény gurítása kocsik és kocscsoportok gurításából tevődik össze. Ez esetben azonban a szorosan vett gurítási műveletcsoportok közé egyéb műveletek (újabb fogásért való mozdonymenet, felhúzás, hátratólás, összetolás stb.) is ékelődnek. A következőkben egyetlen fogás vagy egyszerre szétrendezett szerelvény gurításával foglalkozunk. Ezzel kapcsolatban a következő sajátosságokról nem szabad megfeledkezni:

- a vonatterhelés lépcsőzetesen csökken,
- a gurítási sebesség egy állandó szint (az átlagos rátolási sebesség) körül ingadozik, amely az egyéb számítások (pl. mozdonyóra, energiafogyasztás stb.) szempontjából azonban állandónak tekinthető,
- a szükséges vonóerő (tehát vele együtt pl. az energiafogyasztás is) lépcsőzetesen csökken.

5.1. A gurított kocsira (-csoportra) ható erők

Az elemekre bontás elvének megfelelően először egy kocsi (-csoport) gurítási folyamatát kell megismernünk. A mozdonnyal összekapcsolt szerelvényről levált kocsit vagy kocscsoportot akkora energiamennyiséggel kell ellátni, hogy az útja során ráható erők munkáját is figyelembe véve, biztonságosan és lehetőleg gyorsan célba érjen. A hatóerők: a leváláskor felhalmozott kinetikai energiából, a lejtőhatásból (e), a kanyarulati (w_r) és kitérő (w_k) ellenállásból, valamint a (w) menetellenállásból (csapsúrlódási, gördülési és sínütközési, valamint a légel ellenállásból) adódnak. A csapsúrlódási, gördülési és sínütközési ellenállást alap (w_o) vagy saját ellenállásnak; a lejtő, kanyarulat és kitérő hatására a guruló járműveknél jelentkező erőket pedig pályaezőknek is szokás nevezni. Valamennyi erőhatást az 1 kN-ra vonatkoztatott fajlagos értékével (N/kN), vagy ezrelékben, esetleg magassággal lehet kifejezni.

A gurítási részfolyamattal kapcsolatos minden számszerű érték meghatározásában szerepet játszanak az ellenállások értékei. Ezek pontossága determinálja minden más számérték pontosságát. Azok az általános elvek és módszerek, sőt számértékek is, amelyeket az ellenállásokra a közlekedés dinamika szolgáltat, értelemszerűen érvényesen a gurítás területén is. Mivel azonban itt egyes kocsik és néhány kocsból álló csoportok gördülnek, a konkrét értékek szóródása lényegesen nagyobb, mint vonattovábbításakor. Utóbbi esetben minél nagyobbak a kocscsoportok, annál inkább használhatók a többé-kevésbé elterjedt középértékek. A gurításra azonban nem ezek a jellemzők. Az újabb vizsgálatok már az eloszlási görbék megállapítására is kiterjednek.

5.2. Az energiamagassági vonal

5.2.1. Az állandó esésű szakasz energiamagassági vonala

A valamely e esésű lejtőn szabadon guruló Q súlyerejű kocsi (-csoport) mozgásállapotát a benne felhalmozott helyzeti és kinetikai energia, valamint a pályaezők és az ellenállások határozzák meg. A felhalmozott energiák átalakulnak a járművek mozgása közben. Amint azt az

5.1. ábrán láthatjuk, a szóban forgó Q súlyerőre ($e-w$) Q gyorsító erő hat, $m = \frac{Q}{g'}$ esetén a gyorsulás

$$a = (e - W) \frac{Q}{m} = (e - w)g'$$

Adott v_1 esetén v_2 számítható, mert

$$\frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2) = (e - w)Ql$$

Ahonnan

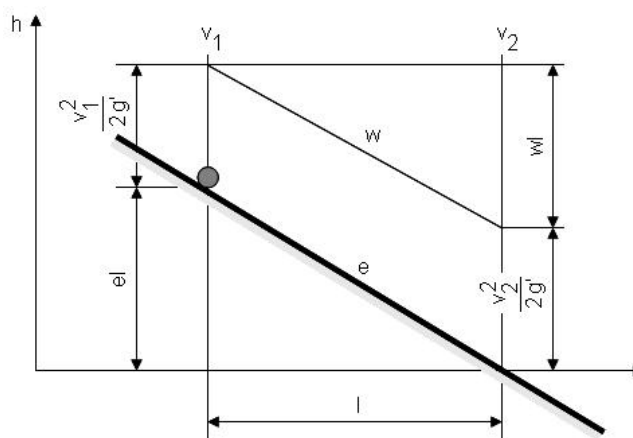
$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g'} = (e - w)l$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2(e - w)g'l} = \sqrt{v_1^2 - 2al}$$

A fenti második egyenlet úgy is írható, hogy

$$\frac{v_1^2}{2g'} + el = \frac{v_2^2}{2g'} + wl$$

Ebben az egyenlőségben minden tag dimenziója hosszúságnak és magasságnak tekinthető. A második tag el a geodéziai magasság, wl az ellenállás magasság, a további két tagot pedig energia- vagy sebességmagasságnak nevezik. E négy magasságot és kölcsönös kapcsolataikat a mellékelt 5.1 ábra mutatja be, amelyet energia- vagy sebességmagassági görbének is szokás nevezni.

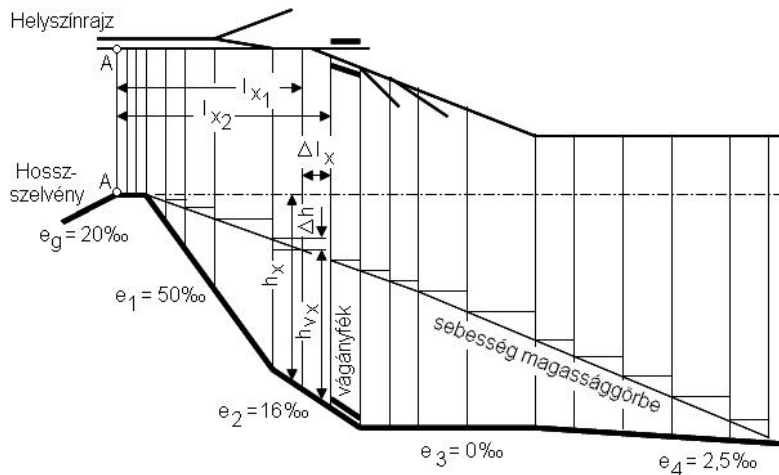


5.1. ábra
Energia (sebességmagassági) görbe.

5.2.2 A változó esésű pályaszakasz energiamagassági vonala

Az előzőekben l hosszúságú, állandó e esésű lejtőre alkalmazott gondolatmenet általánosítása végett tételezzük fel, hogy Q súlyerejű kocsí nyugalmi helyzetből kiindulva (az A ponttól) a lejtőerő hatására a gurítóprofil mentén legördül az irányvágányokra és hogy $l_2 = \sum \Delta l_x$ hosszúságú egyenes út megtétele után (5.2. ábra) a sebesség v_x (m/s). Ez esetben a felhalmozott mozgási energia:

$$\frac{Mv_x^2}{2} = \frac{1000Qv_x^2}{2g'} \quad [\text{mkp}]$$



5.2. ábra
Sebességmagassági görbe.

Ez egyenlő a mozgási munkával:

$$\sum Q (e - w) \Delta l_x$$

ahol:

- e - a profil egyes szakaszainak esése ezrelékben,
- w - a menetellenállás N/kN-ban.

Ha a kocsí kitérőkön vagy kanyarulatokon is keresztülfut, fellépnek még a w_k kitérő ellenállás és a w_r kanyarulati ellenállás is. Általában tehát

$$\frac{Q v_x^2 1000}{2g'} = Q \sum_0^l (e - w - w_k - w_r) \Delta l_x$$

ahonnan a kocsí sebessége

$$v_x = \sqrt{\frac{2g' \sum \Delta l_x (w - w - w_k - w_r)}{1000}} \quad [\text{m/s}]$$

Figyelembe véve, hogy az 5.2. ábra szerint a magasságkülönbség a gurítódomb teteje A és azon pont között, amelyen a kocsí l_x út után áll:

$$h_x = \frac{\sum \Delta l_x e}{1000} \quad [\text{m}]$$

és bevezetve a következő jelölést:

$$\frac{(w + w_k + w_r) \Delta l_x}{1000} \text{tg} \varphi \Delta l_x = \Delta h$$

akkor

$$v_x = \sqrt{2g'(h_x \sum \Delta h)} \quad [\text{m/s}]$$

A v_x sebesség kiszámítására törekedve, h_x geometriai fogalom, és meghatározása különös nehézséget nem okoz. Problematikusabb a $\sum \Delta h$ kiszámítása. Az egyes Δl_x útelemekhez tartozó Δh -t bontsuk két részre: $\Delta h = \Delta h' + \Delta h''$ -re úgy, hogy

$$\Delta h' = \frac{\Delta l_x w}{1000}$$

és

$$\Delta h'' = \frac{\Delta l_x (w_k + w_r)}{1000}$$

A Δ'' értékek meghatározása, adott helyszínrajz esetén, nem okoz problémát. A $\Delta h = \frac{\Delta l_x w}{1000}$ érték valamely Δl_x szakasz esetében pontosan csak akkor határozható meg, ha w ismert, ez pedig függvénye az e szakasz elején v_1 és végén v_2 fennálló sebességeknek és közelítően a $\frac{v_1 + v_2}{2}$ átlagsebesség ismeretében tekinthető megállapíthatónak. E két sebességi érték egyike (pl. v_1), s így a hozzá tartozó sebességmagasság (pl. h_{v1}) ismertnek vehető. A másik érték ebből iterációs módszerrel meghatározható. Ez alapján az 5.2. ábra szerinti sebességmagassági görbe megrajzolása már nem ütközik nehézségbe. E sokszögvonal egyes pontjainak a gurítódomb hossz-szelvényétől mért függőleges távolsága a h_{v_x} (méter) energiamagasság (sebességmagasság). A Δl_x szakaszhatárokat célszerű a hossz-szelvény jellegzetes pontjainál, az ívek kitérők kezdő- és végpontjainál felvenni. Ha az ábrából bármely ponton nézve a h_{v_x} sebességmagasságot meghatározzuk:

$$v_x \sqrt{2g'h_{v_x}} \quad [\text{m/s}]$$

Ha pontosabb számításokban valóban g' értékkel számolunk, figyelembe kell venni, hogy ennek értéke jól és rosszul futó kocsik esetében más. Az energiamagassági vonal végén h_x és a $\sum \Delta h$ egyenlők, vagyis $h_{v_x} = 0$, a kocsik megáll.

A gyakorlatban az ismertetett módon szerkeszthető energiamagassági vonal helyett, az *általános energiamagassági vonalat* használják, a tárgyalt sokszögvonalat két egyenessel helyettesítik. Az első szakasz a gurítódomb tetejétől a meredek lejtő lábáig (l_1), a második szakasz a meredek lejtő lábától a rosszul futó kocsik P megállási pontjáig tart ($L-l_1$).

Ezeknek az energiamagassági vonalaknak a hajlását úgy lehet meghatározni, hogy ki kell számítani az egyes szakaszok közepes, átlagos menet- és pályaellenállásait, amelyekből a hajlásokat a $\text{tg} \varphi = \frac{\text{ellenállás}}{1000}$ típusú képletekkel kapjuk.

A közepes menetellenállások ($\bar{w}_1$ és $\bar{w}_2$), a sebesség és a hőmérséklet függvényében összeállított w grafikonból olvasható le (a légellenállás értéke is figyelembe veendő). A közepes összeszont pályaellenállások (redukált kitérő és kanyarulati ellenállás) értékei $\sum \Delta h_k$ kitérőhosszra és $\sum \Delta h_r$ kitérőhosszra és $\sum \Delta h_i$ ívhosszakra:

a felső szakaszra:

$$w_{kr1}^R = \frac{\sum w_k \cdot \Delta l_k + \sum w_r \cdot \Delta l_r}{l_1} \%o$$

az alsó szakaszra:

$$w_{kr_2}^R = \frac{\sum w_k \cdot \Delta l_k + \sum w_r \cdot \Delta l_r}{L - l_1} \%$$

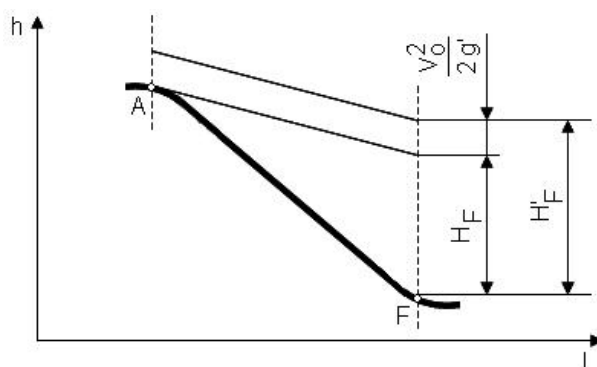
Az energiamagassági vonal hajlásszögei ezek után a következőképpen számíthatók:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\bar{W}_1 + W_{\text{kr}1}^R}{1000}, \quad \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\bar{W}_2 + W_{\text{kr}2}^R}{1000}$$

Az elgurítási és megállási helyeken nincs sebesség, az energiamagassági vonal tehát metszi (érinti) a hossz-szelvény vonalát.

Az eddigiek során feltételezzük, hogy a kocsi (-csoport) az A elválási pontban nyugalmi helyzetben van. Ha a v_o elgurulási (gurítási) sebességet is figyelembe akarjuk venni, az energia-magassági vonalat egyszerűen $\frac{v_o^2}{2g'}$ -vel önmagával párhuzamosan el kell tolni, ahogyan ezt az

5.3. ábra mutatja.



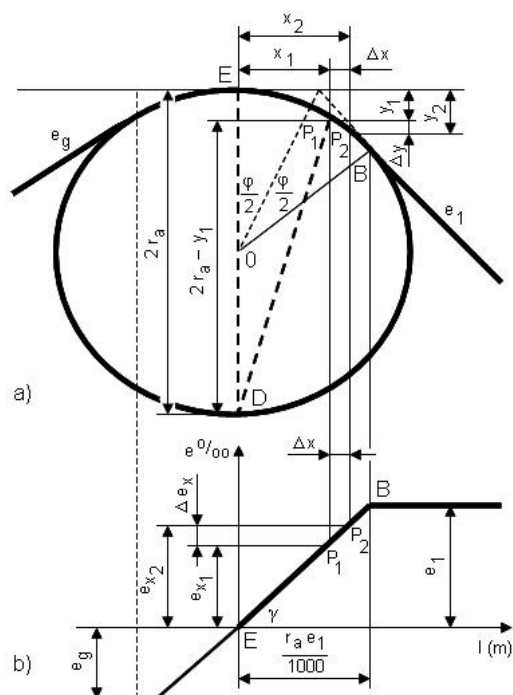
5.3. ábra
Az energiamagassági vonal párhuzamos eltolása.

5.3. A pályaerő-grafikon

Ha a távolság (út) függvényében a pályapontok magasságát felrakjuk, a hossz-szelvényt kapjuk. Ha pedig ugyanezen abszcisszákhöz ordinátaként a pálya hajlását (emelkedését vagy esését) rakjuk fel, a pályaerő-grafikont kapjuk. Ha a pályaerő-grafikont a kanyarulati és kitérő ellenállásokkal korrigáljuk, világos képet kapunk a szóban forgó pályán mozgó tömegre (kocsira, kocsicsoporra) ható pályaerőkről. Különösen indokolt a hossz-szelvény helyett a pályaerő-grafikon használata, ha a hajlásváltozásoknál szükséges lekerekítésekkel számolni kell. Ilyen eset a gurítódombé is, amelynek felülről domború tetőponti részét legalább 300m, a meredek lejtő aljánál levő törését pedig legalább 400m sugarú ívvel kell lekerekíteni. Az ív fő és közbenső pontjait rendszerint úgy számítják, hogy parabolának tekintik.

A lekerekítési ív bármely pontjára nézve igaz, hogy az abban a pontban levő mozgó tömegre a ponthoz tartozó érintőnek ezzel az ezrelékhajlásával egyenlő pályaeró hat.

Ha az 5.4. ábrának megfelelően az E ponton át vízszintes érintőt húzunk, és a lekerekítési ívet teljes körre egészítjük ki, a lekerekítés valamely tetszőleges pontjának koordinátaival az

$$x^2 = (2r_a - y) y = 2r_a y - y^2$$


Ha az y^2 -et alacsony értéke miatt elhanyagoljuk:

$$y = \frac{x^2}{2r_a}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{x}{r_a}$$
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{+e_x}{1000}$$
$$\frac{dy}{dx} = \frac{e_x}{1000} = \frac{x}{r_a}$$
$$e_x = \frac{1000x}{r_a} \text{‰}$$

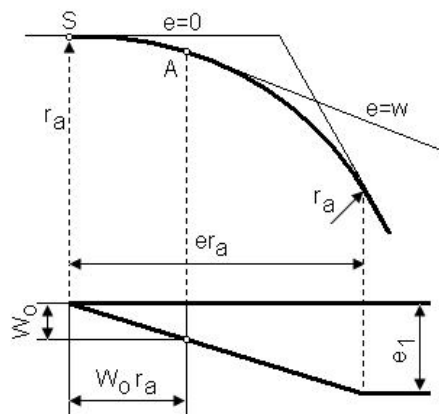
Ez lineáris függvény, és egyes értékei az úttengelyre ordinátaként felrakhatók, ezek végpontjait összekötve megkapható a pályaező-grafikon (54. ábra). Az előbb említett összefüggés miatt a pályaező-grafikon integrál vonala a szükséges hossz-szelvényt adja.

A lekerekítési végpontokhoz tartozó emelkedőt és esést ábrázoló ordináták egyenes összekötő vonala az S tetőpont függőlegesében metszi az úttengelyt. A pályaező-grafikon a lekerekítéseken kívül, állandó pályahajlásoknál, az úttengellyel párhuzamos. A kitérőkön a kanyarulatokban a pályaező-grafikon ordinátái csökkentendők:

1. az egyes irányban a kitérő ellenállása, $w_k = 0,75 \text{ ‰}$,
2. ívekben kéttengelyű kocsik esetén, $w_k = \frac{520}{4 - 55} \text{ ‰}$,
3. a kitérő irányban $w_k + w_r \text{ ‰}$ értékkel.

Valamely kitérő kanyarról vagy hajlási (lejtős) szakaszcra való átmenetnél a pályaező-grafikon sarkát a tengelytávnyi hosszra le kell tompítani, mert a vágányon nem egyes tengelyek, hanem legalább kéttengelyes kocsik haladnak, és a lejtőerő átmenete ezen a távolságon nem ugrásszerű, hanem fokozatos.

A pályaező-grafikon segítségével az egyes kocsik (és kocsicsoportok) elgurulási, leválási pontja könnyen meghatározható (5.5. ábra).



5.5. ábra

A kocsik leválási (elgurulási) pontjának meghatározása.

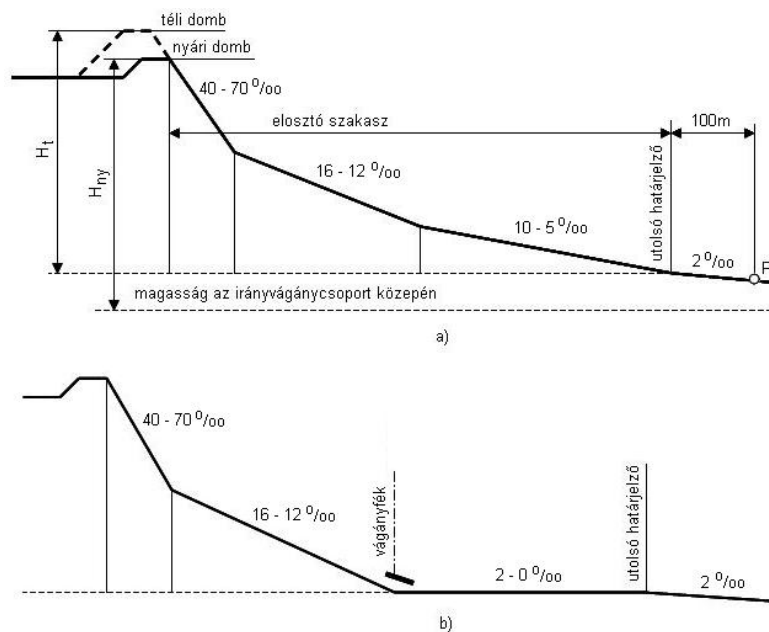
Az $\bar{SA}$ leválási távolság legfeljebb néhány méter nagyságrendű, ezért többnyire megfelel, ha a leválási pont helyett a tetőpontot vesszük kiindulási pontnak.

5.4. A gurítódomb hossz-szelvényének geometriája

5.4.1. A gurítódomb lejtési viszonyai

A gurítódomb hossz-szelvényének kialakításakor több szempontot kell figyelembe venni. Általános elrendezés szempontjából kétféle megoldást ismerünk:

- a) az egy-gurítódomb (5.6.b ábra) és ritkábban:
- b) a két különböző magasságú gurítódombos megoldás (5.6.a ábra).



5.6. ábra
Egy- és két gurítódombos megoldás.

A különböző hőmérsékleten keletkező ellenállások hatására a gördülő kocsik futási tulajdonsága is különböző. Nyári (normális) időjárásban lényegesen jobban gördülnek a kocsik, mint téli (hideg) időjárási viszonyok között. Ezért – hogy a gurítóüzem jobban tudjon az időjárási viszonyokhoz alkalmazkodni – különösen régebben, két különböző magasságú gurítódombot építettek. Az alacsonyabb (nyári) gurítódombot normális időjárási viszonyok között, a magasabbat (téli) pedig az alacsony hőmérsékletkor, továbbá erős ellenszélben, valamint üres kocsik gurításakor használták.

Ma már csak egy (téli) gurítódombot építenek, és az emiatt adódó nagyobb sebességeket korszerű fékberendezésekkel csökkentik a megfelelő mértékig.

5.4.2. A gurítólejtő esését meghatározó szempontok

A meredek lejtőn – ha két egyforma ellenállású kocsi követi egymást – egyformán is haladnak. A két kocsi követési időköze az azokat egymástól elterelő váltóig terjedő közös útvonalon változatlan marad. A követési távolságuk a mindenkor sebességgel arányos. Ha ezzel szemben a kocsik menetellenállása különböző, a követési időköz is változik. Különösen kedvezőtlenül alakulhat a helyzet, ha a rosszul futó (üres, fedett) kocsi mögött jól futó (rakott, nyitott) halad. Ez esetben a jól futó kocsik gyorsabban gurulnak, rövidebb idő alatt teszik meg ugyanazt a távolságot, mint a rosszul futók, a követési időköz egyre csökken. Megengedhetetlenül kicsi e köz, ha a két kocsit vagy kocsicsoportot egymástól elterelő váltót a két kocsi között már nem lehet átállítani. Hogyan hat a vázolt folyamatra a meredek lejtő?

Ha pl. $e_1 = 10\text{‰}$, akkor $e_1 - w_j = 10 - 2,4 = 7,6\text{‰}$, és $e_1 - w_r = 10 - 4,4 = 5,6\text{‰}$

ahol:

w_j - a jól futó kocsi menetellenállása,
 w_r - a rosszul futó kocsi menetellenállása.

A gyorsító erő az első esetben 1,36-szor akkora, mint a másodikban.

Ha viszont $e_1 = 50\text{‰}$, akkor $e_1 - w_j = 50 - 2,4 = 47,6\text{‰}$, és
 $e_1 - w_r = 50 - 4,4 = 45,6\text{‰}$

vagyis az arány csupán 1,045-szeres.

Tehát a meredek lejtő esését – a vizsgált szempontból – lehetőleg nagyra kell venni, mert akkor a rosszul és jól futó kocsik gyorsító erőinek különbsége kisebb lesz, a kocsik követési időközei kevésbé változnak. A meredek lejtő nagyságát ezért 40-70‰ között állapítják meg. Régebben – a gőzmozdonyok kazánjának vízzel való elborítását biztosítandó – az alsó, újabban – Diesel-üzem mellett – a felső értékek körüliek használatosak.

Az utolsó elosztóváltóig (határjelzőig) megteendő távolság legyen minél rövidebb, mert akkor a kisebb esésű szakaszokon is kisebb a távolság és idő, a sebességi arányok, s ezen keresztül a követési idő nemkívánatos mérvű megváltozása.

A meredek lejtő után beiktatott átmeneti (közbenső) lejtő legkisebb értékét az szabja meg, hogy a vágányfékkel esetleg teljesen megfogott (rendszerint jól futó) kocsi újból kellően fel tudjon gyorsulni. Ehhez kb. 12-16‰ szükséges.

A gurító- és közbenső lejtő közötti töréspont helyét rendszerint az determinálja, hogy a legömbölyítő ív sugara és ez által hossza is aránylag nagy.

Ha az irányvágányok esésben fekszenek, ez általában – azonos gurítódomb nagyságnál – kisebb gurítólejtő-végi energia- (sebesség-) magasságot igényel, ami előny. Az irányvágány esését azonban nem szabad olyan nagyra venni, hogy a jól futó kocsi gyorsuljon rajta.

5.4.3. A gurítódomb magassága

A gurítódomb magasságát az határozza meg, hogy a kocsiknak a gurítódombról szabadon gördülve, az irányvágányok megfelelő pontjáig be kell haladniuk. A gurulás végén megálló kocsik célpontját annak érdekében, hogy alacsonyabb (olcsóbb) gurítódomb adódjék, nem szokták az irányvágány felső határjelzőjétől túlságosan messze fölvenni. Ha viszont ezt a távolságot túl rövidre veszik, hamar megállnak a kocsik. Ekkor sok lesz a kocsik közötti hézag (ablak) és ebből következően az összetolási feladat.

A téli gurítódomb magasságát úgy kell megállapítani, hogy a rosszul futó kocsik, - 5°C hideg és 3m/s ellenszél mellett, a gurítódombról szabadon legurulva, a legnagyobb ellenállású vágányúton végighaladva, az irányvágányon még legalább 100méter utat tegyenek meg.

A nyári gurítódomb magassága úgy állapítandó meg, hogy a rosszul futó kocsik normális hőmérsékleten és szélcsendben, a gurítódombról szabadon legördülve, legalább az irányvágányok közepéig fussanak. Biztonság kedvéért célszerű most is 3m/s sebességű ellenszéllel számolni.

A gurítódomb magasságára vonatkozó számításokban az irányvágányok esését is figyelembe kell venni.

Ha a viszonylag rossz futási tulajdonságú kocsinak kedvezőtlen időjárési viszonyok között is el kell jutnia a tetőponti leválási ponttól az irányvágány vázoltak szerint meghatározott P pontjáig, eközben $l_1, l_2 \dots l_n$ hosszúságú $e_1, e_2 \dots e_n$ átlagos esésű lejtőkön fut: a rendelkezésre álló magasság

$$H = e_1 l_1 + e_2 l_2 + \dots + e_n l_n$$

Ha pedig a $w_1, w_2 \dots w_m$ (a kanyarulati és kitérő ellenállásokat is tartalmazó) átlagos ellenállási értékek, valamint a v_o gurítási sebesség adott, a szükséges magasság:

$$H = w_1 l_1 + w_2 l_2 + \dots w_n l_n + \frac{v_o^2}{2g'}$$

E képlet azt mutatja, hogy a szükséges gurítódomb magasság független az esési viszonyoktól. Ha a teljes gurulási hosszra (L) egyetlen konkrét vagy átlagos ellenállási érték (w) számítható:

$$H = \bar{w} L + \frac{v_o^2}{2g'}$$

Egészen hozzávetőleges számításoknál a második tag elhanyagolható. Ha $\bar{w}$ értékét a tapasztalat alapján helyesen megválasztjuk, a magasság egyszerűen meghatározható.

5.5. A gurítási idő meghatározása

A gurítási műveletnek is fontos jellemzője az időtartama, illetve műszaki számítások segítségével meghatározott időnormája. Lényegében most is menetidő-meghatározás a feladat, amit a Newton-féle képlet segítségével szoktak megoldani.

A lejtőn való gyorsulást is a következő egyenlet fejezi ki:

$$a = \pm \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t} \quad [m/s^2]$$

ahol:

- Δt - a Δt tetszőleges időköz alatt beálló sebességváltozás,
- v_1 - a Δt időköz elején fennálló sebesség (ismert),
- v_2 - a Δt időköz végén fennálló sebesség (számítandó).

A kocsisúly 1 kN-jára (a Q kocsicsoporthozként változik) vonatkoztatott erőtöbblet (-hiány) aszerint, hogy V [km/ó], vagy v [m/s] sebességgel számolunk:

$$p = e - w = ma = \frac{1000}{g'} \frac{\Delta V}{3,6 \Delta t} = \frac{1000}{g'} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

ahonnan

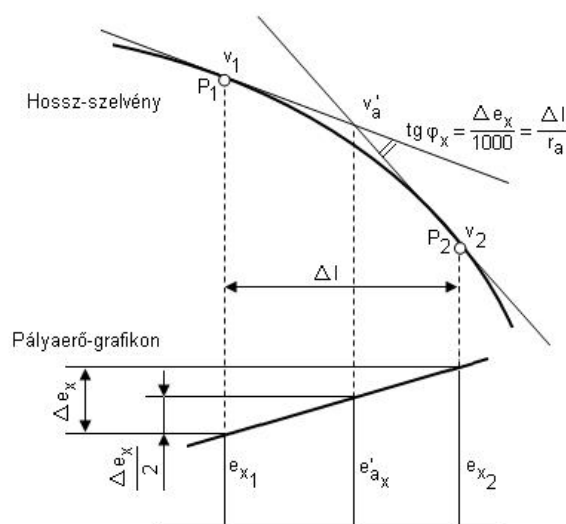
$$\Delta v = \frac{g'}{1000} (e - w) \Delta t$$

Ahol:

- e - a fajlagos pályaeő, mely a kanyarulati és kitérő ellenállást is tartalmazza,
- w - a menetellenállás.

E képlet segítségével adott e és v_1 kezdeti sebesség és ez alapon számított w esetén a sebesség változása (Δv) meghatározható, és a sebesség-időgörbe megrajzolható.

A p fajlagos erő fenti képletében – gurítódomb esetén – e értéke meghatározó jelentőségű. A vasúti közlekedési dinamikai számításokra általában az jellemző, hogy e hosszabb-rövidebb szakaszon állandó. A levezetett formula általános érvényű, felhasználható tehát a lekerekített gurító profilon, vagyis folyamatosan változó e esetén való gördülő mozgás jellemzőinek meghatározására is.



5.7. ábra

A hatóerő meghatározása a pályaerő-grafikon segítségével.

A lekerekítésnek az 5.7. ábrán feltüntetett P_1 pontjában a kocs $+e_{x_1}$ (‰) lejtőn (pályaerő érték mellett) halad v_1 sebességgel, Δl elemi út Δt időtartam alatt való megtétele után P_2 pontba jut. A P_2 pontban e_{x_2} ‰ lejtőn (pályaerőérték mellett) v_2 sebességgel halad.

A közepes sebesség a szóban forgó szakaszon:

$$v_a = v_1 \pm \frac{\Delta v}{2} \quad [\text{m/s}]$$

A megtett út a Δt idő alatt:

$$\Delta l = v_a \Delta t = \left(v_1 \pm \frac{\Delta v}{2} \right) \Delta t$$

A lejtő (fajlagos pályaerő) változása (az ábrából is kivehetően):

$$\Delta e_x = \frac{\Delta l 1000}{r_a} = \left(v_1 \pm \frac{\Delta v}{2} \right) \Delta t \frac{1000}{r_a} \quad [\text{‰}]$$

A Δt időközhez tartozó közepes hatóerő (p) tehát:

$$e_{ax} - w = e_{x_1} \pm \frac{\Delta e_x}{2} - w = e_{x_1} - w \pm \left(v_1 \pm \frac{\Delta v}{2} \right) \frac{\Delta t}{2} \frac{1000}{r_a}$$

Ilyen formán p -t ismerve a $p = ma$ képlet alapján a számíthatóvá válik, s így az $a\Delta t = \Delta v$ összefüggés alapján a sebesség/idő függvénye a $\Delta l = v\Delta t$ összefüggés alapján pedig az idő/út függvény, a leválási ponti (esetleg minimális, maximális, vagy közepes) v_o értékből kiindulva Δt szakaszonként, lépcsőzetesen számíthatóvá válik.

5.6. Két egymás után futó kocsi követési idejének szabályozása

A gurítási folyamat során különböző futási tulajdonságú kocsik (és/vagy kocsicsoportok) vannak le a gurított szerelvényről és futnak a vágányúton át kijelölt irányvágányukra. A gurítási teljesítmény fokozása szempontjából a viszonylag nagy sebességgel, sűrűn egymás után elguruló kocsik az előnyösek. Az egymást követő kocsik útja azonban leggyakrabban már az első kitérőnél, de legkésőbb (ez a ritkább) az utolsónál elválik egymástól. Hogy ez az elválás lehetővé váljék, a követő kocsik között bizonyos időhézag szükséges. Az elgurulási és a futási sebesség nem fokozható – biztonsági okokból sem – bizonyos határ fölé.

Mivel a kocsik különböző futási tulajdonságúak, sebességük – adott gurítási sebesség ellenére is – másként alakul gurulási útjuk mentén. Mind a gurítási teljesítmény fokozása, mind a biztonság követelménye szükségessé teszi az egyes kocsik sebességének szabályozását.

Egyébként adott és változatlanul feltételezett körülmények között valamely kocsi sebessége gurulás közben:

1. a gurítási sebesség változtatásával és
2. fékezés (gyorsítás) útján szabályozható.

A rátolási sebesség és – ezen keresztül gurulás közben – a követési időköz, de a fékezés szükséges mértéke (és ennek keretében a fékút) is függ:

- a kocsi vagy kocsicsoport által befutandó út hosszától,
- a kocsi vagy kocsicsoport sajátos jellemzőitől,
- a kocsi vagy kocsicsoport futási tulajdonságaitól,
- a jól és rosszul futó kocsik arányától,
- a jól és rosszul futó kocsiknak a – gurított szerelvényben és az együtt gurított csoportokon belüli – sorrendjétől,
- a fékezés módjától.

Végeredményben a mértékadó követési időköz nagysága határozza meg a gurítási sebességet, az adott határok közötti elgurulási időközt, sőt ezeken keresztül a gurítódomb teljesítményét (terhelését, a gurítódomb kapacitásának tényleges kihasználását) is.

Mivel a gurítási sebesség nagysága aránylag szűk határok között mozog, s a gurítási teljesítmény emelésére való törekvés a felső határ megközelítését teszi kívánatossá, a fejlődés ebből a szempontból a féktechnika területére tevődött át. A sebességszabályozásra egyre hatásosabb, és egyre több féket alkalmaznak. Ugyanebből a megfontolásból egyre gyakrabban kísérleneznek a rosszul futó kocsikat gyorsító berendezésekkel is.

5.6.1. Egymás után futó kocsik követési időközét meghatározó szempontok.

Egymás után futó kocsik követési időközét meghatározó szempontok közül ezúttal kettőt tárgyalunk:

- a) Az egymást követő kocsik elterelő váltója átállításának feltétele alapján számított mértékadó követési időköz.

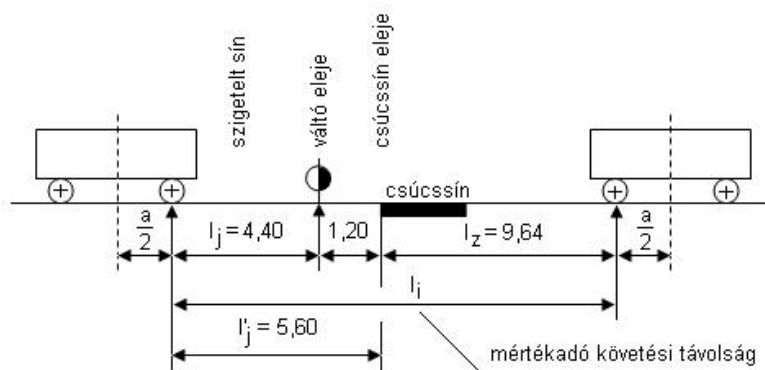
b) A horzsolás kiküszöbölésének feltételéből adódó mértékadó követési időköz.

ad.a) Az egymást követő kocsik futását, követési időközét, sebességét úgy kell szabályozni, hogy az elől haladó kocsinak a követő kocsi elterelő váltóján való áthaladása után, a követő kocsi részére a váltó biztonságosan állítható legyen.

Mivel a váltókat csak akkor lehet átállítani, ha a l_2 hosszúságú csúcscsínen (5.8. ábra) egyetlen tengely sincsen, az elől futó kocsi súlypontjának az l_2 szakasz után kell lennie legalább egy mértékadó (maximális) féltengelytávval ($a/2$), a követőnek pedig $a/2$ -vel előtte. Ezen kívül azt is biztosítani kell, hogy a kitérőre v_N sebességgel ráfutó kocsi ne érhesse el az átállítás t_v ideje alatt a váltó csúcscsínének hegyét. Ezért a vázoltak szerinti „biztonsági” szakasz kezdete és a csúcscsín eleje között legalább akkora t'_v időt (illetve ebből számítható l'_j távolságot) kell biztosítani, amely a váltó kapcsolási és átállási idejével egyenlő:

$$l'_j = v_N t'_v$$

Az aláváltás kizárása végett az is szükséges, hogy $l_2 > a_{max}$, ahol a_{max} az előforduló leghosszabb kocsi tengely-távolság.



5.8. ábra
Követési távolság.

Az $l_i + a$ az a jellegzetes szakasz hossza, amelynek kezdőpontjára a követő kocsi menetidejét (t_N), végpontjára pedig az előfutó kocsi t_v gurulási (menet) idejét meg kell határozni. Az első kocsi (csoport) elgurulási pontjától számított futási idő különbsége (5.9. ábra):

$$I_f = (I_o + t_N) - t_v$$

Ahol:

I_o - az ún. elgurulási időköz (lásd később).

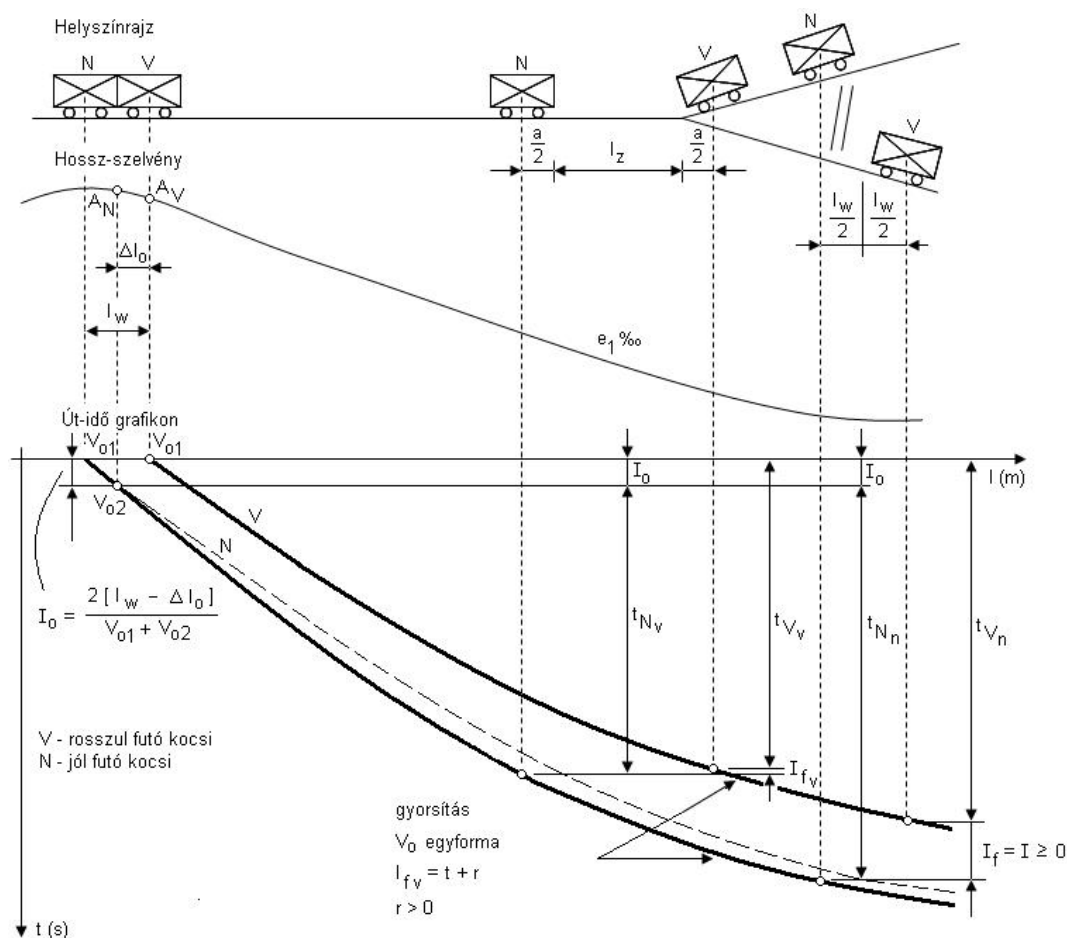
Az így kiszámított I_f követési időközzel szemben támasztjuk azt a követelményt, hogy legalább az $(l_i + a)$ távolság befutásához szükséges t_v „váltóállítási” időnél legyen nagyobb, tehát

$$I_f \geq t_v$$

Ha ez a feltétel – valamely konkrét esetben – nincs kielégítve, a követő kocsi sebességét szabályozni kell.

Az 5.9. ábrán a követő kocsi szaggatott út-idő vonala mutatja, hogy a gurulási sebességnek az elgurulási távköz elejétől végig v_{01} -ről v_{02} -re növelésével a „biztonsági szakaszhoz” tartozó I_f

idő kisebb lett és a t_v időhöz közeledett. Másrészt, ha $I_f < t_v$ a gurulási sebességnek az elgurulási távköz alatti csökkentésével I_f a t_v -nél nagyobbá tehető.



5.9. ábra
A kocsik követésének út-idő grafikonja.

ad.b) Két egymás után futó kocsi sarkainak – az elosztó váltón való áthaladás után, de még a biztonsági határjelző előtt történő – találkozása (horzsolódása) elkerülhető kell legyen.

Az 5.9 ábra helyszínrajza két egymás után futó kocsit a biztonsági határjelzőtől előre, illetőleg hátra $l_w/2$ távolságban tünteti fel. Ahhoz, hogy a kocsik sarkainak ebben a helyzetben való horzsolódása elkerülhető legyen, a feltétel:

$$I_f = I_0 + t_{Nh} - t_{Vh} \geq 0$$

Itt t_{Vh} az előfutó kocsinak az elgurulási pontjából a határjel után $\frac{1}{2} L_w$ -vel fekvő pontig terjedő menetideje, t_{Nh} a követő kocsinak az első csoport elgurulási pontjától a határjel előtt $\frac{1}{2} L_w$ -vel fekvő pontig eltelt mentideje.

A gurítás dinamikai alapegyenlete. Az előzőekben vizsgált két követelmény eredményeinek általánosításaként felírható a gurítás dinamikai alapegyenlete:

$$I_0 = (t'_v - t_N) + (t_v^i + t_v) + r$$

Ahol:

I_0 két egymást követő kocsi (-csoport) elgurulási időköze,

t'_v	- az elől futó kocsinak az elgurulástól a „biztonsági pályaszakasz kezdő pontjáiig terjedő menetideje,
t_N	- a követő kocsi (-csoport)-nak az elől haladó kocsi elgurulási pontjától a „biztonsági szakasz” kezdőpontjáiig terjedő menetideje.
t_v^f	- az az idő, amelyen át az elől futó kocsi a „biztonsági szakaszt” foglalja,
t_v	- a követő kocsi (-csoport) okozta foglaltsági idő megelőző reflex, átállítási, berendezés-kezelési idő,
r	- a biztonsági, ráhagyási, vagy mutatkozó többlet időköz.

Ez az egyenlet – a megvizsgált két eseten kívül is – bármikor (pl. vágányfék, automatikus hídmérleg, stb.) felhasználható.

5.6.2. Egymás után futó kocsik követési időközének szabályozása a gurítási sebesség változtatásával.

A gurítási sebesség lehetséges értéke. Azt a sebességet, amellyel a kocsisort a gurítódomb tetőpontján áttolják, rátolási vagy gurítási sebességnek nevezik. Ennek értéke átlagosan 1m/s körül mozog. A gurítódomb teljesítményének fokozása minél nagyobb, a gurítási üzem egyenetlensége minél változatlanabb gurítási sebességet kíván.

A gurítási sebesség felső határát az alábbi szempontok alapján kell megállapítani.

1. A kocsi lekasztó (vasutas dolgozó) mozgási sebessége nem lépheti túl tartósan az 1m/s, kivételesen sem az 1,3m/s értéket. Ezt a határt csak több fokozatban elhelyezett vágányfék és előre (álló helyzetben) történő szétakasztás mellett lehet túllépni.
2. A saruzók munkájának biztonsága szempontjából ugyancsak az 1,3m/s tekinthető felső határnak, ami külön célfékező vágány-féksaruvá léphet csak túl. Az első kocsi megállítása után ugyanis a saruzónak elegendő idejének kell maradnia arra, hogy a következő kocsi elé siessen, és a féksarut megfelelő távolságban fölfektethesse a vágányra. A rendszerint több vágányt kiszolgáló saruzó munkáját nehezíti az, hogy neki – miután egy kevésbé megtelt irányvágányon a saruzási körzet alsó határánál megállított egy kocsit – előre kell futnia, hogy valamely már majdnem megtelt vágányon fogadhasson egy következő kocsit.
3. Az irányvágányi elosztóváltók állítási ideje.
4. A távolról kezelt vágányfékek, valamint a sarukidobó alkalmazásakor szükséges kezelési idő az előző kocsinak a fékről való lelépésétől és a fék feloldásától a következő kocsi részére való beállításáig (saru elhelyezésig) tart. Ez kb. 2,5 másodpercre tehető. Ilyen alapon a gurítási sebesség szintén számítható, és általában 1,5m/s-nál kisebbre adódik.
5. Az ellenállások értékének alakulása. Ha az ellenállások számottevően csökkennek (pl.: görgőscsapágyak, hézagmentes felépítmény alkalmazása, stb. miatt) a gurítási sebesség felső határát ez is befolyásolhatja.
6. A meredek lejtőbe beiktatott vágányhídmérleg (ha van ilyen mérleg) kezelési és foglaltsági ideje. Ez esetben három feltételt kell megvizsgálni, és legalább 4,5 másodpercnyi időközot kell biztosítani legfeljebb 4m/s gurulási sebesség mellett.

A gurítási sebesség változtatásának határai. A gurítási sebesség változtatásával szabályozni lehet két egymás után gördülő kocsi követési időközét. Hogy a gurítási sebesség – a már megismert felső (illetve alsó) határhoz képest milyen mértékig változtatható, az elsősorban a mozdony gyorsító és lassító képességétől, valamint a kocsik futási tulajdonságainak eltérő volta miatt adódó, Δl_0 elgurulási távolság különbségektől függ.

Mivel szélső határokat keresünk, szélsőséges esetet kell megvizsgálnunk. Ezért egyes, egymástól nagymértékben eltérő futási tulajdonságú kocsik egymásutánját tételezzük fel (5.9. ábra). (Nb. Egyforma tulajdonságú kocsik között – azonos v_0 mellett – a követési időköz az egész úton az elgurulási időközzel egyenlő, távközük pedig a mindenkor sebességükkel arányos.)

Az elől futó V jelű kocsit – amelyet v_{01} sebességgel gurítanak el – súlypontja az A_v elgurulási (leválási) pont fölött van. Az N követő kocsit e pillanatban még érintkezik az elől futóval, s a kocsit súlypontok távolsága $L_{w0} = L_w$ a kocsihossz. Mivel a kocsik súlyereje és ellenállása különböző, az A_N elgurulási pont az A_v -től $\pm \Delta l_0$ távolságra van. Az elgurulási ponton a kocsit menetellenállása w azzal az e eséssel egyenlő, amely esésben levő szakaszon a kocsit éppen van.

Az $l_w \pm \Delta l_0$ elgurulási távközön a követő kocsit még a mozdony tolja, miközben az elől futó A_v -nél megkezdte szabad gurulását. Ez az a távolság, amelyen a mozdony v_0 gurítási sebessége a követési idő szabályozása céljából változtatható. Az ehhez a távolsághoz tartozó elgurulási időköz:

$$I_0 = \frac{2(l_w \pm \Delta l_0)}{v_{01} + v_{02}} S$$

Ahol:

v_{02} - a követő kocsit növelt, vagy csökkentett gurítási sebessége.

A követő kocsit I_0 elgurulási időköze abban a pillanatban kezdődik, amikor az előző kocsit szabadon elgurul (leválik a szerelvényről). Erre az időpontra (az elgurulás pillanatának megfelelő állás) vonatkoztatható a követő (t_N) és az elől futó kocsit gurulási menetidő-adata (t_v) is.

A gyakorlatban alkalmazott gyorsítási és lassítási értékeket, valamint egyéb üzemi paramétereket figyelembe véve, a vázoltakra alapozva megállapítható, hogy az előforduló és lehetséges ($l_w + \Delta l_0$) távolságokon a gurítási sebesség kb. 0,45-1,5m/s között változtatható, ami üzemi szempontból elégséges.

A gurítási sebesség szabályozása kedvezőtlen kocsisorrend mellett. Míg a gurítási idő számítása során – adott rátolási sebesség és gurulási távolság mellett – azt vizsgáljuk, hogy miként lehet a mozgás út/idő függvényét és ez alapon időjellemzőit meghatározni, most a feladat fordított. A jól és rosszul futó kocsit mozgásának, út/idő függvényének ismeretében meg kell határozni – kedvezőtlen kocsisorrend esetén – azt a gurítási sebességet, amely mellett még az első, illetőleg az utolsó elterelő váltó éppen állítható, és a két kocsit az elterelő kitérő határjelenél éppen nem horzsolja egymást. Lényegében ugyanazon egyenlet más értékre való megoldásáról van tehát szó.

Kedvezőtlen kocsisorrendek – a vizsgált szempontból – a következők:

1. rövid távra futó, jól guruló kocsit, a messzire futó, rosszul gördülő előtt halad,
2. rövid távra futó, jól guruló kocsit, a messzire futó, jól gördülő kocsit előtt halad,
3. rövid távra futó, rosszul guruló kocsit, a messzire futó, jól gördülő előtt halad.

Egyes kocsit egyéb, illetve egymást követő kocsicsoportok bármilyen, sorrendje esetében a gurítási sebesség mérlegelése nem szükséges. Ezeknél mindenkor a lehető legnagyobb gurítási sebességet kell alkalmazni.

Az elterelő kitérő tengelymentes, biztonsági távolságára vonatkozó vizsgálatok a követési időköz általános képletében az I_f helyére a t_v „váltóállítási” időt kell behelyettesíteni.

$$t_v = I_0 + t_N - t_v$$

A határjelre vonatkozó vizsgálatkor az egyenlet a következőképpen alakul:

$$I_0 + t_N = t_v$$

Ebből a képletből adott esetben, ismert út/idő diagram alapján I_0 , s ez alapon a követő kocsi v_{02} gurítási sebessége az előzőekben I_0 -ra megállapított képlet segítségével számítható:

$$v_{02} = \frac{2(l_w - \Delta l_0) - I_0 v_{01}}{I_0}$$

5.6.3. Egymás után guruló kocsik követési időközének szabályozása fékezéssel.

Az egymást követő kocsik időközének a gurítási sebességgel való szabályozása aránylag szűk keretek között lehetséges. Ezért már régebben is, különösen pedig ma, e feladat megoldására sokkal hatásosabb eszközöket – fékberendezéseket használnak.

A fékberendezéssel biztosítani kell:

1. a gurítási teljesítmény optimumát, vagyis a lehető legnagyobb gurítási sebesség elérését,
2. az éppen szükséges mértékadó időközöket, más szóval az utolérés kiküszöbölését (időközi fékezés),
3. a kocsik megfelelő helyen való megállását, tehát azt, hogy az irányvágányokon megálló kocsik közt ne legyenek „ablakok”, és a ráütközés, a keletkező károkra és az ütköző rugókra tekintettel, legfeljebb 1-1,5m/s (3-5km/h) sebességű legyen (cél-fékezés).

A kitűzött célokat általában a jól, esetleg a közepesen (kivételesen a rövid távra irányuló rossz- szul) futó kocsik sebességének egy vagy több fék alkalmazása mellett (féksorozat) történő csökkentésével érik el. Időnként újból és újból felvetődik – a fékezés mellett – a rosszul futó kocsik gyorsításának megoldása is (többnyire valamilyen vontatóköteles konstrukcióval).

Az időközi fékezés biztonsági célokból indokolt, ezért ha szükség van rá, okvetlenül végre kell hajtani. Az időközi fékezés azonban csökkenti a kocsik futási távolságát is. Az éppen szükséges mérvű célfékezést egyesített (időközi- és célfékezés) fékezéssel lehet végrehajtani.

A kevésbé gépesített vagy automatizált vasutak többsége az időközi és egyesített fékezést („elő”-) saruzással (sarukidobóval), vagy vágányfékkel végzi. A célfékezést az irányvágányokban lerakott sarukkal oldják meg. A sarukidobóval vagy vágányfékkel történő fékezéssel lehetőleg egyesített fékezésre törekszenek. Ha ez nem lehetséges, legalább azt igyekeznek elérni, hogy a kocsik sebessége annyira csökkenjen, hogy az irányvágányon eléjük fektetett sarukkal biztosan cél fékezhetők legyenek. A feladat általában megoldható, ha

1. a kocsicsoportok által megteendő út hosszú,
2. az így fékezett kocsicsoportot rosszul futó csoport követi, s így nincs akadály az első csoport erősebb fékezésének,
3. a két egymást követő csoport útja már az első elosztóváltónál elválk, ami helyes vágányspecializáció esetén elég gyakori.

Nagyban könnyíti a helyzetet az, hogy a jól futó, nagyobb távolságra guruló kocsik szükséges (v_B) kifutási sebessége kis szóródású. Jól futó kocsiknál tehát a féket mindig egyformán lehet kezelni, mert 100-tól 800 m-ig terjedő távolságokon a sebességek már olyan alacsonyak, hogy féksaruval bármely helyen biztonságosan megállíthatók. Általában az a tapasztalat, hogy a fékezési esetek 80%-ában az egyesített fékezés sikeresen alkalmazható.

A be- és kifutási sebesség számítása. A fékberendezés hatását a fékezés kezdetekor fennálló v_A befutási és a befejezéskor adódó (szükséges) v_B kifutási sebesség különbségével fejezik ki (5.10. ábra):

$$\frac{v_A^2}{2g'} - \frac{v_B^2}{2g'} = h_{vA} - h_{vB} = \Delta h_f$$

A sebességváltoztatást a B fékezőerő nagyságával és a fékezés hatékony hosszával (l_f) idézik elő:

$$\Delta h_f = \frac{B_f}{Q} l_f$$

ahol:

Q - a kocsí súlyereje.

A célfékezés esetén alkalmazott B_f és l_f a helyi és időjárási adottságok, a sebességi értékek és a kocsí súlyereje mellett – függ:

1. a gurítási sebességtől és a fékig terjedő szakasz pályaeerő- és ellenállási viszonyaitól, mert:

$$\Delta h_f = H_f + \frac{v_0^2}{2g'} - \frac{v_A^2}{2g'} - \frac{w_{\dot{a}_1} \pm e_{\dot{a}_1}}{1000} l_1$$

ahol:

$v_{\dot{a}_1}$ - a szokásos módon becsült $v_{\dot{a}}$ -hoz tartozó átlagos menetellenállás,

$e_{\dot{a}_1}$ - az átlagos, fajlagos pályaeerő az adott szakaszon, ez alapon v_A számítható.

2. a megállás távolságától és az alsó szakasz pályaeerő- és ellenállási viszonyaitól, mert

$$v_B = \sqrt{v_{\ddot{u}}^2 + \frac{2g'(w_{\dot{a}_2} \pm e_{\dot{a}_2})}{1000} l_2} \quad [\text{m/s}]$$

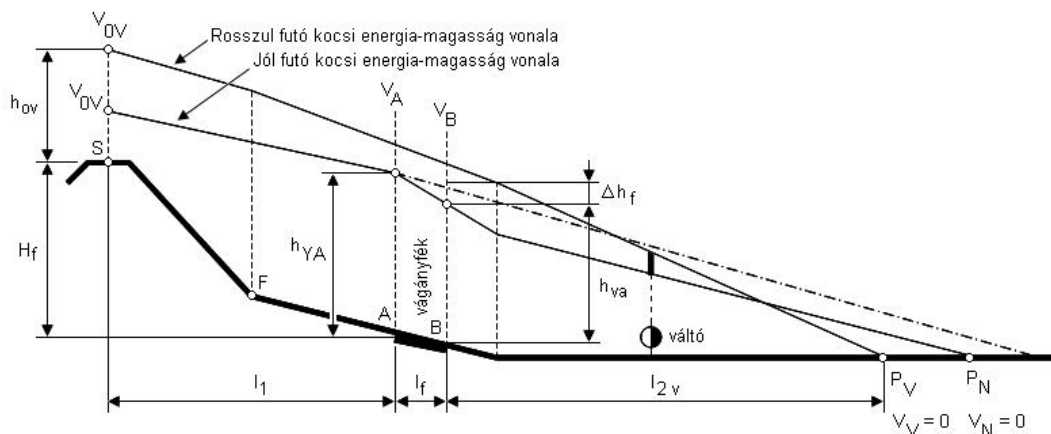
ahol:

$v_{\ddot{u}}$ - a ráütközési sebesség, max. 1-1,5m/s, lehetőleg azonban $v_{\ddot{u}} = 0$.

Például: Egy kidobó nélküli féksaruval feltartóztatott kocsira vonatkozó befutási sebesség, ha a ráütközési sebesség $v = 1\text{m/s}$:

$$v_A = \sqrt{1 + \frac{2g'(w_{\dot{a}} \pm e_{\dot{a}})}{1000}} \quad [\text{m/s}]$$

Időközi fékezés esetén az elől futó és követő kocsí közötti, vágányfékből való kifutási időközot kell – a mértékadó időközökre tekintettel – növelni. A gyakorlatban rendszerint az a helyzet, hogy az időközi fékezés – azonos l_f fékezési hossz mellett is – kisebb B_f – fékezőerővel történhet, mint a célfékezés. Ezért a vágányfék méretezése szempontjából általában a célfékezés mértékadó.



5.10. ábra
A vágányfékek hatása.

A menetidő-elemek meghatározása és kombinálása. A vágányfékek az elgurulástól a megállásig terjedő szabad gördülési távolságot szakaszokra osztják. Egyszerűség kedvéért csak egy vágányféket tételezünk fel. Ez esetben az útvonal, s ennek megfelelően a gurulási idő is három részre osztható:

1. az elgurulási ponttól a fékig (t_1),
2. a fékbe (t_f),
3. a féktől a célpontig eltelő menetidőre (t_2).

A t_1 időt az esetleges mértékadó biztonsági szakasz és a gurítási sebesség maximumára való törekvés,

a t_f -et a fékút hossza és a fékezés erőssége,

a t_2 -t a cél, illetőleg mértékadó biztonsági szakasz által megszabott fékből való kifutási sebesség

határozza meg. Láttuk azonban, hogy ezek az értékek egymással is összefüggnek. Hogy adott esetben t_1 és t_2 értéke mekkora, a kétféle időjárás és ezen belül legalább a rosszul (t_r) és jól futó (t_N) kocsi esetére külön, a gurítási sebesség, illetőleg a célig való futási távolság függvényében készített táblázatok, grafikonok, vagy bármilyen más számítási, avagy szerkesztési módszerrel meg lehet határozni.

A fékezés közben a menetidő az ismert általános érvényű képlettel számítható:

$$t_f = \frac{2l_f}{v_A + v_B}$$

ahol:

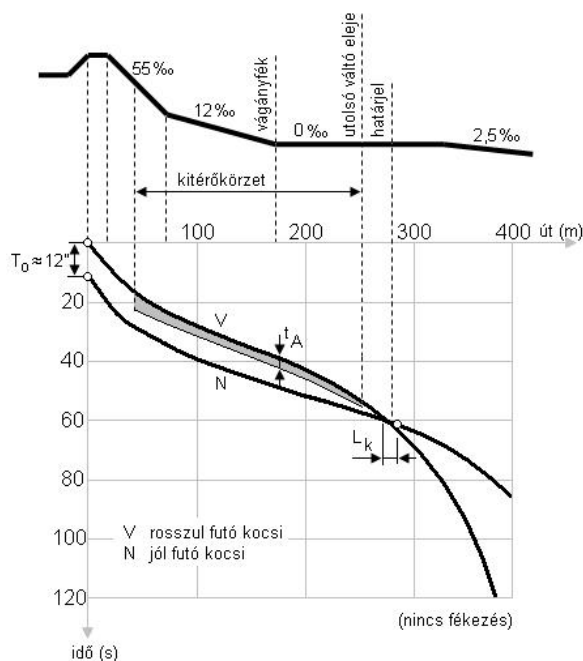
l_f - számítási módja a fékszerkezetek sajátosságai szerint alakul.

A különböző rész-menetidőket egymással kombinálva sok változat adódik. Az ezek közül kiválasztott optimális variánst még a „korlátozó” feltételek, a mértékadó biztonsági szakaszok által támasztott követelmények kielégítése szempontjából is ellenőrizni kell.

E munka meggyorsítása és könnyítése érdekében is célszerű segédleteket készíteni, legalább

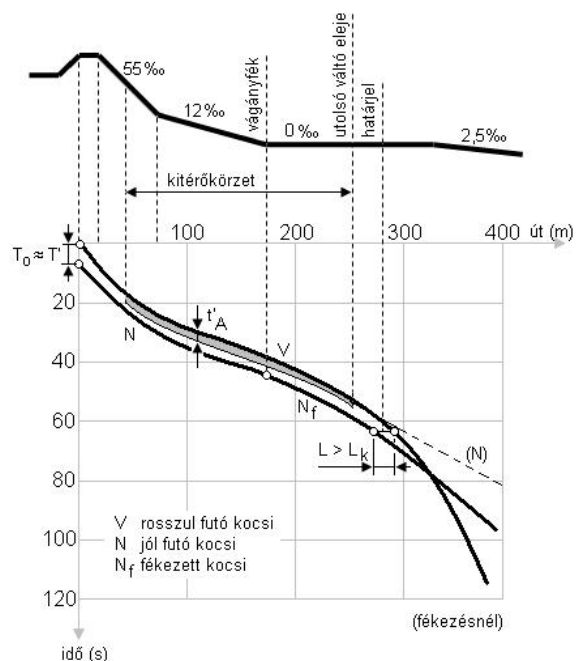
1. a jól és rosszul futó kocsik menetidőire, az elgurulási ponttól az első elosztó kitérő előtti „biztonsági szakasz” kezdő-, illetve végpontjai a v_0 függvényében,
2. a jól és rosszul futó kocsik menetidőire, a vágányfék vége és az utolsó elosztóváltó előtti „biztonsági szakasz”, illetve határjelzője megfelelő pontjáig a kifutási sebesség függvényében.

Az ellenőrzés két esetét grafikusan az 5.11. és 5.12. ábra szemlélteti.



5.11. ábra

Gurítás szabályozása vágányfék
használata nélkül



5.12. ábra

Gurítás szabályozása vágányfék
használatával

A gurítási akció paraméterek (v_1 és v_B) meghatározása kedvezőtlen, mértékadó kocsisorrend-nél. A két egymás után guruló kocsi (-csoport) futásának szabályozása a (v_0) gurítási és a (v_B) fékből való kifutási sebesség szabályozása segítségével történik úgy, hogy lehetőleg maximális v_0 adódjék. Ember – géprendszerben a v_0 -t a gurítás vezető, a v_B -t a vágányfék kezelő szabályozza. Teljesen automatizált gurító berendezéseknél az eljárást elektronikus számítógép bonyolítja le.

A v_0 szabályozási (gurításvezető) problémája a következőkben vázolható. Az időjárási viszonyokat, a kocsik súlyát, futási tulajdonságát és sorrendjét, valamint a gurítási távolságot adottak véve (a gurításvezetőnek) olyan maximális v_0 -ra kell törekedni, hogy az egész futási útvonalon, de legalább a vágányfékig fekvő „biztonsági szakaszok”-on a szükséges időköz meg legyen, és a kocsi célba futásához minimális fékezés kelljen. Ha van vágányfék, és az irányvágányokban van saruzási lehetőség (vagy újabb vágányfék), a gurítódomb teljesítményének fokozása érdekében inkább valamivel nagyobb v_0 gurítási sebességet lehet adni. Ebből a vágányféki befutási sebesség (v_a) számítható (a vágányfék kezelő által becsülhető).

A v_0 szabályozása a fékezés mértékének meghatározása szempontjából meglehetősen bonyolult, sokváltozós függvény megoldásáról van szó. Független változók adott gurítódomb, kocsi (-csoport) súlyerő és mozdony mellett is:

1. az időjárási viszonyok,
2. a kocsik futási tulajdonságai,
3. a kocsik sorrendje,
4. a gurítási sebesség, ennek függvényében a fékig terjedő menetidő és a fékbefutási sebesség,
5. a fékezés mértéke (a be- és kifutási sebesség különbsége),
6. a gurulási távolság, az irányvágány helyzet, azzal a kiegészítéssel, hogy a ráütközési sebesség legfeljebb 1-1,5m/s lehet.

Korlátozó tényezők. A különböző mértékadó biztonsági szakaszok (váltó előtti, határjelző körüli, vágánymérleg-, vágányfék menti szakaszok). E független változók közül:

- a kétféle időjárást („téli”, „nyári”) adott paraméterekkel külön vizsgálják,
- a kocsik közül csak a jól és rosszul futók kedvezőtlen követési sorrendjét vizsgálják.

Ilyenformán három változó marad:

- a gurítási sebesség,
- a fékezés mértéke és
- a gurítási távolság.

Ezek közül valamelyiket (esetünkben a fékezés mértékét) függő változónak tekintve kétváltozós függvényalakhoz jutunk. A vizsgálatok és az operatív munka megkönnyítése érdekében a vázolt független változók értékeihez tartozó függvény nagyságokat táblázatokba, grafikonokba foglalják. Ilyen segédletek készülhetnek pl.:

1. a jól és rosszul futó kocsik elgurulási pontja és a fék eleje közti menetidőről a v_0 függvényében,
2. a jól és rosszul futó kocsik menetidőiről a vágányfék vége és a következő vágányfék eleje, vagy az irányvágányi célpontok között, (a célpontból visszaszámítva és 0-1,5m/s ráütközését feltételezve).

Kedvező sorrendű kocsicsoportok és egyes kocsik gurulása esetén (legalább a fék elejéig terjedő szakaszon) a követési időközöket, maximális v_0 -ra törekedve, a biztonsági szakaszokra való tekintettel v_0 -nak a szabályozásával kell biztosítani. Ha az így adódó v_0 segítségével megoldható, hogy a kocsi nem fut a megengedett ráütközési sebességnél nagyobb célponthoz, célfékezés nem szükséges. Ha a megengedettnél nagyobb ráütközési sebesség saruzással elkerülhető, a vágányfék használata mellőzhető. Ha a saruzás a vázolt célra nem elégséges, a vágányfékkel (a vágányfék utáni futási szakasz biztonsági szakaszait is figyelembe véve) célfékezést is kell végezni.

A kedvezőtlen sorrendű kocsik esetei közül csak a legkedvezőtlenebbre (közelre rosszul futó kocsit távolra jól futó kocsit követ) vázoljuk a gondolatmenetet. A többi három eseten az elmondandók egyszerűbben és értelemszerűen alkalmazhatók. A rosszul futó kocsira vonatkozó adatok (t_v) számításakor különösen kedvezőtlen időjárás esetén $v_0 = 1,3\text{m/s}$ (általában $V_{0\max}$) értékkel számolnak. Időköz biztosítása végett rendszerint nem kell fékezni. Célfékezésre is csak normális időjárási viszonyok és hátszél esetén, valamint bizonyos irányvágány helyzetben kerül sor, amelyet esetleg gyenge előfékezéssel kiegészítve, az irányvágányokon végrehajtott saruzással lehet megoldani.

A jól futó kocsira vonatkozó adatok (t_v) számításakor:

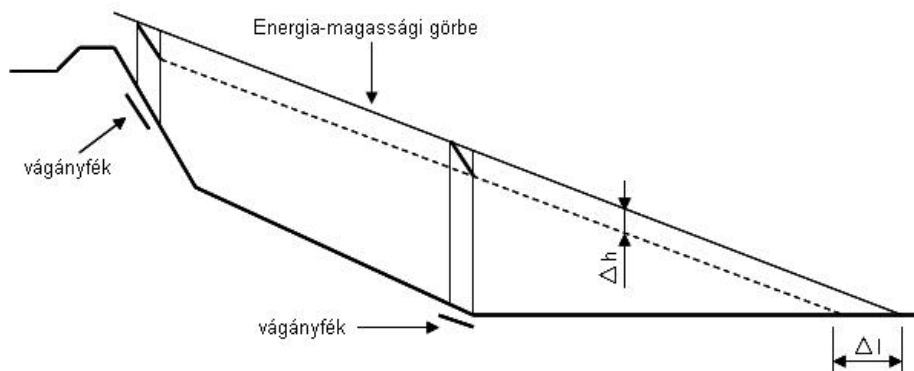
1. A követő jól futó kocsit célpontjától (gurulási távolságból) kiindulva – fékezéssel nem számolva – meghatározzák v_0 -t. ha ez a megengedhető határok közé esik.

2. Az ehhez tartozó menetidő és a mértékadó biztonsági szakaszokhoz tartozó követési időértékek segítségével megvizsgálják, hogy ezek az időközök biztosítottak-e. Ha igen, további vizsgálat nem szükséges. A kapott v_0 -val történhet a gurítás, és az ehhez az értékhez tartozó menetidőelemek számíthatók (táblázatokból, grafikonokból).
3. Amennyiben az 1. pont alatti vizsgálat meg nem engedhetően kis v_0 értékhez vezet, egyáltalán minden olyan esetben, amikor v_0 -t – rendszerint a szükséges gurítási teljesítmény érdekében – a vázolt eljárás során számítottnál nagyobbra kell venni, esetleg a gurítást minél állandóbb, nagy v_0 értékkel kell folytatni. Ezt az értéket és ebből a v_A -t a fék és a tetőpontközti mértékadó biztonsági szakaszok alapulvételével kell meghatározni, és az alsó szakaszban a gurítási folyamatot fékezéssel szabályozni.

A fék feletti szakaszon más vizsgálati eset nincsen. A fék alatti szakaszon:

4. Az irányvágányi célpontból kiindulva számítják a v_B -t, amely a vázoltak után v_A -nál kisebb (mert feltételeztük, hogy fékezni kell).
5. A v_B ismeretében ellenőrzik, hogy az alsó szakaszra eső biztonsági szakaszok által megkövetelt időközök megvannak-e. Ha igen, v_A és v_B ismeretében a (cél esetleg egyszerűsített) fékezés mérve számítható.
6. Ha a szükséges időközök közül csak egy nincs biztosítva, a fentiek szerint számítottnál erősebb időközi fékezés szükséges. Az ehhez tartozó v_B a mértékadó biztonsági szakasz időadataiból számítható. Ebben az esetben számolni kell azzal, hogy a kocsik célpontja előtt meg fog állni.

A vágányfékek helyének megállapítása. A futási távolság szabályozása (célfékezés) szempontjából közömbös, hogy a vágányfék a csúcs közelében vagy a meredek lejtő lábánál fekszik-e (5.13. ábra).



5.13. ábra
A vágányfék helye.

Példa.

Legyen egy kocsik sebessége a felső vágányféknél 3, az alsónál 6 m/s. A sebességet mindkét vágány fékkel 2 m/s-mal kell csökkenteni.

1. a felső féknél a fékezett kocsi ($L_f = 12$ m) fékúton töltött ideje

$$t_t = L_f : v_a = 12 : \frac{3+1}{2} \quad 6 \text{ s,}$$

a fékezetlen kocsinál

$$t = L_f : v = 12 : 3 \quad 4 \text{ s,}$$

$$\text{az időkülönbség } (t_f - t) = 2 \text{ s.}$$

2. Az alsó féknél a fékezett kocsinál

$$t_t = L_f : v_a = 12 : \frac{6+4}{2} = 2,4 \text{ s,}$$

a fékezetlen kocsinál

$$t = L_f : v = 12 : 6 = 2 \text{ s,}$$

$$\text{az időkülönbség } (t_f - t) = 0,4 \text{ s.}$$

Célszerű lenne tehát a vágányféket a csúcshoz minél közelebb helyezni. Ezt a megoldást azonban még csak ritkán valósították meg, mert a rövid ideig való futás alapján a kocsifutási tulajdonságai nem ítélték meg kellően. A vágányféket ezért rendszerint a meredek lejtő alatt helyezik el.

6. A VASÚTÜZEMI FOLYAMAT

Üzemi szempontból a vasúti helyhez kötött berendezések két fő csoportba oszthatók: nyíltvonalai berendezések, állomási berendezések. A kétféle berendezéscsoport között rendkívül szoros a kapcsolat. Helyes üzemvitel mellett (üzemszerűen), a nyíltvonalon csak mozgási műveleteket végeznek. Az állomási részfolyamatok viszont a mozgási műveletek mellett gyakran tartalmazznak a kocsik álló helyzetében elvégezhető műveleteket is.

Az ideális, a folyamatost legjobban megközelítő szállítási-üzemi folyamat az lenne, amely az áramlatok kezdő- és végpontja között megállás nélkül, a lehető legnagyobb sebességgel bonyolódna le. Ezt a felismerést foglalta szabályba az *irányvonati elv*, amely kimondta, hogy az utasokat, az árukat, kezdő és célállomásuk között minél nagyobb arányban úgy kell továbbítani, hogy útvonalukon minél kevesebbszer és minél rövidebb ideig kelljen tartózkodniuk, főleg pedig vonatot váltaniuk. A vázolt elvet realizálni – a gazdaságosság szempontja miatt – csak bizonyos optimális határig lehet. Forgalmi, kereskedelmi, műszaki és egyéb okok miatt a vonatokat, a kocsikat futásukban fel kell tartóztatni, velük kapcsolatban a szükséges műveleteket el kell végezni, vagy várakoztatni kell azokat. Rendes üzemmenet mellett – mivel az ilyen műveleteket végző munkahelyek mind az állomásokon vannak – a feltartóztatás csakis állomáson lehetséges. A többlettartózkodásoknak szintén állomásokra kell esniük. A vonatok nyíltvonalai megállítása, vagy menetük lassítása a vasúton is „selejt” terméknek számít. E téren a szükséges tartalékokról elsősorban az állomásokon kell gondoskodni.

A vázolt gondolatmenetet figyelembe véve, az állomás a csatlakozó vonalak „puffer” „műveletközi” tárolója, amely az áramlatingadozások hatását úgy egyenlíti ki, hogy a nyíltvonalai áramlások folyamatosak legyenek. Ennek következtében az állomáson levő kocsimennyiség szakadatlanul változik, hol nő, hol pedig csökken. Csak a vonatok érkezése és indulása közötti időszakban mutat változatlanságot.

Az állomási *ár-apály jelenség* kezelésével kapcsolatban rá kell mutatni arra, hogy sorbanállási jelenséggel állunk szemben. Így a részfolyamat az operációkutatás e néven említett modellje segítségével tükrözhető és tanulmányozható. Sajátos a problémában – bizonyos statisztikai kockázattól eltekintve – az a cél, hogy torlódás, tehát sorbanállás ne következzen be.

Amennyiben az állomási ár-apály jelenséget csak az állomáson történő megjelenésekor veszik észre, akkor operatív intézkedéseket kell hozni, amelyek a műveleti idők csökkentésére, a humánerő nagyobb mértékű bevonására, a felhasznált eszközmennyiség növelésére, a folyamatok jobb megszervezésére irányulnak. Ilyen módszerekkel kisebb és rövidebb árhullám esetén, helyi eredményeket lehet csak elérni. A tartós, nagy amplitúdójú esetekben – ha egyáltalán lehet – csak akkor realizálható bármilyen eredmény, ha aránylag bőre méretezett berendezés-állomány és munkaerő-mennyiség áll rendelkezésre. Rendszerint az a helyzet, hogy az említett operatív módszerek állomási alkalmazása a középállomások üzemének gyorsabb ütemű egyensúlyba hozása mellett a nagy csomópontok fokozott túlterheléséhez vezetnek. Ebből nemcsak az nyilvánvaló, hogy a csomópontok méretezésekor különös előrelátással kell eljárni, hanem az is, hogy éppen a legértékesebb üzemrészek gazdaságos és zavartalan üzemeltetése érdekében olyan üzemirányítási rendszerre van szükség, amely az áramlatingadozásokat előre észleli és a kompenzáláshoz szükséges intézkedésekről előre gondoskodik. Az eljárás alapja nyilván az, hogy alkalmas helyeken, kellően méretezett vasúti „puffer-tárolók”-ról kell gondoskodni. Ezekben kell – nagy egyenlőtlenségek alkalmával – az áramlatokat helyileg visszatartani, futásukat lassítani, hogy a hálózat más helyein az ütemes áramlási viszonyokat fenn lehessen tartani.

A kocsirámlás meglassítása valamely állomáson észszerűen csakis az állomás berendezéseinek kapacitásáig, helyesebben a kapacitás megengedhető kihasználásáig terjedhet. Minél jobban megközelítjük a visszatartott kocsik mennyiségével az állomás kapacitását, főleg pedig, ha ezt túllépjük, a beállt korlátozó tényezők miatt az igen nagy kocsimennyiség mozgatásába, feldolgozásába aránylag kevés teljesítményt tudunk befektetni. Ilyenkor rendszerint torlódásról, szélső esetben dugulásról, nem pedig a kocsirámlás tudatos helyi lassításáról van szó.

6.1. Az alapvető üzemi folyamat

Ismeretes, hogy a vasút alapvető feladata a nemzetgazdaság különböző területein felmerülő szállítási igények biztonságos és magas szolgáltatási színvonalon történő kielégítése. Ez azt jelenti, hogy a személyszállításban és áruszállításban egyaránt meg kell jelennie a minőség főbb jellemzőinek:

- biztonság,
- pontosság,
- megbízhatóság,
- kényelem,
- gyorsaság,
- gazdaságosság,
- energiatakarékosság,
- környezetkímélő szállítási formák.

Mindez csak egy jól átgondolt, megtervezett és szervezett körülmények között szabályszerűen bonyolódó üzemi folyamat keretein belül képzelhető el. A vasút alapvető üzemi folyamata a kocsiforduló. Bár területi korlátok miatt e jegyzet csak az áruszállítás részfolyamatainak keretén belül szemlélteti az üzemi folyamat modelljét, az minden nehézség nélkül értelmezhető a személyszállítás területén is.

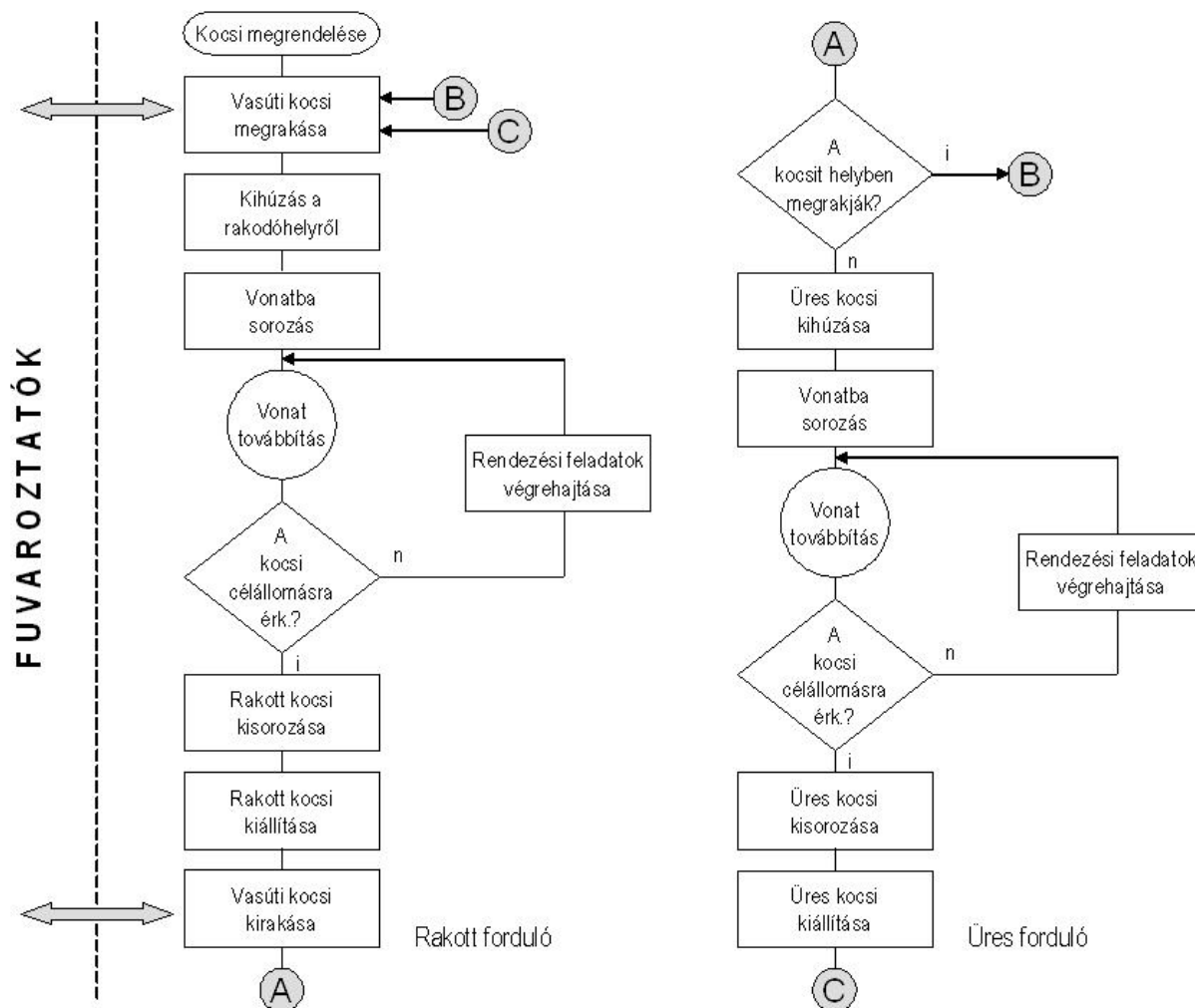
A kocsiforduló lényegében olyan fuvarozási ciklusként fogható fel, amelynek során forgalmi, kereskedelmi, vontatási (műszaki) műveletek, részfolyamatok lebonyolításáról kell gondoskodni. Mindehhez keretet a kötőpályás berendezések (helyhez kötött, mozgó) legkedvezőbb kihasználása, az állomási és vonali munkafolyamatok színvonalas és gazdaságos megszervezése ad.

A kocsiforduló törvényszerűségeinek megismeréséhez és végeredményben a műveletek és részfolyamatok egyszerű felsorolásán túlmenően, a modellezéshez is az idő síkján igyekszünk az üzemi folyamatokat megfogni. Ez esetben itt is a legfontosabb jellemzővé a folyamat teljes időtartama, ciklusideje – a kocsiforduló idő – válik.

Tekintettel a kocsiforduló, mint ciklus, zárt jellegére és a ciklus általános definíciójára - miszerint azon a folyamat két azonos fázisa közötti műveletek összességét kell érteni – elvileg nem okoz problémát a kocsiforduló tárgyalása során, hogy melyik fázisba kapcsolódunk be. Az csak a folyamat tanulmányozása során alkalmazott kezdőpont kijelölést jelenti. Ez a pont bármely művelet kezdeti-, vagy befejezési eseményéhez köthető. Az alapvető üzemi folyamat tárgyalásakor a kezdeti eseményt, a nemzetközileg is elfogadott (javasolt) eseménnyel tekintjük azonosnak, ami a kocsifordulásnak a befejezése.

A kocsiforduló logikai folyamatát az 6.1. ábra szemlélteti. A kocsiforduló folyamatát sokféle szempont szerint lehet részeire bontani. A vonat szempontjából nézve két fő fázis különbö-

tethető meg: a *vonattovábbítás* és a *vonatképzés*. Az utóbbin nem csupán a szorosan vett vonat-összeállítás (felosztás) értendő, hanem általában mindazon forgalmi műveletek, amelyeket a kocsikkal, mozdonyokkal, vonatrészekkel és teljes szerelvényekkel közvetlenül, vagy mozgásaikkal összefüggésben végeznek. A vonattovábbítás csaknem teljes egészében a *nyíltvonalon*, a vonatképzés pedig túlnyomórészt az *állomásokon* bonyolódik le.



6.1. ábra
A kocsiforduló folyamatának elvi vázlata

Az ábrából ez úgy olvasható ki, hogy a *téglalap alakú szimbólumok* állomási műveleteket, a *kör alakú szimbólumok* nyíltvonali műveleteket azonosítanak. A logikai döntések szimbólumaiként a franci kártyából ismert káró jelet használtuk.

A folyamat, mint látható volt a vasúti teherkocsi berakásának befejezésével indul. Ezt a rakott állapotú teherkocsi rakodóhelyről történő kihúzása követi, majd erre alkalmas helyen, tolatási mozgások révén, megtörténik a vonatba sorozása. A vonat elindulása után a kocsi kikerül a nyíltvonatra, ahol addig vesz részt a vonattovábbítás részfolyamatában, amíg a rendeltetési helyére nem érkezik. Közben természetesen előfordul – néha több alkalommal – hogy a logikai döntés „nem” ágán halad tovább. Amikor a kocsi kilép a fenti részciklusból, akkor a rakott kocsi vonatból történő kisorozása következik. A rakodóhelyre tolatással kerül kiállításra, majd elkezdődhet a kirakás művelete. Az üres állapotú kocsi az előzőek értelemszerű alkalmazásával megy végig a már ismert műveleteken.

A kocsiforduló, mint vasúti termelési – üzemi folyamat a következő főbb folyamatelemekből (műveletek, műveletelemek, események, várakozások) tevődik össze:

1. a kocsí megrakása,
2. *a rakott kocsi várakozása kihúzásra,*
3. kihúzás és *kocsigyűjtés,*
4. a vonat összeállítása,
5. *várakozás az indításra,*
6. a rakott kocsi menete két átrendezés között, ideértve a középállomásokon való tartózkodásokat,
7. a vonat átrendezése e célra berendezett rendező-pályaudvarokon,
8. *a kocsi várakozása ki- és beállításra,*
9. a rakott kocsi ki-, vagy beállítása,
10. a kocsí kirakása,
11. az üres kocsi várakozása kihúzásra,
12. az üres kocsi kihúzása és gyűjtése,
13. az üres kocsi vonatba sorozása
14. *várakozás az indításra,*
15. az üres kocsi menete a vonatban,
16. a kocsit továbbító vonat átrendezése,
17. az üres kocsi ki-, vagy beállítása rakodáshoz,
18. *rakodásra kiállított üres kocsi várakozása a rakodásra.*

Fenti műveletekből az 1 – 10 alatti részfolyamatok a rakott, a 11 – 18 alattiak pedig az üres kocsifordulót eredményezik. Amennyiben a kirakó állomáson a kocsit (helyben) megrakják, akkor a 1- 10 alatti folyamatelem csoport kibővül a következő műveletekkel:

11. *az üres kocsi várakozása átállításra,*
12. az üres kocsi átállítása rakodáshoz,
13. *az üres kocsi várakozása rakodásra.*

A helyben megrakott kocsik a *rakva-rakott* elnevezést kapják, mert ezzel megkülönböztethetők azoktól a kocsiktól, amelyek üres állapotban még továbbítás alá esnek. A rakott forduló-rész ez esetben csonka fordulónak minősül, mert hiányzik az üres fordulórész. Valójában a vasutak számára a csonka forduló elérendő célt jelent, mert költségkímélő hatása van, nem merül fel ugyanis a magas üzemi költséghányadot képviselő üres fordulórész.

A teljes fordulóelemek felsorolásából megállapítható, hogy az 6. és 15. elem kivételével az összes többi állomási műveletet, várakozást jelent. Az említett két vonattovábbítási részfolyamatnak is egy része állomásokhoz kötött – középállomási tartózkodások – és csak egy kisebb része az effektív nyíltvonalon történő továbbítás.

A kocsiforduló folyamatának minősítésére – a vasutak – a kocsifordulóidőt használják. A kocsiforduló folyamata és időtartama térben és időben osztható fel. A felosztás szempontja lehet a tartózkodás térbeli helye, a tartózkodás időtartama, mindezek %-os aránya, stb.

A hazai vasútra készült, korábbi vizsgálat eredménye alapján megismert számok azt mutatták, hogy a kocsiforduló folyamatának mintegy 26%-ka telik el a berakó körzetekben, 27%-a a kirakó körzetekben, mintegy 30%-a a rendező-pályaudvarokon, vagy rendezőállomásokon, a fennmaradt rész pedig a nyíltvonalon. Kerekítve a számértékeket, a kocsifordulóidő 50%-a

telik el rakodó körzetekben, 30%-a rendező állomásokon, 20%-a nyíltvonalon. A rakott fordulóidő hányad 65%, az üres 35%.

A számszerű adatokból következik, hogy az állomási munkafolyamatok ismeretének és megszervezésének döntő jelentősége van. Nem tévesztendő azonban szem elől az a fontos körülmény, hogy az állomási üzemi folyamatok a komplex vasúti üzemi folyamatnak részei. Az összhálózati fuvarozási folyamat a determináló tényező, amelynek az állomási részfolyamatok egy optimális területi és időbeli munkamegosztás keretében alárendeltek. Nyilvánvaló az is, hogy minél nagyobb, illetve nagyobb forgalmú egy állomás, annál inkább hat az összhálózati, komplex fuvarozási – üzemi folyamatra. A kapcsolat és hatás tehát kölcsönös.

A teljes kocsiforduló nagyságát egyszerűen lehet meghatározni, az ún. kereskedelmi (egytagú) képlet segítségével:

$$\vartheta = \frac{n}{K_{\delta}}$$

ahol ϑ kocsifordulóidő [nap],
 n dolgozó kocsi/nap],
 K_{δ} a szóban forgó időszakban megmozdítandó kocsik mennyisége [kocsi/nap].

$$K_{\delta} = K_b + K_{ir}$$

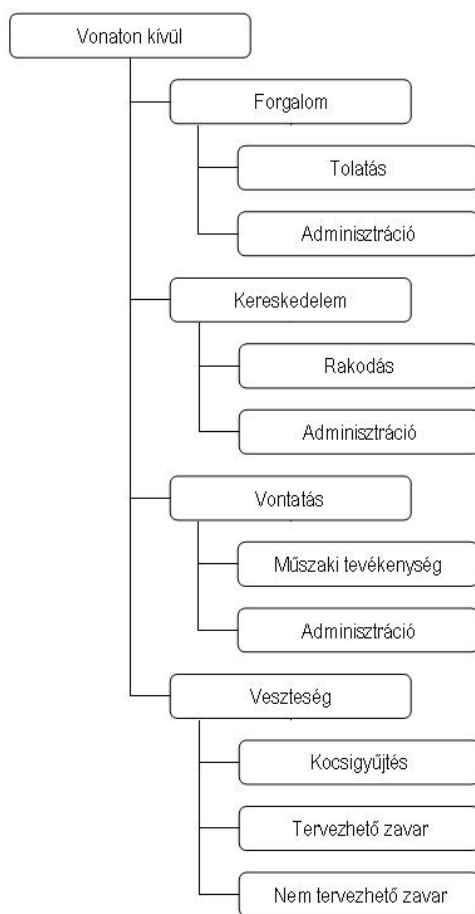
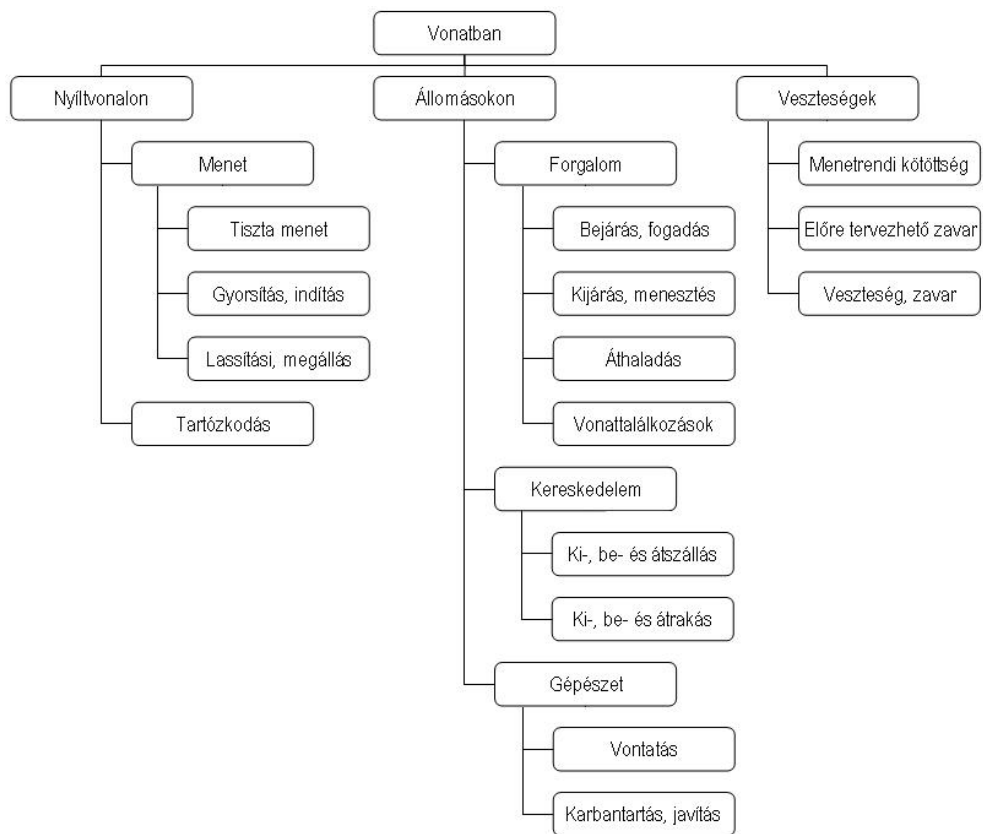
ahol: K_b egy nap alatt berakott kocsik mennyisége [kocsi/nap],
 K_{ir} ugyanarra a hálózatra belépő rakott kocsik mennyisége [kocsi/nap].

A kocsifordulóidő befolyásoló tényezőinek részletesebb feltárása érdekében az egytagú képletet három, ill. öttagú formára hozták. Ezeket a későbbiekben más témakörökben dolgozzuk fel.

A vasúti üzemi folyamatból, más néven a kocsiforduló folyamatából, kiindulva észre kell venni azt aényt, miszerint e folyamat rendkívül sok elemből épül fel, ezért bonyolult (komplex) folyamatrendszer tekinthető. Természetesen az alapvető üzemi folyamat minősítése során használt kocsifordulóidő is alkalmas arra, hogy a könnyebb megértés céljából olyan időfelhasználásokra bontsuk, amelyek elvezetnek a műveletelemek időtartamáig. Így a folyamat felbontása annak elemei (műveletek) és azok időfelhasználásai (művelet, tevékenység, várakozás, zavar, stb. időtartama) felől is megközelíthető.

Valamennyi műveletnek és időfelhasználásnak van norma-jellegű, tervezhető, tervezett és tényleges ideje is. Mindenkor a vizsgálat célja szabja meg, hogy az időfelhasználások melyik értékével számolunk. Arra is rá kell mutatni, hogy bár a vonatban és azon kívül töltött időfelhasználások között is szerepeltettük a tervezhető és nem tervezhető meddő időket, szinte valamennyi időfelhasználás önmagában is technológiai és meddő időkből tevődik össze. Az hogy adott műveletnél, időfelhasználásnál, esetnél ezek az időelemek hogyan alakulnak, a norma-elmélettel kapcsolatos módszerek értelemszerű alkalmazásával kell, vagy lehet tisztázni.

A kocsiforduló folyamata alatt a vasúti kocsik kétféle „helyzetben” vannak: vonatban, illetve vonton kívül. Vázlatos időfelhasználásuk a következők szerint követhetők nyomon:



6.2. vasúti szolgálati helyek osztályozása

A szállítási és üzemi feladatok jellege és volumene alapján a vasúti hálózat egyes pontjain különböző feladatok ellátására alkalmas üzemszempontok, szolgálati helyek létesültek.

A vasútüzem lebonyolítása szempontjából kialakított, a Menetrendi segédkönyvben önálló kódszámmal megjelölt hely, ahol forgalomszabályozási és/vagy kereskedelmi tevékenységet végeznek.

A szolgálati helyek egyik része forgalomszabályozó szerepet is betölt, másik részük csupán az utas- és áruáramlatok keletkezési és megszűnési helye. Általában mindenki rendelkezésére állnak, tehát közforgalmúak, kivéve a kifejezetten üzemi, vagy vállalati feladatok lebonyolítása érdekében létrehozott szolgálati helyeket. Feladatuknak és szerepüknek megfelelően rendelkezhetnek a nyílt vonalon kívüli vágánnyal is, vagy lehetnek e nélküliek.

A tágabb értelemben vett forgalom lebonyolításában elsősorban a forgalmi, a kereskedelmi, a vontatási és pályafenntartási vasúti vállalkozások vesznek részt.

A forgalom szorosabb értelemben vett operatív tervezése, irányítása és az annak közvetlen lebonyolításával kapcsolatos műveletek végrehajtásának megszervezése és elvégzése a pályavasútnak a forgalomszabályozásban részt vevő egységeire hárul.

Forgalomszabályozási szempontból a hálózat legfontosabb részei az állomások, amelyeket a nyílt pályától területileg a bejáratok jelzői határolnak el. A vasútvonalat az állomások – és forgalmi szempontból a forgalmi kitérők is – állomásközökre osztják. Az állomásköz fogalma szorosan összeforrott a forgalomszabályozásnak az „állomásközben való közlekedés” fogalmával. A hálózatnak azokon a részein ugyanis ahol csupán állomások és forgalmi kitérők szabályozzák a vonatforgalom lebonyolítását, biztonsági szempontok miatt az állomásközben, egy időben rendszerint csak egy vonat közlekedhet. A kivételek szigorú feltételekhez kötöttek. A hálózatnak azon a részein, ahol biztonsági, kapacitási, vagy gazdaságossági szempontok indokolják, az állomásközöket további forgalomszabályozó szolgálati helyek létesítésével térközökre osztják, amelyek az állomásközi közlekedésnél sűrűbb vonatforgalom lebonyolítását teszik lehetővé.

A szolgálati helyek számos közös jellemzőjük, de még inkább egymástól eltérő sajátosságaik alapján különböző szempontok szerint oszthatók fel. Minden felosztás, csoportosítás akkor helyes, ha az kapcsolódik a vasúti szolgálati helyek alapvető üzemi folyamatok lebonyolítása során betöltött szerepéhez, de legalább a forgalomszabályozási tevékenység ellátásához. Ezért választják több lehetőség közül elsősorban a forgalomszabályozásban betöltött szerepet, mint csoportképzési elvet.

A forgalomszabályozásban való részvétel alapján a forgalmi szolgálati helyek három csoportba sorolhatók:

- a) A forgalomszabályozást rendeltetés szerint ellátó szolgálati helyek,
- b) A forgalomszabályozásba bevonható szolgálati helyek,
- c) A forgalomszabályozásba nem bevonható szolgálati helyek.

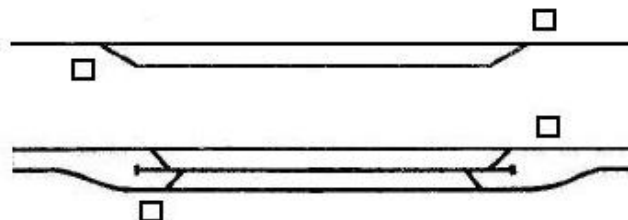
A forgalomszabályozást rendeltetés szerint végző szolgálati helyek:

- a) állomás,
- b) korlátozott forgalmú állomás

- 57

Bejáratí jelzőkkel felszerelt, vonattalálkozáásra berendezett nyíltvonali szolgálati hely. Leginkább egyvágányú vasúti pályán telepítettek forgalmi kitérőt, mert a nagy állomástávolság miatt ezzel a módszerrel növelték meg a vonal átbocsátóképességét.

A forgalmi kitérő kétvágányú (két egyvágányú) pályán, váltókapcsolat révén összeköttetést biztosít a „helyes” és „helytelen” vágány között. A vonatforgalom szabályozása tekintetében olyan, mint az állomás. Az állomásokra vonatkozó rendelkezések rá is érvényesek.

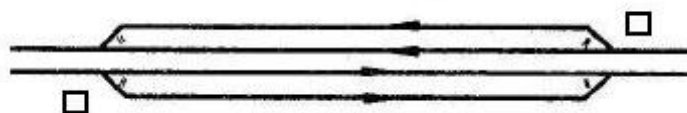


6.3. ábra
Forgalmi kitérők egy- és kétvágányú pályán

Megelőző-hely

Kétvágányú vasúti pálya nyíltvonali szolgálati helyei közé tartozik a megelőző-hely. Jellege szerint az egyvágányú pálya forgalmi kitérőjéhez hasonlítható. A megelőző-helyen azonban vonatkeresztezés nem, csak vonat megelőzés hajtható végre. Ennek az oka az, hogy a nyíltvonali vágányok között kitérők beépítésével nem létesítenek kapcsolatot. Egyik nyíltvonali vágányról a másikra nincs közvetlen átjárási lehetőség.

Azoknál a vasutaknál, melyeknél a kétvágányú pálya műszaki szempontok szerint kettő darab – mindkét irányban biztosítóberendezéssel kiépített – egyvágányú pályával azonos minőségű, lehetőség van arra, hogy a megelőző-hely forgalmi kitérőként is üzemeltethető legyen.



6.4. ábra
Megelőző-hely

Vonatjelentőőri hely

A Vonatjelentőőri szolgálati hely nyíltvonalon kerül telepítésre. A nyíltvonal vágányain kívül más berendezéssel nem rendelkezik. Feladata a vonatforgalom szabályozásához szükséges információk adása, vétele és továbbküldése. A szolgálatot teljesítő – szükséges felszereléssel (hangjelző eszköz, jelzőzászló, jelzőfény, stb.) rendelkező – vasúti dolgozó, megbízható nyíltvonali berendezések kezelésével is (pl. sorompó).



6.5. ábra
Vonatjelentőőri szolgálati hely

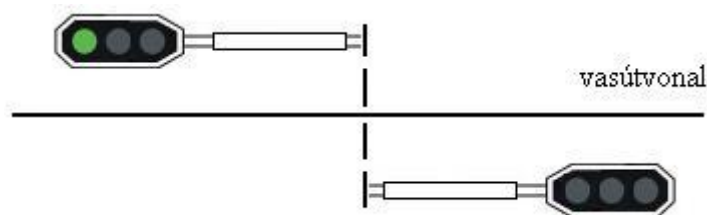
Biztosított térközörhely

A biztosított térközörhely olyan nyíltvonali szolgálati hely, mely térközi közlekedésre berendezett pályákon létesül. Fő jellemzője, hogy a telepített térközjelzők egymással, ill. az állomás be- és kijárat jelzőivel szerkezeti függésben vannak. Ebbe a függésbe bevonhatók a nyíltvonali berendezések további elemei (pl. sorompó).

A nem önműködő biztosított térközjelzőkkel felszerelt pályán a térközjelzőket a térközörök állítják továbbhaladást engedélyező és továbbhaladást megtiltó állásba. A térközörök adnak elő- és visszajelentést is.

Önműködő vonali biztosítóberendezés térközjelzője

Az állomás kijárat jelzője és a követő térközjelző, ill. az egymást követő biztosított térközjelzők között szerkezeti függés van, amely a kijárat, illetve térközjelzőn csak abban az esetben engedélyez „szabad” jelzést megjeleníteni, ha a vonat a térközjelző által fedezett térközből, kihaladt, és a vonatot a menetirány szerint következő térközjelző, illetve bejárat, vagy fedezőjelző továbbhaladást tiltó állása fedezi. A 6.7. ábra az egyvágányú, önműködő biztosított térközjelzőkkel felszerelt vasúti pálya térközhatárán álló, forgalomszabályozó térközjelzőket mutatja be.



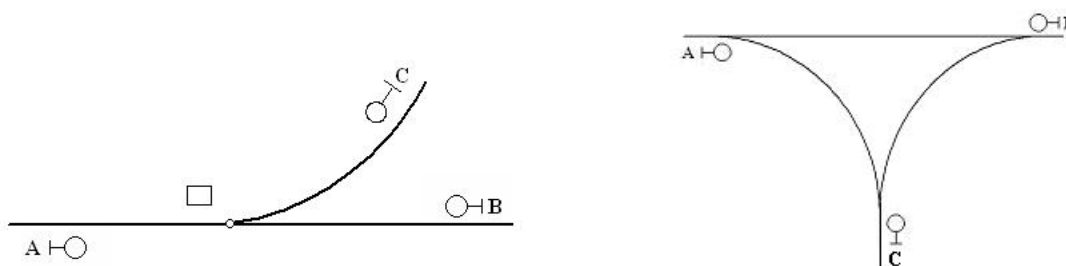
6.7. ábra
Önműködő biztosított térköz jelzője

Pályaelágazás

A pályaelágazás bejárat jelzőkkel felszerelt nyíltvonali szolgálati hely, ahol vasútvonal, deltavágány vagy pályaelágazásnak minősülő saját célú vasúti pályahálózat ágazik ki.

A pályaelágazásnak minősülő saját célú vasúti pályahálózati kiágazás olyan szolgálati hely, amelyen a kiszolgáló meneteken közvetlen jelzőkezelés mellett járhatnak be. Állomásból vagy nyílt vonalból kiágazó, egyes fuvaroztató felek vasúti forgalmának lebonyolítására szolgáló vágányzattal rendelkezik. A kiágazási váltó és a rakodásra kijelölt hely eleje, illetve a kiága-

zási és a sajátcélú vasúti pályahálózat szétágazási váltója közötti vágányszakasz elnevezése: sajátcélú vasúti pályahálózat összekötő vágány. A 6.8. ábra nyíltvonali pályaelágazásra mutat be két példát.



6.8. ábra
Pályaelágazás

Csatlakozó vasúti pályának nevezzük azt a vágányt, amelyből több sajátcélú vasúti pályahálózat, vagy sajátcélú vasúti pályahálózat-összekötő vágány ágazik ki. A pályaelágazás és az összekötő vágány kiszolgálásának módját mindenkor az Állomási Végrehajtási Utasításban kell szabályozni.

Pályaszinti vágánykeresztezés

Két vasútvonalnak pályaszintben történő keresztezése. A vasutak fejlődésével ezek a speciális vágánykapcsolatok, amelyben egyik irányból érkező vonat sem vehette igénybe a másik vágányt, lassan megszűntek. A megszűnés oka elsősorban a biztonság igényének növekedésével, a fenntartás viszonylagos bonyolultságával volt magyarázható. A sebességek emelkedése korszerűbb és költségesebb biztosítóberendezések telepítését igényelte volna, de menetdinamikai szempontból számos hátránnyal kellett számolni. A leghosszabb ideig azok a vágánykeresztezések működtek, amelyek nagyvasúti és közúti vasúti pálya találkozási pontján létesültek. Az alább látható 6.9. ábra egy nagyvasúti szintbeni vágánykeresztezést mutat be.

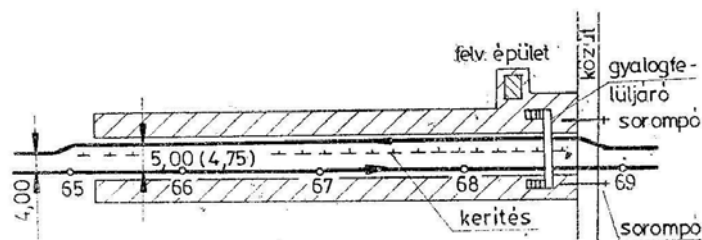


6.9. ábra
Nagyvasúti pályaszinti (90 fok) vágánykeresztezés

Megállóhely

A megállóhely az egy-, vagy kétvágányú vasúti pálya nyíltvonali szakaszán létesített szolgálati hely. A megállóhely a nyíltvonal vágányain kívül több vágánnyal nem rendelkezik. Egyes személyszállító vonatok a megállóhelyen menetrend szerint megállnak. Ennek megfelelően a megállóhely személyforgalomra (korlátozott mértékben áruforgalomra is) be van rendezve.

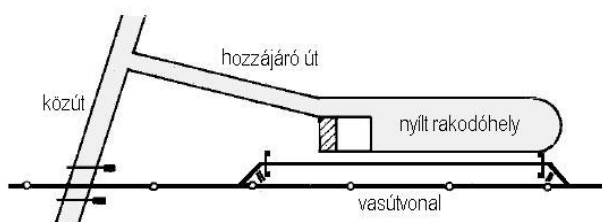
A megállóhelyet lehetőleg vasúti átjáró közvetlen közelében kell létesíteni és szükséges ahhoz csatlakoztatni. Amennyiben ez az út hiánya miatt nem megoldható, akkor a közúti megközelítésről megfelelő út hozzávezetésével kell gondoskodni. A 6.10. ábrán ez jól látható.



6.10. ábra
Kétvágányú pálya megállóhelye

Rakodóhely

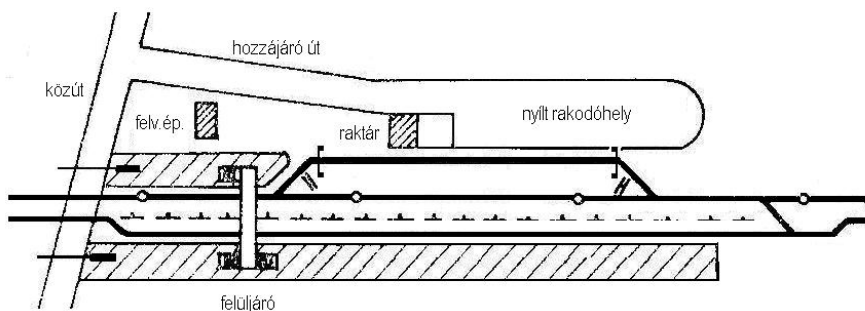
Áruforgalomra berendezett nyíltvonalai szolgálati hely, ahol a nyílt vonal vágányán kívül egy, vagy több mellékvágány is van. Egyvágányú pálya rakodóhelyét mutatja be a 6.11. ábra.



6.11.
Rakodóhely

Megálló-rakodóhely

Személy- és áruforgalmi szolgáltatások nyújtására berendezett nyíltvonalai szolgálati hely, ahol a fővágányo(ko)n kívül egy, vagy több mellékvágány is van. A vonattalálkozásokra berendezett megálló-rakodóhelyekre az állomásokra vonatkozó előírások érvényesek. Szokásos kialakítását szemlélteti a 6.12. ábra.



6.12. ábra
Megálló-rakodóhely

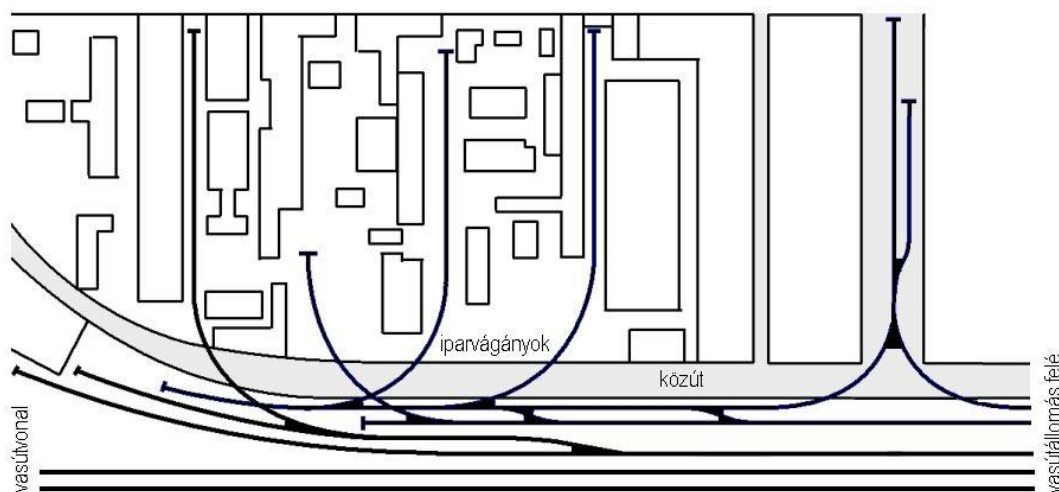
Saját célú vasúti pályahálózat

Állomásból, vagy nyílt vonalból kiágazó, egyes fuvaroztató felek vasúti forgalmának lebonyolítására szolgáló vágány, vagy vágányzat. Korábbi elnevezése „iparvágány” volt.

A saját célú vasúti pályahálózat kiágazási váltója és a rakodásra kijelölt hely eleje (egyetlen vasúti vágány esetén), illetve a kiágazási és a saját célú vasúti pályahálózat szétágazási váltója (vágányhálózat esetén) közötti vágányszakasz a saját célú vasúti pályahálózat összekötővágány. Ez az összekötő vágány biztosítja, hogy a kiszolgáló menetek eljussanak a rakodási körzetbe.

Csatlakozó vasúti pályának nevezzük azt a vágányt, amelyből több saját célú vasúti pályahálózat, vagy saját célú vasúti pályahálózat-összekötő vágány ágazik ki.

A saját célú vasúti pályahálózat kiszolgálását végző szolgálati hely és a nyílt hozzáférésű országos vasúti pályahálózatból kiágazó saját célú vasúti pályahálózat között a kiszolgálás vonattal, vagy tolatási műveletek alkalmazása révén grafikus módon történhet. A kiszolgálás módját az Állomási Végrehajtási Utasításban kell szabályozni.



6.13. ábra
Saját használatú vasúti pályahálózat (ipartelep)

Pályaőri szolgálati hely

„A pályaőr az osztálymérnökség segédszemélyzetének legalsóbb, de legtöbb kitartást, éberséget igénylő állása.” (Munkaköri leírás, 1938.) A pályaőr a pályafenntartás területén szolgáltató teljesítő vasutas dolgozó, akinek két feladata van, pályafenntartás és pályafelügyelet.

A fenntartással kapcsolatos feladat megoldása érdekében munkaköréhez tartozik a pályatakarítás, a kavicságy gondozása, a sínleerősítések eredeti helyzetben való megtartása stb.

Felügyelet szempontjából köteles a vonalat naponta több ízben bejárni, a vonatok előtt minden akadályt eltávolítani. Szükség esetén azokra jelzésekkel a személyzetet figyelmeztetni. Felügyel, hogy illetéktelen egyének a pályán ne járjanak, kezeli a sorompót, ha kell, mint jegykiadók szerepelnek a megállóhelyeken. Bejárando vonalszakaszuk hossza fővonalakon 2-2,5 km, mellékvonalakon 4-5 km.

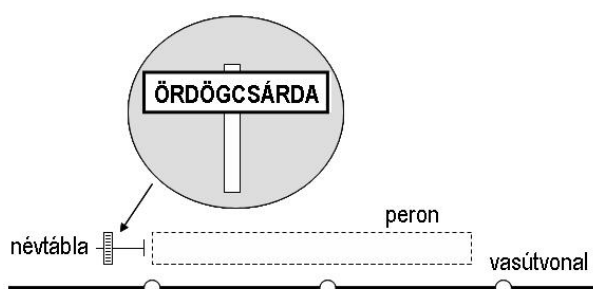
A pályaőrök részére a vasút pályaőrházakat épített (6.14. ábra) és a vonaluk mentén őrbódékat helyezett el. Ma már sok vasútnál korszerűbb módszerekkel oldják meg a pályaőri munkát.



6.14. ábra
Pályaőrház

Táblás megállóhely

Van olyan megállóhely, ahol nincs szolgálat. Ilyen szolgálati helyen jegyet sem adnak ki. A megállóhely egyetlen eszközzel rendelkezik, a névtáblával. Bizonyos esetekben kiépített, szilárd burkolati peronnal látják el (6.15. ábra)



6.15. ábra
Táblás megállóhely

6.3. A vasútállomások funkciói és osztályozása

Az állomások a vasúti üzem feladatainak megoldásában kulcsszerepet töltenek be. A szolgálati helyek felosztásakor ismeretessé vált, hogy hálózati és helyi jellegű funkciókkal rendelkeznek.

- *Hálózati* vonatkozásban az állomás fő feladata a menetrend szerinti közlekedés biztosítása és ennek érdekében a vonatforgalmi folyamatok irányítása.
- *Helyi* vonatkozásban az állomás fő feladata a rá háruló személyforgalmi, vonatforgalmi, vonatképzési, rakodási és egyéb kereskedelmi feladatok megoldása, műszaki műveletek lebonyolítása, valamint az állomáshoz csatlakozó sajáthasználatú vasúti vágányhálózaton keresztül cégek, telepek, üzemek fuvarozási-szállítási igényeinek kielégítése.

A szállítási folyamatot vizsgálva megállapítható, hogy a legtöbb állomási feladat lényegében a vasúti fuvarozási folyamat időigényes, un. kezdő és befejező műveleteit jelenti. Ezek között azokat a teendőket is, amelyeken keresztül a vasút a szállító és utazó felekkel érintkezik. Az állomás tehát az a hely, ahol a vasút a fuvaroztató felekkel közvetlen kapcsolatban áll.

Az állomások jelentőségét növeli, hogy a szállítási feladatoknak nem csupán mechanikus végrehajtói, hanem éppen a forgalom lebonyolításának biztonságos, menetrend szerinti és gazdaságos megoldása érdekében, a vasúti közlekedés irányító helyei is.

Az állomások – figyelemmel a térközökre is – rendszerint a szomszédos állomásig kapcsolódtak be a forgalom lebonyolításának irányításába, mégpedig elsősorban a tőlük közlekedő, induló vonatok tekintetében. Ugyanez volt a helyzet sokáig a térközök vonatkozásában a szomszédos szolgálati hely viszonylatában. Az automatizálás vasúti térhódítása és az elektronikus berendezések széles körben való alkalmazása azonban meghozta a szolgálati helyek számára azt a lehetőséget, hogy irányítási funkció nélkül is messzebb lássanak a szomszédos állomásnál, vagy térköznél.

Az állomások hozzájárulást, engedélyt adnak a vonatok feléjük történő indításához. A térközök a saját, illetőleg a szomszédos térközök foglaltságától függően járulnak hozzá a vonat be-, illetve elhaladásához. Az állomás hálózaton belül betöltött szerepe, jelentősége és nagysága alapján további jogköröket kaphat a vonatok menetével kapcsolatos irányítási tevékenység területén. Az ilyen állomás elsősorban azt döntheti el, hogy mely rendkívüli vonatok közlekedjenek, melyek maradjanak el a naponkénti közlekedésre kijelölt rendes vonatok közül

A vasúti hálózat állomásai sokfélék (különbözőek) lehetnek. A vasúti hálózaton és üzemi folyamaton belül betöltött szerepük és helyzetük alapján két nagy csoportot különböztetnek meg:

- középállomások,
- gócpontok, vagy csomópontok.

Statisztikai tény, hogy a vasúthálózat állomásainak mintegy 80-90%-ka a középállomások csoportjába tartozik. Azokat a csomópontokat, melyek több – közülük néhány speciális (pályaudvar) – állomásból állnak, forgalmuk és berendezéseik nagysága függvényében közepes és nagy gócpontoknak nevezik. Az egyetlen univerzális állomásból álló csomópont a kis gócpont. A gócpontok túlnyomó többsége ide sorolható. Mivel a csomópontok lényegéhez hozzátartozik, hogy ott több-kevesebb vasútvonal találkozik (csatlakozik, elágazik, kereszteződik) a csomópontok egyben részt vesznek az operatív irányításban, és rendezőállomások is.

A középállomások és kis csomópontok nagyon sokfélék, szinte minden művelet elvégzésére alkalmasak, vagyis műveleteik és berendezéseik tekintetében univerzális jellegűek. Az olyan állomásokat, amelyek elsősorban bizonyos műveletcsoportok nagy mennyiségű elvégzésére vannak berendezve, speciális állomásoknak, pályaudvaroknak nevezik. Az elvégzendő speciális feladatoknak megfelelően teher-, rendező-, személy-, és üzemi (tároló) pályaudvarokat különböztetnek meg.

A vázolt kettős osztályozási elv alapján az állomási műveletek a következőképpen csoportosíthatók:

1. Középállomásokon (és többé-kevésbé minden más állomáson) rendszeresen végzett műveletek az átmenő vonatforgalomhoz, helyi személyforgalomhoz és áruforgalomhoz kapcsolhatók.

2. Rendelkező állomásokon végzett műveletek a vonatok forgalomba helyezéséhez és közlekedésük általános irányításához köthetők.
3. Rendező-pályaudvari műveletek legfőbb rendeltetése az érkező tehervonatok szétrendezése és útirányonként, valamint rendeltetési helyenként az induló vonatok összeállítása.
4. Teherpályaudvari műveletek zömmel az áru be- és kirakásához, illetve a kapcsolódó adminisztratív tevékenységhez köthetők.
5. Személypályaudvari műveletek tartalmazzák az utasok be-, ki- és átszállását, az utasok kiszolgálását, poggyász- és ruhatárkezelését.
6. Üzemi pályaudvaron végzett műveletek közé tartoznak a személyszállító vonatok szerelvényeinek és mozdonyainak tárolása, kezelése, készlet-kiegészítése, tisztítása, gondozása, jó karban tartása, összeállítása és átcsoportosítása.
7. Közepes és nagy gócpontokra jellemző speciális műveletek az előzőek mellett, a különböző állomások, pályaudvarok közötti átállító és koordináló műveletek végzése.

Bár a jobb megértés céljából részletezett műveletek valamely állomástípushoz besoroltak, tudni kell azt, hogy a műveletek más állomásfajtákra is jellemzők és így más állomástípusok üzemi folyamatainak is részei.

A vasútvonal mentén való elhelyezkedés szempontjából a következő állomásokat különböztetjük meg:

1. Kezdő- és végállomások, mint a vonatforgalom kiinduló és végződő helyei.
2. Közbenső állomások, általában középállomások.
3. Elágazó állomások, melyeken ugyanazon vasút két, vagy több, nagyjából azonos fontosságú vonala ágazik szét. A vonatok a vonalak között átjárnak.
4. Csatlakozó állomások, melyeken különböző jelentőségű vonalak (vasutak) találkoznak, illetve egy-, vagy több mellékvonal ágazik ki. A vonalak között közvetlen vonatátmenet általában nincs.
5. Keresztező állomások, melyek két különböző vasútvonal metszéspontján létesültek.

Alaprajzi megoldás szempontjából lehet:

1. Átmenő állomás, melynek minden fontosabb vágánya be van kötve az áthaladó vonalba.
2. Fejállomás, melynek vonatfogadó- és indító vágányai csonka vágányok, azok végein vágányzáró szerkezeteket (ütközőbak) szereltek fel.

A biztosítóberendezések jellemzői alapján az állomások:

1. Nem biztosított állomás, melyeken a váltók és jelzők nincsenek szerkezeti függésben, a közöttük kívánatos kényszerkapcsolat hiányzik.
2. Biztosított állomás, melyen a jelzőberendezések a kitérők váltóival kényszerkapcsolatban állnak. A jelzőre csak akkor vezérelhető ki „Szabad” jelzési kép, ha az érdekelt váltók a menetnek megfelelő helyes irányba állnak és le vannak lezárva.

6.4. A vasútállomások forgalmi-üzemi műveletei

A vonat – mint a vasúti közlekedés műszaki és szervezési alapegysége – a szerelvényben levő kocsikat rendeltetési helyükre továbbítja. Amennyiben a vasúti kocsik időfelhasználásainak szempontjából elemezzük a kérdést, belátható, hogy a kocsik kiinduló és célállomásaik között idejük egy részét állomásokon, más részét a nyíltvonalon töltik el. Az állomáson töltött idő két részre osztható, vonatban töltött időre és vonaton kívül töltött időre.

Amennyiben a vasúti üzemi folyamatot technikailag, közlekedés-dinamikailag egységes elemekből kívánjuk összerakni, nyilvánvaló, hogy a vonat és ezen belül a kocsi időfelhasználása két megállás között tartalmaz egy egységes műszaki, közlekedésdinamikai részfolyamatot. Ez a részfolyamat közlekedés-dinamikailag annyiból nem homogén, hogy benne viszonylag egyforma sebességgel megtett szakaszok gyorsítással és lassítással, illetve lassítással és megállással kapcsolatos szakaszokkal kombinálódnak. A számunkra e tantárgy keretei között ez akkor válik fontossá, amikor a közlekedésdinamikai részfolyamatok az állomási üzemi folyamatokkal szorosan összefüggenek, azt döntően befolyásolják, annak fontos részét képezik. Ebben a fejezetben a két megállás közötti vasúti üzemi részfolyamatból csak azokkal a szakaszokkal foglalkozunk, amelyek az állomási üzemi folyamat részeként foghatók fel.

Az állomási üzemi folyamattal való szoros összefüggést szem előtt tartva, nem könnyű a vasúti üzemi folyamat olyan részét lehatárolni, amely mintegy része az állomási „technológiai” folyamatnak. Nyilvánvaló, hogy a két megállás közötti részfolyamatból a megállási és indítási szakaszok döntő többsége az állomások vágányain játszódik le, tehát azok foglaltságát okozza. Méretezésük szempontjából tehát szem elől nem téveszthető fontos részfolyamatok. Nem ritka azonban, hogy a két megállás közötti részfolyamat egyes szakaszai is (az áthaladó vonatknál) az állomási vágányutakra esnek és az állomási üzemi folyamat szerves részei. Mindezeket a részfolyamatokat tehát a kocsi állomáson eltöltött időfelhasználásai közé kell sorolni. Az elmondottaknak megfelelően a kocsi állomáson töltött idejét a fentiek értelmében vesszük szemügyre. Rá kell azonban mutatni, hogy az állomások feladatai között a vonatforgalom biztonságos, tervszerű és hatékony lebonyolítása, irányítása (vezérlése és szabályozása) szerepel első helyen, amely feladat megvalósítása érdekében szükséges, a vasúti üzemtan tudományos elvein és módszerein nyugvó szabályokat, minden vasút a forgalmi utasításban (MÁV esetében ez az F.2. Forgalmi Utasítás) foglalja össze.

A műveletek, szabályok különböznek egymástól, aminek néhány oka összefoglalva:

- a vasúti pálya vágányainak mennyisége (egy-, vagy több vágány),
- a vonatközlekedés szabályozását csak állomások végzik, vagy nyíltvonalai szolgálati helyek is,
- az egymást követő vonatok azonos, vagy különböző sebességgel haladnak,
- kétvágányú pályán a jobb, vagy bal vágányon bonyolódik a közlekedés (helyes, vagy helytelen vágány),
- a szabályozást végző szolgálati helyek között az értekezés lehetséges, vagy sem.

Mindezek a műveletek időrendi megszervezés szempontjából a foglaltsági és követési időkre alapozottan oldandó meg.

6.4.1. Forgalmi-üzemi műveletek

A kocsi vonatban töltött időfelhasználásának elemei és az ezek alatt történő műveletek, meddő idők, továbbá az ezekből – a részfolyamatok optimális időrendjének kialakítására érvényes elvek és módszerek segítségével – meghatározott és általában grafikusán is ábrázolt részciklus idők, végső fokon, azonosak a vonat ugyanakkor történő időfelhasználásaival. Mivel a vonatok időfelhasználásait lényegében meghatározza a menetrend, e műveletek és részfolyamatok időszükségleteit a menetrend-szerkesztéskor norma jelleggel meg kell tervezni. A vonatban töltött teljes időfelhasználásra azonban – a menetrendi kötöttségeken keresztül – a menetrend is hatással van. E hatás nagysága csak a menetrend szerkesztés során adódik ki. Tény, hogy a

vázoltak szerint a vonatban töltött teljes időfelhasználás (részciklusidő) a menetrendben is megjelenik.

Amennyiben a forgalom nem a menetrendnek megfelelően bonyolódik le, az egyébként a menetrend szabta determináló időadatokat (érkezés-, indulás-, áthaladás időpontja, tartózkodási idők), valamint a vonattalálkozás helyét és módját az operatív forgalomtervezés és irányítás keretében kell megállapítani.

A menetrendtől eltérő közlekedés esetén az érkezési, indulási, áthaladási időpontok, valamint a vonattalálkozási helyek és módok, továbbá a szükséges tartózkodási idők operatív meghatározásakor ugyanazon elvek és módszerek szerint kell eljárni, mint a menetrend szerkesztésekor, de számolni kell vele, hogy a

- tervezés, intézkedés számára szükséges áttekintéshez rendelkezésre álló idő kevesebb,
- korlátozó feltételek mennyisége nagyobb.

Ily módon a mérlegelendő variánsok száma lényegesen kevesebb, ami általában egyszerűbb optimalizálási eljárást eredményez. A gyakorlatban mindig kérdés, hogy az egyszerűbb döntés következményeivel az optimalizálás egyszerűségével kapcsolatban hogyan vélekedünk.

6.4.1.1. Vonatközlekedéssel kapcsolatos állomási műveletek

A vonat közlekedésével (menetével) kapcsolatosan, időbeni sorrendben, a közlekedési rendnek megfelelően, általában a következő műveletek fordulnak elő az állomásokon:

A) Állomástávolságú közlekedés esetén

a) Vonatindító állomáson (menesztés és kihaladás)

- engedélykérés,
- vágányút beállítás,
- menesztés,
- kihaladás,
- indulás tényének közlése,
- vágányút feloldása.

b) Vonatfogadó állomáson (behaladás és fogadás)

- engedélyadás,
- vágányút beállítás,
- behaladás,
- fogadás,
- vágányút feloldása,
- visszajelentés.

c) Áthaladtató állomáson (áthaladás)

- engedélykérés,
- kijárat vágányút beállítás,
- bejárat vágányút beállítás,
- behaladás,
- fogadás és menesztés,
- kihaladás,

- áthaladási idő közlése,
- ki- és bejáratú vágányút feloldása,
- visszajelentés.

B) Térközi közlekedés esetén

A térközi közlekedés esetén az A) alatti műveletek kibővülnek az *előjelentéssel*. Térközi közlekedésre berendezett pályán állomásról történő vonat indítása (áthaladtatása) előtt, nyíltvonali vonatjelentő szolgálati helyről pedig a vonatnak a továbbhaladást engedélyező térközjelzőhöz történő közeledésekor a következő vonatjelentő dolgozót a vonat közeledéséről értesíteni kell. Ezt az értesítést előjelentésnek nevezzük.

A felsorolt műveletekkel kapcsolatban valamennyi szolgálati helyen adminisztrációs tevékenység is folyik. A rendelkezések kiadásában és végrehajtásában részt vevő vasutas dolgozók a vonatok menetével kapcsolatos intézkedéseket, ténykedéseket, a vonatok közlekedési időadatait, fejrovatos naplóban előjegyzik (regisztrálják). Korszerű elektronikus biztosítóberendezésekkel felszerelt szolgálati helyeken ezeket a feladatokat a „gépek” képesek átvenni a forgalmi személyzettől és ún. gépi adminisztráció keretében végzik az adatok rögzítését.

Engedélykérés-adás

Fontos alapszabály, hogy a vonat indítása, illetve áthaladása előtt a forgalmi szolgálattevő az indításra engedélyt, hozzájárulást köteles kérni a következő állomás forgalmi szolgálattevőjétől – szolgálatszünetelés esetén a szolgálatban lévő következő állomás forgalmi szolgálattevőjétől – és hozzájárulást a két állomás között lévő pályaelágazáson, illetve megálló-rakodóhelyen váltózárkulcsot őrző dolgozótól. Engedélyt mindenkor a forgalmi szolgálattevő köteles kérni, illetve adni. Ettől eltérést a Forgalmi Főosztály engedélyezhet.

Az engedély, az engedélykérés időpontjától számított legfeljebb 10 percre érvényes.

Állomástávolságú közlekedésre berendezett pályán a visszajelentés vétele előtt indítandó egység és az elől haladó vonat részére egyszerre is szabad engedélyt kérni. Követő vonat részére legkorábban az elől haladó vonat visszajelentésével egyidőben szabad engedélyt kérni és adni. Vonatkeresztezés alkalmával az induló vonat részére engedély kérhető az ellenvonat, térközi közlekedés esetén az útban levő utolsó ellenvonat beérkezése előtt is.

Amennyiben két állomás között jól működő ellenmenetet kizáró biztosítóberendezés van, akkor az állomásközt egy térköznek kell minősíteni. Ugyancsak egy térköznek kell minősíteni az állomásközt akkor is, ha a mögöttes állomás kijáratú jelzőjének elektromos lezárása a következő állomás bejáratú jelzőjének elektromos lezárásával egyidejűleg oldódik. Térközi közlekedésre berendezett pályán a követő vonat részére az elől haladó vonat visszajelentése előtt, legkorábban azonban csak az elől haladó vonat tényleges indulási idejének közlésekor szabad engedélyt kérni.

Az engedélykérés-adást bizonyítani kell! Ha az engedélykérés-adásban érintett szolgálati helyek között nincs jól működő ellenmenetet kizáró biztosítóberendezés, vagy ha az értekezésre használt távbeszélő nincs kiegészítve hangrögzítő berendezéssel, akkor az engedélyadás bizonyítása végett tanúként:

- állomásközi távbeszélőn történő engedélykéreskor egyvágányú pályára, továbbá kétvágányú pálya helytelen vágányára történő engedélykéreskor nyíltvonali, vagy állomási dolgozót,
- vonali, vagy forgalmi vonalirányítói távbeszélőn történő engedélykéreskor pedig harmadik állomás forgalmi szolgálattevőjét, vagy a forgalmi vonalirányítót

kell bevonni. Ha a tanú az engedélyadás bizonyítására közvetlenül nem vonható be, akkor részére az engedélyadás tartalmát külön ismertetni kell. Nem kell külön tanút bevonni, ha az engedélykéresben, illetve- adásban legalább három szolgálati hely dolgozója vesz részt, vagy ha az engedélykéres-adás gépi úton történik.

Ha egy vonat 10 percen belül nem indítható el, akkor ezt a körülményt közölni kell az engedélyt adó dolgozóval, valamint az engedélykéresbe bevont tanúval. Ha az engedélykéres-adás után a forgalmi helyzet (pl. követési rend, berendezés használhatatlansága stb.) megváltozik, akkor az adott engedélyt érvényteleníteni kell.

Amikor a vonat fogadásának nincs akadálya, akkor az engedélyt azonnal meg kell adni. Ha a vonat fogadásának akadálya van, akkor a vonat elindítását meg kell akadályozni. Ekkor közölni kell az engedélyadás várható idejét. Amennyiben a közölt időn belül nem érkezik engedély, akkor a vonat részére új engedélyt kell kérni.

Behaladás, fogadás

Egy vasútállomásnak minden időben kész állapotban kell lenni a vonatok fogadására. A vonatokat szabad (kivételes esetben foglalt) vágányra fogadják. Az állomás forgalmi szolgálattevője a szomszédos állomás forgalmi szolgálattevőjétől értesül a vonat tényleges indulási idejéről. Ezután kellő időben megteszi a szükséges intézkedéseket a vonat fogadására. Amennyiben az érintett vágányon tolatás folyik, kellő időben beszünteti azt. A váltókezelőkkel közli a vonat és az érkezés helyének kijelölt fogadóvágány számát. Ezzel rendelkezett a vágányút beállítására, a váltó- és vágányellenőrzés végrehajtására.

A vonat száma megmutatja, hogy a vonat melyik irányból (vonalról, állomás felől) érkezik. Fontos elv, hogy a mozdonyvezető kellő időben értesüljön a bejárat vágányáról, mert ennek figyelembe vételével történik meg a vonat sebességének megválasztása (csökkentése). Ezért célszerű a bejárat jelző jelzési képe kivezérlésének legkésőbbi időpontját a vonatközlekedés azon térbeli pontjához kötni, amely a bejárat jelző előjelzője előtti észlelési távolságban van. Ekkor biztosítható a mozdonyvezető számára a jelző biztonságos és elegendő idejű megfigyelése, a jelzési kép helyes kiértékelése.

Számos ok miatt szükségessé válhat a menetrend szerint áthaladó vonat megállítása. Erről a vonat személyzetét legkésőbb a vonat utolsó menetrend szerinti megállási helyén értesíteni kell. Amennyiben ez nem lehetséges, akkor a vonat útvonalán fekvő további állomás bejárat jelzőre kivezérelt jelzési képpel kell utasítani (figyelmeztetni, értesíteni) a mozdonyvezetőt arra, hogy készüljön fel a menetrendtől eltérő módon való megállásra.

Foglalt vágányra csak olyan vonatot szabad fogadni, amelyről a Szolgálati Menetrend bejegyzése rendelkezik, vagy amelyik a 20m-rel csökkentett vágányhosszon elfér és a foglalt vágányra járatás elrendeléséről a mozdonyvezető előzőleg írásbeli rendelkezést kapott. A foglalt vágányra bejárató vonat mozdonyvezetője részére – az F.2. Utasítás szerint részletesen szabá-

lyozott módon – valamennyi jelzést biztosítani kell és különös óvatossággal eljárva, a helyszínen kell az irányítási műveleteket végezni.

A forgalmi szolgálattevő kötelessége a vonat fogadása, továbbá arról való meggyőződés, hogy a vonat teljes szerelvényével megérkezett. Ezért a téren kell tartózkodnia. Meghallgatja a mozdony-, vagy vonatvezető és a váltókezelő jelentését. Amennyiben az állomás bejárat jelzője nem önműködő, gondoskodnia kell a bejárat jelző alapállásba állításáról („Megállj!”) és el kell rendelni a vágányút bontását.

A vonatnak az állomásra való beérkezéséről visszajelentéssel értesíti a mögöttes állomás forgalmi szolgálattevőjét, térközi közlekedés esetén a mögöttes vonatjelentő, vagy térközzőrt. Utóbbiak hasonló módon járnak el a mögöttes nyíltvonali szolgálati helyek felé.

Állomásról azonnal visszajelentést kell adni, amint a vonat utolsó járműve és az esetleges tolómozdonya is a bejárat vágány biztonsági határjelzőjén belül van, vagy ha a vonat utolsó járműve a biztonsági határjelzőn kívül úgy állt meg, hogy a követő vonat, illetve a keresztező vonat vágányútvonalát nem veszélyezteti, a zárjelző tárcsa a vonat végén van és ha van bejárat jelző, azt továbbhaladást tiltó állásba állították. Ha a bejárat jelző nincs blokkzár alatt, akkor továbbhaladást tiltó állásba állításáról a forgalmi szolgálattevő részére jelentést kell tenni.

A térközzőrt és a vonatjelentőrt azonnal visszajelentést köteles adni, amint a vonat utolsó járműve és az esetleges tolómozdonya a térközzjelzőt legalább 50 m-re meghaladta, a zárjelző (tárcsa) a vonat végén van, és a térközzjelzőt már továbbhaladást tiltó állásba állította.

Amennyiben a vonat a mögöttes állomásköz valamely rakodóhelyén, vagy saját használatú vasúti vágányán váltózárral elzárt helyen végzett tevékenységet, a visszajelentés adása előtt annak kulcsát a vonatvezetőtől át kell venni és ennek megtörténtét, a visszajelentés alkalmával, a mögöttes állomással közölni kell.

Menesztés (felhatalmazás indításra), kihaladás

A vonatok mozdonyvezetőit állomáson, megálló-rakodóhelyen az indításra, illetve az áthaladásra fel kell hatalmazni. A felhatalmazást adhatja:

- forgalmi szolgálattevő,
- ügyeletes tiszt,
- vonali tolatásvezető,
- vezető jegyvizsgáló.

A felhatalmazás indításra különböző módon történhet és ez sok tényezőtől függ. Ráadásul a vasutak másképpen is eljárhatnak. A magyar vasutak az alábbi módokat alkalmazzák.

Előzetes jelzőkezeléssel és vonatindító jelzőeszközzel:

- a Szolgálati menetrendkönyv 2. sz. rovatában a Forgalmi Főosztály által megjelölt szolgálati helyeken valamennyi induló és bármely más ok miatt megállás után induló személyszállító vonatnál,
- rendkívüli áthaladással közlekedő vonatnál,
- közös vagy csoport kijárat jelző esetén valamennyi vonatnál.

Vonatindító jelzőeszközzel:

- kijárat jelző nélküli szolgálati helyeken valamennyi vonatnál,

- használhatatlan vagy nem kezelt kijárat jelző esetén valamennyi vonatonál;
- biztosított szolgálati helyek vágányairól olyan vágányúton kihaladó valamennyi vonatonál, amely vágányút mellett nincs egyéni-, csoport vagy közös kijárat jelző.

Jelzőkezeléssel:

- bejárat, térköz- és fedezőjelző előtt Megállj-jelzés miatt megállt valamennyi vonatonál;
- egyéni kijárat jelző továbbhaladást engedélyező jelzése esetén valamennyi menetrend szerint áthaladó vonatonál;
- egyéni kijárat jelző továbbhaladást engedélyező jelzése esetén valamennyi induló és bármely más ok miatt megállás után induló vonali tolatásvezető nélkül közlekedő nem személyszállító vonatonál;
- további kijárat jelző továbbhaladást engedélyező, illetve Hívójelzése esetén valamennyi vonatonál.

Előzetes jelzőkezeléssel, közvetett módon:

- közös vagy csoport kijárat jelzővel rendelkező szolgálati helyeken valamennyi induló és bármely más ok miatt megállás után induló nem személyszállító vonatonál (15.17.1.1.pont harmadik francia bekezdése).

Élőszóval, illetve „indulásra készen” jelzés adásával:

- egyéni kijárat jelző továbbhaladást engedélyező jelzése esetén valamennyi induló és bármely más ok miatt megállás után induló vonali tolatásvezetővel közlekedő nem személyszállító vonatonál,
- forgalmi szolgálattevővel nem rendelkező szolgálati helyeken és a nyílt vonalon nem továbbhaladást megtiltó jelzés, hanem bármely más ok miatt megállt valamennyi vonatkísérővel közlekedő vonatonál,
- a Szolgálati menetrendkönyv 2. sz. rovatában a Forgalmi Főosztály által meg nem jelölt szolgálati helyeken, az induló és bármely okból megállás után induló valamennyi személyszállító vonatonál.

Áthaladás

Amikor az állomás felé közlekedő vonattal semmilyen műveletet sem kell végezni és a vonat számára a menetrend nem ír elő megállást (tartózkodást), akkor a vonat az állomáson áthalad. Áthaladó vonat közlekedése lényegében együttes bejárat, vonatfogadási, kijáratbiztosítási menesztési (szükség esetén) műveletsorozatot jelent.

Bizonyos vasutak előírják a vágányút beállításának sorrendjét, amelynek elsősorban biztonsági oka van. Ezt akkor is megtartják, ha a korszerű vonali- és állomási biztosítóberendezések megléte az ilyen biztonsági szolgáltatást már feleslegessé teszi. A MÁV korábban alkalmazta ezt az elvet, de ma már sok állomáson nincs rá szükség.

Vágányút beállítása

A vonalról a kijelölt bejárat vágányra, vagy az állomási vágányról a vonalra a vonat az ún. *vágányúton* jut. A vágányút a vasúti kényszerpályának olyan előkészített része, amelyen a vonat végighalad. A vágányutat általában a váltóknak megfelelő állásba való állításával és elzárásával (biztosításával) állítják elő. A vágányútban érdekelt váltók kétfélek. Egyrésztük

érintett, mert a vonat rajtuk végighalad, másik csoportjuk a vonat oldalvédelmét szolgáló védő, vagy *terelő* váltó.

A vágányút veszélyes pályaszakasz, ezért a vonatnak rajta való áthaladását a lehető legmesszebbmenőkig biztosítani kell. A vágányút biztosítás lényege, hogy a vágányutat először be kell állítani, s csak azután lehet a vonat részére „Szabad” bejáratot kivezérelni. Viszont amíg a jelző „Szabad” menetet jelez, addig a beállított vágányutat nem lehet megváltoztatni.

A vágányút beállítása négy mozzanatban történik:

- a) Vágányút kijelölése,
- b) Vágányút felépítése,
- c) Vágányút szabaddá nyilvánítása,
- d) Vágányút tartós rögzítése (zárása).

ad. a) A forgalmi szolgálattevő vonat érkezése, indulása, illetve áthaladása előtt köteles az állomás két végén, továbbá az Állomási Végrehajtási Utasításban kijelölt közbeeső váltókezelői és sorompókezelői szolgálati helyiségben dolgozókat utasítani a közeledő, vagy indítandó vonat vágányútjának beállítására. Ez a vonatszám, időpont és vágányszám megadásával történik. Ezt a rendelkezést a forgalmi szolgálattevő a biztosítóberendezéssel is kiadhatja. Ezzel kezdődik meg a vonat közlekedésével kapcsolatos biztosítóberendezés kezelése.

A vágányút beállításának elrendelésekor és bejelentésekor közölni kell a szükséges forgalmi jellemzőket (pl. ki/bejárat a helyes/helytelen, foglalt, elzárt, vágányzárt vágányra/ról, a vonat kapcsolt/kapcsolatlan tolómozdonnyal közlekedik, rendkívüli küldeményt továbbít, operatív tehervonatnál az alapvonat számát, valamint, hogy a vonatot a visszajelentés vétele előtt indított egység követi, továbbá 6000 kg-nál könnyebb jármű közlekedik).

A vonat vágányútjának beállítására olyan időben kell utasítást adni, illetve a forgalmi szolgálattevő olyan időben köteles a vágányutat beállítani, hogy a szükséges munkák a vonat visszatartása, sebességének csökkentése, megállítása nélkül elvégezhetők legyenek. Az állomásfőnök pontos mérésekkel köteles vágányutanként, illetve vágánycsoportonként megállapítani a vágányút beállításával kapcsolatos munkák elvégzéséhez szükséges időt. Ezt az időt 3 perccel megnövelve kell az Állomási Végrehajtási Utasításban rögzíteni. Amennyiben a folyamatban lévő tolatás beszüntetése szükséges, akkor az Állomási Végrehajtási Utasításban rögzített időt a forgalmi szolgálattevőnek további 3 perccel meg kell növelnie.

ad. b) Vágányút felépítése. A vágányút beállításának elrendelése után:

1. meg kell szüntetni a vonatközlekedés közben meg nem engedett tolatásokat,
2. meg kell vizsgálni, hogy a kijelölt vágányút szabad-e, a sarukat (féksaru, rögzítő saru) a vágányról eltávolították-e,
3. meg kell győződni a vágányútban fekvő váltók használhatóságáról,
4. a váltókat a kijelölt vágányra vezető állásba (helyes állásba), a vágányúthoz tartozó védőváltókat védőállásba kell állítani, a lezárandó váltókat le kell zárni,
5. a lezárt váltók kulcsait a szolgálati helyiségbe kell vinni,
6. ellenőrizni kell a váltók és védelmi berendezések helyes állását,
7. jelenteni kell a forgalmi szolgálattevőnek a vágányút beállítását,
8. az útsorompókat le kell zárni,
9. állítani kell a helyhez kötött jelzőket és
10. el kell foglalni a vonatfogadásra kijelölt helyet.

A vágányút beállítására utasított dolgozóknak vágányút ellenőrzést kell tartani. A vágányút beállítása alkalmával meg kell győződni a vágányút áttekintésével, ha az áttekintés bármely ok miatt nem lehetséges, akkor a vágányút tényleges bejárásával:

- nincs-e meg nem engedett vonatmozgás vagy tolatás,
- a vágányútban nincsenek-e járművek,
- a vágányúttal közvetlenül szomszédos két vágányon lévő járművek biztonsági határjelzőn belül állnak-e.

Amennyiben az állomáson vágányfoglaltságot jelző biztosítóberendezés van és az jól működik, akkor a vágányutat az ellenőrző berendezés megtekintésével kell ellenőrizni.

A vonatvágányút beállításakor és minden váltóállítás alkalmával váltóellenőrzést kell tartani. A váltóellenőrzést a biztosítóberendezés típusától függően kell végrehajtani. A váltóellenőrzés abból áll, hogy minden vonat be-, ki- és áthaladása előtt, tolatásoknál pedig minden váltóállítás alkalmával és minden mozgás megkezdése előtt meg kell győződni a vágányútban fekvő váltók használhatóságáról és helyes állásáról.

A váltó forgalmi szempontból akkor használható ha:

- alkatrészei épek és a mozgatható alkatrészei könnyen mozgathatók,
- a simuló csúcscsín tökéletesen simul a tősinhez, a másik csúcscsín pedig a tőstől kellő távolságban van,
- a tősinnek és a csúcscsínnek között nincs idegen anyag,
- az összekötő rúd nem görbült meg, vagy nem szakadt el,
- a csúcscsínrögzítő szerkezet tökéletesen záródik,
- váltójelzős váltónál a váltójelző a váltó állásának megfelelő jelzést mutatja.

Villamos úton központból állított váltót, illetve villamos retesszel ellátott helyszíni állítású váltót akkor kell használhatónak tekinteni, ha a váltó állítása után annak végállása a biztosítóberendezésről megállapítható. A vonóvezetékes központi állítású váltót átállítás alkalmával akkor kell használhatónak tekinteni, ha az állítóemelyűt a megszokott erővel át lehetett állítani a másik végállásba és ott szabályszerűen becsappant. Helyszíni állítású váltó átállításakor mindig meg kell győződni a használhatóság valamennyi forgalmi feltételéről.

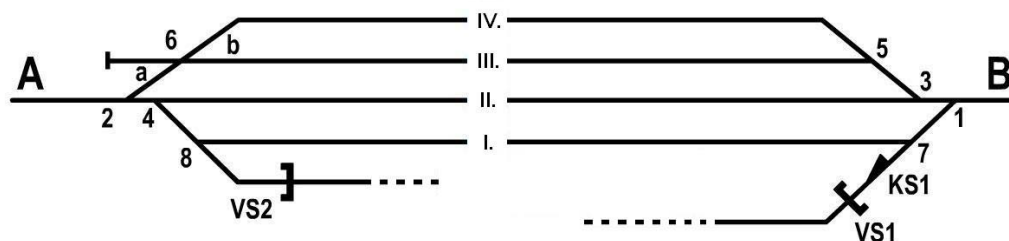
A váltó akkor áll helyesen áll ha arra a vágányra vezet, amelyekre a vonatnak be-, illetve ki kell haladnia. Tolatásnál pedig, ha arra a vágányra vezet, amelyre a járművet (mozdony, kocsik) juttatni akarják.

A váltóállítás és váltóellenőrzés alapja a lezárási táblázat. A vágányút helyes beállításának ellenőrzése céljából valamennyi forgalmi irodában és a váltóállító dolgozók szolgálati helyiségében, helyiség hiányában a távbeszélő közelében Lezárási táblázatot kell elhelyezni. A Lezárási Táblázatról vágányutanként leolvashatók az érintett és a védőváltók, valamint a velük függésben levő vágányzáró sorompók és kisiklasztósaruk helyes állása. A védőváltók helyes állásának jelét a Lezárási táblázaton be kell karikázni. A lezárási táblázat a 6.16. ábrán látható.

A vonóvezetékes központi állítású váltóknál a váltók helyes állásának ellenőrzésére a berendezésen el kell helyezni az Elzárási táblázat. Ilyen Elzárási táblázatot mutat be a 6.17. ábra.

A vágányút ellenőrzést a váltóellenőrzéssel azonos időben kell megtartani. A legsúlyosabb egyéni felelősség a helyszíni állítású váltók esetében terheli a kezelőt. Minél korszerűbb a

biztosítóberendezés annál kisebb e tekintetben a felelőssége a váltók kezelésével megbízott vasutas dolgozónak. Korábban a Dominó-rendszerű biztosítóberendezések, később az üzembe helyezett elektronikus biztosítóberendezések esetében a váltó- és vágányút ellenőrzés teljesen automatikusan történik.



Menet viszonylat	vágány	Kitérők, vágányelzáró szerkezetek									vágány	Menet viszonylat
		kezdőpont felől					végpont felől					
		2	4	6a	6b	8K/VS2	7K/VS1/K1	5	3	1		
Bejárat A felől Kijárat A felé	I.	E	K		FE	VS2	KS1			K	I.	Bejárat B felő Kijárat B felé
	II.	E	E		FE	VS2	KS1		E	E	II.	
	III.	K		MK	FK	VS2	KS1	K	K	E	III.	
	IV.	K		ME	ME	VS2	KS1	E	E	E	IV.	

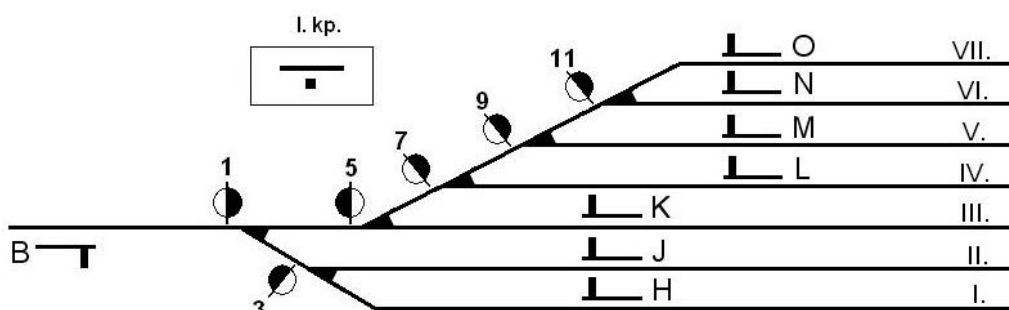
A 7.sz. és 8.sz. váltókat kitérő állásban zárva kell tartani.

6.16. ábra

Lezárási táblázat (részlet)

ad. c) Vágányút szabaddá nyilvánítását a váltó és vágányellenőrzés alapján a forgalmi szolgálattevő és azok a dolgozók végzik, akik erre a forgalmi szolgálattevőtől utasítást kaptak. A váltóellenőrzés után a váltókat a vonat teljes ki-, vagy behaladásáig felügyelet alatt kell tartani, átállításukat meg kell akadályozni.

I. vágány	II. vágány	III. vágány	IV. vágány	V. vágány	VI. vágány	VII. vágány
1	1,3		5,7	5,9	5,11	5
3		1,1r,5,5r	1,1r	1,1r,7	1,1r,7,9	1,1r,7,9,11
B	H	B	L	B	B	B
		K		M	N	O



6.17. ábra

Elzárási táblázat

ad. d) Vágányút tartós rögzítése, a biztosítóberendezés típusai szerint különbözőképpen történik. Nem biztosított állomás bejáratí jelzőjét csak a vágányút tartós rögzítése után szabad továbbhaladást engedélyező állásba hozni.

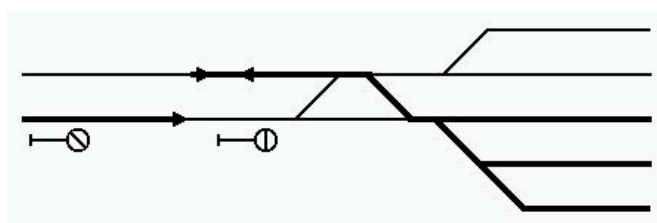
A vasútnak természetesen gondoskodni kell a közúti-vasúti szintbeni kereszteződés (vasúti átjáró) elzárásáról is. Az útsorompót – kivéve vonatközlekedés esetén a vonat által vezérelt önműködő fénysorompót – a kijelölt dolgozó köteles vonatközlekedés előtt, továbbá tolatás tartamára lezárni. Ha az útátjárót jelzőőrrel kell fedezni, akkor a jelzőőr is ezekben az esetekben köteles az út (a forgalmi utasításban: közút) forgalmának védelméről gondoskodni.

Vonatvédelem tolatás közben

Állomáson az érkező, induló és áthaladó vonatok vágányútvját olyan időben kell szabaddá tenni, hogy a vonat vágányútvját veszélyeztető tolatások megszüntethetők és a vágányút beállítással kapcsolatos munkák elvégezhetők legyenek. Nyílt vonalon tolatást végző vonat vonali tolatásvezetőjével a tolatást elrendelő forgalmi szolgálattevő írásbeli rendelkezésen köteles a tolatás megszüntetésének idejét közölni. Megálló-rakodóhelyen az állomáskezelő az általa vezetett tolatásokat vonat érkezése előtt legalább 10 perccel köteles megszüntetni.

Vonat érkezése előtt az állomás *bejáratí végén* a meghatározott időn belül csak az érkező vonat bejáratása előtt elengedhetetlenül szükséges tolatást szabad végezni (pl. vágányszabadítás a vonat részére). Ezt mutatja be a 6.18. ábra. Az ilyen tolatás csak az alábbi feltételek mellett végezhető:

- a nyílt vonal felé nem korlátozott sem a távolbalátás, sem a szabadlítás,
- az állomásnak az érkező vonat felől jól működő, külön előjelzővel, vagy a bejáratí jelzőre előjelzést adó főjelzővel rendelkező, „Megállj!” jelzést adó bejáratí jelzője van,
- a tolatás a vonat vágányútvján, illetve annak érintése vagy metszése mellett az érkező vonat felé nem terjedhet a vonat által érintendő első bejáratí váltón túl,
- a nyílt vonalon a bejáratí jelző külön előjelzője vagy a bejáratí jelzőre előjelzést adó főjelző és az első bejáratí váltó között az állomás felé sehol nincs 10%-nél nagyobb esés.

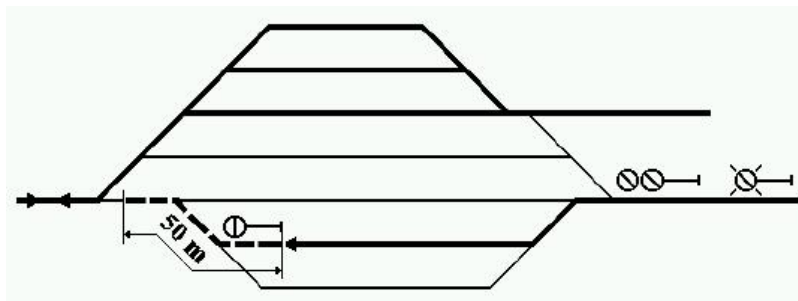


6.18. ábra

Az állomáson menetrend szerint és ténylegesen is megálló vonat behaladása közben a bejáratí vágány túlsó végén lévő váltókon át a vágányútvtól jobbra (6.19. ábra), illetve balra eső vágányokon tolatás végezhető, ha:

- nem korlátozott sem a távolbalátás, sem a szabadlítás,
- a bejáratí vágány túlsó végén egyéni kijáratí jelző van és az „Megállj!” jelzést ad,
- a kijáratí jelzőnek külön előjelzője van, vagy a kijáratí jelzőre a bejáratí jelző előjelzést ad,

- d) a bejárat jelző és a kijárat jelző között a kijárat jelző felé sehol nincs 10‰-nél nagyobb esés,
- e) a kijárat jelző és a tolatásban érdekelt első váltó biztonsági határjelzője között legalább 50 m távolság van,
- f) a bejárat vágányúttól jobbra, illetve balra a tolatásra használt vágányon (vágányokon) terelési lehetőség van és a váltó (váltók) terelő állásban le van (vannak) zárva.

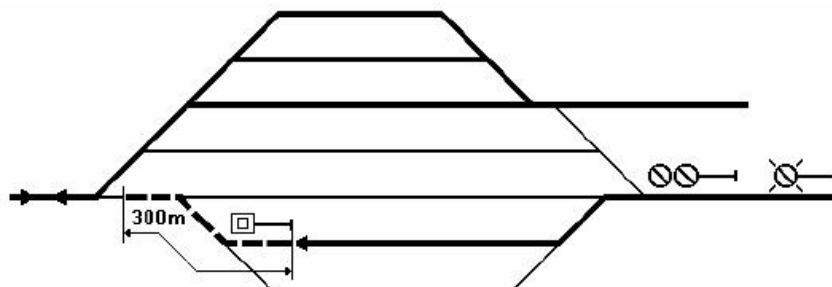


6.19. ábra

Ha nincs meg valamennyi feltétel, a tolatást a fent előírt esetek kivételével a vonat várható érkezési ideje előtt legalább 5 perccel meg kell szüntetni. Áthaladó vonat előtt az ilyen tolatást az állomás bejárat végén folyó tolatásokra előírt időben kell megszüntetni

Az állomáson menetrend szerint és ténylegesen is megálló vonat behaladása közben a bejárat vágány túlsó végén lévő váltókon át a vágányúttól jobbra, illetve balra eső vágányokra tolatás végezhető akkor is, ha a bejárat vágány mellett nincs egyéni kijárat jelző, az egyéni kijárat jelzőnek nincs külön előjelzője, vagy a bejárat jelző nem ad előjelzést a kijárat jelzőre de az előírt egyéb feltételek megvannak. Ilyen hiányos feltételek mellett a tolatás csak akkor engedélyezhető, ha:

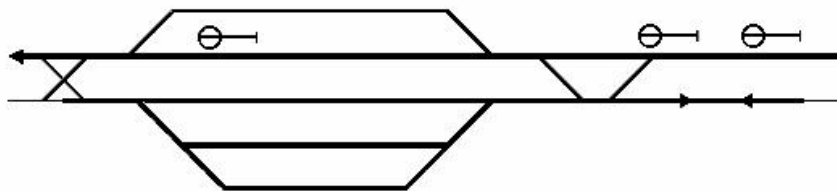
- a. az érkező vonat megállási helye és a tolatásban érdekelt első váltó biztonsági határjelzője között legalább 300 m távolság van és az érkező vonat elfér a megállás helye és a hátsó Biztonsági határjelző között (6.20. ábra),
- b. a megállás helyétől hátrafelé számított 1800 m-en belül az állomás felé sehol sincs 10‰-nél nagyobb esés,
- c. a bejárat váltóknál az érkező vonat felé Lassan-jelzést adnak, a megállás helyénél Megállj-jelzöt tűznek ki, vagy kézi jelzéssel Megállj- jelzést adnak.



6.20. ábra

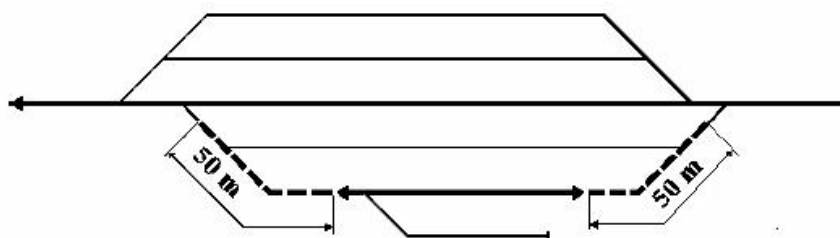
Vonat behaladása, kihaladása, illetve áthaladása közben, a vonat vágányúttjától jobbra, vagy balra fekvő vágányzaton, a vágányút érintése nélkül tolatás különleges óvintézkedések nélkül

végezhető, ha a vágányzat mindkét végén terelési lehetőség van és a váltók terelő állásban le vannak zárva pl. (6.21. ábra).



6.21. ábra

Amennyiben a vágányúttól jobbra, vagy balra fekvő vágányzat két végén nincs terelési lehetőség (6.22. ábra), akkor a vágányúttól jobbra, vagy balra fekvő vágányzaton csak által kijelölt nagy forgalmú vonatösszeállító állomásokon szabad ki-, be- és áthaladás közben tolatást végezni, de ott is csak az alábbi feltételek mellett:



6.22. ábra

- nem korlátozott sem a távolbalátás, sem a szabadlátás,
- a tolatás csak bejárással és csak lépésben végezhető,
- a vonat vágányútvját legfeljebb 50 m-re szabad megközelíteni, ha a vágány szabad, a vonatközlekedés idejére páros féksarut, vagy kettő darab féksarut kell elhelyezni,
- a vágányon álló járműveken valamennyi kézi-, illetve rögzítőféket meghúzott állapotban kell tartani, az utolsó jármű kereke alá a vonatközlekedés idejére páros féksarut, vagy kettő darab féksarut kell helyezni,
- a tolatott járművek előtt egy, hosszabb egység tolatásakor egymástól látótávolságban több jelzést adó dolgozó köteles haladni,
- az érdekelt vágány (vágányok) végén jelzést adó dolgozó köteles tartózkodni.

Szalasztás, csurgatás, gurítás, illetve összetolás közben az állomás túlsó végén közlekedő vonatok védelme érdekében a vágányútra vezető vágányokon, a vágányúthoz legközelebb eső jármű kerekei alá féksarut kell elhelyezni, és a kézi-illetve rögzítőfékjét be kell húzni. Ha szükséges akkor a kézi-, illetve rögzítőfékeket további járműveken is kezelni kell.

A szabad vágányra guruló kocsikat idejében meg kell állítani, de ettől függetlenül a vágány túlsó végén a biztonsági határjelzőn belül féksarut kell a vágányra helyezni. A végrehajtásra vonatkozó helyi rendelkezéseket az Állomási Végrehajtási Utasításban kell szabályozni.

Vonattalálkozások

A vonatfogadási, menesztési és áthaladási műveletcsoport eddigi tárgyalása során feltételeztük, hogy olyan vonatról van szó, amely a műveletcsoport lebonyolításának ideje alatt egyedül

közlekedik. Tehát a tárgyalta műveletcsoport sem térben, sem időben nem érint más vonatok közlekedése közben felmerülő hasonló műveleteket. Jóllehet a tárgyalta műveletcsoport ilyen felmerülése sem ritka, de gyakori az olyan eset is, amikor a különböző vonatok menetével kapcsolatos fogadási, menesztési, áthaladási műveletek egymással kapcsolatba kerülnek, idő- és térbeni ütközések, vonattalálkozások adódnak. Ilyen esetekben – mint az ütközések kiküszöbölésekor általában – az ütköző folyamatok időbeni, vagy térbeni szétválasztásának módszeréhez kell nyúlni. Az előbbi rendszerint többlet időfelhasználással jár, utóbbi sajátos berendezések létesítésével jár.

A felvetődő kérdés tárgyalása során a vonattalálkozások fogalmát általánosabban értelmezzük, mint szokásos és értjük rajta a vonatmegelőzésen és keresztezésen kívül, mindazokat az eseményeket, melyek két (vagy több) vonat egyazon állomáson levő vágányútjának kölcsönhatásából adódnak. Ide kell érteni azokat a folyamatokat is, amelyeket a forgalom területén egyidejű vonatok közlekedése néven tárgyalnak.

A vázolt értelemben vett vonattalálkozások kapcsán elvileg csak azok a műveletek merülnek fel, amelyeket a be-, ki- és áthaladás tárgyalása során megismertünk. Új technológiai probléma nem mutatkozik. Új szempont a találkozó két vonat be-, ki- és áthaladása időrendjének összehangolása. Menetrendi fogalmakkal élve az érkezési, indulási, illetve áthaladási időpontok egyeztetéséről van szó. Most is normaértékekre törekedve, azokat a legkisebb időközöket fogjuk keresni, amelyek mellett még a vonattalálkozási (be-, ki- és áthaladás) műveletek – a biztonság teljes megóvása mellett – még éppen lebonyolíthatók. A vasutak ezeket az időtartamokat külön elnevezéssel jelölik meg: legkisebb állomási időközök.

Amennyiben a vizsgált állomáson a vonat tartózkodására nemcsak a találkozó vonatok időbeni elkülönítése miatt van szükség, hanem kereskedelmi, tolatási, műszaki, vagy egyéb ok miatt is, sőt ezek időszükséglete a legkisebb állomási időköznel nagyobb, akkor a legkisebb állomási időközök meghatározó szerepe eltűnik.

Vonattalálkozáson – legszűkebb értelemben – általában azonos vágányon közlekedő vonatok szolgálati helyen történő találkozását kell érteni.

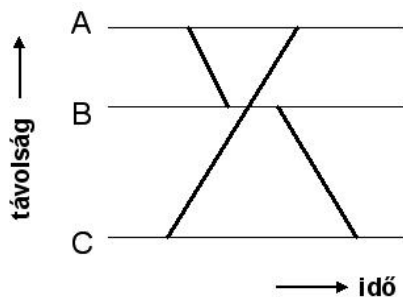
- Azonos vágányon ellenkező irányban közlekedő vonatok szolgálati helyen történő találkozási a keresztezés (6.23. ábra).
- Azonos irányban közlekedő vonatok szolgálati helyen történő találkozási, amelynél a követő vonat az elől haladó vonatot utoléri és ettől kezdve a követő vonat az utolért vonat előtt halad tovább, a megelőzés (6.24. ábra).

Tágabb értelemben keresztezésnek minősül az ellenkező irányban közlekedő vonatoknak az állomás meghosszabbított vágányán, vagy a részben kétvágányú pályán menetközben történő találkozási. Megelőzés a követési sorrendnek a nyíltvonalon a helytelen vágány felhasználásával végrehajtott változtatása is.

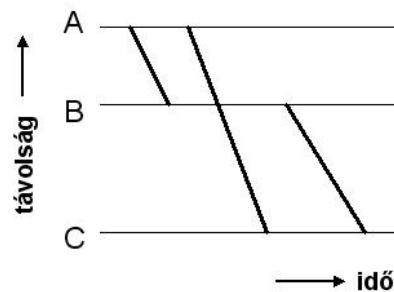
Vannak vonatok, amelyeket a vasutak „túl hosszú”-nak (túltengelyesnek) minősítenek. Ezek olyan vonatok, amelyek teljes hossza (tengely mennyisége) a vonalra és az állomásra engedélyezett legnagyobb vonathosszat (tengelymennyiséget) meghaladja. Nem fér el azon a vágányon, amelyre lefogadták. Az ilyen vonatokkal való találkozás esetén különleges szabályozás szükséges.

A vasútállomáson találkozó vonatok érkezését, indulását és áthaladását – a vonali és állomási berendezések kapacitásának legkedvezőbb színvonalú kihasználása érdekében – általában

közel (ha lehet teljesen) egyidőben bonyolítják le. A találkozó vonatok az állomás egy-egy vágányútját használják. Az egyes, egyidőben közlekedő vonatok vágányútja lehet egymástól teljesen független, de különösen egyvágányú vasúti pálya állomásain gyakoribb az az eset, hogy a vágányutak „egymásba érnek” (fonódnak, kereszteződnek, csatlakoznak, elágaznak), vagy más módon érintik, veszélyeztetik egymást. Ezért a vasutak az egyidejű menetek lebonyolítását szigorú, merev rendelkezésekkel szabályozzák.



6.23. ábra
Vonatkeresztezés



6.24. ábra
Vonatmegelőzés

Tiltott egyidejű menetek

Nem szabad (tilos) két szemből érkező vonatot egyidejűleg ugyanarra a vágányra bocsátani (6.25. ábra).



6.25. ábra

Nem szabad (tilos) két vonatot egyidejűleg közlekedtetni, ha vágányútjaik érintik egymást, esetleg fonódnak (6.26. ábra).



6.26. ábra

Nem szabad (tilos) két vonatot egyidejűleg közlekedtetni, ha vágányútjaik metszik egymást (6.27. ábra).



6.27. ábra

Nem szabad (tilos) két vonatot váltókon egyidejűleg közlekedtetni, ha a vágányutakat összekötő váltók nincsenek lezárva (6.28. ábra).



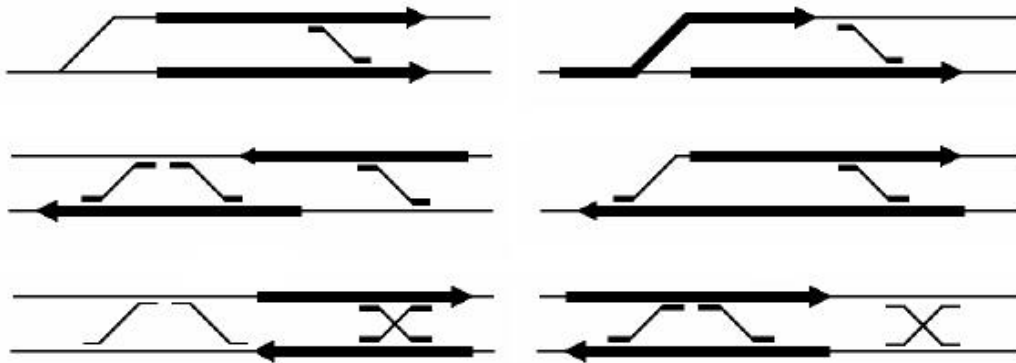
6.28. ábra

Terelési lehetőség mellett lebonyolítható menetek

Két egyidejű menet lebonyolítható, ha a vágányutak terelőváltókkal teljes hosszukban függetleníthetők és a terelőváltók terelő állásban le vannak zárva (6.29. ábra).

A menetek lehetnek:

- azonos irányból érkező,
- azonos irányba induló,
- ellentétes irányból érkező,
- ellentétes irányba induló,
- az érkezés irányával megegyező irányba induló.

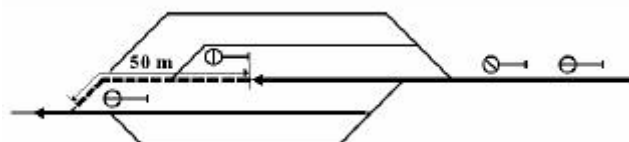


6.29. ábra

Terelési lehetőség nélkül lebonyolítható menetek

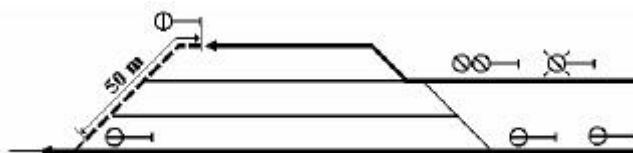
Ha nincs terelési lehetőség, különleges feltételek mellett az alábbi egyidejű meneteket szabad lebonyolítani:

Érkező vonat behaladása közben kihaladás a szolgálati hely túlsó végén (6.30. ábra).



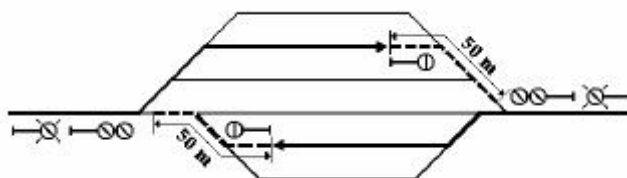
6.30. ábra

Más-más pályáról érkező azonos irányú vonatok egyidejű behaladása a szolgálati hely azonos végén (6.31. ábra).



6.31. ábra

Ellenkező irányból érkező vonatok egyidejű behaladása (6.32. ábra).



6.32. ábra

Az ilyen egyidejű meneteket azonban csak a következő különleges feltételek egyidejű megléte esetén szabad lebonyolítani:

- a távolbalátás nem korlátozott,
- az azonos irányú vonatok közül a szolgálati helyen legalább az egyik vonat, ellenkező irányú vonatok esetén pedig mindkét vonat menetrend szerint megáll és nem terveztek rendkívüli áthaladást sem,
- az érkező vonatok által használt vágánynak előjelzővel (külön előjelző, vagy előjelzést adó főjelző) rendelkező, jól működő bejárat jelzője van,
- a vágányutakban fekvő váltók le vannak zárva,
- a bejárat jelző vágányutak végén jól működő egyéni kijárat jelző és annak előjelzője (külön előjelző, vagy előjelzést adó főjelző) van,
- a kijárat jelző előjelzője (külön előjelző, vagy előjelzést adó főjelző) és a kijárat jelző között a vágányutakon sehol nincs 10‰-nél nagyobb esés,
- a kijárat jelző és az utána következő csatlakozási vagy metszési pont biztonsági határjelzője között ellenkező irányú vonatok esetében mind a két vonathoz, azonos irányú vonatok esetében pedig akkor, ha az egyik vonat áthalad, a megálló vonathoz legalább 50 m távolság van.

Amennyiben a bejárat jelző vágányút végén nincs jól működő előjelzővel (külön előjelző, vagy előjelzést adó főjelző) ellátott egyéni kijárat jelző, de megvannak a fentiekben (a – d pontig) előírt egyéb feltételek, egyidejű meneteket csak a következő feltételek mellett szabad lebonyolítani:

- a távolbalátás nem korlátozott,
- az azonos irányú vonatok közül a szolgálati helyen legalább az egyik vonat, ellenkező irányú vonatok esetén pedig mindkét vonat menetrend szerint megáll és nem terveztek rendkívüli áthaladást sem,
- az érkező vonatok által használt vágánynak előjelzővel (külön előjelző, vagy előjelzést adó főjelző) rendelkező, jól működő bejárat jelzője van,
- a vágányutakban fekvő váltók le vannak zárva,
- a bejárat jelző előjelzőjétől (külön előjelző, vagy előjelzést adó főjelző) az érkező vonat vágányútjában sehol nincs 10‰-nél nagyobb esés,

- f) a megállás helye és az utána következő csatlakozási vagy metszési pont biztonsági határjelzője között ellenkező irányú vonatok esetében mind a két vonatnál, azonos irányú vonatok esetében pedig akkor, ha az egyik vonat áthalad, a megálló vonatnál, ha pedig mind a két vonat megáll, az egyik vonatnál legalább 300 m távolság biztosítható,
- g) a megállás helyén Megállj-jelzőt tűznek ki és kézijelzéssel is Megállj jelzést adnak,
- h) az érkező vonatok felé a bejáratnál váltóknál kézijelzéssel Lassan jelzést adnak.

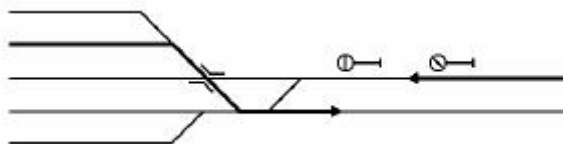
Érkező vonat vágányútján a bejárat oldalán érintő vagy metsző kijáraton át, illetve másik vágányról (6.33. ábra) vonatot csak akkor szabad indítani, ha:

- a) a távolbalátás nem korlátozott,
- b) a szolgálati hely a várt vonat felől jól működő és Megállj-jelzést adó külön előjelzővel, vagy előjelzést adó főjelzővel rendelkező bejáratnál jelzővel fedezve van és
- c) a pályán a bejárat jelző előjelzőjétől (külön előjelző, vagy előjelzést adó főjelző) az első bejárat váltóig sehol nincs 10%-nál nagyobb esés.

Amennyiben a felsorolt feltételek nincsenek meg, akkor az induló vonat mozdonyvezetőjét csak akkor szabad felhatalmazni, ha a vonat indulási ideje és az érkező vonatnak a bejárat jelzőhöz való érkezési ideje között legalább annyi időkülönbség lesz, amennyi:

- az indítandó vonat teljes kihaladásához,
- az érkező vonat vágányútjának beállításához,
- a váltó- és vágányút ellenőrzéshez,
- az ellenőrzések bejelentéséhez és
- a jelző kezeléséhez szükséges.

Amikor ez az időkülönbség nem biztosítható, akkor meg kell várni az érkező vonat behaladását, illetve vágányhiány esetén az érkező vonatnak a bejárat jelző előtt való megállását. Utóbbi esetben a forgalmi szolgálattevő csak akkor adhat felhatalmazást a vonat indítására, ha személyesen vagy a váltókezelő útján meggyőződött arról, hogy a vonat a bejárat jelző előtt megállt.



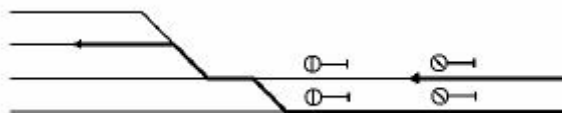
6.33. ábra

Ha a szolgálati hely egyazon oldalán más-más pályáról (vágányról) érkező vonatok vágányútjai érintik, vagy metszik egymást (6.34. ábra), akkor a vonatok behaladását érkezésük sorrendjében, illetve a vonatok fontossági sorrendjének megfelelően, kizárólag a bejárat jelzők szabályszerű kezelésével kell lebonyolítani, ha:

- a) a távolbalátás nem korlátozott,
- b) a bejárat jelzők jól működnek,
- c) a megállítandó vonat felől a vágányon a bejárat jelző előjelzőjétől (külön előjelző, vagy előjelzést adó főjelző) az első váltóig sehol nincs 10%-nál nagyobb esés.

Ha ezek a feltételek nincsenek meg, vagy ha a bejárat jelzők közül csak az egyik is használhatatlan, akkor a jelzőhöz előbb érkező vonatot csak akkor szabad feltartóztatás nélkül bejá-

ratni, ha a vonat a később érkező vonatnak a bejáratí jelzőhöz való érkezése előtt teljesen be tud haladni a szolgálati helyre. Ha ez nem történhet meg, akkor a jelzőhöz előbb érkező vonatot a jelző előtt meg kell állítani. A később érkező vonatot csak akkor kell megállítani, ha az előbb érkező vonatot kell elsőnek bejáratni. Egyidejű érkezés esetén mindkét vonatot meg kell állítani a bejáratí jelzőnél, és a behaladás sorrendjére a helyzetnek megfelelően kell rendelkezni.



6.34. ábra

6.4.1.2. Állomási műveletek időnormáinak meghatározása

A vonatokkal kapcsolatos állomási forgalmi műveletek, mint ismeretes, időfelhasználással járnak. Ez az időfelhasználás egyrészt a kocsikat, másrészt az állomási berendezéseket terheli. E kétféle időfelhasználás nem egyforma egymással. Általában az állomási berendezések időalapját terhelő foglaltsági idők nagyobbak, mint a kocsikat terhelők. Mivel célunk az állomási üzemi folyamatok és berendezések vizsgálata, gondolatmenetünket az állomási berendezések foglaltsági idejére irányítjuk.

A foglaltság általában a dolgozóknak és berendezéseknek valamely befejezett, vagy folyamatban levő, illetve tervezett intézkedés következtében történő kizárólagos időbeni lekötését jelenti. Jórészt a vasút kényszerpálya jellegéből következően és az ezzel összefüggő biztonsági megfontolásokból (a folyamatok időbeni szétválasztása céljából) a foglaltsági időt célszerű részekre bontani. Így megállapítható, hogy tényleges foglaltság áll-e fenn, vagy sem.

Az intézkedési idő a kiadott rendelkezések és értesítések olyan számítható ideje, amely alatt a berendezések állapotában (helyzetében) nem történik változás. Ennek következtében a munkafolyamat kezdési szakaszában a berendezés még szabad, zárt állapot mellett pedig a zártság meghosszabbodik.

Zárt idő, valamely vágányút építésének – a szándékolt meneten kívül – más mozgást kizáró megkezdési időpontjától az elbontásig terjed, tekintet nélkül arra, hogy a zárás ténylegesen megtörténik-e, vagy sem. A menet kezdetét a neki megfelelő váltók állításának kezdési időpontjától számítják.

Kötött idő, a zárt állapotot megelőző idő, amelynek túllépése a tervezett mozgás megkésleltetését okozza (pl. a tolatás beszüntetése a várt vonat előtt).

Foglalt idő, a zárt időnek a menet által ténylegesen lekötött része. A foglaltsági idő mindenképpen összetett időfelhasználás, tehát ciklus idő jellegű, ezért az egyes műveletek, részfoglaltsági idők egyidejűsítésének és párhuzamosításának szempontját mindenkor mérlegelni kell. Semmi esetre sem helyes az egyes elemi időfelhasználások egyszerű összeadása.

Az egyes szorosan összetartozó műveletekből kialakított részfolyamatok időnormáit az éppen legalkalmasabb módszerekkel állapítják meg, majd műveleti lapokon kerülnek kimunkálásra és rögzítésre. Előfordul, hogy a műveleteket szükséges műveletelemekre bontani. Ez olyankor

következik be, amikor a mozgások több vágánycsoportot, vagy önállóan kezelhető részvágányutat érintenek. A teljes idő a művelet végrehajtásának megkezdésétől a befejezéséig terjedő idő, a berendezés csoportokon, ennek csak egy része jelentkezik (pl. menet a személypályaudvarról a tároló vágányokra, illetve innen a szerelvény átállítása a személypályaudvarra). A részídők összege rendszerint több az osztatlan műveleti időnél.

A vonat be-, ki-, vagy áthaladásával kapcsolatos foglaltsági idő – a vázolt szempontok figyelembe vételével – a be- (t_{be}), ki- (t_{ki}), vagy áthaladási ($t_{át}$) időből, a vonatfogadás (t_f), visszajelentés (t_{vj}) és menesztés (t_{me}) idejéből, továbbá az érintett vágányút felépítésével és bontásával kapcsolatos időkből tevődik össze, ami egyben norma is. A szóba jövő időelemek egyik része menetidő, illetve az ezek segítségével kifejezhető idő, másik része pedig az állomások berendezéseinek foglaltsági idejével és egyéb, a forgalmi ténykedésekkel összefüggő idő, amely a vonatok (kocsik) tartózkodását okozzák, esetleg nem okozzák. A teljes időfelhasználás tetemes részét a behaladási idő teszi ki, ami azt okozza, hogy a korszerű berendezések hatása sokkal mérsékeltebb mértékben érzékelhető, mint az a berendezés kezelése alapján várható.

A vágányút és a jelző kezelése

A vonatok vágányútjának felépítésével és bontásával, valamint a jelző kezelésével kapcsolatos idő nagyságát az állomás biztosított, vagy nem biztosított jellege befolyásolja. Biztosított állomásoknál a biztosítás módja szerint is változik a figyelembe vehető idő. Ez az érték vágánycsoportonként is különbözhet. A berendezés kezelési műveletelemekre fordítandó időket mérésekkel és statisztikai módszerek alkalmazásával kell megállapítani.

A vágányút építésének elemei:

- a) vonatvágányút kijelölése (t_i),
- b) a vágányút elkészítése – vágányút ellenőrzése, váltóellenőrzés, a vágányút beállítása, a vágányút elkészítésének bejelentése – (t_{vu}),
- c) vágányút rögzítése (t_r),
- d) rendelkezés a jelző „Szabad”-ra állítására és a jelző állítása (t_j).

A vágányút bontásának (t_o) elemei:

- a) a jelző „Megállj!” állásba állítása,
- b) a vágányút feloldása.

A be-, ki- és áthaladási idő meghatározása

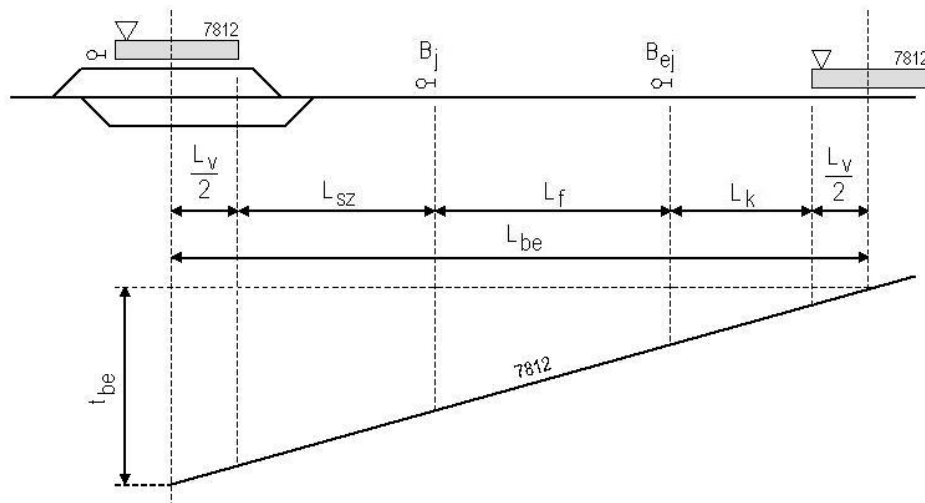
Az állomási vonatmozgások (behaladás, kihaladás, áthaladás) időszükségletének meghatározása különböző módszerek segítségével történhet. Ezek a módszerek:

- mérés,
- analitikai számítás,
- menetidőgörbék szerkesztése (grafikus módszer),
- vontatási számítások.

Ezek a számítási eljárások lehetővé teszik a pontos – a vonatok sebességi csoportját, a különböző irányok és vágánycsoportok, illetve vágányok között adódó távolságok különbségét és a bejárás, kijárás, áthaladás irányát is érzékeltető – időértékek meghatározását. Figyelembe vendő az a körülmény is, hogy a vonat megállási, indulási és áthaladási (vonatkoztatási) pont nem mindig esik össze a felvételi épület „középvonalával”. Ilyenkor a be- és kijárással kap-

csolatos idők ennek értelemszerű számításba vételével határozhatók meg. A behaladási időt aszerint, hogy a vonat az állomáson megáll, vagy áthalad, külön célszerű tárgyalni.

Az állomáson megálló vonat esetében (6.35. ábra) behaladási időn (t_{be}) a vonatnak az észlelési ponttól az állomáson való megállásig eltelt időt értik.



6.35. ábra
Behaladási idő meghatározása

A bejárat jelző előjelzőjének, abban a pillanatban, amikor a vonat mozdonya az észlelési ponthoz ér, szabad behaladásra utaló jelzést kell mutatni. Ez természetesen azt is jelenti, hogy a bejárat jelzőn is „Szabad” jelzés van kivezélve. Ez idő alatt a vonat, a vonat közepére vonatkoztatva, az átlagos menetsebességgel futja be az egész távolság fékúttal csökkentett részét, átlagos sebességgel pedig a fékútnak megfelelő távolságot. Először meghatározandó a behaladási távolság:

$$L_{be} = L_v + L_k + L_f + L_{sz} \quad [\text{m}]$$

ahol L_v a vonat hossza, mert a vonatkoztatási pont éppen a vonat fele,
 L_k észlelési (készenléti) távolság,
 L_f fékút, amelyen a vonat megáll,
 L_{sz} a bejárat jelző és a bejárat vágány szigetelt szakaszának belső vége között.

Mivel az átlagos menetsebesség a fékút két végén meglevő sebesség (v_a és 0) érték analitikai átlaga, ezért:

$$v_a = \frac{v_a + 0}{2} = \frac{v_a}{2} \quad [\text{km/h}]$$

A behaladási idő értéke, tehát:

$$t_{be} = 0,06 \left(\frac{L_{be} - L_f}{v_a} \right) + \frac{L_f}{\frac{v_a}{2}} = 0,06 \frac{L_{be} + L_f}{v_a} \quad [\text{perc}]$$

A kihaladási idő meghatározásának legcélravezetőbb módja vontatási számításokat alkalmazó eljárás, amelynek alapját ma már a vontatójárművek számítógépes menetdiagramjai adják.. Tapasztalati úton másképpen is eredményre juthatunk, ha megfelelő mintaszámú mérést végzünk és a kihaladási idő a statisztikailag értelmezett átlagérték lesz. Utóbbi esetben vigyázni kell, hiszen az induló vonatok számos jellemzője (mozdonytípus, szerelvéynagyság, vonat jellege, kocsik típusa, vonatterhelés, stb.) jelentősen eltér egymástól.

Az áthaladási idő meghatározása során figyelemmel kell lenni arra, hogy az áthaladás nem egyszerűen be- és kihaladásból tevődik össze. Az áthaladásnak egy behaladási része és egy kihaladási része van. Nyilván az időszükségletekre is elmondható ez.. Az áthaladási távolság csak egy (L_i) szakasszal tér el a behaladási távolságtól. Ez a távolság a kijárat jelző és a kijárat vágányút menetben érintett utolsó kitérőjének eleje között értelmezhető.

Amennyiben a behaladási idő meghatározásánál a korábbiak során már alapul vett 6.35. ábrát megtekintjük, akkor megállapítható, hogy az áthaladási távolság nem más, mint a behaladási- és kihaladási távolság összege:

$$L_a = L_{be} + L_i \quad [\text{m}]$$

A vonat az áthaladása során a teljes áthaladási távolságot alapsebességgel futja be, hiszen most nem kell megállnia, ezért az átlagsebességet most nem kell figyelembe venni. Az áthaladási idő:

$$t_{ah} = 0,06 \frac{L_a}{v_a} \quad [\text{perc}]$$

Az áthaladási idő a be- és kihaladási idő összegeként is meghatározható. Az áthaladási idő behaladási részének meghatározásakor a behaladási távolságot kell figyelembe venni:

$$t_{ab} = 0,06 \frac{L_{be}}{v_a} \quad [\text{perc}]$$

Az áthaladási idő kihaladási részének meghatározásakor a kihaladási távolságot kell figyelembe venni:

$$t_{ak} = 0,06 \frac{L_i}{v_a} \quad [\text{perc}]$$

Most a két részt egybeírva:

$$t_{ah} = t_{ab} + t_{ak} = 0,06 \frac{L_{be}}{v_a} + 0,06 \frac{L_i}{v_a} = 0,06 \left(\frac{L_{be} + L_i}{v_a} \right) \quad [\text{perc}]$$

Vonatfogadás és menesztés

A vonatok fogadásának művelete a következő elemekből tevődik össze:

- a) a forgalmi szolgálattevő a külső térre megy, ismételten ellenőrzi a vonat vágányútjának szabad állapotát és várja a vonat behaladását,
- b) a forgalmi szolgálattevő ellenőrzi a behaladó vonatot, megfigyeli a zárjelzőt, meghallgatja a vonatszemélyzet jelentését,
- c) a forgalmi szolgálattevő visszatér a forgalmi irodába, meghallgatja a váltókezelőnek a teljes vonat beérkezésére vonatkozó jelentését, intézkedik a jelző „Megállj!”-ra állításáról és a vonat vágányútjának feloldásáról.

A vonatfogadás időtartamának meghatározása megfigyeléssel és méréssel történhet, de annak a fontos ténynek a figyelembe vételével, hogy a vonatok fogadásának művelete nagyrészt egyidejű a vonat behaladásával.

A vonatok menesztése műveletként ugyancsak több elemből tevődik össze:

- a) a forgalmi szolgálattevő a külső térre megy,
- b) intézkedik a beszállítás befejezése iránt, továbbá a vonatszemélyzet vonaton kijelölt helyének elfoglalására,
- c) szükség esetén kezeli a vonat menetigazolványát, írásbeli rendelkezést kézbesít,
- d) visszatér a forgalmi irodába, majd a vonat indulási idejét közli a fogadó állomással.

Ez a művelet a vonat kihaladásával részleges átfedésben van. Rövid ideig tartózkodó és áthaladó vonatoknál a fogadás és a menesztés folyamatosan történik. Ilyen esetben a mögöttes állomás részére visszajelentést a vonat menesztése után adnak. A menesztés ún. időnormáját, hasonlóan a fogadásnál említett módszerhez, megfigyelések és mérések útján kell megállapítani.

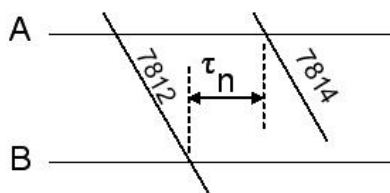
Visszajelentés és az érkezési-követési időköz

A visszajelentés távbeszélő készüléken, vagy a biztosítóberendezés kezelőfelületének aktivizálásával adott értesítés a menetirány szerinti mögöttes állomás (nyíltvonali szolgálati hely) részére. Utóbbi műveleti időtartama, a műszaki megoldás módjától függően, általában legfeljebb 1 perc. A visszajelentés időtartama állomásokon rendszerint a vágányút oldási és építési idejével egyidejűsíthető.

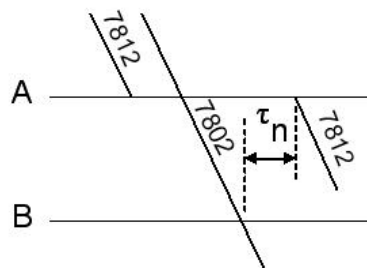
Az érkezési-követési időköz (τ_n) a visszajelentési, a menesztési és fogadási műveletek elemeiből összetevődő fontos időfelhasználás. Általában a mögöttes állomás vonatfogadási művelete b) elemének a vonat megállásától (áthaladásától) számított részéből, (megálló vonatnál annak c) elemét is tartalmazza), a visszajelentés adási idejéből, továbbá a mögöttes állomásnak a visszajelentés vételére szükséges idejéből, valamint menesztési művelete a), b), c), d) elemeinek a vonat elindulásáig terjedő idejéből tevődik össze. Amennyiben az előttes állomás vonata áthaladó, a menesztés d) eleme is felmerül (ha menesztés szükséges. Az érkezési-követési időközt bizonyos esetekben behaladási idő is terheli. Erre később kitérünk. Elvileg hasonló jellegű időköz adódik, mint amilyen a forgalomszabályozást rendeltetés szerint végző térközjelzők működése esetén.

Amennyiben az elől haladó vonat a fogadó B, a követő vonat a menesztő A állomáson nem áll meg, A állomás visszajelentést csak a B-ben áthaladó vonat menesztése után kap. Az A állomás által menesztendő vonat ekkor az áthaladási jelző előtti észlelési pontnál lehet, s így behaladási idő terheli (6.36. ábra).

Ha az elől haladó vonat B állomáson áthalad, az A állomásról induló pedig tartózkodik, a visszajelentés után azonnal elindítható, behaladási idő nem merül fel (6.37. ábra).



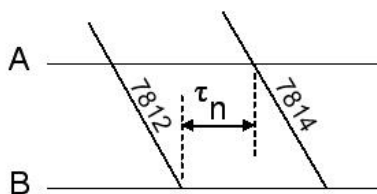
6.36. ábra



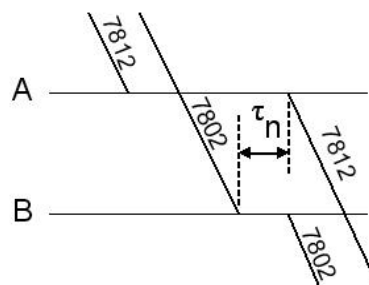
6.37. ábra

Amennyiben az elől haladó vonat B-ben megáll, a követő pedig A-ban áthalad, A állomás a B állomástól érkezés után azonnal kap visszajelentést. A állomáson felmerül a behaladási idő. Az érkezési-követési időköz a 6.38. ábrán látható.

Amikor mindkét vonat megáll – az elől haladó a B állomáson, a követő vonat pedig az A állomáson – akkor az érkezés utáni visszajelentésre A állomás, behaladási idő felmerülése nélkül, indíthatja a követő vonatot (6.39. ábra).



6.38. ábra



6.39. ábra

A legrövidebb állomási időköz

Azokat az egymással kapcsolatban levő, az állomások berendezéseinek jelentkező foglaltsági, vagy ténykedési (vonattartózkodási) időket, amelyek – függetlenül a vonat kezelésével kapcsolatos műszaki, vagy kereskedelmi műveletektől – szabályos forgalom lebonyolítás mellett mindenképpen felmerülnek, általában legrövidebb állomási időközöknek nevezik. A legrövidebb állomási időközök összetettebb állomási időfelhasználások, de minden esetben azokból az elemekből épülnek fel, amelyekről az eddigiekben szó volt.

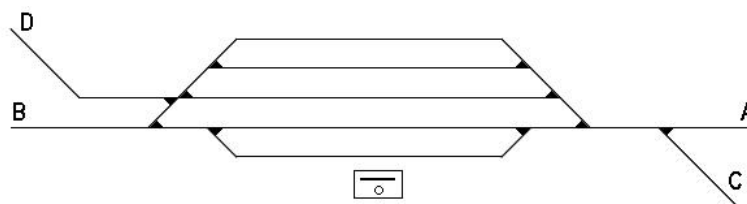
A legrövidebb állomási időközökből épülnek fel a vonattalálkozások lebonyolításához szükséges minimális időtartamok. A legkisebb állomási időközök – mint állomási tartózkodási idők – feltétlenül növelik az állomásnak, mint „térköznek” a foglaltsági idejét.

Az állomási időközök az állomás elrendezésének és a különböző forgalmi helyzeteknek megfelelően többfélék. Az állomási időközök meghatározásakor mindig az elől haladó vonat (előbb érkező-, induló-, vagy áthaladó) érkezési-, indulási-, vagy áthaladási idejéből kell kiindulni és ettől az időponttól kezdve kell számítani a később érkező, induló, vagy áthaladó vonat lehetséges legkorábbi érkezési-, indulási-, vagy áthaladási idejét, mint állomási időköz.

Mint ismeretes, az állomási időközöknek sok fajtája van. Ezek a:

- keresztezési időköz (τ_k),
- ellenkező irányból érkező vonatok érkezési időköze (τ_e),
- ellenkező irányba induló vonatok időköze (τ_i),
- az állomás azonos végén érkező vonatok érkezési időköze ($\tau_{éé}$),
- az állomás azonos végén kihaladó vonatok indulási időköze (τ_{ii}),
- azonos menetirányú érkező és induló vonat közötti időköz ($\tau_{éi}$),
- azonos menetirányú induló és érkező vonat közötti időköz ($\tau_{ié}$),
- keresztkijáratok időköz ($\tau_{ixé}$).

Keresztezési időköznek nevezik az egyvágányú állomásközből az állomásra érkező vonat érkezése (áthaladása) és ugyanazon állomásközbé közlekedő, de ellenkező irányú induló vonat indulása között felmerülő legrövidebb időt. Az egyvágányú pálya állomásának vonalas vágányhálózati képét a 6.40. ábra szemlélteti.



6.40. ábra
Egyvágányú pálya „E” állomása

Figyelembe kell venni, hogy az elsőnek vonatot fogadó forgalmi szolgálattevő visszamegy a forgalmi irodába, a vonat vágányútját oldják, az induló vonat vágányútját elkészítik és menesztik. A vonatkeresztezési eseményt, a 6.41. ábra szemlélteti. A keresztezési időköz meghatározására alkalmas összefüggés:

$$\tau_k = t'_f + t'_o + t''_{vu} + t''_r + t''_j + t''_{me} \quad [\text{perc}]$$

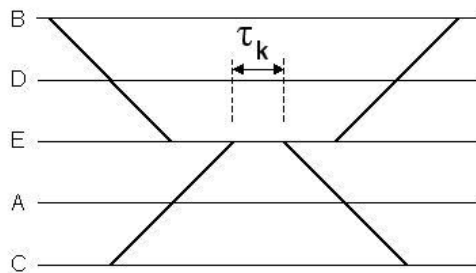
Ez az időköz alkalmas vágányhálózattal, korszerű távközlő- és biztosítóberendezéssel számottevően csökkenthető.

Ellenkező irányból érkező vonatok érkezési időköze. Egyvágányú pályán ilyen találkozás után rendszerint keresztezés történik. Ez esetben nem ugyanazt a vágányt, ellentétes irányban használó két vonat menetéről van szó, hanem ellentétes irányból ugyanarra az állomásra bejáró két vonat érkezéséről, illetve érkezési időközéről (6.42. ábra).

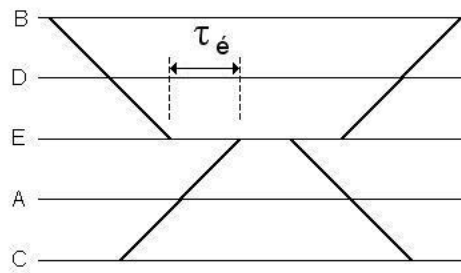
Meghatározásakor azt kell alapul venni, hogy az első megállása a forgalmi szolgálattevőnek a forgalmi irodába visszatérése és az előbb lezárt vágányút oldása után állítható a későbbi vonat számára a bejárat jelző. Összetevői tehát:

$$\tau_e = t'_f + t'_o + t''_j + t''_{be} \quad [\text{perc}]$$

A számítás kezdőpontjául a korábban érkező vonat megállási idejét vehetjük. A bejárat jelző „Szabad”-ra állítása pillanatában a vonat az előjelzőtől észlelési távolságra lehet (általában kb. 200-300m). Az eredményül kapott idő a későbbi vonat megállási ideje. A későbbi vonat részére a vágányutat a korábbi vonat behaladásával egyidőben készítik el. Az időköz értéke aszerint módosul, hogy a később behaladó vonat megáll-e az állomáson, vagy sem. Megfelelő vágányelrendezéssel minden további nélkül megvalósítható az egyidejű bejárás.



6.41. ábra
Keresztezési időköz



6.42. ábra
Érkezési időköz

Ellenkező irányba induló vonatok időköze (6.43. ábra). Ennek az állomási időköznek valójában akkor van jelentősége, ha a két vonat indítása – bár a menesztésnek forgalmi akadályja nincs – nem történhet meg egyidőben. Az időköz értéke a két menesztési hely közötti távolságtól függ.

$$\tau_i = t'_{me} \quad [\text{perc}]$$

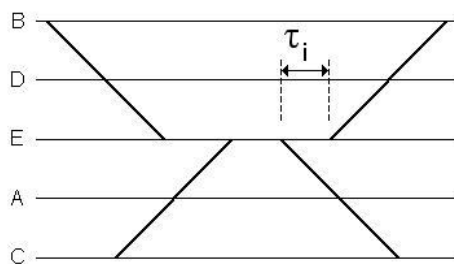
Az állomás azonos végén érkező vonatok érkezési időköze (6.44. ábra). Az időköz értékének meghatározásakor két eset lehetséges:

A rendelkezésre álló vágányutak mennyisége *kettő*. Ilyen esetben az előbb érkező vonat még csak észlelési távolságban lehet, tehát:

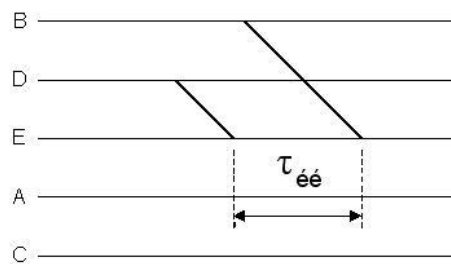
$$\tau_{\acute{e}\acute{e}}^k = t'_f + t'_j + t''_{be} \quad [\text{perc}]$$

A bejárat vágányutak mennyisége *egy*, amikor is a korábban érkező vonat után a vágányutat feloldják, a későbbi vonat részére elkészítik, a jelzőt „Szabad”-ra állítják, s ekkor lehet a későbbi vonat az észlelési pontnál, tehát:

$$\tau_{\acute{e}\acute{e}}^e = t'_f + t'_e + t''_{vu} + t''_r + t''_j + t''_{be} \quad [\text{perc}]$$



6.43. ábra
Indulási időköz



6.44. ábra
Az állomás azonos végén érkező vonatok
érkezési időköze

Az állomás azonos végén kihaladó vonatok indulási időköze (6.45. ábra). Ebben az esetben is két, egymástól megkülönböztethető, eset lehetséges. Amennyiben *két* rendelkezésre álló, de le nem zárható, vágányút van, a második vonat csak az első vonat kihaladása után meneszthető, vagyis:

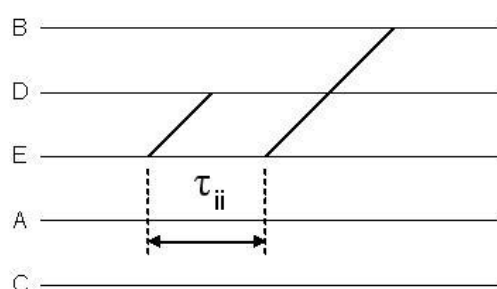
$$\tau_{ii}^k = t_{ki}^* \quad [\text{perc}]$$

Egy vágányút van, amikor is az első vonat kihaladása után a vágányutat lebontják, majd a későbbi vonat részére a vágányutat felépítik. Ezután menesztik a második vonatot. Így:

$$\tau_{ii}^e = t_{ki}^* + t_o^* + t_{vu}'' + t_r'' + t_j'' + t_{me}'' \quad [\text{perc}]$$

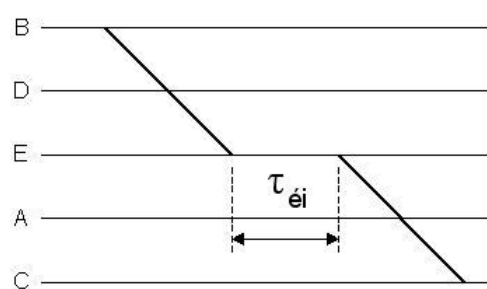
Azonos menetirányú, érkező és induló vonatok közötti időköz (6.46. ábra). Az érkező vonat fogadása és vágányútjának oldása után az induló vonat részére a kijáratit jelzőt kezelik és a vonatot menesztik. Az összefüggés az időköz értékének meghatározására:

$$\tau_{ei} = t_f^* + t_o^* + t_j'' + t_{me}'' \quad [\text{perc}]$$



6.45. ábra

Az állomás azonos végén kihaladó vonatok indulási időköze



6.46. ábra

Azonos menetirányú érkező és induló vonat közötti időköz

Azonos menetirányú, induló és érkező vonatok közötti időköz (6.47. ábra). Figyelembe veendő tény, hogy az induló vonat teljes kihaladása és vágányútjának oldása után az érkező vonat az állomás felé közeledve még csak az észlelési pontnál lehet. Így az időköz értéke:

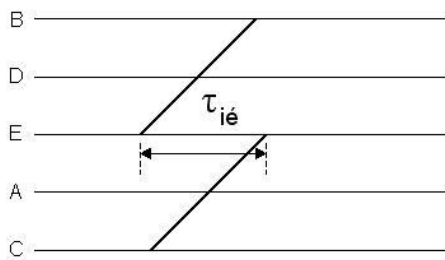
$$\tau_{ie} = t_{ki}^* + t_o^* + t_j'' + t_{be}'' \quad [\text{perc}]$$

Keresztkijáratit időköz (6.48. ábra). Az érkező vonat bejáratit vágányútját érintő kijáratit vágányúton áthaladó vonat indulása és az érkező vonat érkezése közötti időköz. Tehát a két vágányútrész részben azonos és ezt használja két vonat, amelyek ellenkező menetirányúak.

Az érkező vonat állomási feltartóztatásának elkerülése érdekében számításba veendő, hogy az induló vonat kihaladása utána vágányút elbontandó, s az érkező vonat vágányútjának elkészítése után (a rögzítés pillanatában) az utóbbi vonat még csak az észlelési pontnál lehet.

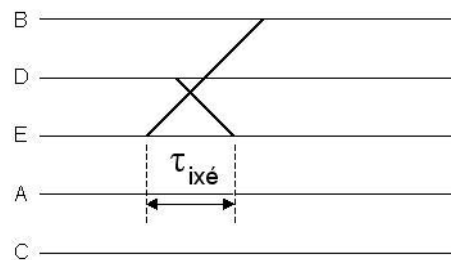
Így a keresztkijáratit időköz értéke:

$$\tau_{ixé} = t_{ki}^* + t_o^* + t_{vu}'' + t_r'' + t_j'' + t_{be}'' \quad [\text{perc}]$$



6.47. ábra

Azonos menetirányú induló és érkező vonat közötti időköz



6.48. ábra

Keresztjáratú időköz

Legkisebb állomási tartózkodási idő meghatározása

Az egymást befolyásoló, találkozó vonatok legkisebb állomási tartózkodási ideje és az állomási időközök értéke között szoros összefüggés van. Ez az összefüggés pl. a keresztezési, vagy az ellenkező irányból érkező vonatok állomási időköze és a legkisebb állomási tartózkodási idő között, a 6.49. ábra segítségével, matematikai formában is kifejezhető. Az ábrából leolvasható, hogy:

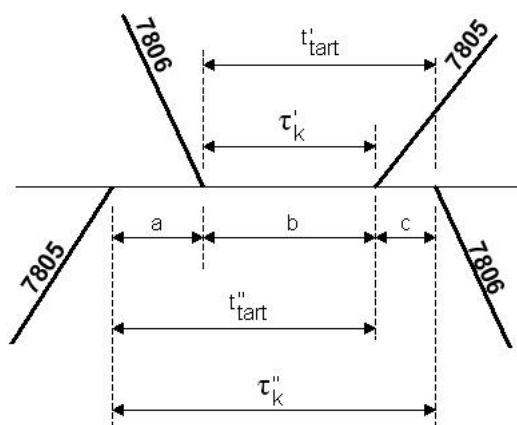
$$t'_t + t''_t = (b + c) + (a + b) = a + 2b + c$$

$$\tau'_k + \tau''_k = b + (a + b + c) = a + 2b + c$$

Ezek szerint:

$$t'_t + t''_t = \tau'_k + \tau''_k$$

vagyis a keresztező vonatpár keresztezési időinek összege egyenlő a vonatok legkisebb állomási tartózkodási időinek összegével. Ugyanez az összefüggés fennáll abban az esetben is, ha az egyik vonat megállás nélkül halad át a keresztezési állomáson.



6.49. ábra

Kapcsolat az állomási időköz és a legkisebb tartózkodási idő között

Fenti összefüggés segítségével lehet adott esetben a legcélszerűbb keresztezési megoldást megállapítani olyan állomásokra, amelyeken a vonatok kereskedelmi, vagy műszaki művele-

tek miatt tartózkodnak. Az időköz helyes megválasztásával olyan keresztezési megoldást kapunk, amely a két szomszédos állomás közre a legelőnyösebb kihasználási értéket biztosítja.

A legkisebb állomási időköz csökkentése műszaki módszerekkel

A legkisebb állomási időköz megállapítása során – adott műveleti normák mellett – az egyidejűsítés módszerével igyekeznek elérni, hogy ezek a forgalmi-üzemi időfelhasználások valóban minimálisak legyenek. Azonban a vázolt részfolyamatok időbeni szétválasztása miatt, a szervezési módszerekkel elérhető lehetőségeknek határai vannak. Ilyen szélső határ pl. amikor az egyik irányban haladó vonatot a keresztezési (illetve megelőzési) állomáson áthaladtatják. Ez esetben az egyik keresztezési idő csökken. Már bizonyos technikai feltételeket is kell biztosítani ahhoz, hogy a másik keresztezési időköz értéke nulla (egyidejű át- és kihaladás) legyen. Az ilyen lehetőségek teljes kimerítése után már csak a technikai módszerek segíthetnek a kitűzött cél még jobb elérésében. Minden olyan műszaki eljárás, amely a be-, ki- és áthaladással kapcsolatos időfelhasználások csökkentését eredményezi, egyúttal az állomási be- és ki-érkezések foglaltsági idejének, a vonatok és bennük levő kocsik állomási tartózkodási idejének csökkentésére is alkalmas lehet. Utóbbi módszerekre nem térünk ki, de megvizsgáljuk azokat a műszaki eljárásokat, amelyek segítségével az ütközési időfelhasználás jellegű meddő idők közvetlenül csökkenthetők, esetleg teljesen ki is küszöbölhetők.

Mint látható az ütközés jellegű időfelhasználások az egymással „tágabb értelemben véve” találkozó vonatok kölcsönhatásaiból adódnak. Amennyiben ez a kölcsönhatás a vágányutak alkalmas kialakításával csökkenthető, korlátozható, vagy kiiktatható, a meddő idők nem fognak felmerülni. Ilyen célra alkalmas két megoldás a menetközbeni keresztezés és a menetközbeni megelőzés.

A 6.50. ábra egy olyan vágányelrendezést mutat, amely a vonatfogadó fővágányoknak L hosszúsággal történő megnövelésével a vonatkeresztezés megállás nélküli lebonyolítását teszi lehetővé. A keresztezési időköz értéke tehát nulla. Elvileg az történik, hogy az állomási vágányon végrehajtott keresztezés úgy bonyolódik le, mint kétvágányú pálya esetében. A kitérő irányban haladó (1101 számú) vonat azonban csökkenti a sebességet az áthaladás tartamára. Természetesen a keresztezési időköz, mint τ_{kb} jelentkezik a b vonalon. Értékének megállapításakor azt kell figyelembe venni, hogy a 1108 számú vonat bejáratí vágányútjának feloldása után építhető csak fel az 1101 számú vonat kijáratí vágányútja és kezelhető részére a kijáratí jelző. A vonat ekkor legfeljebb még csak az észlelési pontnál lehet. Az L távolság τ_{kb} nagyságától függ, amelynek értéke:

$$\tau_{kb} = 0,06 \frac{L}{v_2} + 0,06 \frac{L}{v_1} = 0,06L \frac{v_1 + v_2}{v_1 v_2} \quad [\text{perc}]$$

Ebből kifejezve L értékét:

$$L = \frac{\tau_{kb} v_1 v_2}{0,06(v_1 + v_2)} \quad [\text{méter}]$$

Nagysugarú – pl. 1:27,4 hajlásszögű – kitérőn 120km/h megengedett sebességgel lehet kitérő irányba behaladni. Így technikailag nincs akadálya, hogy mindkét vonat akár sebességcsökkentés nélkül haladjon át az állomáson.

Ekkor:

$$\tau_{ka} = 0,06 \frac{L_2}{v_1} + 0,06 \frac{L_2}{v_2} \quad [\text{perc}]$$

$$\tau_{kb} = 0,06 \frac{L_1}{v_2} + 0,06 \frac{L_1}{v_1} \quad [\text{perc}]$$

$$L = \frac{(\tau_{ka} + \tau_{kb}) v_1 v_2}{0,06(v_1 + v_2)} \quad [\text{méter}]$$

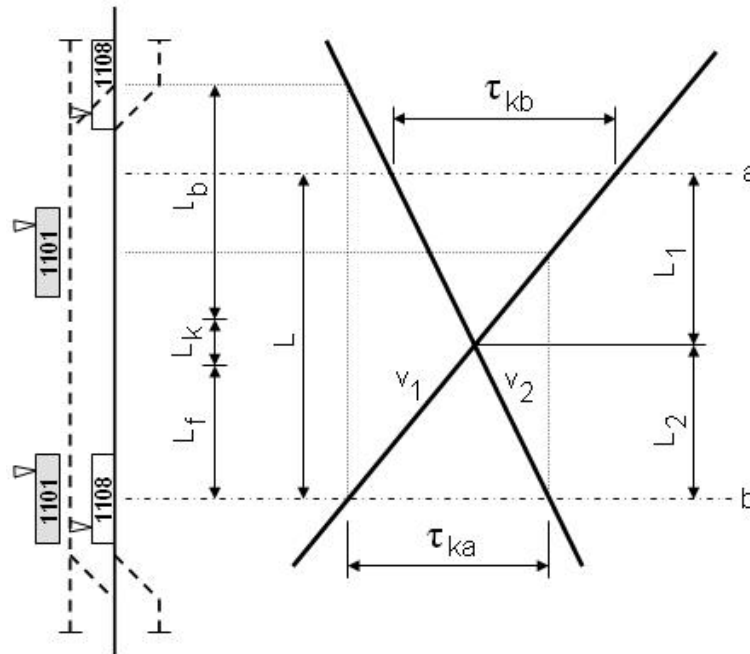
A 6.50. ábrából leolvasható, hogy τ_{ka} idő alatt az 1108 számú vonat $L_b = L_k + L_f$ utat tesz meg, ahol az indexek jelentése:

- b berendezés kezelése,
- k készenlét,
- f fék.

Így írható:

$$\tau_{ka} = t_b + 0,06 \frac{L_k + L_f}{v_2} \quad [\text{perc}]$$

$$\tau_{kb} = t_b + 0,06 \frac{L_k + L_f}{v_1} \quad [\text{perc}]$$



6.50. ábra
Menetközbeni keresztezés

A könnyebb megértés kedvéért nézzünk egy számpéldát. Amikor például

$$\begin{aligned}v_1 &= 60\text{km/h,} \\ L_k &= 200\text{m, illetve } 300\text{m,} \\ L_f &= 1000\text{m,} \\ t_b &= 2\text{perc.}\end{aligned}$$

akkor $L = 3640\text{m}$. Azért, hogy a vonatok késése esetén is biztosított legyen a menetközbeni keresztezés lebonyolítása, célszerű a keresztezési időközöket megnövelni a vonatok számítható késési idejével ($r_1 + r_2$). A példa esetében legyen $r_1 = r_2 = 2\text{perc}$. Ezt is figyelembe véve az $L = 6040\text{m}$ távolság adódik. Nyilvánvaló, hogy az L távolságot nagymértékben befolyásolja a késési idő, azaz r_1 és r_2 értéke.

A számpéldából az a következtetés vonható le, hogy hazai viszonyok között a menetközbeni keresztezés lebonyolításához szükséges vágányhossz gyakorlatilag a második vágány megépítését teszi szükségessé. Csupán az átlagosnál lényegesen hosszabb állomásköznél jöhet szóba az állomásköz egy részének kétvágányúsítása, amelyhez a helyi viszonyok figyelembevételével megfelelő vágánykapcsolások és biztosítóberendezések járulnak kiegészítésként.

A menetközbeni keresztezés a berendezések kezelési idejét nem szünteti meg, nem is csökkenti azt, csupán a meghosszabbított vágányúton mindkét vonat áthaladásának lehetővé tételével gyorsítja a forgalom lebonyolítását.

A menetközbeni megelőzés más néven repülő megelőzés lényege az, hogy az állomásról korábban kihaladt vonat sebessége kisebb, mint a követő vonaté. Ezért az állomásközben a követő vonat utoléri az elől haladót. A biztonságos megelőzés érdekében ennek a forgalmi műveletnek a végrehajtása megfelelő infrastruktúra kiépítését teszi szükségessé.

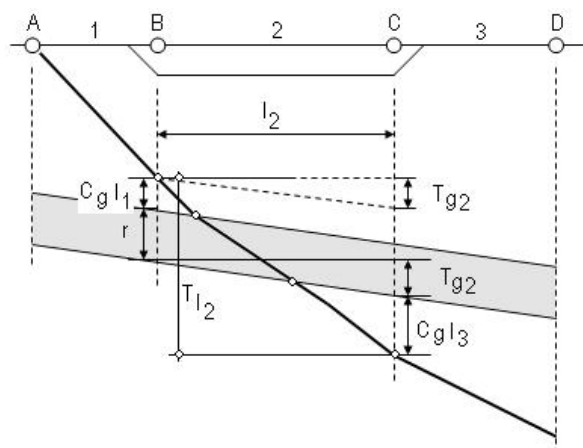
A 6.51. ábra lassabb vonatot megelőző gyorsabb vonat lehető legkorábbi és legkésőbbi menetvonalát (trassz) mutatja be. Annál könnyebb repülő megelőzést végrehajtani, minél kisebbek az 1. és 3. pályaszakaszokon a vonatkövetési idők. Nyilvánvaló, hogy ezt az állomásköz minél sűrűbb térközbeosztásával lehet elérni. Ugyancsak nagyban megkönnyíti a vázolt módszer alkalmazását, ha az l_2 megelőzési szakaszon a két vonat menetideje közötti különbség minél nagyobb.

Az r nagyobb értéke a menetközbeni megelőzést a késések esetére is biztosítja ugyan, viszont a megelőzési szakasz megnyújtását követeli meg. Az r értékéből kiindulva meg lehet állapítani a vonatcsoportokkal való megelőztetés feltételeit is.

A menetközbeni megelőzés különösen nagy és egymástól nem túlságosan eltérő sebességek esetén még a menetközbeni keresztezéshez szükségesnél is lényegesen hosszabb megelőzési távolságot igényel. Gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a 60km/h és 90km/h sebességgel haladó vonatoknál, ahol a követési távolság 3000 méter, mintegy 18km hosszú út szükséges. Hazai viszonyok között e módszer alkalmazásakor elsősorban kétvágányú pályák, vagy pályaszakaszok helytelen vágányának felhasználására kell gondolni. Ennek azonban feltétele az irányváltást lehetővé tevő, tehát mindkét irányban kiépített biztosítóberendezések alkalmazása.

Azt a kérdést, hogy adott esetben a gyorsabb, vagy lassabb vonatot célszerű-e a helytelen vágányon közlekedtetni a mindenkori helyzet, elsősorban a helytelen vágányon rendelkezésre álló szabad időköz nagysága és a két menetidőnek ehhez viszonyított értéke dönti el. Korszerű biztosítóberendezések esetében nem használják a helytelen vágány fogalmát. A központi for-

galomirányítás segítségével az adott helyzetben legkedvezőbb kihasználást biztosító megoldást alkalmazzák a vágányok felhasználása tekintetében. Megjegyzendő, hogy már a múlt században egyes vasutak a kétvágányú pályákra olyan menetrendet dolgoztak ki, amely terv szerint is tartalmazta a „helytelen” vágányon történő vonatközlekedést.



6.51. ábra
Menetközbeni megelőzés

6.4.1.3. A vonatközlekedés állomási időpontjainak megállapítása

A be-, ki- és áthaladási, valamint vonattalálkozási műveleteket és részfolyamatokat eddig önmagukban, illetve csupán egymás közötti kölcsönhatásukban vizsgáltuk. A valóságban ezeket a műveleteket be kell illeszteni a vasúti vonatközlekedési folyamatok időrendjébe. Bár a vasúti közlekedés időrendje és az állomási műveletek között szoros kölcsönhatás áll fenn, mi az eddigiek és a továbbiak során adott éves tervvel, menetrenddel számolunk. A menetrend pedig megszabja a vonatok érkezési-, indulási- és áthaladási időpontjait, s ez által a vonattalálkozások helyét és lebonyolítási módját is. A kölcsönhatás abban áll, hogy ugyanazon vonat érkezési- és indulási időpontja, valamint a találkozó vonatok érkezési-, indulási- és áthaladási időpontjai között legalább éppen a be-, ki- és áthaladási időnormák által determinált legkisebb időközöket feltétlenül biztosítani kell. Mindezen túlmenően az említett időpontokat a menetrendszerkesztés szabályai szerint állapítjuk meg.

Amennyiben a forgalom (későbbi, korábbi közlekedés esetén) nem menetrendszerűen bonyolódik le, elvileg a menetrendszerkesztéskor is megtartandó szabályok szerint és módszerekkel, az operatív tervezés keretében történik meg az érkezési-, indulási- és áthaladási időpontok, valamint a vonattalálkozások helyének és lebonyolítási módjának megállapítása (a vonattalálkozás áthelyezése).

6.4.2. Meddőidő felhasználások

A vasúti kocsis vonatban töltött ideje alatt felmerülő tervszerű meddő idő általában az indulásra kész vonatszerelvénnyel „trasszra várása”, ami a számos menetrendi kötöttség egyik fajtája. Nem tervezhető meddő idők (előre nem látható okból bekövetkezett idővesztések, vonatkések, műszaki és egyéb okból bekövetkezett un. zavarok) a menetidő meghosszabbodásából, a tervszerű tartózkodás meghosszabbodásából és a váratlanul felmerült tartózkodásból adódó időfelhasználások.

6.4.2.1. A menetrendi kötöttségek

Menetrendi kötöttségnek azokat a tervszerű meddő időfelhasználásokat nevezzük, amelyek a vasúti menetrendbe betervezett vonatok kölcsönhatásának következtében olyan vonatknál merülnek fel, amelyeken a szükséges forgalmi, kereskedelmi és műszaki műveleteket már végrehajtották. Az említett kölcsönhatásokat a menetrend szerkesztése során megtervezik. Ezért tehát az említett hatások nagysága általában a vasúti menetrend segítségével (elemzés útján) megállapítható.

A vonatok közötti kölcsönhatások számos technikai és szervezési-vezetési okból adódhatnak. Két fő csoportba sorolhatók:

- Közvetlen, elsődleges hatások, amelyek két egymással találkozó vonat között merülnek fel. Ezeket az előzőekben tulajdonképpen már áttekintettük.
- Közvetett, származékos hatások, amelyek egymással talán nem is találkozó, a hatás felmerülésekor minden esetre nem közvetlen kapcsolatban álló, vonatknál merülnek fel, azért, mert elsősorban a vasúti kényszerpálya miatt a menetrendi trasszokat nem lehet egymásra tekintet nélkül megszerkeszteni. Ezekből adódnak a szoros értelemben vett menetrendi kötöttségek.

A menetrendszerkesztés legfőbb feladatai közé tartozik olyan menetrendet készíteni, amelyben a közvetlen és közvetett kötöttségekből származó meddő idők együttes összege optimális.

Az így megfogalmazott menetrend-szerkesztési optimum feltétel kielégítése nagyon szövevényes feladat, s ezért csak olyan vasutak tudják többé-kevésbé teljesíteni, amelyek a menetrendet korszerű számítógépes módszerrel és eszközökkel készítik. Némileg egyszerűsödik a helyzet, ha a meddő időket vonalanként optimalizálják.

A legtöbb vasút az optimalizálást vonattalálkozási műveletként, tehát csak a közvetlen hatásokra korlátozva hajtja végre. Ennek a módszernek az alapja, hogy a vonatokat rangsorolják (prioritási rendet állítanak fel) és a konkrét kölcsönhatás tervezése során a magasabb rangú vonatot előnyben részesítik. Az ilyen alapelven megszerkesztett menetrend nem lesz optimális, mert az egyes események optimális megoldásainak összegzése általában nem eredményezi a teljes folyamat optimális időrendjét.

6.4.2.2. A vonali zavaridők

A vasúti üzem időrendje a menetrendben ölt testet és megszabja minden üzemszám – így az állomások – termelési folyamata időrendjének legfontosabb időpontjait. Az eddigiek során általában úgy tárgyaltuk az üzemi eseményeket, jelenségeket és folyamatokat, hogy azok menetrend szerinti keretben való végrehajtását feltételeztük. A gyakorlatban azonban – a legkülönbözőbb okoknál fogva – sokszor adódik olyan helyzet, hogy az időpontok nem a menetrend szerint alakulnak, s emiatt többnyire késések, ritkábban korábbi művelet-végrehajtások adódnak.

Azokat az eseményeket, amelyek a vázolt helyzetet kiváltják, zavaroknak nevezzük. A zavar időrendi megjelenési formája a menetrendtől való eltérés (menetrendszerűtlenség), mérőszáma pedig a zavaridő, amely jellegére nézve veszteségidő és rendszerint késés formájában mutatkozik. A zavar oka lehet műszaki (kapacitáshiány, kapacitáscsökkenés pl. sántorás, biztosítóberendezési zavar, értekezési hiányosság, csapágy-, fék-, vagy futómű meghibásodás, moz-

dony fekvé maradása, stb.) emberi tényező (a tudás, a készség nem kielégítő színvonala, emberi mulasztás, gyarlóság, vagy tudatos helytelen eljárás).

A vázolt okok rendszerint valamely vonat menetére közvetlenül hatnak és késést okoznak. Azonban az elsődleges zavarok – éppen a vasúti pálya kényszerpálya jellegénél fogva - áttérjednek más vonatok közlekedésére, időrendjére is. Így származékos zavarok és késések adódnak. Amennyiben a menetrendszerkesztés során minden időt számításba vennének vonat közlekedésre – sűrű forgalom mellett – a zavarok szinte végtelen kiterjedéséről, továbbgyűrűzéséről lehetne szó. Ennek megelőzésére, a zavarok, a késések rugalmas felfogására, az időrendbe tartalék-, más néven puffer-időket, ráhagyásokat, toleranciákat építenek be (a rendes és rövidebb menetidők különbsége). Lényegét tekintve ez is meddő idő.

A zavar tovaterjedése megakadályozásának számos egyéb módszere is van, amelyeket a vasúti munkahelyeken szolgálatot teljesítő vezetők és dolgozók alakítottak ki (rendkívüli áthaladtatás, helytelen vágány használata, műveletek áthelyezése, stb.).

A mérésekkel, megfigyelési adatokkal kiegészített statisztikai adatok megfelelő matematikai-statisztikai és valószínűség számítási elemzése és értékelése hozza felszínre az okokat és az ellenük való küzdelem módszereit is. Az említett módszerek alkalmazásával lehet megállapítani a zavarok gyakoriságát, átlagos nagyságát és szóródásuk mértékét.

A zavar önmagában nem baleset, de mint minden tervszerűtlen, váratlan esemény, nagyban közrejátszhat abban, hogy balesetek történjenek. Ilyen értelemben a menetrendszerűtlen, zavarokkal terhes üzem hajlamosabb a balesetekre.

A zavarok elleni küzdelemben elsősorban az elsődleges zavarok ellen kell fordulni. Ebbe a csoportba tartoznak a,

- *Műszaki módszerek*, amelyek jobb anyagok, munka és berendezések alkalmazásával, jobb karbantartási és üzemeltetési módszerek, a műszaki és üzemfejlesztés eljárásai segítségével küszöbölnék ki bizonyos zavarfajtákat, vagy csökkentik azok gyakoriságát.
- *Módszerek* (nevelés, képzés, oktatás, anyagi ösztönzés, vezetés színvonalának emelése, stb.), amelyek az emberi tényezőre, a humán erőforrásra hatnak.
- *Eljárások*, amelyek a bekövetkező zavar gyors elhárítását biztosítják.

A származékos zavarok számszerű jellemzője az össz-zavaridő, matematikai megfontolások alapján számítható.

A zavarokat más szempontból, ti. a zavaridő nagysága szempontjából, a következőképpen osztályozzák:

- menetrendi eltérések (2 percen belül),
- menetrendi zavarok (60 percen belül),
- súlyos balesetek (több óra kiterjedésűek).

A menetrendi eltéréseket aránylag könnyű kiküszöbölni. Bár gyakoriak, de csekély mértékűek. Felmerülésük okai között vannak pl. a reflexidő különbségek, az időmérő eszközök (órák) eltérései, a külső (természeti befolyás) és belső (üzemi folyamatban rejlő) tényezők kedvezőtlen hatásai, stb. Kevésbé jelentős voltak és viszonylag könnyű kezelhetőségük okán ezekkel most nem foglalkozunk.

A súlyos balesetek elsősorban az okok megnyugtató tisztázása és a következmények felszámolása miatt időigényesek, azonban oly csekély gyakoriságúak, hogy szintén figyelmen kívül hagyhatjuk azokat. Tárgyalásuk a baleset-megelőzés és elhárítás külön területére tartozik.

A menetrendi zavarok kívánják meg időfelhasználás és üzemirányítás szempontjából a legnagyobb figyelmet. Bár ezek oka nagyon sokféle lehet, felmerülésük időpontja véletlen, azonban gyakoriságuk, átlagos nagyságuk és szóródásuk matematikai-statisztikai és valószínűség-számítási módszerekkel meglehetősen pontosan meghatározható.

Ebbe a kategóriába tartoznak, műszaki és szervezési okokból adódó zavarokon kívül azok is, amelyek menetrendszerűtlen forgalom lebonyolítás miatt, akár az ütközési (kölsönös befolylásolási), akár a menetrendi kötöttségi viszonyok tervszerű állapotának felborulásából adódnak. A vázolt okoknál fogva, a kölcsönhatásban álló vágányutakon időbeli ütközések adódnak, amelyek vonatok, vonatok és tolató menetek, valamint tolatómenetek egymás közötti, véletlen jellegűnek tekinthető, kölcsönös feltartóztatásához vezetnek akkor is, ha eredetileg a menetrendszerkesztés során ezeket az ütközéseket időbeni szétválasztás útján kiküszöbölni tervezték. Bonyolítja, de nem teszi megoldhatatlanná ezt a problémát az, hogy a vasútnál a mozgó egységeket (vonatok, menetek), valamint a mozgásokat (vonatmozgás, tolatás) egymáshoz képest rangsorolják is.

Különböző rangú egységek, vagy műveletek összetalálkozásakor az alacsonyabb rangúnak – legalább bizonyos tűrhető ideig – kell várakoznia arra, hogy a használni kívánt berendezés időalapjában akkora szabad időhézag adódjék, amely alatt a várakozó vonaton, vagy meneten elvégzendő művelet lebonyolítható. A rangsorolás általában emberi beavatkozást jelent a jelenségek véletlen lefolyásába és többnyire az össz-zavaridő megnövelését váltja ki. Amennyiben a rangsor alapján lebonyolított folyamatok tűrhetetlen méretű feltartóztatásokat okoznak, a rangsor-szabály rugalmas alkalmazásával, esetleg teljes felfüggesztésével, enyhítenek a helyzeten. Ha mindez nem segít, végső fokon a szóban forgó keresztmetszet bővítésének, esetleg az ütközési jelenségek térbeni elválasztásának időpontja érkezett el.

A vasúti zavarelmélet keretében külön nagy fejezet a származékos késések összidejének, mint a berendezések és az üzem lebonyolítás érzékeny minőségi mutatójának, meghatározása és felszámolási, illetve csökkentési módszerének elvi megalapozása. Ennek keretében történik meg az optimális időrendi időráhagyás nagyságának megállapítása is.

7. A TOLATÁSELMÉLET ALAPJAI

A kocsik vonaton kívül töltött idejében előforduló forgalmi-üzemi műveletek, bizonyos irányítási- szervezési- adminisztratív és ellenőrzési műveleteken kívül – amelyekkel itt nem foglalkozunk – elsősorban a tolatási műveletekből adódnak. Ebben a fejezetben lényegében a tolatások dinamikai alapjait, technológiáit és műveleteit tárgyaljuk.

A tolatás fogalma és célja

A vonatok és kiskocsik menetének kivételével, vasúti járműveknek emberi, állati, vagy gépi erővel, a vágányhálózat bármely részén végrehajtott mindennemű helyváltoztatását tolatásnak nevezzük. A tolatás a vasúti fuvarozási folyamat nélkülözhetetlen, költséges és szerves része.

Valamilyen fokon a hálózat minden állomásán végeznek tolatást, a nagyobb állomásokon pedig az üzemi tevékenységnek legfontosabb része. A ráfordított kocsiórák számottevő hányadát adja a tolatással eltöltött idő, s a vontatási teljesítményeknek is mintegy ötöde a tolatásokra esik.

A tolatás célja a kocsik rendeltetési helyére jutásának elősegítése, ami az érkező vonatok szétrendezésében és új vonatok képzésében, helyi vonatkozásban pedig a kocsik kezelési helyre állításában és onnan történő kihúzásában jut kifejezésre.

A tolatás biztonságos, kellő gyorsaságú és gazdaságos lebonyolítása az állomási munkák terén számos, fontos szervezési teendőt kíván. Ezekből néhány nélkülözhetetlen:

- ki kell választani a tolatási műveletek végrehajtásához legmegfelelőbb eljárásokat,
- meg kell állapítani a tolatási technológia szükséges időtartamát,
- a kiválasztott tolatási technológiát összhangba kell hozni a vonatok érkezésével, indulásával (menetrend),
- a tolatási technológiában meg jeleníteni a fuvaroztató felek érdekeit (szolgáltatásminőség),
- a tolatások és az üzemi sajátosságok szinkronját biztosítani kell.

A tolatások osztályozása

Az elérendő céltól függően a tolatás lehet:

1. **szétrendezés**, amely abból áll, hogy a vonatot a kocsik rendeltetési helyei szerint, rendszerint külön-külön vágányra, szétbontják,
2. **összeállítás**, amellyel a kocsikat a vonatkozó vonat-összeállítási szabályok és tervek szerint vonattá, szerelvénné sorozzák össze,
3. **szétrendezés egyidejű összeállítással**, olyan nagy termelékenységű rendezési módszer, amely több mint a szétrendezés és az összeállítás műveleteinek egyszerű, mechanikus összegezése,
4. **kocsik és kocsiportok be- és kisorozása**, rendszerint többcsoportos, esetleg terhelésüket a normaváltozás miatt változtató, avagy irányt változtató vonatok esetében szükségessé váló tolatási műveletek, ideértve a tolató tehervonatokkal a középállomásokon végzett hasonló műveletek is,
5. **kiállítás**, ha a rakodási művelethez a kocsikat a mozdony az árukezelési helyre (rakodó, ipartelep) továbbítja. (Ez a művelet rendszerint beállítással végződik, de nem ritka az sem, hogy a kiállítás közvetlenül a rakodás helyére történik. Szokták a

kifejezést olyan értelemben is használni, hogy a kiállítás a rendező állomásról történik a vonal felhasználásával, nyíltvonali rakodóhelyre.),

6. **beállítás**, a rakodás céljára kiállított vagy kisorozott kocsiknak a tényleges meg- vagy kirakási helyére való mozgatása,
7. **összegyűjtés** a beállítás ellentétes művelete, s jelenti a tényleges ki-, illetve berakás helyére beállított kocsik összegyűjtését olyan alkalmas vágányra, ahonnan besorozásuk, átállításuk vagy kihúzásuk meg fog történni,
8. **kihúzás**, amely a rakodási művelet befejezése után a kocsi vonatba sorozása céljából, a rakodóvágányról a forgalmi vágányokra való továbbítását jelenti,
9. **átállítás**, általában a kocsik ugyanazon forgalomszervezési egységekhez (állomás, csomópont, rendelkezési szakasz) tartozó, de különböző pontok (gurító-, irány-, rakodó vágány stb.) közötti továbbítását jelenti. Az átállítás kereskedelmi szempontból a kocsiknak, egyik árukezelési helyről a másikra, rakodás céljából való mozgatását azonosítja.

Az ismertetetteken kívül még számos egyéb tolatási műveletfajta is van, itt csak a gyakrabban előfordulókat soroltuk fel.

7.1. Tolatási technológiák

A tolatás módja (technológiája) alapján: síktolatást és gurítást különböztetünk meg. A gurítást – mint speciális tolatási technológiát – hazánkban csak az erre berendezett néhány rendező-pályaúdvarton alkalmazzák. Ebben a fejezetben csak a síktolatást tárgyaljuk.

A vasutak ez idő szerint a tolatási feladatok több mint 50 %-át síktolatással végzik. A síktolatás teljesítménye azonban negyede, ötöde a gurításénak. Az egy szerelvény szétrendezéséhez szükséges időráfordítás pedig a gurításénak mintegy 4-szerese.

Síktolatásnál a kocsik kihúzását és megfelelő helyre, vágányra való tolatását döntő mértékben a mozdony energiájának segítségével oldják meg. A mozdonyerő alkalmazásával végrehajtott síktolatás történhet:

- bejárással,
- szalasztással, és
- csurgatással.

7.1.1. Bejárásos tolatás

Bejáráskor a kocsikat vagy kocsi-csoportokat a tolatás megkezdésének időpontjában elfoglalt helyükről gépi-, emberi- vagy állati erővel húzva, illetőleg tolvá juttatják el valamely vágány kijelölt helyére. Jellemzője az eljárásnak, hogy a kocsik és a mozdony indulásától a megérkezésig össze vannak kapcsolva.

Ez a tolatás legrégebbi, alacsony termelékenységű formája, amely a mozdonyt kis mértékben használja ki. Mindemellett a tolatás átlagos sebessége is alacsony. Alkalmazására általában a következő esetekben kerülhet sor:

- a szerelvényben szalasztási korlátozás alá eső járművek vannak,
- az állomáson – az emelkedési és esési viszonyok kedvezőtlen mértéke miatt – a forgalombiztonság megóvása elengedhetetlenül szükséges,
- a szolgálati felsőbbség elrendeli.

7.1.2. Szalasztás

Szalasztás esetén a mozdony nem mozog az egész útvonalon a kocsikkal együtt, hanem a – rendszerint kihúzó vágányra történő – kihúzás után irányt változtat, s ez alkalommal a róla leakasztott kocsikkal együtt kellően felgyorsulva lökést ad a szalasztandó kocsiknak. A hirtelen bekövetkező fékezéskor a kocsik leválnak a mozdonyról és a nem szalasztott kocsikról, s a bennük felhalmozott kinetikai energia segítségével, a számukra elkészített vágányúton át, rendeltetési helyükre gördülnek. A kocsicsoport kinetikai energiáját részben az ellenállások emésztik fel, s ha még van maradék energia, azt fékezés (saruzás) segítségével számolják fel.

A szalasztás előnyei:

- jóval termelékenyebb és
- olcsóbb a bejárásos tolatásnál.

A szalasztás hátrányai:

- a gyorsításkor az egész szerelvényben mozgási energiát halmoznak fel, de minden mozzanat alkalmával csak a leakasztott (szalasztott) kocsik hasznosítják,
- a többször, nem ritkán sokszor ismételt előre és hátramenet, a gyorsítás és lassítás sorozat a kocsik és rakományok szempontjából egyaránt kedvezőtlenek,
- a szalasztási távolság által megkövetelt szalasztási sebesség értékének helyes megállapítása adott esetben nehéz, s ezért vagy túl nagyra, vagy túl kicsire választják, ami kedvezőtlen következményekkel jár,
- a gurításhoz képest az időszükséglet aránylag nagy, s így a teljesítmény alacsony.

A szalasztás történhet a lökések közé iktatott megállással, vagy megállás nélkül.

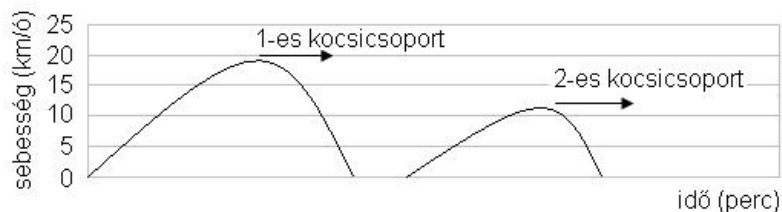
A megállásos szalasztásnak két fajtája ismert:

- a) lökésenként egy kocsicsoporttal,
- b) lökésenként több kocsicsoporttal (duplázással).

A megállás nélküli szalasztásnak négy fajtája ismert:

- c) a lökéssorozatos szalasztás,
- d) a folyamatos rendezés,
- e) lökésenként több kocsicsoport szalasztása (e módszereket a vasutak nem kedvelik, alkalmazásuk ezért korlátozott,
- f) a húzott járművekkel végrehajtott szalasztás.

ad.a) A lökésenként egy kocsicsoporttal történő megállásos szalasztásnál (7.1. ábra) a mozdony egyszerre általában 20-25 kocsit húz ki a kihúzó vágányra úgy, hogy az utolsó koci és az első elosztó váltó között, mintegy 150-200m hosszú szabad vágányszakasz maradjon. A mozdony ekkor haladási irányt változtat, ugyanakkor az első szalasztandó kocsicsoportot leakasztják a szerelvényről. A mozdony, a kocsisort tolva, sebességét a lehető leggyorsabban fokozza, majd a tolató személyzet jelzésére hirtelen, erős fékezéssel csökkenti. A leakasztott kocsik a bennük felhalmozott mozgási energia segítségével, a számukra felépített vágányúton át, a kijelölt vágányra gurulnak. Ez alatt a mozdony a ráakasztott kocsisorral megint irányt változtat, újra kihúz, majd újabb irányváltoztatás után ismét nekilendül, és szalasztja a második kocsicsoportot. A felgyorsulás mértékét úgy kell megválasztani, hogy a kocsik lehetőleg pontosan a kívánt helyre fussanak. Betartandó biztonsági szabály, hogy a mozgó kocsik legfeljebb 3-4 km/óra sebességgel ütközhetnek az álló kocsikhoz.

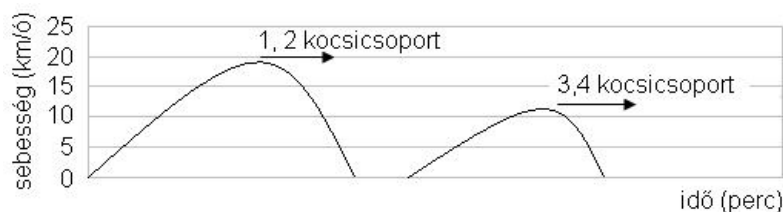


7.1. ábra

Megállásos szalasztás lökésenként egy kocsicsoporttal.

Ezt a legegyszerűbb, legkisebb teljesítményű szalasztási módszert számos módon fejlesztették tovább. Így ennek a tolatási eljárásnak ismeretes egy újabb formája is, amelynél minden lökés után megáll ugyan a tolatómozdony, visszahúzás azonban csak 2-3 lökés után történik.

ad.b) A lökésenként több kocsicsoporttal történő – a vasúti gyakorlatban duplázásnak nevezett – megállásos szalasztási módszernél (7.2. ábra) eleve szétkapcsolják a különböző irányokba szalasztandó egyes kocsicsoportokat – általában két csoportot – amelyek közül a másodikban fékes kocsinak is kell lennie. Az utóbbi csoport fékállására fékezőt, kocsirendezőt rendelnek, aki a szalasztás elvégzése után, a kézfék kezelésével, úgy szabályozza a sebességet, hogy a két csoport között a váltók biztonságosan állíthatók legyenek (ütközés vagy horzsolás ne következzen be).

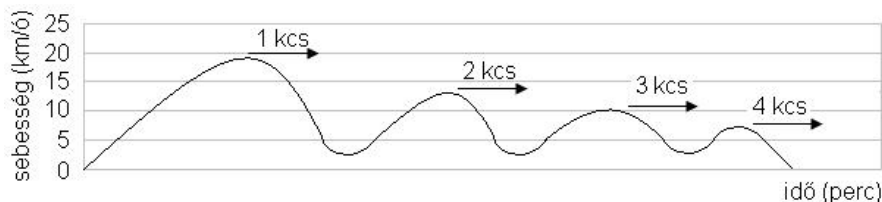


7.2. ábra

Megállásos szalasztás lökésenként több kocsicsoporttal.

ad.c) Megállás nélküli szalasztás lökés-sorozattal (7.3. ábra). Ez a szalasztási mód az előzőekhez képest fejlettebb forma. Végrehajtása úgy történik, hogy a kihúzóvágányra vontatott szerelvényről lekapcsolják az első kocsicsoportot majd az irányvágányok felé lendületbe hozzák. A kocsik rendeltetési helyének megfelelő távolság megtételéhez szükséges sebességre történő felgyorsulás után, a mozdony és a rajta maradó kocsisor sebességét, mintegy 3 km/óra-ra csökkentik. A továbbiakban a mozdony a kocsisort mindaddig ezzel a sebességgel mozgatja, amíg a következő kocsicsoport követéséhez szükséges kb. 50-80 m távolság nem biztosítható. A biztonságos követési távolság kialakítása után, a mozgás miatt összenyomott ütközőkkel és meglazult csavarkapoccsal haladó kocsisorról kiakasztó rúddal leakasztják a következő kocsicsoportot, majd a kocsisort felgyorsítva, a lekapcsolt kocsicsoportot ellökik. A leírt mozzanatok a következőkben mindaddig ismétlődnek, amíg a kocsisor teljesen el nem fogy.

A sebességcsökkentés a későbbi lökéseknél azért válik lehetővé (egyben szükséges is), mert egyre rövidebb az ellökött kocsicsoportok által megteendő út, s a megrövidült úton kisebb ellenállást kell legyőzniük a kocsicsoportoknak.



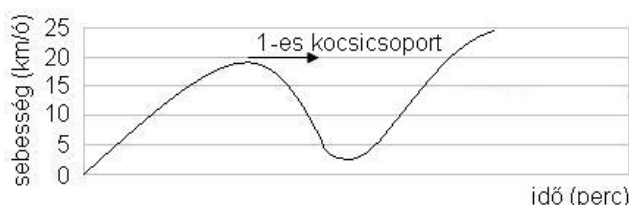
7.3. ábra
Lökéssorozatos szalasztás.

A lökéssorozatos szalasztási módszer előnye, hogy:

- az egy kocsicsoportha eső tolatási idő csökken,
- az ismételt kihúzások elmaradása miatt a kocsifutás csökken,
- a kihúzó vágány és a tolatómozdony kihasználása növekszik,
- a tolatások önköltsége kisebb,
- a tolató csapat szakképzettsége magasabb szintű,
- a vonatokkal kapcsolatos műveletek időtartama csökken.

Az elmondottak alapján nyilvánvaló, hogy a módszer helyes alkalmazásának feltétele a kihúzási távolság és az egyes kocsicsoporthok ellökéséhez szükséges szalasztási sebesség helyes megválasztása.

ad.d) Húzott járművek szalasztása (7.4. ábra) olyan esetekben történhet meg, amikor egyes kocsik vagy egyes kocsicsoporthok csak megkerülés (körüljárás) útján juttathatók rendeltetési helyükre. Maga a megkerülés egyrészt időigényes, másrészt rendszerint egyéb mozgásokat is zavarhat.



7.4. ábra
Húzott jármű szalasztása.

Ennél az eljárásnál a mozdony húzva hozza lendületbe a kocsicsoporthot, amelyet megfelelő felgyorsulás, majd pedig hirtelen lassítás után a mozdonyról lekasztanak. Szétkapcsolás után a mozdonyt valamely, a megállításhoz elég szabad hosszal rendelkező vágányra, a kocsikat pedig rendeltetési vágányukra juttatják. A lekasztást, a vontatott kocsicsoporth mellett gyors léptekkel való haladás közben most is kiakasztó rúddal végzik.

A lekasztás elősegítésére a mozdony az elterelő váltó előtt megfelelő távolságban fékez, miáltal a csavarkapcsok meglazulnak és a lekasztás könnyen elvégezhető. A lekasztás után a mozdony a sebességet hirtelen fokozza mindaddig, amíg a váltón keresztül nem halad, s ez által elválik a lekasztott kocsicsoporthtól. A mozdonynak a felgyorsulással annyi előnyt kell szereznie, hogy az elterelő váltó a mozdonyt követő kocsicsoporth részére biztosan állítható legyen.

Ez a módszer veszélyes, alkalmazása nagy gyakorlatot, körültekintést és elővigyázatosságot igényel, s csak azokon az állomásokon alkalmazható, ahol azt a szakmai felsőbbség engedélyezi.

7.1.3. Csurgatás

A csurgatás – vagy hivatalos nevén „a gurítással történőhöz hasonló tolatás” – az irányvágányok felé 3‰-nél nagyobb esésben levő kihúzó vágánnyal rendelkező állomásokon kialakult tolatási módszer. A gyakorlatban két fajtája alakult ki:

- a) csurgatás kihúzás közben,
- b) csurgatás visszatolás közben.

ad.a) A szétrendezést nem a kihúzás elvégzése után, hanem már kihúzás közben kezdik meg. A rendezés lefolyása a következő. A mozdony a kihúzóvágányon mintegy 15 km/ó sebességgel húzza a kocsisort, majd amikor az utolsó kocsi az első elosztó váltótól annyira eltávolodott, hogy az állítható, a mozdonyt és a kocsisort megfékezik. A fékezés hatására az ütköző rugók összenyomódnak, a csavarkapcsok meglazulnak. Ekkor az első kocsicsoportot leakasztják. A rugók szétnyomó hatása és a lejtőn működő erő, valamint a szerelvény kihúzásának folytatása következtében a kocsisor és a leakasztott kocsik közötti távolság egyre növekszik. Amikor ez a távolság a szükséges mértéket elérte, a mozdony újból hirtelen fékez, itt újabb leakasztás történik, majd a kihúzás folytatódik. Ezt a folyamatot addig ismétlik, amíg a mozdony a kihúzóvágány végéhez nem ér.

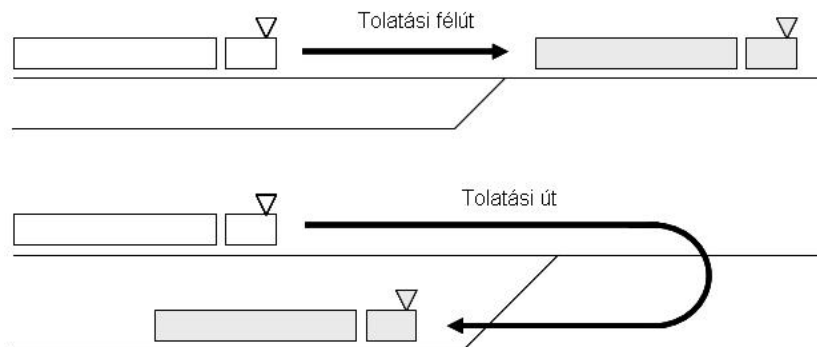
Ez az eljárás olyan állomásokon alkalmazható a legeredményesebben, ahol a kihúzóvágány esése 5-7‰ és az irányvágányok eleje is esésben van. A kihúzás közben fékezés következtében a sebesség mintegy 5km/óra sebességgel csökken, majd a továbbhaladás közben ismét a szükségletnek megfelelően emelkedik. E módszer nagyobb kocsisorok (fogások) gyors szétrendezését teszi lehetővé.

ad.b) Csurgatás visszatolás közben. A módszernél a kihúzott kocsisort, miután arról az első kocsicsoportot leakasztották, a mozdony 3-4km/óra sebességgel tolja lefelé a lejtőn. A viszonylag nagy esés miatt a leakasztott kocsicsoport gyorsul, elválik a szerelvénytől, s az irányvágányra gördül. Az elválás pillanatától a mozdony a hozzákapcsolt szerelvény sebességét minimálisra csökkenti. Amikor a levált kocsicsoport és a visszamaradók között az utolérés elkerülésére és a váltó biztonságos átállítására szükséges időköz beállt, a mozdony a leakasztáshoz szükséges időtartamig gyorsít, majd ismét fékez. Ezt az eljárást kell ismételni a kocsisor teljes szétrendezéséig. A leguruló kocsicsoportok közti távolságot a fentiekén kívül kézfékezéssel is lehet szabályozni. Kellően hosszú kizúzó vágány esetén a szétrendezés azáltal gyorsítható, hogy a gyorsítás után csak minimális mértékben lassít a mozdony.

7.2. A tolatási munkák dinamikájának és normalizálásának alapjai

Az állomásokon a tolatási mozgások ésszerű felépítése és időnormáinak megállapítása, valamint továbbfejlesztésük, az állandóan fejlődő tolatási technológia elméletén alapul. Az összefüggések és általánosítható törvényszerűségek kidolgozását és így a tolatási munka elméletének megalapozását elsősorban nemzetközi tudósok, és mérnökök neve fémjelzi. Ők a tolatási mozgások különböző feltételek melletti (vontatási nem, tolatási technológia, stb.) teljesítési idejének megállapításával, továbbá a tolatás technológiájával, optimális tolatási eszközök és módszerek kiválasztásának hatékonysági kérdéseivel foglalkoznak.

A tolatási mozgások elemei. A legcélszerűbb tolatási eljárás kiválasztása, valamint normaidejének helyes megállapítása a tolatási műveletek elemekre bontásán alapul. *Tolatási félútnak* nevezzük a vasúti kocsiknak mozdonnyal vagy csak a mozdonynak az állomási vágányon való irányváltoztatás nélküli mozgását (7.5. ábra). Amikor azonban a tolatási mozgás irányváltoztatással történik, azaz az egyik vágányról a másikra továbbítjuk a kocsikat vagy a mozdonyt, akkor *tolatási útról* beszélünk (7.5. ábra).



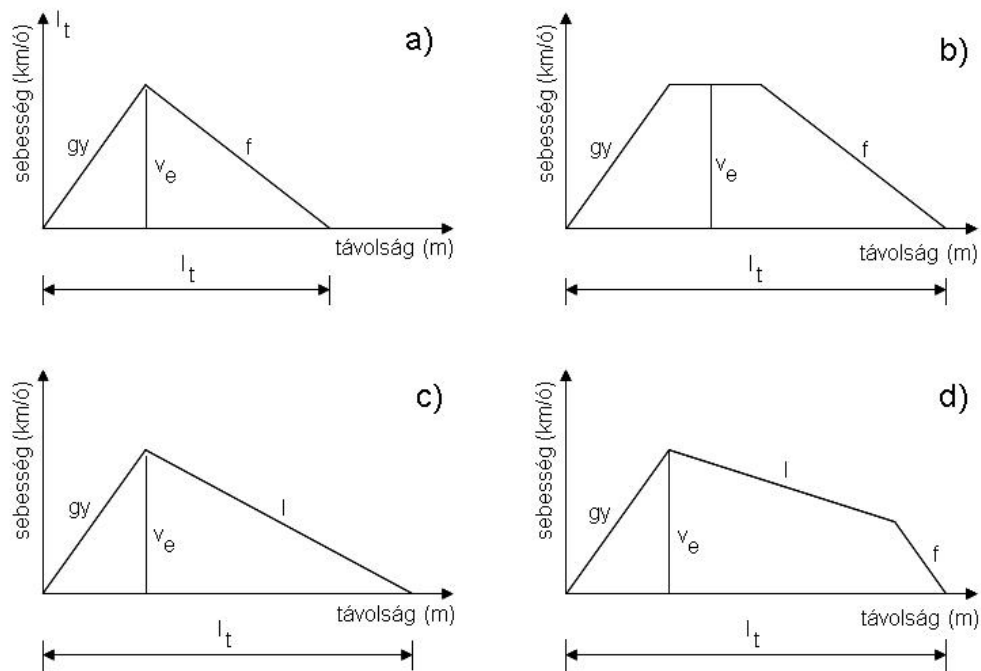
7.5. ábra
Tolatási félút és tolatási út.

A vasúti kocsiknak mozdonnyal történő mozgatását, legyen ez tolatási út vagy félút, produktív menetnek, míg a mozdony vagy más erőgép kocsik nélküli mozgását üres menetnek nevezzük. Azokat a kocsikat, amelyekkel a kérdéses tolatási mozgást végezzük tolatási szerelvénynek, kocsisornak nevezzük. Egy vagy néhány egymás mellett álló vasúti kocsit, melyet a tolatási mozgás alkalmával valamely vágányon hagyunk elsődleges csoportnak nevezzük. Azokat a kocsikat viszont, melyeket valamely ismerv (pl. rendeltetési állomás, rakodó front, elegytovábbítási rend előírásai, stb.) szerint egybe sorozunk, kocscsoportnak nevezzük. A tolatási mozgások általában azonos vagy eltérő típusú félutak összességéből állnak.

1. típus: gyorsítás – fékezés, melynél a tolatott szerelvény kellő sebesség elérése után azonnal fékez (7.6.a ábra),
2. típus: gyorsítás – az engedélyezett sebességgel (v_e) való mozgás – fékezés, amelynél a mozgatott szerelvény a tolatásoknál előírt sebesség elérése után ezzel a sebességgel mozog, majd fékez (7.6.b ábra),
3. típus: gyorsítás – a felhalmozott kinetikai energiával való lassuló mozgás, amelynél a tolatott szerelvény meghatározott sebességet ér el, majd a menetellenállások legyőzésével – lényegében lassuló mozgással – megáll (7.6.c ábra),
4. típus: gyorsítás – bizonyos távolságon lassuló mozgás – majd fékezés, melynél a mozgatott szerelvény kellő sebességre felgyorsulva a befutandó távolság egy részét a felhalmozott kinetikai energia felemésztésével lassuló mozgással, míg a másik részét fékezéssel teszi meg (7.6.d ábra).

A 3. típusú tolatási félút a tolatási mozgás idejét jelentősen növeli, ezért viszonylag ritkán alkalmazzák és főleg csak olyan esetekben, amikor nem szükséges a tolatási félút idejének csökkentése (pl. két kihúzó vágánnyal rendelkező gurítódombon a szétrendezendő szerelvény hátrátolásakor, amikor a gurítódomb még az előző szerelvény legurításával foglalt stb.).

A 2. típusú tolatási félutat leginkább az irányvágányon levő kocsik összetolásakor és általában bejárásos tolatásokat alkalmazzák.



7.6. ábra
Tolatási félút típusok.

A 7.6. ábrából látható, hogy valamennyi tolatási félút a következő elemekből állhat:

- gyorsítás,
- engedélyezett sebességgel való mozgás,
- fékezés,
- a tehetetlenségi erő általi lassuló mozgásból a teljes megállásig vagy egy megadott sebességi értékig, amely után fékezés következik.

Rövid távolságon és kihúzó vágányon való mozgáskor leginkább az 1. típusú tolatási félutat alkalmazzák, nagyobb távolságon való mozgáskor pedig a 2. típust.

A tolatási mozgások teljesítésére szükséges időráfordítások megállapítását normázásnak nevezzük. A tolatások időnormáinak megállapítását elvégezhetjük számítási – lényegében részidőket kifejező – paraméterek segítségével, vagy közvetlenül menetdinamikai számításokkal. A két eljárás lényegét tekintve egymást kiegészíti, mert egyik is, másik is meghatározott alkalmazási területtel bír.

A számítási paraméterek segítségével történő tolatási időnorma megállapítást, elsősorban az eltérő jellegű és nagy mennyiségű tolatási utakat és félutakat tartalmazó bonyolult rendezési és csoportképzési mozgásoknál alkalmazzák. A menetdinamikai számításokon alapuló időnorma megállapítást, egyszerűbb és általában hosszabb, egyedi, a 2. típushoz sorolható tolatási félutaknál célszerűbb alkalmazni. Ide tartozik a kocsicsoportok vagy teljes szerelvények beállításának, kihúzásának, átállításának, továbbá a tolató tehervonat középállomási tolatási mozgásainak normaidő számítása, végül az első eljárás szerinti bonyolultabb tolatási mozgások időnormáinak megállapításához szükséges számítási paraméterek meghatározása.

7.2.1. A tolatási időnormák megállapítása számítási paraméterekkel.

A számítási paraméterek egy-egy tolatási félútra jellemző időállandók, melyek a változók szűkebb körének figyelembevételével, a tolatási félút átlagos idejét, megengedhető tűréssel fejezik ki. A tolatási út vagy félút időtartamát lineáris függvénnyel fejezhetjük ki.

$$t_t = a + b m \quad [\text{perc}]$$

ahol:

- t_t – a tolatási félút (út) időtartama percben,
- a, b – a tolatási paraméterek, melyek közül az **a** paraméter a mozdony mozgására vonatkozó tolatási út vagy félút ideje, a **b** paraméter pedig a mozdítandó szerelvény egy kocsijának tolatási útjára vagy félútjára eső idő,
- m – a mozdítandó szerelvényben levő kocsik mennyisége.

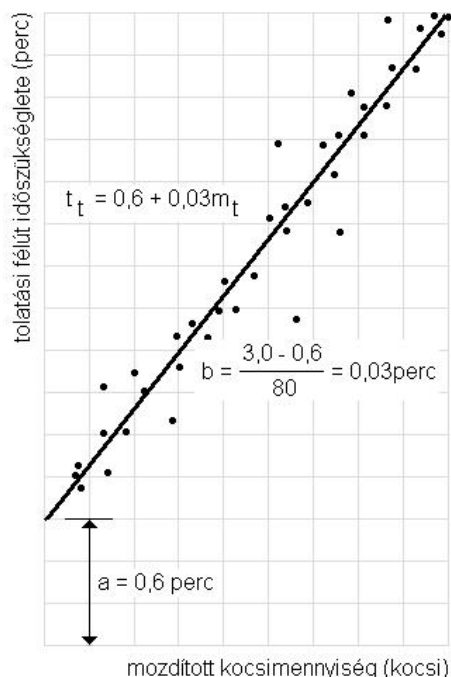
Tekintettel a vasúti kocsipark rendkívül heterogén voltára, a szerelvényben levő kocsikat kéttengelyes egységekben vesszük figyelembe. Ha azonban a számítást még pontosabbra akarjuk elvégezni, a szerelvény bruttótonna terhelésével számolunk.

$$t_t = a + b' Q_{br} \quad [\text{perc}]$$

ahol:

Q_{br} – a mozdítandó szerelvény bruttó-tonna terhelése tonnában.

A fenti két képletben **a** és **b** értékei különböző, amelyeket menetdinamikai számítással állapíthatunk meg, de gyakorlatilag ezt megfigyeléssel (időmérés-sorozattal) szokás elvégezni. Ekkor a félút vagy teljes út időtartamát a mozdítandó szerelvény eltérő kocsimennyiségére állapítjuk meg. A megfigyelések adatait pontok formájában koordináta rendszerben ábrázoljuk, ahol a vízszintes tengelyen a kocsik mennyiségét, a függőlegesen a tolatási félút idejét jelöljük (7.7. ábra).



7.7. ábra

A tolatási félút időtartamának változása a kocsimennyiség függvényében.

A felvitt pontok legsűrűbb elhelyezési helyeit összekötő egyenes fogja kifejezni a szerelvény nagyságától függő tolatási félút időtartamának függvénykapcsolatát.

A tényleges megfigyeléseken alapuló számítási paraméterek pontosabb értékeit a legkisebb négyzetek módszerével lehet meghatározni.

$$b = \frac{n \sum m \cdot t_t - \sum m \cdot \sum t_t}{n \sum m^2 - (\sum m)^2} \quad [\text{perc}]$$

$$a = \frac{\sum t_t - b \sum m}{n}$$

ahol:

n - a tényleges megfigyelésen alapuló adatok mennyisége.

A szükséges számítási adatokat táblázatos formában célszerű feldolgozni.

Megfigyelések sorszáma	Kéttengelyes kocsik száma a vizsgált félúton	A tolatási félút időtartama percben	Számított adatok	
	m	t_t	$m \cdot t_t$	m^2
1	2	3	4	5
.				
.				
.				
n	$\sum m$	$\sum t_t$	$\sum m \cdot t_t$	$\sum m^2$

$$b = \frac{t_t - a}{m} \quad [\text{perc/kocsi}]$$

A valóságban azonban, amint ezt az azonos feltételek mellett elvégzett tapasztalati megfigyelések és kísérleti eredmények is igazolták, a tolatási félút idejének megállapítására vonatkozó fenti függvénykapcsolat nem lineáris (7.8. ábra) Diesel tolatómozdony alkalmazásánál ez a függvény általában pontosabban írható le a következő képlettel:

$$t_t = a + b \cdot m^n \quad [\text{perc}]$$

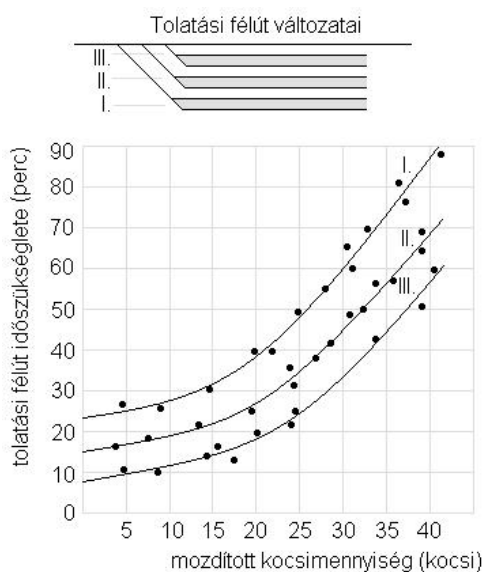
ahol:

n értéke megfigyelések alapján 1,4-2,0 között változik.

A 7.8. ábrán látható változatok a tolatási félutak különböző hosszával térnek el egymástól, s ezért más tolatási paraméter értékkel és hatványkitevővel rendelkeznek. A tolatási félutak ideje az

- I. változatnál $t_t = 0,383 + 0,0068 \cdot m^{1,5}$
- II. változatnál $t_t = 0,250 + 0,00123 \cdot m^{1,95}$
- III. változatnál $t_t = 0,133 + 0,000917 \cdot m^2$

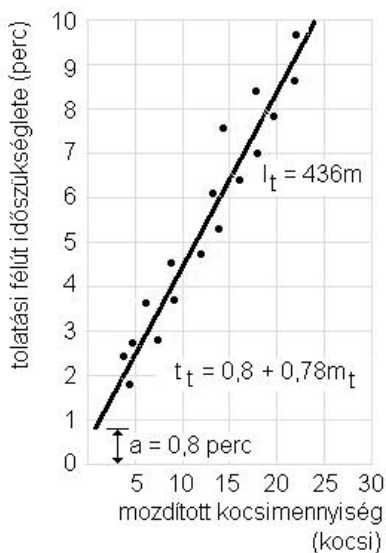
Ezen összefüggés azon alapul, hogy a szerelvényben levő vasúti kocsik zömmel négytengelyesek. Ha azonban a mozdítandó szerelvényben a kéttengelyes kocsik mennyisége a 10-15 kocsit eléri, ezt a függvényt bizonyos feltételezéssel lineárisnak tekinthetjük.



7.8. ábra

Tolási időszükséglet a különböző tolatási változatok esetén.

Példaként a 7.9. ábrán mutatunk egy tolatási félút időgrafikont, amely Bp. Józsefváros állomáson végzett megfigyelések alapján készül.



7.9. ábra

Tolási félút grafikon Bp. Józsefváros állomáson.

A tolatási mozgások időnormáinak helyes megállapításakor a tolatási műveleteket legalább négy csoportra kell osztani. Ezek a következők:

- 1) A leggyakrabban előforduló kihúzási, bejárási, üres meneti stb. tolatási félutak, melyek időtartamát alapvetően a szerelvény nagysága határozza meg.

- 2) Lökéssorozatos tolatási mozgások, melyek időtartama nemcsak a szerelvény nagyságától, hanem a gyorsítás végsebességétől, a pálya emelkedési viszonyaitól, a mozdony vonóerejétől és a fékberendezés hatásfokától is függ.
- 3) A helyzeti és mozgási energia hatására a gurítódombról és emelt kihúzóvágányról történő kocsimozgások.
- 4) A második típusú tolatási félúttal végzendő átállítások, melyek időtartama nemcsak a szerelvény nagyságától, hanem a félút hosszától is függ.

Ha az első csoportba tartozó tolatási utak és félutak időnormáit meg lehet határozni, azaz ezek időtartamát a szerelvény nagysággal lineárisan változónak fogadjuk el, akkor a második csoport tolatási félútjainak időtartama a szerelvény nagyság mellett a gyorsítási végsebességgel is arányosan fog változni. A szóban forgó tolatási utak időnormáit a következő képlettel határozzuk meg:

$$t_t = [(a_{gy} + a_f) + (b_{gy} + b_f) m] V_v \text{ [perc]}$$

ahol:

a_{gy} és a_f – a tolatási út vagy félút ama időrésze, amely gyorsításokat (a_{gy}) vagy fékezéskor (a_f) mozdony legnagyobb sebességének 1 km/h-jára esik; a gyorsítás végsebességével, ill. a fékezés kezdősebességével kell számolni,

b_{gy} és b_f – ugyanaz a mozdítandó szerelvény egy kocsiára vonatkoztatva,

V_v – a szerelvény sebessége a gyorsítás végén, ill. a fékezés kezdetén (vagy a fékezés elején és végén fennálló sebesség különbsége, ha a szerelvényt teljesen nem állítjuk meg) km/h-ban.

Az összefüggésben szereplő paramétereket összevonva képletünket egyszerűbben írhatjuk le.

$$t_t = (a_{gyf} + b_{gyf}) V_v \text{ [perc]}$$

A harmadik csoporthoz tartozó tolatási félutak idejét a gurítódomb technológiai rendszerében vizsgáljuk meg.

A negyedik csoport tolatási félútjainak idejét az alábbi képlet szerint tolatási paraméterekkel lehet pontosabban megállapítani.

$$t_t = a + b' \cdot Q_{br}$$

ahol:

b' – a tolatási félút ama időrésze, amely a mozdítandó szerelvény 1 bruttó tonnájára és a tolatási félút 1 méter hosszára esik, perc/t, méterben,

l_t – a tolatási félút hossza méterben.

Bár a mozdony menetideje nem független a tolatási félút hosszától, mégis meghatározott tolatási körzetben és viszonylag nagy gyorsító és fékező erő mellett a félút teljes időtartamán belül gyakorlatilag alig változik, ezért a átlagos állandó értékével lehet számolni. A képletben levő b' időtényező értékét a különböző típusú tolató mozdonyokra menetdinamikai számítással lehet megállapítani. A különböző tolatási elemek eltérő időértékét figyelembe véve, a kérdéses időtényező értéke 20-30 %-kal is nagyobb lehet.

A negyedik típus félútjainak idejét azonban meg lehet állapítani az összetevő részek (ezt a 7.6. ábra mutatja) alapján is.

$$t_t = t_{gyf} + \frac{l_t - l_{gyf}}{V_v} \quad [\text{perc}]$$

ahol:

t_{gyf} – a tolatási félúton szükséges gyorsítás és fékezés ideje,
 l_{gyf} – a tolatási félút gyorsítási és fékezési távolsága.

A tolatási félútnak a gyorsításból és fékezésből álló időrésze kifejezhető a második csoport tolatási mozgásával is.

$$t_t = (a_{gyf} + b_{gyf} \cdot m) V_v \quad (\text{perc})$$

A tolatási félút ama részének ideje, amit a szerelvény az engedélyezett sebességgel tesz meg a következők szerint alakul.

$$t_e = \frac{l_t - l_{gyf}}{V_v} = \frac{l_t}{V_v} - \frac{l_{gyf}}{V_v}$$

Amennyiben

$$l_{gyf} = \frac{V_v \cdot t_{gyf}}{2}$$

ezt behelyettesítve az előző képletbe

$$t_e = \frac{l_t}{V_v} - \frac{l_{gyf}}{2}$$

Ezek után a második típusú félút teljes időtartama:

$$t_t = \frac{(a_{gyf} + b_{gyf} \cdot m) V_v}{2} + \frac{l_t}{V_v} \quad (\text{perc})$$

A félút során elérhető legnagyobb gyorsítási ún. végsebesség a mozdony vonóerejétől, a szerelvény tömegétől, összes fajlagos ellenállásától, és a gyorsítás távolságától függ. Adott vonóerő mellett azonban, minél nagyobb a szerelvény terhelése, annál kisebb lesz a gyorsításnál elérhető maximális sebesség.

7.2.2 A tolatási időnormák megállapítása menetdinamikai számítással

A vonatszerelvény (kocsisor) mozgástényezői

Szeretnénk kihangsúlyozni, hogy bár a vonat- és tolatási mozgások között minőségi különbség van, de ez a vasúti járműegységek mozgástörvényeinek megismerése, az ezzel összefüggő (menet) dinamikai ismeretanyag elsajátítása vonatkozásában nem játszik döntő szerepet. Az összefüggések általános jellegűek, egyaránt vonatkoztathatók valamennyi vasúti mozgásra és a vonat mozgásegyenletek megoldásának elvi alapjai.

A vasúti pályán mozgó járműegységekre (mozdony, kocsi, kocsisort, vonat stb.) ható erők alapvetően két csoportba sorolhatók:

- a jármű mozgásállapotától függetlenül ható és
- a mozgást létrehozó és fenntartó, a mozgásállapot változását előidéző erőkre.

Az első csoporthoz tartozik a gravitáció erő, illetve annak pályairányú komponense. A második csoportba a vonóerő, a centrifugális erő, az ellenállás (mint erő), a fékezőerő, a tehetetlenségi erő, továbbá a járművek függőleges, – keresztirányú – és egymással összeköttetésben lévő járművek esetén a longitudinális diszkrét gyorsulásokból származó erők.

Az ellenállások, a vonóerő és a fékezőerő vizsgálatát e tantárgy körébe tartozónak tekintjük, ezért ezekkel részletesen foglalkozunk.

Az ellenállás (W ; N) a külső beavatkozás nélküli (akaratunktól függetlenül) valamennyi pályairányú erő gyűjtőneve, amely magában foglalja a gravitációs erő pályairányú komponensét is. Értelme általában a mozgásával ellentétes, de lehet azzal megegyező is (pl. lejtőn).

A vonóerő (Z ; N) vontatójármű (mozdony, motorkocsi) erőgépe által a hajtóberendezésen (erőátviteli berendezésen) keresztül a hajtó kerékpárok és a két sínshál között kifejtett mozgató hatás (erő), amelynek irányát mindenkor a pálya iránya határozza meg, értelmé pedig a mozgás (vagy szándékolt mozgás) értelmével megegyező.

A fékező erő (F ; N) a jármű fékberendezése által külső beavatkozásra kifejtett, a mozgásával mindig ellentétes értelmű erő.

A vasúti járművek (vonat) pályairányú mozgásának vizsgálatánál a vonóerőt, a vonatellenállást és a fékezőerőt gyűjtőnéven a járművek mozgástényezőinek is nevezik. A vonóerő kifejtés célja a mozgás létrehozása és fenntartása, a fékező erőé pedig a mozgás megszüntetése, illetve létrejöttének megakadályozása, ezért e két erőnek együttes működtetése „normális” esetekben nem fordulhat elő.

Az egyenletes sebességgel mozgó járművekre a mozgástényezők fogalmába tartozó három erővel különböző „üzemi” helyzetekben érvényes egyensúlyi egyenletek írhatók fel, Az egyes üzemi helyzetek lehetnek:

- a) vonóerő kifejtés mellett vízszintes, ill. emelkedő pályán felfelé vagy lefelé haladás,
- b) vonóerő kifejtés nélkül lejtőn haladás,
- c) vonóerő-kifejtés nélkül, fékezőerő működtetése mellett lejtőn lefelé haladás.

Az egyensúlyi egyenletek $v = \text{konstans}$ feltétel mellett:

- a) a) esetben $Z - W = 0$; $F = 0$
- b) b) esetben $W = 0$; $Z = F = 0$
- c) c) esetben $-(-W) - F = W - F = 0$; $Z = 0$

Előbbieket alapján – valamennyi esetet magában foglalóan – felírható a kinetikai egyensúlyi egyenlet:

$$Z - W - F = 0$$

A felírt egyenletből világosan kitűnik, hogy az ellenállás (W) előjele változik, attól függően, hogy értelme a mozgás értelmével ellentétes, vagy azzal megegyező. Előbbi esetben W előjele pozitív (+W), utóbbi esetben pedig negatív (-W); miért is a c) esetre felírt egyenlőség matematikailag is magyarázatot nyert.

Mindaddig, amíg e mozgástényezőkkel általánosan (vagy a speciális esetekre) felírható kinetikai egyensúlyi egyenlet érvényes, addig az út (s), az idő (t) és a sebesség (v) között a következő, ismert összefüggés áll fenn:

$$s = v t \quad [\text{m}]$$

A kinetikai egyensúly felbomlása esetén

$$Z - W \neq 0$$

a $v = \text{konstans}$ feltétel sem állhat fenn, vagyis sebességváltozás következik be. A sebességváltozással [gyorsulás (a_t), lassulás ($-a_t$)] ellenkező értelemben fellép a tömegtehetetlenségi erő ($M a_t$), amelyben M a haladó mozgást végző redukált tömeg, a_t a tangenciális gyorsulás. Abban az esetben tehát, ha $v \neq \text{konstans}$, fellép a gyorsulás

$$a_t = \frac{dv}{dt}$$

És a tömegtehetetlenségi erő

$$M \cdot a_t, \text{ illetve } M \cdot (-a_t)$$

A gyorsuló mozgással haladó járműre ható pályairányú erők értelmezése alapján felírhatók a dinamikai egyensúlyi egyenletek

a) vonóerő-kifejtéskor, ha a sebesség és a gyorsulás értelme azonos

$$Z - W - M a_t = 0$$

b) vonóerő kifejtéskor, ha a sebesség és a gyorsulás értelme ellentétes

$$Z - W - [M \cdot (-a_t)] = 0$$

c) vonóerő és fékező erő kifejtése nélkül, ha

$$a_t = \frac{dv}{dt} < 0$$

$$-W - [M \cdot (-a_t)] = 0$$

d) vonóerő-kifejtés nélkül működő fékezőerő esetében, ha

$$a_t = \frac{dv}{dt} < 0$$

$$-W - F - [M \cdot (-a_t)] = 0$$

A dinamikai egyensúlyi egyenletekben szereplő M tömeg nem azonos a vasúti járműegységből az

$$m = 1000 \frac{G_m + G_k}{g} \quad [\text{kg}]$$

összefüggéssel számítható m tömeggel, ahol

- G_m – a mozdony súlyereje,
- G_k – a kocsik együttes súlyerejét jelenti kN-ban,
- G – a gravitációs gyorsulás ms^{-2} mértékegységben.

A kötőtpályás járművek mozgása közben a jármű szerkezeti elemeinek egy része (pl. kerékpárok, vontatómotor stb.) a haladó mozgáson kívül forgó mozgást is végez. Ezért sebességváltozás alkalmával a jármű teljes tömegének tangenciális gyorsulásával (a_t) azonos időben a forgó tömegek szöggyorsulása is fellép. A pályairányú gyorsító erő idézi elő a forgótömegek szöggyorsulását is, ezért az M tömegnek magában kell foglalnia a szöggyorsulás miatt többlet tehetetlenségi erőt eredményező többlet tömeget, az ún. redukált tömeget (m_r) is. A tömegtehetetlenségi erő számításakor tehát a figyelembe veendő „teljes”, tömeg

$$M = m + m_r.$$

A dinamikai egyensúlyi egyenletben lévő „teljes” tömeg a mechanika elmélete alapján, egzakt módon megállapítható. Mi megelégszünk, ennek a gyakorlatban használt módszerének bemutatásával.

A módszer lényege, hogy kísérleti úton ún. tömegfaktort (γ) állapítanak meg, amely a redukált tömeg és a vasúti járműegység tömeg viszonyát fejezi ki, azaz

$$\gamma = \frac{m_r}{m},$$

amelyből γ ismeretében a redukált tömeg

$$m_r = \gamma m = 1000 \gamma \frac{G_m + G_k}{g}$$

A „teljes” tömeg tehát tömegfaktoral

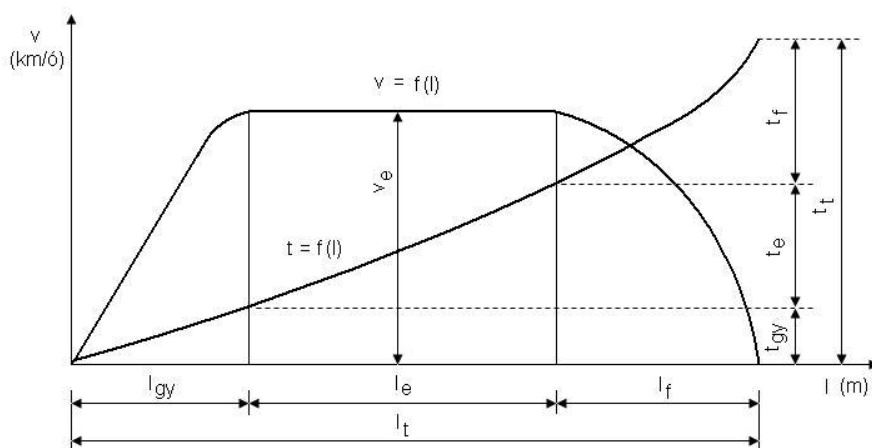
$$N = m + m_r = m + \gamma m = m (1 + \gamma)$$

a súlyerő helyettesítése után

$$M = 1000 \frac{(1 + \gamma)}{g} (G_m + G_k)$$

7.2.3. Tolatási út és időnormák

A tolatási félútelemek, illetve ezek teljes idejének grafikus vagy analitikus eljárással történő megállapítását menetdinamikai számításokkal is el lehet végezni, a tolatási mozgásoknál figyelembe veendő vonóerő és ellenállások fizikai és mechanikai összefüggéseire alapozva. A szóban forgó feladat grafikus megoldásánál adott, mozgatott kocsisorral, a tolatási félút hosszának függvényében a félút idejének és sebességének a változását ábrázoló görbéket szerkesztünk, amelyet a 7.10 ábrán mutatunk be, ahol: $t = f(l)$ a félút időgörbéje az úthossz függvényében.



7.10. ábra

Tolatási félút időgörbéje az úthossz függvényében.

Az analitikus menetdinamikai számításoknál rendszerint csak a gyorsítás és fékezés (vagy lassítás) idejét és távolságát határozzák meg tolatási félutanként. Ezek Newton második törvénye szerint a következő módon írhatók le:

$$F = M \frac{dv}{dt}$$

ahol:

- F – a mozdítandó szerelvényre ható és annak mozgását kiváltó erők összege,
- M – a kérdéses szerelvény tömege,
- $\frac{dv}{dt}$ – a kérdéses szerelvény gyorsulása.

A járművekben levő forgó részek tehetetlenségi tömegével számolva:

$$F = \frac{(Q_m + Q_k)(1 + \gamma)}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

ahol:

- Q_m – a mozdony súlyereje kN-ban,
- Q_k – a mozdítandó vonatszerelvény (kocsisor) súlyereje kN-ban,
- G – a nehézségi gyorsulás ($9,81 \text{ m/s}^2$),
- γ – a járművek forgó részeinek tehetetlenségi tömegét figyelembe vevő korrekciós tényező.

A mozdítandó szerelvényre ható erők összege:

$$F = Z_k - W$$

ahol:

$$\begin{array}{ll} Z_k & - \text{a vontatójármű kerekén mérhető kerületi vonóerő N-ban,} \\ W & - \text{a mozdítandó szerelvény teljes ellenállása N-ban.} \end{array}$$

Ezután a vonat és a kocsisor 1 kN-jára vonatkoztatott fajlagos gyorsító erő:

$$\frac{Z_k - W}{Q_m + Q_k} = z_k - w \frac{1000(1 + \gamma)}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad [\text{N/kN}]$$

A továbbiakban:

$$C' = \frac{g}{1000(1 + \gamma)}$$

Így:

$$a = c'(z_k - w)$$

A mechanikából ismerjük, hogy a mozgás ideje egyenlő a sebesség és gyorsulás hányadosával, és így a gyorsítás ideje meghatározható.

$$t = \frac{V}{\frac{dv}{dt}} = \frac{V_e}{c'(z_k - w)} \quad [\text{óra}]$$

Ezek után a gyorsítás ideje

$$t_{gy} = \frac{V_e}{c'(z_k - w)} \cdot 60 \quad [\text{perc}]$$

A gyorsítás távolsága egyenletesen gyorsuló mozgásnál:

$$l_{gy} = \frac{1000 \cdot V_e^2}{2 c'(z_k - w)} = \frac{C \cdot V^2}{z_k - w} \quad [\text{méter}]$$

A mechanikai alapösszefüggések analógiájára a fékezési távolság és idő is számítható:

$$l_g = \frac{C \cdot V_e^2}{f + w} \quad (\text{méter}), \quad t_1 = \frac{V_e}{C'w} \cdot 60 \quad [\text{perc}]$$

ahol:

$$f - \text{a fajlagos fékező erő [N/kN]}$$

Ha a pálya nem vízszintes, a fenti képletek nevezőiben számolni kell a lejtő gyorsító, vagy az emelkedő fékező erejével is ($\pm e\%$).

A mozdítandó kocsisor összetételétől és a vontatójármű típusától függően egy meghatározott sebességváltozási tartományon belül a fajlagos vonóerő és fékezőerő átlagos nagyságával lehet számolni. Minél kisebbre választjuk a sebességek között, annál pontosabb lesz a fajlagos vonóerő és fékezőerő értéke. Gyakorlatilag elegendő pontosságot biztosít az 5-10 km/h sebességi intervallumok felvétele. A minden egyes sebességi intervallumra kiszámítandó fajlagos kerület vonóerőt és fékezőerőt a következő képletekkel lehet meghatározni.

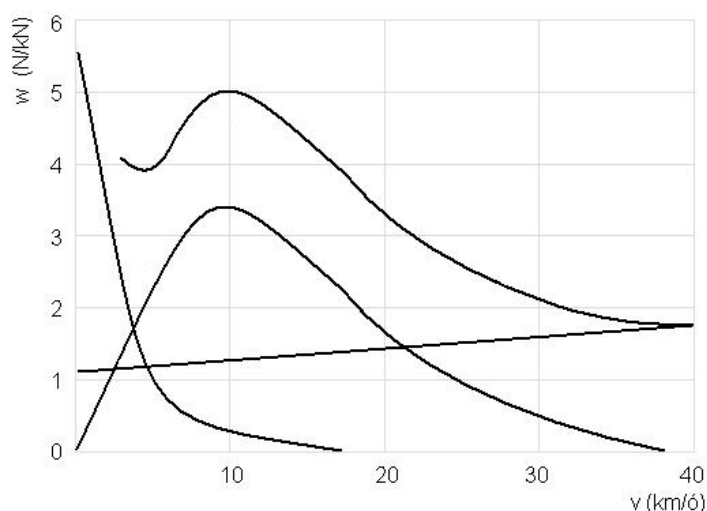
$$z_k = \frac{Z_{kmed}}{Q_m + Q_k} \quad [N/kN], \quad f = \frac{F_{med}}{Q_m + Q_k} \quad [N/kN]$$

ahol:

Z_{kmed} – az adott sebességtartományba tartozó átlagos kerületi vonóerő N-ban,

F_{med} – az adott sebességtartomány átlagos fékező ereje N-ban.

Tájékoztató jellegű számítás esetén $V_e = 25$ km/h maximális gyorsítási sebességi értékig a Z_{kmed} és F_{med} nagyságát közvetlenül felverhetjük a 0- V_e sebességtartományban, azaz mintegy 10-13 km/h értékkel számolhatunk. A mozdítandó szerelvény fajlagos alapellenállásának különböző elemei a sebesség függvényében a 7.11. ábra szerint alakulnak, ahol a tolatási körzetben a váltók és ívek ellenállásait a mozgató szerelvény legvalószínűbb átlagos menetsebességéből kiindulva kell megszerkeszteni.



7.11. ábra

Minden egyes tolatási félút gyorsítási és lassítási idejét és távolságát menetdinamikai számítások alapján elkészített nomogram segítségével is meghatározhatjuk.

Az állomási menetirányító, szolgálattevő és a tolatási tevékenységet közvetlenül irányító dolgozók részére azonban – gyakorlati feltételek mellett – a tolatási félút időfelhasználásának megállapítása gyorsabban és célszerűbben elvégezhető egy előzetesen elkészített diagram segítségével.

Az azonos idejű tolatási utakból vagy félutakból álló tolatási mozgások teljesítésének teljes időtartamát a kérdéses utak számának és ezek idejének szorzataként állapítjuk meg.

$$T_t = n \cdot t_r \text{ [perc]}$$

ahol:

n – a vizsgált tolatási utak (félutak) száma.

Eltérő idejű tolatási utak vagy félutak esetében a tolatási mozgások teljesítésének teljes időtartama:

$$T_t = \sum_{i=1}^n t_i \text{ [perc]}$$

A tolatási műveletek teljes időtartama elsősorban az alkalmazott technológiai eljárástól függ.

7.2.4. A kocsicsoportok tolatás közbeni követésének meghatározása

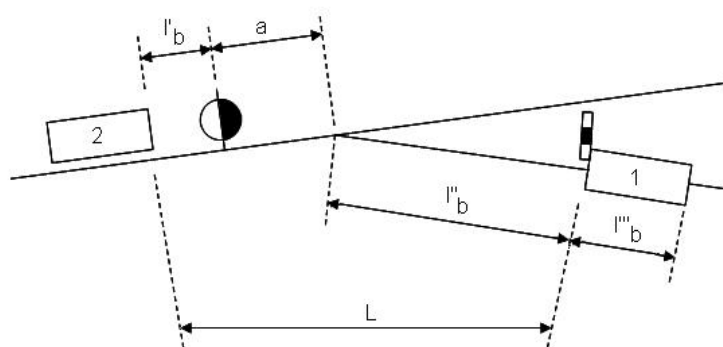
A tolatási norma értékét az egymást követő kocsicsoportok közötti időköz is lényegesen befolyásolja. Ennek értéke azzal a minimális biztonsági távolsággal van összefüggésben, amellyel a csoportok veszélyeztetés nélkül követhetik egymást.

A követési távolság minimális nagyságát az határozza meg, hogy amikor az elől haladó kocsicsoport vége elérte a rendeltetési vágány biztonsági határjelzőjét, akkor a követő csoportnak az előző csoport elterelő váltójának elejétől akkora (L) távolságra kell lennie, hogy a váltó még biztosan állítható legyen. Ez a biztonságos időtartam helyszíni állítású váltók esetében általában 10 másodpercben állapítható meg, amely alatt a különböző sebességekkel gördülő kocsicsoportok különböző (l'_b) távolságokat futnak be. A kocsicsoportok közötti távolság a 7.12. ábráról leolvashatóan:

$$L = l'_b + a + l''_b$$

ahol:

az l''_b - a kitérő és vágánykapcsolás méreteitől függ.



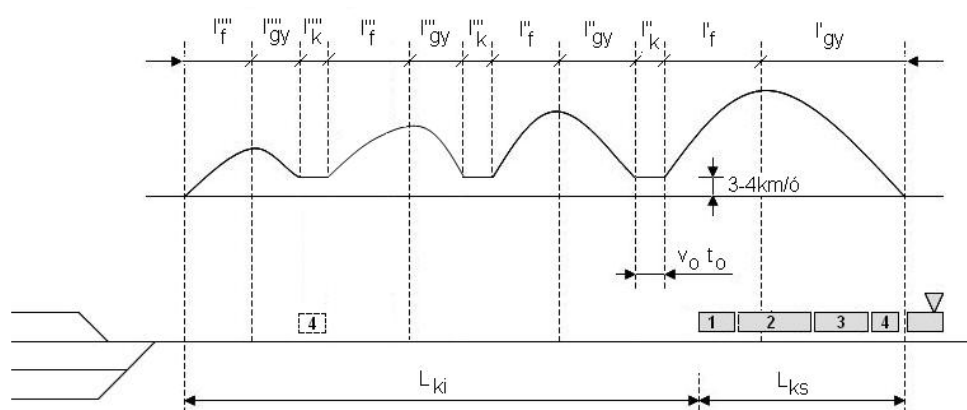
7.12. ábra
Kocsicsoportok követése.

Az l'_b minimális értéke alapján kell megállapítani a gyakorlatban előforduló tolatási sebességet.

7.2.5. A kihúzási távolság meghatározása

A kihúzási távolságot minden esetben meg kell állapítani, amikor a kocsicsoportokat szalasztással juttatják rendeltetési helyükre. Ezek közül legjellemzőbb a lökésorozatos tolatás.

A lökésorozattal való tolatás eredményes és gazdaságos lebonyolításának feltétele, hogy az első elosztó váltótól a kihúzó vágányon olyan messzire húzzanak ki, hogy a szükséges lökés-sorozat újabb kihúzás nélkül elvégezhető legyen, továbbá az utolsó lökés pillanatában az utolsó szalasztandó kocsicsoport vége éppen az elosztó-váltó elejénél legyen (7.13. ábra).



7.13. ábra
Kihúzási távolság meghatározása.

A kihúzási távolság függ a szétrendezendő kocsicsoportok számától, tömegétől, a szalasztás sebességétől és a fékezés fékútjának hosszától. A kihúzási távolság (L_{ki}) a kinetikai energiát növelő gyorsítási (l_{gy}) majd csökkentő fékezési (l_f) távolságokból tevődik össze.

A tárgyalt tolatási módnál a következő lökés előtt a szalasztandó kocsicsoport lekasztása végett a sebességet nem 0-ra, hanem 3km/óra (v_0 -ra) csökkentik. Ez a fékezési és gyorsítási távolságot némileg mérsékeli, viszont a lekasztáshoz szükséges időtartam (t_0) alatt a kocsisor mozog, amiből többlet távolság adódik. A rövidülést az l_{gy} és l_f képlete figyelembe veszi, csak a hosszabbodást kell meghatározni. Ennek (l_h) értéke:

$$l_h = v_0 \cdot t_0 \cdot (k - 1) \text{ [méter]}$$

ahol:

k – a lökések száma.

A kihúzási távolság számításakor figyelembe kell venni azt is, hogy: a kocsicsoportok eszalasztása után a kihúzóvágánynak a kocsicsoport által elfoglalt része is felszabadul. Az utolsó lökés kezdeti időpontjában az utolsó kocsí vége közvetlenül a váltó elejénél lehet. Az elmondottakat figyelembe véve, a legrövidebb kihúzási távolságot a következőképpen írhatjuk fel:

$$L_{ki} = \sum_{i=1}^k (l_{gy} + l_f) + w_0 \cdot t_0 (k-1) - l_{ks} - l^u - (l_{gy}^u + l_f^u)$$

Mindig pozitív mivel

$$\sum_{i=1}^k (l_{gy} + l_f) - (l_{gy}^u + l_f^u) = \sum_{i=1}^{k-1} (l_{gy} - l_f)$$

és

$$-l_{ks} + l^u = -\sum_1^{k-1} (l_w \cdot n_k)$$

a képlet a következő alakra hozható

$$L_{ki} = \sum_1^{k-1} (l_{gy} + l_f) + (k-1) v_o t_o - \sum_1^{k-1} n_k l_w \quad [\text{méter}]$$

A kifejezésekben:

- l_{ks} - a kihúzott kocsisor hossza,
- l_f^u, l_{gy}^u - az utolsó kocsicsoport hossza és a szalasztásával kapcsolatos gyorsítási és fékezési távolság,
- l_w - egy kocsi átlagos hossza,
- n_k - az egyes kocsicsoportokban levő kocsik mennyisége.

7.2.6. A szalasztási sebesség meghatározása

Azt a legnagyobb sebességet, amelyet a mozdony és a vele együtt a szalasztandó kocsisor is a gyorsítási út végén elér, szalasztási sebességnek nevezzük. Ennek nagysága függ:

- a kocsicsoport nagyságától,
- a vágány irány- és fekszint viszonyaitól,
- a kitérők mennyiségétől,
- attól a távolságtól, amelyre a kocsikat szalasztani kell,
- az időjárási viszonyoktól.

Ha a szalasztási sebesség a kelleténél nagyobb, a nem megengedett ütközés elkerülése végett a kocsikat fékezni kell. Ha a sebesség a szükségesnél alacsonyabb, a kocsi(csoport) nem gördül el az irányvágányokon álló kocsisorig. Ez az eset a kedvezőtlenebb ezért célszerű lesz inkább egy kicsit nagyobb sebességre törekedni, mint kisebbre. Nyilvánvaló, hogy a szalasztási sebesség helyes megválasztásának a tolatási idő alakulása szempontjából is nagy jelentősége van, és hogy a szalasztott kocsicsoportokban annyi kinetikai energiát (E_k) kell felhalmozni, amennyi az ellenállások leküzdéséhez szükséges munka (M). Ismeretes, hogy

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{1000 \cdot Q \cdot v^2}{2 \cdot g'} \quad [\text{Nm}]$$

Az ellenállások legyőzéséhez szükséges munka értéke:

$$M = Q (w_o l_f + w_r l_i + w_k) \quad [\text{Nm}]$$

ahol:

- Q – a szalasztott kocsicsoport súlyereje kN-ban,
- V – a szalasztási sebesség,
- g' – a nehézségi gyorsulás és forgóalkatrészek hatásának figyelembevételével,
- l_i – a bemutatott útba eső ívek hossza,
- w_o – a kocsicsoport alapellenállása,
- w_r – az ívek,
- w_k – a kitérők ellenállása.

Az E_k -ra és M -re kapott értéket egymással egyenlővé téve és v -re rendezve:

$$v = \frac{2 \cdot g' \cdot (w_o \cdot l_r + w_r + l_i + w_k)}{1000} \quad [\text{m/s}]$$

A megállapított v értéket a futási távolság, a kocsitípus, az időjárási viszonyok függvényében táblázatba, vagy grafikonokba kell foglalni, s az érdekelteket azokkal el kell látni.

A lejtő okozta fajlagos mozgatóerő, vagy ellenállás értéke (N/kN) egyenlő a lejtő ‰-ben kifejezett nagyságával, ezért a szalasztás irányába eső lejtő növeli a fajlagos mozgatóerőt, vagy más szóval csökkenti a fajlagos ellenállást.

Ha a szalasztási sebesség értéke változatlan, a lejtő hatására a gyorsítási távolság kissé csökken, a fékezési pedig számottevően növekszik, tehát minél nagyobb a lejtő, annál nagyobb a gyorsítási és fékezési távolság együttes összege. Ez a szalasztás időtartama szempontjából kedvezőtlen. A lejtőnek lényegesen kedvezőbb a hatása, hogy segítségével csökkenthető a szalasztási sebesség, ami által a gyorsítási és a fékezési hossz is csökken. Ez a hatás lényegesen nagyobb, mint az előbbi, s végeredményben a lejtő hatására a két távolság együttes összege lényegesen kisebb. Emiatt növelhető az egy sorozaton belüli lökések száma, a kihúzási távolság rövidebb, a szalasztási sebesség kisebb lehet és a szükséges idő is kisebb lesz.

E célok elérése érdekében vezető kutatók a lejtő nagyságát nyáron legfeljebb 2,5-3‰-ben, télen pedig 3,5-4 ‰-ben javasolják megállapítani.

8. VASÚTI AUTOMATIKÁK

8.1. Általános ismeretek

A vasúti biztosítóberendezések a vasúti infrastruktúra olyan műszaki rendszerelemei, amelyek célja a vonatbalesetek és veszélyeztetések megakadályozása, továbbá a vonatok közlekedésének szabályozása.

A vasúti biztosítóberendezések főbb fajtái és meghatározásai

Az állomási biztosítóberendezés kényszerkapcsolatot létesít a jelzők és a váltók között. A kényszerkapcsolatnak két oldala van:

- A jelzők szabad állásba kapcsolása csak akkor lehetséges, ha a menetben érintett váltókat (vágányútban fekvő váltó, védő funkciót ellátó váltó) a helyes irányba állították és lezárták.
- A vágányút feloldása csak akkor lehetséges, ha a vonat mögött a jelzőt „Megállj!” állásba állították és a vonat a teljes vágányúton végighaladt és feloldotta azt.

A vonatvágányút állapotával is összefüggő események sorrendje a következő:

- váltók beállítása és lezárása,
- jelző szabad állásba állítása,
- vágányút felhasználása,
- jelző „Megállj!” állásba állítása,
- vágányút feloldása.

Az állomásközi biztosítóberendezés célja a két szomszédos állomásközben (nyíltvonalon) fekvő vágányokon közlekedő vonatok balesetének megakadályozása.

Kényszerkapcsolatot létesít a két állomás és a vonal jelzői között. A *szembemenesztés* megakadályozása érdekében kényszerkapcsolatot létesít a szomszédos állomások szembenező kijáratú jelzői között. Ennek következtében az állomásközbe csak az egyik állomás indíthat vonatot. Ellenkező irányú vonat csak akkor indítható, ha az állomásközben már nincs vonat.

A *vonat-utolérés* megakadályozása érdekében kényszerkapcsolatot létesít a két szomszédos állomás azonos irányba néző kijáratú és bejáratú jelzői, ill. a térközjelzők között. Követő vonat csak akkor indítható, ha az elől haladó vonat (állomástávolságú közlekedés esetén) a mögöttes állomásra behaladt és a bejáratú jelzőn „Megállj!” állású jelzési kép jelent meg, ill. ha az elől haladó vonat az első térközből kihaladt és a vonatot fedező térközjelző „Megállj!” állásba került.

A vasúti átjárót fedező (biztosító)berendezés a közút és vasút szintbeli kereszteződési pontja előtt jelzi a veszélyt. A biztosítás módja szerint többféle változatát különböztetik meg. A legkorszerűbb berendezésnek a félcsapórúddal kiegészített fénysorompó berendezés számít.

A vasút szempontjából oldalvédelmet biztosít a közúti veszélyeztetésekkel szemben. Nem a vonat vágányútjának része, hanem az érintett szolgálati hely jelzője szabadra állításának feltétele.

A berendezés a közút szempontjából a veszélyes helyet és a vonat közlekedését jelzi.

KÖFE berendezések esetén csak a szükséges és elégséges információt kell az irányító rendelkezésére bocsátani. A felesleges adatok zavarók, a nagyobb telekommunikációs forgalom pedig magasabb költségekkel jár.

Tervezési adatok:

- infrastruktúráról (vágányhálózati, kapacitás információk),
- vonatról (menetrend).

Tényadatok:

- infrastruktúráról (biztosítóberendezési státuszok, vágányzárak, feszültségmentesítés),
- vonatról (vonatmenet adatok a vonatszámkövető rendszerből).

Vonatkövetési információk gépi gyűjtése, általában decentralizált változat.

Megjelenítés:

- táblázat,
- diagram (Út-Idő Diagramm),
- topográfia képpel (Vágányhálózati tükör).

UID:

Aktuális Idő – Vonal / Terv / Tény tartomány.

Egyszerű prognózis és jobb értelmezhetőség menetvonal eltolással.

Foglaltsági lépcsők.

Konfliktus felismerés:

- Menetrendi konfliktus (eltérések) felismerése: $\Delta T = T_{\text{terv}} - T_{\text{tény}}$
- Foglaltsági konfliktus felismerése: az azonos vágányon haladó vonatok foglaltsági lépcsőfokainak átfedésére visszavezetve.

Konfliktuskezelési javaslatok:

- Egyszerű prognózissal, a menetvonalak eltolásával.
- Kibővített prognózissal, a sebességmódosítási és tartózkodási idő módosítási lehetőségek figyelembevételével, időpótlékolással >>> szimulációval.
- Tudásbázisú rendszer eseménygráfos leképezéssel.

Rendszerkapcsolatok:

- Célszerű a menetirányító rendszer összekapcsolása a társirányító rendszerekkel, a kölcsönhatások miatt.
- Kezelői felületen keresztül a szomszédos irányítási szakaszokba célszerű betekintést biztosítani.
- Kezelői felületbe célszerű integrálni a távbeszélő / mozdonyrádió / személyzetrádió kezelői felületét, azokkal adatkapcsolatot létrehozni.
- Információszoftalkatás a statisztikai / ügyviteli rendszer felé.
- Információszoftalkatás utastájékoztató rendszerek felé.

KÖFI berendezések

Biztosítóberendezések távvezérlése:

- mely technológiáknál van rá lehetőség,

- megoldási lehetőségek,
 - relés biztosítóberendezés –soros/párhuzamos átvitel - relés kezelői felület,
 - relés biztosítóberendezés – illesztés – soros átvitel – elektronikus kezelői felület,
 - elektronikus biztosítóberendezés – illesztés – soros átvitel – elektronikus kezelői felület,
- biztonsági aspektus: mely esetben kell alkalmazni a biztonsági adatátvitelt a parancs- és állapottávíratok továbbítására,
 - teljes szolgáltatású távvezérlés, biztonsági megjelenítéssel és parancsátvitellel,
 - nem-biztonsági kivitelű távvezérlés, a kritikus kezelések kiadása helyi személyzet közreműködésével (mellékvonalak),
 - egyszerűsített távvezérelt üzem, teljes értékű biztosítóberendezés nélkül,
 - rádiós forgalomirányítás.

Vágányút állító automatika szükséges

- ha a forgalomirányító központban nagyobb körzetet bízna egy irányítóra,
- rutintevékenységek kiváltására,
- késői vágányút állítás kivédésére.

A biztosítóberendezés kezelői felületére ráültetett modul, biztonsági feladatok nélkül.

Folyamat összetevők:

- Vágányút állítási parancs kiadásának indokoltságát meg kell állapítani.
- Vágányút állítási parancs kiadási időpontját optimálisan meg kell választani.
- A kiadás megengedhetőségét vizsgálni kell.
- Ki kell adni a vágányút állító parancsot.
- Ellenőrizni kell, hogy a jelző szabadra állt-e egy bizonyos időn belül.
- Rendellenességek esetén a kezelőt figyelmeztetni kell.

Főbb változatok:

- vágányút állító automatikák vonatazonosítás nélkül: ÖJÜ, ÖEÜ, ÖKÜ.
- vágányút állító automatikák vonatazonosítással:
 - vonatirányszámos
 - vonatszamos

Vonatszamos automatika tervadatbázisában további függőségeket is előre lehet programozni:

- dátumfüggés,
- időfüggés,
- késleltetés,
- csatlakozási feltételek,
- vonatszám műveletek.

Állomási terv/tényadatok megjelenítése:

- vágányfoglaltság-idő diagramon,
- táblázatos formában.

Vágányút állító automatika konfliktuskezelésének feladatai:

- foglaltsági konfliktus esetén az elsőbbségi viszony rendezése,
- zsákutca-helyzet elkerülése,
- optimalizálás.

Vágányút állító automatikák konfliktuskezelésének megoldási elvei (minden esetben előrete-kintéssel):

- vágányfoglaltságok fedésén alapuló módszer,
- vágányút lefoglalási módszer.

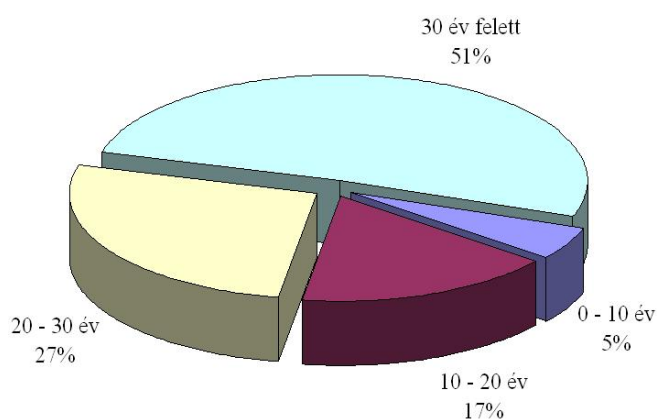
Választás a forgalomirányító berendezések között

A forgalomirányítás számára számos struktúra, rendszer és eszköz áll rendelkezésre. Ezek kö-zül mindig a feladatnak legmegfelelőbb változatot (alternatívát) kell választani, adott esetben az illesztés, vagy új fejlesztés lehetőségét is megvizsgálva.

A döntést befolyásoló főbb szempontok:

- forgalom
 - nagysága,
 - jellege (személy, teher, vegyes),
 - homogenitása,
 - időbeli eloszlása (tervezett menetrend),
- állomási munka nagysága és jellege,
- vonali vágányok száma,
- vágányhálózat jellege,
- meglévő berendezések felhasználhatósága, integrálhatósága,
- elérendő megbízhatósági, rendelkezésreállási, javíthatósági és biztonsági szint (RAMS),
- munkaerőigény,
- beruházási költség, fenntartási költség

Az automatikák célnak megfelelő kialakítását és szakmailag helyes kiválasztását az is indo-kolja, hogy a vasutak birtokában nem kizárólag a XXI. században gyártott és épített berende-zések vannak. Magyarországon az elmúlt években történt felmérés alapján kimondható, hogy a vasúti automatikák kissé korossá váltak. A berendezések kor szerinti megoszlását a 8.1. ábra mutatja.



8.1. ábra

Biztosítóberendezések kor szerinti megoszlása

A biztosítóberendezések feladatai

Alapvető feladatok:

- a vonatközlekedés és tolatómozgások biztonságossá tétele,

- szembemenetek, utolérések és oldalirányú veszélyeztetések kizárása,
- vonat- és tolatómenetek csak helyesen beállított vágányúton bonyolódjanak.

A vasúti biztosítóberendezéseknek a balesetek megakadályozása érdekében:

- Kizárni a vonat- és tolatómenetek közlekedésének szabályozását végző vasúti személyzet tévedését.
- Megakadályozni (lehetetlenné tenni) a vonatközlekedésre veszélyes kezeléseket, állítási műveleteket.
- Kikényszeríteni a szükséges helyes kezeléseket, állítási műveleteket.
- A vonatforgalom biztonságos és minél kedvezőbb lebonyolítása, segítése érdekében működtetni a berendezéseket. Ezek önműködő berendezések (automatikák), vagy berendezésrészek.
- Ellenőrizni gépi úton a berendezés részeinek állapotát (szerkezeti függés, villamos függés). Ez az objektumok helyzete, ill. a biztonsági önellenőrzés.
- Tájékoztatni a szabályozást végző személyzetet a vonatok aktuális helyzetéről és a biztosítóberendezés állapotáról.

A korszerű biztosítóberendezés szolgáltatásai:

A vonatközlekedés lebonyolítása során a biztosítóberendezés számos szolgáltatást nyújt elsősorban a biztonsági funkciókkal kapcsolatban. Vannak azonban további szolgáltatásai, amelyek nem elhanyagolhatóak:

- Lerövidíti a berendezések kezeléséhez szükséges időt.
- Gyorsítja és gazdaságosabbá teszi a szállítási folyamatot.
- Növeli az átbocsátóképességet.
- Növeli az automatizáltság fokát.
- Megkönnyíti a fizikai és szellemi igénybevételt.
- Forgalmi és műszaki üzemeltető személyzet munkakörülményeit kulturáltabbá teszi.
- Lehetővé teszi a létszámcsökkenést.
- Magasabban kvalifikált személyzetet igényel.
- Kiépítése alacsonyabb építési és üzemeltetési költséget igényel.

Vasúti biztosítóberendezések szerkezeti részei

Az automatizálással foglalkozó szakterületek helyes felosztása szerint a biztosítóberendezések három fő résszel rendelkeznek. Ezek: a kezelőkészülék, a törzsrész és a külsőtéri objektumok. Mivel a törzsrész rendszerint a belső térben található, az előző felosztást helyes az alábbiak szerint is végezni.

Vasúti biztosítóberendezések belsőtéri szerkezeti részei

- Kezelő és visszajelentő készülékek.
- Működtető, logikai döntést hozó, biztonsági ellenőrző elemek.
- Működtető szerkezetek.
- Áramellátó rendszer.

Vasúti biztosítóberendezések külsőtéri szerkezeti részei

- Jelzők
- Váltóállító, váltólezáró és váltóellenőrző készülékek.
- Vonatérzékelő berendezések.
- Oldalvédelmi berendezések (vágányzáró sorompó, kisiklasztó saru).

- Kábelek.

Egyéb szakterületen alkalmazott berendezések

A vasutak egy-egy ország legnagyobb vállalatai közé tartoznak. Fő feladatuk a szállítás lebonyolítása. A szállítások sikeres végrehajtása érdekében számos ipari és egyéb jellegű feladatot kell megoldani. E feladatok megoldásában berendezések segítenek. Ezek a berendezések a megoldandó feladat jellegétől függően kerülnek kialakításra és működésük is speciálisnak mondható.

A vasútnak önmaga számára kell gondoskodni a következőkről:

- Vasúti pályaberendezések megépítése, fenntartása és javítása.
- Vasúti gördülőanyag (vontató- és vontatott járművek) karbantartása, felújítása.
- Vasútvonalak forgalmának irányítása.
- Áru felvétele és kiadása.
- Menetjegyek kiadása és kezelése.
- Távközlő-, jelző- és biztosítóberendezések építése, fenntartása.
- Anyagok beszerzése és elosztása.
- Pénzügyi tevékenység.
- Oktatási tevékenység.
- Egészségügyi és szociális ellátás.

8.2. Főbb baleseti veszélyhelyzetek

A veszélyes üzem jellegéből, de az ember-gép rendszer ismert hiányosságaiból is következik, hogy a vasúti közlekedésben számos konfliktus helyzet, veszélyhelyzet adódik. Ezeknek egy része sajnos balesetek formájában nyilvánul meg. Jellemző baleseti lehetőségek:

- Szemben haladó vonatok ütközése.
- Vonat-utolérés.
- Aláváltás.
- Foglalt vágányra haladás.
- Oldalirányból való veszélyeztetés.
- „Megállj!” állású jelző meghaladása.
- Korai oldás miatt bekövetkező balesetek
- Egyéb balesetek.

A balesetek elkerülésének műszaki lehetőségei

Szemben haladó vonatok ütközésének kizárása állomásközből menetirány-függőséggel, állomásokon kezdőpont-célpont jelzőfüggőséggel történik.

Az egymást követő vonatok utolérésének kizárása blokkfüggéssel, ismétlőzár jellegű függéssel, gépi foglaltság-ellenőrzéssel történik.

Az aláváltás kizárása a váltók lezárásával, gépi foglaltság-ellenőrzéssel történik.

A foglalt vágányra haladás (állomáson, állomásközből, térszinten) kizárása gépi foglaltság-ellenőrzéssel történik.

Az oldalirányból való veszélyeztetés oldalvédelmet nyújtó berendezések telepítésével, menet-tervi kizárásokkal, gépi foglaltság-ellenőrzéssel, egyéb függések kiépítésével (késleltetett oldás, célkizárás) történik.

A „Megállj!” állású jelző meghaladása vonatmegállító berendezés alkalmazásával, vonatbefolyásoló rendszer kiépítésével, állomáson kezdőpont-célpont jelzőfüggőséggel történik

Korai oldás miatt bekövetkező balesetek gépi oldás, gépi határbiztosítás, gépi vonatérzékelés, összetett feloldás megvalósításával zárható ki.

Egyéb balesetek (utas-, járműbaleset) kizárása, megakadályozása nem biztosítóberendezési feladat. Vannak helyzetek azonban, amikor a biztosítóberendezés közvetetten közreműködhet a baleset megelőzésében. Elvileg a biztosítóberendezéseknek nem feladata a rosszindulatú szándékkal előidézett veszélyhelyzet elhárítása, vagy bűncselekmény megakadályozása.

8.3. Biztosítási alapelvek

A biztosítóberendezés tervezése és üzemeltetése során ügyelni kell számos biztonsági követelmény betartására. Fontos, hogy a berendezésben keletkező hiba önmagában ne vezessen közvetlenül balesetveszélyes helyzethez, de különösképpen ne okozzon balesetet. A berendezésrészeknek ezért egymás működését ellenőrizni kell. A vasúti biztosítóberendezés tervezése és gyártása alkalmával általában törekedni kell nagy megbízhatóságú szerkezetek beépítésére. Ugyancsak alapvető követelmény, hogy a vonat és tolatási menetek szabályozásában érdekelt jelzők függőség nélkül bármikor „Megállj!” állásba legyen állíthatók.

A biztosítóberendezések kialakításának és szerkesztésének főbb elvei:

- Jelző „Szabad” állásba csak akkor állítható, ha a menetben érintett váltók a helyes irányukban le vannak zárva, a védőobjektumok védőállásukban rögzítve vannak.
- Lezárt vágányút csak akkor oldható, ha a vonat a saját vágányútján végighaladt és a mögötte fedezést megvalósító jelző „Megállj!” állásban van.
- „Szabad” állású jelző bármikor és függés nélkül „Megállj!” állásba állítható.
- A berendezésben fellépő hiba nem okozhat közvetlen balesetveszélyes helyzetet.
- A biztonsági berendezésrészek egymást ellenőrzik. A nem ellenőrizhető részeknél nagy megbízhatóságú szerkezeteket kell alkalmazni.
- Az üzembiztonság növelésére tartalék áramellátó rendszert kell alkalmazni.

Kitérő, váltó

Kitérő a vasúti pálya szerkezeti eleme, amely lehetővé teszi az egyes vágányszakaszok közötti kapcsolatok létrehozását és a kötöttpályás járművek irányváltoztatását. Sem a vonatközlekedés, sem az elegyfeldolgozás, sem a helyi munka területén vasúti járművek nem juthatnak el célpontjukig anélkül, hogy ne haladtak volna át kitérőkön. Természetesen nem is indulhatnak el állomásról, vágánycsoportokról, vagy rakodóközetekből anélkül, hogy kitérőkön ne haladjanak keresztül. A vasúti kitérő tehát az egyik legfontosabb pályaelem.

A váltó a kitérő három alkotó része (váltórész, közbenső rész, keresztezési rész) közül az első. A váltó(rész) helyhezkötött (tősin, sínzék, keresztezési csúcsbetét, stb.) és mozgó (kampó, összekötő rudazat, csúcssín, stb.) alkatrészeket egyaránt tartalmaz. A vasúti szakmai nyelv használata során sokszor nem tesz különbséget kitérő és váltó között.

A váltóval kapcsolatban a következő feladatokat kell megoldani:

- állítás (három ütemben),
- rögzítés (csúcssínt a tősinhez),
- ellenőrzés (csúcssín helyzete),
- lezárás (téves állítás megakadályozása).

Foglaltságérzékelés

A foglaltságérzékelés feladata megállapítani, hogy egy adott vágányszakaszon van-e (halad, tartózkodik) vonat, vasúti jármű, vagy nincs.

A foglaltság gépi információját – vezérlő jelként – többféle feladat elvégzésére használjuk fel:

- Oldás. (Példa: A lezárt váltó feloldását csak akkor engedi meg a berendezés, ha a vonaterzékelő berendezés ezt nem akadályozza meg, miután a vonat a vágányúton (váltón) teljesen végighaladt. A korai oldás megakadályozásához fontos biztonsági, társadalmi (egészségügyi), gazdasági érdek fűződik.)
- Kizárás, tiltás. (Példa: Foglalt vágányra történő behaladás, vagy foglalt váltón keresztül történő közlekedés a berendezés által ki van zárva. Az ilyen típusú mozgásokat a berendezés megtiltja.)
- Önműködő vezérlések. (Példa: „Szabad” állású jelző „Megállj!” állásúra ejtése önműködően megy végbe. A félcsapórúddal kiegészített fénysorompó által, a közeledő vonat hatására, a vasúti vágányok közötti forgalomtól való elzárása, emberi közbeavatkozás nélkül történik. A térközjelző jelzési képe a mellette elhaladt vonat hatására, minden egyéb beavatkozás nélkül, „Megállj!” állásúra változik.)
- Visszajelentés, tájékoztatás. (Példa: a vonatforgalom szabályozását végző vasúti dolgozó tájékoztatást kap, az állomás vágányainak, váltóinak szabad, ill. foglalt állapotáról. A forgalmi szolgálattevő a berendezés visszajelentése útján informálódik, hogy az állomásköz mely térközszakasza szabad, vagy foglalt.)
- Egyéb. (A foglaltságérzékelés sok más feladatra is felhasználható. Példa: jelfeladás, mozgásérzékelés, vágánytelítettség mérés, stb.)

A foglaltság érzékelése különböző berendezésekkel történhet. Az érzékelés fizikai elve szerint a következő berendezéstípusok vannak:

- szigeteltsín rendszer (alapja a kerék elektromos sönt hatásának érzékelése),
- tengelyszámláló rendszer (alapja a vasúti keréktömeg mágneses érzékelése),
- aktív zárjelző figyelő rendszer (alapja az indukció),
- infra rendszer (alapja az infrasugár folytonosságának érzékelése),
- ellenállás mérő rendszer (alapja a hurokellenállás mérése),
- rádiós helymeghatározó rendszer,
- műholdas helymeghatározó rendszer,
- egyéb korszerű rendszer.

Fenti foglaltságérzékelő rendszerekből hazai viszonyok között is leginkább a szigeteltsín rendszer terjedt el. Az utóbbi évtizedben jelentősen gyarapodott a tengelyszámláló rendszert alkalmazó vasutak köre.

Szigeteltsín

A vasúti kerékpár (tengely, kerék, féktárcsa, csapágyazás) anyaga általában – a villamos vezetőképeség szempontjából is megfelelő – fém. A fém kerékpár a vágányban elhelyezett acél

sínszálakat fémesen köti össze. A fém kerékpár tehát megváltoztatja az érzékelő mágneses terét. A megváltozott állapothoz így egy villamos szempontból jól értelmezhető jel tartozik. A sínek egymástól villamosan történő elszigetelésével (hosszirány, keresztirány) hozzák létre a szigetelt sínmezőket. A sínáramkörben a vezeték egy részét a vasúti pálya egymástól és a földtől jól elszigetelt sínszálai alkotják.

A sínáramkörök fajtái:

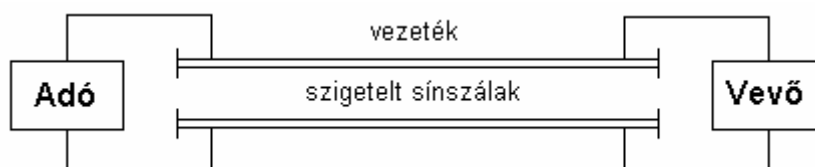
- működési elv szerint (nyugalmi, vagy dolgozó áramú)
- kialakítás szerint (egy-, vagy két sínszálás),
- áramnem szerint (egyenáramú, vagy váltakozó áramú),
- áramfolytonossága szerint (folyamatos táplálású, vagy ütemezett táplálású).

A váltakozó áramú szigeteltsínek típusai:

- 75Hz-es ütemezett,
- 400Hz-es,
- 9kHz-es,
- 13 kHz-es rövid, szigetelő heveder nélküli.

A 75Hz-es ütemezett sínáramkör elterjedt a magyar vasúthálózaton. Előnye, hogy jelfeladásra és ezen kívül hosszú vágányszakaszok foglaltságvizsgálatára alkalmas sínáramköri rendszer. Elsősorban önműködő térközjelzőkkel felszerelt térközökben és állomási fővágányokban alkalmazzák. Az ütemezéssel előállított kódok jelentésével és a kapcsolódó jelfeladással itt nem foglalkozunk.

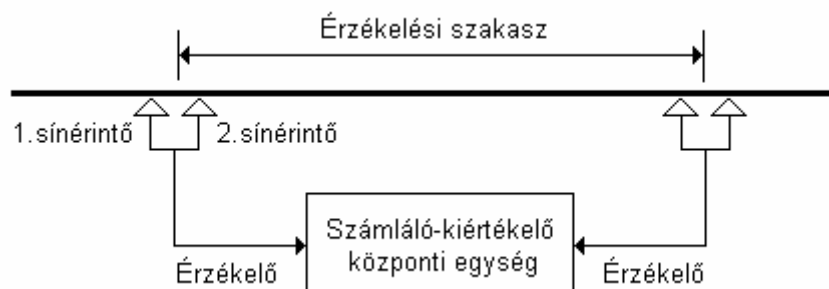
A szigeteltsín elvi vázlata a 8.2. ábrán látható.



8.2. ábra
Szigetelt sínáramkör elvi felépítése

Tengelyszámláló

A foglaltságérzékelés megvalósítására a vasutak gyakran alkalmaznak tengelyszámláló berendezést. Elvi vázlata a 8.3. ábrán látható.



8.3. ábra
Tengelyszámláló berendezés

A beszámlálás az 1. és 2. sínérintő segítségével, míg a kiszámlálás a haladás szerinti érzékelési szakasz végén történik. Az elektronikus számlálópont egy a tengelyszámlálás elvén működő vágányfoglaltság jelző rendszer kerékérzékelő egysége. A jelek továbbításával a központi egységben van lehetőség annak megállapítására, hogy ugyanannyi kerék lépett ki az érzékelési szakaszból, mint amennyi belépett oda.

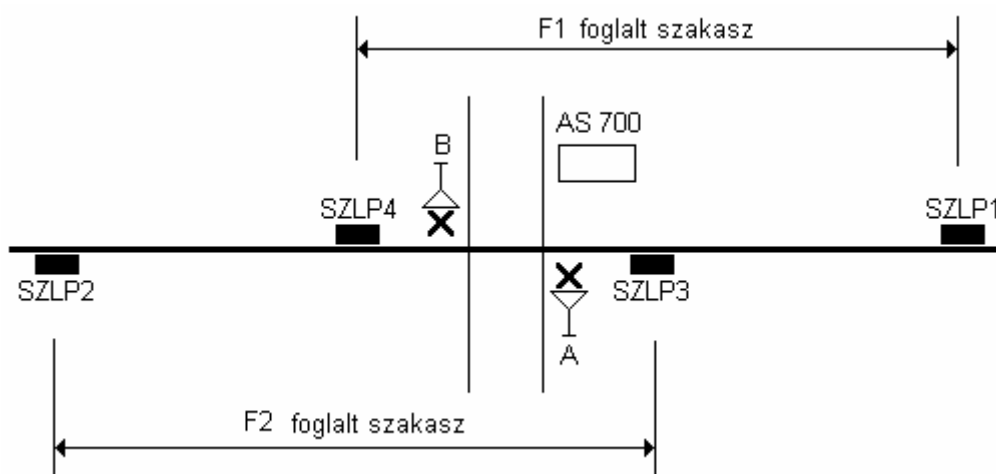
A tengelyszámlálók motoros és elektronikus kivitelben is rendelkezésre állnak. Utóbbi esetben a vágányfoglaltsági szakaszok határára telepített számlálási pont a sínszálla szerelt készülékből, valamint a vágánycsatlakozó házból és a szükséges csatlakozó kábelekből áll. A készülék az elektromágneses kerékérzékelés bevált működési elvén üzemel, vagyis a sínszálla szerelt készülék működési övezetében a kerék megváltoztatja a váltakozó elektromágneses erőteret, és ezzel jelimpulzusokat vált ki. Az így keltett jelimpulzusokat pályakábelben továbbítják a biztosító berendezéshez telepített tengelyszámlálóba. Az ilyen kialakítású számlálási pontok a gyakorlatban is beváltak.

A tengelyszámlálóval szemben támasztott követelmények:

A számlálási pontot az alábbi tulajdonságai jellemzik:

- biztosítsa, hogy a használatos szabványoknak megfelelő, bármely méretű vasúti kerék kiválthassa a befolyásolást,
- valamennyi szabványos sínprofilhoz alkalmazható legyen,
- masszív mechanikai kivitelben készüljön, ü
- ne legyen érzékeny az időjárás hatásaira (hőmérséklet, csapadék, szél)
- igen rövid kerékbehatási időknél is működjön (300 km/órás pályasebesség felett is stabil üzemű legyen)
- érzéketlenséggel fogadja a visszavezetett áramot, a felső vezeték áramugrásait, a mágneses és elektromágneses behatásokat, valamint a hang- és középfrekvenciás tartományban üzemelő jelző és biztosító berendezések behatásait.

A tengelyszámláló berendezés alkalmazásának egyik „divatos” területe a nyílt vasútvonalak közúti-vasúti szintbeni kereszteződései. A vonatérzékelés eseménye indítja el az un. elővillogást, ill. a vasúti átjáró elzárási folyamatát. Az érzékelési szakaszból való kilépés eseménye pedig az oldási folyamat elindítója. A tengelyszámláló telepítésének elvi vázlatát a 8.4. ábra szemlélteti.



8.4. ábra
Tengelyszámláló telepítése

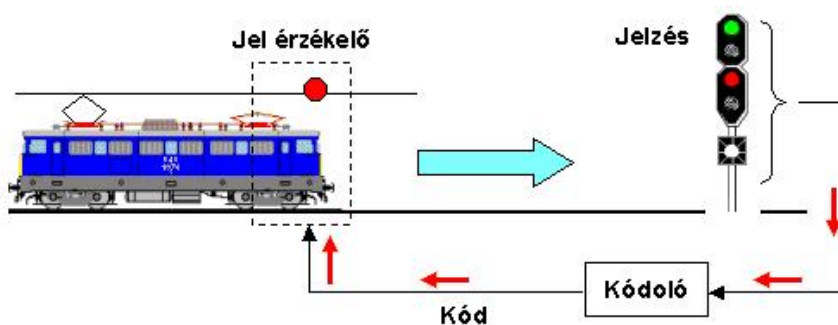
Aktív zárjelző

A vonatok végének megfigyelése a vasutak mindenkor biztonsági szabályrendszerének fontos előírása volt. A vonatvégét a napszaknak, látási viszonyoknak megfelelő zárjelzővel (tárcsa, lámpa) látták el. Ezek megfigyelésével állapították meg, hogy a vonat egy adott vágányszakasról teljes terjedelmében kilépett és nem hagyott hátra (siklott, leszakadt) vontatott járműve(ke)t. A zárjelző eszközök kezelésére a vonatszemélyzetet, vonatvezetőt, mozdonyvezetőt, állomási és nyíltvonali dolgozókat, később a vállalkozó vasutat kötelezték. Bárki felelt is azonban az eszközökért, azok szabályos használatáért és leltári meglétéért, egyre inkább figyelmet és időt lekötő tevékenységgé vált. A feledékenységből ki nem tűzött zárjelző komoly problémát és idővesztést okozott a vasutaknak. A zárjelző eszközök kezelésével, szabályos használatának biztosításával összefüggésben áttörést hoztak az automatikus eljárások és azokat megvalósító telepített eszközök.

Az aktív zárjelző berendezés pályaoldali és járműoldali elemekből áll. A vasúti pálya vizsgált (érzékelési) szakaszának elején és végén egy-egy érzékelőt építenek be. A vágányszakasz elején a belépő vonat az érzékelő felett elhaladva bejelentkezik. A szakasz végén a vonat utolsó járművének vonóhorgára (mellgerendájára) felerősített járműoldali érzékelő kijelentkezik a pályába épített érzékelő felett elhaladva. A pályaberendezés által kisugárzott villamos jelet a járműoldali aktív zárjelző érzékeli, átalakítja és visszasugározza a pályaberendezésnek. Amennyiben a pályaelem, mint vevő, a felette elhaladó mozgó elemet, mint vonatvéget érzékeli, ezt azt jelenti, hogy a mögöttes szakasz kiürült, felszabadult.

Jelfeladás, vonatbefolyásolás, éberségellenőrzés

Jelfeladás: meghatározása szerint a vonatbefolyásolásra kiépített vasúti pályáról a mozdonyokra, vezérlőkocsikra történő folyamatos, szakaszos vagy pontszerű információátvitel. Nem történik tehát más, mint a jelző felé közelítő vonat előtt haladó járművére (mozdony, vezérlőkocsi), annak a jelzőnek a jelzési képét továbbítják, amelyik felé a vonat halad. Így korlátozott látási viszonyok esetén is esélye van a mozdonyvezetőnek a jelzést megfigyelni és kiértékelni. A jelzési kép a mozdony ún. sátorjelző készülékén jelenik meg. A mozdony sátorjelző készülékén és a külső téren elhelyezett jelzőn megjelenő jelzési képek formailag nem egyeznek meg. A jelfeladás elvi vázlatát a 8.5. ábra szemlélteti.



8.5. ábra
Jelfeladás

Vonatbefolyásoló berendezés alkalmazásával akadályozható meg a baleset, ha az előírt sebességhatárt a vonat túllépi, vagy a vörös jelzést meghaladja. Önműködő üzemű.

Vonatbefolyásolás alatt azt a folyamatot értjük, amelynek során a haladó vonat mozdonyvezetője közvetlenül a vezetőálláson – az ún. mozdonyátorjelzőn – a jelzők jelzési képétől és az engedélyezett sebességtől függően információkat kap, s ha ezeknek megfelelően a vontatójármű személyzete nem, vagy csak késve avatkozik be, figyelmeztetés után a vezérlés megszünteti a vontatójármű vonóerő-kifejtését, és kényszerfékezést indít meg. Ennek megvalósítása alapvetően kétféle módon lehetséges.

Pontszerű vonatbefolyásolás

- mechanikai úton, amely előzetes figyelmeztetés nélküli vonatmegállítást jelent. A pálya menti jelzőknél elhelyezkedő mechanikus szerkezet (általában egy kar, de a vonatbefolyásolás kezdeti időszakában alkalmazták a sín mellett elhelyezett vályúban csúszó keféket, amelyek villamos kapcsolást tettek lehetővé) a „Megállj!” állású jelzőknél felemelkedik, ütközik a jármű erre a célra megfelelően kialakított részével és megindítja a fékezést. Ilyen mechanikus rendszerű berendezést használ, pl. a budapesti metró.
- induktív vonatbefolyásolás, amelyben az előzőekben vázolt feladatot a rendszer mechanikus ütköző elemek és általában közvetlen mechanikai kapcsolat nélkül valósítja meg. A berendezés a pálya mentén elhelyezett adófejek és a mozdonyra szerelt mágneses vevőfejek segítségével végzi az éberségellenőrzést, a sebességellenőrzést, valamint az átvitt információnak (pl. sebességcsökkenésre vonatkozó parancsnak) megfelelően adott távolság megtétele után ismételt sebesség- és ezzel lassulás ellenőrzést annak megítélésére, hogy a mozdonyvezető a kapott parancsnak megfelelően beavatkozást végrehajtotta-e.

A jelátvitel biztonságát általában a pályaelemek megkettőzésével fokozzák. A pontszerű vonatbefolyásolás előnyeként említhető, hogy bármely más rendszerhez viszonylag könnyen illeszthető, a telepítés és az üzemeltetés egyszerű és alacsony költséggel valósítható meg, valamint zavaró jelek kevésbé befolyásolják. Számottevő hátránya, hogy a behatási pont meghaladása után az esetlegesen bekövetkezett jelzési parancsváltozásról a vonat csak a következő behatási pont felett történő elhaladáskor értesül.

Folyamatos vonatbefolyásolás, tehát folyamatos információátvitel esetén a hordozójel nem pontszerűen, hanem megszakítás nélkül érkezik a vontatójárműre. Ez az előbbiekkel szemben azt jelenti, hogy a jelzési parancsban bekövetkező változás gyakorlatilag azonnal megjelenik a mozdonyon. A korszerű és megbízható, valamint kellő mennyiségű információ átvitelére alkalmas rendszer a folyamatos vonatbefolyásolás, amelyet a MÁV is alkalmaz törzshálózatán. A rendszer két fő részből áll:

- az információkat szolgáltató pályaberendezésből,
- a pályaberendezés által szolgáltatott információkat feldolgozó járműből.

A pályaberendezés a pálya menti jelzők jelzési képeit kódolja és váltóáramú impulzusok formájában táplálja a sínzálakba. A betáplálás a jelzők mellett történik, mindig a közlekedő vonattal szemben. A betáplálás a sín helyett a mellé fektetett sugárzó kábelbe is történhet, melynek előnye a korlátlan információ-mennyiség, hátránya azonban a külön létesítési költség és a gépesített pályafenntartás bizonyos mértékű akadályozása.

A korszerű állomási és vonali biztosítóberendezések vonatérzékelő eleme a 75 Hz-s kódolt sínáramkör, amely a vonatérzékelésen felül a mozdonyra irányuló információk hordozójaként is felhasználható. A sínáramkörben az információk mindig a közlekedő vonattal szemben

áramlanak. A 75 Hz-s vivőfrekvenciát a sínáramkör adó része a jelző által meghatározott sebességparancsnak megfelelően impulzusmodulációval kódolja. Az impulzussorozatok egymástól az egy sorozatban érkező impulzusok számában különböznek. Az impulzussorozatok végét az impulzusokat egymástól elválasztó rövid szünetekhez képest négyszeres hosszúságú szünet határozza meg. Azt, hogy a sínáramkör táplálása mindig menetiránnyal szemben történjék, a biztosítóberendezés menetirányváltója biztosítja.

A közlekedő vonat menetirányával szemben érkező jeláramokat a mozdony első tengelye rövidre zárja. A sínben folyó és az így megnövekedett rövid zárási jeláram a sín körül mágneses teret létesít. Ez a mágneses tér a mozdony első tengelye elé szerelt tekercsekben, az ún. vevőfejekben a jelárammal arányos és az impulzus sorozatra jellemző feszültséget indukál. A pályában levő impulzussorozatok kiválasztásának alapja a MÁV sebességjelzési rendszere, amely lehetővé teszi a szigetelt sínben levő impulzussorozat és a jelző melletti vonathaladás sebessége közötti kapcsolat megteremtését.

Az indukált feszültség értéke arányos a sínben folyó jeláram értékével. A jeláram nagysága viszont függ a sínáramkör ágyazati ellenállásától és a mozdonynak a térköz-szakaszban elfoglalt helyétől, vagyis a jel-áramforrástól való távolságtól. A szembetáplálásból következik, hogy a jeláram –adott ágyazati ellenállást feltételezve – a vonatnak a térköz-szakaszba történő belépésének pillanatában a legkisebb. A mozdonyon levő berendezésnek biztosítani kell, hogy ezen legkedvezőtlenebb esetben is érzékelje a jelet. Az érzékelés előfeltétele, hogy a sínben folyó áram értéke a legkedvezőtlenebb üzemi körülmények között $R = 0,1 \text{ Ohm}$ keréksönt esetén is elérje a vevőberendezés megszólalásához szükséges értéket. A jeláram legkisebb értéke, amely mellett a vevőberendezés még nagy biztonsággal működik : $I = 1.5 \text{ A}$

A vonatbefolyásolási rendszer másik része a járműre szerelt berendezés, amelynek feladata a következő:

- vonatbefolyásolásra kiépített vonalszakaszokon ellátja az ismétlőjelző vezérlését, illetve a fékberendezés működés-vezérlését, valamint időszakos éberségellenőrzést biztosít,
- a vonatbefolyásolásra ki nem épített vonalszakaszokon pedig időszakos éberségellenőrzést biztosít.

Az egyesített éberségi- és vonatbefolyásoló berendezés felépítése olyan, hogy az éberségellenőrzés és a vonatbefolyásolás funkcióját a vonatbefolyásolásra kiépített vonalszakaszokon párhuzamosan látja el. Ennek a működésnek alapvető biztonsági oka van. Az éberségi berendezés folyamatosan ellenőrzi a mozdonyvezető éberségét. Az éberségellenőrző két egymást követő éberségi felhívás (ellenőrzés) közötti időt határozza meg.

A vonatbefolyásoló berendezés működése során a jelek a felvevőfejen keresztül egy szelektíverősítőbe kerülnek, amelynek feladata a zavaró jelek kiszűrése és a hasznos jelszint emelése. Az így felerősített és zavaró jelektől leválasztott hasznos jel a dekódoló egységbe jut, amelyben a folyamatosan érkező impulzus sorozatok egy-egy sebességparancsot határoznak meg.

A kiértékelő egység feladata, hogy a folyamatosan érkező impulzus sorozatok információ tartalmát jelentő sebességparancsot nagy biztonsággal meghatározza. A dekódoló egység az egymás után érkező impulzus sorozatokból mindig a később érkező impulzus sorozatot hasonlítja össze az előzőleg érkezett, kiértékelte és tárolt impulzus sorozattal és csak akkor jelzi ki az általa meghatározott sebességparancsot, ha a két összehasonlított impulzus sorozat értelme

azonos. Ha 6-7 s-ig az egymás után érkező impulzus nem ad értelmes és azonos információt, a vezetőállás ismétlőjelzőn zavarjelzés jelenik meg.

A kiértékelő egység tehát a sebességparancsnak megfelelő jelzési képet a mozdonyvezető fülkében levő ún. vezetőállás-ismétlőjelzőn (mozdony-sátorjelző) kivezérli. Ugyanakkor összehasonlítja a sebességértékelő egység által mért vonatsebesség a járműre adott pályaszakaszra a jelzési képtől függő engedélyezett sebességgel. Abban az esetben, ha *a tényleges nagyobb az engedélyezett sebességnél*, a kiértékelő egység éberségi felhívást küld a mozdonyvezetőnek a kürt megszólalásával, melyet a mozdonyvezető az útmérő által mért rövid út megtétele előtt, az éberségi pedál segítségével köteles nyugtázni. Az éberség nyugtázásnak elmaradása esetén a berendezés a fékszelepen keresztül megindítja a kényszerfékezést.

Az éberségi pedál kezelésével az éberségi felhívás egy rövid út megtétele után ismétlődik (sűrített éberségjelző) mindaddig, amíg a *sebesség* egyenlőtlenség fennáll. Ha a vonat olyan pályaszakaszon közlekedik, amely nem alkalmas vonatbefolyásolásra, vagyis információátvitel nincs, vagy ha az előbb említett sebesség egyenlőtlenség áll fenn, a berendezés normál éberségellenőrzést hajt végre. Ekkor éberségellenőrzés a „hosszú” út megtétele után ismétlődik.

Az említett különböző hosszúságú utak mérésére szolgál az impulzusadó által szolgáltatott jelek felhasználásával működő útmérő egység. A berendezés működését, valamint a mozdonyvezetőnek a berendezéssel kapcsolatos valamennyi ténykedését a kiértékelő egység kiemenetelére kapcsolt írómágnesek rögzítik, melyek a regisztráló sebességmérőbe vannak beépítve. Az írómágnesek a sebességparancsokat, az éberségi felhívásokat és a kényszerfékezéseket az ott ismertetett módon regisztrálják.

Éberségellenőrző berendezés a mozdonyon működik. Időközönként, vagy úthosszanként a mozdonyvezető cselekvőképességét ellenőrzi (pedál, vagy nyomógomb megnyomása és elengedése révén). Amennyiben megállapítja a cselekvőképesség elvesztését, befékezi a vonatot.

A vasúti közlekedésben a nagyszámú és a nagy értékű rakomány védelme fokozott biztonsági követelményeket támaszt mind a járművek és a pálya műszaki állapotát, mind pedig a forgalom szervezését és lebonyolítását illetően. Ez utóbbi feltételek biztosításában alapvető jelentőséggel bír a vonatszemélyzetnek és elsősorban a mozdonyvezetőnek az a tevékenysége, amellyel a pályáról, a járműről és a közlekedés pillanatnyi körülményeiről számára érkező információkat folyamatosan észleli, feldolgozza és szükség esetén ezen információk mérlegelésével döntéseket hoz, majd megfelelő módon beavatkozik a vonattovábbítás menetébe. E tevékenységek maradéktalan elvégzésének képességét nevezik a mozdonyvezető éberségének, melynek folyamatos biztosítása az előbbiek szerint alapvető biztonsági követelmény.

A gőzvontatás korában a mozdonyvezetők a vonattovábbítás közben csaknem állandó, aktív fizikai tevékenységet végeztek, amely menet közben már önmagában is biztosította a mozdonyoszemélyzet éberségét. A korszerű vontatójárműveknél a szolgálatvégzés körülményei lényegesen megváltoztak:

- a vezetőállás ergonómiaailag tervezett, klimatizált,
- a fizikai munka teljesen elmarad,
- a mozdonyvezető tevékenységének jellege döntően megváltozott,
- állandó és fokozott figyelés valósul meg,
- az időegységre jutó információk mennyisége megnőtt,
- a járművezetés ülő testhelyzetben történik,

- járművek rugózása lágyabb lett,
- a vontatójárműveket alacsony frekvenciájú lengések veszik igénybe,
- forgógépek üzeméből adódóan monoton zaj keletkezik.

Mindezekből következik, hogy a mozdonyvezetőket számos, a gyors fáradás irányába mutató hatás terheli, ami az éberségi szint csökkenése szempontjából kedvezőtlen. Nem beszélve a 12 óra folyamatos igénybevételt jelentő szolgálati időről, a reakcióidő meghosszabbodásáról, a hirtelen rosszulértről, tehát a baleseti veszélyt növelő egyéb tényezőkről. Az előbbieken alapján tehát indokolt, hogy maximálisan segítsék a mozdonyvezetőt különleges technikai berendezések felszerelésével, amelyek így jelentősen csökkenthetik az emberi tévedésből származó baleset lehetőségét.

A korszerű állomási és vonali biztosítóberendezések ezt a feladatot addig teljesítik, amíg a mozdonyvezető a jelzők jelzései képeit figyelembe veszi, s az ott kapott parancsokat maradéktalanul végrehajtja. Ebben az esetben tehát a helyhez kötött pályaberendezés, és a vontatójármű közötti információ átvitel optikai úton, valamint kizárólag emberi tényezőkön – a mozdonyvezető éberségén – keresztül valósul meg. Ebben az információ átviteli rendszerben a biztonság lényegében a mozdonyvezető utasítás szerinti szolgálatvezénylésén alapul, lényeges igény tehát, hogy a mozdonyvezető éberségi szintjéről időnként menet közben is próbáljunk információkat gyűjteni, hogy szükség esetén a jármű üzemébe technikai úton is beavatkozhatunk. A mozdonyvezető cselekvőképes állapotának időszakos ellenőrzésére szolgálnak az éberségi berendezések.

Legfontosabb előírásaik a következők:

- a) Feladat és alkalmazási terület: Az éberségi berendezés ellenőrzi a jármű vezetőjét a járműoldaltól, a pályától függetlenül. A nemzetközi forgalomban közlekedő villamos-, vagy belsőégésű motorral felszerelt mozdonyoknak, motorkocsiknak és motorvonatoknak éberségi berendezéssel kell rendelkezni, melyek a szükséges feltételeket kielégítik.
- b) Berendezések a vezetőálláson: A vezetőállás berendezései magukban foglalják a működtetett kezelőszerveket (nyomógombok, kapcsolók, stb.), az akusztikai jelzőberendezéseket (kürt).
- c) Készenléti helyzet: Az éberségi berendezés automatikusan bekapcsolódik, ha a sebesség a 20 km/h értéket elérte, és mindaddig bekapcsolva marad, amíg a sebesség ezen értéket meghaladja. Egyes vasutak ezzel ellentétben olyan éberségi berendezéseket is alkalmaznak, amelyek az elindulás pillanatában kapcsolódnak be.
- d) Működésbelépés: Amennyiben az éberségi berendezés készenléti állapotban van és a jármű vezetője a kezelőszerv működtetését megszünteti, akkor 2,5s után akusztikus jelzést ad, további 2,5s után a vonóerőt lekapcsolja és kényszerfékezést indít el. Az időfüggő berendezés helyett útfüggő berendezés is használható azzal a feltétellel, hogy kb. 100km/h sebességnél a fenti időértékek be legyenek tartva. Az éberségi berendezések – a kezelőszerv hosszabb, nem szándékolt nyomva tartásának – ellenőrzésére kiegészítő szervet alkalmaznak. Ez a kiegészítő szerv a fenti feltételeken kívül a berendezést működésbe helyezi, ha a kezelőszervet a járművezető 60s idő után is nyomva tartja (időfüggő), ill. 1500-3000m út megtétele után sem engedi el (útfüggő). A kiegészítő szerv hatásos, ha a mozdonyvezető a kezelőszervet szabályosan rövid időre felengedi, vagy más, meghatározott kezelőszervet aktívan kezel, mint pl. a menetszabályozót.
- e) Ismételt bekapcsolás: A kényszerfékezés előtt ismételt készenlétbe-helyezés a kezelőszerv mozdonyvezető által végzett működtetésével történik. Kényszerfékezés után

az ismételt készenlétbe helyezés a kezelőszerv működtetésével történik, mely ezen kívül a mozdonyvezető egy további tevékenységét is feltételezi (a vonóerő visszaállítás, fék oldása, az ellenőrzési idő 30 s).

A vasutak vontatójárművein az éberségi berendezések különböző változatai találhatók, a pusztán jelenlétet ellenőrző berendezéstől kezdve, az éberségi berendezésen keresztül a korszerű, önműködő egyesített éberségi és vonatbefolyásoló berendezésig. A vonatforgalom biztonságának további növelése a helyhez kötött biztosítóberendezés üzembiztonságának fokozása mellett csak az információátviteli rendszerben megvalósítandó automatizálás útján lehetséges anélkül, hogy az emberi tényező feleslegessé válna.

Vonatveszélyeztetések megakadályozásának módja és eszközei

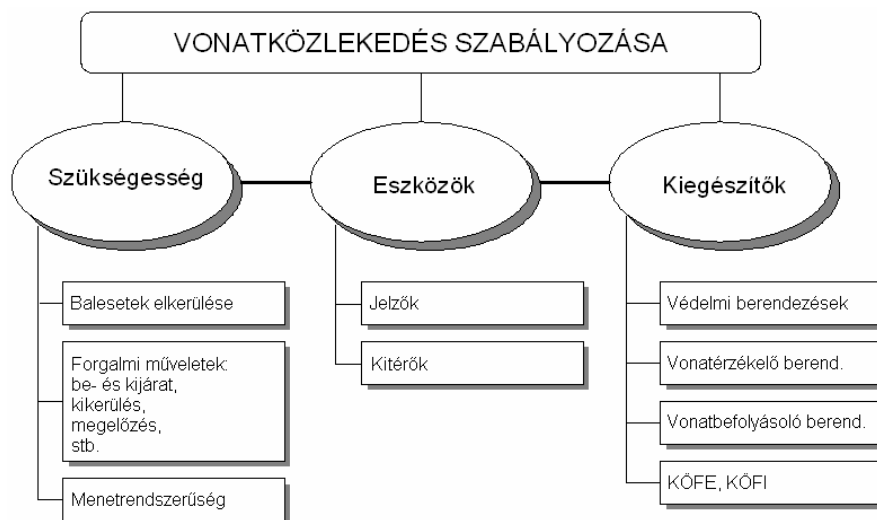
A vonatközlekedés biztonságát számos, a forgalmi folyamaton kívül is, nagy szerepet játszó területen, vagy a megelőző fázisokban is szavatolni kell. Így jön szóba a jogalkotás, a hatósági intézményrendszer, az infrastruktúra tervezése, a gyártás és építés, a technológiai tervezés, a fenntartás, az oktatás, hogy csak a legfontosabbakat említsük. Ebben az esetben mégis meg kell maradnunk a vonatközlekedés szabályozásának főbb elemeinél.

A forgalomszabályozás szükségessége a balesetek elkerülésében és a menetrend betartásában (betartatásában) ölt testet. Ennek érdekében kell irányítani a kötött pálya jellegéből adódó manőverezést (forgalmi műveletek: bejárat, kijárat, kikerülés, megelőzés) és lehetőségeinek kihasználását.

A szabályozás fő eszközei még a külsőteri objektumok (jelző, váltó) működtetése, amelyek a forgalmi folyamatok realizálásának – tekintet nélkül arra, hogy azokat üzemszerű, vagy rendkívüli helyzetben kezelik – biztosítékai.

A szabályozás kiegészítő eszközeinek nevezik a védelmi-, a vonatérzékelő-, a vonatbefolyásoló-, a központi forgalomellenőrző- és irányító berendezéseket.

A vonatközlekedés szabályozásának elvi vázlatát a 8.6. ábra szemlélteti.



8.6. ábra
A vonatközlekedés szabályozása

Váltólezárás alkalmazásával akadályozzák meg az

- aláváltást és
- helytelen vágányút beállítást.

Gépi foglaltság vizsgálat segítségével akadályozzák meg a:

- szembe menesztést,
- vonatutolérést,
- aláváltást,
- foglalt vágányra járatást,
- oldalirányú veszélyeztetést,
- korai oldást.

Jelzőállítás függőségeinek segítségével igyekeznek megakadályozni a:

- szembemenesztést,
- vonatutolérést,
- aláváltást,
- foglalt vágányra járatást,
- oldalirányú veszélyeztetést,
- le nem zárt vágányútra történő vonatbehaladást,
- korai oldást.

A főjelző – előjelző kezelési sorrend kialakításával biztosítják, hogy a mozdonyvezető ne kapjon megtévesztő jelzést.

- „Szabad” jelzés kivezérlése esetén: főjelző – előjelző sorrendet valósítják meg,
- „Megállj!” jelzés kivezérlése esetén: előjelző – főjelző sorrendet valósítják meg.

A menetirány-, ill. a kezdőpont – célpont jellegű függőség kialakításával akadályozzák meg a szembe vezető meneteket.

A blokk-jellegű függőség kialakításával akadályozzák meg a vonatutolérést. A blokk-függés lényege a következő. Az elől haladó vonat mögé követő vonatot csak akkor lehet indítani, ha:

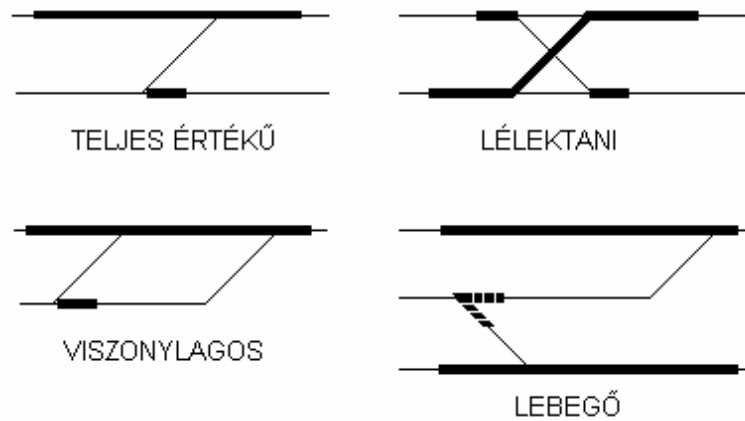
- az elől haladó vonat teljes terjedelmével túlhaladt a jelzön (térköz-, fő-, fedező-, ki-járatási jelző, vagy állomás),
- a meghaladott jelző „Megállj!” állásba került (eddig ugyanis „Szabad” állásban volt),
- a meghaladott jelző „Megállj!” állásban zár alá került,
- a mögöttes jelző oldást kapott (eddig ugyanis „Megállj!” állásban volt).

Oldalvédelem megvalósítása eszközök segítségével

Az oldalvédelem megvalósításának különböző eszközei vannak:

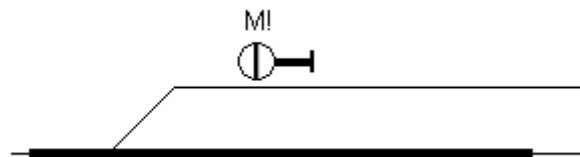
- váltó,
- „Megállj!” állású (háttal álló) jelző,
- „Megállj!” állású jelző és megcsúszási távolság,
- szigetelt szakasz,
- eljárás (időzítés).

A váltóval adott védelem tipikus eseteire mutat rá a 8.7. ábra.



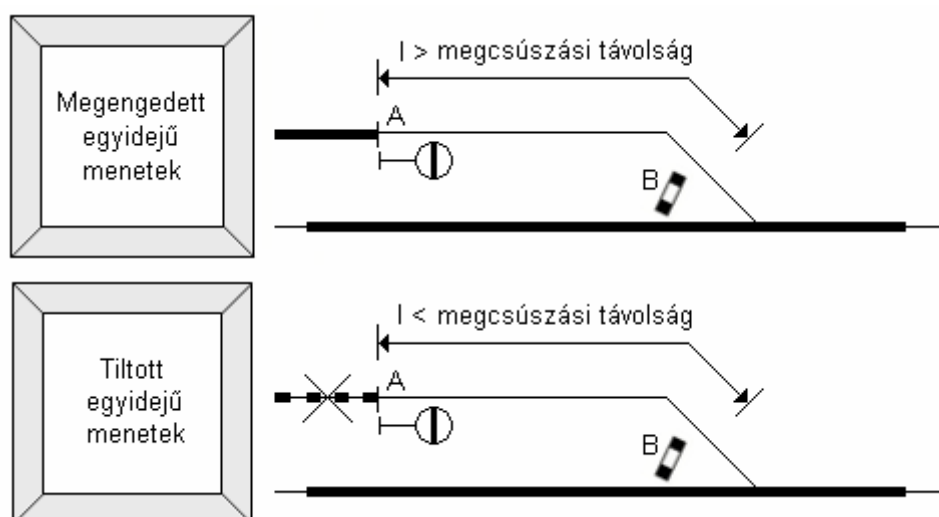
8.7. ábra
Váltóval adott védelem

A 8.8. ábra a háttal álló „Megállj!” állású jelzővel adott oldalvédelmet szemlélteti.



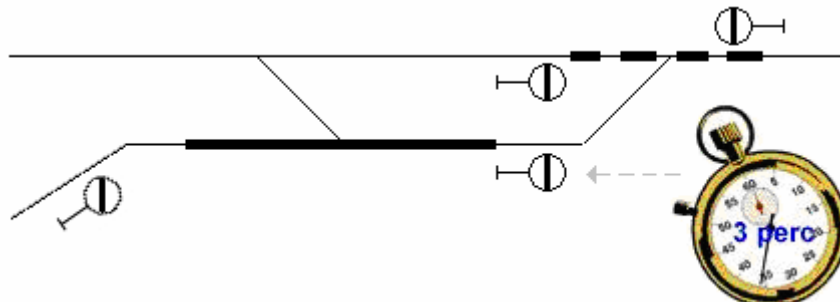
8.8. ábra
Oldalvédelem háttal álló „Megállj!” állású jelzővel.

Az oldalvédelem megvalósítását „Megállj!” állású jelzővel és a szükséges megcsúszási távolság biztosításával a 8.9. ábra szemlélteti. A megcsúszási távolság értéke (hossza) vasutanként és vágánygeometria jellemzők szerint eltérő. Számértéke általában 30 – 150 méter között van.



8.9. ábra
Egyidejű menetek és tiltott (egyidejű) menetek.

Az oldalvédelem eljárással (időzítéssel) történő megvalósítása nem más, mint egy jelzővel adott védelem kiegészítve egy cél-lezárás időzítéssel. Ezt mutatja be a 8.10. ábra. A kialakítás hasonlít ahhoz, amikor nincs meg a megcsúszási távolság. Ebben az esetben a védelmet adó jelzőhöz szintén nem közelíthet a vonat. Amennyiben előzőleg ilyen menet volt beállítva, akkor oldódása után is tiltják egy időzítéssel a menetet.



8.10. ábra
Jelzővel megvalósított oldalvédelem, cél-lezárás időzítéssel.

A vasutak számos más eszközt is felhasználnak az oldalvédelem megvalósítása érdekében. Ezeknek az eszközöknek a „kiegészítő oldalvédelmi eszközök” elnevezést adták. A kiegészítő oldalvédelem is rendelkezik tehát eszközökkel, amelyek a vonatmeneteket elsősorban nem egy másik vonatmenettől, hanem a tolatási mozgásoktól, azok mozgásának korlátozásával, vagy megtiltásával védik:

- vágányzáró szerkezetek (kisiklasztó saru, vágányzáró sorompó, saru és vágányzáró sorompó együttes alkalmazása),
- „Tilos a tolatás!” állású tolatásjelző

8.4. Állomási biztosítóberendezések jellemzése

A vasúti biztosítóberendezések főbb fajtái szerint végzett felosztást finomítani is lehet. Konstruktív szempontból megkülönböztetnek:

- mechanikai,
- jelfogó függéses,
- elektronikus

állomási biztosítóberendezéseket. A biztosítóberendezések összehasonlítása szolgáltatásaik színvonalának áttekintése alapján célszerű. E tekintetben elsősorban a vasútüzem-biztonsági, műszaki- és forgalombiztonsági szempontokra kell gondolni. Fontos szerepet játszik az összehasonlításban az átbocsátóképesség, a vasutas dolgozók javuló munkakörülményei, a szükséges létszám. Nem elhanyagolandó a létesítés és a műszaki fenntartás költségei sem. E szempontok figyelembevételével, a következőkben a magyarországi vasutak hálózatain gyakran használt berendezések jellemzése tanulmányozható.

Nem biztosított állomások berendezései

Az állomások nem elhanyagolható hányada – elsősorban a mellékvonalakon – nem biztosított. Az ilyen állomások váltói többnyire helyszíni állításúak. A váltólezárás váltózárakkal valósul meg. Az állomások jelzői alak-, vagy fényjelzők. A nem biztosított bejárat jelzők előtt előjelző felállítására kerül sor. A bejárat jelzők között szerkezeti függés nincs, azok egymástól függetlenül kezelhetők. Az egyetlen függőség, ami már a nem biztosított állomáson is garan-

tált, a a főjelző és az előjelzője csak kötött sorrendben kezelhető. „Szabad” állásra vezérlés során először az előjelző, azután a főjelző állítható.

Korábban a nem biztosított állomásokon a jelzőberendezésen kívül más biztosítóberendezési létesítmény nem volt. Később ezeket kiegészítették különböző konstrukciójú mechanikai, vagy jelfogós szerelvényekből összeállított váltózár kulcsazonosító berendezéssel. Az őrhelyi készülék vágányút kijelölő szervei (kallantyúk) akkor állíthatók valamely vágányútnak megfelelő állásba, ha az érdekelt (érintett, védő) helyes állását reprezentáló váltózárkulcsokat előzőleg a készülékbe behelyezték.

A forgalombiztonság megóvása a váltózárkulcs azonosító berendezés esetében, a személyzet lelkiismeretes, pontos munkavégzésére épül. A berendezés szolgáltatása, jelentősége abban áll, hogy a forgalmi szolgálattevő személyesen is meggyőződhet az általa kijelölt vágányút beállításáról.

Kulcsrögzítő biztosítóberendezés

A fejlődés jelentős lépéseként jelentek meg a mechanikus biztosítóberendezések, melyeknél a váltók helyszíni állításúak, és helyes állásuk ellenőrzését váltózár-kulcsok készülékben való rögzítésével végzik. A berendezés ugyan alacsony szolgáltatási színvonalú, de már menettervet „tud”, és kijárat jelzőket is tartalmaz. A jelzők és az állomás biztosított, mert a szerkezeti függés megvalósul.

Ebben az esetben a jelzőállító készülék kulcsnyílásaiba helyezve a megfelelő váltózárkulcsokat, a bejárat – és ha van a kijárat – jelzők kezelhetők. Minden vágányút részére külön iránykallantyú van, melyet a megfelelő (bejárat-kijárat) irányban kell elfektetni.

Továbbfejlesztett megoldás, amikor a váltókat központi retesz útján hozzuk függésbe a jelzőkkel, ezeket az állítókészüléken található reteszemeltyűkkel lehet rögzíteni.

A többközpontos kulcsrögzítő biztosítóberendezések esetén a váltókörzet váltóinak felügyeletét, valamint a jelzők kezelését a váltókezelőkre bízák. A menetet a forgalmi szolgálattevő jelöli ki a rendelkező készülékén, mely lehet tologombos, mechanikai függőségű, vagy nyomógombos jelfogófüggéses. Az állítóközponti berendezés két részből áll, az egyik a kulcsrögzítő szekrény (mely a kulcsok befogadására és a vágányúti kallantyúval való rögzítésre szolgál), a másik a jelzőállító készülék (mely a közvetítőkulcs behelyezése után a jelzők állítását teszi lehetővé).

Elektromechanikus biztosítóberendezés

A Siemens-Halske, vagy más néven elektromechanikus biztosítóberendezés nagyobb forgalmú állomások nagyobb kapacitás igényét is képes kielégíteni magasabb szinten az előbbiekhöz képest, bár a váltók vonóvezetékes állítása miatt technikai és emberi korlátokkal rendelkezik, valamint biztonsági szintje sem felel meg már maradéktalanul napjaink elvárásának.

A vonóvezetékes állítás távolsági korlátjai miatt (mintegy 400 m) a legtöbb esetben az állomás két végén egy-egy állítóközpont található, ahol a forgalmi irodában dolgozó forgalmi szolgálattevő irányítása alatt tevékenykednek a váltókezelők. A forgalmi szolgálattevő a rendelkező készüléket, a váltókezelő az állítóközponti készüléket kezeli.

Az irodai rendelkező készülék egyik része a menetkijelölő rész, mely a vágányábrát és a tologomb-készletet, iránykallantyút tartalmazza, a másik része a villamos blokk-készülék, mely lényegében az állítókészüléki blokkelemek párját tartalmazza.

Az állítóközponti készüléken találhatók az állítóemelyűk, melyek a váltókhoz, azok reteszéhez, a bejárat és kijárat tartoznak. Az állítókészülék felső részén van az elzárási szekrény, mely a vágány számának megjelenítésére és a vágányúti kallantyúval történő rögzítésére szolgál, másrészt a blokksekreány, mely az irodai készülékkel való villamos kapcsolatot valósítja meg.

A berendezés kezelése röviden:

1. A forgalmi szolgálattevő kijelöli a rendelkező készüléken a vágányúti tologomb és az iránykallantyú segítségével a beállítandó menetet és „kicsengeti a vágányszámot”.
2. A váltókezelő beállítja az érintett és védőváltókat, ha kell, reteszeli és a vágányúti kallantyúval rögzíti azokat, majd villamos úton lezárja a vágányúti blokkmezőt.
3. A forgalmi szolgálattevő ezt a blokkmező színváltozásából érzékelve, oldja a megfelelő jelző blokkmezőjét, és így engedélyt ad a jelző kezelésére.
4. A váltókezelő állítja a megfelelő jelző (bejárat jelző esetén az előjelzőt is).
5. A vonat elhalad. Elhaladása előtt a feloldóblokk, elhaladásakor a szigetelt sín jelfogó akadályozza meg a korai oldást. A vonat elhaladása után a feloldóblokk kezelésével lehetővé válik a visszazárás.
6. A berendezés visszaállítása fordított sorrendben és fordított szerepkörrel játszódik le.

Egyes esetekben a Siemens-Halske berendezést (csakúgy, mint egyes kulcsos berendezéseket) fényjelzőkkel látták el, így a berendezés módosítása vált szükségessé. A kombinált berendezések két típusa terjedt el:

- Egyik megoldásban a jelzőemelyűk helyett vörös színű kapcsológombok (vagy újabban dominó kockákból felépített nyomógombos készülék) találhatók.
- A másik típusnál már nincsenek blokksekreányok, a váltóemelyűs váltóállításon kívül már minden kezelés kapcsolómagnesek segítségével történik, és az irodai készülék egyszerűsített nyomógombos pult.

Mindkét típus közös jellemzője a nyomógombos kezelő, a fényablakos visszajelentő (benne „Megállj!”-ra ejtő, illetve „Hívójelzés” gomb), kábelezés, jelfogók, „Megállj!”-ra ejtő szigetelt sín és az áramellátás kiépítése.

Integra egyközpontos biztosítóberendezés

A MÁV első tisztán jelfogófüggéses berendezéstípus. A váltók villamos állításúak, az alkalmazott jelzők fényjelzők. Forgalombiztonsági, illetve műszaki szempontból minőségileg újat jelent a berendezés hatókörzetébe tartozó teljes vágányhálózaton a gépi foglaltságellenőrzés megvalósítása, továbbá a mechanikai függőségek helyett teljes egészében jelfogós, áramköri függések alkalmazása.

Rendszertechnikai szempontból fontos jellemzője a berendezésnek, hogy a függőségek megvalósításának logikája még a mechanikus berendezéseket követi, ez is koordináta elven felépülő berendezés. A függőségek kialakításának alapja a vágányút - a vágányúti jelfogók áramkörébe építik be a külsőtéri elemekkel kapcsolatos függőségeket.

D55 típusú biztosítóberendezés

Az első jelfogófüggéses biztosítóberendezéseket az állomások vágányhálózatára szabva kellett elkészíteni, ami nem volt gazdaságos. Többek között ezt a hátrányt szüntette meg az 1955-ben a svájci Integra cég által kifejlesztett és Magyarországon e licenz alapján gyártott Dominó 55 biztosítóberendezés. Az egymással kapcsolatban levő jelfogókat dugaszolható egységekbe szerelték, és segítségével a vágányhálózatnak megfelelő áramköröket építőkocka elv szerint alakították ki. A tipizált kivitel a tervezést és a kivitelezést is egyszerűbbé tette, valamint a hibaelhárítást is meggyorsította (gyors hibabehatárolás után a hibás eleme egyszerűen cserélhető).

A vágányok és a váltók foglaltságának ellenőrzését váltakozó áramú sínáramkörök alkalmazásával valósítják meg, mely a vonatbefolyásolás céljából jelfeladásra is alkalmas (a váltókörzetekben sugárzókábelt fektetnek le). A váltók központi állítású villamos hajtóműves kivitelűek. A jelzők fényjelzők, a berendezés bármilyen nyíltvonalis rendszerhez csatlakoztatható. Ennél a berendezésnél kerültek először alkalmazásra a fénysorompók állomási útátjárók fedezésére. A kisiklasztó saruk központi állításúak, a vágányzáró sorompók helyszíni állításúak, de külsőtéri kulcsszekrénnel ellenőrzöttek.

A belsőtéri szerelvények elhelyezésére jelfogó helyiséget alakítanak ki, a kezelőasztal és a biztosítószekrény a forgalmi irodában kerül elhelyezésre. A kezelőkészülék ferde fedlapos kezelőpult, melyen az állomás torzított vágányhálózata és kezelő nyomógombok találhatók. A fedlap 4x4 cm-es mozaiklapokból, mezőegységekből áll, melyek a vágányhálózat egy darabját szimbolizálják a szükséges nyomógombokkal és visszajelentő lámpákkal. A parancsok kiadása a nyomógombok benyomásával történik, a kezelés jellegétől függően 4 féle kezelési módot különböztetünk meg:

1. két nyomógombos, kétütemű kezelés: két nyomógomb egyszerre történő lenyomása és a visszajelentő fény kigyulladását utáni felengedése (pl. váltó egyéni állítása, vágányút beállítás),
2. két nyomógombos, együtemű kezelés: két nyomógomb egyidejű lenyomása (pl. vágányút törlése),
3. egy nyomógombos, kétütemű kezelés: egy nyomógomb lenyomása és a visszajelentő fény kigyulladását utáni felengedése (pl. állomási sorompó lezárása kézi kezeléssel),
4. egy nyomógombos, együtemű kezelés: egyetlen gomb benyomása (pl. zavarjelzés kikapcsolása).

Minden váltó egyéni és közös váltóállító gombokkal külön is állítható. A vágányút beállítását a kezdő és célnyomógombok kezelése eredményezi. A biztosítóberendezés kizárja az egymást veszélyeztető meneteket, a jelző állítás előtt vizsgálja a szabadra állítás valamennyi feltételét. A jelző állítás a vágányúti kezdő és közös jelzőállító nyomógomb megnyomásának hatására történik meg. Folyamatosan ellenőrzi a váltók csúcscsínjeinek tényleges helyzetét, lezárt vágányutak esetén megakadályozza a váltók állítását. A váltók és a vágányok foglaltság vizsgálata alapján a berendezés megakadályozza a járművekkel elfoglalt (sőt megközelített) váltók állítását, a vágányutak beállítását, amennyiben az oldálvédelem feltételei nem teljesülnek. A berendezés lehetővé teszi a jelzők önműködő „Megállj!” állásba való kapcsolását, a vágányutak önműködő feloldását, az állomási sorompó-berendezés önműködő vezérlését.

Ennél a berendezéstípusnál megtalálhatók a következő különleges funkciók:

- szigetelés kikapcsoló (hamis foglaltságú váltó állításához),
- vágányút törlés,
- kényszeroldás,

- hívójelzés kivezérlése,
- jelzők „Megállj!”-ra állítása,
- térközkezelések (menetiránykérés, menetirányváltás, térközjelzők „Megállj!”-ra állítása, blokkzavar oldása).

A kezelőkészülék visszajelentései jelzik a vágányszakaszok foglaltságát, a lezárt vágányutakat, a váltók foglaltságát, állapotát, a fényjelzők jelzési képeit. A berendezés a vonat elhaladása után a jelzőt „Megállj!” állásba állítja, és önműködően oldja a vágányutat. A veszélyes kezeléseket biztosító nyomgombok számlálóval és véletlen megnyomást gátló szerkezetekkel egészülnek ki, és az ólomzár elhelyezésére is lehetőség van.

D67 típusú biztosítóberendezés

A D 55 biztosítóberendezéshez képest kiegészül biztosított tolató vágányutakkal. A kijárat jelzők egyben tolatásjelzők, a tolatási határpontokon törpe tolatásjelzők vannak felállítva. A tolatási mozgások részére tolató vágányút zárható le, mely üzemszerűen oldódik. Lehetőség van az alap vágányutak mellett a vágánykapcsolatok által meghatározott valamennyi kerülő vágányút beállítására is.

KA69 típusú középállomási biztosítóberendezés

Tekintettel arra, hogy kisállomások esetében a Dominó 55 típusú berendezések telepítéséhez képest megtakarítást kívántak elérni, 1969-ben kifejlesztettek egy olyan berendezést, amelynek szolgáltatásai és biztonságtechnikája nem marad el a D 55-östől, ugyanakkor telepítése gazdaságosabb. A KA-69 típusú berendezés csekély eltéréssel megegyezik a Dominó 55 állomási biztosítóberendezéssel.

Eltérés a szigetelt sínek kialakításában figyelhető meg (a váltókörzet például egy szigetelt szakasz), valamint egyidejűleg csak egy váltó állítását teszi lehetővé. Mind a be- és a kijárat jelzők el vannak látva hívójelzéssel (a kijárat jelzők feloldójelzést kaphatnak, mely a bejárat jelző hátlapján található). Az állomási útsorompó lehet fénysorompó, vagy félcsapórúddal kiegészített fénysorompó, mely önműködő üzemben is működtethető.

A kezelőpulton külön található közös váltóállító nyomógomb az egyenes és a kitérő állásba állításhoz. Egyes különleges kezelésre szolgáló nyomógomboknál is eltérés van, bizonyos funkciók két gombra megosztva kerültek (pl. külön bejárat és külön kijárat hívójelzés).

D70 típusú biztosítóberendezés

Ez a berendezés típus a nagy forgalmú csomópontok és fokozott állomási tevékenységet folytató középállomások részére került kialakításra a jelfogófüggéses berendezések továbbfejlesztésével. A Dominó 70 szintén egyközpontos kialakítású, váltó és vágányfoglaltságot ellenőrző, központilag beállítható tolatómozgásokat lehetővé tevő biztosítóberendezés.

A D 55-ös berendezéstől eltérő fontosabb jellemzői:

- a kijárat jelzők mind a vonatok, mind a tolató menetek részére adhatnak jelzést: tolatásjelzővel egyesített fénykijárat jelzők,
- a tolatásjelzők lehetnek árbocos, vagy törpe kivitelűek,
- a felvágott váltó a helyszíni vizsgálat után központi állítással végállásba hozható.

A rendelkező asztal kezelésében eltérést jelentenek a következők:

- a vonatok számára a vágányút beállítása egyben a jelzőállításra is parancsot ad,
- a tolatómozgások számára tolató vágányút állítható be a start és célnyomógombok kezelésével (a velük függésben levő tolatásjelzőkön megjelenik a fehér fény),
- a váltók egyéni lezárására és feloldására is lehetőség van külön nyomógombok kezelésével,
- a berendezés lehetőséget ad olyan vágányutak betárolására, amelyek a kezelés pillanatában védelmi okokból nem épülhetnek fel,
- lehetőség van önműködő jelzőüzem bekapcsolására, amikor a berendezés a vonatok vágányútját a haladó vonatok hatására önműködően állítja be.

A kezelő-visszajelentő készülék kialakításában az alábbi változatok léteznek:

- a szokásos egyesített kezelő és visszajelentő felület,
- a kezelőkészüléken csak a nyomógombok találhatók, a visszajelentő fények a szemközti panoráma táblán láthatók (pl. Szolnok személypályaudvar),
- két kezelőszemély a készülék közepén található „kezelési határ” szerint dolgozik (Bp. Keleti pályaudvar),
- kódos kezelés, számítógépes kezelői támogatással (Bp. Ferencváros személypályaudvar).

Szovjet gyártmányú egyközpontos berendezés

A MÁV hálózatan az 1960-as évektől kezdve jelentek a szovjet gyártmányú biztosítóberendezések. Jellemük szerint jelfogófüggéses berendezések szolgáltatásait nyújtják, de kialakításukban jelentősen eltérnek azoktól. Két fajtáját alkalmazták:

- a közép- és nagyobb állomások berendezése,
- a kisállomások berendezése.

A közép- és nagyobb állomások berendezése váltó- és vágányfoglaltságos, egyközpontos kialakításúak, vonat- és tolatóvágányút egyaránt beállítható. A vonatbefolyásolásra kiépített, az átmenő fővágány melletti jelzők önműködő üzemre kapcsolhatók, ekkor az állomási sorompók automatikusan záródnak és nyitódnak. A rendelkező készüléken minden váltónál háromállású kapcsoló van elhelyezve az egyéni állításra, a vágányút beállító gombok a jelzőknél helyezkednek el.

A kisállomások berendezésénél a vágányfoglaltság érzékelés csoportos, a vonatbefolyásolás nincs kiépítve.

Elektronikus biztosítóberendezés

A napjainkban a MÁV-nál is megjelenő elektronikus biztosítóberendezések biztosítottsági szintjükben nem térnek el a nyomvonalas berendezések szolgáltatásaitól. Különbség főként csak az elektronikai megvalósításban van (jelfogók helyett integrált áramkörök, számítógépek; a forgalmi szolgálattevő számára a visszajelentés legtöbbször számítógépek monitorképein valósul meg, és nem speciálisan összeépített kezelőkészülékeken).

Az emelt szintű sebesség bevezetésével azonos időben épült meg a Budapest-Hegyeshalom vonal három állomásának elektronikus rendszerű biztosítóberendezése. Tata állomáson a Siemens cég ESTW-MÁV típusú berendezése, Almásfüzitő-felső, valamint Hegyeshalom

állomásokon az Alcatel cég ELEKTRA típusú berendezése került telepítésre. Hasonló berendezés kiépítése történt a Zalalövő - Hodoš vonalon későbbi távvezérlési lehetőséggel.

A berendezés többcsatornás biztonsági számítógép rendszere elektronikus úton dolgozza fel a külső téri elemek állapotának információit, dönt és adja ki a vezérlő parancsokat. Ez egy komplex rendszer, ahol több számítógép között kerülnek felosztásra egyrészt az állomás körzetei, a biztosítóberendezési logikai funkciók, majd ezek összehangolt működése eredményezi a biztonságos és megbízható döntéseket. A jelfogók inkább már csak a külsőtér és a számítógépek közötti, a feszültségszintek különbözősége és a zavarvédelem szempontjából szükséges elválasztásra szolgálnak.

Az elektronikus biztosítóberendezések a forgalmi kezelő felület vonatkozásában is változást jelentenek. A nyomógombos pultok, panoráma táblák helyét monitorok, billentyűzetek, egerk veszik át. A kezeléseket, hibajelenségeket pontos időadatokkal együtt a számítógép tárolja, naplózza, ami a forgalmi események elemzését, az esetlegesen fellépő meghibásodások gyors behatárolását segítik elő. A számítógépek felhasználása lehetőséget teremt arra is, hogy tartalék gépekkel egészítsük ki a leglényegesebb feladatokat ellátó részegységeket, amelyek meghibásodás esetén az üzemeltetést a hibaelhárítás idejére is lehetővé teszik.

Az elektronikus biztosítóberendezések fenntartási és hibaelhárítási munkáit jelentősen megkönnyítheti a diagnosztikai számítógép, amely lehetővé teszi akár a távolból történő hibabehatárolást és a hibaelhárítás irányítását is.



8.11. ábra
Különböző biztosítóberendezések

Az elektronikus biztosítóberendezés főbb előnyei:

- rugalmas alkalmazkodás más biztosítóberendezésekhez, különböző állomásokhoz, ellenőrző és irányító rendszerekhez,
- széleskörű és intelligens irányítástámogatás, egyesített kezelő-visszajelentő felület,
- önellenőrző, hibaelhárítást és fenntartást segítő, felhasználóbarát,
- magas szintű technológia,
- nagyfokú biztonság és megbízhatóság.

8.5. Vonali biztosítóberendezések jellemzése

8.5.1. Térköz-biztosítóberendezés

A vasúti közlekedés kezdeti szakaszában a két állomás közötti forgalmat állomásközi közlekedéssel bonyolították le. A vonatok számának növekedése szükségessé tette az időközi, majd a térközi közlekedés bevezetését, ahol az állomásközőket térszakaszokra bontották, és egy-egy szakaszt külön jelzővel fedeztek.

A térköz-biztosítóberendezéssel megoldandó feladatokat a vonali közlekedés során előálló veszélyeztetések ismeretében lehet meghatározni. A vonali berendezések feladata a vonatok egymás általi veszélyeztetésének kiküszöbölése.

A térköz-biztosítóberendezésnek többek között meg kell akadályozni:

- a vonatutolérést,
- a szembemenesztést,
- vonatszakadás esetén a követő vonat veszélyeztetését.

A vonali berendezések fejlődési fokozatait tekintve az alábbi berendezések különíthetők el:

- vonatjelentő jelzőberendezések,
- mechanikus térköz-biztosítóberendezések,
- félig önműködő térköz-biztosítóberendezések,
- önműködő térköz-biztosítóberendezések.

Vonatjelentő jelzőberendezés

Lényege, hogy a térközöket előjelzővel ellátott térközjelzőkkel fedezik. Az ilyen jelzőket a vonatjelentőőr kezeli állítókészülékéről, emeltyük segítségével. A készülékben csak az előjelző és a főjelző közötti függés van beépítve, valamint egyvágányú pályán kizárja, hogy mindkét menetirány jelzőjét egyidőben „Szabad”-ra lehessen állítani. A berendezések egymással és a szomszédos állomásokkal nincsenek kapcsolatban, nem biztosító-, csak jelzőberendezések.

Mechanikus térköz biztosítóberendezés

A mechanikus – Siemens blokkos – berendezések blokkelemek útján vannak kapcsolatban egymással, ez a szerkezeti függés helyettesíti a telefonos visszajelentést. A jelző ugyanis csak akkor állítható „Szabad”-ra, ha a térköz felszabadult állapotát jelzi a blokkelem. A berendezés belsőterei része az állítókészülék a jelzők állítóemeltyűivel, valamint a blokksekreány.

A vonat elhaladása után (amit a szigeteltsín jelfogó és a hozzá tartozó feloldó is érzékel) a térközör „Megállj!” állásba állítja a térközjelzőt, és villamos úton a blokkelemmel lezárja a

jelzőt, mely egyben oldja a mögöttes térköz, vagy állomás vonalblokkelemét, így az „Szabad”-ra tudja állítani a maga jelzőjét.

Ez a berendezés típus könnyen kapcsolható a vágányutas állomási biztosítóberendezéshez, kisebb átalakítással pedig a Dominó rendszerű állomási biztosítóberendezéssel is megoldható az együttműködés.

Félig önműködő térköz-biztosítóberendezés

A félig önműködő térköz biztosítóberendezések megemlítése csak történeti szempontból érdekes. Működtetéséhez csak részben volt szükséges az emberi beavatkozás, ez a MÁV-nál használatos típusoknál a zárjelzők megfigyelésére és egy nyomógomb megnyomására korlátozódott.

Önműködő térköz-biztosítóberendezés

A nagy forgalmú vonalakon kiépített önműködő térköz biztosítóberendezéseknél a külön előjelzők alkalmazása helyett a mögöttes térköz látja el az előjelző szerepet is a sebességjelzési rendszer szerint. E térközjelzőknek a szabványos állása a továbbhaladást engedélyező jelzés. Az önműködő berendezés növeli a vonal kapacitását, ugyanakkor csökkenti a létszámot. A kezelőszemélyzet munkája könnyebbé válik.

Az önműködő üzem következtében a két szomszédos állomás forgalmi szolgálattevőjét tájékoztatni kell a vonali berendezés állapotáról (zavar, hiba) és a vonatközlekedés helyzetéről (térfoglaltság). Az önműködő rendszereknél a vonatérzékelő elem célszerű kiválasztásával (sínáramkör) könnyen lehetővé válik a vonatbefolyásolás kiépítése is.

Az egyes térfölzszakaszokra menetiránnyal szemben a sínben váltakozó áramú ütemezett jeleket küldenek, melyet a vevőberendezés kiértékel, s ha a haladó jármű kerékpárja rövidre zárja a két sínzálat, foglaltnak értekel. A jelzőn „Megállj” jelzés jelenik meg, s csak akkor jelenik meg újra továbbhaladást engedélyező jelzés, ha a vonat kihaladt a térfölzből, a szigetelt sín szabaddá válik. Az ütemezett jelek a vontatójárművek vonatbefolyásoló berendezése számára a közelített jelző jelzési képre vonatkozó információt továbbíthat.

A berendezés üzemkészségéről, zavarairól szóló visszajelentések és a főbb kezelési műveletek a következők:

- jelzőzavar: nem a kivezérlésnek megfelelő színek jelenik meg (pl. a kiégett egy izzó), ekkor jelzőzavar jelzésére szolgáló fény- és hangjelzést kapcsol be a forgalmi szolgálattevőnél,
- blokkzavar: a térfölzszakasz nem foglalt, mégis a térfölzjelző „Megállj!” jelzést mutat, ezt az indító állomáson bizonyos feltételek betartásával feloldó nyomógomb kezelésével megszüntethetjük,
- foglaltság: az állomásokra egyedileg csak a két szomszédos térfölzfoglaltság van visszajelentve, a többi térfölzt a berendezés csoportosan jeleníti meg (egy fénycsíkkal),
- a térfölzjelzők „Megállj!”-ra kapcsolása: szükség esetén a menetirányt birtokló állomásról egy nyomógomb kezelésével az összes térfölzjelzőt továbbhaladást tiltó állásba lehet állítani,
- menetirányváltás: mindig a kijelölt közlekedési iránynak megfelelő jelzési képeket állítja be a térfölzjelzőkön (és gondoskodik a szigetelt sínek megfelelő irányú táplá-

lásáról), ehhez a két szomszédos állomáson a menetiránykérés és váltás nyomógombjai, ellenőrző és irányjelző lámpái állnak rendelkezésre.

8.5.2. Nyíltvonalai fedezőjelzős biztosítóberendezés

A fedezőjelzős berendezések a nyíltvonalak veszélyeztetett helyeit biztosítják. Alapelvük, hogy szerkezeti függésbe kell hozni azokat a nyíltvonal vágányútjának a lezárásával, és biztosítani kell a kijelölt forgalmi szolgálattevő felügyeletét.

Megkülönböztetünk:

1. Nyíltvonalai pályaelágazás, illetve pályaelágazásnak minősülő sajáthasználátú vasúti vágányhálózat biztosítása.
2. Vonal kiágazás, illetve megálló-rakodóhely típusú rendszerek biztosítása.
3. Pályaszint (vasút-vasút) keresztezések, vágányfonódás, közös híd biztosítása.

Vonatbefolyásolás

A vasúti közlekedés biztonsága érdekében fontos, hogy ne csak a forgalmi irányítás oldalán zárjuk ki az emberi tévedés következményét, hanem a mozdonyvezető is tartsa be a jelzők által közvetített parancsokat. A vonatsebesség növekedésével a jelzők megfigyelésére és kiértékelésére kevesebb idő áll rendelkezésre, ugyanakkor több körülmény nehezíti a jelzések megfigyelését (pl. időjárási viszonyok, ív, tereptárgyak), és a mozdonyvezető figyelmetlensége, cselekvőképtelensége is veszélyhelyzetet okozhat. Az előbbire a jelfeladás, utóbbira az éberségellenőrzés irányul. A helyhez kötött jelzők és a közlekedő járművek között műszaki kapcsolatot kell létesíteni, ezért a jelzési képek szerinti jeleket adunk fel a járműre, és így kikényszeríthető, hogy a vonat sebessége megfeleljen a jelzési parancsoknak.

A mozdony személyzet tevékenységét első lépcsőben az éberségellenőrző berendezések segítségével felügyelték. Ennek továbbfejlesztéseként a pályaoldali eszközök bevonásával megoldották a pályamenti jelzők jelzésének feladását a vontatójárműre, s így kialakultak a vonatmegállító berendezések. Ez az eszköz az éberségi berendezés által funkcióját kombinálja a jelzési parancs figyelmen kívül hagyását kényszerfékezéssel megválaszoló szolgáltatással.

A pályáról a mozdonyra irányuló gépi információátvitel kétféle módon valósulhat meg:

- Pontszerű jelfeladás esetén a pályán elhelyezett pontszerű elemek által meghatározott pontokon jut a jel a mozdonyra, és a feladott információ az újabb behatási pontig változatlanul érvényes.
- Folyamatos jelfeladás esetén az információt hordozó jel folyamatosan érkezik a mozdonyra, jelhordozóként szigetelt sínt, vagy a külön e célra lefektetett kábelt használnak.

A MÁV-nál alkalmazott egyesített vonatbefolyásoló és éberségi rendszer fentiek felül a következő szolgáltatásokat is nyújtja:

- a pályamenti jelzőkön levő jelzési kép megjelenítése a vontatójármű vezetőállásán,
- sebességellenőrzés, azaz a sebességkorlátozó jelzési képeknél ismételt éberségellenőrzés, amíg a vonat tényleges sebessége nagyobb, mint az engedélyezett sebesség,
- esetlenként, vagy útszakaszonkénti éberségellenőrzés,
- működésellenőrzés, azaz a berendezés üzemének és a vonatmozgás jellemzőinek regisztrálása.

A nemzetközi forgalomban közlekedő vonatoknál, az Európai Unió irányelveivel összhangban, követelményként jelenik meg a műszaki interoperabilitás, a több országon át mozdonycsere nélküli közlekedés. Egy vontatójármű „átjárhatóságának” egyik feltétele azonban, hogy a vonatbefolyásoló rendszer mindenütt azonos hatékonysággal működjön, ennek pedig a legkézenfekvőbb megoldása, ha egységesítik a rendszereket. Emellett a rendszer továbbfejlesztésével a vonatvezérlés irányába is elindulhatunk, ami a nagysebességű közlekedés egyik meghatározó jellemzője.

Az előbbieken felvázolt megfontolások alapján megkezdődött az Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszer (European Train Control System - ETCS) kifejlesztése, amelyet a MÁV elsőként a Budapest-Hegyeshalom vasútvonalon vezetett be.

8.5.3. Központi forgalomirányító-, ill. forgalomellenőrző berendezés

A nagyobb forgalmú vonalakon a menetrendszerű közlekedés sok esetben csak úgy tartható fenn, ha a forgalmi szolgálattevők munkáját magasabb szinten koordinálják. Ez tette indokoltá a menetirányítói szolgálat megalakítását, amely a vonatok irányítását egész vonalszakaszokon egy személyben – célszerűen menetirányítóként – végzi. A hatékony központi forgalomellenőrzéshez nagy segítség, ha a menetirányító valós időben, teljes körűen az irányított vonalszakasz vonatmozgásait, a váltók állását és a jelzők jelzési képeit stb. ismeri. Az ezt lehetővé tevő berendezés a KÖFE.

Az integráció magasabb formáját jelenti, ha egy központi helyről történik az onnan távollevő külső berendezések működtetése, távvezérlése illetve azok működésének felügyelete. Központi forgalomirányítás során biztosítani kell, hogy a váltók és a jelzők állítása felett kizárólagos rendelkezési joga legyen a szakaszirányítónak. A műszaki feltételek megvalósítását a jelzőfogós állomási biztosítóberendezések és az önműködő térköz biztosítóberendezések teszik lehetővé.

A központi forgalomvezérlő berendezés kezelőasztalán hasonló kezelési lehetőségeket és visszajelzéseket kell kiépíteni. A központi forgalomirányítás (KÖFI) biztonságos működésének feltétele a megbízható összeköttetés megteremtése a vezérlőközpont és a helyi biztosítóberendezések között. Emellett lehetőséget kell adni helyi üzemre történő átkapcsolásra is.

A Budapest-Hegyeshalom közötti emelt sebességű közlekedésre alkalmas pálya felügyeletét nem központi forgalomirányítással, hanem csak a forgalom állapotának visszajelzésére alkalmas elektronikus központi forgalomellenőrző berendezéssel (KÖFE) oldották meg. A számítógépes rendszer képernyői mutatják a vonalhálózat forgalmi helyzetét, vonatszámokkal a vonatok közlekedését. A rendszer minden állomás forgalmi szolgálattevőjének ad egy monitoros kapcsolatot, melyen az adott állomás mellett a két szomszédos állomás vágányhálózata is látható a vonatok helyzetének visszajelzésével.

Az állomási személyzet létszámának csökkentése a kisforgalmú mellékvonalakon a technikai berendezések és a forgalmi szabályok nagyobb mértékű módosításával oldható meg, ezt célozza a mellékvonali forgalomirányítás (MEFI) és a mellékvonali rádiós forgalomirányítás (MERÁFI). Ebben az esetben nem távvezérlés valósul meg, hanem a vonatközlekedés technikai lebonyolításának egyszerűsítését és a vonatszeméllyel történő kommunikációt kell megoldani, hiszen a vonatközlekedést a forgalomirányító és a vonatszemélyzet közösen szabályozza. A MEFI esetében ezt a pályatelefon és a helyhez kötött távbeszélő berendezések biztosítják. A MERÁFI esetében döntően a mozdonyrádió.

A vonattalálkozássra kijelölt állomásokon állomásvégenként egy-egy (különböző állásban álló) rugós visszaállító szerkezettel ellátott váltó (rugós váltó) található, ezek teszik lehetővé váltóállítás nélkül a vonatkeresztezést úgy, hogy a kihaladó vonat a „helytelenül álló” váltó csúcscsúseit elmozdítja. Az állomások előtt a bejárat oldalán ellenőrző jelzőt helyeznek el a rugós váltó végállásának, a váltók és a vágányzáró szerkezetek szabványos állásba való rögzítésének, lezárásának, továbbá (ha van), az útátjárót biztosító fénysorompó működésének ellenőrzésére. A kijárat oldalán is találhatunk ellenőrző jelzőt, ha ott fénysorompó van.

8.5.4. Útátjáró-fedezőberendezés

A vasút közlekedés sajátosságai miatt (nagy sebesség, nagy tehetetlen tömeg, mentendszerűség, hosszabb fékút) a vasút és a közút szintbeni kereszteződéseiben elsőbbséget élvez a vasút. Ezért – ahol a forgalom nagysága szükségessé teszi – a közlekedő vasúti járművet jelezni kell a közúton közlekedők számára, ill. meg kell akadályozni a ráhajtást az útátjáróra. Ezeket a funkciókat az útátjárót fedező berendezések különböző szinten és különböző módon biztosíthatják.

Az útátjáró-fedezőberendezés klasszikus formája a vonóvezetékes állítású teljes csapórudas sorompó, melynek kezelése a helyszínen vagy attól távolabb levő szolgálati helyről történik. Ezeket a sorompókat általában szerkezeti függésbe hozzák a jelzőkkel úgy, hogy a jelzőt csak akkor lehessen „Szabad” állásba állítani, ha a vele függésben álló sorompó le van zárva.

Útátjárókat fedezhetünk csak fénysorompóval, vagy fény- és félsorompóval, mely jelzővel van függésben. Kijárat beállításakor a közút felé áthaladást tiltó jelzés jelenik meg (a félsorompó leereszkedik), s csak az útsorompó teljes zárásakor jelenik meg a kijárat jelzőn a „Szabad” jelzés. Bejárat vágányút esetén a vonat vezérli az útsorompót, a jelző csak ellenőrzi a sorompó működését.

Az önműködő sorompó lezárása a közlekedő vonat hatására történik, a lezárási idő így a biztonságos közlekedés feltételeit kielégítő minimumra csökkenthető. Az önműködő sorompó lezárását a pályaszint keresztezéstől megfelelő távolságban elhelyezett vonatérzékelő berendezés hozza létre. Ha a vonat vége elhagyta az útátjárót, a sorompó felnyitását hasonló érzékelő végzi el.

Önműködő térköz biztosítóberendezéssel ill. ellenmenetet kizáró biztosítással ellátott pályán általában pontszerű vonatérzékelést alkalmaznak. Az útsorompó zavar állapota esetén (vagy túlságosan hosszú idejű zárvatartása után) sötétre kapcsol és az állomási berendezésen a „zavar” visszajelzés megjelenik. Ha az állomásközből vonat nem tartózkodik, a megfelelő nyomógombbal a zavar kikézelése megkísérelhető. Ugyancsak a forgalmi szolgálattevő szükség esetén kézi kezeléssel zárni tudja a nyíltvonal sorompókat (ilyen lehetőség természetesen az állomási útsorompóknál is van például a tolatások miatt).

A vonatszemélyzet által ellenőrzött sorompókat kisebb forgalmú és alacsonyabb sebességű vonalakon alkalmazzák, ahol nincs a közelben olyan vasúti szolgálati hely, mely felügyelhetné. Ebben az esetben a vonatszemélyzet az útátjáró ellenőrző jelző jelzése alapján értesül a berendezés szabályos működéséről.

9. EGYSÉGES EURÓPAI VASÚTIRÁNYÍTÁSI RENDSZER

A 90-es években elkezdődött, a magyar vasutat is jelentősen érintő, korszerűsítések alapvetően két cél elérését szolgálták:

- a vasúthálózat rehabilitációja, illetve
- egyes vonalakon az emelt sebesség megvalósítási feltételeinek megteremtése.

A rehabilitáció célja egyértelműen arra irányult, hogy egy *versenyképes* vasúti infrastruktúra létrehozása valósuljon meg. A versenyképesség – témánk szempontjából – *átjárható, nagy megbízhatóságú és hatékony* vasúti infrastruktúrát jelent, amely minőségi szolgáltatásával megalapozza és segíti a különböző vasútvállalatok piaci térnyerését. A műszaki fejlesztés azonban csak egy szelete volt az egész Európát átfogó átalakításoknak.

A 21. század első évtizede, az európai vasutakat érintő jelentős változások mellett, a *privatizáció* következtében, meghozta az új vasúti infrastruktúra tulajdonosokat is. Az új tulajdonosok (pályavasutak) jövőbeni üzleti sikereinek kulcsa az, hogy képesek legyenek túlélni azt a közöttük egyébként kereskedelmi alapokon zajló piaci versenyt, amelyben a vállalkozó vasutak szabadon, üzleti alapon választhatnak.

A hazai infrastruktúrafejlesztésekkel egy időben európai szinten is komoly munka folyt a vasúti szektor versenyképességének növelését segítő műszaki és jogi (szabályozási) harmonizáció területein. Az Európai Uniónak köszönhető integráció közepette a vasúti közlekedésben mégis komoly különbségek alakultak ki és részben maradtak fent napjainkig E különbségek főbb okai:

- a jelzési rendszerek eltérőek,
- a jelző-, biztosító- és távközlőberendezések sokfélék,
- a határokon a különböző szakmai felkészültséggel rendelkező, máshol és másképpen kiképzett, eltérő nyelvtudású személyzetet cserélni kell,
- az infrastruktúra és vontató járműpark műszaki jellemzőinek jelentős eltérései miatt a határátmenetben mozdonycserék váltak szükségessé.

Mindez odavezetett, hogy az európai vasúti hálózaton zajló közlekedés folyamatosságának biztosítása komoly akadályokba ütközött. Ráadásul különböző költséges kiegészítő berendezések üzembeállításával kívánták megoldani a problémát. A tapasztalatok mérlegelése után, az Európai Unió Tanácsa 1996. július 23.-án fogadta el a 96/48/EK irányelvet a nagy sebességű transzeurópai vasúti rendszer kölcsönös átjárhatóságáról. Óriási lépés volt ez a nemzetek vasútjai számára, mert a Tanács ebben az irányelvben határozta meg többek között az átjárhatóság fogalmát, célját, szerepét, jelentőségét, alapvető követelményeit, megvalósításának elveit, feltételeit, módját, műszaki előírásait, továbbá egyéb, előzőekkel összefüggő értelmezéseket és eljárásokat.

Az Európai Parlament és a Tanács 2001/16/EK irányelve (2001. március 19.) a hagyományos transzeurópai vasúti rendszer kölcsönös átjárhatóságáról szól. Ebből idézve:

„(1) Annak érdekében, hogy az unió polgárai, a gazdasági szereplők, a regionális és helyi hatóságok teljes mértékben kihasználhassák a belső határok nélküli térség adta előnyöket, különösen indokolt a nemzeti vasúthálózatok összekapcsolódásának és kölcsönös átjárhatóságának, valamint az azokhoz történő hozzáférhetőség javítása a műszaki szabványok összehangolása területén szükségesnek bizonyuló intézkedések végrehajtása által, a Szerződés 155. cikke rendelkezéseinek megfelelően.”

Még jelentősebb a következő idézet:

„(4) A transzeurópai vasúthálózaton keresztül a vonatok kereskedelmi célú üzemeltetése különösen fontossá teszi az infrastruktúra és a járművek jellemzőinek tökéletes összeegyeztethetőségét, illetve az infrastruktúra különböző működtetői és üzemeltetői információs és kommunikációs rendszerének hatékony összekapcsolódását. Ettől az összeegyeztethetőségtől és összekapcsolódástól függ a teljesítményi szint, a biztonság, a szolgáltatás minősége és költsége éppúgy, mint – különösen – a hagyományos transzeurópai vasúti rendszer kölcsönös átjárhatósága.”

Az állandóan növekvő nemzetközi közlekedési feladatok is új követelményeket támasztanak a vasúti rendszerekkel szemben. Az Európában működő különböző jelző- és biztosítóberendezési rendszerek mindegyikének legfőbb feladata a magas színvonalú biztonsági szolgáltatás:

- a *vonat automatikus megállítása*, ha a mozdonyvezető éberségi szintjében kedvezőtlen változások mennek végbe (pl. a „Megállj!” állású jelzőt meghaladta és nem reagált az automatika figyelmeztetésére),
- *nagysebességű (emelt sebességű) vonatok közlekedésének biztosítása*.

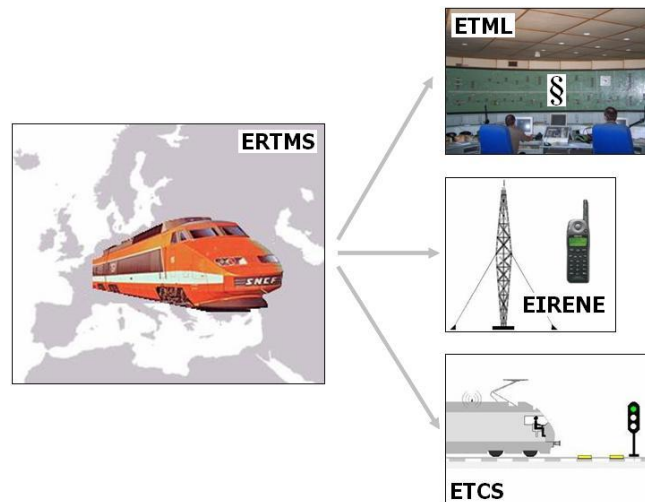
A jövő, fentiekben vázolt, nagy kihívásaira a vasutak képesek lesznek megfelelő válaszokat adni, mert az Európai Unió irányításával olyan rendszer kidolgozására került sor, amely a jogi, műszaki és piaci nehézségeket egymaga is sikerrel kezeli. Az új rendszer elnevezése: **European Rail Traffic Management System (ERTMS)**, amely Egységes Európai Vasút-irányítási Rendszer megnevezéssel fordítható magyar nyelvre.

Az ERTMS fizikai megjelenéséhez hosszú és bonyolult út vezetett. Érdemes megemlíteni, hogy az interoperabilitás (átjárhatóság) megteremtését megelőző, a piac liberalizálásához vezető első lépést az Európai Parlament akkor tette meg, amikor bírósági intézkedést kért az Európai Tanács ellen, mivel az elmulasztotta adaptálni az Egyezményekben lefektetett intézkedéseket. Az Európai Igazságügyi Bíróság 1985.05.22-i ítéletében előírta, hogy a kormányok liberalizálják a közlekedési piacot, fokozatosan szüntessék meg a közúti szállítás területén alkalmazott kereskedelmi kedvezményeket, hatálytalanítsák az áruszállítási díjszabásokat, vezessenek be reformokat az állami tulajdonú vasúti forgalomba. Többek között ennek szellemében, 1989-ben kezdődött el az a nagyszabású fejlesztő munka, amelynek következtében egy korszerű és komplex irányítási rendszer valósult meg.

A Bizottság határozata (2004. április 29.) a 2002. május 30-i 2002/731/EK határozat A. mellékletének módosításáról és a 2001/16/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvben említett hagyományos transzeurópai vasúti rendszer ellenőrző-irányító és jelző alrendszere A. osztályú rendszere (ERTMS) fő jellemzőinek meghatározásáról.

Az ERTMS mint rendszer három – a vasutak szempontjából egyaránt fontos – területre terjed ki, úgy is fogalmazhatunk, hogy három alkotópillére van (9.1. ábra). Ezek:

1. **European Traffic Management Layer (ETML)** – Európai Közlekedésirányítási Szint – vagyis a forgalomirányítás területe.
2. **European Integrated Railway Radio Enhanced Network (EIRENE)** – Egységes Európai Vasúti Rádióhálózat – vagyis a kommunikáció területe.
3. **European Train Control System (ETCS)** – Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszer – vagyis a forgalombiztonság területe.



9.1. ábra
Egységes Európai Vasút-irányítási Rendszer

Az ERTMS fő tulajdonságai – amelyben előnyei rejlenek – röviden összefoglalva:

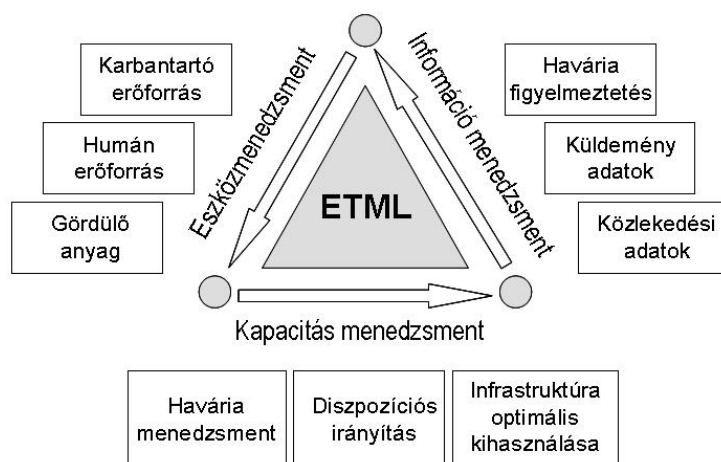
- Európai interoperabilitás
- Magasabb biztonsági és szolgáltatási színvonal.
- A legújabb szabványoknak való megfelelés, a nemzetközi együttműködés és a pontos specifikációk a biztonság növelését szolgálják.
- Nagy megbízhatóság és biztonságos működés.
- Megemelkedett szolgáltatási színvonal. Flexibilitása miatt a növekvő igényeknek megfelelően könnyen bővíthető.
- A rendszerben rejlő információátviteli kapacitás rendkívül nagy, számos különféle üzenet küldését teszi lehetővé. Alkalmazásával mindenre kiterjedő szolgáltatás vezethető be (ajtónyitások ellenőrzése, alagútban közlekedés észlelése, távvezérelt utastájékoztatók, stb.).
- Az infrastruktúra méretének csökkentése, a forgalom magasabb szintű kiszolgálása mellett.
- Jobb infrastruktúra-kihasználás.
- Méretezhetőség a működési követelményekhez való optimális alkalmazkodás érdekében.
- Automatizáltság a sebességvezérlés és -felügyelet területén.
- Növelhető sebesség és vonalkapacitás.
- A magasabb szinteket modern, GSM alapú rádiókommunikáció alkalmazása jellemzi, amely számos kiegészítő szolgáltatást is biztosít.
- Valamennyi szintre hatékonyan átalakíthatóak a jelenleg is üzemelő vontatójárművek, ami a következőknek köszönhető:
 - modern rendszertechnika,
 - egzakt telepítési elvek,
 - moduláris felépítés rugalmassága.
- Gazdaságos működés és nagyobb hatékonyság. A beruházási költségek megtérülnek, alacsonyabb üzemeltetési és fenntartási költségek, a rendszer életciklus-költsége kedvező.
- Igény szerinti bevezetési megoldások alakíthatók ki a jelenlegi vonatbefolyásoló rendszerről az ETCS-re való átálláskor (migráció).

9.1. ETML

Az ERTMS-ben a közlekedésirányítás szintjét képviselő ETML a forgalommenedzselési, forgalomirányítási feladatok megoldására fordítja figyelmét. Míg az EIRENE és az ETCS főként műszaki elemekből álló rendszert foglal magába. Ismeretes, hogy míg az utóbbiak elsődleges célként a biztosító- és távközlő berendezések egységesítését, műszaki átjárhatóságát igyekeznek biztosítani, addig az ETML az interoperabilitást olyan területeken szavatolja, ahol jóval nagyobb szerepe van a humán tényezőknek. E területek például a forgalomirányítási feladatok, a rendkívüli események (havária) kezelése, menetadatok cseréje, vagy éppen az utasítás- és szabályrendszerek összehangolása.

Az első időkben az ERTMS program főként a biztonsági és a műszaki szempontokra koncentrált. Az EIRENE és ETCS alrendszerek elsősorban biztosítóberendezési és távközlési aspektusból, a közlekedésirányítás funkcionális és technológiai szemléletének alapos kimunkálása nélkül fejlődtek. Az 1998-ban útjára indított, az EU és az UIC finanszírozta ETML kialakításának fő célja beazonosítani a páneurópai vasúti közlekedés irányításának funkcionális és műszaki lehetőségeit. Ennek érdekében az ERTMS program aktuális előrehaladásának figyelembe vételével felméri a közlekedésirányításban jelenleg alkalmazott eszközöket, technikákat és technológiákat. Az ETML esetében is a fő feladat a funkcionális rendszerkövetelmények részletes meghatározása, és azok széles körben való ismertetése.

Az ETML biztonsági vonatkozású szempontokat nem foglal magába, két fő területe a közlekedésirányítás és a közlekedésszabályozás. Az ETML felépítését a 9.2. ábra mutatja.



9.2. ábra
Az ETML felépítése

Az ETML segítségével lehetővé válik:

- az országokon átnyúló (interoperábilis) ad hoc útvonal- és menetrendtervezés,
- a vonatközlekedés monitoringja, a valós idejű vonatjelentés,
- a hatékony vonatirányítás, a vasúti csomópontok menedzsmentje,
- a vonat- és személyzetadatok online lekérdezése,
- az üzemi folyamatok statisztikai elemzése.

Az OPTIRAILS tulajdonképpen egy konzorcium (**OPT**imisation of traffic through the European **RAIL** Traffic Management System). Magyar jelentése: A közlekedés optimalizálása az ETML segítségével. E konzorcium kutatási projektjének fő feladata, hogy ellássa az

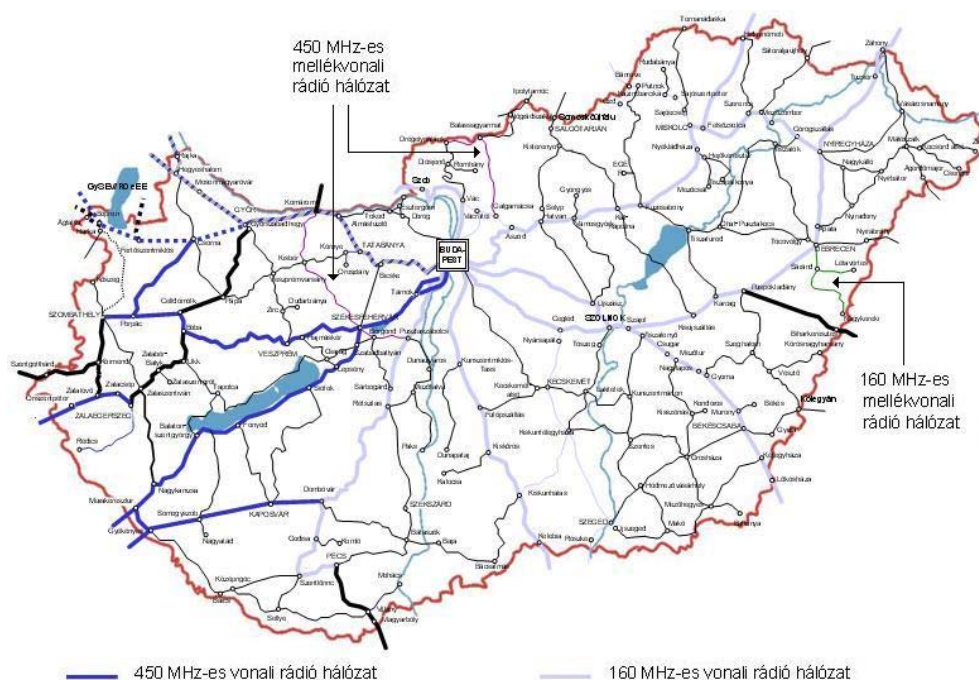
Európai Uniót a szükséges dokumentációkkal és ajánlásokkal annak érdekében, hogy az ETML-ben megfogalmazott célok mielőbb és a lehető legjobb formában megvalósuljanak. Az OPTIRAILS kimondja, hogy a program nem érintheti a biztonságot, és nem zavarhatja a létező nemzeti és területi diszpécser központok munkáját. Hasonlóan kritérium, hogy az ETML-nek számolnia kell az ETCS lehetőségeivel, de megoldást kell nyújtania az ETCS-szel nem felszerelt vonalak és vonatok számára is. A nemzetközi vonatokat az indulástól a megérkezésig a rendszerben kell tudnia tartani, figyelembe véve az eltérő időzónákat is.

9.2. EIRENE

A vasutak által használt szolgálati rádiórendszerek (ill. rádióközrzetek) általában a következők szerint oszthatók fel:

- vonali rádiórendszer (irányítás),
- állomási rádióközrzet (tolatás, vonatátvétel),
- munkairányítói rádióközrzet (műszaki munkák).

Ahhoz, hogy a különböző célra használt rádiók adása ne zavarja egymást más-más frekvenciasávon, egymástól elválasztva, kell működniük. A 9.3. ábrán a MÁV Zrt. vonali rádióhálózata látható.

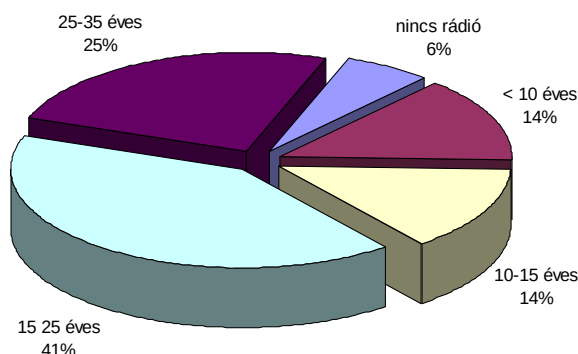


9.3. ábra
MÁV Zrt. vonali rádióhálózatai

A 160Mhz-es vonali rádióhálózat jellemzője, hogy nyílt üzemmódban működik, továbbá kapcsolatot teremt a menetirányító és mozdonyvezető között. A rendszer jelenlegi helyzetével kapcsolatban elmondható, hogy mintegy 500 mozdonyt képes kezelni. Kelet-Magyarország vonalain és a Budapest – Dombóvár – Pécs vasútvonalon ezt a fajta vonali rádiórendszert telepítették. Ennek a rendszernek nagy hátránya, hogy könnyen zavarható, nincs hívásazonosítás és sajnos nincs vészhívás funkció sem. A rendszer behatárolt, nincs fejlesztési terv, ennek megfelelően jövője is véges.

A 450Mhz-es rádiórendszer UIC ajánlások szerint épült ki. Európában az 1970-es évektől, hazánkban 1992. óta üzemel. Az érintett vonalhossz mintegy 800km, a mozdonyok száma 180db. Hátrányaként hozható fel, hogy a mellék üzemmódok miatt nem kompatibilis, továbbá lassú adatátvitelt tesz lehetővé. Utóbbi az emelt, de különösen a nagysebességre tekintettel a rendszer használatát korlátozni fogja.

A magyar vasút által használt rádiórendszerek, életkorukat tekintve, magas átlagéletkorúak. Előfordul, hogy a szükséges rádió nélkül végzik a körzetek a veszélyesnek minősülő tevékenységet. A 9.4. ábra a rádiókörzetek életkor szerinti megoszlását szemlélteti.



9.4. ábra
Hazai vasúti rádiókörzetek életkor szerinti megoszlása

Az európai vasutak által már régóta használt EIRENE egy komplex kommunikációs rendszer. Használata nem csak az eddigi üzemeltetés színvonalának emelését teszi lehetővé, de új szolgáltatások bevezetését is elősegíti. A biztosítóberendezési és forgalmi szakterületeken a rendszer alkalmazásával személyzet-megtakarítás válik lehetővé, megteremtődik az interoperábilis közlekedés lehetősége, valamint nagymértékben csökken a távközlő- és biztosítóberendezési infrastruktúra beruházások anyagigénye (pl. kábelezés elmaradása).

A GSM rendszer szolgáltatásai ma már igen széles körben jól ismertek, mindannyiunk rendszeresen használja közvetve, vagy közvetlenül. Az európai egységesítési törekvések hatására egyre sürgetőbbé vált egy egységes mobil távközlési rendszer kialakítása. 1982-ben az Európai Országok Postai és Távközlési Szervezetének (CEPT) Bécsben tartott konferenciája megbízást adott egy egységes mobil telefonrendszer szabványainak kidolgozására. A szakértői feladatot egy nemzetközi összetételű mobil szakmai csoport a Groupe Spéciale Mobilé (GSM) kapta. 1988-ban az Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (ETSI) a GSM rövidítés jelentését Global System for Mobile communication (Mobil Távközlés Világrendszere) elnevezésre változtatta. A tervezett rendszer a következő kritériumoknak kellett megfeleljen:

- jó hangminőség,
- egyszerű kezelőfelület,
- alacsony szolgáltatási költség,
- nemzetközi roaming támogatása,
- új szolgáltatások bevezetésének támogatása,
- sáv szélesség hatékony kihasználása,
- ISDN kompatibilitás.

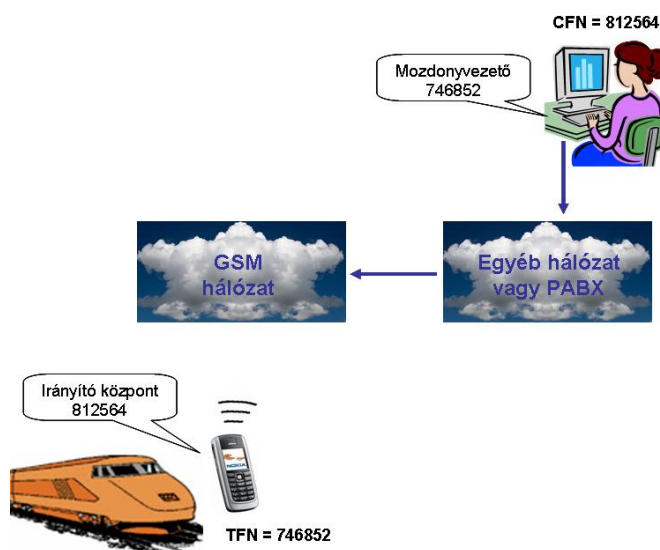
A fejlődés különböző lépcsőfokai szerint, GSM900, GSM1800, GPRS, 3GSM, EDGE hálózatok valósultak meg. A GSM rendszer méreteire jellemző, hogy

- több, mint 500 hálózattal rendelkezik,
- az előfizetők száma meghaladta a 2 milliárdot,
- évi egy trillió sms talál célba világszerte,
- a vezetékek nélküli piac 75%-át tudhatja magáénak.

A közcélú hálózatokhoz képest a GSM-R a vasutak igényeire szabott többlépcsős szolgáltatásokat nyújt úgy, hogy a nagysebességű vasútvonalak számára is képes megszakadás nélküli kapcsolatot biztosítani. Az önálló vasúti rádióhálózat megvalósításának fő okai tehát:

- A vasúti közlekedés biztonsága nem kerülhet függőségbe egy közcélú telefonhálózattal, illetve annak leterheltségével.
- A rendszer a 250 – 500km/h sebességtartományban is megbízhatóan működik.

A GSM-R rádiórendszer egy egységes nemzetközi szabványrendszerre épül. Minden funkciójában és műszaki részletében követhető az interoperabilitás megvalósításának szándéka. Lefedtségének jellemzője a cellákra való felosztás. Minden cella közvetlenül elérhető a „központból”. Természetesen valamennyi cellából közvetlen hívás indítható a központ felé. Amikor az irányító központból hívást kezdeményeznek egy adott cellában tartózkodó vonat felé, akkor az ún. TFN vonatazonosítót küldik be a rendszerbe, amely alapján a PABX, vagy egyéb hálózaton keresztül kikerül a hívás a GSM hálózatba, onnan pedig a hívott vonat mozdonyára. Amennyiben a mozdonyvezető indítja a hívást, akkor ő a központ CFN azonosítóját jelöli meg és az előbb elmondott úton, de fordított sorrendben történik meg az elérés (9.5. ábra). A GSM-R rendszerben funkcionális hívás valósul meg.



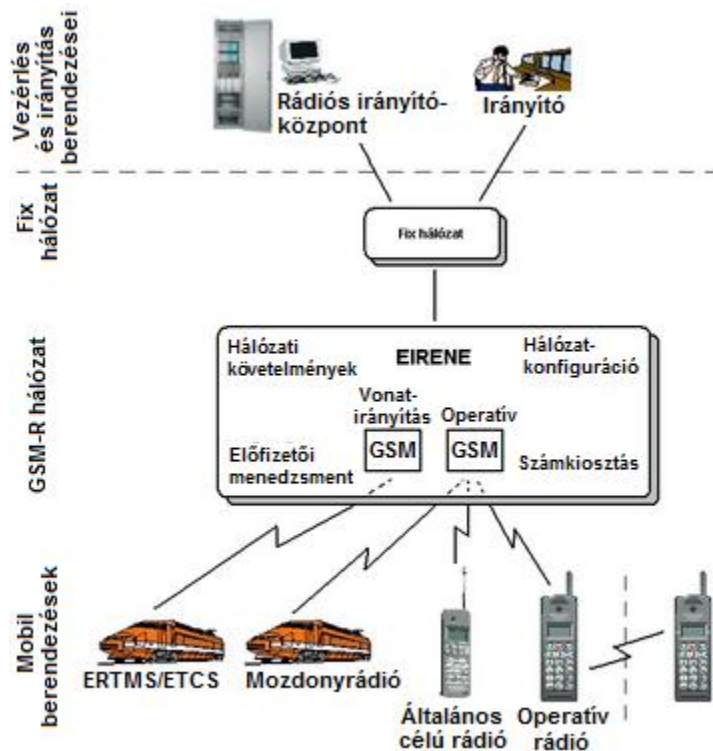
9.5. ábra
Alapvető funkciók

A vasúti alkalmazásokat tekintve (9.6. ábra), az EIRENE rendszer ellátja a vasúti pálya és a vonatok közötti adatátvitellel kapcsolatos feladatokat, biztosítja a vasúton dolgozó munkások, az állomásokon dolgozók, illetve az adminisztratív és irányító személyzet folyamatos kommunikációját is. Az EIRENE rendszer további előnye, hogy az általa megvalósított digitális adatátviteli platform lehetővé teszi a fix és a mobil részlegek közvetlen kapcsolatát biztosító alkalmazások bevezetését.



9.6. ábra
Kommunikációs kapcsolatrendszer.

Az EIRENE könnyen áttekinthető rendszerstruktúrája szolgáltatásokra vetítve a 9.7. ábra szerint foglalható össze.



9.7. ábra
EIRENE rendszerelemei

Minden megvalósítandó nagy rendszer felveti a beruházási források rendelkezésre állását, a megvalósítás várható költségeinek alakulását. Az EIRENE rendszer költségeinek csökkentését az egységes platform eredményeképpen kialakuló alacsonyabb működtetési és karbantartási költségek, a jobb spektrum kihasználás, valamint a szabványos GSM alapú rendszer bevezetéséből származó alacsonyabb beruházási költségek révén lehet elérni.

A GSM-R rendszer szolgáltatásai

- ETCS. A GSM-R kommunikációs alapot nyújt az ETCS vonatbefolyásolás számára, azaz biztonsági adat- és hangkapcsolatot szolgáltat, amellyel valamennyi az ETCS SRS-ében foglalt követelmény kielégíthető.
- Irányító és mozdonyvezető közötti beszéd és adatkommunikáció. A funkcionális, valamint helyfüggő számozás lehetővé teszi, hogy a mozdonyvezető egyszerű módon kapcsolatot teremthessen az illetékes forgalomirányítóval, mozdonyirányítóval, főmenetirányítóval, stb.
- Távvezérlés. Kétirányú adatfolyamot biztosít a fix központ és a mozdony, vagy más fix hely között. Az adatkommunikáció lehetővé teszi különféle berendezések távvezérlését, mint például a fékpróbázó berendezés, sorompók, tolató mozdonyok, daru és portáldaru, összekapcsolt egyvezetős mozdonyok, peronvilágítás, légkondicionáló stb.
- Vagyonbiztonsági rendszerek vezeték nélküli kapcsolata. Vonaton vagy vasúti objektumokon telepített biztonsági rendszerek vezeték nélküli elsődleges vagy tartalék kapcsolata. Rongálás, illetéktelen behatolás és egyéb rendkívüli események (pl. tűz, vízelöntés stb.) jelzésének átvitele lehetséges. Átviteli közeg továbbá a védett objektumok területén történő mozgás figyeléséhez (beléptető és térfigyelő rendszerek).
- Vészhelyzet – területi körözhívás. Vészhelyzetben az illetékességi területre körözhívással riasztás adható a vasúti személyzetnek. Megkülönböztetett, vörös színű vész hívó gombbal gyors hívásfelépítést tesz lehetővé az irányító, mozdonyvezető, tolatási személyzet, pályamunkások vagy bármilyen más felhasználó között.
- Tolatás. Az állomási technológiai körzetek jelentős részét a tolatókörzetek teszik ki. A tolatási mozgások végzése fokozottan balesetveszélyes művelet, ezért ehhez olyan dedikált csoporthívás alkalmazható, amely folyamatos csatorna rendelkezésre állást és visszaigazolást igényel (irányító, mozdonyvezető, tolatásvezető és a tolatócsapat között). Ezt a kritériumot az erre a célra kifejlesztett GID 500 protokoll elégíti ki.
- Pályafenntartási távközlés. Beszéd- és adatkapcsolatot biztosít a pályafenntartó csoportok részére. Lehetővé teszi a csoporthívást a dolgozók között, a pálya mentén és azon túl is.
- Utastájékoztató. A GSM-R lehetőséget ad a személyzet nélkül működő állomások, megállóhelyek utastájékoztató berendezéseinek távvezérlésére, vezetékes átviteli út felhasználása nélkül. Biztosítható továbbá a telepített utasterminálok, értékesítő pulatok rádiós kapcsolata azokon az állomásokon, megállóhelyeken, ahol a kábelezés nem megoldható vagy nem gazdaságos (pl. megállóhelyen nincs szabad érpár; légvezetékek megszüntetésének igénye esetén; vagy csak nagyobb rendezvények miatt szezonálisan megnövekedett utasforgalomnál).
- Vonat távközlés – beszéd és adat kommunikáció a vonatszemélyzet és az utasok számára:
 - Vonatfedélzeti jegykiadás és infoterminal. Menetjegy- és helyjegy-értékesítés a vonaton, a központi rendszerhez kapcsolódva. Vonatfedélzeti online utas terminál. A fontosabb vonatok személykocsijaiba telepített információs és értékesítő pult, ahol az utas aktuális közlekedési és egyéb adatokat kérdezhet le – úm. csatlakozás, egyéb járatok, idegenforgalmi információk stb. –, illetve bankkártya segítségével menet- és helyjegyet válthat.
 - Vonatfedélzeti utastájékoztató berendezés. Személyvonat kocsijaiba telepített vizuális kijelző és hangosbemondó berendezés, amely az úttal, vonatcsatlakozással kapcsolatos és egyéb fontos információkat közöl az utasokkal. GPS

(Global Position System – *Műholdas helymeghatározó rendszer*) vevővel való kiegészítés esetén, vagy a GSM rendszer helyinformációinak felhasználásával az utastájékoztató információk az aktuális helynek és időpontnak megfelelően automatikusan kerülhetnek továbbításra.

- Utas kiszolgáló rendszerek. Ide tartozik a nyilvános kártyás telefon vagy a fax és az Internet használata a vonaton. Ezeknek a hagyományos értelemben vett kiegészítő szolgáltatásoknak a vasúttársaság bevételszerzése szempontjából is egyre nagyobb jelentősége van.
- Helyi távközlés. Kiszolgálja az állomási munkaterületek közötti kommunikációt, mint például vonatfelvétel (kocsi felírás), műszaki kocsvizsgálat, vonatmenesztés, állomásirányítás.
- Kiterjedt távközlés (wide area). A nagy területű kommunikáció támogatja a pályaoldali, a nem közvetlen a vonatközlekedés érdekében létrehozott kommunikációt és a vasúti fenntartási kommunikációt. Hang- és adatkapcsolatot biztosít a közúti járműveknek, pályaellenőrzésnek, vasúti rendőrségnek és belépési lehetőséget ad zárt, illetve nyilvános hálózatokba.

A GSM-R rendszer az alábbi biztonsági szolgáltatásokat nyújtja:

- hívófel azonosítás,
- berendezés azonosítás,
- hívástartás,
- hívásidő-korlátozás,
- csoporthívás,
- prioritási szintek (körözvény/csoporthívások),
- hívásmegszakítások kijelzése.

Mindent összevetve a GSM-R rendszer számos előnyt kínál a vasutak számára:

- megtakarítás érhető el az üzemeltetés költségeiben,
- áru fuvarozási szolgáltatások fejleszthetőek,
- sűrűbb vonatközlekedés valósítható meg,
- menetrendszerűség javítható,
- fedélzeti utas tájékoztatás, jegy- és helyjegyfoglalás,
- kocsi- és konténer követés,
- versenyelőny a konkurenssekkel (közlekedési ágak, pályavasutak) szemben.

9.3. ETCS

Az ETCS mint az ERTMS "biztonsági pillére", elsősorban a vonatbefolyásolással kapcsolatos funkciókat és eljárásokat foglalja magába. Szükséges azonban megemlíteni, hogy az ETCS túlmutat a hagyományos értelemben vett vonatbefolyásoló rendszereken, és a vasúti közlekedés biztonságát szinte minden téren igyekszik szavatolni. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a rendszer nem csupán a járművek sebességét felügyelheti, hanem például személyszállító vonatok esetében az ajtók helyes nyitását és zárását is, de akár különböző külső rendszerek riasztási információinak feldolgozására is képessé tehető. Bizonyos többletszolgáltatásai pedig kifejezetten a szolgáltatásminőség fejlődését célozzák meg.

Az ETCS az alapvető funkcióit tekintve - nevéből adódóan - vonatbefolyásoló rendszer. Az ETCS elsődleges feladata a vonatok közlekedésének felügyelete, a vasúti forgalom biztonságának a legkülönbözőbb üzemi helyzetekben történő garantálása. Az ETCS-t úgy fejlesztették ki, hogy kiépítése a vonatközlekedés nagyobb zavarása nélkül is lehetséges legyen. Ennek

egyik jótékony hatása, hogy a rendszert fokozatosan lehet bevezetni. Nem szükséges egyszerre és azonnal minden járművet és pályaszakaszt alkalmassá tenni a használatára. Az ETCS az átmeneti időszakban – speciális egységek alkalmazásával – együtt használható a már meglévő rendszerekkel. Ez persze azt is jelenti, hogy a fedélzeti rendszereknek „meg kell érteniük” a különböző, helyi vonatbefolyásoló rendszerek jeleit is. Az ETCS rendszer tehát feltételezi a hagyományos állomási és vonali biztosítóberendezések meglétét. Mindemellett olyan változata is kialakítható, amelyiknél a biztosítóberendezések számos funkcióját maga az ETCS rendszer valósítja meg.

9.3.1. A vonatforgalom szabályozásának történeti áttekintése

A vonatbefolyásolás előzményei

A hagyományos nagyvasúti közlekedés biztonságát az állomási és vonali biztosítóberendezések működése jelentette. Ismeretes az a tény, hogy ez csak akkor ad kellő védelmet, ha a mozdonyvezető a – pálya mellett elhelyezett jelzők által meghatározott – sebességparancsokat hibátlanul értelmezi és maradéktalanul betartja. A helyhez kötött pályaberendezések (biztosítóberendezés) és a mozdony berendezései (pl. fékberendezés) közötti információs láncban tehát beékelődött az ember. Ezért a legkorszerűbb állomási és vonali automatikáknál az emberi tényező (mozdonyvezető) szerepe továbbra is nagy jelentőségű. Mindemellett a jelzések megfigyelésének (értelmezésének) különböző nehézségei lehetnek:

- a nagyobb sebesség miatt egyre kisebb időközben érkeznek jelzési parancsok, amelyek korrekt megfigyelésének és pontos kiértékelésének valószínűsége csökken,
- a távolbalátás korlátozottsága,
- a mozdonyvezető fiziológia és lélektani kondíciójának hiányosságai (pl. figyelmetlenség, befolyásoltság),
- egyéb, a jelzők megfigyelését nehezítő, vagy elterelő külső vagy belső körülmények.

Kezdetben a balesetmentes vasúti közlekedés megvalósítását abban látták, ha a mozdonysemmélyzet létszámát növelik. Azután a vizuális jelzések mellett jelentős szerepet kapott a hangjelzés. A biztosítóberendezések fejlesztése következett, amely óriási összegeket emésztett fel. Később került sor a mozdonyvezető éberségének gépi úton való, időszakos ellenőrzésére. Azonban minden biztonságot növelő megoldás mellett változatlanul fennállt a jelzők által meghatározott, illetve a vonalra, vagy vonatra engedélyezett sebesség túllépéséből származó balesetveszély. Ez ugyanis továbbra is a mozdonyvezetőtől függött.

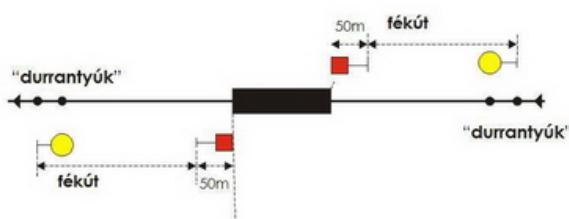
A jelzők észlelésének megkönnyítését (a figyelem felhívását) szolgálta az 1842-ben bevezetett detonátor (9.8. ábra), amely az első nem vizuális elem volt az információs láncban. A jelzők előtt meghatározott távolságra és darabszámban, a sínre helyezett kis mennyiségű robbanóanyag a vonat elhaladásakor lépett működésbe. Hangjával arra figyelmeztette a mozdonyvezetőt, hogy veszélyes helyhez közelít.

Az egészségre kevésbé veszélyes megoldás volt akusztikus jelzők alkalmazása a pálya mellett (9.9. ábra). Ez 1850. után terjedt el Angliában és az Egyesült Államokban. A vonat a pálya adott pontján –kerekeinek mechanikus szerkezetet működtető mozgása révén – megszólaltatta a "gong"-ot, amely a vonat hosszának és sebességének megfelelően, figyelmeztette a mozdonyvezetőt a veszélyes hely felé való közeledésre.

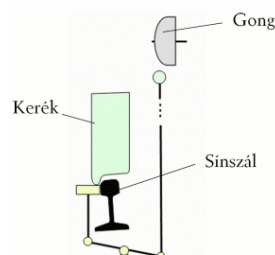
Sajnos fentiek ellenére és a jelző helyének ismeretében is meghaladható egy továbbhaladást tiltó jelzés. A fejlődés következő lépcsője ezért a hangjelzés járműre juttatása volt. Ezt szem-

lélteti a 9.10. ábra. 1852-től alkalmazták az akusztikus jelző azon fajtáját, amely már a mozdony vezetőállásán (fedélzetén) szólaltatta meg a gongot, ha ez a pálya mellett elhelyezett jelző állása szerint indokolt volt. A szerkezet az előbbihez hasonlóan mechanikus módon működött.

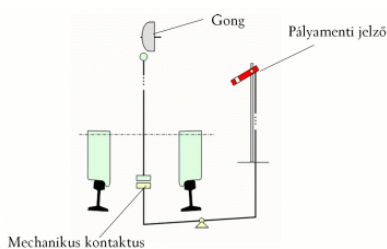
A vonatbefolyásolás kezdetét tulajdonképpen Axel Vogt neve által fémjelzett és 1870-től a Pennsylvania Railroad vasúttársaságnál alkalmazott rendszer jelentette (9.11. ábra). Az előbbi megoldást annyiban fejlesztette tovább, hogy a mechanikus kontaktus nem gongot szólaltatott meg, hanem egy a főfékvezetékbe iktatott törékeny üvegcsőt tört össze a „Megállj!” állású jelző meghaladása esetén. A főfékvezeték így „megszakadt”, a féklevégő elszökött, a nyomás leesett, ami a vonat fékberendezésének automatikus működésbe lépését váltotta ki. Ez a vonat megállítását eredményezte.



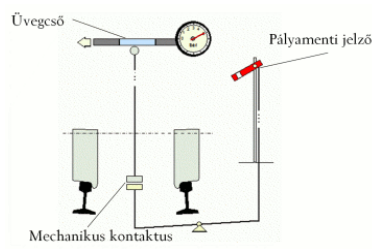
9.8. ábra
Detonátor alkalmazása.



9.9. ábra
Egyszerű hangjelzés alkalmazása.



9.10. ábra
Hangjelzés alkalmazása a vezetőálláson.



9.11. ábra
Vonatmegállító berendezés.

A vonatbefolyásolás kezdete

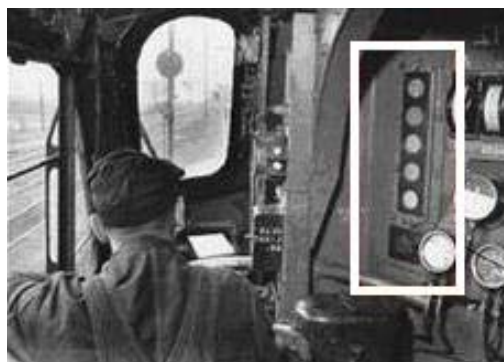
Könnyen észrevehető, hogy az ismertetett kezdetleges rendszereknek számos gyermekbetegsége van. A 9.11. ábra által bemutatott rendszer esetében az üvegcső összetörése után a helyreállítás nehézkes volt. Ráadásul sok esetben indokolatlan törések is bekövetkeztek. Továbbra is csak a „Megállj!” jelzés információjának fedélzetre juttatása jelentette a megoldást. Közismert azonban, hogy ez csak azt biztosíthatta, hogy a vörös jelzőt fékúttávolságon túl nem haladja meg a jármű. Mindenesetre a vasút rohamos térnyerésével együtt a vasúti közlekedés sebességével és biztonságával szemben támasztott elvárások is idővel egyre szigorúbbak lettek, s szükségessé tették olyan berendezések kiépítését, amelyek lehetővé teszik a vonatközlekedést irányító jelzések, esetleg egyéb információk (pl. sorompók állapotának) járműre történő nagybiztonságú eljuttatását. Az igazi áttörést (elvárt színvonalat) a többfogalmú jelfeladás (hazai EVM rendszer) elterjedése hozta meg a vonatbefolyásolás fejlődése során.

A többfogalmú jelfeladás hagyományos, tisztán mechanikai kontaktusok alkalmazásával gyakorlatilag nem lehetséges. 1872-től folyamatosan került kiépítésre a "krokodil" (Le crocodile elnevezésű rendszer), amely már elektromechanikus kapcsolatot valósít meg a pálya és a jármű között (9.12. ábra). A krokodil napjainkban is mintegy 35 000 km-en üzemel Franciaországban és a Benelux államokban.



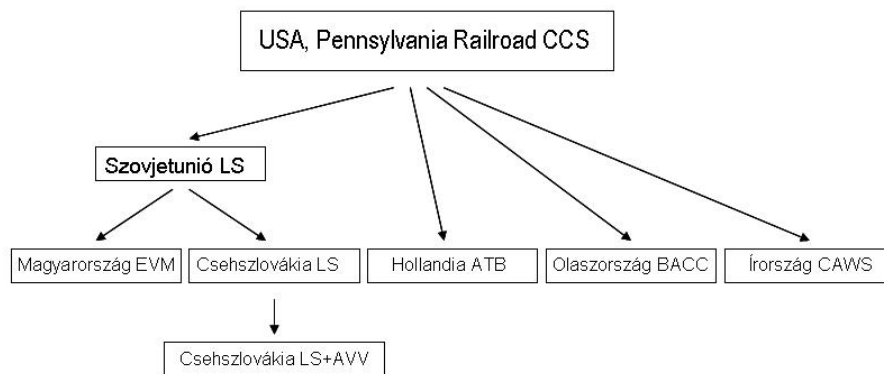
9.12. ábra
A krokodil pályaoldali eleme

1906-ban Anglia is kifejlesztette a saját, elektromechanikus kapcsolatot megvalósító, vonatbefolyásoló rendszerét (GWR-ATC). Nem sokkal később, 1920-ban a Pennsylvania Railroad üzembe helyezte az első folyamatos jelzést adó vezetőállás jelzőkészüléket (9.13. ábra), amely CCS néven vált ismertté.



9.13. ábra
Korai vezetőállás jelző (CCS).

A második világháborút követő események jelentős változásokat hoztak. A hatalmas újjáépítési tevékenység célja a háború pusztítása nyomainak eltüntetése és az országok gazdasága vérkeringésének újra indítása volt. Új vasutak születtek. A korábbiaknál nagyobb terhelésű vasúti pályák épültek, korszerűbb járműpark (vontatójárművek, vontatott járművek, munkagépek) beruházása és biztonságosabb automatikák alkalmazása került előtérbe. A vasutak figyelme egymás felé fordult, egymás eredményeit szívesen kamatoztatták. A különböző berendezések és járműtípusok így terjedtek el Európában és a világban, a vasutak saját döntéseire bízva azt, hogy melyik rendszer mellett állapodnak meg és alkalmazzák nemzeti hálózataikban. Ilyen előzmények után az amerikai CCS berendezés és technológia átkerült a világháború után a Szovjetunióba és különböző változatokban terjedt tovább. Elterjedése Európában részben a Szovjetunió nagy befolyása alatt működő országok nemzeti vasútjain, részben a nyugati államok vasútjainak akaratán keresztül valósult meg (9.14. ábra).



9.14. ábra
A CCS technológia elterjedése.

1926-1934 között megszületett Európa mai napig kedvelt és nagy területen elterjedt vonatbefolyásoló rendszere Németországban. Az INDUSI elnevezésű rendszer (technológia) mintegy 75 000km hosszú vasúthálózati hosszon üzemel (9.15. ábra).



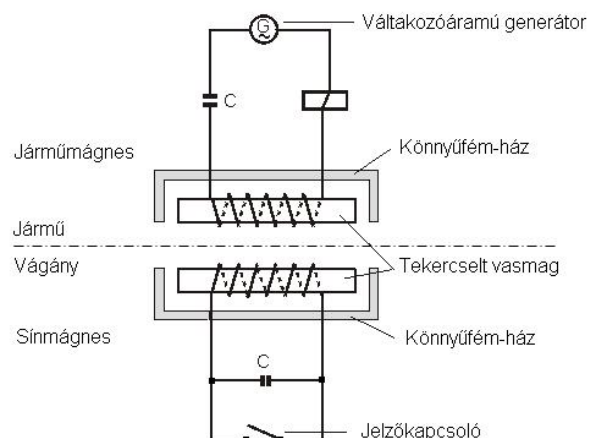
Az INDUSI / PZB pályaoldali eleme.



Az INDUSI / PZB járműoldali eleme.

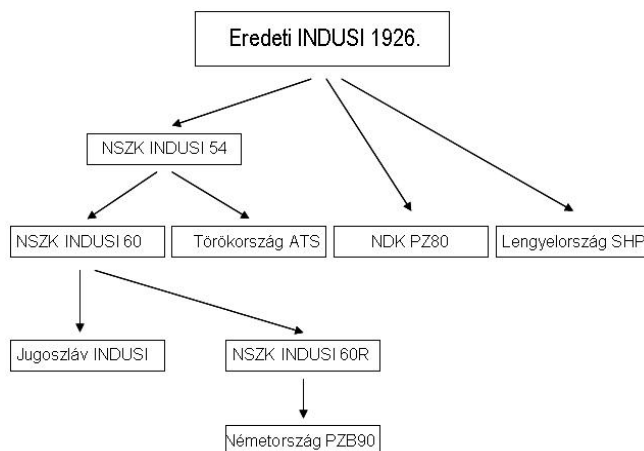
9.15. ábra
INDUSI típusú vonatbefolyásoló berendezés

Az INDUSI berendezés működési elvét a 9.16. ábra mutatja.



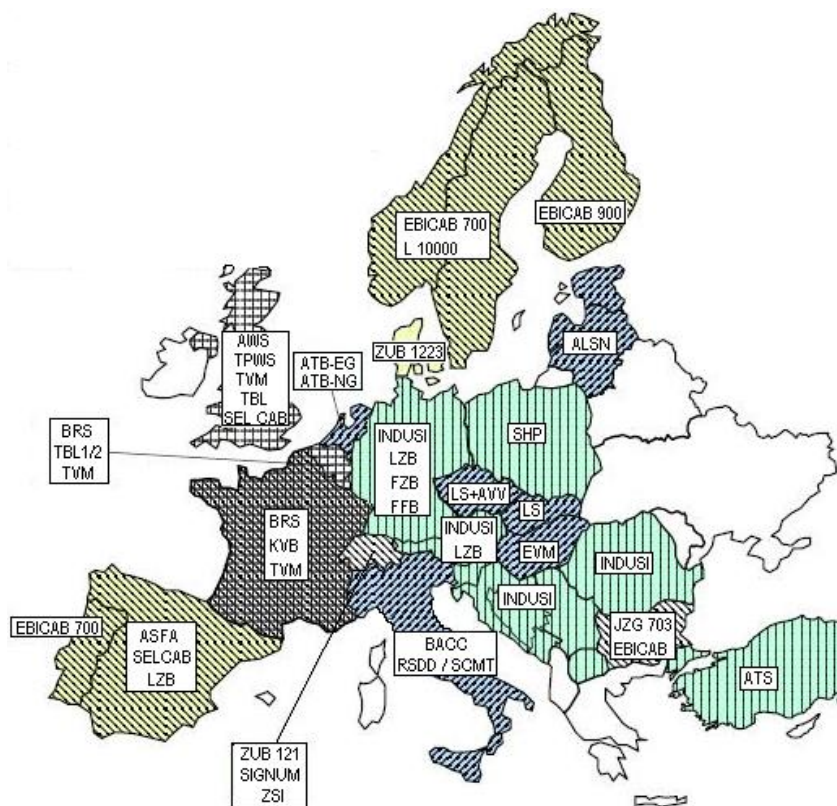
9.16. ábra
Az INDUSI berendezés működési elve.

A CCS technológiához hasonlóan az INDUSI-t is számos ország adaptálta. Elterjedését mutatja a 9.17. ábra.



9.17. ábra
Az INDUSI technológia elterjedése.

Látható, hogy az emberi tényező okozta bizonytalanság csökkentésére megszületett jelfeladó és vonatbefolyásoló rendszerekből sokféle működik a világ vasútjain. A vonatbefolyásoló rendszerek elterjedését a 9.18. ábra mutatja.

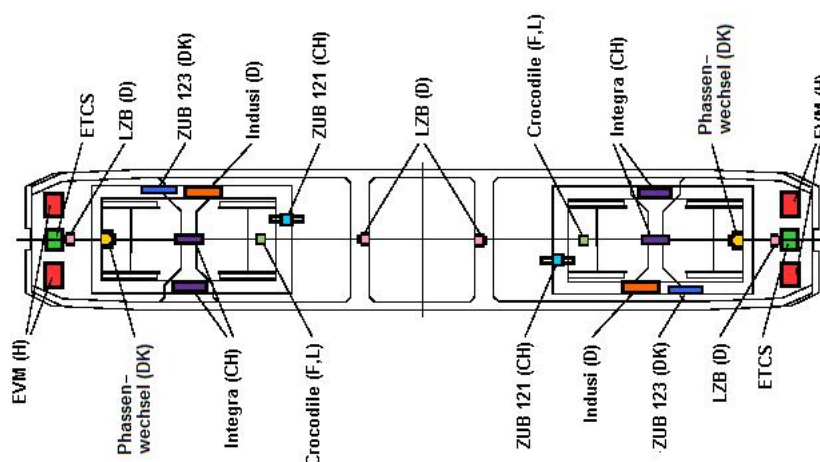


9.18. ábra
A vonatbefolyásoló rendszerek elterjedése Európában

Az ábra alapján látható, hogy mely országokban hódított teret a Crocodile / ATC típusú vonatbefolyásoló rendszer, amely elektromechanikus kapcsolat alapján működik. Kiterjedten alkalmazzák az INDUSI vonatbefolyásoló rendszert, amely a pálya és jármű között létrejött induktív kapcsolat révén működik. Pályaoldali elemeinek telepítése diszkrét módon történik. Ugyancsak elterjedt a CCS-típusú vonatbefolyásolási technológia, amelynek elemei folyamatos induktív kapcsolatot feltételeznek pálya és jármű között. Svájcban és Bulgáriában pontszerű vonatbefolyásoló rendszer működik, amely folyamatos sebesség-felügyeletet valósít meg.

Az alábbi táblázat bemutatja néhány országban az alkalmazott főbb rendszereket.

Látható, hogy a létező rendszerek funkcionalitásában a különbségek nagyok. A variációk felölelik a nem felszerelt, a figyelmeztető, a figyelmeztető/megállító, a sebességet diszkrét lépésekben felügyelő, a folyamatos sebesség-felügyeletet biztosító és a teljes biztosítottságot adó berendezéseket. A vonatbefolyásoló berendezések mássága együtt jár azzal, hogy a mozdonyon is megannyi felszerelési hely fordulhat elő. A 9.19. ábra a Bombardier egyik mozdonyának egy lehetséges elrendezési tervét mutatja néhány antennatípusra.



9.19. ábra

Antennatípusok lehetséges elrendezése egy mozdonyon

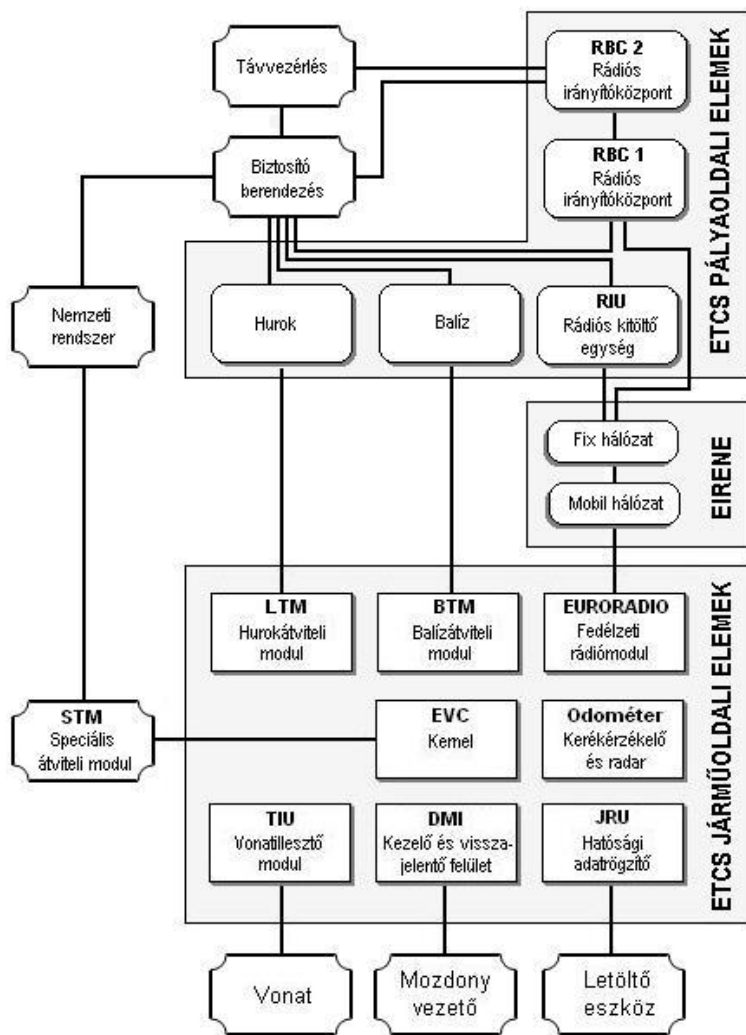
Az ezredfordulón a fejlődés egyértelmű gátjává váltak az egymással nem együttműködő, átjárhatatlan vonatbefolyásoló rendszerek. Emellett számos országban egyértelmű igény fogalmazódott meg a tekintetben, hogy a meglévő elavult technológián alapuló rendszereket kiváltásuk egy korszerű új vonatbefolyásoló rendszerrel. Példának okáért a jelenleg Magyarországon alkalmazott elektronikus vonatmegállító (EVM) rendszer sem közvetlenül, sem közvetve nem alkalmas a vonat megállításának kikényszerítésére a „Megállj!” állású jelző előtt. A rendszer által a vontatójárműre feladható információk száma csekély, zavarérzékenysége nagy, információfeldolgozási sebessége pedig alacsony, így nem felel meg sem a biztonsági, sem az üzemeltetési, sem az egyre növekvő szolgáltatási igényekkel szemben támasztott, széles körű követelményeknek.

2005-ben az európai toplistán öt rendszerfamilia adta a vonatbefolyásolók túlnyomó többségét – természetesen egyenként számos változatban – miközben 2008-ra már egy új, eddig ismeretlen rendszer kapaszkodott fel: az ETCS. Az ETCS fejlesztését valójában nem csak a, tárgyalta problémák kezelésére alkalmas műszaki egységesítés, hanem jelentős és elemi üzleti érdekek is motiválták.

9.3.2. ETCS követelmények és rendszerstruktúra

Az ETCS felépítése

Az ETCS két alrendszerből áll, az egyik a pályaoldali, a másik a fedélzeti alrendszer. A két alrendszer között az információátvitel a specifikációkban meghatározott átviteli utakon, megadott felépítésű távratok segítségével történik. Az átvitel – a kiépítési szinttől függően – lehet egyirányú, vagy kétirányú. Egyirányú információátvitel esetén csak a pályaoldali alrendszer ad információkat a fedélzeti berendezés számára. Az ETCS felépítése a 9.20. ábrán követhető nyomon.



9.20. ábra
Az ETCS felépítése

Az ETCS (elemek) kialakításával szemben támasztott követelmények

Az általános szabályok szerint a rendszerelemek megtervezésekor, kialakításakor és telepítésekor úgy kell eljárni, hogy a vonatkozó környezeti feltételeknek az üzemszerű működés során az adott elem maradéktalanul megfelelhessen. A teljesség igénye nélkül, a legfontosabb környezeti feltételek a következők:

- Környezeti hőmérséklet. Alapelv, hogy a szükségtelen, felesleges hőterhelésektől minden műszaki elemet védeni kell. A hőmérséklet hirtelen megváltozása (pl. alagútba behaladás alkalmával) az adott elem tekintetében, legfeljebb 3 °C/s sebességgel történhet. A maximális hőmérsékleti különbség, amelyen az elemről rendes működés elvárható, 40°C. A hatósági adatrögzítőnek a tűz forrását is ki kell bírnia.
- Napsugárzás. A hőérzékeny elemeket célszerűen rozsdamentes acélból, vagy alumíniumból készült hőpajzzsal lehet védeni. A tartósan erős napsugárzásnak kitett elemeknél az UV sugárzás hatásait is figyelembe kell venni. Gazdaságosan és megbízhatóan üzemeltethető légkondicionálóval, vagy ventilátorral az esetleges problémák csak beltéren kezelhetők.
- Páratartalom. Az üzemszerűen előforduló kisebb nedvességekcsapódások (páraképződések) nem okozhatják a berendezés hibás működését. A fedélzeti elemeknek esetenként a 100%-os páratartalmat is el kell tudni viselniük. A pályaoldalon elsősorban az alagutakban, völgyekben, erdők és természetes vizek melletti területen kell a páratartalom számottevő növekedésére felkészülni.
- Szél és légnyomás. A szél és a légnyomáslöket a tervezés során ugyancsak figyelembe veendő. A 35 m/s-os állandó szelet és egy másodperc alatt lefutó 50m/s sebességű szellőkést a berendezéseknek zavar nélkül el kell viselni. Az egymással szemben elhaladó vonatok keltette, valamint az alagútba történő behaladáskor keletkező légnyomáslöket a berendezések működését nem befolyásolhatja károsan.
- Tengerszint feletti magasság. Az ERTMS berendezéseknek zavartalanul kell üzemelniük a tengerszint alatti 120 métertől egészen a tengerszint feletti 2000 méteres magasságig. Ez hozzávetőleg a 101,3kPa-tól a 79,5kPa-ig terjedő intervallumot jelenti.
- Víz és csapadék. Az egyes elemek működésére nem lehet káros hatással az eső, hó, jégeső. A víz és a jég jelenléte nem befolyásolhatja károsan üzemszerű működésüket. A hó megolvadása és esetleges újbóli megfagyása is figyelembe veendő a berendezések tervezésénél. A jégesőszemek esetében a 15mm-es maximális átmérő adja a tervezés alapját. A pálya mentén elhelyezkedő berendezéseknek az átmeneti víz alá merülést is el kell tudni viselni. A fedélzeti elemek közül az adatrögzítő esetében például az édes és sós vízben való tartós elmerülésre is fel kell készülni.
- Szennyezőanyagok. A pálya ágyazata akár komoly károkat is okozhat a vonatok külső részén, illetve a pálya mentén elhelyezkedő elektromos eszközökben. Az egyéb szennyezőanyagok kapcsán a 15mm átmérőjű kavicszemeket kell figyelembe venni. A fedélzeti adatrögzítőnek katasztrofális események bekövetkeztekor is ellen kell állni az idegen behatásoknak. A törmelékkel való bevonat pályaoldalon elsősorban az adatot közvetítő elemekre (balíz- és hurok) és az adatátvitelre fejthet ki negatív hatást. Ez az átviteli karakterisztika befolyásolásával valósul meg.
- Mechanikai ütközés, rázkódás. Az egyes elemeknek a teljes élettartam alatt meg kell birkózni a mechanikai behatásokkal. Értelemszerűen fokozott hatás éri a fedélzeti egységeket ívekben, döntött pályaszakaszokon, a centrifugális erő behatása alatt, gyorsításkor, stb. E területen is extrém körülményekkel kell felvennie a versenyt a hatósági adatrögzítőnek.
- Elektromosság. Cél, hogy a definiált elektromos paraméterek mellett a berendezésekben ne merüljön fel meghibásodás. Az Európa szerte fellelhető feszültség nemek és az ezekhez tartozó toleranciaértékek sokasága folytán nehéz egységes, mindenkire egyformán érvényes szabályozást alkotni e területen. Mindazonáltal valamennyi ország köteles a szükséges előírásokat rögzíteni.

- Elektromágneses behatások. Vannak elemek, amelyek különösen érzékenyek az elektromágneses változásokkal összefüggően keletkező zavarhatásokra. Az egyes pályaoldali és főként fedélzeti elemek telepítésekor erre figyelemmel kell lenni.
- Ergonómia. A mozdonyvezető biztonságára, egészségére és komfortérzetére vonatkozóan a megvilágítás, a zaj és a rázkódás (lengések) hatásainak van kiemelt szerepe. Ezen túlmenően még a klíma, a napsugárzás, a szennyezettség mértéke, a tűzveszélyesség, a kémiai behatások vehetők számba az ergonómiai vizsgálatok kapcsán. Valamennyi (üzemeltetési és fenntartási) munkaterületen figyelemmel kell lenni az ergonómiai követelményekre.

9.3.3 Pályaoldali alrendszer

A pályaoldali alrendszer alapvető feladata, hogy a pályaoldali biztosítóberendezésekből a funkciók megvalósításához összegyűjtött információkat megfelelő formában a járműoldali (fedélzeti) alrendszernek továbbítsa. Ezt a feladatot a teljes rendszer magas szintű rendelkezésre állásával, az előírt biztonsági szinten való működéssel teljesíti. Ez a követelmény a rendszer egyes elemeivel, illetve a rendszer felépítésével és működésének elveivel szemben is szigorú követelményeket támaszt.

A pályaoldali alrendszer elemei a következők:

1. Balíz – pontszerű jelfeladó elem.
2. LEU – a vezérelhető balíz és a jelző/biztosítóberendezés közötti kapcsolattartó elektronikus egység.
3. Hurok – szakaszosan folyamatos jelfeladó kábel.
4. GSM-R – a vasutak részére kialakított rádiókommunikációs hálózat.
5. RBC – a biztosítóberendezés és a GSM-R hálózat közötti kapcsolatot biztosító rádiós központ.
6. RIU – szakaszosan folyamatos rádiós jelfeladó egység.

Balíz

A balíz (balise francia szó, jelentése „útirányjelző”) a vasúti sín pár között rögzített, elektromágnesesség elvén működő, elem (9.21. ábra). A fölttte elhaladó vonattal információkat közöl, amelyek a mozdonyon található balízantenna segítségével jutnak a fedélzeti berendezés feldolgozó egységéhez. Ezeket az információkat a vonat mozgásának befolyásolására, de akár kényszerfékezés kiváltására is felhasználják. A pálya meghatározott részén kerül elhelyezésre.

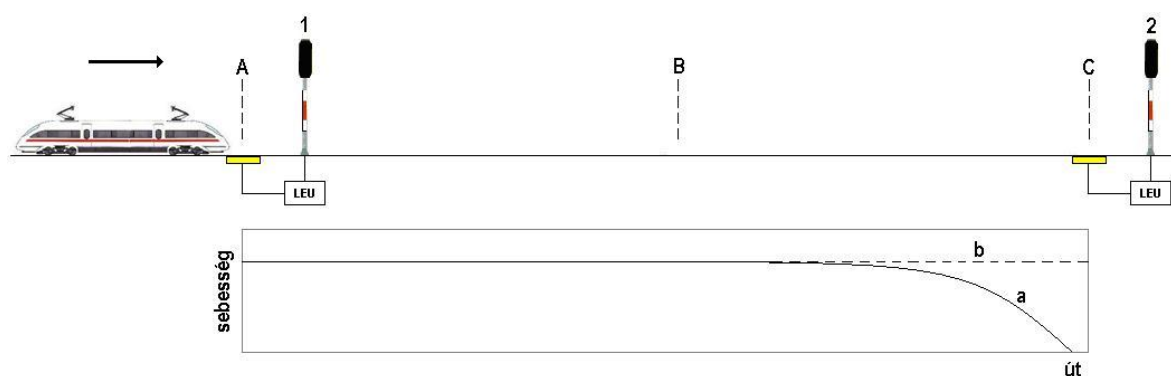


9.21. ábra
Balíz

A balízekat általában jelzők (bejárati, kijárati, fedező, előjelző, ismétlő, tolatás, fénysorompót ellenőrző útátjáró jelző) elé telepítik. Ugyancsak el kell helyezni azokat az ETCS rendszer hatókörzetének határánál, további információ feladást (kitöltő balíz) megkövetelő helyeken, ország, illetve vasúti társaság határánál és az ETCS funkciók megvalósítása érdekében szükséges egyéb helyeken. Balízokat kell telepíteni a fentiekén túlmenően minden olyan helyen, ahol a felhasználó által megkövetelt funkciók végrehajtásához (pl. lassan bejárandó pályarészek körzetében, alagutaknál) az ETCS rendszer azt szükségessé teszi.

Tágabb értelemben az infill (kitöltő) kifejezés minden olyan balíz esetén használatos, amely nem közvetlenül főjelző információját juttatja a vonatra, hanem további, kiegészítő információk feladására szolgál. Szűkebb értelemben véve az infill balíz kifejezés csak a jelzési kép megváltozásának mielőbbi mozdonyra juttatását célzó, „pótlólagosan” elhelyezett, balízokat jelöli. Utóbbival kapcsolatban tekintsük a 9.22. ábrát.

Az ábrán látható vonat az 1. számú jelzőhöz érkezve azt az információt kapja a balíztól az „A” pontban, hogy a 2. számú jelzőnél „Megállj!” jelzés várható. Ez egy – „a” betűvel jelölt – sebességgörbét érvényesít a mozdony számára. A vonat megálláshoz készül a 2. számú jelző előtt.



9.22. ábra
A kitöltő balíz szerepe

Tegyük fel, hogy miközben már a két jelző közötti térközben halad a vonat, a 2.számú jelző továbbhaladást engedélyező állásba kerül. Balíz segítségével ez az információ csak a „C” pontnál juthatna fel. A vonatnak meg kell állnia, példánkban egy szabad fényű jelző előtt. A mennyiben a mozdonyvezető nem ezt tenné, az „a” sebességgörbe ismeretében a mozdony mindenképpen a kényszerfékezés állapotába kerül. A probléma az ún. kitöltő információ eljuttatásával oldható meg, kitöltő/közbenső balíz (infill balise) beiktatásával. Ez mindössze annyit jelent, hogy a 2. számú jelző előtt féktávolságra, tehát a „B” pontnál, egy újabb balízt helyeznek a pályára, sűrítve a jelfeladási lehetőségek számát. A B pontnál lévő balíz már az új, „b” jelű sebességgörbét érvényesíti a mozdonynál. Amikor a jelzési kép változása a B pont elhagyása után történik, a helyzet ugyanaz, mint az előbb. Újabb frissítés csak a C pontban lévő balíznál lehetséges.

A balíz segítségével tehát a vonatbefolyásolási feladatok megoldhatóak. Hátránya, hogy önmagában a balíz csupán pontszerű vonatbefolyásolást tesz lehetővé. Csak ott és akkor tudunk információt juttatni a vonatra, ahol és amikor balíz található. Annál jobb, minél sűrűbben he-

lyezkednek el a balízek. Elméletileg a végtelen sűrű balízcsoport a folyamatos jelfeladást tudná megvalósítani, de ennek korlátot szab az ésszerűség és a gazdaságosság.

A balízoknak alapvetően két fajtája van: fix adatot szolgáltató balíz és vezérelhető balíz. A fix balíz nincs összefüggésben semmilyen objektummal, csak előzetesen programozott, tárolt adatokat képes a járműre továbbítani, éppen ezért a fix balíz minden esetben, minden vonatnak ugyanazt a beprogramozott információt továbbítja. Állandó információ lehet:

- következő balíz távolsága,
- emelkedési, vagy lejtviszony-adatok,
- helykódok (helyazonosító) adata,
- pályára engedélyezett maximális sebesség,
- tárolt szöveges üzenetek.

Ezek a fix információk megjelennek a fedélzeti alrendszer kijelzőjén, kiegészítő információkat nyújtva a mozdonyvezetőnek (pl. „AS 100 következik”, vagy „a rendszer vége”).

A vezérelhető (kapcsolt) balíz, a vele kábellel összekötött objektum aktuális információit juttatja fel a vonatokra. Így például:

- jelző jelzési képeit,
- a váltók, vágányutak adatait,
- sorompó állapotát.

Ahány jelzési kép lehet az adott jelzőn, annyiféle táviratot kell tudni képezni. Ezek közül az illesztő választja ki az aktuálisat. A vezérelt balíz a jelzők jelzési képe, illetve a beállított vágányutak alapján más-más sebességet és menetengedélyt ad a felette elhaladó járműveknek. A vezérelt balíz is képes tárolni állandó, fix adatokat, amelyek hozzacsatolódnak a változó információkat hordozó táviratokhoz. A vezérelhető balízokat az aktuális állapot (update) információjával minden esetben el kell látni, amikor a balíz felett egy ETCS felszereltségű mozdony halad el.

Egy-egy ún. információs ponthoz általában két, vagy több balíz tartozik, amit balízcsoporthoz neveznek. Egy balízcsoporthoz egy-nyolc balízt tartalmazhat. Az egy balízból álló csoport az egyszerű balízcsoporthoz. Az információs pontoknál általában elsőként egy fix balíz található. A forgalmi helyzettől függő információkat a balízcsoporthoz következő, vezérelhető balízok adják.

Minden balízcsoporthoz egy egyedi azonosítóval rendelkezik, és egyben láncszerűen kapcsolódik a szomszédos balízcsoporthoz. Egy balíz, vagy balízcsoporthoz a saját üzenetében elküldi azt is, hogy az adott menetirányban a következő balízcsoporthoz hol helyezkedik el. Ennek célja, hogy a fedélzeti berendezés észlelje a hiba, vagy rongálás miatt üzemképtelen balízok meghaladását azáltal, hogy a láncolási információban megadott helyen keresi a következő balízt.

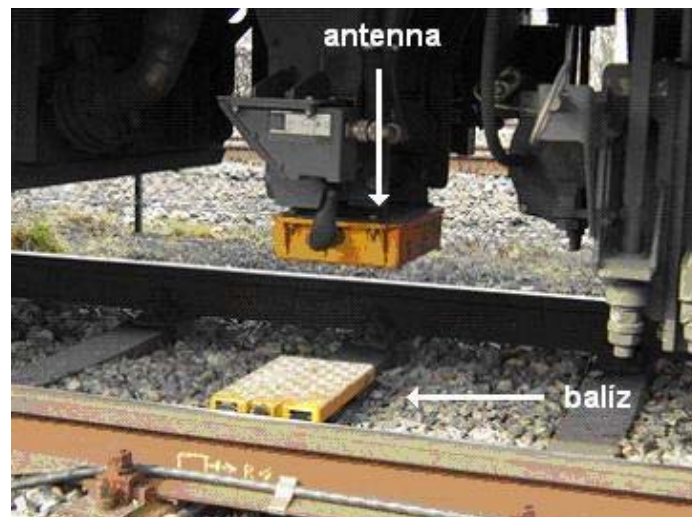
Az információs pontoknál telepített balízcsoporthoz irányfüggők. Ez alatt az értendő, hogy a balízcsoporthoz az egyik irányban áthaladó vonatokat alapirányban haladóknak (névleges irány), a másik irányban haladókat pedig fordított (ellenkező) irányban haladóknak tekintik. A járműre juttatott információk legtöbbje irányfüggő, csak a meghatározott irányba haladó vonatok számára releváns. Emiatt az ETCS üzemből létfontosságú a vonat haladási irányának ismerete a meghaladott balízcsoporthoz viszonyítva. Éppen az irány meghatározása az egyik indoka annak, hogy a balízcsoporthoz miért állnak általában minimum két balízből.

Két szomszédos balíz telepítésekor figyelembe kell venni a pályasebességet. Két egymást követő balíz között a megengedett távolság minimuma 2,3m. Ez legfeljebb 180km/h sebességre ad lehetőséget. Amennyiben a balízek közötti legnagyobb távolságot, a 6m-t, vesszük alapul, akkor a vasúti pályát legfeljebb 500km/h sebességű vonatok is igénybe vehetik.

A balízek a gyártó előírásai alapján kerülnek felszerelésre. A fix és a programozható balíz felszerelése azonos módon történik. Rögzítése olyan, hogy az csak a megfelelő szerszámokkal oldható, kellő biztonságot nyújtva az ellen, hogy a balízek a felszerelési helyükről elmozduljanak. A felerősítő szerelvények úgy vannak a keresztaljakra erősítve, hogy a balízek leszerelése után a helyükön maradnak lehetőséget adva az ágyazatrendező gépek munkavégzésére, majd a pályamunkák után a balízek eredeti helyre történő visszaszerelésére.

Balízátviteli modul (BTM)

Az információs láncon – a balíz környezetét tekintve – két irányban indulhatunk el. Egyik oldalon a balíz az elektromágneses légrésen keresztül kapcsolódik a jármű balízantennájához, másik irányban pedig a vezérelt balíz a LEU közreműködésével szerzi az aktuális információt a biztosítóberendezésektől.

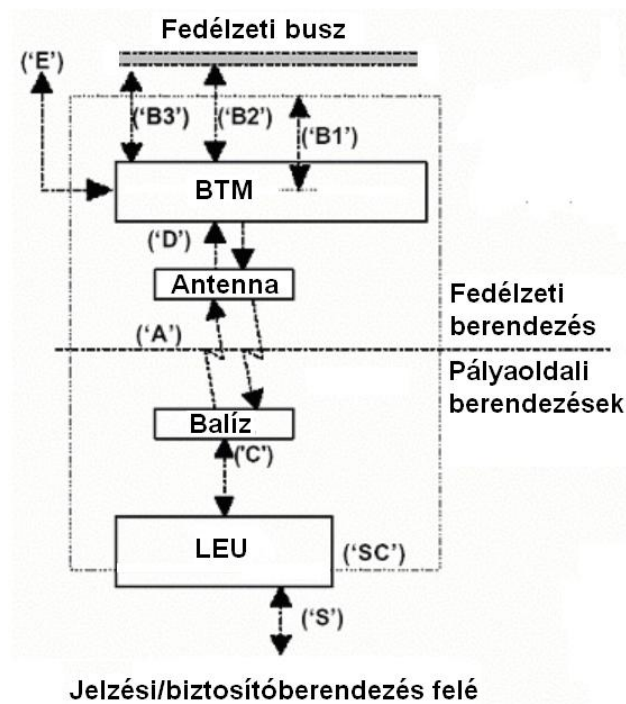


9.23. ábra
A balíz és a jármű antennájának helyzete.

Az Eurobalise átviteli modul számos interfésszel rendelkezik:

- „A” interfész: A balíz és az antenna közötti elektromágneses kapcsolat.
- „B₁” interfész: BTM és EVC közötti kapcsolat.
- „B₂” interfész: BTM és fedélzeti adatbusz közötti fizikai és logikai interfész.
- „B₃” interfész: BTM és EVC közötti kapcsolat az idő-, ill. odométer adatok számára.
- „C” interfész: Pályaoldali interfész a balíz és LEU között.
- „D” interfész: BTM és antenna közötti nem szabványosított kapcsolat.
- „E” interfész: BTM és a vonatbefolyásoló berendezés fedélzeti számítógépe közötti nem szabványosított kapcsolat.
- „S” interfész: A LEU be/kimenete a nemzeti jelzési rendszerrel és/vagy a biztosítóberendezéssel való kapcsolattartáshoz.
- „SC” interfész: A jelző- és energiaillesztő, valamint a kódgenerátor közötti interfész, az Eurotelegram kezeléséhez.

Az interfészek és kapcsolódásuk a 9.24. ábrán láthatók.



9.24. ábra
Balíz átviteli modul interfészei

Az Eurotelegram a pálya és a vonat közötti kommunikációhoz szabványosított üzenetformátum. Az Eurotelegramok a C jelű interfészen keresztül jutnak a LEU-tól a balízhoz. Ha a balíz nem érzékel érvényes jelet a C interfészen, akkor a tárolt default táviratát kezdi sugározni. Ez vonatkozik egyrészt arra az esetre, amikor a balízt egy fölötte elhaladó vonat aktiválta és az kész lenne küldeni a táviratot, másrészt arra az esetre, amikor a balíz átvitel közben veszti el a kapcsolatot a C interfésszel. Ha a balíz egyszer elkezdte default táviratának sugárzását, akkor a teljes vonat elhaladásáig folytatja azt attól függetlenül, hogy időközben fogadott-e újra érvényes jelet a C interfészen. Ugyanakkor valamennyi új vonatelhaladás esetén meg kell vizsgálnia, hogy van-e már érvényes jel a C interfészen.

Az EVC központi egység és a BTM-antennaegység (fedélzeti berendezés) között a B interfészen keresztül periodikusan információcsere történik, ami a hibadiagnosztika egyik alapelemét jelenti. Ha a BTM hibaüzenetet kap, vagy képtelen olvasni a balízokat, erről tájékoztatást küld az EVC-nek. Bizonyos pályaoldali meghibásodásokról a balíz, illetve a LEU is adhat diagnosztikai információt a fedélzeti berendezésnek. Ha a hiba a C interfésznél jelentkezik, akkor a balíz a fent leírt módon a beprogramozott default üzenetét küldi, amelyet a fedélzeti berendezés más üzenetekhez hasonlóan normál üzenetként vesz és értékel ki. Ha a hiba a LEU-ban jelentkezik, akkor amennyiben erre lehetősége van, maga a LEU küldhet a C interfészre speciális diagnosztikai információt a kódolási stratégiának megfelelően. Meghibásodás esetén megengedett, hogy a balíz és/vagy a LEU csak logikai 1-et, vagy csak logikai 0-t, esetleg más a kódolási stratégiától jelentősen eltérő jelet adjon a fedélzeti berendezés felé, ugyanis a fedélzeti berendezés azonnal figyelmeztetést küld az EVC-nek, ha balízt érzékel, de annak táviratát nem tudja értelmezni, dekódolni.

A hibaérzékelésre tekintettel az átvitelhez kapcsolódó létfontosságú funkciók:

- 1) Helyzetértékelő funkció. A fedélzeti berendezésnek érzékelni és értékelni kell tudnia a balíz referencia helyét, és eljuttatni az erre vonatkozó információt az EVC-hez. Nem megengedett, hogy a hosszirányú áthallások miatt egymáshoz közeli balízek utasításai keveredjenek.
- 2) Biztonságkritikus adatok átvitele. Valamennyi fedélzetre juttatandó adat biztonságkritikusnak minősül.
- 3) Áthallás védelem. Az Eurobalise átviteli modulnak biztosítania kell, hogy a szomszéd vágányra, illetve a szomszéd vágányról biztonsági áthallás ne történhessen. Biztonsági áthallásnak nevezik, amikor nem kívánt jel és adat érvényesként elfogadva jut egy nem kívánt vevőhöz. Az Eurobalise átviteli alrendszernek biztosítania kell továbbá, hogy az áthallásnak ne lehessen ártalmas hatása az Eurobalise átviteli rendszer teljes megbízhatóságára.
- 4) Balízek jelentése és sorrendjük helyes érzékelése. A fedélzeti berendezésnek meg kell tudnia határozni a vonat haladási irányát a táviratokból, amelyet legalább két egymást követő láncolt balíz adott.
- 5) Adatok létrehozása. A feladni kívánt táviratokat létre kell hozni és amennyiben szükséges hozzá kell rendelni a megfelelő jelzési kóphez. Az adatokat megfelelő kódolással védeni szükséges.

LEU

A balíz és a biztosítóberendezés közötti információátadás a pályaoldali elektronikus egység, angol nevén Lineside Electronic Unit (LEU) segítségével valósul meg. A LEU maga is biztosítóberendezési funkciókkal rendelkezik. A biztosítóberendezésből vett (változó) információkat használja fel ahhoz, hogy a hozzátartozó balízon, illetve hurkon keresztül a járműre feladandó, megfelelő táviratot kiválassza. A változó információk lehetnek:

- jelzési adatok,
- vezérlési adatok,
- energiaellátási információk,
- út információk,
- menetengedély információk,
- egyéb információk.

A balízt, illetve hurkot vezérlő nyomtatott áramköri kártya elhelyezkedhet belsőtéren, a biztosítóberendezés mellett (centralizált telepítési mód), vagy lehet a pálya menti külsőtéren, jellemzően egy hozzá közeli jelzőnél (decentralizált telepítési mód). Utóbbi esetben bemeneteit a jelző fényáramköreiből kapja, kimenetei közvetlenül a balízt vezérlik. A biztosítóberendezésből a LEU illesztő-áramkörök gyűjtik össze azokat az információkat, amelyek a balízek vezérléséhez szükségesek. A decentralizált LEU moduljai segítségével a jelzőizzók áramerősségét detektálja, amelyekből az éppen aktuális jelzési fogalom kikövetkeztethető. A LEU ennek megfelelően kiválaszt egy, a jelzési fogalomnak megfelelő, előre meghatározott kódolt táviratot és annak kódját folyamatosan a vezérelhető balíz felé továbbítja. A LEU úgy kell vizsgálja a jelzőizzók áramerősségét, hogy azzal ne befolyásolja a fényáramkör villamos paramétereit. Biztonsági megfontolásokból a fényáramkört illesztőáramkör és a távirat-kiválasztás két független csatornával (A és B) alakítható ki, így a LEU kimenetén érvényes távirat csakis abban az esetben jelenhet meg, ha mindkét csatorna ugyanazt a jelzési fogalmat detektálta.

A LEU jellemzően váltakozó áramú táplálást igényel. A vezetékek szakadása, vagy zárata a jeltovábbító feszültség hiányát okozza, amit a LEU hibaállapotként képes érzékelni. A jelvezetékek egymás közötti zárata az áramkört tápláló biztosító leoldásához vezet, így hamis jel nem alakulhat ki.

A LEU a tőle legfeljebb 500 méter távolságra elhelyezett balízig képes az adatot továbbítani. Egyes gyártók ennél nagyobb távolságra is garantálják az információ hibamentes eljuttatását.

A LEU rendelkezik a felprogramozáshoz, illetve adatkiolvasáshoz szükséges csatlakozókkal. A rendelkezésre álló programozó berendezés lehetővé teszi az átviteli pont azonosítási számának, a konfigurációs adatoknak és a jelzési adatoknak (Eurobalise üzenetek) a LEU-ba való betöltését, és a diagnosztikai adatok LEU-ból történő kiolvasását. Mindez célszerűen egy laptop segítségével végezhető el (9.25. ábra).

A sikeresen felprogramozott LEU-t a jelzési képeknek megfelelően tesztelni is lehet. A tesztprogram elindítása után a képernyőn folyamatos frissítéssel jelennek meg az aktuális információk, miközben az adatokat a számítógép folyamatosan lemezre menti.



9.25. ábra
LEU programozása

Hurok (Loop)

A korábbiakban láttuk, hogy a balíz csak egy adott pontban képes információt juttatni a vonatra. Amikor nem ezt a módszert választják információk továbbítására, hanem a balízcsoportot egy speciális, sugárzó kábellel (Euroloop) helyettesítik, vagy egészítik ki, akkor hurok alkalmazásáról beszélnek (9.26. ábra). Az Euroloop – magyar fordításban hurok vagy sugárzókábel (leaky cable) – egy a sínzál mellett futó vezető, jellemzően (áteresztő) koaxiális kábel. Az Euroloop kvázi folyamatos jelfeladást tesz lehetővé. Nem a teljes vonal hosszában fektetik le a sugárzókábelt, hanem csak a vasúti pálya bizonyos szakaszain, általában az előjelzők és főjelzők között. Emiatt nevezik szakaszosan folyamatos jelfeladásnak is.

Ahhoz, hogy a fedélzeti berendezés felkészülhessen a huroküzenetek vételére, tudatni kell vele, hogy hol fog hurok fölött elhaladni. A hurokvég jelző (End Of Loop Marker – EOLM) egy a hurok elejére vagy végére utaló eszköz. Amikor a fedélzeti berendezés megkapja ezt az információt, akkor tudja, hogy egy hurokkal felszerelt pályaszakaszra ér, vagy azt éppen el-

hagyja. Amikor a hurkot csak az egyik irányban közlekedő vonatok információellátására alkalmazzák, EOLM csak a hurok kezdeténél található. Hurokvég jelzőként leggyakrabban a szomszédos balízsoportot használják. Hurokvég jelző segítségével a következő információk adhatók fel az elhaladó vonat számára:

- hurokazonosító,
- távolság a hurokig, amely megadja a távolságot az EOLM-tól addig a pontig, ahonnan a huroküzenet fogható lesz,
- hurokhossz, ami meghatározza, hogy a huroküzetek milyen hosszon keresztül lesznek foghatóak,
- mutató, amely megadja, hogy a hurok iránya megegyező, vagy ellentétes a közlő EOLM irányával,
- kód, a huroktávirat vételéhez (dekódolás).

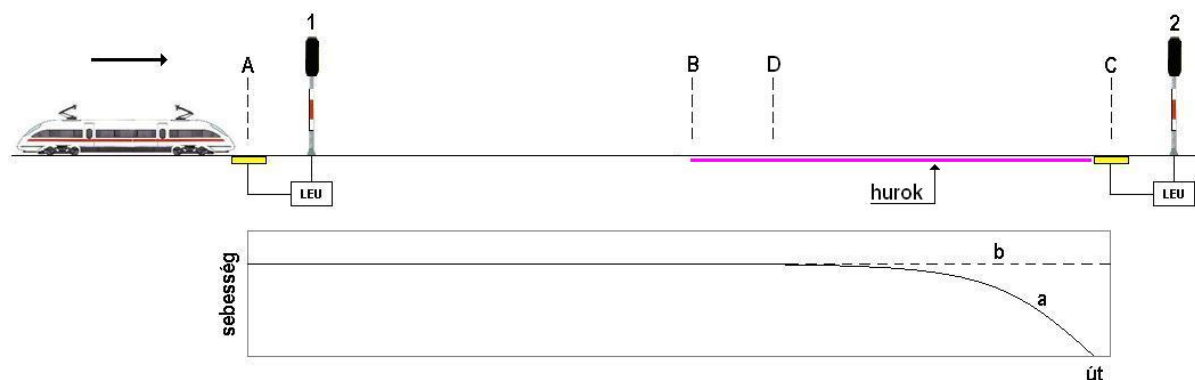
A hurok általában mintegy 50-400 méter hosszú, maximális mérete az érvényes specifikációk alapján 1000 méter lehet. Használatával lehetővé válik az üzemi feltételekhez való rugalmasabb alkalmazkodás az ETCS alacsonyabb szintjén is.



9.26. ábra

A sínre szabályosan felszerelt hurok

A sugárzókábel praktikus kiegészítője lehet a balíznak. Nézzük az ún. „kitöltési” (infill) problémát (9.27. ábra). A balíz esetében bemutatott példát értelmezzük most Euroloop alkalmazásával. A vonat „A” pontban megkapja az „a”-val jelölt sebességgörbét a 2. számú jelző „Megállj!” jelzésének megfelelően. A vonat elhagyja az 1. számú jelzőt, majd a 2. számú jelző által fedezett szakasz szabaddá válik, ami miatt ez a jelző továbbhaladást engedélyező állásba kerül. Euroloop hiányában a vonat erről túl későn, a C balíznál szerezne tudomást, vagyis megállna a szabad jelzést mutató 2. számú jelző előtt.



9.27. ábra

Infill probléma kezelése Euroloop alkalmazásával.

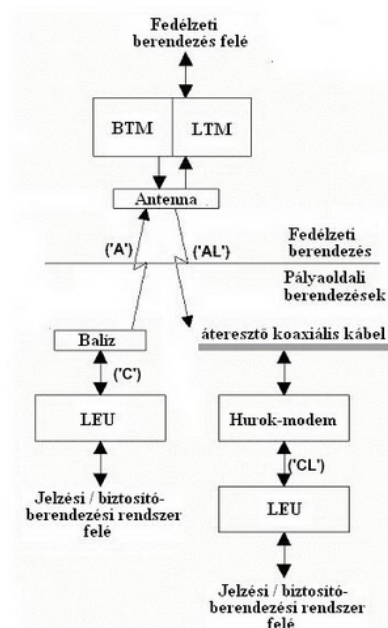
Euroloop használatával a „B” ponttól kezdődően a 2. számú jelző állapota folyamatosan felvihető a mozdonyra. Természetesen a jel esetleges változásával együtt. Így a vonat időben tájékozódhat a változásról, és ennek megfelelően a „b”-vel jelölt helyes sebességgörbe érvényesül a „D” ponttól – ahol az állapotváltozást most feltételeztük.

Fontos hangsúlyozni, hogy az említett infill balíz, vagy infill hurok alkalmazása csak az ETCS 1-es szintjén értelmezhető. A használatukkal hatékonyabb pályakihasználás és nagyobb sebesség érhető el. Kitöltő információ alatt – ebben az esetben tehát – olyan pálya-jármű irányú információt kell érteni, amelyet a vonal átbocsátóképességének növelése céljából adnak fel a vonatra az ETCS 1-es szintjén. Figyelembe véve, hogy az ETCS 1-es szintje pontszerű vonatbefolyásoló rendszer, esetenként szükséges az időközbeni – szabad jelzési képre váltó jelzőre vonatkozó – információ feladása a fedélzeti berendezés számára. Az ún. leértékelési problémával, azaz amikor a továbbhaladást engedélyező jelzési kép a vonat előtt vörösre változik, az EU országok többsége nem számol. Annak valószínűsége, hogy ez a „jelző visszaesés” bekövetkezik, és ott éppen vonat közelít a jelzőhöz, továbbá ebből veszélyhelyzet alakul ki, majd baleset következik be, és következményként komoly kár, vagy sérülés keletkezik olyan kis kockázati tényezőt jelent, amire műszaki megoldást nem szükséges tervezni.

Az alkalmazott kábeltípus a széles körben ismert koaxiális kábel lett, ám annak a megszokottól eltérő „áteresztő” változata. A technikai fejlődés és a használt frekvencia eredményeként a hurok napjainkban már nem is zárt hurok, hanem antennaként működő kábel, amelynek viszszevezetése nem szükséges.

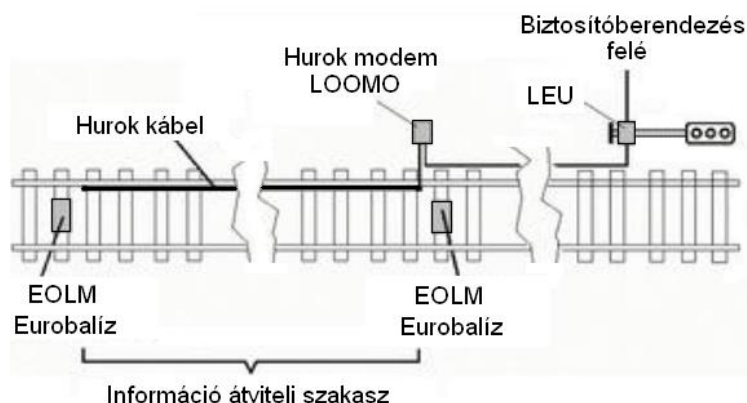
Hurokátviteli modul

A fedélzeti berendezés egyrészt egy antennaegységből – ami akár közös is lehet az Eurobalise és az Euroloop számára – másrészt egy hurok átviteli modulból áll, ami szintén lehet egybeépített a BTM-mel. Az átvitel sematikus vázlatát a 9.28. ábrán látható.



9.28. ábra
Hurok átviteli modul.

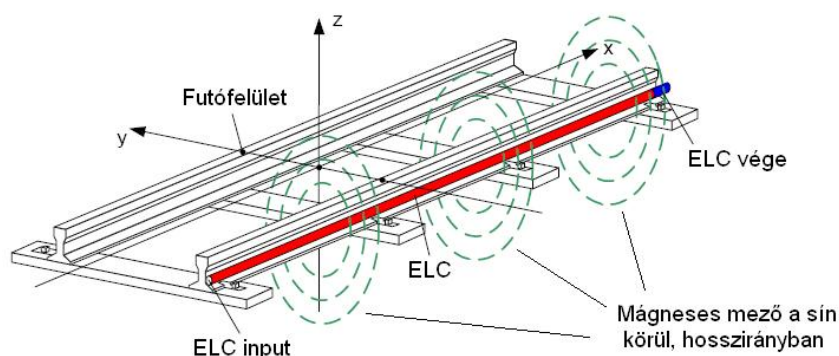
Az Euroloop telepítési környezete 9.29. ábrán látható. Amint a hurok-modem érzékeli egy vonat elhaladását, 1 másodpercen belül aktiválja a hurkot, amely megkezdí az aktuális üzenet sugárzását.



9.29. ábra
Az Euroloop telepítési környezete

Egy ideális koaxiális kábelben (a lakásban megtalálható TV kábelben) valamennyi az árnyékoló áram által létrehozott mágneses erővonal körülveszi a központi vezetőt. Az árnyékolás henger alakú, az áramsűrűség pedig egyenletes annak kerületén. Ideális koaxiális kábelben nem jut mágneses mező a kábelre kívülre, az árnyékolás tökéletes.

Az Euroloop alrendszerben alkalmazott „áteresztő” koaxiális kábel ugyanazon a konstrukciós elven alapul, mint a hagyományos, azzal a kivétellel, hogy ekkor a külső árnyékoláson kisebb lyukak helyezkednek el, ami miatt a lyukaknál a szimmetria már nem jön létre. Ez azt eredményezi, hogy az áram a külső árnyékolásban többé nem homogén, így a kábelre kívül mágneses mező jön létre, azaz az árnyékoláson lévő lyukak miatt az elektrosztatikus mező a külső térbe jut (9.30. ábra). A lyukak átmérője összefüggésben van a hullámhosszal. A jel akár 1000 méterre is eljutatható. Az áteresztés eredményeképpen elektromágneses hullámot sugározhatunk a kábel mentén. Ezt a módszert egyébként már korábban is széles körben alkalmazták az alagutakban történő rádiós átvitelhez, az 50 - 1000 MHz frekvenciatartományban.



9.30. ábra
A sugárzó kábel és a mágneses mező

Az Euroloop pályaoldali alrendszere és fedélzeti alrendszere közötti adatátvitel elektromágneses (induktív) úton történik a balíznál ismertetett elvek szerint. A mágneses mező függőleges

komponense tehát jelet indukál a járműantenna vízszintes hurkában. A pálya hosszában történő megbízható átvitel szembeni követelmény, hogy az energia az áteresztő koaxiális kábel teljes hosszán sugározzon. Már láttuk, hogy a hurok legfeljebb 1000 méter hosszú lehet. A minimális hossza a vonalon engedélyezett sebesség függvénye. A távirat vételéhez a huroknak a következő minimális hosszal kell rendelkezni:

- 180 km/h-ig legalább 15 méter,
- 300 km/h-ig legalább 25 méter,
- 500 km/h-ig legalább 42 méter hosszúnak kell lennie.

RBC

A pontszerű balíz- és a szakaszosan folyamatos hurokátvitel mellett egzakt megoldást kellett találni a folyamatos kommunikáció lehetővé tételéhez a fejlettebb kiépítési szintek számára. 1993-ban az UIC a már meglévő, közcélú mobil távközlési rendszeren alapuló digitális vasúti rádiós szabvány kialakítása mellett döntött. A lehetséges rendszerek közül a GSM-re esett a választás, amely a tömeges felhasználása miatt már ismert, kiforrott és olcsó technológia volt.

A GSM-R rendszer lehetővé teszi mind a biztonsági, mind a nem biztonsági adatok, valamint a beszéd átvitelét szabványosított hálózaton keresztül. Az európai szabványokkal összhangban lévő interfészek biztosítják a különböző gyártóktól származó vasúti rendszerekkel való kapcsolat lehetőségét. A nagysebességű vasútvonalak számára fontos, hogy a GSM-R (EIRENE) hálózat az 500 km/h sebességgel mozgó előfizetőt is képes megszakadás nélküli kapcsolattal kiszolgálni. A közcélú GSM ezt nem képes kiszolgálni. A fejlettebb 2-es és 3-as szinteken az információk jelentős részét már nem kell a balízokig eljuttatni, hanem azokat a kiépített rádióhálózaton keresztül a vonatra továbbítják. Ehhez az adott vonalszakasz lefedése a feltétel.

A GSM-R rádiókommunikációs hálózat előnye abban is megmutatkozik, hogy használatával sokkal rugalmasabbá válik a kapcsolattartás a pályaoldali és a fedélzeti alrendszer között, kiegészítő szolgáltatásai pedig a vonatok egymás közötti, valamint a kiszolgáló személyzet kommunikációját is nagyban segítik.

A 2-es és 3-as szinteken a GSM-R hálózaton keresztül juttatjuk el a vonatbefolyásoláshoz szükséges fix és változó információkat a járművekre. A balízok feladata ettől fogva módosul. A feladatuk már nem a változó jelzési képek átvitele, hanem a pontos helymeghatározás és adatainak továbbítása. A biztosítóberendezésekkel való kapcsolattartáshoz a LEU is nélkülözhető elem. Szerepét az RBC (Radio Block Center) – Rádiós irányítóközpont veszi át. Az RBC-n keresztüli kapcsolattal a biztosítóberendezéstől nyert adatokat felhasználva kapják a vonatok a GSM-R hálózaton keresztül a továbbhaladásukhoz szükséges információkat.

Az RBC felügyeli a körzetébe tartozó összes vonat mozgását és helyzetét, továbbá a fix berendezések állapotjellemzőit. Az állomások biztosítóberendezéseiből az információ valamelyik nagyobb állomáson telepített RBC-be jut, amely feldolgozza azokat és GSM-R kapcsolaton keresztül továbbítja a menetengedélyt, sebességértékeket, stb. a járműre. Mivel az irányítóközpont dönt a menetengedélyek kiadhatóságáról, biztosítóberendezési funkciókkal is rendelkeznie kell, hogy megakadályozza a nem biztonságos vonatmozgási engedélyek kiküldését. Az hogy az RBC tud-e, illetve milyen módon képes visszacsatolni a hagyományos biztosítóberendezések felé, a nemzeti alkalmazás kérdéskörébe tartozik.

A funkcióját tekintve az RBC nem más, mint egy a biztosítóberendezésekkel egyirányú, információszerező kapcsolatot fenntartó rendszermodul. Az RBC-vel telepített ETCS rendszer képessé tehető arra, hogy vágányút beállítására vonatkozó kérést küldjön a biztosítóberendezés felé. Egy menetengedély kiadása előtt a vágányút beállításának és lezárásának tényét a biztosítóberendezés közvetlenül, vagy közvetve visszajelenti az RBC-nek. A vágányút státuszának ismeretéhez tehát az RBC-nek rendelkeznie kell a megfelelő interfészekkel. A vonat elhaladása után az RBC-nek lehetővé kell tennie a vágányút oldását, amely az RBC engedélye nélkül nem történhet meg. A hagyományos biztosítóberendezési funkcióhoz hasonlóan az RBC-nek akkor is lehetővé kell tennie a vágányúttoldást, ha a vágányutat a vonat nem használta fel (visszavonás).

Az RBC-nek információval kell rendelkeznie a vonatintegritásról. A helymeghatározó funkció csak a vonat elejének helyét adja meg. Nem garantálhatja viszont a vonat végének helyét. A vonategység vizsgálatát az ETCS-en kívüli berendezés biztosítja – hagyományos értelemben ilyen eszköz a sínáramkör és a tengelyszámláló. Az RBC csak akkor adhat ki érvényes menetengedélyt, ha a vonathelyzet jelentésével együtt megkapta a „vonategység ép” információt is. Ha menet közben az RBC a vonatintegritás sérüléséről kap tájékoztatást, akkor meg kell vizsgálnia a közeledő vonatok megállításának szükségességét a kritikus helyre vonatkozóan. A vonat álló helyzetében a vasutak saját szabályozásának és előírásainak függvényében megengedhető, hogy a mozdonyvezető manuálisan erősítse meg a „vonategység ép” információt.

Az RBC biztosíthatja a vonatok közötti követési távolságot is. Amennyiben egy vasút abszolút fékúttávolságot kíván biztosítani, akkor menetengedély csak szabad pályaszakaszra adható ki. Ekkor két vonat menetengedélye között nem lehet átfedés. Relatív fékúttávolság biztosítása esetén két, egymást követő vonathoz az RBC engedélyezheti átfedő menetengedélyek kiadását, azonban ekkor is biztosítani kell – az első vonat maximális fékezési teljesítményének megfelelően –, hogy a két vonat ne ütközhesen össze. Ehhez az RBC-nek az első vonat végéhez hozzá kell számítani egy olyan biztonsági ráhagyást, ami figyelembe veszi az (adat)átviteli időt, az első vonat fékezési lassulását és az odométer pontatlanságát, valamint feltételezheti még a vonat elgurulását is. Az ETCS tehát átveszi a vonali biztosítóberendezési funkciók jó részét, így a vonatok közötti követési távolságot is biztosíthatja. Az ETCS csak addig tudja garantálni a vonatok biztonságos követési rendjét, amíg azok a rendelkezésre álló infrastruktúra és vonatadatoknak megfelelően közlekednek (mozognak, gyorsulnak, lassulnak). Rendkívüli helyzetben, egy kisiklás esetén az ETCS nem képes megakadályozni, hogy a követő vonat a kisiklott és így rendkívül rövid távon megálló vonatba ütközzön. Természetesen a relatív fékúttávolság alkalmazásából adódó legnagyobb hasznót akkor lehet elérni, ha a vonatok fékezése közel azonos módon történik. Éppen ezért terjedt máris jobban el a mozgó blokk rendszer a metróközlekedés területén. Abban az esetben viszont, ha két vonat fékezési tulajdonságai nagymértékben különbözőek lehetnek, akkor ez mindenkor közvetlenül kihat a két vonat közötti követési távolság nagyságára is.

Az RBC felügyeli a tolatási mozgásokat. Tolatási mozgás csak az RBC engedélyével lehetséges. Az engedély megérkezését a DMI jelzi a mozdonyvezetőnek, míg a tolatás határát jelezheti jelző, tábla, illetve élőszóval, vagy szöveges üzenettel maga a DMI. Az RBC-vel kiépített területen, az ETCS fedélzeti berendezéssel ellátott vontatójárművek számára minden menetengedély nélküli mozgás tilos. Amennyiben az RBC-vel lefedett területen jelzők is vannak, akkor az RBC által kiadott menetengedélyek szinkronban vannak a jelzési képekkel.

RBC körzetben menetirányváltáskor meg kell adni a lehetőséget, hogy a vezetőállás lezárása és a másik vezetőállás aktiválása után a berendezés teljes felügyeleti módban legyen újraindítható, a vonatadatokat újbóli megadása nélkül (de érvényesítéssel!). A két vezetőállás váltása között meghatározott idő telhet el, amely alatt a vonatnak álló helyzetben kell lennie, az elgurulás elleni védelem felügyelete mellett. A menetirányváltás közben a mozdonyvezető-azonosító és a vonatszám megváltoztatására van lehetőség.

RBC körzetben ugyancsak megengedett és támogatott a visszafelé haladás, azaz amikor a vonat megáll, majd menetengedélyével ellenkező irányban halad tovább. Erre a funkcióra hosszú alagutakban lehet például szükség, ahol egy esetleges tűz elől egyszerre akár több vonatnak is az egyidejű visszafelé haladás lehet az egyetlen esély. Ezért a visszafelé haladáshoz a mozdonyvezetőnek nem kell a vonatadatokat újból megerősíteni, viszont az aktív vezetőállást még ideiglenesen sem zárhatja le. Visszafelé haladás esetén a sebességet és a megtett távolságot felügyeli a fedélzeti berendezés. A megtehető távolságot a pályaaloldal igény esetén kiterjesztheti, ugyanakkor a menetengedélyt már a visszafelé haladás megkezdésekor azonnal hatálytalanítja a rendszer.

Az ETCS specifikációk lehetőséget adnak – RBC körzetben – a vonatok összekapcsolására. A funkció lehetővé teszi két különálló, függetlenül üzemelő vonat számára, hogy az összekapcsolás után egy vonatként, egy vezetőállásból vezérelve közlekedhessen tovább. Feltételezzük, hogy az összekapcsolás műveletét végrehajtó mozdonyvezető abban a vezetőállásban van, amely az egyesített vonat elején lesz található az összekapcsolás után. Az összekapcsolás alatt az „első” vonat álló helyzetben marad, a másik vonat („hátsó”) pedig lassan hozzákapcsolódik az első vonathoz.

Az előző bekezdés értelmében lehetővé kell tenni az egy vezetőállásból üzemeltetett vonat számára, hogy két különálló, egymástól független vonatra lehessen azt felosztani. A szétkapcsolás alatt az „első” vonat álló helyzetben marad, a „hátsó” vonat pedig lassan lekapcsolódik az első vonatról.

Végül lehetővé kell tenni a vágányút visszavonását, amiben az RBC-nek komoly szerep jut. A visszavonásnak oka lehet a jármű meghibásodása, vagy egyszerűen forgalmi ok, amely miatt az irányító célszerűnek látja egy, a vonat számára kiadott, menetengedély megváltoztatását, lerövidítését és ezután a kérdéses pályaszakasz másik vonat számára történő rendelkezésre bocsátását. Ebben a szituációban az RBC rádióüzeneten keresztül elküldi az új menetengedély-ajánlatot – adott esetben a hozzá tartozó veszélyeztetési ponttal és megcsúszási távolsággal együtt – a vonatnak. A fedélzeti berendezés megvizsgálja, hogy normál üzemi működés mellett (gyorsfék-beavatkozás nélkül) meg tud-e állni a felajánlott menetengedély végéig. Ha igen, akkor az új menetengedély – a mozdonyvezető értesítése mellett – elfogadásra kerül, ellenkező esetben az EVC elutasítja azt, és az eddigi értékek maradnak érvényesek. Az új menetengedély befogadásával a fedélzeti berendezés törli azokat a pályaleírásokat és láncolási információkat, amelyek az új menetengedély vége utánra vonatkoznak. A döntésről a vonat jelentést küld az RBC-nek. Mivel a menetengedély lerövidítéséhez a vonat „beleegyezésére” is szükség van, az eljárást szokás a menetengedély kooperatív lerövidítésének is nevezni.

Rádiókommunikációs kapcsolat létesítésére a fedélzeti berendezés és az RBC jogosult. Jóllehet a RIU is rádiókommunikációs eszköz, kapcsolatot sohasem kezdeményezhet, minden esetben a vonat jelentkezik be hozzá, a megfelelő balíz-távírat vételekor.

A fedélzeti berendezés a pálya felől érkező utasítás vételekor kezdeményezheti kommunikációs kapcsolat létesítését. Mind az RBC, mind egy RIU hívásakor a fedélzeti berendezésnek meg kell kapnia az RBC, vagy RIU azonosítóját, telefonszámát és magát a kapcsolat létesítésére utasító parancsot. A kapcsolat felépítésének folyamata azzal kezdődik, hogy a fedélzeti berendezés biztonsági kapcsolat létesítését kéri a pályaoldaltól. A kérelem megismételhető mindaddig, amíg sikeres nem lesz, de a próbálkozás meghatározott időtartamra is korlátozható. Sikertelenség esetén a mozdonyvezető tájékoztatást kap a DMI-n keresztül. Ha a biztonsági kapcsolat létrejött, a fedélzeti berendezés elküldi a „kommunikációs kapcsolat létesítése” üzenetet. Amint a pályaoldal ezt megkapta, visszaküldi a rendszer verziószámát. A fedélzeti berendezés a verziószám vételével tekinti felépültnek a kapcsolatot. Kompatibilitás esetén a vonat elküldi a „kapcsolat létrejött” jelentést telefonszámaival együtt, inkompatibilitás esetén pedig erről informálja a pályaoldalt. Mindkét jelentés vételét a kommunikációs kapcsolat létrejöttének tekinti az RBC/RIU, de az inkompatibilitás megállapításával egy időben a fedélzeti berendezés azonnal kezdeményezi a kommunikációs kapcsolat befejezését is.

Az RBC is kezdeményezhet kommunikációs kapcsolatot azáltal, hogy biztonsági kapcsolat létesítését kéri a fedélzeti berendezéstől. Ennek létrejöttékor az RBC elküldi a „kommunikációs kapcsolat létesítése” üzenetet a fedélzetre. Utóbbi az üzenet vételével a kommunikációs kapcsolatot felépültnek tekinti, és erről jelentést küld az RBC-nek, amely ennek vételével veszi létrejöttnek a kapcsolatot. Mivel az RBC kezdeményezte a kapcsolatot, értelemszerűen már ismerte a vonatot, s ezért nem kellett most sem az RBC-nek a verziószámot, sem a vonatnak a telefonszámát elküldeni. Az RBC első üzenete „ismeretlen”-re állított időbélyeggel továbbítódik a vonatra.

Egy felépült kapcsolat állapotáról a rendszeresen lezajló biztonsági üzenetek adnak információt. Üzemi fékezés bekövetkezésekor, amennyiben megérkezik egy új biztonsági üzenet, akkor a fékeket a mozdonyvezető feloldhatja, míg ha a teljes megállásig sem érkezik biztonsági üzenet, akkor a menetengedély, a láncolási információ és a pályaleírás a jelenlegi pozícióig rövidül meg.

Amikor a biztonsági kapcsolat akaratlanul szűnik meg úgy, hogy a pályaoldal sem rendelt el kapcsolatbontást, akkor az érintett résztvevőknek a kommunikációs kapcsolatot meglévőnek kell tekinteni. A biztonsági kapcsolat újbóli felépítését kizárólag a fedélzeti berendezés kezdeményezheti.

Kommunikációs kapcsolat befejezését csak a fedélzeti berendezés kezdeményezheti, ha erre a pályaoldaltól (balíz, vagy RBC) utasítást kapott, vagy amikor valamilyen hiba keletkezése azt szükségessé teszi. A kapcsolat befejezéséhez a fedélzeti berendezésnek a „kommunikációs kapcsolat befejezése” üzenetet kell elküldenie az RBC-nek. Ennek vételével a pályaoldal befejezettnek tekinti a kapcsolatot, amiről jelentést küld a fedélzetnek. Amint a jelentés megérkezik, a fedélzet is befejezettnek veszi a kapcsolatot, és ezzel párhuzamosan bontja a biztonsági kapcsolatot. Ezzel mindkét fél lezárta a kommunikációt.

A hagyományos térbiztosító berendezések esetében a központi biztosítóberendezés megállíthatja a vonatot abban az esetben, ha veszélyes helyzet jön létre. Amikor a pálya jelzők nincsenek, azokat az ETCS helyettesíti, tehát ezt a funkciót is az ETCS-szel kell biztosítani. A specifikációk lehetőséget adnak arra, hogy a pályaoldal csak vészjelzést küldjön a vonat(ok)nak, és ezzel mintegy a mozdonyvezetőre bízva a vonat biztonságos helyen történő megállítását; ugyanakkor végrehajtható az adott körzetben a veszélyes hely felé közeledő vo-

natok automatikus (kényszer)megállítása is. Ahogy azt már a GSM-R funkcióknál láttuk, a mozdonyvezetőnek is lehetősége van arra, hogy vészjelzést küldjön egy vagy több vonat felé.

Az irányítás a vonatoknak, a mozdonyvezető a pályaoldal felé szöveges üzenetet küldhet rádión keresztül. Az üzenet lehet egyedileg megadott, de leggyakoribb felhasználási területe a gyakori fix szöveges üzenetek továbbítása.

RIU

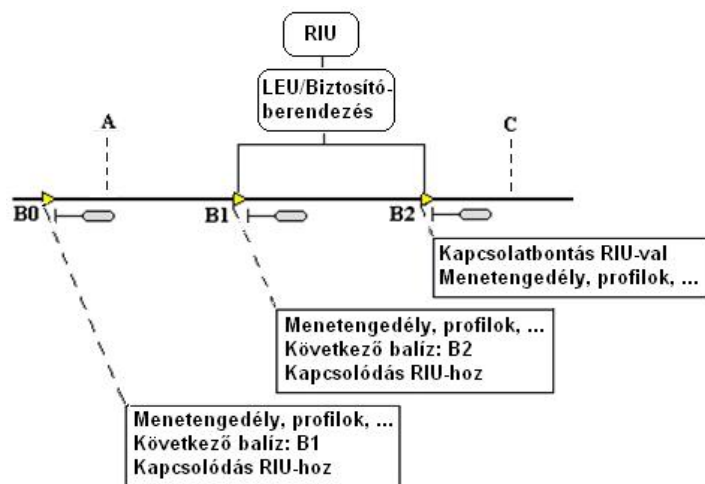
Ahhoz, hogy a már kiépített EIRENE-hálózat nyújtotta lehetőségek az 1-es szinten is kihasználható legyen, létrehozták a rádiós kitöltő egységet (RIU – Radio Infill Unit). Ezek segítségével az infill hurkokhoz hasonlóan, a vonatforgalom szempontjából kritikus helyeken többletinformációkat lehet szakaszosan folyamatosan a fedélzetre juttatni. Az, hogy a következő főjelző jelzési információit, és annak változásait rádiós úton juttatják el a vonatokra a kívánt helyeken, nem tévesztendő össze a 2-es és 3-as szinttel, ahol gyakorlatilag valamennyi menetengedéllyel kapcsolatos információt rádióval juttatnak a fedélzetre. Most csupán arról van szó, hogy kiegészítő, kitöltő információk szakaszosan folyamatos feladását teszik lehetővé rádióval. Ehhez természetesen mind pályaoldalon, mind a fedélzetet tekintve változtatásokra van szükség. Pályaoldalon biztosítani kell, hogy a RIU folyamatos összeköttetésben legyen a következő főjelzővel, és ha szükséges, akkor további pályaelemekkel; továbbá az adott körzet megfelelő rádiós lefedettségét is biztosítani kell rádióantennákkal. A fedélzeti berendezés egy adó-vevőantenna és a GSM-R modul beépítésével készíthető fel.

A rádiós kitöltés alapelvei. Maga a folyamat a következőképpen zajlik: az 1-es szintű körzetben a meghatározott helyen egy balíz parancsot küld a fedélzeti berendezésnek arra vonatkozólag, hogy az kommunikációs kapcsolatot létesítsen egy rádiós infill egységgel. A kapcsolat létesítése visszautasítható, ha a fedélzeti berendezés nincs az infill információ vételéhez és feldolgozásához megfelelő (teljes felügyeleti) üzemmódban, vagy ha a fedélzeti berendezés nem rendelkezik rádióval. Amikor a rádió rendelkezésre áll, akkor a kommunikációs kapcsolat létesítése a 2-es és 3-as szinteknél alkalmazott protokollok és interfészek alkalmazásával történik. Ettől fogva azután a vonat a jelzési kép változásáról – a kommunikációs időt leszámítva – azonnal tudomást szerez. Abban az esetben, ha egy szakaszon több vonat tartózkodik, csak a legelső képes fogadni a rádiós kitöltő információt, tekintve, hogy a mögötte lévő valamennyi vonat nem teljes felügyeleti üzemmódban közlekedik, így mind vissza fogja utasítani a RIU-val történő kapcsolatlétesítésre vonatkozó utasítást. A RIU csak különböző pont-pont kapcsolatokat kezel különböző vonatok felé, körözhívásra nem képes.

Amikor a kapcsolat létesítésére egy olyan fedélzeti berendezés kap utasítást, amelyik éppen egy másik rádiós infill egységgel áll kapcsolatban, akkor a fennálló kapcsolatot bontja és az újat felépíti a fedélzeti berendezés. Ha a jelzett rádiós egységgel már létezik a kapcsolat, akkor az természetesen fennmarad. Fontos megemlíteni, hogy a RIU nem kezdeményezhet kommunikációs kapcsolatot a fedélzeti berendezéssel. A RIU-val való kapcsolat megszakítását pedig szintén egy balíz (csoport), illetve ennek alapján maga a vonat kezdeményezheti. Ha a RIU-val felépült kommunikációs kapcsolat akaratlanul szakad meg, a vonat megpróbálja újra felépíteni azt, de csak akkor, ha ezalatt nem kapott más utasítást (kapcsolat befejezésére, vagy más RIU-val kapcsolatfelvételt), vagy nem haladta meg a vonatkozó főjelző balízcsoportját.

A 9.31. ábrán látható, hogy amikor a vonat eléri a „B0” balízt, akkor a normál információkon felül felhívást kap arra, hogy a meghatározott RIU-val kommunikációs kapcsolatot kezdemé-

nyezzen. Az „A” pont magasságában a kapcsolat létrejön, a fedélzet rádiós infill kérelemmel fordul a RIU felé. Ebben a vonat elküldi azonosítóját, a következő főjelzőhöz tartozó balízcsoporthoz azonosítóját, az időbélyeget és egy helyzetjelentést a RIU-nak. A RIU az üzenet vételével elkezd ciklikusan küldeni a B1-re vonatkozó kitöltő információkat a vonat felé.



9.31. ábra
Közlekedés rádiós kitöltéssel

A B1 balíz (csoport) meghaladásakor a vonat ismét felhívást kap kommunikációs kapcsolat azonnali létesítésére a RIU-val. Tekintve, hogy a kapcsolat már korábban létrejött, így az változatlanul fennmarad. Ezalatt a fedélzeti berendezés a B1 balízra vonatkozóan elküldi a RIU-nak a rádiós infill vége üzenetet, míg a B2-re infill kérelmet továbbít. Ezen üzenetek fogadásával a RIU beszünteti a B1-re, és elkezd a B2-re vonatkozó információk küldését, és ebben az esetben nem okoz problémát az sem, ha a két üzenet eltérő sorrendben érkezik a RIU-hoz. A B2-es balíz meghaladásával a fedélzeti berendezés felhívást kap a kommunikációs kapcsolat C pontban történő bontására. Ezzel a fedélzeti berendezés beszünteti a B2-re vonatkozó kitöltő információk fogadását és feldolgozását, továbbá elküldi a rádiós infill vége üzenetet a RIU-nak. A RIU az üzenet vételével szünteti be a B2-re vonatkozó információk továbbítását ennek a vonatnak. A C pont elérésekor a vonat kezdeményezi a kommunikációs kapcsolat bontását.

9.3.4. Járműoldali alrendszer

A járműoldali, vagy fedélzeti alrendszer feladata a pályáról érkező adat(csomag)ok fogadása és feldolgozása, a sebesség és távolság mérése, valamint a vonat adatainak felhasználásával az aktuális megengedett sebesség és fékhatás számítása, a pályaadatok kezelése. Ezen kívül folyamatosan jelzéseket ad a mozdonyvezetőnek a kijelzőn keresztül. Ha a vonat túllépi a biztonságos sebességhatárt, akkor a fedélzeti berendezés beavatkozik.

A fedélzeti alrendszer elemei a következők:

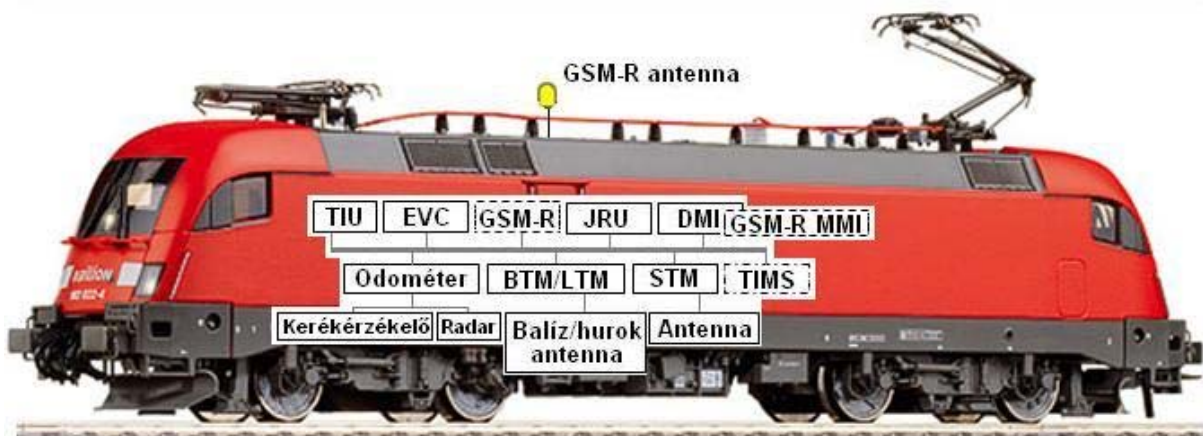
- EVC – központi "agy" szerepét tölti be.
- DMI – kezelő- és visszajelentő felület a vezetőállásban.
- BTM – balízátviteli modul a balíz üzeneteinek vételéhez.
- LTM – hurokátviteli modul a hurok üzeneteinek vételéhez.
- Odométer – a kerékérzékelő és radar egység a pontos távolság- és sebességméréshez.

- JRU – hatósági adattároló, a repülőgépekhez hasonlóan, a jármű "fekete doboza".
- TIU – a vonathoz csatlakozó interfészek (kapcsolatot megvalósító hardver eszközök) összefoglaló neve (kapcsolók, ajtók, fékek, stb. működtetéséhez).
- GSM-R fedélzeti modul – fedélzeti rádiómodul a rádióüzenetek vételéhez és küldéséhez.
- TIMS – fedélzeti, vonatintegritást felügyelő, eszköz.
- STM – speciális átviteli modul a nemzeti vonatbefolyásoló rendszerek illesztéséhez.
- Buszrendszer – adatok nagy biztonságú kezeléséhez.

A járműoldali alrendszer sematikus vázlata, az elemek sokfélesége a 9.32. ábrán látható.

Az ETCS fedélzeti alrendszer környezetéhez kapcsolódó külső interfészei:

- a balíz- és/vagy a hurokantenna kapcsolódása a légrésen keresztül a pályaoldalon elhelyezett balízhoz, illetve a hurokhoz,
- az STM antenna kapcsolódása légrésen keresztül a hagyományos vonatbefolyásoló rendszerhez,
- a jármű GSM-R antenna kapcsolata a pályaoldali alrendszer telepített GSM-R antennáihoz,
- a fedélzeti alrendszer kapcsolódása a vonathoz a TIU modulon keresztül.



9.32. ábra
Járműoldali alrendszer

EVC

A fedélzeti berendezés központja az Európai Biztonsági Számítógép (European Vital Computer – EVC). Mivel alapvető fontosságú eleme az ETCS fedélzeti berendezésnek, ezért erre egy fail-safe számítógépet használnak. A fedélzeti berendezésben egy erre a célra kifejlesztett duál pre-processor bonyolítja le a kommunikációt és az interfészvezérlést. Az EVC minden egységgel kapcsolatban áll. Feldolgozza a kerékérzékelő és a radar (odométer) által szolgáltatott adatokat is, illetve periodikusan kiadja az onnan beolvasott adatokat és az aktuális sebességértékeket. Az EVC az összes szükséges fizikai és logikai interfésszel rendelkezik ahhoz, hogy a fedélzeti rendszer más elemeit csatlakoztatni lehessen, továbbá a szükséges diagnosztikai interfészek is rendelkezésre állnak, amely lehetővé teszi a fenntartó személyzet számára, hogy a diagnosztikai (hiba) adatokat letöltse.

Az EVC külső megjelenési formáját a 9.33. ábra szemlélteti.



9.33. ábra
European Vital Computer

Szorosan az EVC felügyelete alá tartozó funkciók és feladatok:

Általános funkciók

- A fedélzeti berendezés indítása, tesztek.
- Vonatadatok megadása.
- Pályaoldali adatok folytonosság-ellenőrzése.
- Legkorlátozóbb sebességprofil felügyelete.
- Sebességfelügyelet.
- Oldási sebesség felügyelete.
- Vonat helyének meghatározása.
- Sebesség és gyorsulás meghatározása.
- A menetengedélyek és sebességhatárok kijelzése a DMI-on.
- Éberség-felügyelet.
- Nem kívánt vonatmozgás elleni védelem.
- Meghibásodás felügyelet.
- ETCS információk rögzítése.
- Túlhaladás kezelése.
- Útvonal alkalmasság védelem.
- Üzem mód- és szintátmenet felügyelete.

Speciális funkciók

- Elnyomás funkció, jelzőmeghaladás.
- Több vontatójármű használata.
- Tandem mozdonyok használata.
- Tolómozdony használata.
- Tolt vonat felügyelete szabad pálya esetén.
- Tolt vonat felügyelete foglalt vágány esetében.
- Útátjárók felügyelete.

Egyéb funkciók

- Ütközőbak felügyelet.
- Ajtók felügyelete és vezérlése.
- Egy más mellett elhaladó vonatok felügyelete.
- Nagysebességű vonatok felügyelete.
- Pályamunkások védelme.
- Áramszedő és áramellátás vezérlése.
- Utas általi vészfékezés kezelése.
- Léghőszívó vezérlés.
- Külső figyelmeztetések kezelése.

- Megállás helyére vonatkozó ajánlás.

Az EVC – feladatainak ellátásához – folyamatosan információt gyűjt, felügyeletet biztosít és vezérlési feladatokat lát el. Ehhez megfelelő és jól felépített hardver szükséges. A felügyelet-hez felhasznált információk származhatnak a (fedélzeten tárolt) pályatérképből, pálya-jármű információ-átvitelből, kézi adatbevitelből és a jármű érzékelőiből (pl. sebességmérők). A EVC-nek kiemelt biztonsági feladatai vannak, éppen ezért szükséges a szisztematikus hibák kiküszöbölése és a fail-safe vonatbefolyásolás biztosítása. Fizikailag az EVC házában foglal helyet a JRU is, de nem tartozik az EVC-hez. Itt találhatóak továbbá a ventilátorok, amelyek biztosítják az EVC szekrényen belüli légáramlást megelőzve az elemek túlmelegedését. Legáltalább egy ventilátornak mindig működnie kell a szükséges légáram biztosításához. Az EVC részei továbbá, a már említett, interfészek.

Egy tipikus EVC szoftver három fő részből áll:

- az operációs rendszer, amely jelentős hibatűrő képességekkel rendelkezik és tartalmazza a kommunikációs rendszert is,
- a felhasználói szoftver „A” csatornája, amely az EVC minden elvárt funkcióját megvalósítja (életvédelmi és egyéb feladatokat is),
- a felhasználói szoftver „B” csatornája, amely minden életvédelmi funkciót ellát az „A” csatornához képest diverz módon.

A szoftverelemek különböző kártyákon helyezkednek el az EVC egységen belül. Ennek oka egyrészt a konkrét hardverfelépítés, másrészt az életvédelmi vezérlőrendszerekre vonatkozó követelmények teljesítése.

A BTM és LTM modul

A jármű akkor képes fogadni és feldolgozni a balízek által küldött információkat, ha van egy balíz aktiváló és olvasó kombinált antenna, illetve egy a balíz-távíratok biztonsági adatátvitelére szolgáló modul (Balise Transmission Modul – BTM). Az átviteli modul generálja a 27.095 MHz-es energiaellátási frekvenciát. A BTM egység ellenőrzi a transmitter állapotát, valamint digitális processzorok segítségével elvégzi a balíztávíratok fogadását és feldolgozását, beleértve ebbe a következőket:

- teljes távíratok kiválasztása,
- a vett távíratok dekódolása és érvényességük ellenőrzése,
- a redundáns (többször kézbesített) távíratok törlése,
- a fogadott távíratok vételi időpontjának/helyének megjelölése a balíz pozíciójához kapcsoltn,
- a fogadott távírat továbbítása az EVC felé (a vételi időponttal/távolsággal együtt).

A balízhoz hasonlóan az Euroloop számára is kifejlesztettek egy vevőantennát és egy átviteli modult (LTM). Az antenna is és az átviteli modul is lehet közös egység az Euroloop és az Eurobalise számára. Kérdés, hogy ha a sugárázókábel a sínzál mellett fut, a balíz pedig a vágánytengelyben fekszik, akkor hogyan működhet a közös antenna. A jelfeladók és az antennák közötti átviteli út hossza maximálva van annak érdekében, hogy a szomszéd vágány jelfeladói ne zavarhassák meg az információátvitelt. Az antenna és a jelfeladó egységek közötti távolság jóval ezen belül van, így a jeleket biztonsággal veszi fel.

A BTM többféle üzemmódokban dolgozhat:

- Teszt üzemmód. A BTM bekapcsolásakor ebben a módban kezd el működni. A bekapcsolási tesztek után a BTM vár az EVC teszteredményt lekérdező üzenetére. Ha az üzenet megérkezett, a BTM elküldi a teszteredményeket az EVC-nek. Amennyiben a teszteredmények negatívak, a BTM egy speciális „Watch-dog down” üzemmódra kapcsol, egyébként pedig Stand by üzemmódba kerül.
- Stand by üzemmód. A BTM az EVC parancsait várja. A BTM tehát ebben az üzemmódban nem vezérli az antennát.
- Normál üzemmód. A BTM a normál feladatait végzi. A BTM vezérli az antennát és a balíz üzenetek vétele és kiértékelése is engedélyezett.
- Funkcionális teszt üzemmód. Ebben az esetben az EVC, vagy egy külső eszköz végezhet tesztek az Európai Szabványok szerint. Ez az üzemmód a „nem rendes” működést jelenti a „Normál üzemmód”-hoz képest.
- Watch-dog down üzemmód. Ebben az üzemmódban egy nem helyreállítható hiba miatt a BTM lekapcsolja interfészeit.

Az EVC menet közben folyamatosan felügyeli a BTM-et. Meghibásodás esetén a mozdonyvezető egy „nem helyreállítható rendszerhiba” üzenetet kap, a rendszer pedig az üzemi fékek aktiválásával haladéktalanul megállítja a vonatot. Az antennaegységet a mozdony alvázára szerelik fel. Menet közben az antenna folyamatosan bocsátja ki a pásztázó nagyfrekvenciás energiát, ha a balízátvitel kikapcsolására nem kapott utasítást.



9.34. ábra
Balízantennák

A BTM az antennával egybeépítve önálló fail-safe egységet képez. A teljes modul egy a mozdony alvázára szerelt balíz-aktiváló és -olvasó kombinált antennából, egy előerősítőből, illetve egy a balízátvitel biztonsági adatátvitelére szolgáló egységből (BTM) áll. A balízolvasó alrendszer ezen túl egy telepítésre és karbantartásra szolgáló tool egészíti ki.

Az Euroloop fedélzeti berendezése főként a balíznál megismert berendezéseken alapul. Kiegészítése egy vevő és egy üzenetértékelő egységből áll. A berendezés a következő elemekből áll:

- Antenna. az Eurobalise antenna alkalmazható az Euroloop esetében is. Az egyetlen követelmény a 2-től 8 MHz-ig terjedő frekvenciasáv biztosítása. Az átviteli modul és az antenna egyszerűen összekapcsolható koaxiális kábellel.
- LTM. Euroloop esetében egy hurok-vevő és a huroküzenetek számára egy második elektronikus kiértékelő szükséges. Mivel az Eurobalise aktiváló jelét használják a járműről az Euroloop felé történő lecsatoláshoz, az LTM nem tartalmaz külön tápláló áramkört, így nincs jelentős emelkedés a berendezés teljesítmény- és áramfelvételében.

Az átviteli modul az antenna felől beérkező 564 kbit/s sebességű jelsorozatot bináris formátumú távirattá alakítja és biztonsági soros összeköttetésen keresztül a központi egységbe juttatja.

DMI

A mozdonyvezetővel való kapcsolattartás feladatát a DMI (Driver Machine Interface), vagyis az *ember-gép interfész* végzi. A felület egy intelligens, nagy felbontású érintőképernyős kijelző, minimálisan 640 x 480 pixel méretű és legalább 256 szín megjelenítésére képes. A DMI a pálya és a jármű felől vett és a központi egység által kiértékelt információkat a mozdonyvezető számára megjeleníti. A DMI kezeli a különböző hangjelzéseket is. Noha a fedélzeti rendszer egésze üzembiztos (fail-safe elv), magának a kijelzésnek nem szükséges üzembiztosnak lennie. A DMI bármilyen meghibásodása nem befolyásolja az ERTMS/ETCS rendszer által nyújtott felügyeletet. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy a kijelző működése a fedélzeti berendezés többi részétől független. Ha a DMI meghibásodik, a nemzeti előírásokat kell alkalmazni. A DMI-t több ergonómiai szempont figyelembe vételével alakították ki, hogy használata minél egyszerűbb, kényelmesebb és biztonságosabb legyen. Ennek megfelelően

- a képernyő teljesen villódzás és tükröződésmentes,
- a fényerő a kijelző főbb részein, egymástól függetlenül is, állítható,
- a szövegek az aktuális nyelvnek megfelelően változnak a DMI funkciógombjain,
- figyelemfelhívó effektusként alkalmazható a meghatározott frekvenciájú villogás,
- minden fontos esemény bekövetkeztekor van látható és hallható visszajelzés,
- annak érdekében, hogy a DMI-n megjelenő információk fontosságát, hasznosságát, veszélyét kihangsúlyozzák, a szövegek, ikonok és mezők színezését egységes szemlélet szerint határozták meg. Szürke vagy fehér színben megjelenő információk, veszélytelen működésre utalnak. Sárga színűek a figyelemfelkeltő információk. Az azonnali beavatkozást igényelő információk színe narancssárga (veszélyeztető helyzetre utal). Vörös szín, amely olyan veszélyre hívja fel a figyelmet, amelynél rendszer-beavatkozás történik.

A DMI egyaránt képes megjeleníteni az ETCS, az EIRENE és az STM információkat is, és teljes értékű kapcsolatot teremt a mozdonyvezető és az ETCS vezérlőrendszer között. A 9.35. ábra a DMI kijelzőt és felületének felosztását mutatja. Az ábrából látható, hogy a különböző funkciók megvalósítása más-más kezelő és visszajelző felületen került megoldásra. A felületek jelölésére az ABC nagybetűit használják. A különböző betűk jelentése:

- „A” jelű terület – itt jelennek meg a fékezéssel kapcsolatos információk (pl. a fékezési célpont távolsága).
- „B” jelű terület – a jármű mindenkori sebességét mutató analóg kijelző, amely külső peremének színezése dinamikusan változva mutatja a megengedett és célsebességet.
- „C” jelű terület – itt kaptak helyet a különböző kiegészítő információk, illetve itt helyezhetők el, bizonyos konfigurációkban, a legfontosabb STM kijelzések is.
- „D” jelű terület – ezen követhetők nyomon a jármű előtt lévő pályaszakasz fontosabb jellemzői (statikus sebességprofil, emelkedési és lejtviszonyok, útátjárók, stb.).
- „E” jelű terület – szolgál az ETCS fedélzeti berendezésének és a jármű egyéb egységeinek állapotáról tájékoztató ikonok és szövegek megjelenítésére (pl. főfékvezeték nyomás, ajtók állapota, szöveges üzenetek, stb.).
- „F” jelű terület – ezen a képernyő részen tíz „soft-gomb” található, amelyek különböző funkciók aktivizálására szolgálnak.

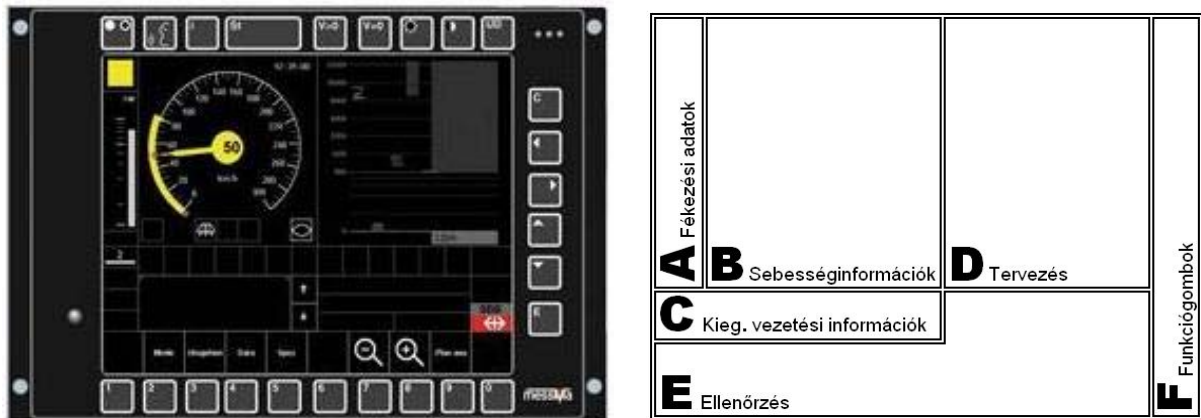
A DMI mint láttuk, szöveges és hang üzeneteket egyaránt közvetít. A teljesség igénye nélkül, alább néhány előre definiált üzenet látható, amelynek tanulmányozása további ismeretek elsajátítására ad lehetőséget. A hang üzenetek fizikai tulajdonságaival az anyag nem foglalkozik.

Angol nyelvű kiírás	Magyar jelentés
ACK FOR ON SIGHT MODE	Látra közlekedési mód nyugtázása
ACK FOR RELEASE EMERGENCY BRAKE	Gyorsfék oldásának nyugtázása
ACK FOR RELEASE SERVICE BRAKE	Üzemi fék oldásának nyugtázása
ACK FOR REVERSING MODE	Hátramenet mód nyugtázása
ACK FOR STAFF RESPONSIBLE MODE	Saját felelősségű mód nyugtázása
ACK SHUNTING ORDERED BY TRACKSIDE	Pályaoldal által elrendelt tolatás nyugtázása
ACK TRAIN TRIP	Túlhaladás nyugtázása
BRAKES APPLIED DUE DATA CONSISTENCY WITHIN BALISE GROUP	Balízscsoporton belüli konzisztencia-hiba miatti fékezés
BRAKES APPLIED DUE TO NO SAFE RADIO MESSAGE RECEIVED IN DUE TIME	Biztonsági rádióüzenet elmaradása miatti fékezés
BRAKES APPLIED DUE TO REVERSE MOVEMENT PROTECTION	Ellentétes irányú mozgás felügyelet miatti fékezés
BRAKES APPLIED DUE TO ROLL-AWAY PROTECTION	Elgurulás elleni védelem miatti fékezés
BRAKES APPLIED DUE TO SUPERVISION OF MA/SPEED	Menetengedély/sebesség-felügyelet miatti fékezés
CONFIRM TRACK AHEAD FREE	Pálya szabad állapot megerősítése
ENTRY TO FULL SUPERVISION	Teljes felügyeleti módba lépés
NO SAFE RADIO CONNECTION WITH RBC	Nincs biztonságos rádiókapcsolat az RBC-vel
NO TRACK CONDITION WILL BE RECEIVED	Nem érkeznek pályaviszony adatok
NON LEADING ERROR	Nem vezérelt mód hibája
REVERSING IS POSSIBLE	Hátramenet lehetséges
ROUTE UNSUITABILITY	Az útvonal nem alkalmas
SHUNTING REFUSED BY RBC	Tolatást az RBC visszautasította
SHUNTING GRANTED BY RBC	Tolatást az RBC engedélyezte
SHUNTING GRANTED NOT RECEIVED	Tolatási engedély nem érkezett
SHUNTING REQUEST SEND	Tolatási kérelem elküldve
TEST RESULTS ARE OK	Tesztek rendben
TRACKSIDE EQUIPMENT SYSTEM VERSION NOT COMPATIBLE	Pályaoldali berendezés rendszerverziója nem kompatibilis

Az egységes DMI kialakításának okai és legfontosabb előnyei:

- összehangolt és logikus megjelenítése az ETCS, EIRENE és STM információknak,
- az interoperabilitási követelményeket kielégítő ergonómikus ember-gép interfész specifikálása,
- a mozdonyvezető általi kezelési hibák kockázatának csökkentése (amely abból ered, hogy más-más ETCS felszereltségű vonat mozdonyát is vezetheti),

- a vasútüzem támogatása egy egységesített felülettel, a képzési-betanítási költségek csökkentése.



9.35. ábra
A DMI felület és felosztása

Integrált EIRENE DMI

Az EIRENE-nek (GSM-R-re alapuló rádiókommunikációs rendszernek) lehet saját DMI modulja, de kijelzései integrálhatók az ETCS DMI-be (9.36. ábra). A közös DMI alapkövetelményei:

- egyik rendszer sem zavarhatja a másikat,
- az EIRENE rendszer aktív/inaktív állapotát egyértelműen meg kell tudni különböztetni,
- a választott hálózatot és lehetőleg annak állapotát (elérhetőségét) is szükséges jelezni,
- tájékoztatni kell a mozdonyvezetőt a rendszer indításakor lezajló hálózatkeresésről, a hálózatok közötti automatikus átmenetről, a hálózati kapcsolat esetleges megszakadásáról, a rendszer hívás létesítésére kész állapotáról, illetve a problémák okairól,
- lehetőséget kell biztosítani, hogy a mozdonyvezető hálózatot választhasson az éppen elérhető hálózatok közül,
- a felelős irányítószemélyzetet a mozdonyról egy gombnyomással el lehessen érni.

Az EIRENE DMI-nak két fő területe van:

- a monitoring terület és
- az adatbeviteli terület.

A bejövő hívást egyértelműen jelezni kell, lehetőleg a hívószámmal. A hívószámot a rendszer eltárolja, és annak könnyű visszahívhatóságát biztosítja. A hívó ismeretén túl a mozdonyvezetőnek folyamatosan ismernie kell a hívás állapotát, amely a következő lehet:

1. kapcsolat létesítése folyamatban,
2. szám nem létezik,
3. csengetés,
4. foglalt,
5. kapcsolat megszakadt,
6. kapcsolat létrejött, hívás folyamatban,
7. hívástartás.

A nem kívánatos 2. és 5. állapotokat hangjelzés kíséri. A rossz lefedettségű területeken „a hálózat nem elérhető”, ill. „a hálózati kapcsolat megszakadt” voltára figyelmeztető hangjelzések ideiglenesen kikapcsolhatók, így a mozdonyvezetőt zavaró gyakori hangjelzések megszüntethetők. Ezen túlmenően egy hívó képes más előfizetők hívásait megszakítani (pl. nagy prioritású hívás). A hívásból ki tud lépni, illetve meg tudja szakítani azt. A mozdonyvezető látja a DMI-n a várakozó bejövő hívásokat, és opcionálisan, hogy ki az általa hívott szám. A kapcsolat megszüntetése nem csak a kézikészülék letételével történhet, hanem a DMI-képernyő adott gombjának megnyomásával is.



9.36. ábra
Integrált EIRENE DMI

Több résztvevős hívásoknál a lehető legegyszerűbb kezelésekkel és egyértelműen kell áttekinthetést nyújtani az összes hívásról. Az ugyanazon vonatról érkező hívásokat (másik mozdonyvezető, vonatszemélyzet) a külső hívásoktól meg kell különböztetni, valamint a leghatározottabban el kell különíteni a hívásokat aszerint, hogy az utasok hallják-e, vagy sem.

A beérkező üzenetek a monitoring területen jelennek meg, és általában nyugtázást követelnek meg. A rendszer valamennyi beérkező üzenetet eltárolja. Lehetőség szerint biztosítani kell bizonyos gyakran előforduló szöveges üzenetek egyszerű küldését is. Ehhez célszerű a legutolsó néhány üzenetet, valamint az előre definiált üzeneteket egy függőlegesen léptethető listába foglalni. Így például egy bejövő hívás esetén abban az esetben, amikor a vonatvezetés feladatai nem teszik lehetővé, hogy a mozdonyvezető fogadja a hívást, kiválaszthatja az „A mozdonyvezető elfoglalt, később visszahívja.” üzenetet, és azt közvetlenül továbbíthatja a hívó félnek.

Az ETCS-EIRENE DMI kijelzőjének funkció szerint felosztott felületeivel, változtatható és megkülönböztető színeivel, ikonjaival, szöveges üzeneteivel és hangeffektusaival a korszerű és biztonságos járművezetés fontos eszközévé vált.

JRU

A fedélzeti berendezés adatrögzítő egységgel is rendelkezik. A JRU (Juridical Recording Unit) jelentése *Hatósági Adattároló*. A modul a legtöbb gyártónál az EVC házában foglal helyet, azonban nem tartozik az EVC-hez. A JRU többek között az alábbi információkat tárolja:

- mért sebesség (aktuális),
- felügyelt sebesség (megengedett),
- balíztáviratok adatai (ideje, helye, tartalma, stb.),
- mozdonyvezetői tevékenységek (kezelések),

- vonatadatok,
- fékezési tevékenység,
- érzékelt hibák kódja, ideje, stb.

A JRU a rendszer energiaellátásától függetlenül, külső energiaellátás nélkül legalább 30 napig képes tárolni a legfontosabb és rögzített adatokat. A rögzítő egység legalább az utolsó 24 óra járműmozgására vonatkozó részletes információkat eltárolja. A JRU hordozható számítógéppel kiolvasható anélkül, hogy azt meg kellene bontani. A rendszerhez – beszállítótól függően – tartozik egy szoftvercsomag, amely lehetővé teszi a Hatósági Adatrögzítő berendezés által az adatok PC-re történő kiolvasását, és ezzel az adatok exportálását, ami azok utólagos kiértékeléséhez szükséges. A berendezés fontos biztonsági feladatot lát el, ezért a vonatbefolyásoló rendszer működése alatt folyamatosan tesztelve van. Meghibásodás esetén a rendszer a mozdonyvezető felé hibajelzést küld. A hiba megjelenését a mozdonyvezetőnek nyugtáznia kell. A JRU egység kapja az STM modul Diagnosztikai információit is. A rögzítőegységet az EVC vezérli.

Az adatrögzítő berendezés nem az ETCS része, annak a biztonsági berendezéstől függetlennek kell lennie. A fedélzeti berendezés a bevitt, a fogadott és számolt adatokat juttatja el valós időben az adatrögzítőnek a pontos időponttal és referenciaponttal együtt. A rögzített adat tárolási időtartama szerint három csoportot különböztetünk meg:

1. A balesetek kivizsgálásához szükséges teljes részletességű adatok az elmúlt 24 órában.
2. A vezető teljesítményének felméréséhez szükséges – korlátozott mennyiségű – üzemi adatok az elmúlt 7 napra.
3. Bizonyos adatok 1 hónap időtartamig történő megőrzése.

Valamennyi rögzített eseményhez kapcsolódóan meghatározásra kerül a dátum és az idő (UTC), a vonat pozíciója és sebessége, a mozdonyvezető és a fedélzeti berendezés azonosítója, valamint az aktuális ETCS szint és üzemmód.

Az adatrögzítővel szemben támasztott egyik legfőbb követelmény, hogy mechanikailag (deformációval és a belső adattartalom megsemmisülésével szemben) ellenálló legyen. Egy vonatbaleset után a rajta rögzített adatokat ki kell értékelni.

A JRU a járműfedélzeti események rögzítésén kívül diagnosztikai lehetőségeket is kínál. A pályaoldalon bekövetkező zavarok, hibák legtöbbje kihat a fedélzeti berendezés működésére, és ha sokszor csak közvetetten is, a JRU ezekről is fontos adatokat szolgáltat. Az ETCS különböző alkotóelemei (mind a pályaoldali, mind a fedélzeti berendezések) folyamatosan végeznek önteszteket, illetve futtatnak le különböző öndiagnosztikai rutinokat a megfelelő működés felügyelete érdekében. A fedélzeti berendezés valamennyi elérhető diagnosztikai és riasztás jellegű információt összegyűjti és megszűri, majd a szabványos GSM hálózaton keresztül továbbítja ezeket az adatokat a központi diagnosztikai szerver felé.

A Hatósági Adatrögzítő által eltárolt adatok kiolvasásához, megjelenítéséhez, mentéséhez és feldolgozásához a megfelelő eszközök rendelkezésre állnak.

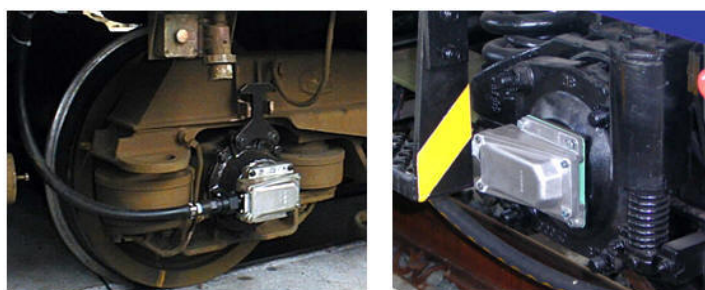
Odométer

Az *odométer* egy kerékszenzorból és opcionálisan Doppler-radarból álló egység (9.37. ábra). Használatával biztosítható a megfelelő minőségű sebesség- és távolságmérés.



9.37. ábra
Kerékszenzor és radar

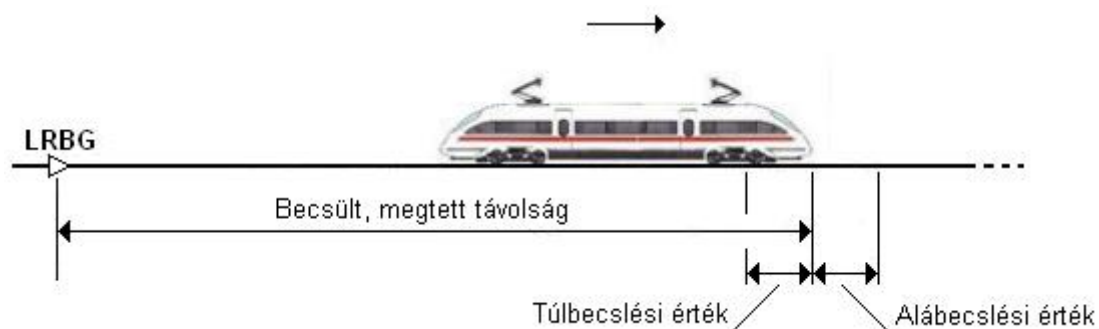
A kerékszenzor a mozdony tengelyén helyezkedik el és a forgó kerék működteti (9.38. ábra). Ezzel szemben a radart legtöbbször a vonat elején, az ütköző alatt, vagy a forgózsámolyok között szokták elhelyezni. Az odométer és EVC (Kernel) folyamatos összeköttetésben van.



9.38. ábra
Kerékérzékelő elhelyezése

Az odométer modul feladata az aktuális LRBG (meghatározó balíz csoport, mint közös vonatkoztatási pont), valamint az ettől való távolság meghatározása, és ennek függvényében az aktuális konfidencia intervallum számítása. Érzékeli az aktuális sebességet, illetve az álló helyzetet, továbbá a mozgás irányát. A fedélzeti berendezés a biztonság érdekében valamilyen a pályától érkező helyfüggő információt a vonat helyzetére vonatkozó megbízhatósági intervallum függvényében vesz figyelembe. Erre az ún. konfidencia intervallumra az odométer mérési pontatlansága miatt van szükség. Nagyságát az LRBG-től való távolság határozza meg. Minél távolabb kerül a vonat az utolsó (pontosan ismert) referenciaponttól, annál nagyobb a pontos helyzetére vonatkozó konfidencia intervallum, azaz annál nagyobb a vonat pontos pozíciójának bizonytalansága (9.39. ábra). Amint a vonat eléri a következő láncolt balíz csoportot, a láncolási pontosságot figyelembe véve frissíti a helyzet-meghatározó információkat.

A fentieknek megfelelően a vonat végét illetően is mindig meghatározható a maximális biztonsági vonatvég és ugyanakkor a minimális biztonsági vonatvég is. A biztonsági helyzetadatok közül a fedélzeti berendezés mindig azt veszi figyelembe számításaihoz, amelyik a leginkább „korlátozó hatású”.



9.39. ábra
Vonat elejére vonatkozó konfidencia intervallum

Egy a láncolási információban szereplő balízhoz közeledve a vonat folyamatosan figyeli saját becsült pozícióját, és csak akkortól fogadja el a balízt, amikor a vonat maximális biztonsági eleje elérte a balíz első lehetséges pozícióját; és csak addig fogadja el a balízt, ameddig a vonat minimum biztonsági eleje meg nem haladja a balíz utolsó lehetséges pozícióját. Másképpen fogalmazva addig, amíg a vonat elejének konfidencia-intervallumában kerül meghaladásra a balíz. Ha ezen a *várakozási ablakon* kívül (hamarabb vagy később) érzékeli az antenna, akkor a balíz visszautasításra kerül. A számításokkor a fedélzeti berendezés figyelembe veszi a vonat tényleges eleje és a balízantenna felszerelési helye közötti távolságot is.

A kerékszenzor ideális esetben a mozdony egy szabad tengelyén helyezkedik el, és a forgó kerék működteti. A kerékszenzor két független csatornából áll. A mozdony mozgásakor a kerékszenzor két, fázisban eltolt négyszögjelet állít elő. A két csatorna frekvenciája állandó és arányos a mozdony pillanatnyi sebességével. A két jel fáziseltolódását a vonat haladási iránya határozza meg. A frekvencia mérésével a kerék kerületének ismeretében az EVC képes kiszámítani a pillanatnyi sebességet és így azt a DMI kijelzőn megjeleníteni. Az EVC ezen kívül a fékezési műveletek alkalmával a kerékszenzor jeleit visszacsatoló jelként használja. Ha a kerékérzékelő a jármű hajtott tengelyére kerül, akkor fokozottan fennáll a kipörgés és megcsúszás veszélye.

9.3.5. Az ETCS szintek

Az ETCS rendszer kialakításánál ügyeltek arra, hogy a különböző felhasználók biztonsági, forgalmi és műszaki követelményeit, illetve kiépítési lehetőségeit minél nagyobb mértékben figyelembe vegyék. Alapvetően három – egymással kompatibilis – kiépítési szintet határoztak meg:

- Level_1 (1-es szint),
- Level_2 (2-es szint),
- Level_3 (3-as szint).

Ezenkívül értelmezik még a:

- Level_0 (0-s szint),
- Level_STM (nemzeti vonatbefolyásoló rendszer illesztésével működő STM szint).

Az egyes felhasználók saját vasúti hálózatukon az ETCS rendszer kiépítési szintjét a következők figyelembe vételével határozhatják meg:

- üzemi és műszaki követelmények,
- a biztosítóberendezési (automatikai) ellátottság,

- műszaki-gazdasági lehetőségek.

A kiépítési szintek abban különböznek egymástól, hogy eltérő a megvalósítandó funkciók köre, a funkciók megvalósításának helye, illetve az adatátvitel módja. A szintek közötti különbségek azt is jelentik, hogy más és más az elérhető minőség, a szolgáltatási színvonal. Minden egyes ETCS szintnek megvan a maga előnye és hátránya. Számos tényezőt kell figyelembe venni, ha egy adott vasútvonal számára a legjobb megoldást kívánják megvalósítani.

Az 1-es szintet viszonylag könnyű megtervezni és telepíteni egy már meglévő vonalra, de növekedést egyáltalán nem nyújt a vonali teljesítményben. Sőt, a meglévő nemzeti rendszer függvényében előfordulhat, hogy az 1-es szint kiépítésével az adott vonal átbocsátóképessége kis mértékben csökken, a szigorúbb és minden körülmény között betartatott feltételek miatt. Ezzel ugyanakkor nagyobb biztonságot és jobb információáramlást lehet biztosítani, valamint megteremtődnek a műszaki interoperabilitás alapjai.

A 2-es szint – az életciklust tekintve – a legköltségesebb megoldás, hiszen megköveteli mind a hagyományos, mind az ETCS berendezéseket, ugyanakkor a legrugalmasabb a használata. Nem gördít nehézségeket a fel nem szerelt, vagy meghibásodott berendezésű vonatok közlekedése elé, de mérsékelt negatív hatást gyakorolt ilyen esetekben a vonatkiszolgálásra. A 2-es szint tervezése ellenben az adott ország migrációs lépéseinek elején jóval nehezebb, mint az 1-es szintté, továbbá annál jóval magasabb a telepítési költsége is. A 2-es szint lehetőséget ad arra, hogy megtörténjen a pályaoldali berendezések mennyiségének jelentős visszaszorítása, hiszen ez a szint tervezhető jelzők nélkül és akár a mozgó blokkos üzemet is kiszolgálhatja.

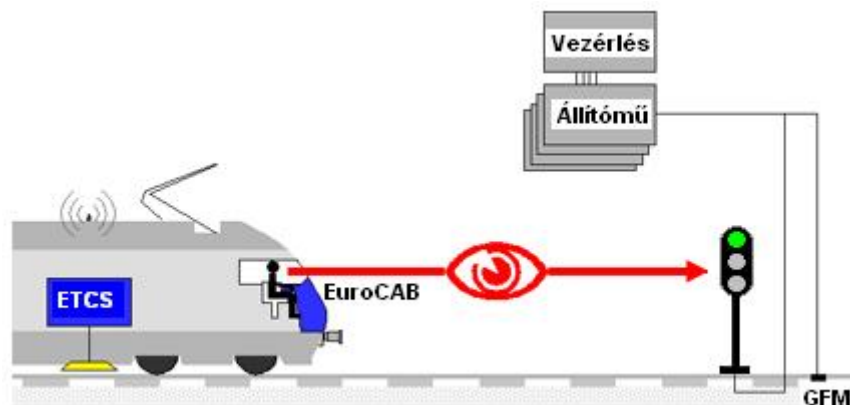
A 3-as szint telepítése és fenntartása lehet hosszú távon a leginkább költségkímélő megoldás az életciklus költséget tekintve, hisz nem igényel hagyományos vonali berendezéseket, kivéve természetesen az infrastruktúra (váltó-, sorompó-, stb.) berendezéseket. Hátrányaként kell megemlíteni, hogy nem működik együtt azokkal a vonatokkal, amelyek nincsenek az ETCS felszereléseivel ellátva.

Szint	Előny / Lehetőség	Hátrány / Kockázat
Level_1	• könnyebb tervezés, telepítés • megnövekedett biztonság • jobb információáramlás • műszaki interoperabilitás	• csökkenő kapacitás • nem ad egzakt választ a műszaki interoperabilitásra
Level_2	• legnagyobb fokú rugalmasság • működési interoperabilitás	• költséges (közös életciklus költség) • bonyolultabb tervezést igényel
Level_3	• alacsonyabb életciklus költség • könnyebb tervezés, telepítés	• rugalmatlan a hagyományos vonatokkal szemben

A 0-s szint

A három alapszint (1, 2, 3) mellett a 0-s szint kifejezést akkor használjuk, amikor ERTMS/ETCS fedélzeti berendezéssel felszerelt vonat olyan pályán halad, amelyen (még) nincs ERTMS/ETCS telepítve, a meglévő rendszer pedig nincs illesztve. Használható továbbá akkor, amikor csupán sebességkorlátozási információkat adnak fel a balizók.

0-s szinten a menetengedélyt a mozdonyvezető a pályaoldali jelzőktől kapja (9.40. ábra). A fedélzeti berendezés felügyeleti funkciójába csak a vonat abszolút maximális sebessége és a vonalon engedélyezett legnagyobb sebesség tartozik.



9.40. ábra
0-s kiépítettségi szint

A vonatintegritás ellenőrzését a meglévő, működő rendszerek (sínáramkörök, tengelyszámlálók, biztosítóberendezések) végzik, az ETCS hatásköre erre nem terjed ki. A 0-s szinten nem beszélhetünk ETCS szintű pálya-jármű adatátvitelről, eltekintve a szintátmenetet jelző és néhány speciális parancsot küldő balíztól. Minden egyéb esetlegesen vett üzenet visszautasításra kerül. Ennél fogva felügyeleti információk sem jelennek meg a DMI kijelzőjén, kivétel ez alól a mozdonyvezető külön kérése esetén ideiglenesen megjeleníthető legnagyobb megengedett sebesség, amely biztonsági okból nem kerül állandóan kijelzésre. Az aktuális sebességet a DMI folyamatosan mutatja.

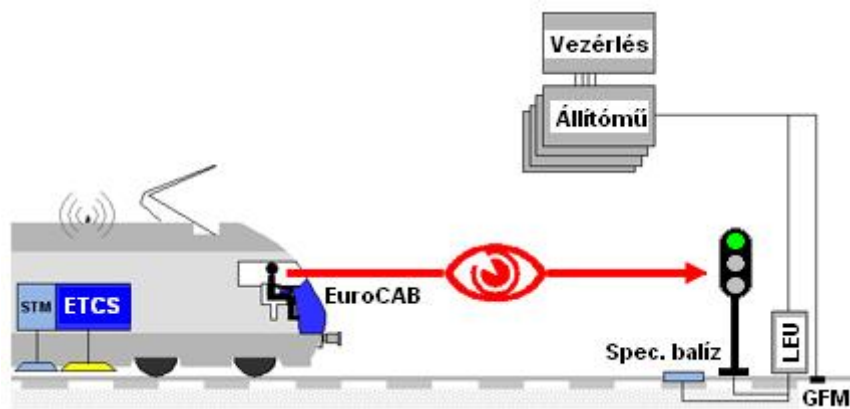
A vonatadatokat induláskor azért kell megadni (azonosításukat elvégezni és ezt az ERMTS/ETCS rendszerrel közölni), hogy a vonatnak ne kelljen megállnia az ETCS-felszereltségű szintre történő átmenetnél, továbbá azért, hogy legalább a maximális sebességet felügyelni lehessen.

Az STM szint

Amennyiben az ERTMS/ETCS fedélzeti berendezéssel felszerelt vonat olyan pályán halad, amelyen nem ERTMS/ETCS rendszer üzemel, de a telepített rendszer egy interfészen keresztül illesztve van, ún. STM szint alkalmazható a vasúti közlekedésben (9.41. ábra). A vonatbefolyásolás információit a pályaoldalon generálja a nemzeti vonatbefolyásoló rendszer, amely azután a meglévő rendszer kommunikációs csatornáin (pl. sínáramköri vevőantenna) a vonatra jut. Az illesztett STM modul segítségével az információ a fedélzeten átalakításra kerül; az ETCS rendszer értelmezi, feldolgozza és megjeleníti azt. Minden esetben, ha arra szükség van, beavatkozásra is sor kerül.

A pályaoldali jelzők attól függően, hogy milyen a meglévő nemzeti rendszer megjelenése és funkcionalitása, szerepet játszhatnak, vagy elhagyhatók. A felügyelet elérhető biztonsági szintje a meglévő rendszer szintjéhez hasonló!

A vonatérzékelés és vonatvédelem most is az ETCS-en kívüli berendezések feladata. A mozdonyvezető számára megjelenített információk minősége és mennyisége szintén a nemzeti rendszer funkcionalitásától függ. Az aktív STM típus neve mindig megjelenik, így például Magyarországon a már említett STM-HU berendezés esetén a DMI az EVM betűszót mutatja.

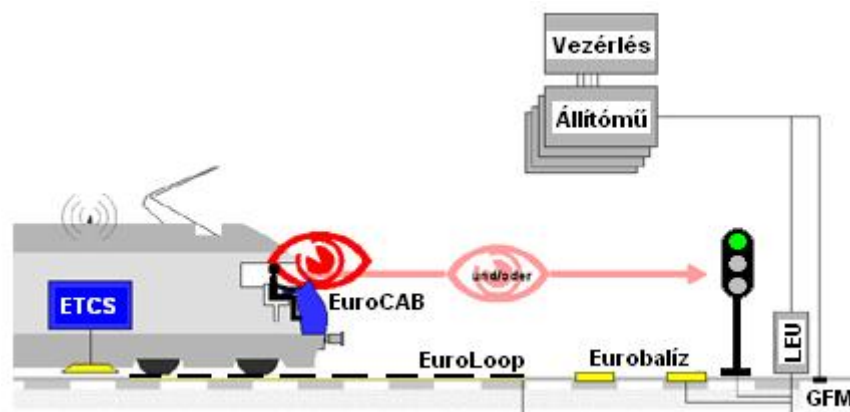


9.41. ábra
STM kiépítettségi szint

Az STM szinten is szükséges az összes vonatadat megadása, hogy a vonatnak ne kelljen megállnia szintátmenetnél, továbbá a maximális sebesség felügyelhető legyen.

Az 1-es szint

Az ETCS 1-es kiépítettségi szintje a pontszerű vonatbefolyásoláshoz hasonló megoldás. A pálya-jármű irányú információátvitel a vasúti pálya meghatározott szelvényeiben telepített balíz(csoport)oknál – információs pontoknál – történik (9.42. ábra). Ennél a megvalósításnál a vasút biztosítóberendezési, jelzési rendszere fontos szerepet játszik. Az ETCS 1-es szinten a fedélzeti berendezés képernyőjén megjelenő információ (egy előre meghatározott távolságon) meg kell feleljen a pálya mellett telepített jelzők jelzési képeinek. A jelfeladási pontok erősen kötődnek a biztosítóberendezéshez, a pontszerű információ átviteli rendszer pedig mintegy ráépül erre.



9.42. ábra
1-es kiépítettségi szint

Rádiós lefedettség nem szükséges és valamennyi alapvető kommunikáció megvalósítható a balízokkal. A jelzési adatot a pályaoldali elektronikus egységek (LEU) szolgáltatják a balízok részére. A változó adatok átvitele a járműre – szabványosított táviratokkal – a vezérelhető balízok közreműködésével történik. Az információátvitel 1-es szint esetén jellemzően csak egyirányú, tehát csak a pályaoldali alrendszer adhat információkat a fedélzeti berendezés ré-

szére. Az 1-es szinten a pályaoldali berendezések nem azonosítják, hogy éppen melyik vonatnak küldik az információt (kivételt képez a rádiós infill)!

Az ETCS rendszer 1-es szintjén a vonatok forgalmának szabályozása alapvetően a helyhezköthött jelzők által adott parancsokra épül. A mozdonyvezető megfigyeli a jelzők jelzéseit és annak megfelelően szabályozza a haladási sebességet. Az ETCS rendszer üzemszerűen nem avatkozik be, csak a fedélzeti berendezés kezelői felületére küldött információkkal támogatja a mozdonyvezetőt. Beavatkozás csak akkor szükséges, ha a mozdonyvezető nem a helyhezköthött jelzők által adott jelzéseknek, illetve nem az egyéb módon adott – pl. a lassújelekkel kapcsolatos, vagy a forgalmi szolgálattelvők által gépi úton beadott – utasításoknak megfelelően vezeti a vonatot. Az ETCS rendszer lehetővé teszi, hogy a fedélzeti berendezés kezelői felületén megjelent információk kiértékelésére, a döntésre és cselekvésre a mozdonyvezetőnek meghatározott (elegendő) idő álljon rendelkezésre.

Az ETCS 1-es szinten a balízekat elsősorban a helyhezköthött jelzők közelében, a jelzők előtt telepítik. A balízekat úgy kell elhelyezni, hogy a jelző előtt megálló vonat mozdonyának vevő antennája még ne vegye a balízek által adott információkat, illetve ne lépjen be a balízek és a jelző közötti szakaszra. E feltételek teljesítése érdekében az alapirány szerinti balízsoportozhoz tartozó első balízt célszerű a jelzőhöz minél közelebb elhelyezni.

Az 1-es kiépítési szinten rendkívüli szerep jut az STM modulnak, hiszen az alapot még a nemzeti (vonatbefolyásoló) berendezések nyújtják, amelyekkel az együttműködő-képességet az STM modul teremti meg. Segítségével az ETCS rendszerben közlekedő járművek is képesek a nemzeti információikat felhasználni.

Főbb pályaoldali funkciók:

- A mozgási engedély meghatározása a hagyományos jelzési és biztosítóberendezési rendszer alapján.
- A mozgási engedély és az infrastruktúra adatok átvitele a vonatra.
- Biztosítóberendezési funkciók a berendezések vezérléséhez (pl. váltók, jelzők).
- Központi irányítási funkciók, „hálózatmenedzsment”.

Főbb fedélzeti funkciók:

- A mozgási engedélyek és pálya-karakterisztika fogadása.
- Statikus sebességprofilok és távolságok kezelése.
- A legkorlátozóbb érték kiválasztása a különböző engedélyezett sebességek közül.
- Dinamikus sebességprofil számítása, figyelembe véve a futási karakterisztikákat.
- Az aktuális és az engedélyezett sebesség összehasonlítása, a fékberendezés működtetése, amennyiben szükséges.
- A vezető tájékoztatása, információellátás.

A vasút üzemeltetője fentiek alkalmazásával, a biztonsági szint növelésével modernizálhatja hálózatát, megtartva a lehetőségét, hogy a későbbiekben műszaki problémák nélkül továbbfejleszthesse hálózatát az ETCS magasabb szintjeire.

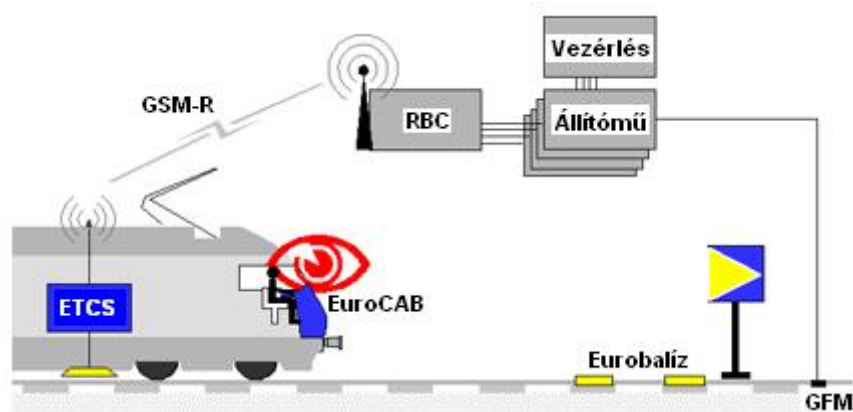
Szükséges azonban az elhangzottak mellett két problémára is felhívni a figyelmet. Az egyik: amikor a vonat vörös jelzőhöz közelít, majd megáll, a mozdony vevői nem érik el a jelző mellett (a következő jelzőre vonatkozó) balízsoport első balízt. Amikor a jelző továbbhaladást engedélyező állásra vált, e tényen kívül semmi sem történik (kitöltést nem tételezünk fel). A mozdonyvezető erről továbbra is csak a jelzőt figyelve kaphat információt. Hiába érzékeli a

LEU és így a vezérelhető balíz az új jelzési képet, a mozdonyra ez az információ még nem jut fel, következésképpen a DMI sem jelenít meg semmilyen friss információt. Emiatt a pontszerű hagyományos vonatbefolyásoló rendszert alkalmazó vasutak a vörös jelzőhöz közelítés sebességét maximálták (oldási sebesség). Az oldási sebességérték alatt a mozdonyvezető megközelítheti a jelzőt, természetesen feltételezve, hogy az időközben továbbhaladást engedélyező állapotba került. Ebben az esetben a folyamatba mindenképpen belépett az ember. Rá van bízva, hogy a vonatot a balízig az oldási sebességérték alatt elvezesse, ellenkező esetben viszont ne oldja a fékeket az oldási sebességen.

A másik probléma, ha speciális nemzeti jelzés jelenik meg a jelzőn, például Magyarországon a vörös fény alatt kigyullad a villogó fehér „Hívójelzés”. Ahhoz, hogy a mozdony ETCS formátumú üzenetet kaphasson, el kell érnie a balízt. A 75 Hz-es jelfeladás feltételezése sem segít sokat a helyzeten. A MÁV ugyan előírhatja az STM-HU telepítését valamennyi ETCS felszereltségű saját mozdonyára, azonban erre senki mást kötelezni nem lehet. A rendszer lényege éppen abban áll, hogy ne kelljen drága berendezést a mozdonyokba telepíteni, vagy személyzetcsereket végrehajtani. Így az adott ország jelzéseinek ismerete továbbra is alapkövetelmény és ez elő is van írva minden országban. Az interoperabilitás tehát személyzeti vonatkozásban (is) komoly aggályokat vet fel az 1-es szinten.

A 2-es szint

A 2-es szint – ahogy az első is – alapesetben a hagyományos biztosítóberendezésen alapul, ahol a vonatérzékelés sínáramkörökkel, vagy tengelyszámlálókkal történhet. Azonban a mozgási engedélyeket nem szükséges a pályára „kivinni”, tehát balízzal átvinni a fedélzetre. A „pályától” nyert biztosítóberendezési és ETCS-specifikus adatokra alapozva az információt az RBC (Radio Block Center – *Rádiós Irányítóközpont*) kezeli és juttatja el a vonatokhoz a GSM-R kommunikációs rendszeren keresztül (9.43. ábra). Alapesetben a pályaadat is az RBC-n keresztül jut a vonatra, jóllehet ahol útválasztási lehetőség nincs, ott balízzal is egyszerűen megoldható ez a funkció. A balízek szerepe csupán arra korlátozódik, hogy a vonat behatárolja vele pozícióját a pályaadatokhoz és a mozgási engedély végéhez képest, azaz a balízek mint egyfajta elektronikus kilométerkövek, referenciapontok foghatók fel.



9.43. ábra
2-es kiépítettségi szint

A fedélzeti berendezés mindig egy meghatározott balízcsoporthoz viszonyítja helyzetét, ahhoz képest számolja a távolságokat, kezeli a lokális adatokat. Új fogalom bevezetése célszerű most: *utolsó meghatározó balízcsoporthoz* (Last Relevant Balise Group – LRBG). Alapesetben,

ha a láncolási információ ismert a fedélzeten, akkor az utolsónak meghaladott és hibátlanul olvasott láncolt balízscsoport az LRBG. Amikor a láncolási információ nem áll rendelkezésre a fedélzeti berendezésben (pl. mozdony élesztése után), akkor az LRBG az első elért és hibátlanul olvasott balízscsoport. Az LRBG egyfajta közös vonatkoztatási pont a vonat és a pálya között. Segítségével az odométer pillanatnyi kerécsúszások, vagy kipörgések miatti pontatlansága is korrigálható, amint a vonat meghalad egy láncolt (ismert pozíciójú) balízscsoportot. Érvényes láncolási információk mellett egy nem láncolt balízscsoport sosem lehet meghatározó balízscsoport.

A 2- szinten a vasút üzemeltetője eltekinthet a pályaoldali jelzőberendezések nagy részétől, így az infrastruktúra-költségek csökkenthetők. Megtartásuk mellett szólhat ugyanakkor, hogy visszaesési szintként szolgálhatnak, illetve a hagyományos rendszerű vonatok továbbra is közlekedtethetők. Fontos különbség az 1-es szinthez képest, hogy a pályaoldal (RBC) egyértelműen azonosít minden egyes vonatot, annak egyedi azonosítója alapján. Az üzemi határfeltételek túlnyomó többségét a biztosítóberendezés hatókörzetébe tartozó foglaltsági szakaszok határozzák meg. Minden egyes szakaszhatárt az ETCS szempontjából virtuális jelzőként kell felfogni. A 2-es szinten is fix térközők vannak. Az 1-es szinthez viszonyított legfontosabb előrelépés a folyamatos, kétirányú – rádiós – adatátvitel.

A 2-es szint főbb pályaoldali funkciói:

- Vonatonként egyéni mozgási engedély meghatározása a jelzési és biztosítóberendezési rendszer alapján.
- A mozgási engedély és az infrastruktúra adatok átvitele minden vonatra külön.
- Biztosítóberendezési funkciók a berendezések vezérléséhez.
- Központi irányítási funkciók, „hálózatmenedzsment”.
- Minden ERTMS/ETCS felszereltségű – és az adott RBC körzetben belül azzal közlekedő – vonat ismerete egyéni azonosítójuk alapján.
- Valamennyi az adott RBC körzetben közlekedő felügyelt vonat pozíciójának folyamatos követése.
- Vonatok irányításának átadása szomszédos RBC-k között.

A 2-es szinthez köthető főbb fedélzeti funkciók:

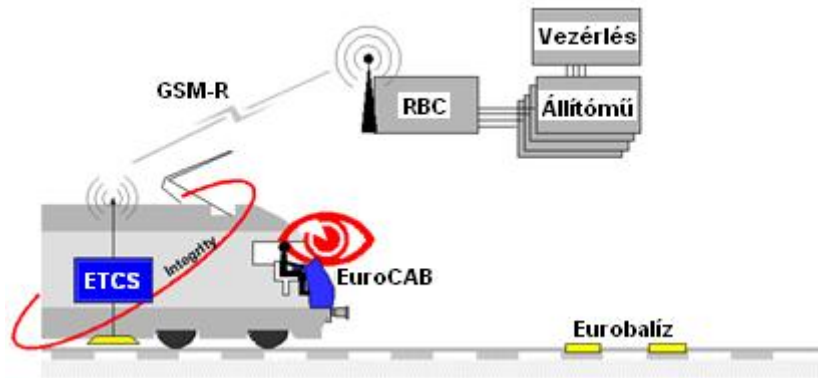
- A legkorlátozóbb érték kiválasztása a különböző engedélyezett sebességek közül.
- Dinamikus sebességprofil számítása, figyelembe véve a vonat futási/fékezési karakterisztikáit.
- Az aktuális és az engedélyezett sebesség összehasonlítása, a fékberendezés működtetése.
- A vezető tájékoztatása, információellátás.
- A vonat fogadja a balíz-információkat, s ezzel összhangban elküldi pozícióját a rádiós irányító központnak.
- A vonat a mozgási engedélyét, valamennyi pályakarakterisztikát, a statikus sebességprofilokat és a távolságadatokat GSM-R átvitellel kapja.

Az ETCS 2-es szintjének előnyei és hátrányai már ismertek.

A 3-as szint

Az ETCS jelenlegi legmagasabb szintje a 3-as szint (9.44. ábra). Jellemzői a folyamatos sebesség-felügyelet, a rádiós vonatbefolyásolás és a „mozgó blokk” rendszer. A vonatintegritás, vonategység felügyeletében immár meghatározó szerepet játszik maga a jármű. Ezáltal a pá-

lyaoldali költséges berendezések (sínáramkörök, tengelyszámlálók) felszámolhatóak, a kapcsolódó berendezések egyszerűsíthetőek. A 3-as szinten a vonatok – egy az ERTMS/ETCS specifikáción kívül eső külső egységen keresztül – folyamatosan figyelemmel kísérik a vonatintegritást, és ennek eredményéről információt küldenek az RBC-nek. Ahogy az a fedélzeti vonatintegritás felügyelő rendszerelemnél látható, a vonatintegritás külső eszközzel való, de interoperábilis felügyelete egyszerűen megoldható zárt motorvonatok esetén, ám annál bonyolultabb hosszú tehervonatok esetén.



9.44. ábra
3-as kiépítettségi szint

Az alap most is a 2-es szinten már említett GSM-R igénybevételével megvalósuló pályajármű kommunikáció, és a balizok pontszerű jelfeladása, leginkább helymeghatározás céljából. Az RBC információkkal látja el a vonatok, emellett folyamatosan figyelemmel kíséri azokat saját azonosítójukon keresztül. Ezen a szinten pályaföldi jelzőkre már egyáltalán nincsen szükség, valamennyi információközlés alapja a rádiókommunikáció. Tekintve, hogy egyre nagyobb feladat hárul a fedélzetre, az ETCS 3-as szintje jellemzően zárt pályás, nagysebességű vonalakon alkalmazható, ahol a járműállomány homogenitása biztosítható.

Főbb pályaföldi funkciók:

- Az egyéni mozgási engedély meghatározása minden vonatra külön-külön.
- A mozgási engedély és az infrastruktúra adatok átvitele minden vonatra külön.
- Biztosítóberendezési funkciók a berendezések vezérléséhez.
- Központi irányítási funkciók, „hálózatmenedzsment”.
- Valamennyi ERTMS/ETCS felszereltségű és az adott RBC körzetben belül azzal közlekedő vonat ismerete egyéni azonosítójuk alapján.
- Valamennyi az adott RBC körzetben közlekedő felügyelt vonat pozíciójának folyamatos követése.
- Főként a vonatokról kapott információk alapján kezelni a „vágányutak” lezárásával és feloldásával kapcsolatos feladatokat.
- Vonatok irányításának átadása RBC-k között, azok határainál.

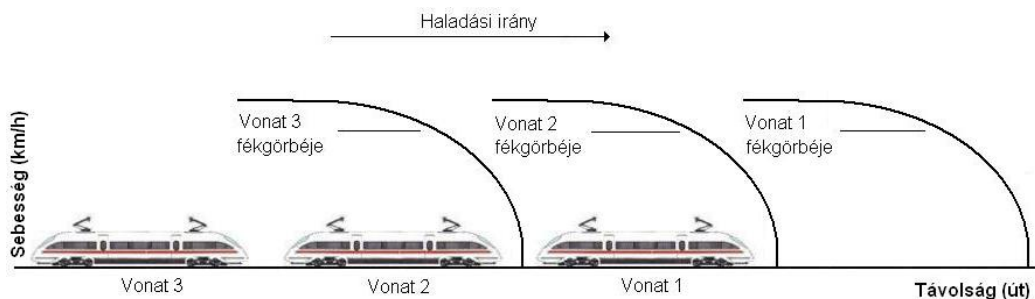
Főbb fedélzeti funkciók:

- A legkorlátozóbb érték kiválasztása a különböző engedélyezett sebességek közül (ETCS);
- Dinamikus sebességprofil számítása, figyelembe véve a vonat futási/fékezési karakterisztikáit (ETCS);
- Az aktuális és az engedélyezett sebesség összehasonlítása, a fékberendezés működtetése, amennyiben szükséges (ETCS);

- A vezető tájékoztatása, információellátás (ETCS);
- A vonat fogadja a balíz-információkat, s ezzel összhangban elküldi pozícióját a rádiós irányítóközpontnak (ETCS);
- A vonat a mozgási engedélyét, valamennyi pályakarakterisztikát, a statikus sebességprofilokat és a távolságadatokat GSM-R átvitelrel kapja (ETCS);
- A vonat maga felügyeli a vonatintegritást (külső funkció, nem része az ERTMS/ETCS-nek), és erről informálja az RBC-t (ETCS).

A mozgó blokk

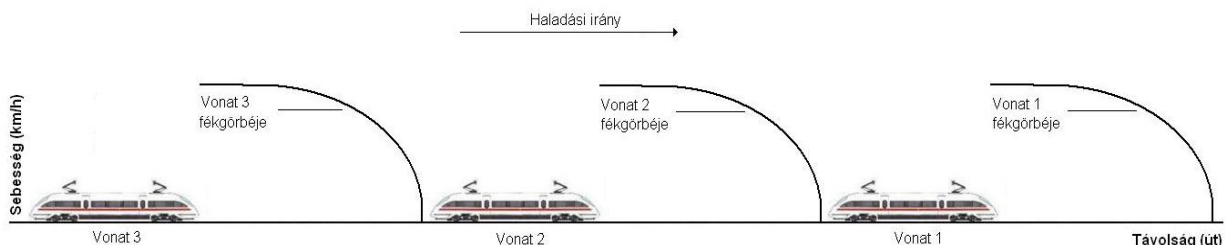
Ahogy a különböző vonatbefolyásoló rendszerek fejlődtek, számos finomítás történt. Az utóbbi időkben azonban a hangsúly a fix blokkrendszerrel történő szakítást támogató elképzelések felé tolódott. Ennek az az előnye, hogy a vonatok közötti követési távolság változtatható aktuális és egymáshoz viszonyított sebességük függvényében. A vasutak szabályokhoz kötött világában az ilyen közlekedési rendnek megvan a valóságalapja.



9.45. ábra

A mozgó blokk elmélete

A fenti ábrán látható, ha mindegyik vonat azonos sebességgel halad, s mindegyik azonos fékhatással is rendelkezik, akkor elméletben néhány méterre követhetik egymást. Ez azt jelentené, hogy a vonatok 50 km/h-s sebességnél kb. 50 méter távolságra követhetnék egymást. Az ETCS specifikációs folyamat közepén, 1998. június 3-án bekövetkezett németországi (Eschede) ICE vonatbaleset alapjaiban rendítette meg a mozgó blokk teória követési távolságára vonatkozó addigi elképzeléseket. A nagysebességű közlekedésben a vonatok féktávolsága számos esetben eléri a 3000 métert. A tragédia kapcsán azonban világossá vált, hogy rendkívüli esetben a vonat – akár 300 km/h sebességről történő – rövid távolságon belüli megállítására is fel kell készülni. Így két vonat között a biztonságos féktávolság minden körülmények közötti fenntartása alapkövetelmény maradt (9.46. ábra).



9.46. ábra

Az eschedei vonatszerencsétlenség kihatása a mozgó blokk elméletre

Amit mindenesetre ezután is érdemes megfontolni, az a blokkok helyének és hosszának a vonat helyével és sebességével megegyezően történő megválasztása. A fix kiosztás helyett mozgathatóvá kell tenni a térközöket. Ez a fajta rugalmasság ugyanakkor – hogy a vonat helyét, sebességét és irányát felügyelhessük, illetve, hogy közöljük a vonattal a megengedhető sebességet – sokkal inkább a rádióátvitelt követeli meg, mintsem a hagyományos sínáramköröket.

A hagyományos vonatbefolyásoló rendszerek a teljes vonal mentén igénylik a drága és érzékeny hardware-t, kitéve azt az időjárás viszontagságainak, elhasználódásnak, vandalizmusnak, lopásnak és a nagy igénybevételnek. A meglehetősen kiterjedt elhelyezkedés miatt a fenntartás drága, és gyakran csak a vonatmentes időközökre korlátozódhat. A hibák nehezen behatárolhatók, és nehezen megközelíthetők. Ezen okok miatt az üzemeltetők igyekeznek visszaszorítani a pályaoldali berendezések mennyiségét, ezzel csökkentve a fenntartás és a telepítés költségeit is. Ezzel teljes összhangban van a mozgó blokkos rendszer, amely kevesebb pályaoldali berendezést igényel, mint a fix térközökből felépülő. Az üzemeltetők számára kedvező eredmény továbbá a vasútvonal átbocsátóképességének növelhetősége.

10. A NAGYSEBESSÉGŰ KÖZLEKEDÉS

A 19. században született, immár több mint 170 éves vasút, a társadalom életében és a nemzetgazdaság működőképességének javításában, alapvetően fontos szerepet tölt be. Ez alatt a hosszú idő alatt a vasutat folyamatos fejlődés jellemezte. A vasút fejlődése a vasúti rendszer három fő alkotóelemének (pálya és környezete, jármű, továbbá az ezeket működtető üzem ideértve az embert) korszerűsítésében nyilvánul meg. A vasút fejlődése a 20. század utolsó évtizedei óta, különösképpen a nagysebességű vasúti közlekedés gyors terjedésével, intenzívvé vált. A sebesség növekedése kikényszerítette a pálya és automatika működésének új alapokra helyezését és rohamléptekben történő korszerűsítését. Ennek következtében a vasúti közlekedés 21. századbeli reneszánszának lehetünk tanúi.

Mit tudunk sebességről, a fizikának oly fontos alapfogalmáról, amely a hálózati mozgások révén a teret és időt kapcsolja össze. A menetrend grafikus formáinál, az út-idő diagramban ábrázolt görbék paramétere. A műszaki érzékünk fejlesztése céljából, íme néhány sebességféle a bennünket körülvevő világból:

1 m/s alatt

0,08 cm/s: csigatempó

4,76 cm/s: kompakt kazetta lejátszási sebessége

53,2 cm/s: a hanglemez forgási sebessége a lemezjátszóban

1 m/s - 10 m/s

1,4 m/s (5 km/h): gyalogos sebessége

5,5 m/s (20 km/h): kerékpáros sebessége

7 m/s (25 km/h): segédmotoros-kerékpáros sebessége

10 m/s - 100 m/s

10,2 m/s (36,8 km/h): jó képességű atléta sebessége a 100m síkfutásban

30 m/s (110 km/h): gepárd végsebessége

36,1 m/s (130 km/h): sebességhatár számos európai autópályán

97,2 m/s (350 km/h): HST tervezett legnagyobb menetsebessége (AVE S-103)

100 m/s - 1000 m/s

159,7 m/s (574,8 km/h): sín-kerék rendszerű vasút világrekordja: TGV

240 m/s (850 km/h): utasszállító repülőgép (JET) jellemző sebessége

341 m/s (1228 km/h): autós világrekord (Thrust SSC)

343,4 m/s (1236 km/h): hangterjedési sebesség levegőben, 20°C esetén

465 m/s (1674 km/h): a Föld forgási sebessége az egyenlítőn mérve

647 m/s (2330 km/h): a Concorde legnagyobb utazási sebessége

1 km/s - 10 km/s

1,023 km/s: a Hold közepes keringési sebessége a Föld körüli pályán

2,1 km/s (7700 km/h): a leggyorsabb légbeszívású repülőgép (Boeing X-43A)

4 km/s: földrengés terjedési sebessége

5,9 km/s: hangterjedési sebesség fémekben

10 km/s - 100 km/s

11,2 km/s: a Föld keringési sebessége

59,6 km/s: a Jupiter keringési sebessége

Nagyobb sebességek

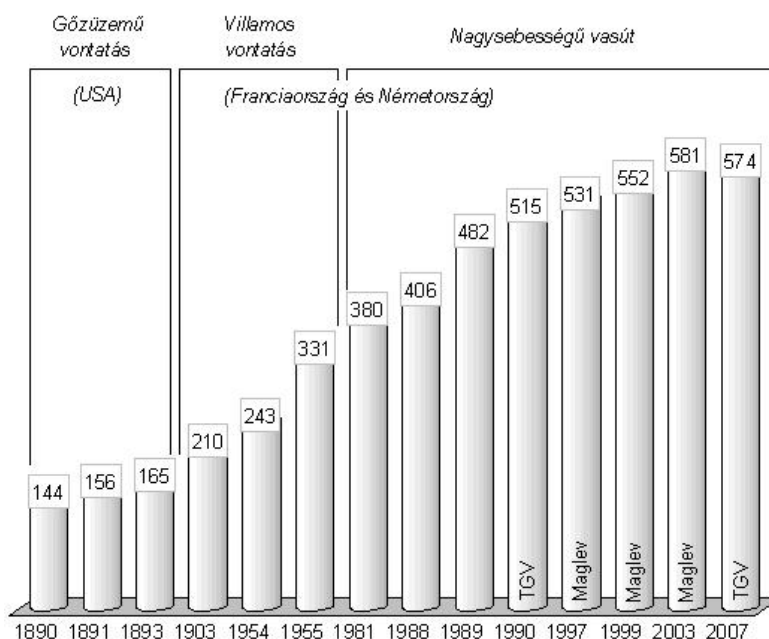
124000 km/s: fényterjedési sebesség gyémántban

299792,458 km/s: fényterjedési sebesség vákuumban

10.1. A nagysebességű vasutak jellemzői

A fejlett nyugat-európai országokban új nagysebességű vonalak (hálózat) épülnek és így a kontinensnek ebben a felében készül egy nagysebességű vasúthálózat. A közép-kelet európai országok és a nyugat-európai országok között a vasutak műszaki színvonala és szolgáltatásminősége, de különösen a megvalósuló fejlesztések tekintetében nagy különbségek mutatkoznak. A Nemzetközi Vasútegylet (UIC) egységes európai vasúti rendszerben gondolkodik négy évtizede. Ennek megvalósítása a fejlődésbeni különbségek miatt nehézségekbe ütközik. 1985-ben az ENSZ/EGB keretében került kidolgozásra az AGC egyezmény, a fő nemzetközi vasútvonalakról. 1995-ben az EU és az UIC közös javaslatára az Eurailspeed konferencián elfogadták a nagysebességű vasútvonalak hálózatát. A fejlesztésben számunkra is döntő szerep jutott a krétai (1994) majd a Helsinkiben megtartott közlekedési miniszterek konferenciájának, ahol elfogadták az európai közlekedési folyókat.

Az üzemben levő nagysebességű vasútvonalak túlnyomó többsége a klasszikus vasúti felépítményen létesült. Ezzel a felépítményrendszerrel megfelelő teherbírás és geometriai kiépítés, valamint karbantartás biztosításával, továbbá a szükséges járműállomány biztosításával lehetőség kínálkozik a 250-300 km/ó átlagsebességek elérése. A sín-kerék rendszer adhéziós kapcsolata azonban lehetővé teszi az 500 km/ó sebesség elérését is és a nagysebességű vonalak ilyen sebesség melletti üzemeltetését. A konvencionális vasúti pályán a nagysebességű vonatok által elért sebesség rekordokat a 10.1. ábra szemlélteti.



10.1. ábra
Sebességrekordok a konvencionális vasúti pályán.

Normális esetben a nagysebességű vonatok külön infrastruktúrát igényelnek. Bizonyos esetekben ennek azonban határt szab a legalább 160km/ó sebesség, vagy a naponta közlekedő távolsági vonatok mennyisége. Amikor egy vonat – a pályaszakaszra jellemző – névleges (átlagos) sebességgel, 160 és 180km/ó között közlekedik, akkor egy hegyen, vagy egy tenger-szoroson keresztül haladva, sebessége az 160km/ó alá esik. Ez biztosan nem nagysebesség. Ilyen okok miatt is vigyázni kell a sebességgel való azonosításra.

Általánosan kialakult szemlélet szerint bővül azon szakemberek köre, akik a sebesség különféle csoportjainak képzésekor, a következők szerint járnak el:

- 140km/ó alatt hagyományos vasúti sebesség,
- 200km/ó alatt emelt sebesség,
- 200km/ó felett nagysebesség,
- 300km/ó felett nagyon nagy sebesség.

A „Nagysebességű rendszer” kifejezés meghatározása egyetlen fogalomként nehéz feladatnak bizonyult. A hálózattulajdonosoktól a vasúttársaságokig, ezidő szerint nem egybehangzóan vélekednek e fogalomról. Ez is egy oka annak, hogy a nagysebességű közlekedés valódi statisztikai és térképei nehezen készülnek el.

A nagysebesség mindig egy bizonyos szolgáltatásminőséget jelent. A nagysebességgé definiált vasúti kapcsolat:

1. emelt szintű biztonságot kínál,
2. magasabb utazási komfortot biztosít,
3. nagyobb kapacitást jelent,
4. környezetterhelés mértéke kicsi.

A nagysebességű közlekedés egy bizonyos vonatgyakoriságot és gyors eljutást kínál. Ez vonatkozik például a „városközponttól a repülőtérig” terjedő összeköttetésre mintegy 50km távolságig. Ez például minden negyed órában egy 200km/ó sebességgel közlekedő vonat indulását jelenti. Ilyen kapcsolat lehet a repülőterek közötti vasúti összeköttetés, amelynek során, a vonaton tipikus légi kiszolgálás valósul meg (fedélzeti személyzet, járatszám, étlap, média hozzáférés, stb.). Ideérthetők a távolsági vonatok, amelyeket üzletemberek részére tartanak fenn, s amelyeken ideális munkakörülmények (modulelemes tárgyalótér, PC-, fax-, nyomtató, és internet csatlakozás, stb.) tarthatók fenn és ahonnan taxi is rendelhető. Amikor meghatározott rendszerben tehervonatok közlekednek a nagysebességű hálózaton, úgy azok korlátozzák a hálózat és az éjszaka forgalmát. A nagysebesség egy utolsó aspektusa a „HG teherforgalom”, eltekintve a postaforgalomtól. Így a sebességlépcsők szerint (maximális-, legnagyobb alkalmazható, átlagos-, vagy kereskedelmi sebesség) lenne alakítható a szolgáltatás, és pedig nemcsak a vonat fedélzetén, hanem a már ismert háztól házig forgalomban.

A nagysebességű közlekedés rendszere országonként különböző elnevezésű. A „nagysebességű vonat” kifejezés általánosan használatos a rendszer azonosítására (néhány példa):

- Egyesült Királyság „**High Speed Train**” (HST),
- Franciaország „**Train à Grande Vitesse**” (TGV),
- Németország „**Hochgeschwindigkeitszüge**” (HGS),
- Olaszország „**Treno ad Alta Velocità**” (TAV),
- Spanyolország „**Tren de Alta Velocidad**” (AVE).

A különböző menetrendi időszakokban Európában közlekedő nagysebességű vonatfajták:

- **EC** – EuroCity. A nemzetközi forgalom nagysebességű, egységes előírások betartásával közlekedő, több ország fő és nagyvárosát összekötő expresszvonat,
- **IC** – InterCity. Az egyes országok nagyvárosait összekötő, általában ütemes menetrend szerint, közlekedő belföldi expresszvonat,
- **EN** – EuroNight. Egységes előírások betartásával közlekedő, magas kényelmi fokozatú, nagysebességű, nemzetközi éjszakai vonat,
- **EUROSTAR** – a francia, brit és belga vasutak által a Csatornaalagút átmenő forgalma céljára üzemeltetett nemzetközi expresszvonat,

- **ICE** – InterCity Express. A német vasút által kifejlesztett kiemelten nagy sebességű, elsősorban a belföldi nagyvárosokat összekötő, magas kényelmi fokozatú expressz-vonat,
- **TGV** – A francia vasút által a legkorszerűbb elvek alapján kifejlesztett igen nagy sebességű (rekordot tartó), elsősorban belföldi igényeket kielégítő expressz-vonat
- **THALYS** – néhány nyugat-európai kiemelten nagy sebességű és kényelmű, nagyvárosokat összekötő nemzetközi expresszvonata.

A felsorolt vonattípusok a vasúti személyszállítás utasbarát átalakítását, szolgáltatás-kínálatának színesebbé, vonzóbbá tételét szolgálják. Ennek következtében a vasutak az egyéni közlekedési eszközökkel, valamint a repülőgéppel való közlekedésre áttért utasokat igyekeznek meghódítani. Számos nyugat-európai fejlett vasútnál e törekvéseknek pozitív eredményei vannak. Például ezt jelzi a német ICE vagy a francia TGV rendszer szerelvényeinek egyre növekvő népszerűsége és kihasználtsága.

A vasút fejlesztésének gazdasági alátámasztását is indokolják a következő tényezők, melyek a kötőpályás rendszer előnyeinek („erős oldal”) nevezhetők:

- biztonságos közlekedési (szállítási) mód,
- nagyfokú üzembiztonság,
- a tömegáruk nagy távolságú szállításában nagyon kedvező,
- alkalmazkodni tud bármely árunem szállításához,
- előnyös utazási és szállítási sebességek,
- fajlagos energia felhasználása a repülőgéphez, személygépkocsihoz és autóbushoz képest a legalacsonyabb,
- kedvező önköltségarányok (villamos vontatás + nagytömegű áruszállítás),
- időjárástól való viszonylagosan nagyobb függetlenség,
- egységnyi teljesítményre meghatározott helyigénye a legkisebb,
- minden más közlekedési rendszerénél nagyobb hajlandóságot mutat az automatizációra,
- a leginkább környezetkímélő közlekedési rendszer (villamos vontatás),
- szinte korlátlan mértékben fejleszthető,
- hátrányait a kombinált áruszállítással nagymértékben mérsékelni lehet.

A vasút hátrányai („gyenge oldal”):

- a kötött pálya bizonyos fajta rugalmatlanságot okoz,
- vasúti szolgálati helyekhez (állomásokhoz) kötöttség a személy- és áruszállításban,
- a fel- és elfuvarozás időbeni, technikai és költségkihatásai.

Franciaországban az emissziós vizsgálatok alkalmával végzett mérések eredményei, utaskilométerre vetítve a következőket mutatták:

- légi közlekedés 386 gramm szennyező anyag,
- közúti közlekedés 12 gramm szennyező anyag,
- vasúti közlekedés 0,6 gramm szennyező anyag.

A Deutsche Bahn AG. 1996. évi adatai szerint a 100 utaskilométerenként felhasznált üzemanyagból a közlekedési eszközök a következő 10.1. táblázat szerinti káros égéstermék mennyiséget bocsátják ki a légterbe.

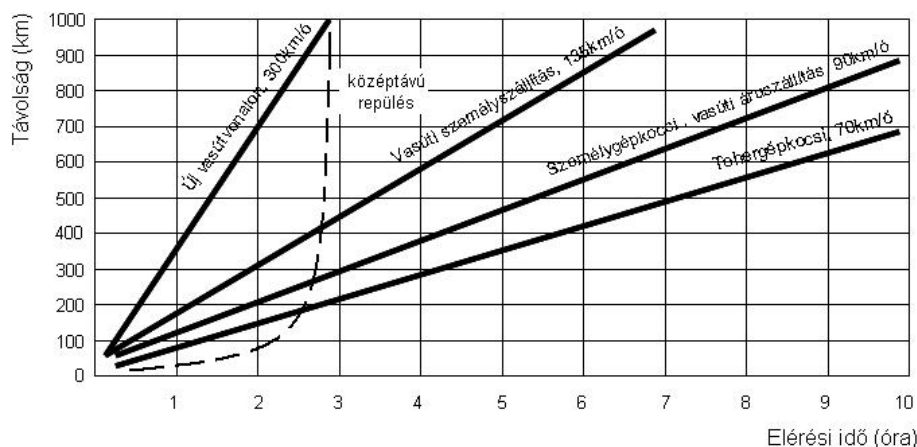
Hasonlóan kedvező képet mutatnak a más közlekedési ágazatokhoz viszonyítva, a német vasutak által okozott zajterhelések is. A korszerű nagysebességű vasút környezetkímélő és biz-

tonságos. A fajlagos halálos balesetek aránya a közúti közlekedéshez képest 1:21, a sérülései baleseteké 1:129. Annak a valószínűsége, hogy egy baleset bekövetkezik, a közúti közlekedésben 24-szer nagyobb, mint a vasúti közlekedésben.

10.1. táblázat

Károsanyag	Személygépkocsi	Repülőgép	ICE vonat
CO_2 (kg/100utkm)	14,1	17,1	4,2
CO	552	53	1
HC (gr/100utkm)	81	14	0
NO_x	121	72	5
So_2	7	8	6

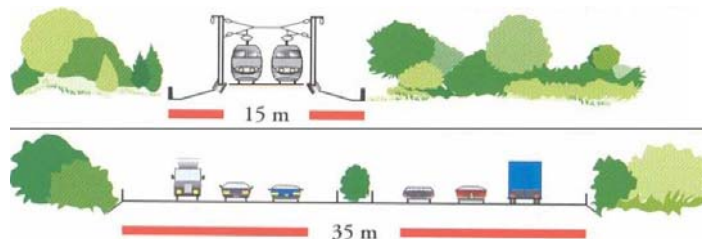
Összehasonlításként a különböző közlekedési eszközök (vonat, autó, repülő) 1000km távolság megtételéhez szükséges elérési idejét az UIC javaslata szerint, a 10.2. ábra mutatja.



10.2. ábra
Elérési idők UIC szerint.

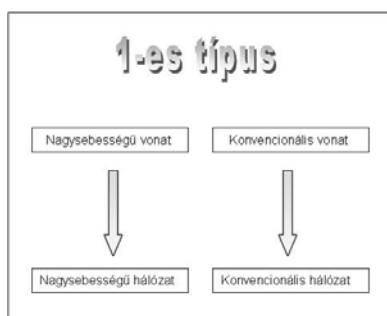
Ennek a diagramnak elkészítésénél a személygépkocsi utazási sebességét 90km/ó-ban határozták meg. A vasúton az utazási idő a személygépkocsi utazási idejének 2/3-ánál kisebb kell legyen, hogy a vonat a személygépkocsival versenyképes maradjon. Tehát ugyanannak az útnak a megtételéhez a vasúton legalább 135km/ó átlagsebesség szükséges. Figyelembe véve a pályaudvarra érkezés, majd onnan a hazautazáshoz szükséges időt, a vasútvonal átlagsebességét 160km/ó-ban állapították meg. Kedvezőtlen, kis sebességű vonalszakaszokat is magukba foglaló vasútvonalakon a fenti átlagsebesség elérése érdekében a nem speciális expressz vonalakon is 200km/ó-val járható vonalrészek építése is szükségessé válik. Az új vasútvonalakat célszerű legalább 300km/ó sebességre kell kiépíteni, éppen azért, hogy 1000km távolságon ugyanolyan utazási időt érjünk el vasútvonalon mint repülőgéppel. Az európai nagyvárosok közötti nagysebességű vasúti összeköttetés célja, hogy a legfontosabb gazdasági centrumok, nagyvárosok között megfelelően gyors és kellő gyakoriságú közlekedés legyen biztosított. A hatósugár 200-300km távolságtól 500-600km távolságtartományig terjed. E tartományokban versenyképes a vasút a közúti és légi közlekedéssel. A nagyobb sebességű expresszvonatok esetén ez a távolságtartomány 1000km-ig terjed.

A fajlagos szállítási teljesítményre vonatkoztatva a nagysebességű vasútnak kisebb közlekedési céllal elfoglalt területre van szüksége, mint a közútnak (10.3. ábra).



10.3. ábra
Szükséges földterület foglalás.

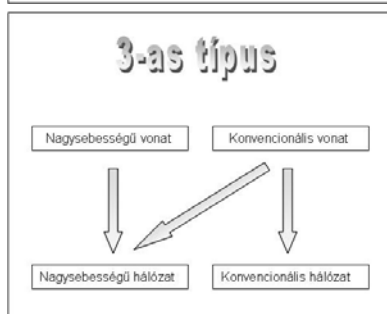
Az üzemeltetés oldaláról közelítve négyféle nagysebességű rendszert különböztetünk meg.



1-es típus: a klasszikus eset, amelyben a nagysebességű vonatok kizárólag a nagysebességű vonalakon közlekednek, anélkül hogy átjárás történne a konvencionális vasút vonalaira. Jó példa erre a japán Shinkansen-rendszer.



2-es típus: áll egy nagysebességű hálózatról, amelyet természetesen nagysebességű vonatok vesznek igénybe, de a vonatok a konvencionális hálózaton is alkalmazásra kerülnek. Franciaországban ez a szemlélet uralkodik, mivel a nagysebességű vonatok közlekedése megvalósulhat a nagysebességű vonalon, de jelentősen kisebb sebesség megtartásával a konvencionális vasútvonalon is.



3-es típus a spanyol rendszer lenne (AVE). A nagysebességű hálózaton nemcsak a 250km/h sebességgel haladó nagysebességű vonatok közlekednek, hanem a lassabb vonatok is, amelyek nyomtáv-váltó rendszerrel vannak felszerelve. Ez a megoldás kényszerűen kapacitás csökkenéssel jár. A nagysebességű vonatok viszont nem járnak át a konvencionális hálózatra.



A 4-es típus alá sorolható a német ICE és az olasz Eurostar Italia. A gördülőanyag és a hálózat nincs egymástól elkülönítve, mert a nagysebességű hálózatot minden vontattípus igénybeveheti és a nagysebességű vonatok mindkét hálózaton közlekednek.

A nagysebességű vasúti közlekedés műszaki feltételeinek biztosítását különböző színvonalú fejlesztésekkel lehet megoldani. Azonban minden egyes fejlesztés-típus más és más beruházási költséget is jelent. Alapvetően három út vezethet a jó megoldáshoz:

- új nagysebességű, kizárólag személyszállításra berendezett vasútvonalak és hálózatok, gyakran a meglévő hálózattól elkülönített építéssel, de a hagyományos sín-kerék és adhéziós vontatási rendszer megtartásával,
- a konvencionális vasút műszaki fejlesztésével, ami a meglévő pályák korszerűsítését, új típusú járművek üzembe állítását, automatizált forgalomvezérlés, elektronikus jelző és biztosítóberendezések alkalmazását jelenti,
- különleges kötőtpályás, de nem a sín-kerék rendszer elvén alapuló egyéb vasúti rendszerek kiépítésével (pl. mágneses lebegtetésű vasút) bevezetésével.

Az utazási élmény érdekében nyújtott szolgáltatások

A „Nagyon nagy sebességű vasúti közlekedés” fejlesztési program (NNSF) innovatív gyakorlati megoldásokat kínál a fedélzeti kényelem terén is. Ennek részeként a program három partnere új szolgáltatásokat fejleszt az olyan kényelmi szolgáltatások javítására, mint például a széles sávű adatátvitel a vonatok és a földi átjátszóállomások között, valamint a vonatba való beszállás komfortja és a fedélzeti helykihasználás.

Az utazási kényelem fokozása és a pihentető utazás fejlesztése érdekében, a vasúttársaság és a fejlesztő cégek együttműködnek a következő területeken:

- a vonatok belső kialakítása, a helykihasználás optimalizálása, harmonikus és praktikus elrendezéssel a vonat különböző területein,
- a vonat kialakítása (a szerelvényen a teljesítmény eloszlása növeli a moduláris elrendezést és 20%-kal növeli a befogadóképességet),
- ülések kényelme (hosszú távú utazásokhoz a nagysebességű vonatokon állítható, személyes igényekre, testmérethez alakítható ülések vannak, alkalmazkodva ezzel az egyéni kívánságaikhoz).

Az utasok kényelme

A NNSF erősen összpontosít a vonatokon nyújtott szolgáltatások maximális bővítésére, mivel az egyik alapvető különbség a szolgáltatás színvonala lesz az európai, illetve a világ más részein üzemelő nagysebességű vasúti hálózatot üzemeltető társaságok között. Szolgáltatások egész skáláját fogják bevezetni például az új, keleti irányú LGV (Franciaország) vonalon, mint pl. a Cinétrain fülkék, családok számára fenntartott területek a hagyományos osztályokon, és bővített távközlési lehetőségek (szélessávú internet kapcsolat, műholdas antenna és WiMAX technológia). A TGVTM szerelvények hamarosan nagy sebességű Internet hozzáférést nyújtanak, 320km/ó sebességgel történő haladás mellett is, míg az új, keleti vonalon közlekedő TGVTM szerelvények tetején kétirányú antenna lesz felhelyezve (áramvonalas formájú, hogy a lehető legnagyobb mértékben csökkentse a légellenállást).

Utazási idő

A NNSF megvizsgálja és figyelembe veszi a városi és regionális tervezés közlekedési vonatkozásait is annak érdekében, hogy az eljutási idő csökkentésével lerövidítse a távolságokat és közelebb hozza egymáshoz az embereket. A vasúti közlekedés rendszerességének és pontosságának javításán túl a program tanulmányozza a forgalom növelésének módját is, javítva ezzel az interoperabilitás lehetőségét és a forgalom zavartalanságát.

Franciaországban a 2007. évi állapot szerint az LGVTM vonalhálózat összesen 1.800km hosszúságú. A nagysebességű hálózat terjeszkedése újabb területeket nyitott meg országszerte és vezető szerepet játszik Franciaország változó geográfiai és gazdasági szerkezetének formálásában. Azáltal, hogy a hálózat több mint 150 vasútállomást szolgál ki az országban és mintegy 30 állomást Európában, a TGVTM jelentős fellendüléshez vezetett a gazdasági árucseré folyamatában is.

A nagyon nagy sebességű vasút átformálta a francia emberek időről és helyről alkotott gondolkodásmódját is. Ennek oka, hogy biztosítja a francia nagyvárosok 2-3- órán belüli elérhetőségét (Lille-Lyon 3 óra, Párizs-Marseille 3 óra, Párizs-Strasbourg 2 óra 20 perc). A TGVTM gyakorlatilag egy tökéletes közlekedési eszköz. Egyre messzebb szállítja az utasokat egyre rövidebb idő alatt és így óriási mobilitást kínál, valamint új szabadidős és turisztikai lehetőségek sokaságát nyújtja az utazóközönségnek.

Az Alstom és az SNCF kezdettől fogva a csuklós („tagos”) vonatszerelvények elvét alkalmazva alakította ki a TGVTM vonatot, tehát olyan műszaki konstrukcióval, amelyben egyszerre érvényesül a könnyedség, a kényelem és a biztonság követelménye. A hagyományos kocsikból összeállított vonatszerelvényeken a forgóvázak bekötése a kocsiszekerény alatt van. Ezzel szemben a TGVTM vonaton a forgóvázak a kocsik között kaptak helyet. Ez a műszaki megoldás számos előnnyel jár. A rezgés és a gördülési zaj jelentős részét könnyen el lehet szigetelni az utastértől, miközben a kocsi szekrény-mozgásokból származó kocsik közötti súrlódási erőket nagyrészt elnyeli a járművek összekapcsolásnak innovatív rendszere. A világ nagysebességű vonatai közül csak két szerelvényen található meg ez az új kocsi-összekapcsolási konstrukció.

Balesetek

A nagysebességű vasutak a világ legbiztonságosabb vasútjai. A műszaki konstrukció, az alkalmazott technológia és anyagok, a vasúti alkalmazottak szakmai színvonala, az elektronikai felügyeleti rendszer és sok más szolgáltatás gondoskodik az utasok lehető legnagyobb biztonságáról. Balesetek azonban vannak. Mivel a nagysebességű vasutak is rendelkeznek veszélyforrásokkal, melyek „kitermelik” a veszélyeket, nem lehet azt mondani, hogy 100%-osan biztonságos vasúti rendszer. A kockázat minimális, de létezik. Két baleset és következményeinek rövid ismertetése érdekes összevetésre ad lehetőséget. Az egyik:

A TGV-t a világ egyik legbiztonságosabb vasútjának tartják a szakemberek, bár eddigi rövid történetében is előfordult néhány baleset. 1993. december 21-én a Valenciennes-ből Párizsba tartó TGV, Haute-Picardie állomásnál, a világon addig legnagyobb, 294 km/ó sebességgel kisiklott. Egyetlen könnyű sérült volt.

A másik baleset:

1998. június 3.-án Eschede közelében az ICE Wilhelm Conrad Röntgen ICE 884-ss számú vonata kisiklott, majd egy beton felüljárónak ütközött, amely a vonat 8 kocsiját maga alá temette. A következmény 101 halott, 88 súlyos sérült. A vonat sebessége jelentősen alatta volt az fenti TGV sebességénél.

10.2. Az ICE, mint a környezetbarát, nagysebességű vasút

Energiatakarékosság csúcssebességnél

A DB AG. által üzemeltett ICE flotta energiafogyasztása, a nagysebesség alkalmazása ellenére, rendkívül takarékos. A flotta vontatási energiaszükséglete folyamatosan csökken. Az első generációs vonat, az ICE 1 50%-os terhelés mellett átlagosan 3 liter benzint (benzinre átszámított energiát) fogyasztott utasonként 100km-re vetítve. Az ICE 2 esetében az aktuális adat már csak 2,5 liter, az ICE 3 kevesebb, mint 2 liter fogyasztást ért el. Az ICE 3 közben csúcssebességgel közlekedik, de 300km/ó sebességig energiatakarékosabb minden kisautónál. A DB AG. az 1990-es évben – vonatok továbbítására – igényelt energiaszükségletét további 25%-kal tudná csökkenteni.

A német vasút zászlós vonata tekintettel a gyorsaságra, kényelemre, energiafogyasztásra, klímavédelemre, levegő tisztán tartására és a gazdaságosságra előkelő helyen áll nemcsak a vasutak rangsorában, hanem a közlekedési rendszerek egymással való közvetlen összehasonlításában is. A vasút környezeti előnye a Hamburg–Berlin viszonylatban látszik jól. Az ICE vonat 1,5 óra alatt futja be a távolságot és kétszer olyan gyors, mint egy személygépkocsi. A vonat esetében ezen a teljes úton átlagos terhelés mellett, átszámítva átlagosan 8 liter benzin jut egy utasra. Ilyen kedvező fogyasztástól a gépkocsi és a repülő nagyon távol vannak. A személygépkocsinál ez az átszámított fogyasztás több mint 27 liter, a rövid távú repülőgépnél 32 liter.

Egy ICE villamos motorvonat 4.000 KWó energia megtakarítást tud elérni a Hamburg és München közötti távolságon, ami egy négyszemélyes háztartás évi áramszükségletének felel meg. Másképpen és átszámítva ez két és fél tonna CO₂ gáznak felel meg.

A vasúti közlekedésben, napjainkban közel 90% a villamos vontatás aránya, ráadásul a vontatási áram alapjául egy intelligens Energiemix szolgál. A vontatási áram esetében az újrahasznosítható energiarész (vízi erőműből származó) mintegy 10%. Ma a vasút az egyetlen közlekedési rendszer, mely ezt a klímabarát vontatási energiát említésre méltó mértékben alkalmazhatja.

Energiatermelés fékezéskor

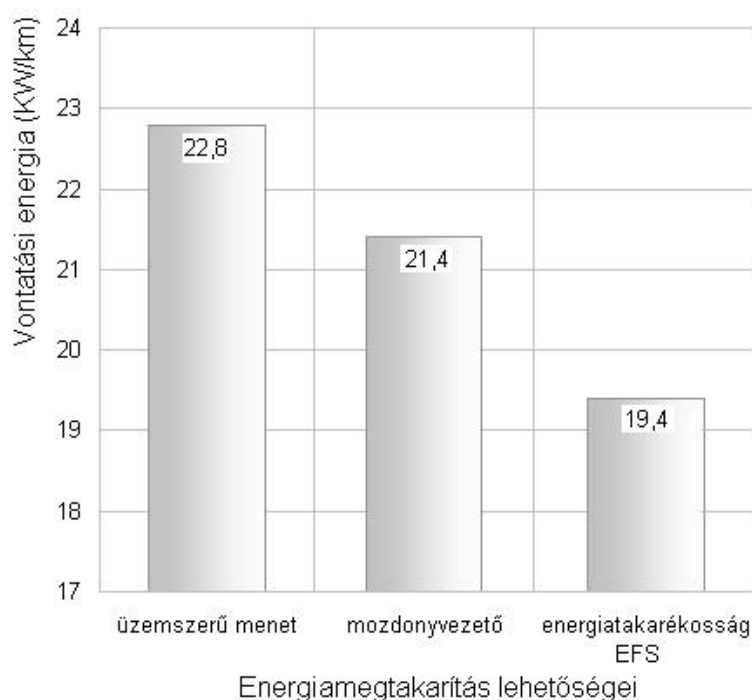
Az ICE 3 három egymástól különböző fékrendszerrel rendelkezik, melyeket egy központi fékvezérlési rendszer irányít. Teljesen érintkezésmentes és a súrlódástól függetlenül működik az örvényáramú fék a nem hajtott járműveken (kocsikban). A vonat és sín között az örvényáramú fék erős mágneses erőt aktivál. Előnye, hogy fékezéskor a keréken és sínen nem jön létre kopás, sőt nincs fékbetét kopás sem. Az örvényáramú fék összedolgozik a generátor fékkel. Ez teszi lehetővé a vontatási áram visszatáplálását a hálózatba. Ezeken kívül tradicionális pneumatikus tárcsafék segíti a fékezési folyamatot ha szükséges. Az ICE 3 mint minden korszerű vonat, ezzel az energiatakarékos fékrendszerrel van felszerelve. Az ICE 3 fékezési rendszere ökológiai és gazdasági előnyöket kínál a pálya- és járműfenntartásban is.

Az áram-visszatáplálása a villamoshálózatba és a fékezési energia „pontos” megszakítása fontos út az energiatakarékosság megvalósulásához. A korszerű váltakozó áramú technika erre lehetőséget kínál. Köszönhetően a „motorfék”-nek is nevezett generátorfékeknek, a fékezési energia visszatáplálása csak a személyszállítási üzletágban 660 GWó/év, ami megfelel 100 korszerű szélerőmű éves teljesítményének. A nagysebességű Würzburg – Hannover vonalon 280 km/ó sebesség alatt közlekedve az ICE 3 a fékezési energia visszatáplálásának segítségével 10% energiát takarít meg.

Energiatakarékos mozdonyvezetés

A személyközlekedési üzletágban a mozdonyvezetők célirányos vezetéstréningje 3 év alatt mintegy 32 millió Euro megtakarítását jelentett az energiaköltségekben. 14.000 mozdonyvezető vett részt a mozdony-szimulátoron folyó képzésben, hogy a gyakorlatban is megvalósuljon a gazdaságos mozdonyvezetés elve. Amikor a „fesztes indulás” után a vonat egyszer már felgyorsított, a kisebb keréksúrlódás miatt kevesebb energiát igényel a sebesség megtartásához.

A gyártó jóvoltából a vontatójármű felszerelése közé tartozik az energia-megtakarítást számító és az energiafogyasztást mérő készülék. Mindkettő támogatást nyújt a mozdonyvezető részére a gazdaságos vezetés végrehajtása érdekében.



10.00. ábra

Áttekintés az energiatakarékosság lehetőségeiről.

Vasúti járművek újrahasznosítható anyagokból

A vasút nemcsak a járművek üzemeltetése közben törekszik ökológiai és gazdasági előnyök elérésére, hanem a gyártás során is. Jelentős esemény volt a megerősített környezetbarát járművek üzembeállítása. Az ICE 3 könnyűszerkezetes kivitele alapján 10%-kal könnyebb az ICE 1 modellnél, ami jelentős előny az energia mérlegben. A vasúti járművek teljes élettartamát – gyártástól a selejtezésig – átgondolták. A következmény:

- A teljes vonat tömegének mintegy háromnegyede újrahasznosítható és a vonat selejtezésekor – mint nyersanyag – kinyerhető.
- A teljes tömeg pontosan ötödrésze „termikus céllal” értékesíthető.

A vonatokból kinyerhető bontási anyaghányad növekedése az energiafogyasztás csökkenéséhez vezetett.

Klímavédelem

A közlekedésben a klímaveszélyeztetés fő okozói a repülőgépek és a közúti áruszállítás nehéz és könnyű gépjárművei. A klímaveszélyeztetés a CO₂ kibocsátás révén jön létre. A vasút esetében a mobilitás és a klímavédelem nem állnak ellentmondásban. Így tudta a Bahn AG. 1990 óta harmadával csökkenteni a közlekedési teljesítményre vetített CO₂ kibocsátást. 2002-2020 között a vasút – a folyamatban levő „Klímavédelmi program 2020” alapján – önként vállalta a káros anyag kibocsátás további 15%-kal való csökkentését. 2003 és 2004 évben 4,4%-os csökkentést ért el.

Kerékzaj-elnyelés a csendes utazásért

Minden nagysebességű vonat rendelkezik egy kerékzaj-elnyelő berendezéssel, amely a kerékzajokat csökkenti. A kevésbé hangos vonatokat mindenek előtt a vasút mentén fekvő lakóövezetek becsülik meg. Az ICE 3 kerékzaj-elnyelő berendezése a kerékzajt közvetlenül annak forrásában 5- 8 dB-lel csökkenti. Ezzel az ICE a 280km/ó sebességnél jelentősen csendesebb, mint egy Intercity-vonat 200km/ó sebességen. A kerékzaj-elnyelő berendezések a futókerekek belső felületén kerülnek felszerelésre és megakadályozzák az akusztikai kisugárzást, amelyek a gördüléskor fellépő lengésekből erednek. Az ICE 3 tetején levő áramszedő aerodinamikus bevonatot kapott a nagysebesség miatt szükséges zaj csökkentése céljából.

Új toilette és klímaberendezés

A középén elhelyezett zárt toilette rendszer normál folyóvízzel, kémiai adalékok nélkül öblít. Példásképp a környezetvédelem számára az ICE 3 toilette rendszer megoldása. A „kémiai WC”-től eltérően a fekáliát minden további nélkül a csatornába eresztik. A WC és mosdó berendezés takarékos, minden öblítésnél csak 0,4 liter fogyasztása van. A háztartásokban használt WC-k esetében ez 5-7 liter. A kedvező környezeti egyensúly, az emelkedő csatornadíjak, de más gazdasági szempontból is előnyös.

Az ICE 3 a világon az első vonat, mely fedélzetén levegővel működő légkondicionáló berendezés van. Az ózonrétegre veszélyes hűtőfolyadék FCKW und FKW helyett a berendezés kizárólag levegővel, mint hűtőközeggel dolgozik. Ez egy nagyon fontos környezetvédelmi érv. Ráadásul a levegővel működő rendszer sokkal takarékosabb, mint az eddigiék.

Korrekt versenyfeltételeket!

A vasút környezetpolitikája arról szól, hogy a sínen bonyolódó forgalom előnyét következetesen kiépítse. A vasút a jövőben is minden befutott kilométerre kevesebb energiát fog fogyasztani, kevesebb károsanyagot bocsát ki és kevesebb zajt okoz. Mindehhez szükség van a korrekt versenyfeltételekre is. Milyen gondokkal küzd a vasút?

- Pillanatnyilag a vasút évente 200 millió Euro környezetvédelmi adót fizet, miközben a légi közlekedés és a folyami hajózás ettől és az ásványolaj adójától is mentesül.
- Probléma, hogy a vasút egyetlen közlekedési rendszerként anyagilag érintett az emisszió-ügyben.
- Egyedül 2004-ben a villamos áram beszerzése 50 millió Euro többletköltséghez vezetett.

A valóban fenntartható vasúti közlekedési rendszer megerősítése mindenek előtt politikai kérdés.

11. KÖTÖTTPÁLYÁS RENDSZER TELJESÍTŐKÉPESSÉGE

11.1. A kapacitáselmélet általános tudnivalói

A nemzetgazdaság termelő (szolgáltató) erőinek meghatározása, mennyiségi növelése és minőségi fejlesztése szempontjából a termelő (szolgáltató) ember és a technika (automatika, gépek, gépi berendezések, felszerelések, stb.) kiemelt szerephez jut. Utóbbihoz tartozónak tekintik a szorosabb értelemben vett munkaeszközökön kívül a termelés (szolgáltatás) célját szolgáló, vagy ahhoz szükséges létesítményeket, épületeket és termelő területeket is.

Egy termelő berendezés legfontosabb jellemzője a teljesítménnyel arányos előállított „mennyiség”, amely utal a berendezéssel végrehajtható termelés színvonalára. E jellemző azonban formailag többféle lehet. A fogalmak tisztázása és az összefüggések feltárása előtt szükséges ezek mielőbbi elhatárolása:

- a) termelési kapacitáson mindig maximálisan lehetséges színvonalat,
- b) termelési kapacitás tényleges kihasználásán valamely elmúlt, meghatározott (bázis) időszakban elért átlagos termelési színvonalat,
- c) termelési kapacitás tervezhető kihasználásán (kihasználhatóságán, átbocsátóképességén) valamely meghatározott időszakban elérhető termelési színvonalat,
- d) termelési kapacitás tervezett kihasználásán egy meghatározott időszak termelési terve, szükségletei, programjai által előírt termelési színvonalat

értünk. A fent bevezetett fogalmak közül, látszólag csak a termelési kapacitás nem vonatkozik konkrét időszakra. Ez természetesen nem igaz, a kapacitás is adott időpontra (időszakra) vonatkozik, és a teljesítőképességnek ebben az időpontban ismert felső határát jelenti. Éppen ezért a kapacitás megadásának csak úgy van értelme, ha felvételének időpontját is megadjuk. A másik három fogalom mennyiségi jellemzője elsősorban csak akkor mond valamit, ha magához a kapacitáshoz viszonyítjuk. A kapacitás tehát olyan viszonyítási alap, mely nélkül a kapacitáskihasználás színvonalának időbeli változása nem mérhető fel.

11.1.1. A kapacitás

Az anyagra munkaeszközökkel úgy hatni, hogy azok szükségletek kielégítésére alkalmasakká váljanak, csak a dolgozó ember képes, csak ő tudja a termelő berendezésben – a befektetett emberi munka eredményeként – meglevő, tőle elválaszthatatlan, szunnyadó tulajdonságokat, a potenciális teljesítőképességet, meghatározott feladatok megoldására hasznosítani. Szemben a berendezés teljesítőképességével, a dolgozó munka (termelő) képességgel rendelkezik, s ez az a tényező, mellyel a termelő berendezésben rejlő potenciális lehetőséget realizálni tudja. A berendezés önmagában termelni nem tud, erre csakis az emberi munka révén képes. Az is tény, hogy adott időpontban a berendezés maximálisan kihasználható teljesítőképessége egyben az ember termelő képességének maximumát is megszabja. Míg a teljesítőképességet a berendezésbe befektetett (holt) emberi munka hozza létre, azt realizálni, kihasználni a termelő berendezést működtető (élő) emberi munka képes. A termelési kapacitás tehát mindig arra a kérdésre ad választ, mennyit termelhetünk valamely adott, konkrét berendezésen a legkedvezőbb feltételek biztosítása mellett.

Nem hagyható figyelmen kívül a termelés aktív tényezője, az emberi munka. Ez más szavakkal azt is jelenti, hogy a teljesítőképesség abszolút felső határa általában nem jelölhető ki, mert a tapasztalatok szerint minden ismert határt az alkotó kezdeményezés előbb vagy utóbb megdönt. Hozzá kell azonban ehhez tenni, hogy nem egy adott berendezés megengedhető

műszaki jellemzőinek (fordulatszám, kazánnnyomás, megengedhető feszültség stb.) túlszárnyalásáról van itt szó, hanem a termékben kifejezhető teljesítőképesség abszolút felső határának megadhatatlan voltáról. Az adott időpontban ismert módszerek mellett elérhető felső teljesítő képességi határ, a maximális lehetőség azonban meghatározható, s ezt nevezzük termelési kapacitásnak. Ezek szerint valamely berendezés potenciális teljesítőképessége mindig nagyobb, mint a termelési kapacitás, de hogy mennyivel, ez rendszerint nem állapítható meg.

Termelési kapacitáson valamely meghatározott, konkrét berendezés teljesítőképességének adott időpontban ismert felső határát kell érteni, mely

- a berendezés gazdaságosan megengedhető legnagyobb leterhelése,
- a termelőtér legjobb kihasználása,
- a legkedvezőbb termelőfolyamat alkalmazása,
- a termelőmunka legjobb megszervezése

mellett érthető el.

A termelési kapacitás egy döntően mennyiségi (extenzív) tényezőnek, a berendezés mennyiségét és ennek változását is tartalmazó időalapnak (hasznos időalap) és egy lényegében minőségi (intenzív) tényezőnek, a kapacitás-normának szorzataként (hányadosként) számítható. Vagyis:

$$N = \frac{T_H}{t_k} = T_H \cdot n_k$$

ahol:

- T_H – a hasznos időalap,
- t_k – a kapacitás időnorma,
- n_k – a kapacitás teljesítményi norma.

A kapacitás fokozásához nem elégséges csak a termelésre használható időalapot (a berendezések mennyiségét) növelni (extenzív módszer), hanem (az intenzitás) az időegység alatt előállított termékmennyiség fokozását (intenzív módszer) is célul kell kitűzni. A feladat ilyen kitűzése mozgósít elsősorban a termelési folyamat technikájának, technológiájának és szervezésének legmagasabb fokú fejlesztésére.

A kapacitás időnorma egy időmennyiség (üzemóra/db, gépóra/db, perc/tonna, stb.), mely a „termékegység” előállításához a hasznos időalapból szükséges. Ez a meghatározás a kapacitás négy különleges feltételének teljesülése mellett érvényes. Használatos ennek a reciprokok értéke is (db/óra, tonna/műszak, kocsi/nap, stb.), melyet teljesítményi kapacitás-normának hívnak, s ez megmondja, hogy adott berendezések a hasznos időalap egysége alatt mennyi „termék” állítható elő.

A kapacitásnorma értékét általában nem lehet matematikailag meghatározni, csakis megfigyelések, mérések vagy elemzések útján. Ebben is kidomborodik az ismert elv, hogy a berendezésben rejlő lehetőségek csakis a dolgozók beavatkozásával aknázhatók ki. A kapacitásnorma adott időpontban megállapítható értéke tehát a dolgozók munkához való viszonyától, öntudatától, szakmai felkészültségétől, technikai kultúrájától is függ. Az így megállapított termelési kapacitásnorma mindenkor a vizsgált termelő berendezés teljesítőképességének kihasználása terén elért fejlődésnek, a felmérés időpontjában ismert, legmagasabb színvonalát határozza meg. A lehetőség ismert legmagasabb határán belül a munkaerő mindenkor átlagos szaktudása, a technika és technológia átlagos színvonala, az anyag átlagos minősége, a szervezethez átlagos foka állít fel korlátokat. Ezeknek azonban a kapacitásra befolyásuk nincsen.

A kapacitással összefüggő időalapok

Az idő kérdése a szervezés központi problémája. A munkaidő megtakarítás egyben a tárgyi alapot öltött munka megtakarítást is jelenti. A szervezési munka során időadatok nélkül egyetlen lépést sem tudnánk tenni, s ez az állítás maradéktalanul érvényes a szervezési tevékenység egyik legfontosabb területén, a kapacitás és kihasználás területén is. A kapacitás mindkét tényezője: a hasznos időalap és a kapacitásidő norma is időjellegű mennyiség, de időben mutatkoznak a tartalékok is.

A szervezés területén több időalap fogalommal találkozunk. Az időalap (T) valamely időszak (időtartam) napban, műszakszámban, órában (kocsióra), percben (mozdonyperc) kifejezett időmennyiség, mely valamely termelő berendezés teljesítőképességének kihasználására – adott feltételek mellett – rendelkezésre áll. Éppen az „adott feltételek”-től függően szoktak beszélni naptári, hasznos, munkarend szerinti és termelési (produktív) munkaidőalapról. A felsorolási sorrend adott esetben ezek egymáshoz viszonyított nagyságára, s így az extenzív kihasználás lehetőségeire is jellemző. Ezen időalapok egy része a kapacitás, más része a kihasználás tényezője.

A naptári időalap (T_N) valamely időszak naptári napjainak, óráinak, perceinek teljes mennyiségét jelenti. Így a 365nap (8760óra), a 24óra (1440perc) vagy az 1óra (60perc) is naptári időalapnak tekintendő. Ez az időalap azt a maximális időmennyiséget adja meg, mely a vizsgált időszakban egyáltalán rendelkezésre áll. Nem kétséges, hogy a termelő berendezés egész éven át minden nap, 24 órán keresztül még elméletileg sem működtethető. Ezért a naptári időalap, mint abszolút összehasonlítható bázis kap szerepet. Ezt a bázist csak a termelő berendezések mennyisége, vagy a naptári napok változása (szökőév) módosíthatja.

A meddő idő a naptári időalap ama része, amelyet tudatosan, tervszerűen nem használunk, vagy bármennyire akarjuk is, nem használhatunk fel termék előállítására. A meddő idők ilyenformán két nagy részre oszthatók:

- állásidőkre,
- veszteségidőkre.

Állásidő az a (tervszerű) meddő idő, mely a gazdaságos, zavartalan üzemeltetés biztosítása végett, minden körülmények között szükséges. A meddő idők közül adott időpontban és körülmények mellett elkerülhetetlenül szükséges:

1. A termelő berendezések állagának megóvására irányuló munkák és a hatóság által kötelezően előírt biztonsági vizsgálatok miatt késő idők.
2. A hatósági intézkedés vagy elfogadott kollektív szerződés rendelkezéseiből (tehát munkarendből) következő meddő idők.
3. A felügyeleti szerv által objektív okokból tervezhetőnek engedélyezett kieső idők, melyek rendszerint fokozatosan kiküszöbölhetők.

A kapacitás-számításnál csak az állásidőket szabad figyelembe venni, a kihasználás tervezésénél pedig ezeken felül az elháríthatatlan veszteségidőket is. A tényleges kihasználás megálapításakor valamennyi ismert (nyilvántartott) veszteséget számításba vesznek.

A felsorolt időtartamok alatt a berendezés a kapacitás definíciójában foglalt feltételek mellett semmi esetre sem termelhet. A felsorolt meddő idők nem egyszer s mindenkorra megállapíthatók, mert a megelőző karbantartás, a vizsgálati idők rövidítése, újabb hatósági intézkedések,

a kollektív szerződés módosítása stb. következtében változhatnak. Ezek figyelembevételével képzett időalapok tehát szintén változékonyabbak, mint a naptári időalapok.

Veszteségi idő (T_v) az a meddő idő, mely a felmérés időpontjában ismert módszerek alkalmazásával (fokozatos általánosításával) csökkenthető és a fejlődés során előbb-utóbb teljes mértékben kiküszöbölhető.

Hasznos időalap (T_H) – nem egészen helyesen időkapacitásnak is szokták nevezni – a naptári időalapnak azt a részét értjük, amely alatt a termelő berendezés üzemeltethető. Ennek az időalapnak a meghatározása úgy történik, hogy a naptári időalapból az állandó teljesítményekre lekötött (TMK idő, hatósági vizsgálati idő, elkerülhetetlen állásidő, stb.) levonjuk. A hasznos és a naptári időalap közti összefüggést tényezős alakban is szokták feltüntetni:

$$T_H = T_N - T_j = \kappa T_N$$

$$\kappa = \frac{T_N - T_j}{T_N}$$

Ahol:

T_j – a TMK és vizsgálatok miatt kieső idő.

A hasznos időalapot a termelési kapacitás extenzív mérőszámának tekintik, innen származik az a meglehetősen elterjedt, de elvileg nem helyes szokás, hogy időkapacitásról is szoktak beszélni, s ezen a hasznos időalapot értik. A hasznos időalapot használjuk a termelési kapacitás megállapítására, akár szakaszos, akár folytonos is a termelés. Fel kell hívni itt a figyelmet arra, hogy mivel a hasznos időalapot mindig folytonos (három műszakos) üzemmel számítjuk, a TMK időt is ennek megfelelően kell számításba venni. A hasznos időalap a berendezések üzemeltetéséhez valóban rendelkezésre áll, s hogy ebből mennyit akarunk és tudunk valóban hasznosítani, az már a kapacitás kihasználásának kérdése.

A kapacitás mérőszáma

A termelési kapacitás felméréssel megállapított mérőszáma azt mondja meg, hogy a felmérés időpontjában meglevő berendezés-állománnyal az ismert és általánosítható eredmények segítségével legfeljebb mennyi termék állítható elő, ha a felméréskor számításba vett tényezők biztosítására minden intézkedés megtörténhetne. E mérőszámmal tulajdonképpen azt tisztázzuk, hogy milyen nyílt tartalékok vannak.

Leggyakrabban arra van szükség, hogy a kapacitás értékét a tervezési időszakok (rendszerint egy év) tartamára vagy végére vonatkoztatva határozzuk meg. Éppen ezért bár a termelési kapacitás (elsősorban a kapacitásnorma) tulajdonképpen csak a felmérés időpontjában érvényes, időponti (statikus érték), a kapacitásszámítás és kihasználás-tervezés során azonban hosszabb időre elismerjük. Feltételezzük (s ez rendszerint így is van), hogy a kapacitás értéke a szóban forgó időtartam alatt csak a berendezés (a hasznos időalap) mennyiségi alakulása (adott időpontban ki- és belépő berendezések) miatt változik. Amikor azonban a termelési kapacitás kihasználási szintje megközelíti, eléri vagy túl is szárnyalja a teljesítőképesség (tulajdonképpen a kapacitásnorma) által meghatározott szintet, a termelési kapacitás új megállapítása okvetlenül szükségessé válik.

A termelési kapacitást lehetőleg termelési eredményben, termékegységben fejezzük ki és a termelő berendezésre vonatkoztatjuk.

A termelési kapacitás termékmennyiségben kifejezett értéke azért változik, a termék választéki arányával, mert

$$T_H = N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2 + \dots + N_n \cdot t_n = \text{constans}$$

ahol a kapacitásnormák nem egyforma időértékeinek:

$$t_1, t_2, \dots, t_n \text{ állandósága,} \\ N_1, N_2, \dots, N_n \text{ választék}$$

szerinti termékmennyiségek változása és a fenti feltételt is ($T_H = \text{const.}$) kielégítve, a termékmennyiségben kifejezett kapacitás:

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_n$$

csak kivételes esetben lehet változtatni.

Többféle termék esetén kapacitás mérése bizonyos fokú nehézségekkel és bonyodalmakkal jár. Ezek elkerülésére számos módszert alkalmaznak, melynek mindegyike homogén mérőszám bevezetésére törekszik. A legismertebbek:

- berendezésóra (kocsióra, gépóra) alkalmazása,
- pénzértékben kifejezett kapacitás,
- „feltételezett” vagy más néven „képzett” termékben való számítás,
- vezértípussal való számítás.

11.1.2. A kapacitás kihasználása

A termelési kapacitás és kihasználás közt szoros kapcsolat van. Míg a kapacitás értéke azt adta meg, hogy a termék előállítása terén adott esetben milyen lehetőségeink vannak, addig a kihasználás arra ad választ, hogy e lehetőségekből mikor és mennyit tudunk, vagy fogunk tudni kihasználni, tehát a tényleg előállított termék valóságára változtatni. A kapacitás előre-mutat és távlatilag megvalósítandó célt tűz ki, a kihasználás konkrét időszak termelésének kifejezője és már megvalósult eredményt regisztrál. Arra a kérdésre, hogy a kapacitásból mikor és mennyit fogunk tudni kihasználni, csak akkor tudunk válaszolni, ha ismerjük:

1. A termelési kapacitást, mint a lehetőség ismert felső határát.
2. A maximális lehetőség jelenlegi (bázis időszaki) tényleges kihasználtságát (e két mérőszám különbsége megadja a nyílt tartalékot).
3. Azokat a feltételeket, melyek teljesítésével a jelenlegi (bázis időszaki) kihasználás színvonala emelhető.

Fentiek ismeretében megfelelően ütemezve meg kell tervezni, hogy a felderített lehetőségekből (nyílt tartalékokból), melyeket, mikor, hogyan és milyen mértékben tudnánk és akarunk kihasználni, s e révén mik lesznek a várható eredmények (tervezhető és tervezett kihasználás). Fenti eljárással kapcsolatban elvégzett gazdasági összehasonlító számítások eredménye határozza meg az elkövetkező tervidőszakra a kihasználás színvonalát.

A kapacitás kihasználás indexe

Mint láttuk a felmért kapacitás időpontra, napra, órára vonatkoztatott érték. Ha azonban a kihasználást egyetlen időpontra vonatkoztatnánk, nem lehetne éves, negyedéves, vagy havi

tervek készítésére használni, mert a hosszabb tervidőszak alatt az időpontra vonatkoztatott kihasználási érték számottevő változásoknak van kitéve (berendezések mennyiségének változása, felfutás, gépállás, anyagihiány, időjárás stb.). Éppen ezért a kihasználás értékét egy-egy múlt vagy jövőbeli tervidőszakra vonatkoztatva (tehát átlagos értékben) határozzák meg. Hogy tehát a tervidőszakra vonatkozó átlagos kapacitás kihasználási értéket az ugyanezen időszakra vonatkoztatott kapacitás értékéhez viszonyítani lehessen, a már vázolt módon meg kell határozni a kihasználással azonos időtartamra vonatkozó időszak, átlagolt termelési kapacitást. Az az időszak, amelyre a kapacitás kihasználás átlagolt értékét ismernünk kell, lehet múltbeli (bázis) és lehet jövőbeni tervidőszak is. Az adott időszakra vonatkozó átlagolt kapacitáshoz már a kihasználás ugyanazon időszakra érvényes múltbeli vagy jövőbeni értéke viszonyítható és e viszony (nevező a kapacitás) számszerű százalékos értéke a kapacitáskihasználás indexe vagy foka, mely igen fontos műszaki-gazdasági mutató.

$$\eta_k \% = \frac{N_{kh}}{N} \cdot 100 \text{ vagyis } N_{kh} = \eta_k \cdot N$$

ahol:

N_{kh} - a kihasználás, N pedig az átlagolt időszak kapacitása azonos (lehetőleg termékekben kifejezett) mértékegységben és azonos időszakra vonatkozó értéke.

Mivel a kihasználás vonatkozhat a tényleges (bázis időszak), a tervezhető és tervezett (tervidőszaki) termékmennyiségre a kihasználás foka is vonatkozhat mindezekre az esetekre.

A termelési kapacitás tényleges kihasználásán a termelő berendezés ismert teljesítőképességének egy elmúlt időszakban megvalósított kihasználási színvonalát értjük a termelt választékban és termékmennyiségben kifejezve.

A tervezett kihasználás vonatkozhat jövőbeni, de múltbeli időszakra is, olyanra, melyre tervszámokat állapítottak meg. A terv- és tényszámok alapján számított index egyben a kapacitás kihasználási terv teljesítésére is jellemző. Mint tudjuk a kapacitással és kihasználással kapcsolatos mérőszámok nagyban függenek a választéktól és a mennyiségi aránytól is. Tervezett jellegű értékeknél (legyen ez akár kapacitás, akár kihasználás) a terv szerinti választékokkal szokás számolni. A valóságban azonban a mennyiségi arány és a választék nem alakul pontosan a terv szerint, márpedig akkor a tervezett választék alapján számított kapacitás vagy kihasználási érték nem látszik megfelelő összehasonlítási alapnak a tényleges kapacitás és kihasználás szempontjából. Nem helyes a számítást feltételezett termékre végezni sem, mert mennyiségi arány változás esetén ez sem megfelelő bázis. Kétféle számítás alkalmazása ismeretes:

- A vizsgált berendezésen megtermelt termékmennyiségeket külön-külön az egyes termékfajtákra vonatkoztatott és annak egységében kifejezett termelési kapacitásokhoz viszonyítják. Ez esetben az egyes termékekre kapott kihasználási index összege, a homogén csoport teljes kapacitására vonatkozó kihasználás indexével egyenlő.
- A kihasználás időértékével (T_k) dolgoznak. Az időértéket úgy kapják, hogy a tényleg termelt termékmennyiséget (N_{kh}) szorozzák a kapacitás időnormával (t_k).

$$\eta_k = \frac{N_{kh}}{N} = \frac{N_{kh} \cdot t_k}{N \cdot t_k} = \frac{T_k}{T_H}$$

Amennyiben többféle termékről van szó, akkor:

$$T_k = N_{kh}^1 \cdot t_k^1 + N_{kh}^2 \cdot t_k^2 + \dots + N_{kh}^n \cdot t_k^n$$

Amennyiben valamely több homogén csoportból álló keresztmetszet kihasználását kell megállapítani, akkor is homogén berendezés-csoportonként határozzuk meg a kihasználás értékét. Ezen értékek ismeretében a keresztmetszet kihasználását egyszerű összegezéssel számítjuk ki:

$$N_{kh} = \sum N_{kh}^i$$

A keresztmetszet kihasználási indexnek (fokának) meghatározásakor azonban mérlegelt átlagot számítanak. A mérlegelés a célnak és a lehetőségeknek megfelelően történhet:

- a termékmennyiséggel (ha egyazon fizikai mértékegységgel kifejezhető termékről van szó),
- a gépek számával,
- a hasznos időalapokkal $\left(\eta_{kh} = \frac{\sum \eta_{kh}^i \cdot T_H^i}{\sum T_H^i} \right)$,
- a termékek időértékével.

A dolog természetéből ered, hogy a keresztmetszet kihasználási foka, indexe a mérlegeléshez használt jellemzők szerint más és más értékűnek adódhat.

A termelési kapacitás kihasználásának is két tényezője van: a berendezés (változó) mennyiségét is kifejezésre juttató időalap és a folytonosan fejlődő irányzatú, a kapacitásnormának megfelelő kihasználási időmutató.

A kapacitás kihasználás időalapjai

A munkarend szerinti időalap (T_{MR}) a naptári időalap ama része, melynek folyamán a vizsgált időszak alatt az elfogadott munkarend és kollektív szerződés betartása mellett a berendezésnek dolgoznia kell. Munkarend szempontjából az üzemek két csoportba oszthatók:

- Folyamatos termelési üzemek, melyek időbeni megszakítás nélkül (minden nap két 12 órás, három 8 órás, négy 6 órás műszakban) termelnek.
- Szakaszos (megszakított üzemmenetű) üzemek olyan technológiai folyamattal dolgoznak, mely különösebb veszteségek nélkül bármikor (rendszerint a műszakhoz igazodóan) megszakítható, s ezt a lehetőséget kihasználva a termelés a munkaszüneti napokon, vagy a nap egy, avagy két műszakjában nem folyik.

A műszak kihasználási együtthatót, mely az üzem folyamatosságára jellemző, a következő képlettel számítják:

$$\eta_m = \frac{\sum k_g n_m m}{n_o k}$$

ahol:

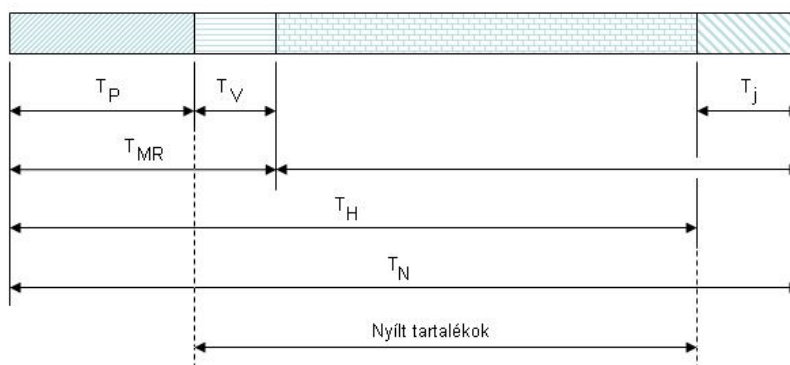
- k_g - az egyforma (n_m) munkanapon és (m) műszakon át üzemben lévő géprészlet-be foglalt gépek mennyisége,
- n_m - az egyes géprészlegek üzemben létének ideje munkanapokban,
- m - az egyes géprészlegek által naponta teljesített műszakok mennyisége,
- n_o - a vizsgált időszak munkarend szerinti munkanapjainak mennyisége,
- k - a gépcsoport összes gépjeleinek mennyisége.

A munkarend szerinti időalapnak szakaszos termelés terén van nagy jelentősége. Pl. a vasúti üzemben csak a mellékvonalakon kerülhet szóba. Folyamatos üzemnél a munkarend szerinti időalap azonos a naptári időalappal.

A termelési (produktív) időalap (T_p) a naptári időalapnak az a része, melynek folyamán a termelő berendezésnek ténylegesen termelni kell, illetőleg ténylegesen termel. Ezt az időalapot a termelési kapacitáskihasználás meghatározására használják. A kihasználható termelési (produktív) időalap tervezésekor a naptári időalaptól levonják:

- az üzemszüneti napokat,
- a nem felhasznált műszakok okozta kieső időket,
- a TMK és vizsgálatok tervezett időtartamát,
- a felügyeleti szerv engedélyével tervezhető meddő időket (garanciális javítások, rendkívüli munkák, nem helyettesíthető dolgozók betegsége, vagy szabadsága következtében várható időveszteségek).

A kapacitás meghatározásánál felhasznált időalapokat és azok egymáshoz való viszonyát szemlélteti a 11.1. ábra.



11.1. ábra
Időalapok.

Tényleges kihasználás számításakor a felsorolt levonásokhoz még a terven kívüli (szűkebb értelemben vett) ténylegesen felmerült és nyilván is tartott veszteség-idők járulnak. Az ilyen veszteségidők leggyakoribb okai:

- váratlan meghibásodás,
- szerszámtörés,
- létszámbiány,
- a munkahely (várakozás utasításra),
- anyag és energiahiány,
- szállítóeszköz hiány,
- előkészítés hiánya,
- igazolatlan távolmaradás,
- selejtre fordított idő,
- lassújárat stb.

A MÁV-nál egy kocsifordulón belül a rakodóállomási tartózkodás fele, tehát a kocsiforduló 25 %-a kiállításra, rakodásra, kihúzásra, majd az elvitelre való várakozásra (veszteségidő) fordítódik. Hasonló a helyzet a rendező-pályaudvarokon is.

A termelési kapacitás kihasználásának időmutatója (t_{kh}) az az időmennyiség, mely a számításba vehető átlagos termelési viszonyok mellett a termékegységre a hasznos időalapból esik.

$$t_{kh} = \frac{T_H}{N_{kh}}$$

Mind a tényleges, mind a tervezett kihasználás esetén a termelési kapacitás kihasználásának időmutatóját a kihasználási index segítségével (tehát ennek előzetes meghatározása után) számítják ki a következő képlettel:

$$t_{kh} = \frac{t_k \cdot 100}{\eta_k \%}$$

ahol:

- t_k - a termelési kapacitás időnormája,
- η_k - a termelési kapacitás kihasználási foka %-ban megadva.

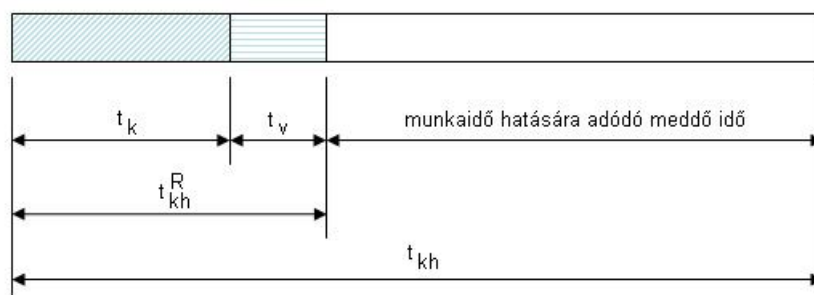
A termelési kapacitás kihasználásának redukált időmutatóját ugyancsak felhasználják a meddő idők meghatározására is.

$$t_{kh}^R = \frac{t_{kh} \cdot \eta_t^B \%}{100} = \frac{t_k \cdot \eta_T^B}{\eta_k \%} = t_k \cdot \left(\frac{T_{MR}^B}{T_H^B} \cdot \frac{T_k^B}{T_H^B} \right) = t_k \cdot \frac{T_{MR}^B}{T_k^B} = \frac{T_{MR}^B}{\frac{T_k^B}{t_k}} = \frac{T_{MR}^B}{N_{kh}^B}$$

ahol:

- t_{kh} - a kapacitás kihasználási időmutatója,
- $\eta_T^B \%$ - a bázis időszak munkarend szerinti és hasznos időalapjának aránya (hasznos időalap terhelési mutató),
- t_k - a kapacitás időnorma,
- η_k - a kapacitás kihasználásindexe százalékban.

A képletből kivehetően e mutató a munkarend szerinti időalapból egy termék előállítására lekötött idő, mely tehát már csak a munkarend hatásán kívüli, vagyis a munkarendtől független meddő időket tartalmazza. Ezen érték és a termelési kapacitás norma különbsége, ezek egy termékre vonatkozó számszerű értékét is megadja a 11.2. ábra.



11.2. ábra
Fajlagos időmennyiségek.

11.1.3. A kapacitás és kihasználásának tervezése

A termelési kapacitás tervezhető kihasználásán (kihasználhatóságán, átbocsátóképességén) a berendezés teljesítőképességének azt a színvonalát értjük, mely a tervezési időszak folyamán általánosítható legjobb terhelés, térkihasználás, technológia és termelési folyamat szervezés

mellett reálisan elérhető. A kihasználhatóságot a terv által előírt választék és mennyiségi arány mellett előállítható termékmennyiségben kell kifejezni, és a tervezési időszakra kell vonatkoztatni.

A kapacitás kihasználás tervezésének választ kell adnia a következő kérdésekre:

- a számított maximális kihasználási lehetőséget (kapacitást) hogyan mikor és milyen mértékben lehet valóságos termék formájában realizálni,
- adott időpontban fennálló, valamely meghatározott időszakban megvalósult termelés átlagos színvonalát hogyan lehet emelni,
- milyen mértékig és mely időpontokban állíthatók az egyes tartalékok a termelés szolgálatába,
- mik a fentiek feltételei,
- hogyan lehet reális tervfeladatokat kitűzni.

E vizsgálódások során – különös tekintettel a szűk keresztmetszetekre – az egyes keresztmetszeteket önmagukban kell vizsgálni és minden egyes keresztmetszeten a teljes kihasználásra kell törekedni. Különösképpen kell arra ügyelni, hogy a tervben szereplő bizonyos fajta termék nem mindenkor kerül kizárólag egy vizsgált homogén gépcsoporton vagy keresztmetszeten megmunkálásra, hanem bizonyos műveletek végezhetőek részben vagy egészben kooperációban is. Ezt a kérdést homogén berendezés-csoportonként pontosan elemezni kell. A cél, a lehetőség (kapacitás) teljes kihasználása lenne. Ennek azonban számos akadály áll útjában. Ezért a tartósan biztosítható eredmények széles körű, általános elérése csak bizonyos fejlődési idő alatt lehetséges. Ez alatt az idő alatt számolni kell a termelési kapacitás egy részének kihasználatlanságával is.

Üzemi és munkahelyi vonatkozásban a kihasználás tervezéssel kapcsolatos elemzés során lehetőleg munkahelyekig és műveletekig menően, nyilvánvalóvá kell válni azoknak a leggyengébb pontoknak is, amelyek a kihasználás fokozását döntő mértékben akadályozzák. Így válnak ugyanis nyilvánvalóvá azok az intézkedések, melyek az ilyen, a kihasználás fokozása tekintetében szűk keresztmetszetek elhárítására alkalmasak.

Tudatában kell lennünk, hogy e vizsgálat és hasznosítás teljes mértékben csak a terv megvalósítása során (operatív tervezés és vezetés gyakorlati munka) lehetséges, mert semmiféle tervezés nem képes előre felmérni az e téren adódható minden lehetőséget.

A nyílt tartalékok

A kihasználás-tervezés központi problémája a nyílt tartalékokból a tervidőszakban reálisan a termelésbe vonható résznek (megtakarításoknak) a meghatározása. Ez az ún. megtakarítás számításokkal történik. A nyílt tartalék, s egyben a megtakarítás lehet:

1. általános, nemzetgazdasági,
2. egy iparágon belüli – iparágak közötti, vállalatok közötti (főleg a specializáció, kooperáció, a koncentráció, a vezetés, a tervezés és az ellenőrzésjavítása),
3. vállalaton, üzemen belüli (az elemző munkát illetően rendszerint ez a döntő),
4. a termelés legkisebb egységeinél (munkahely, csoport) jelentkező.

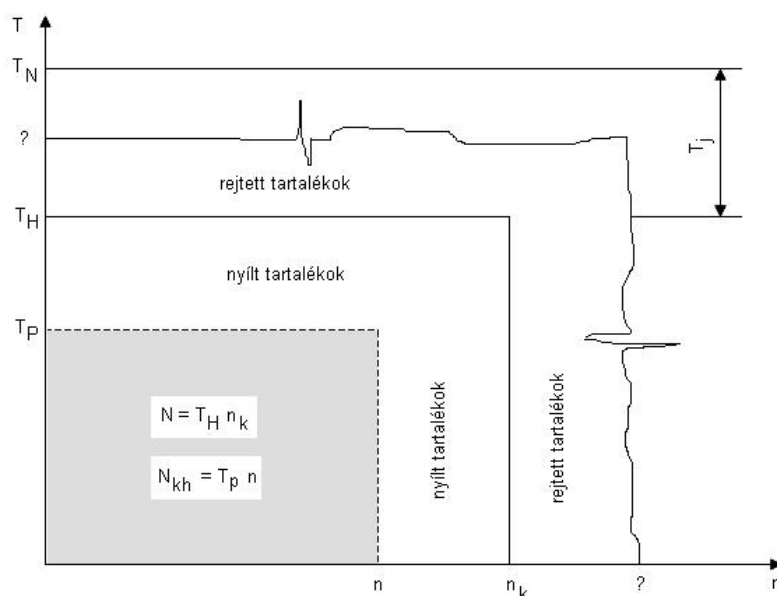
Feloszthatók a nyílt tartalékok, illetőleg megtakarítások olyanokra, melyek:

1. valamely konkrét termék előállításával kapcsolatosak,
2. a termékfajtától függetlenek.

Nyilván az előbbi esetben a választék és a mennyiségi arány is belejátszik a kihasználhatóság mérőszámának alakulásába, ez utóbbi esetben pedig nem. Ismét más szempontból megkülönböztetnek:

1. a munkával (jártasság, ügyesség, képességfejlesztés, korszerű technológia alkalmazása, általában a termelés és munka jobb megszervezése, a termék konstrukciójának tökéletesítése is),
2. a munkatárgyakkal (anyag, energia megtakarítás, de az alapanyagok minőségének és formájának megfelelő megválasztása is),
3. a munkaeszközökkel (termelőeszközök tökéletesítése)

kapcsolatos nyílt-tartalékokat, illetőleg megtakarításokat. A nyílt tartalék és más kapacitás fogalmak összefüggéseire világít rá a 11.3. ábra.



11.3. ábra
Kapacitásábra.

A nyílt-tartalékok kiaknázása a termelés fokozása terén elért eredmények elsősorban és közvetlen a munkaidő, az anyag, az energia, a kapacitás területén elérhető megtakarításokban jelentkezik. A nyílt-tartalékok további osztályozása e tényezők extenzív vagy intenzív jellege alapján történhet. Az intenzív jellegű tartalékok viszonylag nagyobbak, mint az időalap pusztá bővítésében rejlők. De ez semmiképpen nem csökkentheti az utóbbiak kiaknázásáért folyó erőfeszítések jelentőségét.

Bárhogyan osztályozzuk is a nyílt-tartalékokat, illetőleg megtakarításokat, tény, hogy ezek egymással szoros belső kapcsolatban állnak. De szoros a kapcsolat a kapacitáskihasználás és a termelékenység között is, ezek sok szempontból párhuzamos módon alakulnak, ami számos területen analógiákhoz, de mélyen fekvő kimutatható összefüggésekhez is vezet.

A termelési kapacitás kihasználásának tervezéséhez tehát mindenek előtt a nyílt tartalékokat kell felmérni. A nyílt kapacitás tartalék mérőszámának tekintik a termékmennyiségben kifejezett időszakos átlagolt kapacitás és az ugyanebben az egységben megadott tényleges kihasználása közti különbséget. A nyílt tartalék számszerű értékét másképpen – a hasznos időalap egységében kifejezve – megkapjuk, ha a tényleges termelést szorozzuk a kapacitásnormával, s

az így kapott kihasználási időértéket (T_k) a hasznos időalapból levonjuk. Ha ezt a különbséget a kapacitás időnormájával elosztjuk a nyílt tartalék előállítható termékmennyiségben kifejezett értékét kapjuk.

$$(N - N_{kh}) \cdot t_k = N \cdot t_k - N_{kh} \cdot t_k = T_t = T_H - T_K = T_H - \frac{T_H \cdot \eta_k}{100} = \frac{T_H \cdot (100 - \eta_k)}{100}$$

A kapacitás időnormája (t_k) és a neki a kihasználás területén megfelelő kihasználási időmutató (t_{kh}) különbsége ugyancsak jellemző a nyílt tartalék nagyságára.

Az időalapok közül – a kihasználás számítása esetén – ha helyes összehasonlítást akarunk tenni, ugyanazt a hasznos időalapot kell figyelembe venni, mint a kapacitás meghatározásakor. Csak így mutatkozik meg helyesen, hogy a rendelkezésre álló kapacitást időben hogyan használtuk ki.

A nyílt tartalék időmennyiségének termelésbe állítása intenzív és extenzív módszerekkel történhet. Az intenzívebb kihasználás azt jelenti, hogy azonos időtartam alatt több terméket állítunk elő. Az intenzív kihasználás azonban nem jelentheti azt, hogy azonos idő alatt több fizikai munka bedobásával növeljük a termék mennyiségét. A legkedvezőbb módszereknek éppen az a jellemzője, hogy azonos, sőt kisebb fizikai munka felhasználásával, a szellemi munka fokozott befektetésével, növelik a termékmennyiséget, a termelékenységet, a termelés eredményességét. Az intenzív módszerrel való nyílt tartalék felhasználás azt is jelenti, hogy a teljesítményszázalék növekszik. Ezt a növekedést meghatározva, számítható az új, csökkent kapacitáskihasználási időmutató, s annak segítségével a termelésbe vonható nyílt tartalék értéke is. A kihasználás-fokozása e módszerét különösen célszerű alkalmazni, mert a legkedvezőbb (több idegen nyelven: élenjáró) eljárások előtt álló lehetőségek szinte korlátlanok. Az ebbe a csoportba tartozó módszerek a nyílt tartalékok és a megtakarítások osztályozásáról mondottakból közvetlenül kiolvashatók.

A teljesítőképesség extenzív kihasználásának fokozása azt jelenti, hogy az intenzív kihasználás (időmutató) változatlan színvonal mellett, hosszabb időn át, a rendelkezésre álló hasznos időalap nagyobb részén termelünk. Amilyen mértékben megközelítjük a hasznos időalapot, olyan mértékben vonjuk be az e téren meglevő (extenzív) tartalékokat a termelésbe.

E módszer alkalmazása történhet:

- a meddő idők csökkentésével,
- nem felhasznált műszak termelésbe állításával,
- eddig nem használt berendezések üzembeállításával,
- szűk keresztmetszetek beruházással való kiküszöbölésével,
- szűk keresztmetszetek kooperáció útján való megszüntetésével,
- bő keresztmetszetek kooperációval való kihasználásával, stb.

A módszerek alkalmazásának hatását mindenkor a termelésbe vont nyílt tartalék nagyságával kell mérni, s ez az alapja a reális kihasználás tervezésének is, mert mindjárt a termelés fokozás módszere is nyilvánvalóvá válik, s így az intézkedési tervek alapja is készen áll.

A termelési kapacitás kihasználhatóságának meghatározása

Ahhoz, hogy a termelési kapacitás kihasználásának várható fokát egy tervidőszakban meghatározhassuk, tényadatokból, (a kapacitás értékéből és ennek egy elmúlt, bázisidőszakban történt tényleges kihasználásából) kell kiindulni. A bázis időszak helyes megválasztására ügyelni

kell. Mindenesetre célszerű a felmérés és tervidőszakhoz minél közelebb eső bázisidőszakot választani. A kihasználhatóság tervezéséhez ismertnek vehetjük:

1. A tervidőszak választékát és mennyiségi arányát, valamint az ez alapon számítható tervidőszaki, termékmennyiségben kifejezett termelési kapacitást.
2. A kapacitásnormát és ezzel a legkedvezőbb eredmény eltérését biztosító feltételeket.
3. A bázisidőszak tényleges (átlagos) termelési feltételeit (veszteségi idő, teljesítményszázalék, anyag minőség, selejt, szervezési színvonal stb.).
4. A nyílt tartalékok feltárása, elemzése, tényezőinek tisztázása, hatásának módja és formája terén végzett kutató munka eredményét, továbbá lehetőleg függvény alakban tisztázott összefüggéseit.

A kihasználhatóság számítását két lépcsőben szokták végrehajtani, ami lényegében megfelel az extenzív tényezők (időalapok és az intenzív tényezők, mint független változók:

$$\eta_k^T = f(\eta_T, t_{kh}^R)$$

változás miatt bekövetkező hatások számszerű megállapításának.

Az extenzív változásokat a hasznos és munkarend szerinti időalap változásának felmérésével („vetítés”), az intenzív változások hatásának megállapítását pedig a többi tényező változásának (megtakarításoknak) kiszámításával állapítjuk meg. Gyakorlatilag az utóbbi tényezők hatásának egyenkénti vizsgálata is lehetséges és szokásos. E kettős feladat teljesítése adja a tervezhető kihasználási index számításának legfontosabb részét.

A kapacitás tervezett kihasználása

A termelési kapacitás tervezett kihasználása (N_{kh}^t) azt a színvonalat mutatja, amelyet a termelési tervben előírt termékmennyiségnek a termelő berendezés terhelés szempontjából meghatároznak. Ez a színvonal a tervezhető kihasználástól akár le, akár felfelé elérhet, s az eltérés kapacitás (berendezés) fölöslegben, vagy hiányban fog jelentkezni. A tervezés akkor optimális, ha a két kihasználási érték egybeesik. Egyébként a tervezett kihasználás meghatározása az eddigiek után nem okoz nehézséget. Most a terv adta termékmennyiségből és választékból kell kiindulni. Meg kell határozni az ezekből adódó terheléseket és ezeket a termelési kapacitás, valamint a kihasználhatóság értékével szembe kell állítani, s az eltéréseket elemezve, megfelelő intézkedéseket kell tenni ott, ahol erre szükség és lehetőség van.

11.2. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása

A vasúti teljesítőképesség fogalma és fajtái

A kapacitás- és kihasználás-elmélet általános összefüggései értelemszerűen érvényesek a közlekedési üzemekre, s így a vasúti termelő-berendezésekre is. A következőkben egyik fő feladatunk éppen az, hogy az általános kapacitáselmélet törvényszerűségeit következetesen alkalmazzuk a vasúti üzem területére is.

Mint ismeretes, a vasútnak három döntő jelentőségű műszaki berendezése (alapvető termelési keresztmetszete) van: a pálya – villamosított vonalaknál ide tartoznak az áramellátó berendezések is –, a vontatott- és a vontatójárművek. A pálya berendezéseit és ezek tartozékait a helyhez kötöttség jellemzi, a járművek (más néven gördülő anyag vagy gördülőpark) mozgékony, átcsoportosítható eszközök. A vasúti berendezések e sajátossága a kapacitás és kihasználás meghatározásának területén is tükröződik, s ezért külön tárgyalják az álló, helyhez kö-

tött berendezések (állandó berendezéseknek is nevezik) és a mozgó berendezések („változó” berendezéseknek is nevezik) kapacitását és kihasználását. A helyhez kötött berendezések alapján számított vasúti teljesítőképességet pályakapacitásnak, az ugyanígy számított kihasználhatóságot pedig átbocsátóképességnek nevezik, s értik rajta műszaki normák alapján meghatározott terhelésű vonatok vagy vonatpárok olyan legnagyobb (ill. átlagos) mennyiségét, amelyet adott vonalon (vasúti álló berendezésen), meghatározott idő alatt, a járművek típusának és a forgalomszervezés (közlekedési rend, menetrendtípus stb.) módszereinek függvényében közlekedtetni lehet.

A járműpark mennyiségi jellemzőinek alapulvételével megállapított vasúti teljesítőképességét járműkapacitásnak, ennek kihasználhatóságát pedig szállítóképességnek nevezzük, és értjük rajta a meghatározott terhelésű vonatok vagy vonatpárok olyan legnagyobb (ill. átlagos) mennyiségét, amelyet valamely adott vonalon vagy hálózaton meghatározott idő alatt a pályakapacitás, ill. az átbocsátóképesség meghatározásakor számításba vett helyhez kötött berendezések és járműtípus, valamint forgalomszervezési módszerek mellett, a mozgó (változó) tényezők mennyiségétől függően közlekedtetni lehet.

Az átbocsátóképesség a valóban rendelkezésre álló járművek mennyiségi jellemzőit nem veszi figyelembe, a járműkapacitás, ill. a szállítóképesség számításakor pedig erre is tekintettel vagyunk.

A járműkapacitáson, ill. szállítóképességen belül szó lehet a vontató járművek és a vontatott járművek kapacitásáról, ill. szállítóképességéről is. E két kapacitás (szállítóképesség) értéke sem esik okvetlenül egybe, és egyik a másikat bizonyos értelemben helyettesíteni is tudja. Kihasználási szempontból a kétféle járműpark igen fontos tényezőknél (pl. a vonatterhelés nagysága) ellentétes követelményt támaszt.

Utalni kell arra, hogy a pályakapacitást, ill. az átbocsátóképességet mindenkor a pálya valamely (mértékadó) keresztmetszetéhez kapcsolják, a járműkapacitás, ill. szállítóképesség pedig bizonyos átlagolt értékek (vonatterhelés, sebesség stb.) segítségével vonalra, hálózati egységre (pl. igazgatósági, adott vontatási teleppel kiszolgált hálózat stb.) és egész hálózatra (pl. a vasút szállítóképessége) is vonatkoztatható. Ilyen értelemben a járműkapacitás és a szállítóképesség meghatározásakor a hangsúly az átlagoláson van, ami feltétlenül a választék és mennyiségi arány (áru-, utas-, kocsirámlat, terhelési szakasz, járműtípus és mennyiség) szerephez juttatását és fegyelembevételét követeli meg.

Kétségtelen, hogy valamely vasúti berendezés (vonalszakasz vonal, hálózati egység stb.) teljesítőképességét (kihasználását) a pálya és járműkapacitás, ill. az átbocsátó- és szállítóképesség együttesen jellemzi. Azonban a kapacitás szempontjából – a definícióból is következik – a pályakapacitásnak (átbocsátóképességnek) bizonyos fokig elsődleges szerepe van. A pályateljesítőképesség adott értéke a járműkapacitás felső határát is jelenti, s bármennyire növeljük is pl. a gördülőparkot, a pályakapacitásnál nagyobb teljesítményt elérni nem tudunk. Viszont a pályakapacitásból adott esetben legfeljebb annyi realizálható (használható ki), amekkora a járműkapacitás, ill. a szállítóképesség.

Mindkét fajta vasúti teljesítőképesség kialakításában, főleg pedig kihasználásában a szervezési tényezőnek (mely elsősorban a menetrenden keresztül hat) igen nagy jelentősége van.

Kiviláglik az elmondottakból, hogy bár a pálya- és a járműkapacitást (és kihasználást is) azonos mértékegységekben (vonatpárok, vonatok, kocsik, tonnák stb. mennyiségével) fejezhetjük

ki, köztük az általában lehetséges mennyiségi különbségeken túl, lényeges minőségi, fogalmi különbség is van. Ilyen értelemben szokták jelképesen a pályakapacitást a vasút „potenciális”, s a járműkapacitást „kinetikai” energiájának nevezni.

A gazdaságos üzemvitel a vasútnál is azt kívánja, hogy a különböző keresztmetszetek (elsősorban a pályaberendezések és a járműpark) teljesítőképessége és kihasználása is egymáshoz közeli értékek legyenek. Más szóval most is „egyen”-kapacitásra kell törekedni. Ez a kíváncsom azonban a vasutaknál nehezebben és nem mindenkor teljesíthető.

Mint ismeretes, az elszállítandó termékek és személyek mennyiségét, valamint a fuvarozási feladat térbeli és időbeli eloszlását a vasút csak másodlagosan tudja befolyásolni. A térben és időben változó fuvarozási feladatokhoz a kapacitáskihasználás területén a vasút másképpen tud alkalmazkodni a helyhez kötött és másképpen a változó (mozgó) tényezőknél. Ez utóbbiak általában időben és térben átcsoportosíthatók (éppen ezért helyesebb azokat az egész vagy részhálózathoz és nem egyes vonalakhoz kapcsolni), tehát teljesítőképességük kihasználási foka egyenletesebb és magasabb lehet. Az álló berendezésekre ez nem így van. Ezeket a várható maximálisfeladatokra kell méretezni, s adódó kisebb forgalmú időszakokban a helyhez kötött berendezések kihasználása gyengébb.

A vasúti teljesítőképesség mérőszámai

A pályakapacitást megadhatjuk valamely keresztmetszeten az időegység alatt (pl. naponta) átáramló vonatok, vonatpárok vagy kocsik számával, de használható ugyanerre a célra egyéb más alkalmas mérőszám is (elegytonna, árutonna, raksúlytonna, utasszám, ülőhelyszám, stb.). Személypályaudvarok teljesítő-, ill. átbocsátóképessége helyesen a személyvonatok mennyiségével, ill. más személyközlekedési teljesítményekkel adható meg.

A gyakorlatban használatos fogalmak és mérőszámok:

- a) Idő- (menettartam) kapacitás. Az idő- (menettartam) kapacitás (a hasznos időalap) most is a kiindulási adat, mert mint ismeretes, ez az alapja – megfelelő kapacitás- (foglaltsági idő) normák beiktatásával – a többi kapacitás-mérőszámok kiszámításának is.
- b) Vonatkapacitás. A vonatkapacitást egyforma vonatok közlekedésénél megkapjuk, ha az egy vonatra eső, élenjáró munkaszervezési módszerek alapján megállapított, a mértékadó keresztmetszetre alapozott berendezés-foglaltsággal (kapacitás-időnormával) elosztjuk az időkapacitást. Amikor a teljesítőképességet adjuk meg vonatszámokkal, a kapacitás definíciójából következően, egységnek olyan maximális („nagy”) terhelésű vonatot tekintünk, melyet meghatározott mozdonytípus, meghatározott tüzelőanyag-fajtával, a mértékadó emelkedőn, a mozdonytípus alapján megállapított „vállalt legnagyobb” menetsebességgel továbbít.
- c) Kocsi- vagy tengelykapacitás. A kocsi- vagy kocsitengely-kapacitást megkapjuk, ha a kapacitás definíciójában foglalt feltételek mellett az időegység alatt továbbított (átáramló) kocsik, ill. tengelyek számát meghatározzuk.
- d) Elegytonna kapacitás. Az elegytonna-kapacitást a vonatkapacitásból kapjuk meg, ha azt az élenjáró eredmények figyelembevételével megállapított vonatterheléssel megszorozzuk.
- e) Árutonna-kapacitás. Az elegytonna-kapacitást a raksúly és elegysúly (önsúly + raksúly) viszonyával megszorozva raksúly- (áru) tonna-kapacitást kaphatjuk meg.

Mindezen jellemzőkhöz, illetve mutatókhoz megfelelő kihasználási teljesítményi mérőszám is tartozik: időkapacitásnál a szükséges vagy közlekedett vonatok együttes menettartam-ideje; a tervbe vett vagy tényleges vonatokkal okozott összfoglaltsági idő; az átlagos vonatterhelés; a haszon- és holtteher viszonya stb.

A járműkapacitást és a szállítóképességet is lényegében a fenti mérőszámokból leszármaztatható teljesítményi adatokkal jellemezzük, de nem néhány pálya keresztmetszetre, hanem vonalrészre (pl. statisztikai szakaszra), vonalra, rész- vagy összhálózatra vonatkoztatjuk. Ebből a lényeges elvi különbségből következik, hogy a járműkapacitás és szállítóképesség mérőszáma az időegység (vagy meghatározott időalap) alatt produkált vonatkilométerek, kocsi- vagy tengely-kilométerek, elegytonna- vagy árutonna-kilométerek mennyisége.

A különböző vasúti teljesítményi mérőszámok közötti összefüggések

Akár a pálya-, akár a járműkapacitás, akár ezek kihasználásának mérőszámairól is van szó, e mérőszámok, mint mennyiségi jellemzők között a minőségi mutatók (végső fokon mindenkor intenzitásmutatók) segítségével egzakt kapcsolat teremthető.

A pályakapacitás esetében, ismerve a hasznos időalapot (T_H), az egy vonat okozta (átlagos, optimális, legrövidebb) foglaltsági idővel (t_f) számítható a vonatszámmal (N) kifejezett kapacitás. A vonatszámban kifejezett pályakapacitást megszorozva az „élenjáró” vonatterhelési norma (Q_k) kocsi (m_k) vagy tengelyszámban kifejezett értékével: a kocsi-, illetve tengelykapacitást ($\sum n_k$) kapjuk. Ha pedig az „élenjáró” (Q_k) vonatterhelési norma tonnában kifejezett értékével számolunk, az elegytonna-kapacitást ($\sum q_{br}$) kapjuk. Végül a haszon- és elegytonna arányszámának (α) segítségével az elegytonna-kapacitásból a haszontonna-kapacitást ($\sum q$) kapjuk. Teljesen hasonló módon kaphatjuk a megfelelő átbocsátóképesség nagyságát, ha amínőségi mutatók tervezhető „átlagos” értékeivel számolunk.

A járműkapacitás esetében a vonatkapacitást ($\sum N$) mérő minden egyes vonat futási távolságát összegezve, vagy a vonatkapacitást megszorozva az (élenjáró átlagos) vonatfutási távolsággal (L_k) a vonatkilométer-kapacitást: $L_k \sum N = \sum NL$ kapjuk. Ebből a kocsi- vagy tengelykilométer- ($\sum ns_k$) kapacitás az egy vonatra eső kocsi, illetve tengelymennyiség (élenjáró átlagos) értékével (m_k) való szorzással kapható meg: $\sum ns = m_k \sum NL$. A kocsi-, illetve tengelykilométer-teljesítmény a kocsi, ill. tengely hordképességével (q_h) és önsúlyának (q_0) összegével szorozva az elegytonna-kilométerben:

$$\sum q_{br}l = (q_s + q_0) \sum ns_r + q_0 \sum ns_{ü} = Q \sum NL = \frac{Q}{m} \sum ns$$

a hordképességgel szorozva pedig a haszontonna-kilométerben mért járműkapacitást ($\sum ql$) adja:

$$\sum ql = q_s \sum ns_r,$$

ahol:

- | | |
|----------------------------------|---|
| q_s | - az átlagos statikus terhelés, |
| $\sum ns_r$, ill. $\sum ns_{ü}$ | - a rakott, ill. üres kocsitengely-km teljesítmény, |
| Q | - a vonatterhelés, |
| M | - a vonatnagyság kocsi- (tengely-) számban mérve. |

Most is teljesen hasonló módon kaphatjuk meg a kihasználás értékét is, ha a kapacitástényezők helyett a megfelelő tényleges, haladóátlagos (szállítóképesség esetén) vagy tervezett értékű minőségi mutatókkal számolunk.

Nincs annak semmi akadálya, hogy a felírt összefüggéseket egymással kombináljuk, és hogy a kapott képleteket bármelyik benne szerepeltethető mennyiségi vagy minőségi jellemzőre oldjuk meg.

A helyhez kötött berendezések átbocsátóképessége

A vasúti helyhez kötött berendezéseinek átbocsátóképességét igen sok keresztmetszeten lehet és kell vizsgálni. Ezek között a legfontosabbak a nyíltvonali szakaszok. A vasutak teljesítőképességét a nyílt vonalak átbocsátóképessége határozza meg. A többi helyhez kötött berendezés (állomás, vontatási telep, üzemanyagtöltő, stb.) átbocsátóképességét is ehhez igazítják.

A nyílt vonal átbocsátóképességének megállapításához leggyakrabban a kapacitásszámítás általános módszerét használják fel a vasúti üzemére adaptált formában. E módszerhez szükséges időalap meghatározása nem jelent különösebb nehézséget csupán az állandó foglaltsági időket kell levonni a naptári időalapból. A mértékadó nyílt vonali keresztmetszet (állomásköz, térköz) kiválasztása és a foglaltsági idők megállapítása azonban nagyobb körültekintést, a vasútüzem további sajátosságainak figyelembevételét követeli meg.

11.2.1. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása analitikus módszerrel

Az állomásokon, szemben a nyílt vonallal, lényegében többféle művelet végrehajtása szükséges, ennek megfelelően bonyolultabbak, összetettebbek a berendezések és az azokon lezajló folyamatok is. Az állomási feladatok alapvető résztermelési folyamatnak tekinthetők. A szorosán vett fuvarozási műveleteket, kapacitáselméleti szempontból is, három fő csoportba foglalhatjuk:

- a vonat fogadások, menesztések, áthaladások és találkozások (vonatmegelőzések, keresztezések) lebonyolítása,
- a tolatási, elsősorban rendezési feladatok megoldása,
- a helyi feladatok végrehajtása.

A helyzetet az teszi bonyolulttá, hogy a három feladat csoporthoz (különösen specializált állomásokon) sajátos berendezések is tartoznak, de nem csekély azoknak az igen fontos vasúti berendezéseknek a száma sem, amelyeket kétféle, sőt mind a háromféle feladat megoldására igénybe vesznek. Ilyenformán a háromféle részfolyamat ezeken a berendezéseken egymással összefonódik, a berendezések foglaltsági viszonyai bonyolulttá válnak, és több-kevesebb ütközés jellegű hátráltatás adódik. Ez többek között azt is okozza, hogy a mértékadó, szűk keresztmetszet állandóan „vándorol”.

E jelenség csoportból már most kiemelhetjük azokat, amelyek elsősorban a vonatok átbocsátásával kapcsolatos folyamatok lebonyolítására szükséges vágányutak metsződéséből, vagy kölcsönös veszélyeztetéséből adódnak. Ezekből is származnak szintbeli keresztezések, ütközések. A vasúti üzemmel szemben támasztott fokozott biztonsági követelmények miatt azonban az is igen gyakori jelenség, hogy bizonyos berendezéseken végrehajtott műveletek lebonyolításával összefüggésben más, e műveletek elvégzésére nem szükséges berendezések nem használhatók más célra szabadon (kizárt menetek, kizárt műveletek).

Még bonyolultabbá teszi a helyzetet, hogy a háromféle feladat mennyiségileg, bizonyos vonatkozásban, össze is függhet egymással, de ez az összefüggés matematikailag aligha megfogható. A fuvarozási feladat változása a három részteljesítmény mennyiségi arányának megváltoztatásával jár együtt. Hasonló problémával kerülünk szembe, mint a választék és mennyiségi arány, valamint ezek változása az általános kapacitáselméletben.

A problémakör sokoldalúságának megvilágítására meg kell még említeni azt is, hogy a változó arányú és nagyságú feladatok nemcsak egy állomáson belül változtatják meg a feladatok elosztását. Mód van ugyanis arra, hogy a vonal mentén fekvő állomások egymást kisegítsék. A kapacitás felosztása során tehát ezt a lehetőséget is mindenkor mérlegelni kell.

Az állomási átbocsátóképesség értelmezése

A vasúti kapacitás-elméletben az előbbi pontban ismertetett háromféle feladatnak külön kapacitás (kihasználás) fogalma van.

Állomási átbocsátóképesség: a vonatok fogadására, menesztésére, találkozására szükséges berendezésekből számítható kihasználhatóság.

Állomási rendezőképesség: a tolatási műveletek, elsősorban a rendezés lebonyolítására szükséges, vagy rendelkezésre álló kihasználtság.

Állomási rakodóképesség: a helyi, döntő mértékben le- és feladási kocsikkal kapcsolatos teendők végrehajtásához szükséges, vagy meglévő kihasználhatóság.

A háromféle teljesítmény, a szoros összefüggés miatt, egyetlen fogalommal is meghatározható. Valamely állomás kapacitásán (átbocsátóképességén, kihasználásán) az állomásba becsatlakozó vonalak között, megadott arány szerint megoszló, a várható szállítási igények által megszabott típusú és mennyiségű vonatokból, valamint ezeken felül (maximálisan vagy átlagosan) még bevezethető tehervonatokból álló 24 órán belül közlekedtethető, azt a legnagyobb (átlagos) vonat, illetőleg ehhez tartozó kocsik mennyiségét értjük, amely mellett a szükséges tolatási, kocsirendezési és rakodási műveletek még elvégezhetők.

Meg kell különböztetnünk, tehát az ún. meglévő átbocsátóképességet, amely a tartalék teljes kihasználásával valamely állomási berendezésre jellemző (az általános kapacitáselméletben ez a kapacitás tervezhető kihasználásának felel meg), a szükséges átbocsátóképességtől (kapacitás tervezett kihasználása). Ez a tartalék figyelembevételével ugyancsak valamely állomás berendezésére vonatkozik, adott mennyiségű vonatforgalom zavartalan lebonyolításánál. A tartaléknak az állomás üzemében nagyfokú stabilitást kell biztosítani, különösen a nap bizonyos szakában jelentkező többlet vonatbefutás és kifutás, továbbá a tervezettnél nagyobb mennyiségű tolatási feladat megoldásánál.

Általános esetben az állomási berendezéseket felhasználjuk a teherforgalommal, valamint a személyforgalommal kapcsolatos műveletek lebonyolítására. Ez ismét az általános kapacitáselméletnél ismert választék és mennyiségi arány problémáját veti fel. Az ottani megállapításokat analóg módon alkalmazva, az állomás átbocsátóképességét, ha az döntő mértékben teherforgalmat bonyolít le, az állomás által 24 óra alatt valamennyi irány szerint átbocsátható tehervonatok legnagyobb számával határozzuk meg (adott személyszállító vonatmennyiség mellett). A személypályaudvar átbocsátóképességét pedig azzal a személyvonat-mennyiséggel fejezzük ki, amelyet az adott állomáson keresztül valamennyi irányban átbocsáthatunk 24 óra vagy az intenzív forgalom órái alatt.

Az állomás átbocsátó, rendező- és rakodóképessége egész sor műszaki és szervezési tényezőktől függ, amelyek közül a legfontosabbak a következők:

- az állomás termelési berendezéseinek helyzete, ezek kapacitása (vágánycsoportok, váltókörtzetek, állomási torkolatok, stb.),
- az állomási berendezések műszaki színvonala (pl. központi váltóállítási, rugós váltók használata, jelző és hírközlő eszközök, fékberendezések, tolató mozdonyok típusai, stb.),
- az állomáshoz csatlakozó vonalszakaszok műszaki berendezései és fejlettségi színvonala (pl. értekező és jelző berendezések, stb.),
- az állomási berendezéseknek a végrehajtási utasításban rögzített üzemelési rendje (vágányok és tolatási körtzetek specializációja, a tolatási és vonatmozgások vágányútmenetei, a kisforgalmú vasútvonalak „sajátos” technológiai rendje, stb.),
- a vonatokkal, a rendező kocsics csoportokkal és mozdonyokkal kapcsolatban végzendő műveletek teljesítésére megállapított normaidők,
- a különböző típusú és irányú vonatok mennyiségének aránya,
- az állomáshoz csatlakozó vonalakon a forgalomszervezés és lebonyolítás rendje.

A számításához szükséges kiinduló adatokat a vasutak előírásainak megfelelően kell megállapítani. Ezek elsősorban az állomási időközök és az állomási műszaki kocsitartózkodási normák. Az így kidolgozott időnormákat az átlagosnál jobb képességű dolgozók munkájának alapulvételével, megfigyelésekkel és mérésekkel kell ellenőrizni. Ha valamely berendezésen elvégzendő műveletek normaideje, vagy a vizsgált berendezés terhelése egyrészt a befolyásoló tényezők sokasága folytán nem határozható meg megnyugtató módon a hagyományos analitikai módszerekkel, másrészt tömegesen előforduló jelenségről van szó, akkor ez esetben a matematikai statisztikai és a valószínűség számítás eszközeivel kell a feladatot megoldani.

Az állomási átbocsátóképesség meghatározásakor valamennyi elvégzendő műveletet, a számítás egyszerűsítésére, célszerű két csoportba sorolni:

- a műveletek olyan csoportjába, melyek a vizsgált berendezés alapvető tevékenységének változásával egyenes arányban állnak, azaz nem független műveletek csoportjába,
- a műveletek olyan csoportjába, melyek függetlenek a vizsgált berendezés alapvető tevékenységétől, tehát ún. állandó jellegű műveletek csoportjába.

A túlnyomórészt teherforgalmat lebonyolító állomásokon az állandó műveletekhez soroljuk személy-, és tolató vonatok forgalmával kapcsolatban elvégzendő műveleteket, ugyanakkor a személypályaudvaron a teherforgalommal kapcsolatos műveleteket. Az állandó műveletek teljesítéséhez szükséges időt minden esetben le kell vonni a vizsgált berendezés felhasználható időtartamából, az ún. naptári időalapból. Az adott állomás átbocsátóképességét meghatározó berendezések, azok a fogadó, indító, fogadó-indító vágánycsoportok, állomási torkolatok, vágányutak, váltókörtzetek, amelyeken a vonategységek mozgását, áthaladását tervezzük.

A számítás alkalmával először meghatározzuk az egyes állomási berendezések átbocsátó- és rendező-képességét, majd ennek ismeretében a mértékadó állomási teljesítőképességet. A különböző állomási berendezések átbocsátó- és rendező-képességének összehasonlítását, valamint az állomási mértékadó teljesítőképességet egységes mérőszámban (vonat, vagy vonatpár) fejezzük ki.

Ha az állomásra több vonal csatlakozik be, akkor az állomási berendezések átbocsátó- és rendező-képességét – az érvényben levő menetrend, vagy a fuvarozási feladat alapulvételével –

arányosan felosztjuk a szóban forgó vonalak között. Ezen kívül az állomási berendezések át-bocsátóképességét vonattípusok szerint is fel lehet osztani.

Az állomás mértékadó teljesítőképességét az a berendezés határozza meg, amelynek a legkisebb az át-bocsátóképessége. A kapacitás-számításnál az ilyen jellegű feladatokat „minimax” feladatnak nevezik. Az állomás mértékadó teljesítőképességének megállapításakor szükséges az egyes állomási berendezések terhelésének átcsoportosítási lehetőségével számolni, éppen a szűk keresztmetszetű elrendezés terhelésének csökkenése érdekében.

Az állomás összteljesítményét kifejező át-bocsátóképességet a közlekedtethető teher- és személyvonatok mennyiségével adjuk meg.

Az állomási át-bocsátóképesség számítási módszerei

Az állomási át-bocsátóképesség meghatározása elvégezhető:

- közvetlen számítási módszerrel és
- a kihasználási index segítségével.

Valamely tetszőleges állomási berendezés át-bocsátóképességének közvetlen számításához felhasználható képletét a következő megfontolásból kiindulva vezetjük le. Valamely vizsgált állomási berendezés terhelése a naptári időalap teljes felhasználása mellett – ami egyrészt az állandó jellegű műveletek foglaltsági idejéből származik, másrészt a különböző típusú vonatok át-bocsátásával, rendezésével kapcsolatos műveletek időfelhasználását jelenti – a következőképpen írható fel:

$$1440 \cdot k = N_1 t_f^1 + N_2 t_f^2 + N_3 t_f^3 + \dots + \sum T_{\text{áll}}$$

ahol:

1440 – naptári időalap percekben,

K – a párhuzamosan működő homogén berendezések átlagolt mennyisége (pl. vágányok mennyisége),

N_1, N_2, N_3 – a vizsgált berendezésen, az adott mennyiségi aránynak megfelelő különböző típusú vonatok száma,

t_f^1, t_f^2, t_f^3 – a szóban forgó vonatokkal elvégzendő műveletekre szükséges berendezés foglaltsági idő percekben,

$\sum T_{\text{áll}}$ – az állandó jellegű műveletek teljesítésére szükséges berendezés foglaltsági idő és az esetleges meddő időkre lekötött hasznos időalap percekben.

A fenti teljes terhelésre vonatkozó összefüggést általánosítva, a következő módon alakíthatjuk át:

$$1440 \cdot k = N t_f + \sum T_{\text{áll}}$$

ahol:

N – a berendezés át-bocsátóképessége, amely egyenlő $N_1 + N_2 + N_3 + \dots$ vonatok mennyiségével,

t_f – a berendezés egy vonatra eső átlagos (súlyozott) foglaltsági ideje, amely egyenlő:

$$t_f = \frac{N_1}{N} t_f^1 + \frac{N_2}{N} t_f^2 + \frac{N_3}{N} t_f^3 + \dots \beta_1 \cdot t_f^1 + \beta_2 \cdot t_f^2 + \beta_3 \cdot t_f^3 + \dots$$

ahol:

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$, - a különböző típusú vonatoknak az átbocsátandó összes vonat mennyiségéhez viszonyított hányada (százaléka), ami azt jelenti, hogy: $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots = 1$.

Az előző összefüggésből most már felírható az átbocsátóképesség meghatározásának képlete:

$$N = \frac{1440 \cdot k - \sum T_{\text{all}}}{t_f} \quad [\text{vonat/nap}]$$

Ezek után a vizsgált berendezés vonattípusokra kifejezett átbocsátóképessége:

$$N_1 = \beta_1 N; \quad N_2 = \beta_2 N; \quad N_3 = \beta_3 N;$$

A különböző típusú vonatok, valamint a különböző irányba közlekedő vonatok részaránya (β) a tervidőszakra vonatkozó kocsiáramlatok, illetőleg vonatáramlatok elemzése alapján állapítható meg.

Az átbocsátóképességet a kihasználási index segítségével a következő módon határozzuk meg.

$$T = N'_1 t_f^1 + N'_2 t_f^2 + N'_3 t_f^3 + \dots + \sum T_{\text{all}} \quad [\text{perc}]$$

ahol:

N'_1, N'_2, N'_3 - a menetrendben levő különböző típusú vonatok mennyisége.

Ezután megállapítjuk az átbocsátóképesség kihasználási indexét, ami nem más, mint a vizsgált berendezésnek a menetrendben levő valamennyi vonat átbocsátásával, illetve feldolgozásával kapcsolatban felmerülő műveletek tényleges foglaltsági ideje és a napi teljes időkapacitás hányadosa:

$$\eta = \frac{T_p}{T_H} = \frac{T - \sum T_{\text{all}}}{1440k - \sum T_{\text{all}}} = \frac{N'_1 t_f^1 + N'_2 t_f^2 + N'_3 t_f^3 + \dots}{1440k - \sum T_{\text{all}}}$$

A vizsgált berendezés átbocsátóképessége ezek után

$$N = \frac{N'_1 + N'_2 + N'_3 + \dots}{\eta} = \frac{N'}{\eta} \quad [\text{vonat/nap}]$$

ahol:

N' - a menetrendben levő valamennyi típusú vonat teljes mennyisége.

Az egyes vonattípusoknak megfelelő átbocsátóképesség értéke vonatokban kifejezve:

$$N_1 = \frac{N'_1}{\eta}; \quad N_2 = \frac{N'_2}{\eta}; \quad N_3 = \frac{N'_3}{\eta}$$

Az azonos kiinduló adatokkal, mind a közvetlen számítási módszerrel, mind a kihasználási index-el végzett számítás esetében ugyanazon eredményre jutunk:

$$N = \frac{N'}{\eta} = \frac{N'(1440k - \sum T_{\text{all}})}{N'_1 t_f^1 + N'_2 t_f^2 + N'_3 t_f^3 + \dots}$$

Ismeretes, hogy

$$\frac{N'_1}{N'} t_f^1 + \frac{N'_2}{N'} t_f^2 + \frac{N'_3}{N'} t_f^3 + \dots = t_f$$

Ez viszont nem más, mint a vizsgált berendezés egy vonatra eső (súlyozott) átlagos foglaltsági ideje. A fenti képlet egyenértékű az előbbieken ismertetett összefüggéssel.

A közvetlen számítási módszer előnyösebb akkor, ha a tervidőszakra vonatkozóan rendelkezésre áll a különböző vonattípusok és a közlekedő vonatok irányok szerinti megoszlásának arányszáma.

Az átbocsátó-képességet a kihasználási index-el akkor előnyös meghatározni, amikor a tervidőszakra vonatkozóan változatlan maradt a különböző vonatok típusa és ezek irányok szerinti megoszlásának arányszáma, valamint a műszaki normák is, mert ez eseten a számítást az érvényben levő menetrendábrából kiindulva végezhetjük el.

Az állomási vágányok átbocsátóképességének számítási módszere

Az állomási vágányok (vágánycsoportok) átbocsátó-képességének meghatározását leginkább befolyásoló tényezők a következők:

- a tehervonatokkal végzett műveletekre felhasznált vágányok mennyisége,
- az egy tehervonatra eső átlagos vágányfoglaltsági idő, amely magába foglalja az érkezési, a tartózkodási és indulási műveletek idejét,
- A vágány állandó jellegű műveletek alatti foglaltsági ideje, amely a személyszállító és tolató tehervonatok közlekedésével kapcsolatban merülnek fel. Lényegében ide tartoznak mindazok a foglaltsági idők és a vizsgált berendezés szempontjából ki nem használható – az ütközések (esetleges másodlagos foglaltság) vagy az állomás és a csatlakozó vonalak eltérő átbocsátó-képessége miatt felmerülő – állás- és meddő idők, melyek a kapacitás és kihasználás definíciója szerint, egyrészt nem az lapvető tevékenység foglaltsági idejét jelentik, másrészt ténylegesen ez alatt a berendezés kihasználatlan.

A vasúti fuvarozási feladatok egy részét (személy-, gyors-, teher-, kezelő vonatokkal, állandó jellegű menetirányítói tartalékokkal lebonyolított forgalom, mozdony- és vágány-gépkocsi menetek, stb.) üzemviteli szempontokból egy hosszabb tervidőszakon belül lényegében független kötöttségeknek megfelelően kell lebonyolítani. E kötöttségek döntő mértékben meghatározzák az ilyen vonatok mennyiségét, specializációját (típusát), s így menetidejét, sőt időbeni fekvését is. Ezzel szemben a többi – rendszerint teherforgalmat lebonyolító – vonat mennyisége egy hosszabb tervidőszakon belül a szükségletekhez igazodóan szinte napról-napra számottevően változik. Ezért a fenti első (állandóan közlekedő) csoportba tartozó vonatok által lekötött időalapot (összfoglaltsági időt) a meddő időhöz hozzáadják és a változó teljesítmények (tehervonatok, árutonna, stb.) számára rendelkezésre álló hasznos időalapot az így csökkentett mértékben veszik számításba. Hasonló elgondolás alapján – különösen állomási berendezéseknél – az egyéb állandó teljesítményekre (pl. tolatási menetek, stb.) lekötött hasznos időalapot is levonják.

Amennyiben viszont valamely berendezés (pl. személypályaudvar, személyforgalmi vágány, állomási mellékvágány, stb.) kizárólag vagy döntő mértékben az állandó teljesítmények közé sorolt feladatokat lát el, és ennek teljesítőképességét számítjuk, akkor a teljesítőképességet, a hasznos időalapot döntő mértékben lekötő tevékenység alapján számítjuk.

A közvetlen számítási módszerre vonatkozó általános képletnek megfelelően, az állomási állóberendezések (vágányok, vágánycsoportok) átbocsátóképességét a következő kifejezéssel határozzuk meg:

$$N = \frac{1440k - \sum T_{\text{áll}}}{t_f} + N_k \quad [\text{vonat/nap}]$$

ahol:

k - a vizsgált vonatok számára specializált vágányok mennyisége (a mozdonykörüljáró vágány nélkül),

$\sum T_{\text{áll}}$ - az állandó jellegű műveletek teljesítésére szükséges napi vágányfoglaltsági idők összege, amely lényegében független a vizsgált vágánycsoport foltaltságát alapvetően meghatározó tevékenységtől,

t_f - a technológiai műveletek teljesítésére szükséges egy tehervonatra eső vágányfoglaltsági idő,

N_k - a tolatókezelő tehervonatok mennyisége, melyet a tervidőszak menetrendje, vagy a fuvarozási feladat alapján határozzunk meg.

Az állandó műveletek ($\sum T_{\text{áll}}$) jellege és időtartama általában a vizsgált vágánycsoport technológiai folyamatától függ.

$$\sum T_{\text{áll}} = T_{\text{áll}}^{\text{gy}} + T_{\text{áll}}^k + T_{\text{áll}}' \quad [\text{perc}]$$

ahol:

$T_{\text{áll}}^{\text{gy}}$ - a gyorsjáratú (személy, távolsági személy, sebes, elővárosi, gyorsvonat) vonatok közlekedése által előidézett veszteségidő a vágány kihasználásában, vagy a tehervonatok norma feletti tartózkodási idejében,

$T_{\text{áll}}^k$ - a tolató-kezelő tehervonatok közlekedése által okozott veszteségidő a vágánykihasználásban,

$T_{\text{áll}}'$ - egyéb állandó jellegű műveletek teljesítésére szükséges vágányfoglaltsági idő (személyvonati, elővárosi szerelvények tárolása, mozdonykörüljáró vágány hiánya esetén felmerülő foglaltsági idő, a tolató tehervonat szétrendezése – összeállítása alkalmával felmerülő vágányfoglaltsági idő, stb.)

A fogadó vágánycsoport átbocsátóképességének számításánál az érkező gyorsjáratú vonatok hatását vesszük figyelembe, indító vágánycsoportnál az induló gyorsjármű vonatok, fogadó-indító vágánycsoportnál, ami egyébként általános esetnek mondható, vagy az érkező, vagy az indító gyorsjáratú vonatok hatásával számolunk, illetve a kettő közül azt válasszuk, amely nagyobb veszteségidő összeggel ($T_{\text{áll}}^{\text{gy}}$) rendelkezik. Hasonló módon járunk el a tolató tehervonatok hatásának számításánál is.

Általában azonban a vizsgált vágánycsoporton a különböző típusú tehervonatokkal végzendő technológiai műveletek ideje eltérő, ilyenkor az egy vonatra eső átlagos foglaltsági idővel számolunk:

$$T_f = \alpha \, t_{r1} \, t_{tr1} + \alpha_{sz1} \, t_{sz1} + \dots + \alpha \, t_{r2} \, t_{tr2} + \alpha_{sz2} \, t_{sz2}$$

ahol:

$\alpha_{tr1}, \alpha_{tr2}$ - az egyes (1 és 2) útirányoknak megfelelően a különböző típusú, átmenő (tranzit), szétrendezendő vonatok részaránya, melyeket a vizsgált vágánycsoportra fogadunk ($\sum \alpha_i = 1$),
 t_{tr1}, t_{tr2} - a szóban forgó vonattípusok vágányfoglaltsági ideje.

Ebben az esetben a vizsgált vágányok átbocsátó-képessége az 1-es irányból áthaladó átmenő vonatokra vonatkoztatva, $\alpha_{tr1}N$, az 1-es irányból érkező szétrendezendő vonatokra $\alpha_{sz1}N$, a 2-es irány átmenő vonataira $\alpha_{tr2}N$, stb.

Néhány esetben a fogadó vágánycsoport, illetve az indító vágánycsoport átbocsátóképességét nem lehet teljes mértékben kihasználni, a tolató berendezések rendezőképességének alacsonyabb szintje miatt. Ilyen esetben a vágánycsoportnak az átmenő vonatok részátbocsátóképességére vonatkozó értékének növelési lehetőségével kell számolni.

Több állomáson nincsen mód a speciális rendezői irány vágányok kijelölésére, ezért itt a nap bizonyos szakában a fogadó-indítóvágányok egy részét használják fel a szerelvények gyűjtésére. Ilyenkor néhány minimálisan szükséges vágányt kell kijelölni a közvetlen és tolató vonatok kocsijainak gyűjtésére és a vonatok menesztésére, a fennmaradó vágányok átbocsátóképességét pedig az ismertett eljárások szerint kell kiszámítani.

Ki kell hangsúlyozni, hogy az irányvágány (indító és irányvágány) egy vonatra eső foglaltsági idejét meghatározó alapvető művelet, a kocsik egy induló vonatra eső gyűjtési folyamata. Mint ismeretes a gyűjtési folyamattal párhuzamosan több művelet is elvégezhető, a következők kivételével:

- a rendezői irányvágányokon, a vonat-összeállítás befejezése és a kocsicsoportok összezárása, az összeállított vonat átállítása az indító vágányokra,
- az indító-, rendezői irányvágányokon: a vonat-összeállítás befejezése és a kocsicsoportok összezárása, a menesztés előtti un. indulási műveletek elvégzése az összeállított szerelvényen, a vonat közvetlen menesztése a szóban forgó vágányról.

Ismeretes, hogy valamely meghatározott rendeltetési helyű szerelvény gyűjtési periódusideje (t_{gy}) összefüggésben áll, bizonyos minőségi (az állomás technológiai folyamata, a vonatok összehangolt beérkeztetése, stb.), és néhány mennyiségi tényezővel (a szerelvény kocsimennyisége m , a napi kocsiaáramlat N_i). A gyűjtési periódusidő m -el egyenes, N_1 -vel fordított arányban áll, azaz lényegében fordított arányban áll az indítandó vonatok mennyiségével is, ez az utóbbi helyzet bizonyos nehézséget teremt az irányvágányok átbocsátóképességének meghatározásánál.

Valóban az irányvágány egy vonatra eső foglaltságát meghatározó részművelet időtartama, az egy induló vonat szelvényére eső gyűjtési folyamat ideje t_{gy} . Ebből következik, hogy a valamely rendeltetési hely szerint specializált irányvágány átbocsátóképességének számítását a következő képlettel lehetne elvégezni:

$$N = \frac{1440}{t_f} \approx \frac{1440}{t_{gy}} \quad [\text{vonat/nap}]$$

Az előbb viszont megjegyeztük, hogy t_{gy} (valamely rendeltetés szerint, a kocsik folyamatos beérkezésének feltételezésével a nap folyamán) az indító vonatok mennyiségével N fordított arányban áll, azaz

$$N = \frac{1440}{t_f} = \frac{1440}{\frac{1440}{N}} = N \quad [\text{vonat/nap}]$$

ami ebben az értelemben rávilágít a rendezői irányvágányok átbocsátóképesség számítási feladatának nem determinált voltára. Ezért az un. saját összeállítású vonatok indítóvágányai átbocsátó-képességének meghatározását az irányvágányok váltóköri körzetének átbocsátóképesség-számítása eredményeként lehet elvégezni.

Az átbocsátóképesség meghatározható a kihasználási index segítségével is. A vágányok átbocsátó-képességét az állomási technológiai folyamat által előírt valamennyi naponta elvégzendő művelet vágányfoglaltsági időtartamának függvényében a következő lépésekben határozzuk meg:

- megállapítjuk a műveletek vágányfoglaltságának összidejét:

$$T = N'_{tr1} t_{tr1} + N'_{tr2} t_{tr2} + N'_{sz1} t_{sz1} + N'_{sz2} t_{sz2} + N'_{o3} t_{o3} + N'_{o4} t_{o4} + \dots + \sum T_{all}$$

ahol:

$N'_{tr.1}, N'_{tr.2}$ - az 1, 2 db irányok felől a vágánycsoporton átbocsátandó átmenő vonatok száma,

$N'_{sz.1}, N'_{sz.2}$ - a szétrendezendő vonatok száma (tolató tehervonatok nélkül),

$N'_{o.3}, N'_{o.4}$ - a 3, 4, stb. irányok felé induló saját összeállítású vonatok száma (tolató tehervonatok nélkül),

$t_{tr.1}, t_{sz.1}$ stb. - a megfelelő típusú vonatok vágányfoglaltsági ideje,

$\sum T_{all}$ - a vizsgált vágánycsoport munkáját determináló alapvető tevékenység volumenétől függetlenül un. állandó jellegű műveletek napi időszükséglete.

Az egyes irányoknak megfelelően, a különböző típusú vonatok mennyiségét a menetrendábra alapján határozzuk meg. Kiszámítjuk a különböző fajtájú vonatok számára útirányonként a vágányok átbocsátóképességét:

- átmenő vonatok számára 1, 2, ... irányokból

$$N_{tr.1} = \frac{N'_{tr.1}}{\eta} \quad N_{tr.2} = \frac{N'_{tr.2}}{\eta}$$

- szétrendezendő vonatok számára 1, 2, ... irányokból

$$N_{sz.1} = \frac{N'_{sz.1}}{\eta} \quad N_{sz.2} = \frac{N'_{sz.2}}{\eta}$$

- az összeállított vonatok számára 3, 4, ... irányokból

$$N_{o.3} = \frac{N'_{o.3}}{\eta} \quad N_{o.4} = \frac{N'_{o.4}}{\eta}$$

A vágánycsoport teljes átbocsátóképessége:

- vonatfogadás szerint: $N_{sz} + N_{tr} + N_k$
- vonatindítás szerint: $N_o + N_{tr} + N_k$

Ha az összeállított vonatok közvetlenül a rendező irányvágányról indulnak, akkor ennek az indítás szerinti átbocsátó-képességéből kiindulva határozzuk meg, amely az adott kijáratí vágányútban van.

Az állomási váltókörzetek terhelésének számítása

Az állomási váltókörzet terhelését alapvetően befolyásoló tényezők, az általános kapacitás-elmélet megállapításainak megfelelően:

- a váltókörzet műszaki (szerkezeti) sajátosságai,
- a váltók kiszolgálásának (kezelésének) módja, valamint az alkalmazott tolatási módszerek, melyek azonos időben elvégezhető menetek számát határozzák meg,
- az egyes menetek kizáró hatásának foka,
- a vágányút szakaszos felépítésének és lebontásának lehetősége,
- a vonatok és tolatási menetek (félutak) mennyisége, ezek aránya, irányok szerinti megoszlása, valamint időtartama,
- a forgalom volumenétől független ún. állandó jellegű műveletek időtartama.

Az állomások váltókörzeteiben előforduló vonat és tolatási mozgások, valamint más vágányutaknak megfelelő hasonló jellegű mozgások, általában a vágányút-menetek metszéseit idézik elő. Ezek a metszések jelentősen befolyásolják a váltókörzet terhelését, illetve az állomás átbocsátó képességét is.

Az állomások tervezésekor vagy a meglévő állomási berendezések kihasználásának vizsgálatkor, a váltókörzet terhelésének három számítási módszerét lehet megkülönböztetni:

1. a tipikus vágányút-metszések teljes terhelésének analitikai számítási módszere a leginkább használt kitérőkre,
2. a váltókörzet teljes terhelésének analitikai számítási módszere,
3. a váltókörzetben megengedhető vágányút-metszések ellenőrzése követési időköz alapján (nagy vonatgyakoriságú csúcsforgalmi órákban).

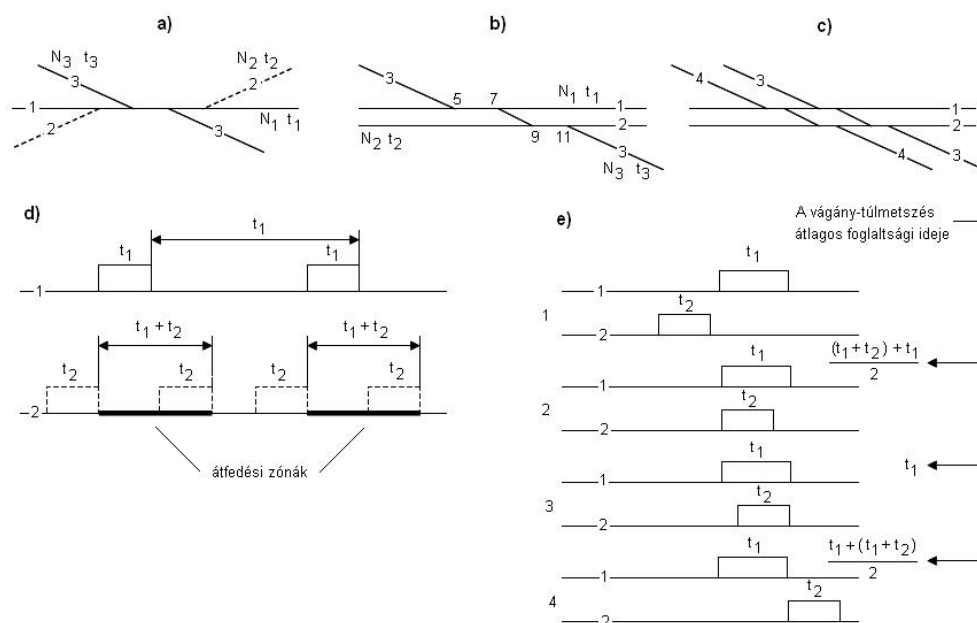
A teljes terhelésre vonatkozó számítási eljárást, csak abban az esetben lehet napi forgalmi adatokkal (N) alapján alkalmazni, ha a nap folyamán a vizsgált forgalmat viszonylagos állandóság jellemzi. Ez esetben a terhelés megengedhető határainak a $T_t^n < 1440$ feltételt kell kielégíteni. Változó intenzitású forgalom esetén és különösen jelentős számú személyszállító vonat váltókörzeti átbocsátásakor, a vizsgált számítási időszak T_{sz} alapjául nem a napot, hanem a csúcsforgalmi időszak óráit (2-3 óra) kell választani. A terhelés megállapításakor pedig T_t^{cs} , a szóban forgó időszak megfelelő (n) forgalmi adatait kell felhasználni, külön-külön mozgástípusok szerint. Ebben az esetben viszont $T_{sz} > T_t^{cs}$ feltételt kell ellenőrizni.

ad.1) Tipikus vágányút-metszések teljes terhelésének analitikai számítási módszere. A legegyszerűbb a) típusú (11.4. ábra) vágányút-metszés esetén, amikor a vágányút-menetek kölcsönösen kizárják egymást (a menetek száma három) és párhuzamos vágányút-menetek lebonyolítására nincs lehetőség, a vizsgált metszés napi terhelését a következő képlettel lehet számítani.

$$T_t^n = \sum Nt$$

ahol:

N_t - a nap folyamán vizsgált kitérő terhelése, amit az előforduló mozgásfajták, továbbá ezek foglaltsági idejének szorzata összegeként lehet megállapítani, természetesen, mint váltó vagy váltókörzet foglaltságát.



11.4. ábra
Különböző típusú vágányúti metszések a kitérő körzetben.

Amikor ugyanezt intenzív forgalmi csúcsforgalmi órákra állapítjuk meg, képletünk a következő:

$$T_t^{cs} = \sum n t$$

A 11.4. ábrán a b). és c) típusú vágányút-metszéseknél nem minden vágánymenet zárja ki egymást, ezért ezek terhelésének megállapításakor, tekintettel a párhuzamos vágányút-menetekre, bizonyos egyidejű lebonyolítási lehetőséggel kell számolni. A párhuzamos menetek egyidejű időközének megállapítási módját a b). és c). típusú, továbbá nemcsak metsződő, hanem párhuzamos vágányút-menettel is rendelkező váltókörzet számára, a b). típusú vágányút-metszés terhelésének elemzése alapján lehet elvégezni. Ennél a típusnál két fővágány az intenzív forgalom órákban n_1 és n_2 vonatmennyiséggel metszi n_3 mennyiségű vonat vágányút-menetét.

A vizsgált vágányút-metszés terhelésének megállapításakor nem elegendő csak a 5-7 váltók terhelését figyelembe venni ($n_1 t_1$ és $n_3 t_3$) időtartamokat összegezve, vagy csupán a 9-11 váltók terhelésével számolni ($n_2 t_2$) és ($n_3 t_3$) időtartamokat összegezve. Ez esetben a teljes vágányke-reszteszés terhelését kell megállapítani, mégpedig az 1 és 2 fővágányokon párhuzamosan teljesíthető vágányút-menetek egyidejűsítési lehetőségének figyelembevételével. Így az 5-7 váltók terheléséhez, ami egyébként $n_1 t_1 + n_3 t_3$, hozzá kell adni a 2 vágány szerinti mozgásból következő 9-11 váltók terhelését, de nem $n_2 t_2$ teljes értékét, hanem ennek T_e idővel csökkentett részét, ami alatt az 1 és 2 vágányokon a vágányút-menetek azonos időben bonyolódnak le.

$$T_t^{cs} = n_1 t_1 + (n_2 t_2 - T_e) + n_3 t_3$$

A T_e értékét a valószínűségelmélet szorzási tételével lehet megállapítani. Az állomási váltókörzetben, ahol kettő vagy ennél több párhuzamos fővágány vagy összekötő vágány van, a szóban forgó vágányokon lebonyolítható vonat és tolatási mozgásokat független eseményeknek lehet tekinteni. A b) típusú váltókörzetnél az 1 és 2 vágányok szerinti mozgásokat független eseménynek tekintve és a kérdéses mozgások fajlagos terhelését ismerve.

$$q_1 = \frac{n_1 t_1}{T_{sz}} \text{ és } q_2 = \frac{n_2 t_2}{T_{sz}}$$

megállapítható, hogy a q_1 és q_2 a vizsgált események bekövetkezésének valószínűségét fejezi ki. A kérdéses események egyidejű bekövetkezésének valószínűsége $P_{1,2} = q_1 q_2$.

A párhuzamos vágányút-menetek egyidejű lebonyolításnak idejét, illetve abszolút értékét az alábbi képlettel lehet kiszámítani.

$$T_e = p_{1,2} T_{sz} = \frac{n_1 t_1 \cdot n_2 t_2}{T_{sz}} = n_1 t_1 q_2 = n_2 t_2 q_1$$

Ebből következően

$$T_t = n_1 t_1 + n_2 t_2 (1-q) + n_3 t_3$$

avagy

$$T_t = n_1 t_1 (1-q_2) + n_2 t_2 + n_3 t_3$$

A T_e más módon is megállapítható, mégpedig a 11.4. ábrán látható foglaltsági grafikon segítségével. Ha a vonatok az első vágányon I időközzel követik egymást, akkor az 1. és 2. vágányok szerinti egyidejű vonatmozgás bekövetkezésének valószínűsége I_1 időközben – amint ez az ábrából látható, $\frac{-(t_1 + t_2)}{I_1}$ hányadossal egyenlő. Ha most az I_1 értéket $\frac{T_{sz}}{n_1}$ hányadossal

helyettesítjük, akkor az első vágányon mozgó vonatnak és a második vágányon, az előzővel azonos időben történő mozgás egybeesésének valószínűségére a következő kifejezést kapjuk:

$$\frac{t_1 + t_2}{I_1} = \frac{n_1 (t_1 + t_2)}{T_{sz}}$$

A vizsgált T_{sz} időszak alatt második vágányon közlekedő vonatok számára az egybeesések számát a következő képlettel lehet megállapítani:

$$n_{1,2}^e = \frac{n_1 n_2 (t_1 + t_2)}{T_{sz}}$$

A vágányút-metszés foglaltságának átlagos idejét, amikor az 1. és 2. fővágányokon a vonatok azonos időben történő közlekedéséről van szó, a 11.4. ábra bemutatott foglaltsági grafikonból lehet megállapítani, melyeken az egyidejűség négy jellemző esete és a szóban forgó vágányút-metszések egybeesésének átlagos foglaltsági ideje látható.

Egyetlen egyidejű vágányút-metszés súlyozott átlaggal számolt ideje a következő:

$$\bar{t}_e = \frac{\left(t_1 + \frac{t_2}{2}\right)t_2 + t_1(t_1 - t_2) + \left(t_1 + \frac{t_2}{2}\right)t_2}{t_2 + (t_1 - t_2) + t_2} = \frac{t_1^2 + t_1 t_2 + t_2^2}{t_1 + t_2}$$

Ha a $t_1 + t_2$ összegből kivonjuk az egybeesés átlagos idejét, a vágányút-metszés terhelésének csökkentését kapjuk, egyetlen egyidejű vágányút-metszésre vonatkozóan.

$$t_1 + t_2 - \frac{t_1^2 + t_1 t_2 + t_2^2}{t_1 + t_2} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}$$

Az 1. és 2. vágányok szerint, valamennyi egybeesésből következő terhelés mérséklése a T_{sz} időintervallumban a következő:

$$T_e = \frac{n_1 n_2 (t_1 + t_2)}{T_{sz}} \cdot \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{n_1 t_1 n_2 t_2}{T_{sz}}$$

ami teljesen megegyezik az előzőekben leírtakkal. Ily módon valamely vágányút-menetnek két párhuzamos vágányút-menettel való metszésekor, az egyik párhuzamos vágányút szerinti mozgások terhelését nem kell teljes mértékben figyelembe venni. A mérséklés mértéke attól függ, hogy a napi mozgásokból származó terhelés milyen q hányadot tesz ki az első párhuzamos vágányúton (a vágányút-menetek közül, elsőnek bármelyik vehető). Ezt a megállapítást ki lehet terjeszteni más típusú vágányút-metszésekre is, amelyek természetesen párhuzamos vágányút-menetek eseteire vannak kiépítve. Így pl. amikor két vágányt másik két vágány metszi (11.4. ábra), a váltóköri terhelését a párhuzamos vágányokon lebonyolítandó mozgások egybeesésének figyelembevételével kell meghatározni.

$$T_t^{cs} = n_1 t_1 + n_2 t_2 - T_e^{1,2} + n_3 t_3 + n_4 t_4 - T_3^{3,4}$$

$$T_{et}^{1,2} = n_1 t_1 q_2 = n_2 t_2 q_1; \quad T_{et}^{3,4} = n_3 t_3 q_4 = n_4 t_4 q_3$$

Viszonylag egyenletes forgalom esetén, a számítási napi időszakra kell végezni és a fenti képletekben n helyett N szimbólumot kell írni, a q értékét pedig $\frac{N}{1440}$ hányadosként lehet számítani.

Valamennyi metszéspontban, ama párhuzamos vágányutaknál, melyeket csupán tolatási mozgásokat végeznek és vonatok közlekedésével összefüggő mozgások nem fordulnak elő, az egybeesés nagyobb értékével lehet számolni, mégpedig q értékének növelésével, figyelembe véve, hogy a forgalmi szolgálattevők vagy állomási irányítók a tolatási mozgások teljesítési idejének kijelölésénél, a párhuzamosan végezhető vágányút-meneteknél nagyobb fokú egyidejűsítést tudnak elérni, mint a probléma valószínűségelméletének alapján történő megközelítések adódik. A korrekciós növelő együttható c átlagos értékét, amellyel q -t kell beszorozni 1,1-1,5 határok között lehet felvenni.

ad.2). A váltóköri teljes terhelésének általános analitikus számítási módszere. A vizsgált időszak (vagy nap) folyamán tetszőleges bonyolultsági fokú váltóköri terhelését meg lehet állapítani az előző pontban ismertetett számítási módszer alapján, vagyis a párhuzamos vágányúti műveletek egyidejű lebonyolításának figyelembevételével. A most ismertetendő módszerrel, a számítási műveletek könnyebbé tétele és rendszerezése érdekében mindenek előtt egy táblázatot kell összeállítani, a vizsgált váltóköri valamennyi ésszerűen lehetséges vágányút-menetének felsorolásával, először a vonatervezési, majd a vonatindulási, s ezután a tolatási mozgások megjelölésével.

A táblázatban minden egyes vágányút-menetnél P betűvel kell megjelölni mindazokat az előzetesen már vizsgált meneteket, melyek a kérdéses vágányút-menettel párhuzamosan lebonyolíthatók. Ezután történik a vágányutankénti mozgásokból származó terhelés (foglaltsági idő) T_i , valamint a terhelésnek és a vizsgált időalap hányadosaként adódó viszonyszámának q_i , fajlagos foglaltságának megállapítása. Erősen ingadozó terhelésű, forgalmi körülmények között, a terhelés megállapítását nem napi időszakra kell elvégezni, hanem intenzív forgalmú időszakokra (T_{sz}) és az ennek megfelelő vonat-, illetve tolatási mozgások n mennyiségével kell számolni. Ha a vizsgált vágányút-menethez, az előzőekben már elemzés alá vont menetek között nem szerepel párhuzamos, akkor

$$T_i = n_i t_i; \quad q_i = \frac{n_i t_i}{T_{sz}}$$

Ha viszont az éppen vizsgált vágányút-menetre vonatkoztatva, az előzőekben már vizsgált menetek között van párhuzamos, akkor a terhelést az alábbi módon lehet számítani:

$$T_i = n_i t_i (1 - c \sum q_e); \quad q_i = \frac{T_i}{T_{sz}}$$

ahol:

- $\sum q_e$ - az előzőekben előforduló párhuzamos vágányút-menetek q_i összege.
- C - a $\sum q_e$ -hez tartozó együttható, tolató vágányút-meneteknél $c = 1,5$, vonatmozgásoknál $c = 1,0$.

A váltóköri teljes terhelése az egyes vágányutak terhelésének összegzett értékével lesz egyenlő.

$$T_t = \sum T_i = \sum_i^k [n_i t_i (1 - c \cdot q_e)]$$

ahol:

- k – a váltóköri teljes terhelésben a vágányút-menetek teljes mennyisége (ama vágányút-menetek kivételével, melyek a váltóköri teljes terhelésben valamely más vágányút-meneteivel párhuzamosak és ezeket a számítás során nem kell figyelembe venni, továbbá a kihúzóvágány szigetelt szakaszán teljesítendő tolatási mozgások).

A számítási eljárás bonyolultabb eseteiben, amikor az állomási vágányok szerinti érkező és induló vonatok eloszlásának különböző változatai lehetségesek, a problémát nagy teljesítményű számítógéppel lehet és célszerű megoldani. Ez nagyszámú változat kiszámítását teszi lehetővé, és nemcsak a váltóköri teljes terhelésének minimális $T_t^{\min}$ értékét keresi meg, hanem a vonatok vágányok szerinti optimális eloszlását is megállapítja, az egyes vágányokra előzetesen megállapított feltétel $\sum n_i t_i \leq T_{sz}$ figyelembevételével. A számítógép felhasználásakor, a váltóköri teljes terhelésének analitikai számítási módszere átalakul, az állomás vágányhálózatának fejlesztésére vonatkozó általános analitikai számítási módszerré.

ad.3) Váltóköri teljes terhelésben megengedhető vágányút-metszések ellenőrzése követési időköz alapján. Azokban az esetekben, amikor viszonylag kis értékű időközökkel (tehervonatok 6-8 perc, elővárosi vonatok 3-5 perc) követik egymást a vonatok, az összegezett terhelés alapján végzett számítás nem fejezi ki a váltóköri teljes terhelés tényleges foglaltsági körülményeit az intenzívebb forgalom óráiban. Ilyenkor a legnagyobb vágányúti metszések foglaltságának ellenőrzésére, vonatkövetési időközök alapján analitikai számítási eljárást kell alkalmazni, mely szerint az

egy vonatkövetési időközre eső műveleti ciklust kell megállapítani. A vágányút-metszés terhelése egy műveleti ciklus alatt nem lehet nagyobb a vonatkövetési időköznel.

Ha az a) típusú vágányút-metszésnél (11.4. ábra) a fővágányok szerinti vonatok közlekedését a 2 vágány szerinti tolatási mozgások metszik és a szóban forgó vágányút-metszés összegezett foglaltsági ideje $t_1 + t_2$ felülmúlja, az 1 fővágányon közlekedő vonatok követési időközét, akkor a menetrendábrában nagyobb időközöket kell $I' \geq t_1 + t_2$ alkalmazni.

Ha a mozgások száma egy óra alatt n_1 és n_2 , továbbá $n_1 > n_2$ a következő feltétel fennállását kell biztosítani.

$$I' n_2 + I (n_1 - n_2) \leq 60$$

Ha mindkét egymást metsző vágányon (1 és 2) közlekednek vonatok, akkor a következő növelt értékű időközre van szükség:

$$I' + t_1 + t_2 + r$$

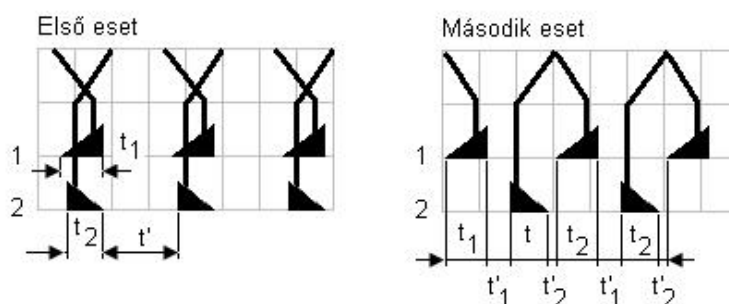
ahol:

r - a megnövelt időköznel számításba veendő tartalékidő.

Az időköz alapján történő ellenőrzést azonban a b) típusú (11.4. ábra) váltóköri körzetben is el kell végezni intenzív vonatmozgás esetén, amikor a két fővágányon n vonatmennyiség menetvonalát (vágányonként) a 3 vágányon a mozgások n_3 mennyisége metszi.

A 11.5. ábrán a vonatok két menetrendi fekvését mutatjuk be, amikor a vonatok az 1 és 2 fővágányon közlekednek. Az első esetben, ami egyébként a legkedvezőbb a tolatási mozgások tekintetében, a vonatok mindkét vágányon egyidőben haladnak át és a növelt időköz csupán

$$I' \geq t_1 + t_{tol}$$



11.5. ábra

A vonatok menetrendi fekvése és foglaltságaik az 1 és 2 fővágányútban.

A második esetben az 1 és 2 vágányokon közlekedő vonatok időbeni helyzete kedvezőtlen. Minden egyes időközben két szabadidősáv található, melyek közül az egyik t' nem elegendő tolatási mozgás lebonyolítására. Az ez esetben szükséges növelt időköz a következő:

$$I'_{\max} \geq t_1 + t_2 + t' + t_{tol} \approx t_1 + t_2 + 2t_{tol}$$

A megnövelt időköz átlagos értéke:

$$I'_{\text{med}} = t_1 + 0,5t_2 + 1,5 t_{tol}$$

A 3 vágány szerinti mozgások lebonyolítási lehetőségét a következő képlet alapján kell ellenőrizni:

$$I'n_3 + I(n-n_3) \leq 60$$

amikor I' értékét a fenti képletek felhasználásával kell megállapítani, mégpedig a 3 vágányon történő mozgások fontossági sorrendjének figyelembevételével. A vágányút-metszés terhelésének napra vagy csúcsforgalmi órára vonatkozó számításáról könnyen át lehet térni azon vonatmennyiség megállapításához, amit az egyik vagy a másik vágányon közlekedtetni lehet, a többi vágányon közlekedtetett vonatmennyiség mellett.

A váltókörszetben történő vizsgálódás lehetőségei szinte kimeríthetetlenek és korántsem zárultak le az eddigiek tárgyalásával. Európa több vasútjánál olyan számítógépes modellek működnek, melyek segítségével további kérdések tanulmányozását és vizsgálatát végezhetik el a szakemberek, kutatók. Talán a legfontosabbak:

- A vágányutak metszései miatt bekövetkező vonat- és tolató-menet feltartóztatások időtartamának meghatározása.
- Váltókörszet teljes foglaltsága valószínűségének megállapítása.
- Kizáró menetek hatásának vizsgálata.
- Több párhuzamos menet lebonyolítása követelményeinek meghatározása a váltókörszetben.
- Kihúzóvágányok váltókörszete átbocsátóképességének meghatározása.

11.2.2. Az állomások rakodási kapacitása és kihasználása

A rakodási kapacitás (kihasználás) az állomás e célra használható berendezéseinek a naponta összesen ki-, be- vagy átrakható kocsik mennyisége. Szokás azonban a kapacitást (kihasználást) a rakodási műveleteknek alávetett áruk tömegében is kifejezni.

A rakodás történhet a vasúti kocsi és a fel-, vagy elfuvarozó egyéb szállítóeszköz, a rakterület, illetve a tároló, vagy másik vasúti kocsi között is. A rakodásra használatos berendezések létesülhetnek az állomás területén és azon kívül is (pl. ipartelepek rakodó berendezései).

Az állomás rakodási kapacitását (kihasználását) valamennyi ilyen célú berendezés kapacitásának összegében adják meg, de az összkapacitás megállapításakor tekintettel kell lenni arra is, hogy az egyes berendezések bizonyos speciális feladatok megoldására alkalmasabbak, mások pedig kevésbé célszerűek, vagy egyáltalán alkalmatlanok. Viszont az egyes áruknak is vannak speciális igényeik a rakodó berendezéssel szemben. Különösen figyelembe kell részesíteni a legnagyobb mennyiségben előforduló árufajtákat, amelyek mintegy jellemzőek az egész állomás rakodási feladataira.

A rakodási kapacitást és kihasználását igen sok tényező befolyásolja, ezek azonban főleg három fő tényező köré csoportosíthatók:

- a rakodóvágány,
- a rakterület,
- az el- éselfuvarozás teljesítőképessége.

A rakodóhelyek kiszolgálása igénybe veszi az állomási kitérőket és vágánykapcsolásokat, nem ritkán a forgalmi vágányokat és tolatómozdonyokat is. A rakodási feladatok növekedése ezért csökkenti az állomás átbocsátóképességét. Éppen ezért az állomási átbocsátóképesség

meghatározásához ismerni kell a helyi rakodásokkal kapcsolatos vágányút-foglaltsági időket. Ezek elsősorban a helyi rakodásokkal kapcsolatos tolatási műveletekből származnak.

A rakodóvágány kapacitása (kéttengelyű kocsiban kifejezve) a következő képlettel számítható:

$$n_k = \frac{24 \cdot l_r}{T_r \cdot l_k}$$

ahol:

- l_r - a rakodó (áruraktárnál és rakodásnál a front) hossza,
- l_k - egy kocsi átlagos hossza,
- T_r - a rakodási ciklusidő.

Az összefüggésben a $\frac{24}{T_r}$ tulajdonképpen a napi kiszolgálások mennyiségét, az $\frac{l_r}{l_k}$ pedig a rakodóhoz egyidejűleg beállítható kocsik számát jelenti.

Ha a teljesítőképességet árutonnában szükséges meghatározni, akkor az eredményül kapott kocsimennyiséget a rakománytömeggel, illetve a hordképességgel kell megszorozni. Kihász-nálási terv- vagy tényt szám megállapításakor meg kell határozni a kapacitás kihasználási fo-kát. E számítás során figyelembe kell venni, hogy a rakodások, beállítások, kihúzások nem történnek pontosan, tervszerűen, a rakodásnál nem minden kocsi kezelése fejeződik be egy-szerre, nem állítanak be minden alkalommal teljes mennyiségű kocsisort, a rakodást egyéb műveletek (mérlegelés, stb.) zavarják.

A tárolóberendezések (raktárak, rakterületek) teljesítő-, illetve befogadóképessége:

$$n_b = \frac{24 \cdot l \cdot s \cdot f}{T_g \cdot q_s} \quad [\text{kocsi/nap}]$$

ahol:

- l - a tárolásra használt terület hosszúsága,
- s - a szélessége,
- f - az egy négyzetméterre eső fajlagos terhelés kN-ban,
- T_v - az áruk tárolási ideje (a „foglaltsági idő” órában,
- q_s - a teherkocsi hordképessége, raksúlya, illetve statikus terhelése.

Ezt a képletet lehet értelemszerűen alkalmazni akár áruraktárról, akár nyílt rakodóról, akár rakterületről van szó.

Az el- és felfuvarozó eszközök teljesítőképességét a feladatoknak megfelelően biztosítják. A vasút, valamint az el- és felfuvarozó eszközök jellegéből következik, hogy gazdaságosan nem lehet akkora állandó el- és felfuvarozó berendezést fenntartani, amekkora a vasúti teljesítőké-pességnek vagy akár teljesítményeknek is mindenkor megfelelné. Ez ugyanis azt jelentené, hogy a fel- és elfuvarozás teljesítőképessége egyenlő lenne a nagyvasúti el- és felfuvarozó eszközök teljesítőképességgel, holott erre általában nincs szükség. A be- és kirakó berendezé-sek, továbbá az el- és felfuvarozó eszközök teljesítőképességében mutatkozó különbséget egyenlítik ki a tárolóberendezések és területek.

A tárolóberendezések és rakterületek méretezésekor (befogadóképességük meghatározásakor) a következő gondolatmenet szerint kell eljárni. Ha a tároló rakterületek teljesen megtelnek, feltöltődnek, akkor a rakodás lehetetlenné válik. Hosszabb időtartamot vizsgálva, a vasúti rakodási teljesítménynek az el- és felfuvarozási teljesítményekkel egyenlőnek kell lenniük. Csak a rövidebb időközökben adódó, a vasút nagy teljesítőképessége miatt beálló, csúcsértékek kiegyensúlyozására kell a tárolás, a rakterület tárolóképessége. A rakterület, valamint a fel- és elfuvarozási eszközök méretezésekor abból szoktak kiindulni, hogy a rakterületek a vasúti teljesítőképesség, vagy a várható teljesítmény mellett legfeljebb 80 %-ban „töltődjenek” fel. Ebből adott esetben kiszámítható a „feltöltési idő”, a szükséges napi el- és felfuvarozó kapacitás, a rakterület nagysága, stb.

11.2.3. Az állomás kocsifeldolgozó képessége

Az állomás elegyfeldolgozó-, rendezőképesség megállapítása is a már megismert összefüggések alapján lehetséges. E kérdés vizsgálatánál a figyelmet elégséges csupán a rendezőberendezésekre, a gurítódombra és a kihúzóvágányra fordítani. E berendezések teljesítőképességét azoknak a tehervonatoknak vagy kocsiknak a számában adják meg, amelyeket szét lehet rendezni és (amennyiben a munkafolyamat olyan) új vonattá lehet összeállítani. Mérőszámként kifejezőbb a kocsit alkalmazni.

Az elegyfeldolgozó-képesség azonos adottságok és időráfordítás esetén is különböző lehet, s az értéket kifejező kocsimennyiség, főként a finomrendezési feladatok és a helyi munkák, árukezelési helyek kiszolgálása terjedelmével áll összefüggésben. Annak érdekében, hogy a teljesítőképesség egyértelműen legyen megadható, két fogalmat célszerű használni: a kocsis- és az elegyfeldolgozó-képesség fogalmát.

Az állomási berendezések egynemű, átmenő (átrendezendő teherkocsi) egységben számítható, kapacitásértéknek tekintendő, csupán mennyiségi kocsifeldolgozó-képességnek, míg a helyi munkák – és az áramlat-specializáció következtében adódó feladatok figyelembevételével számítható teljesítményt, elegyfeldolgozó-képességnek nevezik.

Mindkét feldolgozási érték megállapításánál fel kell tételnie azt a körülményt, hogy a szétrendezendő és az összeállítandó kocsik mennyiségének egyeznie kell.

A kocsifeldolgozó-képesség számítása

A számítás végezhető a teljes naptári időalapból vagy – az előzőek során adott fogalomnak megfelelően – csupán a tolatási célra szükséges hasznos időalapból kiindulva. A számítási eljárás különbözhet: a tolatási körzetek önálló, vagy összehangolt munkája szerint.

Önálló munkavégzésről akkor lehet beszélni, ha több körzet között nem létesülhet munkamegosztás, együttműködés, és így a szétrendezési és vonat-összeállítási műveleteket is – egy vágánycsoportú állomásokon pedig, még a vonatfogadást és indítást is – ugyanazon körzetben végzik el. Az önálló munkavégzés figyelembevételének szükségessége merül fel, ha csonka vágányokból álló vágánycsoport feldolgozó képességét kell meghatározni, valamint a speciális sajátosságok fennállása alkalmával normál kialakítású vágánycsoportokon is.

A kapacitászámítás általános képlete szerint a feldolgozható kocsik száma (n_k):

$$n_k = \frac{T_H}{t_k} m \quad [\text{kocsi}]$$

ahol:

- T_H - a rendezéshez felhasználható hasznos időalap,
 T_k - a tolatási körzetben elvégzendő egy vonatra (fogás) vonatkozó kapacitási időnorma,
 M - pedig a rendezés alá kerülő egy vonat (fogás) átlagos kocsimennyisége.

A t_k értéke az állomás vágánycsoportjai specializálásának, illetőleg azokon végrehajtandó műveleteknek megfelelően alakul, és magába foglalja mindazoknak ténykedéseknek az idejét, amelyek a körzetben elvégzendő feladatok megoldásához szükségesek. Pl.: síktolatásnál egy mozdony esetén a szerelvényre járás, a kihúzás, a szétrendezés és az összetologatás ideje veendő kapacitásnormaként figyelembe.

A normák (t_{sz} , t_{ϕ} , stb.) megállapításakor, mivel különféle szerelvény nagyságú vonattípusok (egycsoportos-, többcsoportos-, tolató-, átállító-, stb.) vannak, célszerű a szerelvények súlyozott átlagával számolni. Több önálló körzet esetében az egyes tolatási körzetek kocsifeldolgozó-képességét összegezni kell.

Összehangolt munkavégzésnél a szétrendezési és vonat-összeállítási műveletek a tolatási körzetek között megosztásra kerülnek. Ekkor – értelemszerűen – a két körzetben feldolgozható kocsik mennyisége nem összegezhető. A számítás rendszerint két lépésben történik. Az első fázisban megállapítják az együtműködő körzetek teljesítőképességét.

$$n_{ks} = \frac{1440 - \sum t'_{\text{áll}}}{t_{ks}} m \quad [\text{kocsi/nap}]$$

illetve:

$$n_{k\phi} = \frac{1440 - \sum t''_{\text{áll}}}{t_{k\phi}} m \quad [\text{kocsi/nap}]$$

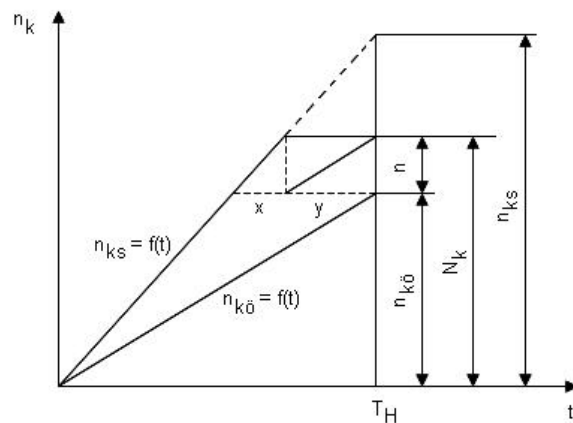
ahol:

- n_{ks} és $n_{k\phi}$ - a szétrendezhető, illetve összeállítható kocsik mennyisége,
 t_{ks} és $t_{k\phi}$ - a szétrendezés, illetve összeállítás kapacitásnormája.

A számlálónak (T_H) a képletben szereplő formáját azért célszerű itt így alkalmazni, mert a körzetekben $\sum t_{\text{áll}}$ értéke rendszerint eltérő.

A két kocsimennyiség (n_{ks} és $n_{k\phi}$) fejezi ki az állomás kocsifeldolgozó-képességét, míg eltérés esetén egyik sem. A berendezések homogenitását figyelembe véve ugyanis a nagyobb teljesítőképességű körzet a kisebb eredményű körzet teljesítőképességének megfelelő szint elérése után már valamennyi műveletet elvégzi. Az így feldolgozható kocsik mennyiségével (n) növekszik az állomás szűk keresztmetszete által determinált kocsifeldolgozó-képesség. Fentieket a 11.6. ábra szemlélteti. Ilyenkor második fázisként meghatározzák a növekmény (n) értékét, amely (feltételezve, hogy $n_{ks} > n_{k\phi}$) az ábrán levő hasonló háromszögek alapján a következőképpen számítható. A hasonlóság alapján írható, hogy:

$$\frac{n}{x} = \frac{n_{ks} - n_{k\phi}}{x + y}$$



11.6. ábra
A kocsifeldolgozó-képesség grafikus szemléltetése.

Az előző összefüggésből:

$$n = (n_{ks} - n_{k\ddot{o}}) \frac{x}{x + y}$$

mivel:

$$\frac{x}{n} = \frac{t_{cs}}{m} \text{ és } \frac{y}{n} = \frac{t_{k\ddot{o}}}{m}$$

ha $n_{ks} > n_{k\ddot{o}}$ azaz:

$$x = n \frac{t_{ks}}{m} \text{ és } y = n \frac{t_{k\ddot{o}}}{m}$$

behelyettesítve és egyszerűsítve:

$$n = (n_{ks} - n_{k\ddot{o}}) \frac{t_s}{t_{ks} + t_{k\ddot{o}}}$$

tekintve, hogy $t_{ks} + t_{k\ddot{o}} = t_k$

$$n = \frac{(n_{ks} - n_{k\ddot{o}}) \cdot t_{ks}}{t_k} \text{ [kocsi]}$$

Így az állomás kocsifeldolgozó képessége:

$$N_k = n_{k\ddot{o}} + n \text{ [kocsi/nap]}$$

Hasonlóképpen határozható meg a kocsifeldolgozó-képesség $n_{ks} > n_{k\ddot{o}}$ feltétel esetén is.

Az állomások teljesítőképességét befolyásoló műveletek mennyiségét és kapcsolati rendszerét mutatjuk be a 11.7. – 11.9. ábrákon.

Az elegyfeldolgozó-képesség számítása

A számítás teljes menete megegyezik a korábban ismertetett elvekkel és gyakorlattal. Az eltérés csupán abban nyilvánul meg, hogy az állandó teljesítményekre lekötött idő ($\sum t_{\text{áll}}$) értéke az

elegyfeldolgozó-képesség kifejezésénél tartalmazza mindazokat a műveleteket is, amelyek a szóban forgó berendezést a helyi menetekkel, valamennyi ismételt rendezéssel, stb., kapcsolatban terhelik. Ebből az következik, hogy a számláló értéke és az elegyfeldolgozó-képességet kifejező kocsimennyiség is kisebb lesz.

Mozdonycseré esetén

MŰVELETEK	IDŐ
1. Mozdony leakasztása és lejárása	
2. Induló vonat mozdonya vonatra jár	
3. Fékpróba, műszaki kocsivizsgálat	
4. Menetokmányok kezelése	
5. Menesztés	
Műveletek összes időszükséglete	

Személyzet változás esetén

MŰVELETEK	IDŐ
1. Induló vonat vezetője átveszi a vonatot	
2. Induló mozdony átvétele	
3. Fékek ellenőrzése	
4. Menesztés	
Műveletek összes időszükséglete	

Kocsi besorolás esetén

MŰVELETEK	IDŐ
1. Rendelkezés a besorolásra	
2. Besorolás	
3. Fékpróba	
4. Menetokmányok kezelése	
5. Menesztés	
Műveletek összes időszükséglete	

Kocsi kisorolás esetén

MŰVELETEK	IDŐ
1. Értesítés, rendelkezés a kisorolásra	
2. Kisorolás	
3. Menetokmányok kezelése	
4. Menesztés	
Műveletek összes időszükséglete	

Kocsi ki- és besorolása esetén

MŰVELETEK	IDŐ
1. Értesítés, rendelkezés kiadása	
2. Kisorolás, besorolás	
3. Fékpróba	
4. Menetokmányok kezelése	
5. Menesztés	
Műveletek összes időszükséglete	

A vonat irányváltása esetén

MŰVELETEK	IDŐ
1. Mozdony leakasztása, körüljárása	
2. Fékpróba	
3. Menetokmányok kezelése	
4. Menesztés	
Műveletek összes időszükséglete	

11.7. ábra
Középállomásokon való tartózkodás idejét befolyásoló műveletek
az állomáson továbbmenő vonatoknál

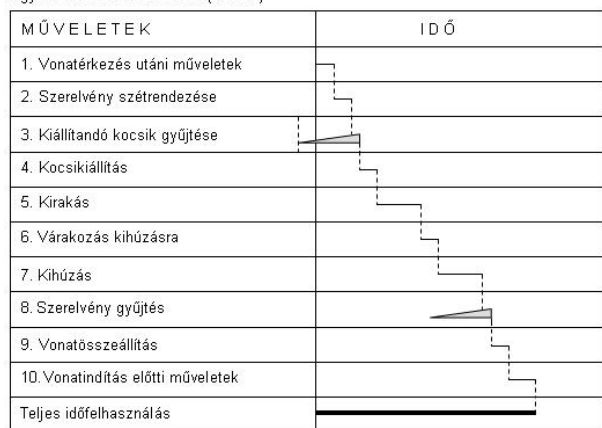
A helyi leadási és feladási kocsik tartózkodási idejét befolyásoló számos művelet és várakozás típusa, szükséges és felmerülő időtartama, továbbá logikai sorrendje és egymással való kapcsolata a 11.8. ábrán látható.

A rendező-pályaudvari műveletek alá eső vasúti teherkocsik tartózkodási idejét befolyásoló tényezők a 11.9. ábrán kerültek összefoglalásra.

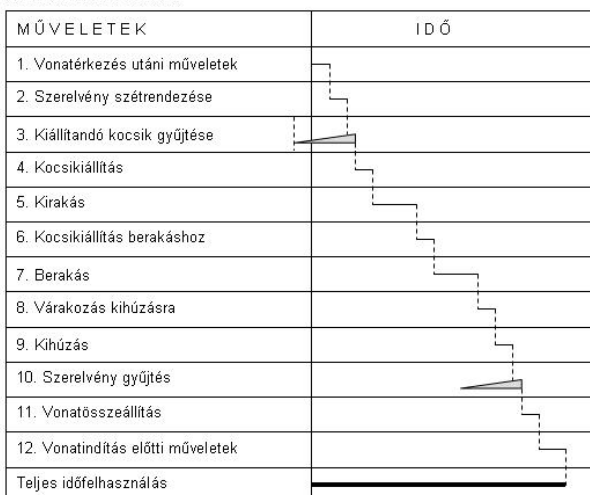
A rendszer átbocsátóképessége

Az állomás, mint vasútüzemi folyamatok alapvető helyhez kötött technikai részrendszere, átbocsátóképességének ismerete nélkülözhetetlen a technológiai folyamatok tervezéséhez és azok lebonyolításához. A rendszer átbocsátóképességét, a rendszert alkotó elemek (esetünkben váltók, váltókörzetek, vágányok, vágánycsoportok, rakodó területek, stb.) közül az határozza meg, amelynek a kihasználhatósága a legkisebb, vagyis átbocsátóképességének értéke a minimális. Ez lesz a rendszer mértékadó (szűk) keresztmetszete.

Egyszeri rakodási művelettel (kirakás)



Kettős rakodási művelettel



11.8. ábra

Helyi leadási, feladási kocsik tartózkodási idejét befolyásoló tényezők.

A rendszer átbocsátóképessége természetesen növelhető, mégpedig úgy, hogy a mértékadó keresztmetszetet feloldják, bővítik. Ekkor újabb mértékadó keresztmetszet (számszerű értékük sorrendjében a következő) keletkezik, amely ismételten feloldható.

Mindaddig létezik mértékadó keresztmetszet, amíg a rendszer valamennyi elemének, elemcsoportjának az átbocsátóképessége nem lesz azonos értékű. Az erre való törekvés tapasztalható ugyan a vasutak részéről, de egyenkapacitású nagyrendszerek a vasútnál végül is nem születnek, mivel üzemszerűen az egyes technikai rendszerelemek többcélú felhasználása indokolt (pl. személy- és teherszállító vonatokat ugyanazokat a helyhez kötött berendezéseket használják). Ebből adódóan a vasútállomások technikai rendszerét alkotó rendszerelemek, rendszercsoportok között mindig található olyan, amelyik a legkisebb teljesítőképességű, vagyis amelyik az egész rendszer szempontjából mértékadó keresztmetszet. Ebből következően ennek a teljesítőképessége fogja meghatározni a rendszer, esetünkben a vasútállomás átbocsátóképességét.

A gyakorlati alkalmazás elősegítése céljából mutatjuk be a kisforgalmú vasútvonalak középállomásaira vonatkozóan az állomás átbocsátóképességének meghatározására az előzőekben tételen ismertetett analitikus módszer.

A kisforgalmú vasútvonal középállomása váltókörizetének átbocsátóképessége

A kisforgalmú állomások jellemző típusát a 11.10. ábra szemlélteti. A váltókörizet átbocsátóképességét mindig az úgynevezett legterheltebb elem teljesítőképessége határozza meg. Egyvágányú vasútvonalak esetében a legterheltebb elem minden esetben a nyíltvonal felőli érintett első váltó. Ez ábránk alapján A felől a 2-es váltó, B felől az 1-es váltó.

A váltókörizetek átbocsátóképessége meghatározásának lépései a következők:

- meghatározzuk a váltókörizetet,
- megállapítjuk a váltókörizetek egy vonatra jutó átlagos idejét,
- kiszámítjuk a váltókörizetek egy vonatra jutó átlagos foglaltsági idejét,
- rögzítjük a naptári időalapot, valamint

- e) a legterheltebb elemek úgynevezett állandó jellegű műveletek miatt felmerülő foglaltsági idejét a vizsgált időszak (pl. egy nap) folyamán.

A fentiek értelmében meghatározó a váltókörzet átbocsátóképessége példánk adataival:

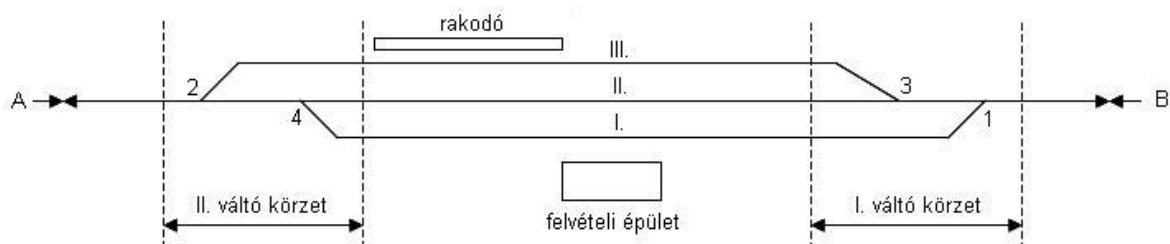
$$n_1^{cs} = \frac{60}{t_j} \quad n_2^{cs} = \frac{60}{t_2}$$

Rpu-on szétrendezett és összeállított vonat tartózkodási idejét befolyásoló tényezők

M Ű V E L E T E K	I D Ő
1. Menet és fuvarokmányok átadása	
2. Okmányok kezelése	
3. Mozdony a szerelvényről lejár	
4. Érkező műszaki kocsivizsgálat	
5. Vonatátvétel, kocsimegírás	
6. Légtelenítés, lazítás	
7. Tolatómozdony a szerelvényre jár	
8. Felhúzás	
9. Hátratólás	
10. Gurítás, leakasztás	
11. Kocsigyűjtés	
12. Átállítás, vonatvezető helyét elfoglalja	
13. Vonatfelvétel	
14. Vonatterhelési kimutatás készítése	
15. Műszaki kocsivizsgálat	
16. Vonatgép a szerelvényre jár, fékpróba	
17. Menetokmányok kezelése	
18. Menesztés	
Érkezési műveleti idők	
Indulási műveleti idők	

11.9. ábra

A rendező-pályaudvarok kocsitartózkodási idejét befolyásoló tényezők.



11.10. ábra

Kisforgalmú vasútvonal középállomása

Az egy napra vonatkozó átbocsátóképesség pedig:

$$n_1^n = \frac{T_N - \sum t_{\text{áll}}}{\bar{t}_1}; \quad n_2^n = \frac{T_N - \sum t_{\text{áll}}}{\bar{t}_2}$$

ahol:

- n_1^{cs} - az 1-es váltókörszet csúcsórára vonatkozó átbocsátóképessége
- n_2^{cs} - a 2-es váltókörszet csúcsórára vonatkozó átbocsátóképessége
- $\bar{t}_1$ - az 1-es váltó átlagos foglaltsági ideje
- $\bar{t}_2$ - a 2-es váltó átlagos foglaltsági ideje
- $\sum t_{\text{áll}}$ - az állandó jellegű műveletekre fordítandó összes idő pl. a váltó karbantartás, váltó tisztítás, stb.

11.2.4. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása grafoanalitikus és grafikus módszerrel

Az előző fejezetben részletesen ismertettük az átbocsátóképesség meghatározásának analitikus módszerét, amelyet akkor ajánlunk, ha egy-egy feladat megoldását gyorsan kell elvégezni. Miután az átlagokra jellemző, hogy a „részleteket” eltakarják, ezért ettől a módszertől pontos eredményt nem várhatunk. Szükséges azonban, hogy a berendezések foglaltságát térben és időben időpontokhoz rendeltén lehessen meghatározni. Ez tette szükségessé, hogy – elsősorban műszaki technológiai tervek készítésére – olyan módszert dolgozzunk ki, amely minden „jogos” igényt kielégít, pontos és megbízható eredményt ad. Ilyen módszer az úgynevezett grafikus módszer.

A grafikus módszer megbízható és alkalmazásával a legjobb, legpontosabb megoldás érhető el, de az eljárás hosszadalmas, sok munkát igényel, amennyiben a feladat megoldásához nem áll rendelkezésre személyi számítógép és a hozzá szükséges szoftver rendszer, akkor nem is érdemes belevágni e módszerekkel történő tervezésnek vagy vizsgálatnak. Ebben az esetben indokolt egy olyan módszer kidolgozása, amely a grafikus és az analitikus módszer előnyeit egyesíti. Ez az úgynevezett grafoanalitikus módszer, amelynek keretében az időpontokhoz szorosan kötött személy- és/vagy kijelölt tehervonatok menetvonalait, foglaltsági idejüket elmozdítani nem lehet, azaz kötöttnek kell tekinteni, és az ezek közötti idő figyelembevételével analitikusan számítjuk a közlekedő többlet vonat mennyiségét.

Egyirányú üzem esetén célszerű kötöttnek tekinteni a személyszállító- és gyorstehevontokat, kétirányú üzem esetében pedig a személyszállító- és gyorstehevontok mellett a tolató tehervontokat is. Az állomás grafikus és grafoanalitikus módszerrel való átbocsátóképességének meghatározásához három alapvető keresztmetszetet kell megvizsgálni:

- az állomásközoeket (állomáshoz kapcsolódó állomásközoek),
- az állomási vágányokat és
- az állomási váltó (kitérő) körszeteket.

A számítási feladat a három alapvető keresztmetszetre az alábbiak szerint oldható meg.

Az állomásközoek esetére egyirányú üzem, térközi közlekedés esetén

Az adott feladat kidolgozásakor minden állomásközből meg kell határozni a menetidőket és azokat növelni kell a visszajelentési idővel (t_v), hogy a térköz-áthaladási idő számításra alkalmas értéket kapjunk. Az első térközben ehhez még hozzáadódik egy gyorsítási, az utolsóban pedig egy lassítási időpótlék. Az így számított foglaltsági idők közül a legnagyobb lesz a mértékadó. Az ismertetett eljárást mindkét irányban közlekedő vonatokra el kell végezni.

A 11.11. ábra alapján, összefüggésszerűen is leírva az előzőekben elmondottakat:

Páros irányban

$$I' = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{l_1}{v} + \tau_{gy} + t_v \\ \frac{l_2}{v} + t_v \\ \frac{l_3}{v} + \tau_1 + t_v \end{array} \right\}$$

Páratlan irányban

$$I'' = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{l_3}{v} + \tau_{gy} + t_v \\ \frac{l_2}{v} + t_v \\ \frac{l_1}{v} + \tau_1 + t_v \end{array} \right\}$$

Ha az állomásközből a két kötött vonat közül csak a minimális követési időköz van, akkor több vonat befektetésére itt nem nyílik lehetőség. Ha a nem kötött vonatok részére rendelkezésre álló idő pl. 2-es 8-as vonatok közötti, akkor a vonatok sebességének függvényében lehet befektetni nem kötött vonatokot. A problémát érzékelteti a befektetett 4-es és 6-os vonat.

Egyirányú üzem, állomástávolságú közlekedés esetén

Állomástávolságú (állomásközi) közlekedés esetén a követési időköz egyenlő a vonat menet-tartama és a visszajelentési idő összegével (11.12. ábra).

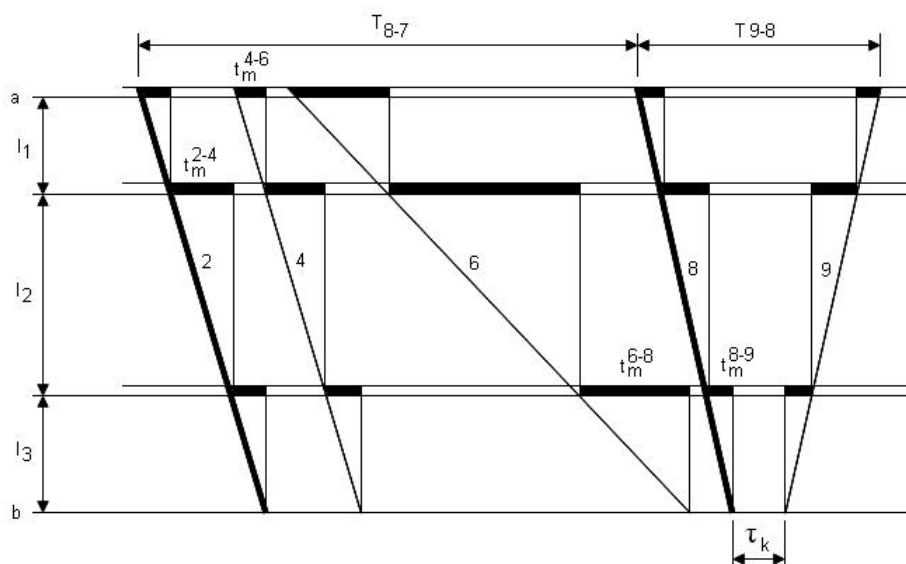
$$\begin{aligned} I' &= t'_{mt} + t'_v = 18 + 2 = 20 \text{ perc} \\ I'' &= t''_{mt} + t''_v = 15 + 2 = 17 \text{ perc} \end{aligned}$$

Természetesen ha a vonatok sebessége eltérő, a sebességkülönbségből adódó idővesztéssel is kell számolni.

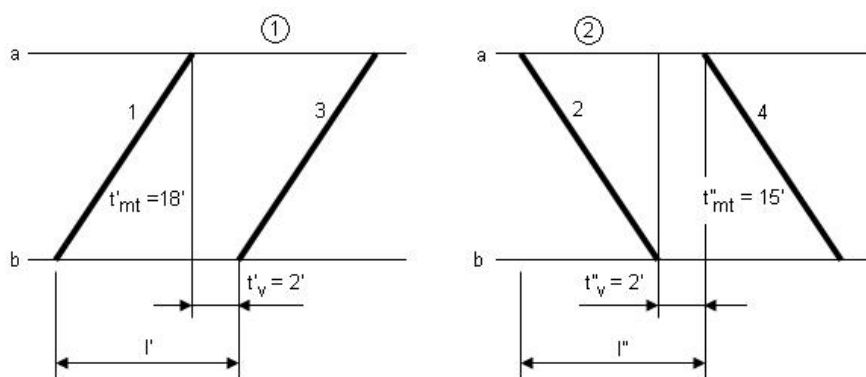
Kétirányú üzem, állomástávolságú közlekedés esetén

Kétirányú üzem szerint általában egyvágányú pályákon bonyolítanak le forgalmat és a forgalom lebonyolítása a 11.13. ábra szerinti változatokban történhet. A követési időközök meghatározása attól függően, hogy állomási vagy térközi közlekedésről van-e szó, az előzőekben ismertetett elvek alapján lehetséges (lásd az egyirányú üzem alapeseteit). Az állomásköz egy- és kétirányú üzemére vonatkozó korábbi elméleti megfontolások a grafikus és grafoanalitikus módszereknél is egyaránt érvényesek. A két módszer között az alapvető különbség van. A grafoanalitikus módszer az úgynevezett rendelkezésre álló idő alapján analitikusan határozza

meg a nem kötött vonatok mennyiségét úgy, hogy minden egyes berendezésen a rendelkezésre álló időtartamot külön vizsgálja és ennek eredményeképpen tételesen határozza meg a közlekedtethető nem kötött vonatok darabszámát, valamint a veszteségidők értékeit. A grafikus módszer az előző elv alapján a közlekedtethető nem kötött vonatok berendezés foglaltságát időben és térben helyezi el a kijelölt berendezéseken. Éppen ezért a két módszer (grafikus- és grafoanalitikus) alkalmazásának kiinduló feltételei azonosak, tehát a továbbiakban leírtak is, mind a két módszerre vonatkoznak.



11.11. ábra
A foglaltsági és vonatkövetési idők közötti kapcsolat.



11.12. ábra
A követési időközök állomási közlekedés esetén.

A feladat megoldását a következő lépésekben foglaljuk össze:

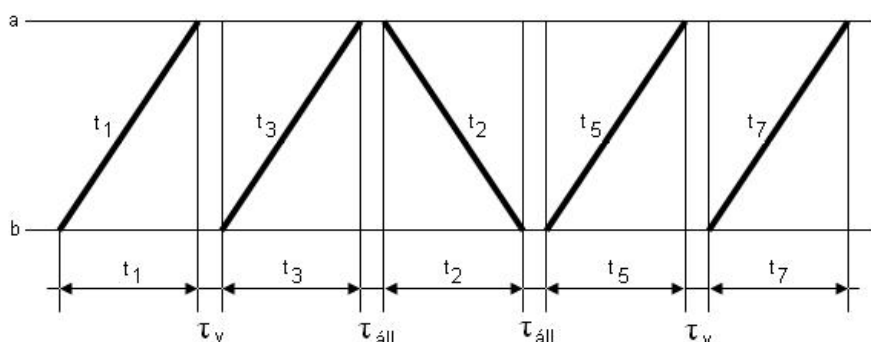
Első lépésként az általános alapelvek ismeretében a nem kötött vonatok állomási és állomásközi foglaltsági ideje állapítható meg. Az állomásközből, egyirányú üzem esetén:

$$t_{fa}^{ne} = t_r + \tau_v + t_E + t_{fa}^n = I^{1-3}$$

ahol:

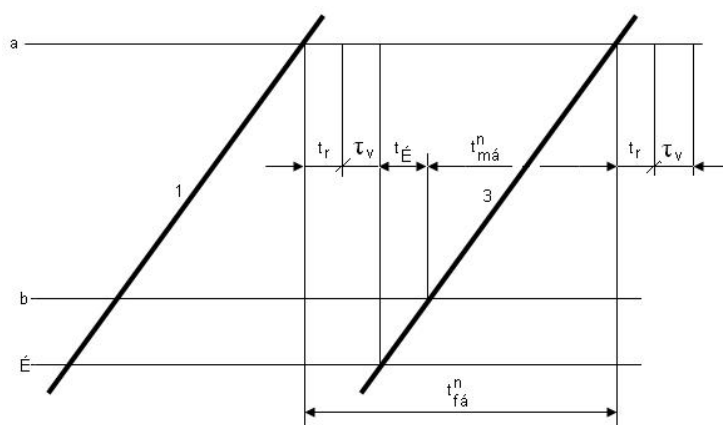
t_{fa}^{ne} - a nem kötött vonatok állomásközi foglaltsági ideje egyirányú üzem esetén,

- t_{fa}^n - a két állomás közötti menetidő,
- t_E - áthaladó vonat esetén az észlelési idő,
- τ_v - a visszajelentési idő,
- t_r - az időráhagyás,
- I^{1-3} - az 1-es és 3-as vonatok között tervezhető időköz.



11.13. ábra

Közlekedési variációk kétirányú üzem állomástávolságú közlekedés esetén. Amint a 11.14 ábrából is jól látható, a követési időközt határoztuk meg a módszerre jellemző időelemekkel.

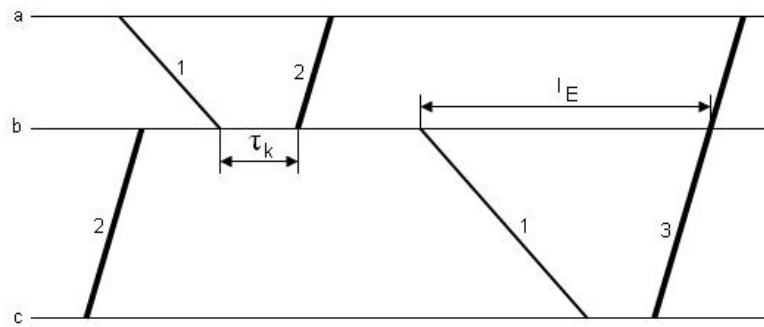


11.14. ábra

A nem kötött vonat állomásközi foglaltsági ideje.

Kétirányú üzem (11.15. ábra) esetében, hasonló elvek alapján, az úgynevezett ellenvonati vagy keresztezési időközt kell meghatározni, ahol a vizsgált „b” állomás szempontjából a nem kötött vonat állomásközi foglaltsági ideje kétirányú üzem esetén $t_{fa}^{nk'} = \tau_k$ ha a két vonat keresztezi egymást és $t_{fa}^{nk''} = I_c$ ha a két vonat között ellenvonati időköz merül fel.

Az állomási berendezéseken: a vonat (1) érkezési és indulási $t_{(e-i)}$, valamint a szerelvények (2) felállítási- és indulási $t_{(m'-i)}$ és a vonatok (3) érkezési- és feloszlási $t_{(é-m)}$ (szerelvény átállások) időpontok ismeretében határozzuk meg az átmenő, a helyből induló és a helyben feloszló vonatok vágányfoglaltságait berendezés-csoportonként. Valamennyi foglaltság ismeretében az előbbi három típusra külön-külön kiszámítjuk az átlagos foglaltságokat, amelyek egyben a nem kötött vonatok átlagos foglaltsági idejét is jelentik.



11.15. ábra
A kétirányú üzem esetében tervezhető időközök.

$$t_{fa(e-i)}^{nA} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \cdot t_{(e-i)i}}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad [\text{perc}]$$

$$t_{fa(e-m)}^{nA} = \frac{\sum_{j=1}^k f_j \cdot t_{(e-m)j}}{\sum_{j=1}^n f_j} \quad [\text{perc}]$$

$$t_{fa(m'-i)}^{nA} = \frac{\sum_{k=1}^e f_k \cdot t_{(m'-i)k}}{\sum_{k=1}^e f_k} \quad [\text{perc}]$$

ahol:

- i - az érkező-induló, tehát az átmenő vonatok db száma (e-i),
- j - a helyben feloszló vonatok db száma (e-m),
- k - a helyből induló vonatok db száma (m'-i),
- f - az osztályközös gyakoriság értékei,
- t - a foglaltságok időtartamai,
- t_{fa}^{nA} - a nem kötött vonatok vonatsoportonkénti (e-i); (e-m); (m'-i) átlagos foglaltsági ideje.

A nem kötött vonatok foglaltsági értékeit vágányokra és vágányutakra külön-külön, de az előzőekben ismertetett elvek alapján határozzuk meg.

Az állomási vágányokra vonatkozó jelölés:

$$t_{fa(vg)}^{nA}$$

Az állomási vágányutakra vonatkozó jelölés:

$$t_{fa(vgut)}^{nA}$$

Második lépésként rögzítjük a kötött vonatok db számát, amelyeket az állomásközpontokban és az állomási berendezéseken (vágányok, vágányutak) időben és térben elhelyezünk. Tehát készítünk egy vágányfoglaltsági grafikont a kötött vonatok közlekedési rendje alapján.

Harmadik lépés. Állomásközönként, vágányonként és vágányutanként a foglaltságok időtartamai alapján meghatározzuk a produktív és a szabadidőket, valamint a berendezések kihasználtságát. Végző soron arra is választ kapunk, hogy van-e, és hogy hol van szabad kapacitás. Ennek eredményeképpen kiválasztjuk azokat a berendezéseket, amelyeknek van szabad kapacitásuk.

Negyedik lépés. A kapacitás-tartalékkal rendelkező berendezéseken (állomásköz, váltókörzet, vágányút, vágány) a foglaltságok alapján meghatározzuk, hogy az egyes foglaltsági időpontok között mekkorák a szabad időközök. Ezt követően megvizsgáljuk, hogy az első lépésben meghatározott értékek, vagyis a berendezés-csoportokra jellemző átlagos foglaltsági idők mely szabad időközökben és hányszor helyezhetők el. Majd tételesen meghatározzuk a veszteségi idők értékeit is.

Ötödik lépés. Az állomásközökben befektetett, valamint a vágányutakon és vágánycsoportokon megjelenő kötött- és nem kötött vonatok foglaltságai alapján megállapítjuk berendezés csoportonként az átbocsátóképességet, ez után pedig az állomás mértékadó keresztmetszetét.

A mértékadó keresztmetszet vonalmennyisége lesz az állomáson közlekedtethető vonatok db száma. Ebből a vonatszámából a nem kötött vonatok foglaltságát kell tovább vizsgálni és a vonatközlekedés struktúráját alapul vevő technológiai rendnek megfelelően, a nem kötött vonatokhoz kell hozzárendelni a nem mértékadó keresztmetszetekben rendelkezésre álló foglaltságokat. Így áll össze az állomásra vonatkozó egységes technológiai rend, amely egyben az állomás átbocsátóképességét is tükrözi.

11.2.4.1. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása grafoanalitikus módszerrel

Az állomásközök

Egyirányú üzem

- meghatározzuk a nem kötött vonatok állomásközi foglaltsági idejét (lásd 11.14. és 11.15. ábrákat) $[t_{fa}^{ne}]$.
- meghatározzuk a két kötött vonat között rendelkezésre álló $T_r - t$ attól függően, hogy a követő vonat azonos sebességgel lassabban vagy gyorsabban közlekedik-e, mint az elől haladó és hogy a vizsgált állomásközben a közlekedési rend térközi vagy állomásközi közlekedésre van-e kialakítva.

Nézzük a vonatok közötti sebességkülönbségeket!

Ha azonos sebességű vonatok követik egymást:

$$T_r^{ll} = T_{ii}^{ll} - (t_{fm}^{ii} + \tau_v)$$

Ha gyorsabban közlekedőt egy lassabban közlekedő követ:

$$T_r^{gyl} = T_{ii}^{gyl} - (t_{fl}^{ii} + \tau_v)$$

Ha a lassabban közlekedő követ egy gyorsabban közlekedő vonatot:

$$T_r^{lhx} = T_{ii}^{lhx} - (t_{fu}^{ii} + \tau_v)$$

ahol:

- T_{ii} - az állomásközben a kötött vonatok közötti indítási időköz,
- G_y - a gyorsabban közlekedő vonat jelölése,
- L - a lassabban közlekedő vonat jelölése,
- T_r - a két kötött vonat között a nem kötött vonatok részére rendelkezésre álló idő,
- t_{fi} - a foglaltsági idő a vonat által érintet első térközben,
- t_{fm} - a foglaltsági idő a vonat által érintett utolsó mértékadó térközben,
- τ_v - a visszajelentési idő.

- c) A harmadik lépésként meghatározzuk a kötött vonatok között közlekedtethető nem kötött vonatok mennyiségét. Az N_{nk}^i – a két kötött vonat által határolt i -edik időközben közlekedtethető nem kötött vonatok mennyisége, T_r^i – a két kötött vonat közötti idő.

A számítás eredményéhez még egy, nem kötött vonatot is hozzá kell adni, mivel az úgynevezett sávhatár szélén is közlekedhetnek vonatok. A számítás eredményeként kapott értéknél csak az egész számú hányados rész veendő figyelembe, a tört részhez tartozó maradék idő (t_{ma}), mint veszteség, a maradék időt növeli.

A kötött vonatok közötti időt, valamint a rendelkezésre álló idő alatt közlekedtethető nem kötött vonatok mennyiségét, a veszteség időt, célszerű táblázatba foglalni (11.1. táblázat).

11.1. táblázat

	Két szomszédos vonat között		Nem kötött vonatok foglaltsága, mennyisége		Maradék idő
száma	T_{ii}	T_r^i	t_{fi}^n	N_{nk}	t_{ma}
1	2	3	4	5	6

Az átbocsátóképesség értéke nem egyenértékű vonatokban:

$$N = N_k + N_{nk}$$

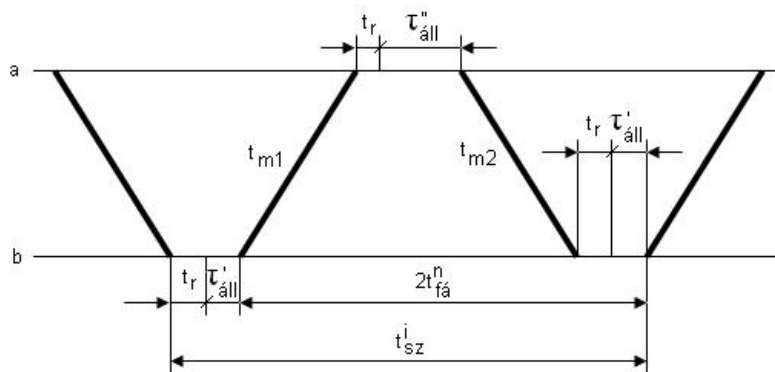
vagyis megszámoljuk, hogy grafikusán hány db kötött vonati menetvonalat tartalmaz az állomáshoz kapcsolódó menetrendábra. Ehhez hozzáadjuk az analitikus módon megállapított nem kötött vonatok mennyiségét.

Kétirányú üzem

A rendelkezésre álló- és a foglaltsági idő meghatározását a kétirányú üzemnél állomástávolság közlekedésre berendezett állomásközre mutatjuk be (11.16. ábra).

A térközi közlekedés esetére vonatkozó összefüggéseknek ugyanaz az elméleti alapja, mint az itt bemutatásra kerülő modell, ezért ennek részletesebb tárgyalásától eltekintünk.

Tekintettel arra, hogy az egyvágányú pálya vonatforgalmára a páros, nem csoportos közlekedés, a sok indulás, valamint megállás a jellemző, a foglaltsági idő kialakításánál megálló vonatok menetidőit, keresztező vonatok állomási időközzeit és az időráhagyást kell figyelembe venni. Ezek után a 11.16. ábra alapján az egy nem kötött vonatra jutó foglaltsági idő:



11.16. ábra

A rendelkezésre álló és a foglaltsági idő meghatározása kétirányú üzem, állomástávolságú közlekedés esetén.

$$t_{fá}^n = \frac{t_{m1} + t_{m2}}{2} + t_r \tau_{áll} \quad [\text{perc}]$$

ahol:

t_{m1}, t_{m2} - a vonatok menetideje az állomásközben.

A rendelkezésre álló idő pedig:

$$T_r^i = t_{sz}^i - (t_r + \tau_{áll}) \quad [\text{perc}]$$

A kötött vonatok között közlekedtethető nem kötött vonatok mennyiségét az alábbi összefüggéssel lehet számítani.

$$N_{nk}^i = \frac{T_r^i}{t_{fá}^n}$$

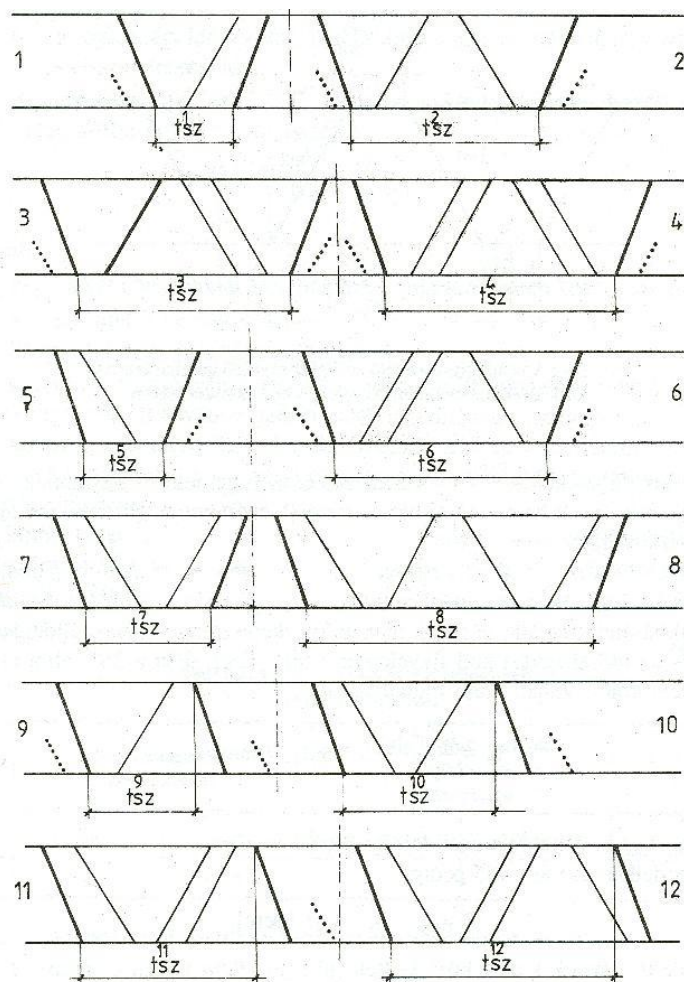
A két kötött vonat között szabadidő (t_{sz}^i) az előbb közlekedő kötött vonat érkezésétől a következő kötött vonat indulási időpontjáig terjed.

A t_{sz} szabadidő meghatározásához mindig célszerű az állomásközt felrajzolni a kötött vonatok közlekedését bemutató időtartamokkal – és ennek alapján számítani – a szabad idő időpontjainak rögzítése után a rendelkezésre álló időt. A szabad idő meghatározásához ad segítséget a 11.17. ábra.

Egyvágányú térségi közlekedés alkalmával azért, hogy az egy vonatra jutó foglaltsági időben mind az előfordulható közlekedési eseteket, mind pedig – azok figyelembevételével – a térségi hatását megfelelőképpen érzékelhessük, közlekedési változatok készítenők. A változatok a nem kötött vonatok közlekedésének a lehetőségeit mutatja be különböző, a kötött vonatok közötti helyzetükbe (11.17. ábra). Segítésükkel állapítjuk meg, az egy, nem kötött vonatra jutó foglaltsági időt. A számítás egyszerűsítése és gyorsítása érdekében – a szükséges adatok átlagértékét használjuk, így a kötött és nem kötött vonatok átlagos menetidőt, átlagos sebességeit és – az ezek alapján számítható, - gyorsabb és lassúbb, a lassúbb és gyorsabb, valamint az azonos sebességű vonatok egymásközi átlagos követési idejét.

A követési idők és az állomási időközök értékében az időráhagyást a változatokba is beépítjük. A változatok szerinti variációk leközlekedtetéséhez szükséges idők összege és a változa-

tokban lévő nem kötött vonatok mennyiségének figyelembevételével határozzuk meg a nem kötött vonatok foglaltsági idejét. A különféle vonatkövetési helyzetek érzékeltetésére 12 közlekedési változatot készítettünk (11.17. ábra).



11.17. ábra
Közlekedési változatok

A változatok összeállításánál a térköz hatásának kihasználása érdekében a vonatok két csoportos közlekedtetését terveztük be. Az ábrákon a kötött vonatokat folytonos vastag vonallal jeleltük. A változatokban szereplő kötött vonati menetidő képzéséhez a menetrend adatai veendők figyelembe. A változatok időszükségletének kidolgozása az előzőekben leírt elv alapján történik. A kötött vonatok között közlekedő nem kötött vonatok mennyiségét most is az előző összefüggés segítségével számoljuk, azaz a rendelkezésre álló időt osztjuk az egy nem kötött vonat átlagos foglaltsági idejével.

Az állomásköz átbocsátóképesége pedig egyenlő lesz az összes kötött és menet-vonalai között közlekedő összes számított nem kötött vonatok összegével:

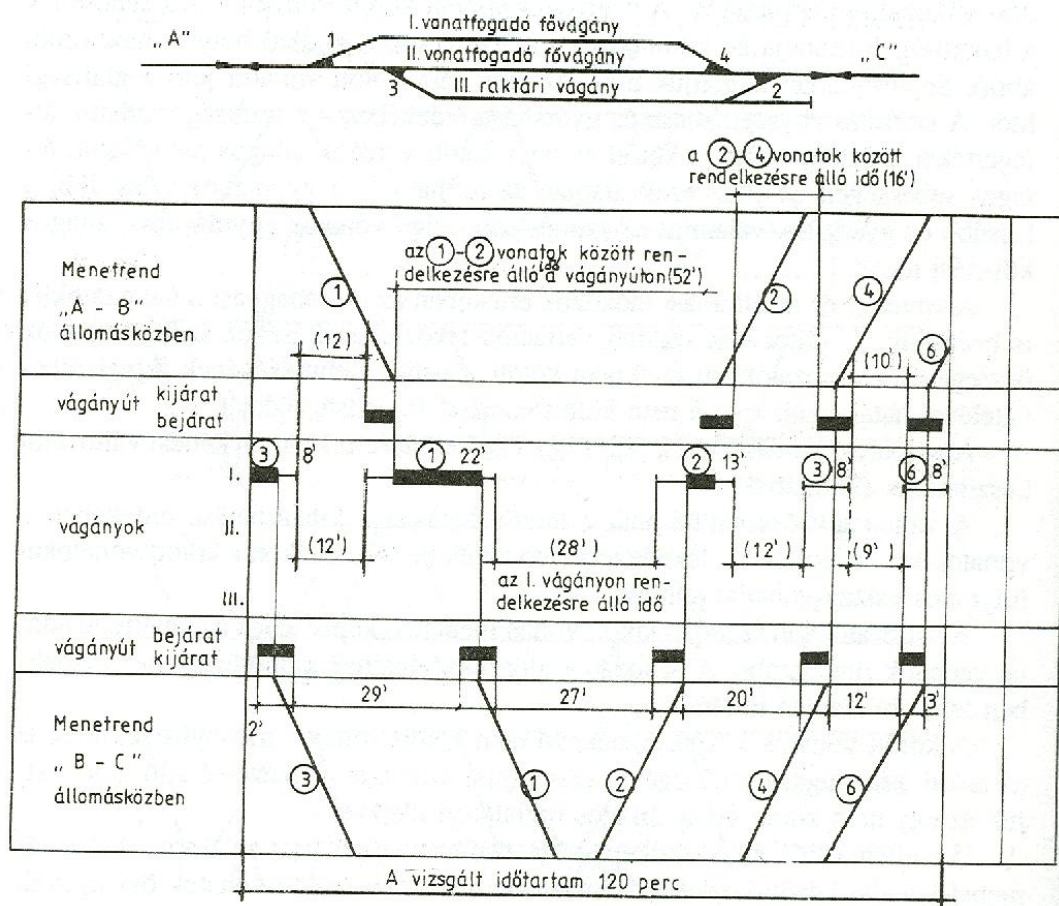
$$N = N_k + N_{nk}$$

Az állomási vágányok és váltókörzetek

Az állomási berendezéseken is, hasonlóan, mint ahogyan az állomásköz esetében ismertettük, elhelyezzük időben a foglaltságokat. Kiindulási alap lehet most is:

- az aktuális, vagy egy tetszőleges menetrend,
- egy tervezett menetrend.

De mindenképpen a menetrend szolgáltatja a kiinduló alapot. A menetrend alapján elkészített vágányfoglaltsági grafikonon láthatók az úgynevezett kötött vonatok által okozott foglaltságok és azok db száma.



11.18. ábra

A rendelkezésre álló idő meghatározása
állomásközhöz, vágányonként és vágányutanként.

Ezen kötött vonatok foglaltságai között az előzőekben ismertetett módon meghatározzuk a rendelkezésre álló időket, és ezeket az időtartamokat elosztjuk az analitikusan kiszámított, az egyes berendezésekre jellemző, átlagos foglaltsági idővel. Így kapjuk meg a nem kötött vonatok mennyiségét.

Az előzőeket a 11.18. ábra és a hozzá tartozó egész oldalas táblázat segítségével is bemutatjuk.

A nem kötött vonatok átlagos foglaltsága a korábban megismert összefüggések alapján, az állomási vágányokra:

$$t_{fa(vg)}^{nA} = \frac{1 \cdot 22' + 1 \cdot 13' + 3 \cdot 8}{5} = \frac{59'}{5} = 11,8 \text{ perc} \sim 12 \text{ perc}$$

A rendelkezésre álló időközök száma	i	A két szomszédos vonat között rendelkezésre álló idő	A nem kötött vonatok foglaltsága mennyisége		A kötött vonatok db száma átl. fogl.		Veszteség idő
			t_{fa}^p (perc)	N_{nk} (db)	N_k (db)	t_{fa}^k (perc)	
A-B	1	2	3	4	5	6	7
	vágányutak						
	3-1	12	5	2		5	2
	1-2	52	5	10			2
	2-4	16	5	3			1
C-D	4-6	10	5	2			-
	összesen			17	4	5	
	3-1	29	5	5			4
	1-2	27	5	5			2
	2-4	20	5	4			-
Vágányok I.	4-6	12	5	2			2
	összesen			16	5	5	
	3-1	12	14	1		12	-
	1-2	28	14	2			4
	2-3	12	14	1			-
II. ; III.	3-6	9	14	0			9
	összesen			4	5		
	II.						
	III.						
	Egyéb berendezések						

az állomási vágányutakra:

$$t_{fa(vgut)}^{nA(A-B)} = \frac{4.5}{4} = 5 \text{ perc}$$

$$t_{fa(vg.ut)}^{nA(B-C)} = \frac{5.5}{5} = 5 \text{ perc}$$

az állomás átbocsátóképessége:

$$N = \min \left\{ \begin{matrix} N_{\text{vgútA-B}} \\ N_{\text{vg}} \\ N_{\text{vgútB-C}} \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} N_{\text{nk}} + N_{\text{k}} \\ N_{\text{nk}} + N_{\text{k}} \\ N_{\text{nk}} + N_{\text{k}} \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 17 + 4 \\ 16 + 5 \\ 4 + 5 \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 21 \\ 21 \\ 9 \end{matrix} \right\} = 9 \text{ vonat}$$

A 11.18. ábra és a számítások eredményeit összefoglaló táblázat adatainak felhasználásával az állomási berendezések átbocsátóképessége, valamint az állomás átbocsátóképessége az alábbi összefüggés alapján határozható meg

$$N_{\text{áll}} = \min \left\{ \begin{matrix} N_{\text{vgútA-B}} = N'_{\text{k}} + N'_{\text{nk}} \\ N_{\text{vg}} = (N_{\text{k}} + N_{\text{nk}}) \cdot K \\ N_{\text{vgútB-C}} = N''_{\text{k}} + N''_{\text{nk}} \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} 17 + 4 \\ 2(4 + 5) \\ 16 + 5 \end{matrix} \right\} = 18 \text{ [vonat/időtartam]}$$

ahol:

K - a homogén berendezések száma, esetünkben ez kettő.

Látható, hogy az állomás átbocsátóképességét az állomási vágányok átbocsátóképessége határozza meg. A vágányutaknál mind a két állomási fejrészen van szabad kapacitás. Ha ezt az ábrát tovább vizsgáljuk a kapcsolódó állomásközökkel együttesen és a szükséges számításokat az előzőek alapján elvégezzük, akkor a csatlakozó állomásközök – állomásközi közlekedést feltételezve, ahogyan ez az ábrán is látható – adják a mértékadó keresztmetszetet.

$$N_{\text{A-B}} = N_{\text{kAB}} + N_{\text{nkAB}} = 3 + 2 = 5 \text{ [vonat/időszak]}$$

$$N_{\text{B-C}} = N_{\text{kBC}} + N_{\text{nkBC}} = 5 + 1 = 6 \text{ [vonat/időszak]}$$

Ez azt jelenti, hogy a rendszer egészét tekintve, többlet vonatként 5 db átmenő vonattal és egy helyben feloszló vonattal lehet számolni.

11.2.4.2. Vasútállomás teljesítőképességének meghatározása grafikus módszerrel

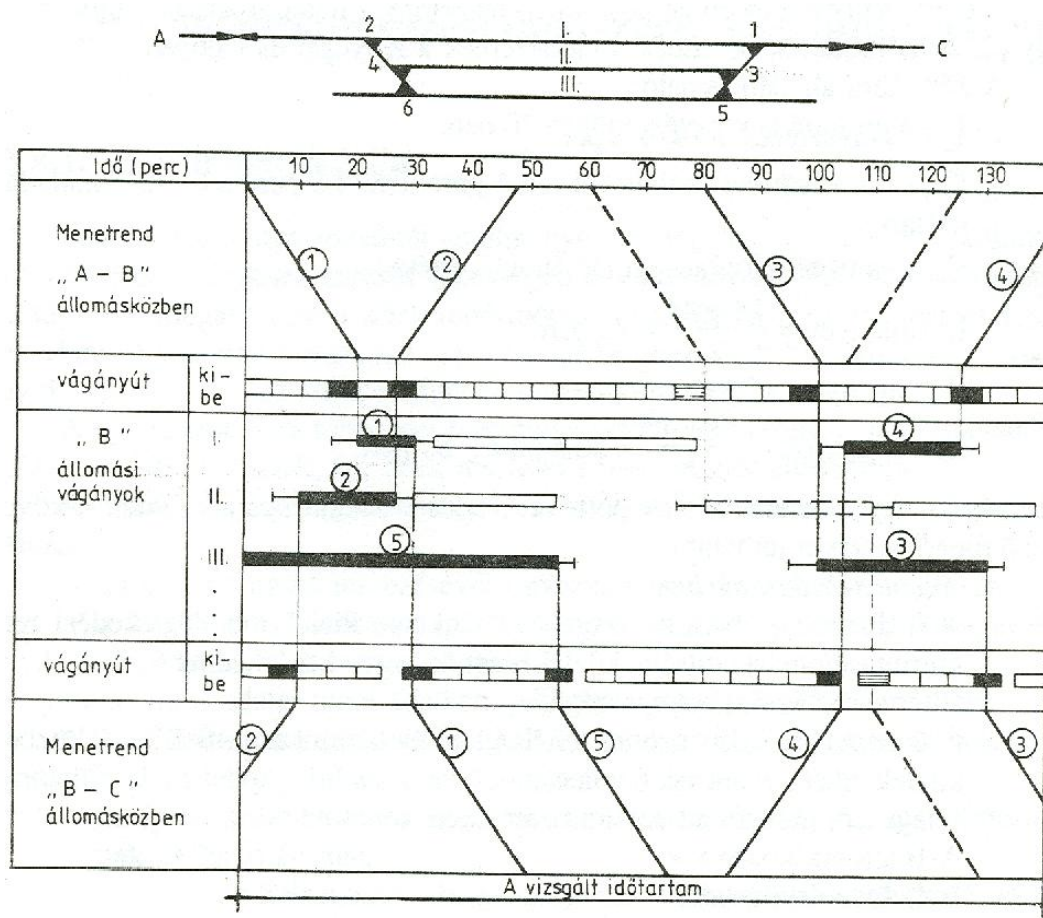
Mint ahogyan a korábbiakban utaltunk rá, ez a számítási eljárás (módszer) adja a legpontosabb eredményt. Ez a legfőbb oka annak, amiért bonyolultsága ellenére, az állomás teljesítőképességének meghatározására javasolható. Érdekes a következő esetekben is alkalmazása mellett dönteni:

- menetrendváltáskor,
- műszaki fejlesztés alkalmával,
- kapacitás vizsgálat céljából.

A módszer kiindulási feltételei megegyeznek a grafoanalitikus módszernél leírtakkal. A lényegi eltérés a két módszer között a következő. Mind a két módszernél a konkrét, rögzített menetrend alapján, a vonatok halmazából a kitűzött célnak megfelelően, kötöttnek tekintett és grafikusán ábrázolt vonatok menetvonalai és foglaltságai közötti időtartamok adottak.

A grafoanalitikus módszer analitikusan számítja a közlekedtethető nem kötött vonatok db számát berendezésenként és berendezés csoportonként, ennek alapján határozza meg a mértékadó keresztmetszetet.

A grafikus módszer az előbb említett számítás helyett a berendezésekre jellemző átlagos foglaltság alapján térben és időben összehangolva el is helyezi a nem kötött vonatok menetvonalait, valamint a vonatok, tolatási- és gépmenetek foglaltságait.



11.19. ábra

A rendelkezésre álló idő alapján befektethető többlet vonatmennyiség berendezésenkénti foglaltságának száma.

Az előzőekben leírt elvek vonatkozó részeinek a felhasználásával ugyancsak egy példával mutatjuk be ennek a módszernek a lényegét és előnyeit. A 11.19. ábra alapján látható:

I_n - a minimális követési időköz 20 perc,

τ_k - a keresztezési időköz 5 perc,

$t_{\text{favg,út}}^n$ - a vágányút foglaltsági idő 5 perc, ebből 3 perc a be- és kihaladási időtartam,

$t_{\text{fa(vg)}}^n$ - a vágányfoglaltsági idő átlagos értéke:

$$\text{I. vágányon} = \frac{18 + 28}{2} = 23 \text{ perc}$$

$$\text{II. vágányon} = 25 \text{ perc}$$

$$\text{III. vágányon} = \frac{18 + 43}{2} = 30,5 \text{ perc} - 31 \text{ perc}$$

Ha az egyes berendezés-csoportokat tételesen megvizsgáljuk, akkor a következő megállapításra juthatunk:

Az állomásközők esetében:

- A-B állomásközből, a vizsgált időszakban kialakított közlekedési rend szerint (állomástávolságú közlekedés), összesen közlekedhet 6 vonat. Ez az állomásközü átbo-
csátóképessége.
- B-C állomásközből azonos feltételek mellett, mint az A-B állomásközből, közle-
kedhet ugyancsak 6 vonat.

Azoknak a vonatoknak a mennyisége, amelyeket ténylegesen, menetrend szerint betervezett vonatként minősíthetünk:

- A-B állomásközből: 4,
- B-C állomásközből 5.

Vágányutak esetében

- a páros oldalon: 27 vonat (menet),
- a páratlan oldalon. 26 vonat (menet).

Az állomási vágányokon

- vágány 4 vonat (menet) foglaltsága,
- vágány 4 vonat (menet) foglaltsága,
- vágány 2 vonat (menet) foglaltsága.

Az ábra és a számok tükrében látható, hogy a mértékadó keresztmetszet az állomásközü, majd ezt követi az állomások vágányainak átbo-
csátóképessége. A legtöbb kapacitástartalék a vágányutak esetében található.

Látható az is, hogy ezzel a módszerrel egyértelművé lehet tenni a rendszer átbo-
csátóképességét, ami esetünkben azt jelenti, hogy +1 többlet vonat befektetésére nyílik lehetőség.

12. A VASÚTI KÖZLEKEDÉS BIZTONSÁGA

A vasúti közlekedés biztonságának fenntartása, fenntartható növekedése az Európai Unió és valamennyi tagállam közlekedéspolitikai célkitűzésének alapvető célja. A vasúti közlekedés biztonságának biztosítása irányban integrálódott tevékenységrendszer bonyolult, komplex és szorosan kapcsolódik más szakterületekhez (pl. jogalkotás, hatósági intézményrendszer, mérnöki tevékenységrendszer, oktatásügy, egészségügy, környezetvédelem, stb.). A nagy kérdés az, hogy képesek vagyunk-e ezeket a relevanciával bíró kapcsolódási pontokat feltérképezni, jelentőségüket megérteni, és valamennyi területen helyesen megfogalmazni az elvárásokat a vasúti közlekedés biztonságának javítása érdekében.

Az állam egyik fontos kötelezettsége állampolgárai egészségének megóvása, amibe beletartozik a vasúti közlekedés baleseti kockázatának mérséklése, a bekövetkezett balesetek hatásainak lehető legkisebb mértékűre történő csökkentése. A vasúti közlekedési balesetek következményei rendkívül súlyosak. Gyakran jelzik ezt a bekövetkezett halálesetek, az egészség maradandó károsodása. A baleset-megelőzés törekvéseinek középpontjában az ember testi és szellemi sértetlensége áll. Így a vasúti közlekedés biztonsága egészségügyi kérdés.

A vasúti balesetek, a személyi és egészségi veszteségeken túl, hatalmas összegű anyagi károkat okoznak. Ezek a károk és hatásaik felszámolása súlyos adóforintokba kerülnek, tehát mi adófizető állampolgárok fizetjük meg. Kedvezőtlen hatással van mindez egy nemzet költségvetésére is, hiszen olyan pénzeszközöket köt le, amelyek más értelmes cél (vasútfejlesztés, árvízvédelmi gátrendszer kiépítése, stb.) érdekében nem kerülhetnek felhasználásra. Egy ország gazdasági teljesítőképességének legfontosabb előfeltételei közé tartozik a magas biztonsági színvonalon (alacsony baleseti kockázat mellett) bonyolódó vasúti közlekedés. A nagyteljesítményű, biztonságos és környezetbarát vasút létrehozásával és fenntartásával összefüggő beruházások munkahelyeket teremtenek, elősegítik vállalkozások létrejöttét, továbbá az országos és regionális infrastruktúra kiépítését. A vasúti közlekedés biztonsága így gazdasági kérdés is.

Világszerte nagy jelentőséget tulajdonítanak a természeti és környezeti értékek megőrzésének, a mobilitás fenntartásának, mert a növekvő teljesítmények arra kényszerítenek bennünket, hogy a biztonság fogalmát az új kihívások figyelembevételével átértékeljük. A vasúti közlekedés biztonsága átfogóan szolgálja az élet és az életfeltételek védelmét. Azt mondhatjuk tehát, hogy a vasúti közlekedés biztonsága környezetvédelmi kérdés is.

A biztonság garantálása, mint ahogy fentiekből az kiderül állami feladat. Tudni kell azonban, hogy az állam e feladata teljesítése során egyedül nem képes megfelelő minőséget biztosítani. Ahhoz nekünk állampolgároknak is személyesen hozzá kell járulni. Európában ezért kerül kihangsúlyozásra az egyén felelőssége. Csak az állami és állampolgári törekvések egységével, a gazdasági társaságok hathatós segítségével és a civil szervezetek közreműködésével lehet sikeres a balesetek elleni küzdelem. A vasúti közlekedés biztonsága ezért társadalmi kérdés is.

A vasúti közlekedés biztonsága az európai integráció folyamatában olyan problémakörre válik, amely nem ér véget az országhatároknál. Nem kezelhető tehát a továbbiakban nemzeti kérdésként. Ezt támasztják alá az Európai Unió törekvései is, amelyek már korábban testet öltöttek a jogharmonizáció, a piacliberalizáció és az interoperabilitás elveinek és gyakorlatának kidolgozásában. A vasúti közlekedés biztonsága tehát az Európa-politika része.

A vasút minden országban, de az európai közösségben is része a közlekedés nagy rendszerének. A téma szempontjából fontos követelmény, hogy a közlekedési rendszerek terén most csak a vasútról, a vasúti közlekedésről és a vasúti közlekedés biztonságáról gondolkodjunk.

12.1. A vasúti közlekedés komplex rendszere

A vasúti közlekedés biztonsága színvonalának javítása alapvető igény. Az ennek érdekében végzett tevékenységek, hagyományos felosztás szerint:

- az ember (közlekedők, utasok, vasutas dolgozók),
- a vasúti pálya és környezete,
- a vasúti járműpark

köré csoportosíthatók. Ezek alkotják a vasúti közlekedés rendszerét. Mindhárom rendszerelem fontos. Ki képzelhetné el a vasúti közlekedést ma fejlett infrastruktúra nélkül, az európai vonatbefolyásoló berendezések, vagy a vasúti távközlési hálózat hiányában. A telematika pálya- és járműoldali alkalmazásai szinte mindig a biztonság színvonalának emelését is célozzák. Nem valósulhatna meg a fejlődés azonban az ember hatékony közreműködése nélkül sem, mert a előbbieket létrehozni (tervezés, gyártás, építés) és üzemeltetni (irányítani, gazdaságossá tenni) csakis ő képes. Az embernek, az emberi tényezőnek a vasúti közlekedés rendszerében sajnos olyan közrehatása is van, amely veszélyeztetésekhez, balesetekhez és sérülések okozásához vezet. Ezért kell az embert kiemelni az ismertett rendszerből és a jövőben is a közlekedők magatartását befolyásoló nevelést, képzést, felvilágosítást és propagandát kell a közlekedésbiztonsági tevékenység középpontjába állítani.

Felosztható a vasúti közlekedés rendszere másképpen is. Ez a korántsem új felosztás szintén három elemre bontja az egész rendszert:

- Education (nevelés, képzés, oktatás, propaganda),
- Enforcement (az érvényben levő szabályok kikényszerítése ellenőrzéssel, a szabályok ellen vétők szankcionálásával),
- Engineering (mérnöki, szakértői tevékenység, amely kiterjed a mozdonyokra, vontatott járművekre, infrastruktúrára és a pálya környezetére).

Figyelemre méltó tény, hogy a fenti felosztás három csoportjából kettő az emberrel, a humán tényezővel kapcsolatos. Ez alátámasztja az előző felosztásnál az emberről leírtakat. Természetesen építési, gépészeti, automatikai, informatikai és más szempontból is fajsúlyos területek vannak még, amelyek a felosztás részei és amelyek tárgyalására most nem kerítettünk sort.

Alapfogalmak

Témánk szempontjából fontos, hogy a vasúti közlekedés biztonságával foglalkozó szakemberek, vezetők azonos szakmai nyelvet beszéljenek magyarul, franciául, spanyolul és angolul egyaránt. Ennek érdekében összefoglaló módon néhány fogalom-meghatározást adunk a közlekedés biztonságával kapcsolatban. Terjedelmi korlátok miatt most sem tükröződik a teljesség.

Biztonság. A biztonság olyan állapot, amelyben a természetes és jogi személy javaiban (élet, egészség, vagyon, stb.) a csorbulás, károkozás lehetősége nem áll fenn. A teljes (elméletileg létező) biztonság állapotában a veszélyforrások működésével nem kell számolni. A számítások esetén a biztonságot csak viszonyítva, a teljes biztonság megközelítésének állapotaként kezelik.

Veszélyforrás. Azokat a potenciális lehetőségeket, helyzeteket és állapotokat, amelyek vasúti balesetek bekövetkezését okozhatják veszélyforrásnak nevezik. A veszély származási helye a veszélyforrás.

A veszélyforrások jellegük szerint az alábbiak lehetnek:

- emberi (pl. személyiségben rejlő, technológiai eredetű)
- műszaki (pálya, jármű, felsővezeték rendszer, berendezések, létesítmények)
- környezeti (pl. időjárási)

Mivel a vasúti közlekedésben fellelhető veszélyforrások társadalomra való veszélyessége igen nagyfokú, ezért a vasúti közlekedést a törvény veszélyes üzemnek minősíti. A veszélyes üzem üzembentartóját a biztonság megtartásáért fokozott felelősség terheli.

Veszély. A veszély olyan veszélyforrásból előálló, biztonságot sértő állapotot jelent, amely potenciálisan magában hordozza rendkívüli esemény bekövetkezésének lehetőségét. Önmagában nem eredményez rendkívüli eseményt, mert annak bekövetkezéséhez más tényezők közrejátszása is szükséges.

Baleset. A vasúti üzemmel összefüggő olyan rendkívüli esemény amely személyek halálát, sérülését és/vagy vasúti járművek ütközését, siklását, azok, valamint a pálya, berendezések, építmények, létesítmények, áruk, vasúti anyagok rongálódását, részleges, ill. teljes megsemmisülését okozta és/vagy a vonatforgalom lebonyolítását akadályozta.

Veszélyeztetés. Olyan a vasút üzemével összefüggő - szolgálati mulasztásból eredő - rendkívüli esemény, amelynek baleseti következménye nem volt, de megzavarta a közlekedő vonatok biztonságát. A balesetet közvetlenül megelőző állapotként határozható meg. A baleset bekövetkezését az okozótól független tényezők akadályozzák meg (pl. a mozdonyvezető észreveszi a rossz irányba állított váltót). A vasutak a veszélyeztetést is balesetnek tekintik és annak szabályai szerint vizsgálják ki, ill. tartják nyilván. A veszélyeztetések gyakorisága, aránya a rendkívüli eseményeken belül minősíti a vasútüzem szolgáltatási színvonalát, a vasúti közlekedés biztonságát, a vasutas dolgozók munkafegyelmét és erkölcsi állapotát.

Gondatlan cselekmény. Az idegenek által gondatlanságból elkövetett cselekmény, amely a pálya, berendezések, építmények, áruk, vasúti anyagok rongálódását, részleges, ill. teljes megsemmisülését okozta és/vagy a vonatforgalom zavartalan lebonyolítását akadályozta.

Szándékos cselekmény. Idegenek által a vasút sérelmére szándékosan elkövetett cselekmény, amely személyek halálát, sérülését és/vagy a vasúti járművek, a pálya, berendezések, építmények, létesítmények, áruk, vasúti anyagok rongálódását okozta és ezzel a vasútüzem biztonságos, zavartalan lebonyolítását akadályozta. Több vasútnál ez a cselekmény pályamerényletnek minősül.

Vis major. Értelmezése elháríthatatlan ok. Előre nem látható, ki nem számítható és a balesetet megelőző állapot kellő időben fel nem ismerhetőségét, visszafordíthatatlanságát fejezi ki (pl. természeti akadály).

Sérülés. Az emberi szervezetre irányuló erőszakos külső behatás következménye, amely annak orvosi segítséggel megszüntethető-, vagy maradandó elváltozását, a szervezet működőképességének részleges, vagy teljes elvesztését eredményezi. A sérüléseket az alábbiak szerint osztályozzák:

- halálos sérülés (az áldozat a helyszínen vagy 30 napon belül, a baleset következtében szerzett sérülései miatt elhunyt),
- súlyos sérülés (általában 8 napon túl gyógyuló és kórházi ápolást igénylő törések, belső sérülések, agyi trauma, vágás, roncsolódás, stb.),
- könnyű sérülés (8 napon belül gyógyuló ficamok, horzsolások és egyéb kórházi ápolást nem igénylő sérülések).

A sérülés típusa alapján (kimenetel szerint) csoportosíthatók a balesetek. A sérülésekkel összefüggő fontos fogalom a gyógytartam (büntetőjogi, tényleges).

Kár. A személyek és anyagi javak esemény előtti állapotában – rendkívüli események hatására – bekövetkezett kedvezőtlen változás, amely értékvesztéssel jár. A kár pénzben kifejezett mértéke számításokkal pontosan kimutatható.

Zavar. A zavar a vasútüzem tervszerinti lebonyolítását akadályozó műszaki, vagy forgalmi eredetű eseményként értelmezhető. A zavar forrása különböző (sokféle) lehet. Származhatnak a pálya (síntörés), a gördülőanyag (hőnfutás), a berendezések (távbeszélő hálózat hibái), az automatikák (térközzavar), az építmények (jelzőhíd szerkezet méretváltozás) meghibásodásából. Ezeket összefoglaló néven műszaki zavarnak nevezik. Forrása lehet azonban a forgalom lebonyolítása során bekövetkező emberi hiba (helytelen forgalmi intézkedés, vagy a vasútüzemi események ütköztetése). Utóbbi a forgalmi zavar. A zavarok mértéke pénzben sokszor ki sem fejezhető, ezért láthatatlan jelenlétük biztonságot csökkentő és gazdasági eredményrontó hatású. Küzdeni kell ellene.

Tűzeset. A vasúti helyhez kötött- és mozgó berendezésekben, a vasút kezelésére bízott javakban tűz hatására bekövetkezett károsodást tűzesetnek nevezik. A tűz keletkezése sokféle okra vezethető vissza, ezért az ellene való védekezés is változatos módszereket tételez fel (pl. műholdas helymeghatározás és vagonokon elhelyezett hőérzékelő által indított tűzjelzés).

Mentés. A mentés a baleset következtében sérülést szenvedett személyek, a veszélybe került anyagi javak, valamint az élő környezet további károsodásának megakadályozására, alapvető és eredeti funkcióinak biztosítására irányuló szakszerű helyszíni tevékenységek összefoglaló elnevezése. Magába foglalja az életmentést (sérültek biztonságba helyezése, elsősegélynyújtás, oxiológiai beavatkozás), műszaki mentést (élettelen és élő környezet mentése) és mentesítést (robbanásveszély elhárítása, oltás, sugár- és fertőzés mentesítés).

Helyreállítás. A mentéssel párhuzamos, vagy azt követő műszaki (építő, villamos, gépész, környezetvédelmi) tevékenység, amely következtében az élettelen és élő környezet eredeti állapota visszaállításra kerül. A helyreállítás két fokozata: ideiglenes (a forgalom gyors felvétele érdekében) és végleges (eredeti állapot). A helyreállítási munkák keretén belül kerül sor a pálya felszabadítására.

Baleset-megelőzés. Azon tudatos (emberi), az abszolút biztonság állapotának megközelítése érdekében kifejtett törekvések és tevékenységek összefoglaló elnevezése, amelyeknek következtében a balesetek mennyisége és súlyossága (személyi sérülések), az anyagi kár (áru, vasúti javak) nagysága, a környezet (természeti- és épített környezet) károsítása csökkenthető. A baleset-megelőzés kétféleképpen értelmezhető.

Közvetlen (szűkebb értelemben vett), ha a balesetet annak közvetlen bekövetkezése előtt akadályozzák meg. Itt kiemelt szerep jut az elháríthatóságnak. Ilyenkor a balesetek bekövetkezése helyett nagy gyakorisággal „csak” a veszélyeztetés ténye valósul meg.

Közvetett (tágabb értelemben vett), ha a tevékenység a műszaki színvonal fejlesztésével, az ellenőrzés, a felügyeleti rendszer működtetésével és tökéletesítésével, a nevelés, képzés, oktatás eszközeivel, a propaganda és felvilágosító munka révén valósul meg.

Vasúti közlekedés biztonsága. A vasúti közlekedés biztonsága a vasútüzem területén jelentkező veszélyforrások elleni védekezés és baleset-megelőzési munka eredményességét fejezi ki. A vasúti közlekedés biztonságát a műszaki biztonság, az üzembiztonság és a forgalombiztonság együttesen határozza meg, amelyek építőkocka-elv szerint egymásra épülnek és szoros kapcsolatban vannak egymással.

Műszaki biztonság. A közlekedéshez szükséges műszaki eszközök (pálya, jármű, berendezések) szerkezeti részeinél a méretezésnek, a konstrukció kialakításának, a szabályozásnak és a tűrésnek a veszélyhatártól mért különbsége. Ezt az emberi ismeret határa, a technológiák tökéletessége befolyásolja.

Üzembiztonság. A vasúti közlekedés műszaki eszközeinek (pálya, jármű, berendezések) megbízhatóságára utaló számadat, amely a meghibásodás nélkül eltelt időt, az átgördült elegendő mennyiségét, ill. a megtett futáskilométer-teljesítményt mutatja. Szokásos elnevezése még az üzembiztonság.

Forgalombiztonság. Az üzembiztonságra épül és annak eredményességét mutatja. A vasúti üzemvitel lebonyolítása során keletkező hibák valószínűsíthető módon találkozhatnak a forgalmi tevékenység során keletkező mulasztásokkal és hibákkal, tehát baleseteket okozhatnak. A forgalombiztonságot befolyásoló tényezők az utasítások rendszere, a szabályozottság foka, a közlekedésben résztvevők (utas, vasutas dolgozó) szabályismerete, erkölcsi magatartása és szabályozott együttműködése.

Áruvédelem. Minden olyan tevékenység áruvédelemnek minősül, amely a fuvarozásra felvett küldemények felvételkor meghatározott mennyiségének és állapotának (minőségének) a címzett részére történt kiszolgáltatásig terjedő megóvására irányul. Az áruvédelmi tevékenység bonyolult és komplex, mert tartalmazza a biztonságos rakodást elősegítő módszerek kidolgozását, a rakodásgépesítést, mint műszaki fejlesztést, a rakodások lebonyolítására kidolgozott szabályokat, a biztonságos rakodást és szállítást, az árukísérést, a csomagolóeszközök méretezését és kiválasztását, a fentiekkel kapcsolatos ellenőrzést és őrzést.

Vagyonvédelem. A vasúti javak (vagyon) mennyiségének és minőségének megőrzésére irányuló összes tevékenység elnevezése, kiegészülve az áruvédelemmel. A vagyonvédelem nemcsak a vasút, ill. az erre a célra létrehozott vasúti szervezet feladata. A vasúti jogszabályrendszerbe (utasításokba) és technológiákba való beépítettsége révén egy, a korszerű és biztonságos vasutak dolgozóitól és a vasút területét és szolgáltatásait igénybevevőktől, megkövetelt szemlélet is.

Objektumőrzés. A vasút tulajdonában lévő műtárgyak (vasúti híd), építmények (raktár), üzemek (járműjavító), telephelyek (üzemanyag tároló), létesítmények (villamos állomás) fegyveres szolgálattal, vagy anélkül megvalósított felügyeletét objektumőrzésnek nevezik. Célja a vasút működőképességének megóvása és a vasúti közlekedés biztonságának megőrzése.

Vasúti balesetek csoportosítása

A vasúti balesetek különböző okok következtében, a vasút egymástól jól elhatárolható (üzemi) területein, más-más következményekkel és eltérő jellemzőkkel következnek be. A statisztikai adatszolgáltatás nemzetközi kötelezettsége, a nyilvántartások pontossága, az összehasonlíthatóság, a homogenitás és más követelmények miatt is szükség van a balesetek jellemző csoportjainak kialakítására és a megtörtént balesetek helyes besorolására. Európában a vasutak általában a következő főbb baleseti csoportokat különböztetik meg:

- közlekedő vonatok balesete,
- vonatok veszélyeztetése,
- tolatási balesetek,
- elütések,
- gondatlan cselekmények,
- szándékos cselekmények.

A vonatbalesetek a legfontosabbak a biztonság szempontjából (sok utas, értékes küldemények, nagy sebesség, stb.), amit megerősít az a tény, hogy minden vonattal történt esemény közfelfűtést kelt, amit a hatóság, a media kiemelten kezel.

A vonatok veszélyeztetése baleseti következményekkel nem jár, de a vizsgáló és felelősséget megállapító hatóság ugyanolyan szigorral jár el, mintha baleset történt volna. A veszélyeztetések két alcsoportja a veszélyeztetés kis anyagi kárral, illetve a veszélyeztetés nagy anyagi kárral. Tulajdonképpen egy előre megállapított értékhatártól függ a baleset besorolása. Ez az értékhatár az egyes vasutaknál eltérhet egymástól, bár az európai gyakorlat az egységesítés irányába mutat. A nevezett értékhatár a vasutak esetében 20 ezer Forint és 250 Euro között van.

A tolatási balesetek között tartják nyilván a gurítóüzemi (rendező-pályaudvarokon) és a síktoлатás közben bekövetkezett baleseteket.

Az elütések, a „Vasúti átjárók biztonsága” c. fejezetben részletezettek miatt, szintén fontos szerepet játszanak. Az elütés tárgya szerint beszélünk személy, jármű és állat elütésről. Az elütés történhet vasúti átjáróban és a pálya egyéb helyein. Az előbbi esetben a biztonság kérdése szorosan összefonódik a vasúti átjáró biztosítási szintjével. Az ilyen típusú balesetek (rendkívüli események) súlyossága a közúti személysérüléssel közlekedési balesetek súlyossági fokának többszöröse.

A szándékosan elkövetett cselekmények következtében történt rendkívüli események többsége nem a vasútnak vagy vasutas dolgozónak felróható okok miatt következik be. Ide sorolják a vasúti közlekedés biztonsága ellen elkövetett cselekményeket, amelyek bővülnek a rongálás, lopás, dobálás, garázdaság eseteivel. A megelőzés eredményessége azon múlik, hogy mennyire tudatosítható e cselekmények veszélyessége állammal, hatóságokkal és társadalommal.

A balesetek kimenetele szerint megkülönböztetnek:

- halálos,
- személysérüléssel,
- anyagi káros

vasúti baleseteket.

Lehet a baleseteket természetük alapján csoportosítani, ekkor:

- vasúti járművek ütközése,
- vasúti járművek kisiklása,
- vasúti jármű közúti járművel történt ütközése,
- mozgó vasúti járművel történt személysérüléses, ill.
- egyéb

balesetekről beszélnek. A baleseti okok kereshetők vasúton belül és vasúton kívül.

A vasúti közlekedés biztonságának színvonala és mérése

A vasúti közlekedés biztonságának színvonalát az adott közlekedési környezetben (ország, régió, megye, város, vasúttársaság) előforduló balesetek, illetve ezek következtében megsérült vagy meghalt személyek abszolút vagy relatív számával mérik. A vasúti közlekedés biztonságának színvonala tehát csak akkor állapítható meg, ha az mérőszámmal jellemezhető, ez a mérőszám megfigyelések (regisztráció) útján szerzett adatokból származik vagy előre meghatározott matematikai (statisztikai) eljárással megállapítható. A mérőszám akkor ad alapot a homogén összehasonlításra, ha a viszonyítási alap azonos. Vannak tehát abszolút és relatív (viszonyított) mutatók, amelyeket a színvonal jellemzésére használnak. A relatív számokat (fajlagos baleseti adatok, baleseti mutatók) úgy képezik az abszolút mérőszámokból, hogy azokat a vasúti közlekedés, az ország vagy más terület egység egyéb jellemzőihez (háttéradatok, hálózathossz, futásteljesítmény, stb.) viszonyítják. Így kerülnek megállapításra a:

- vasúti baleseti kockázat mutatói,
- balesetsűrűség,
- halálozási mutató,
- mortalitás index és
- súlyossági mutató.

Utóbbival kapcsolatban ki kell emelni, hogy ezt a mutatót a közúti személysérüléses balesetekkel kapcsolatban már hosszabb ideje használják. A súlyossági mutató megmutatja, hogy 100 személysérülésben hányan halnak meg. Az alábbi összefüggés segítségével számítható:

$$S_m = 100 \cdot \frac{H}{B}$$

Ahol:

- H - vasúti balesetben egy év alatt meghalt személyek száma (fő),
- B - egy év alatt bekövetkezett vasúti balesetek mennyisége (db).

Általában arra kell ügyelni, hogy a mutatók számításának módszere előírt. A viszonyított számoknál elengedhetetlenül fontos, hogy valamennyi vasút azonos módon képezze e mutatókat. Amennyiben ez nem teljesül és a mutatók pl. más-más prefixumot (10^1 , 10^2 , 10^3) rejtnek, akkor az összehasonlíthatóság feltétele nem biztosított.

Gondoljuk csak meg, a sebesség [km/ó] mértékegységben a szakemberek, de mindenki számára érthető. Mit értenénk mindebből akkor, ha a sebességet [ó/km] mértékegységben mérnék? Érdeemes töprengeni azon, hogy mit tenne a mozdonyvezető, ha a lassan bejárandó pályarész elején kitűzött jelzőn 0,0025 állna.

12.2. Vasúti baleseti helyzet

Vonatbalesetek és sérülések Európában

Az Eurostat közzétett statisztikai jelentése szerint a 2006. évben, az Európai Unió 27 tagállamának területén, összesen 4913 vonatbaleset történt (12.01. ábra). Ez tartalmazza a:

- vonatok ütközését,
- vonatok kisiklását,
- vasúti átjáróban történt elütéseket,
- mozgó vonattal történt személysérüléses baleseteket,
- vasúti járműveken keletkezett tüzeseteket,
- egyéb baleseteket.

A vasúti balesetek következtében meghalt 1370 személy eloszlását a 12.02. ábra mutatja.

Amennyiben az EU-27 területén történt vonatbaleseteket figyelembe véve képezzük a súlyossági mutatót, akkor láthatjuk, hogy az átlag is nagyon magas. Ez alátámasztja az elhangzottakat, miszerint a vasúti balesetek súlyossága többszöröse a közúti értéknek ($S_{mk} < 3,5$).

$$S_{mv} = 100 \cdot \frac{1370}{4913} = 27,88$$

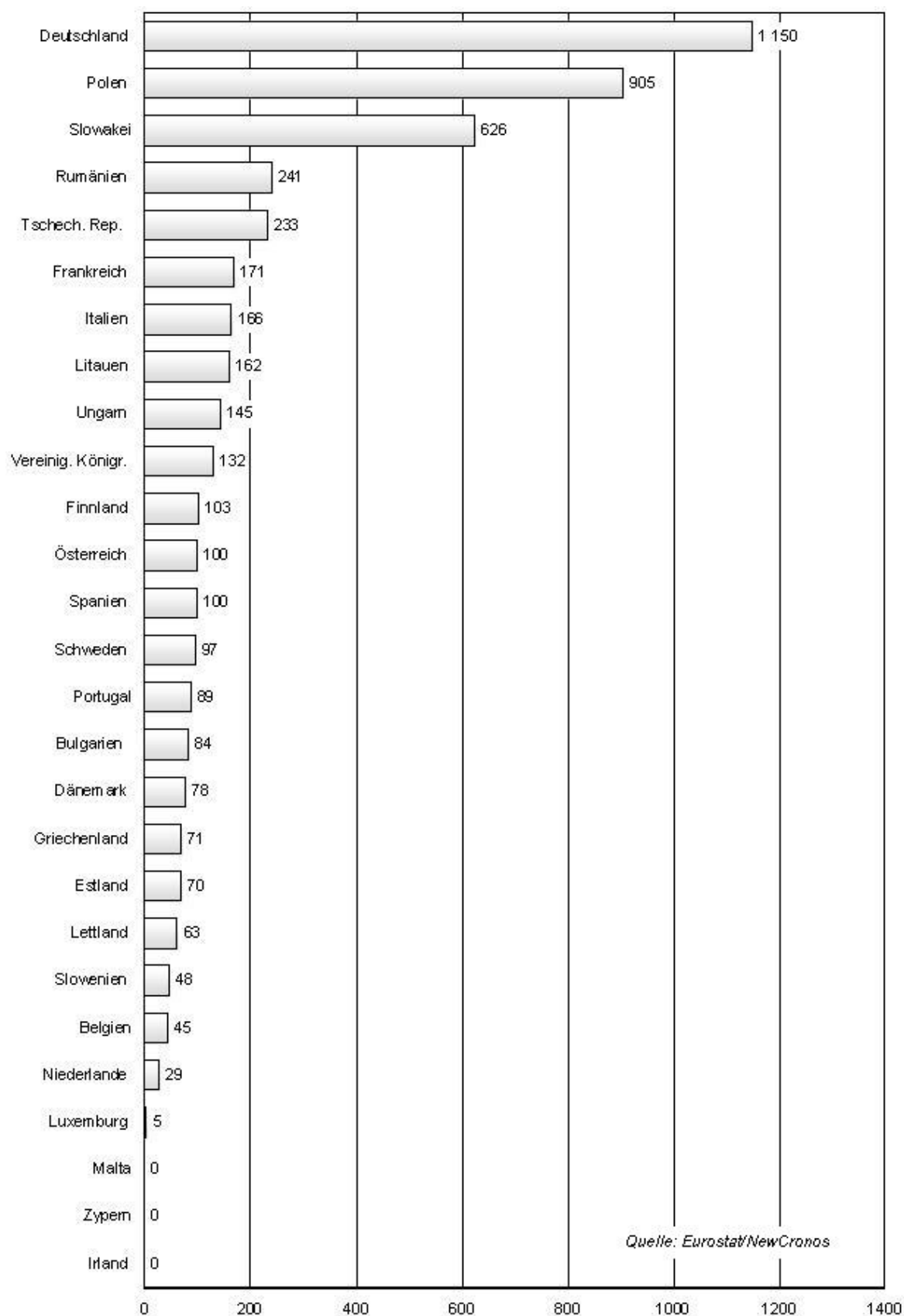
2006-ban, a EU-27 tagállam területén történt vonatbalesetben 1370 személy halt meg. Ez látható a 12.03. ábrán. A súlyosan megsérült 1242 személy megoszlását a 12.04. ábra mutatja.

Érdemes figyelni a veszélye áru szállításával kapcsolatos baleseti adatokra (12.05. ábra). Az ilyen típusú balesetek európai megoszlásában Ausztria, Spanyolország és Litvánia 76,5%-os arányt képvisel, míg a többi országra összesen 23,5%-os arány jut.

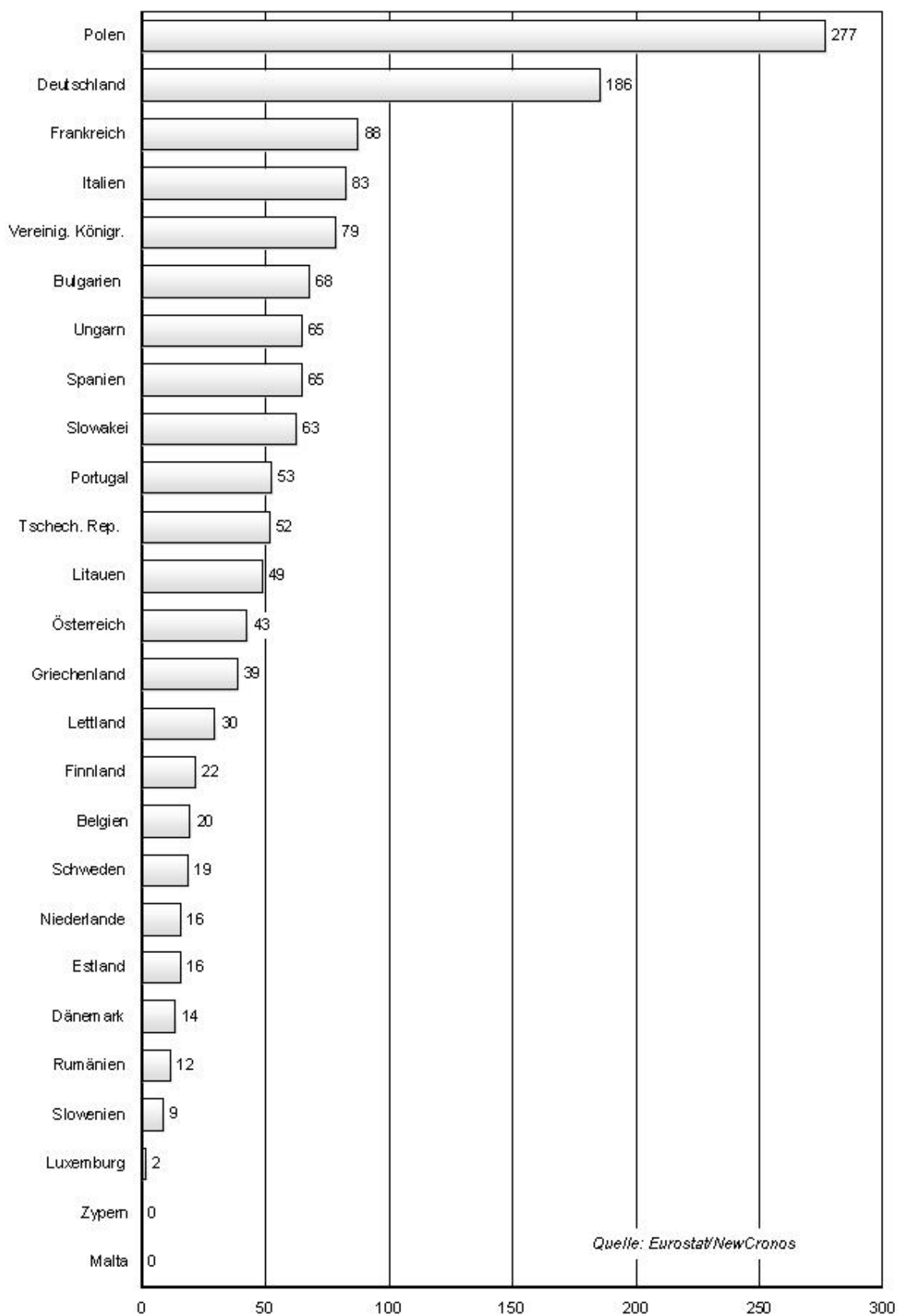
A vasutak futásteljesítményét figyelembe véve, a veszélyes áruszállító vonatokkal történt balesetek mennyiségének 1milliárd vonatkilométerre jutó hányadában első helyen áll Dánia, második Ausztria és harmadik az Egyesült Királyság. Azok a veszélyes anyagot szállító vonatbalesetek, amelyeknél a baleset következtében az anyagok tartányukból kiszabadulva fejtik ki egészségre káros hatásukat, leggyakrabban Ausztriában és az Egyesült Királyság területén következnek be.

A hazai vasútüzem-biztonsági helyzet

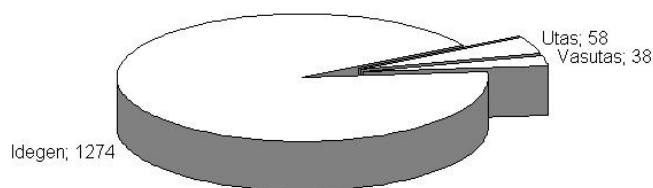
Amennyiben a 2006-os év baleseti adatait elemezzük, a legszembetűnőbb, hogy az első negyedévben vonatbaleset nem következett be. Az előző évben történt 21 vonatbalesettel szemben 2006-ban csak 20 baleset történt. Az inkább változatlan helyzet mellett kedvező, hogy a vasúti hibára visszavezethető balesetek száma csökkent, amelyekből a személyvonati arány 60%, a tehervonati 40%.



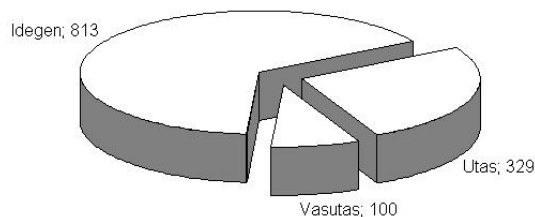
12.01. ábra
Vonatbalesetek az EU-27 területén 2006. évben.



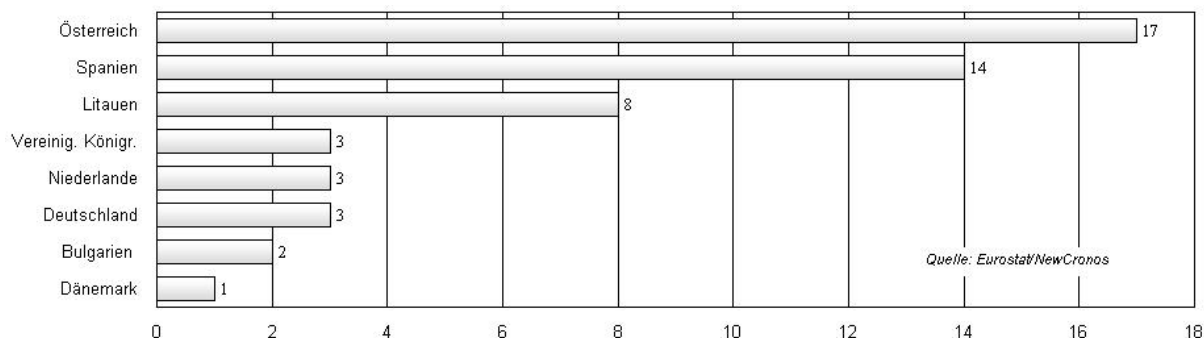
12.02. ábra
Vasúti balesetekben meghalt személyek az EU területén 2006. évben..



12.03. ábra
2006-ban vonatbalesetben
meghalt személyek (EU-27).



12.04. ábra
2006-ban vonatbalesetben
súlyosan sérült személyek (EU-27).



12.05. ábra
Veszélyes áruszállító vonatok balesetei 2006-ban az EU-27 területén.

A következmények nélküli vonatveszélyeztetések száma nőtt. Éves mennyisége (29) meghaladta a vonatbaleseteket. A kis anyagi káros vonatveszélyeztetések száma csökkent és ez volt a tendencia az ebből vasúti hiba miatt történt veszélyeztetéseknél is. A vonatveszélyeztetések 39%-a a gépészeti üzletág, 37%-a a forgalmi szakterület dolgozóinak önálló mulasztása, míg 24%-a e két szakterület dolgozóinak együttes hibái miatt következett be.

Az elmúlt évek üzembiztonsági eseményei között kiemelt helyet foglaltak el az elegyrendezés során bekövetkezett balesetek. A bevezetett intézkedések hatására a vasúti dolgozók hibái miatt bekövetkezett tolatási balesetek száma folyamatosan csökken. A csökkenés mértéke éves szinten 7-14%. Új, kedvezőtlen jelenség az év végéig nem merült fel.

Az elmúlt években közel kétszeresére nőtt a korszerű, félcsapórúddal kiegészített fénysorompók mennyisége. Annak ellenére, hogy a közúti balesetek mennyisége növekedést mutatott, a vasúti és közúti jármű ütközések száma szinte változatlan maradt (98-100 ütközés/év). Szinte valamennyi esetben a KRESZ szabályok be nem tartása volt az ok.

Csökkent a halálos következményű személysérüléssel járó balesetek száma. Ami aggodalomra adott okot, hogy az utasokkal előfordult sérülések száma viszont emelkedett. A 291 személysérüléssel járó baleset 22%-a halálos következményekkel járt. Az öngyilkossági esetek száma 123 volt.

A közlekedő vonatok biztonságát veszélyeztető cselekmények száma az előző évi csökkenés után mintegy 55%-kal nőtt. Ennek elsőrendű oka a fémkereskedelelem terjedésében, a biztosítóberendezési és távközlési kábelek eltulajdonításában keresendő. A vonatok megdobálása továbbra is folytatódott és sajnos kétszeresére nőtt a vasutas dolgozók terhére elkövetett bántalmazás, amely havonta 2-3 alkalommal fordult elő.

A rendkívüli események következtében 500 millió Ft. kár keletkezett. Ennek 20%-át vasúti mulasztás, 80%-át idegen fél okozta. Összevetésként: a 2005. év 1,1 milliárd Ft. anyagi veszteséget „hozott”.

A MÁV ZRt által üzemeltetett vasútvonalak, és az eszközök technikai színvonalának romlása ellenére a műszaki okból bekövetkezett balesetek aránya kedvezően alakult. Az emberi hibából, döntően forgalmi mulasztás következtében előfordult balesetek felhívják a figyelmet a szervezeti változások, létszámcsoökkentésből adódó elbizonytalanodás miatt bekövetkező figyelem és fegyelemcsökkenés veszélyeire. 2006. évben súlyos személyi következménnyel járó baleset nem következett be, de a veszélyeztetések okait elemezve megállapítható, hogy a jelző, jelzés figyelmen kívül hagyásából, a forgalom lebonyolítását szabályozó technológiai előírások megszegéséből bekövetkezett szembeközlések, valamint sebességtúllépések hatékonyabb oktatással, felügyelettel és ellenőrzésekkel megelőzhetőek lettek volna.

Az üzembiztonsági feladattervben előírtak továbbra is aktuálisak, és ezek közül továbbra is kiemelten kell kezelni:

1. A balesetmegelőzési képzés és oktatás fejlesztését.
2. A közlekedésbiztonsági ellenőrzések hatékonyságának fokozását.
3. Műszaki és forgalmi technológiai területen biztonságjavító intézkedések megtételét.

Rendkívüli események okai

Látható volt az előző elemzéseknél, hogy a rendkívüli események előidézésével kapcsolatban a vasúti (vasútnak vagy vasutas dolgozónak felróható) hiba elkövetésének valószínűsége lényegesen kisebb, mint az idegen fél által elkövethető hiba valószínűsége. Természetesen vannak (belső üzemi vagy elzárt) területek ahol szinte kizárólag vasutas dolgozók „termelik a selejtet”. Az idegen fél által elkövetett cselekmények okainak feltárása bonyolult és számos társadalmi, szociális jellegű problémát vet fel, amelynek megoldása nem vasúti feladat. Ezért most csak a vasúton belüli emberi hibákra és műszaki hiányosságokra mutat rá a jegyzet.

Emberi tényezők

4. Balesetek általában konfliktus helyzetből következnek be. A konfliktushelyzetek felismerése, elkerülési technikáinak ismerete vagy leküzdési módszere nem eléggé ismert a dolgozók körében.
1. A dolgozók kicserélődtek (nyugdíjazás, fluktuáció), az újak nem ismerik megfelelően a forgalmi technológiákat, módszereket és a helyi sajátosságokat.
2. A fiatal munkavállalók életkori sajátosságaik miatt sem ismerik fel a veszélyeket, azokkal szemben érzéketlenek, sőt hajlamosak a kockázatvállalásra.
3. A korszerűsítés és létszám-átcsoportosítás következtében sokan nem a tudásuknak megfelelő területen dolgoznak.
4. Vezetői megbízásoknál nem mindig az alkalmasság dönt, hanem más szempontok (pl. aki vállalja és/vagy akinek kapcsolatai vannak).
5. A végrehajtó szolgálat vezetőinek és beosztottjainak szakmai ismeretei, különös tekintettel a rendkívüli helyzetekre, hiányosak.
5. Oktatás tárgyi feltételei – a helyiségek kivételével – számos esetben hiányoznak.
6. Az oktatás színvonala nem megfelelő (oktató tisztek hiánya, felkészültségük átlagos, rövid oktatási idő, oktatási időt nem mindig a cél elérésére használják, vizsgák gyak-

ran írásos tesztek, amelyek alkalmatlanok a felkészültség és tudás szintjének megállapítására).

7. Az oktatás és vizsgáztatás során a gyakorlati elemek szerepe nem megfelelő.
8. Bizonyos oktatási formák elmaradtak. Önképzésre nem fordítanak figyelmet.
9. A balesetekről készített oktatófilmekkel az oktatási egységeket nem látják el.
10. Vonatmentes idők kihasználatlanok a képzés, oktatás szempontjából.
11. A felügyelet alatt dolgozók kis gyakorlattal rendelkezők mellé kerülnek beosztásra.
12. A vezetők és dolgozók személyiségfejlesztése, a szakmai tudás elmélyítése elmarad.
13. A baleset-megelőzés, mentés, kárelhárítás, helyreállítás területén utánpótlás nevelésre van szükség.
6. Ellenőrzés gyakorisága csökken, minősége romlik.
14. Bizonyos munkakörök megszüntetésével az ellenőrző és értékelő tevékenységek egy része is eltűnik. Pótlásáról nem gondoskodnak.
15. Szankciók elmaradnak.
7. Utasításrendszer bonyolult, nincs tekintettel a dolgozók képességére.
8. Gyors kármegállapítást sok esetben a munkáltatói intézkedések zavarják.
9. Alkoholos befolyásoltság és kezelése komoly gondokat okoz.

Műszaki tényezők

7. Műszaki fejlesztés, beruházás elmaradása miatt az eszközök avultsága, állomány- és állagromlása sokkal nagyobb mértékű, mint amit a pótlási lehetőségek biztosítanak. Az elmaradás az igényektől fokozódik.
8. Vasúti pálya állapota elavult, ami legalább a felügyeleti rendszer szigorítását igényli.
1. Az idegen kezelésben levő infrastruktúra és berendezések elhanyagolt állapotban vannak.
2. Féksaruk állapota többször nem felel meg a közlekedésbiztonság követelményeinek.
9. Vontató járművek állapota nem kielégítő, alkatrész-utánpótlásuk akadozik.
3. Mozdonyok „TMK” javítása gyakorlatilag nincs, a közlekedésbiztonságot meghatározó berendezéseiknek javításánál a pénzügyi lehetőségek gyakran korlátot jelentenek.
4. Javítási ciklusrend túlfeszített, a szükséges javítási időket túllépik, ami ciklusidő hosszabbodással jár.
10. Vontatott járművek rossz állapotúak, fenntartásuk, pótlásuk üteme és mértéke elmarad az igényektől.
5. A gyakori járműhibák a jármű-megfigyelési kötelezettség erősítését követelik (pl. vonat ki- és behaladásnál, műszaki kocsi vizsgálatnál).
11. Biztosítóberendezési hibákat, több alkalommal igazolható módon, lassan és késedelemmel javítanak meg.
12. Felsővezeték rendszer éjszakai ellenőrzése nem minden hiba felfedezésére ad lehetőséget. A nappali ellenőrzés a forgalom zavarása nélkül nem oldható meg.
6. Szigetelő porcelán sérülés (törés) az elmúlt években gyakori baleseti ok volt. A szigetelő elemek garanciája 15 évre szól. Cseréjükre lehetőség csak mintegy 30 éves koruk körül van.

A lista nem teljes, de a legfontosabb rendkívüli eseményeket kiváltó okok említésre kerültek.

12.3. A személyszállítás biztonsága

A társadalomnak a vasútról alkotott képét alapvetően a személyszállítás minősége, működési körülményei határozzák meg. Ezzel a vasúti szolgáltatással a társadalom széles rétege találkozik. A vasút és ezen keresztül a vasúttársaság megítélését alapvetően befolyásolja, hogy az utasok mennyire érzik biztonságban magukat a vasúti szolgáltatás igénybevételének teljes időtartama alatt. Alapvető érdeke a vasúttársaságnak, hogy a személyszállítás biztonságát fokozza, mellyel olyan értéknövelt szolgáltatást nyújthat, amely erősíti az utasok biztonságérzetét.

Több – európai vasútnál elvégzett – felmérés tapasztalata azt bizonyítja, hogy biztonsági szempontból az utasokat három, egymástól megkülönböztethető, irányból érhetik kedvezőtlen hatások. Ezek lehetnek:

- a vonaton, menet közben történt rendkívüli események,
- a vonatokat kívülről ért támadások,
- az állomásokon, megállóhelyeken az utasok sérelmére elkövetett bűncselekmények.

A személyszállító vonatokon utazók sérelmére elkövetett bűncselekmények megelőzése érdekében a legkézenfekvőbb megoldás a biztonsági személyzet (vonatkísérő szolgálat) alkalmazása. E személyzet jogkörénél, felkészültségénél és felszereltségénél fogva képes

- a bűncselekmények megelőzésére,
- a vonatszemélyzet feladatainak szükséges mértékű támogatására,
- bűncselekmény elkövetése esetén a szükséges intézkedések megtételére.

Külföldi példák igazolják, hogy a biztonsági területen tevékenykedő gazdasági társaságokkal a vonatkísérésre irányuló szerződéses viszony, a fegyveres szolgálatokkal való együttműködés egyaránt célravezető lehet.

A személyszállító vonatok biztonsági helyzetétől – bár ezt szakemberek különbözőképpen ítélik meg – elválaszthatatlan a pályaudvarok közbiztonsági helyzete. Ahogy egy, a vasút elleni bűnözés megelőzéséért küzdő, olasz napilap írta: „Fertőzött vonatok fertőzött pályaudvarokon állnak meg.” Az utasok vagy kísérőik sérelmére elkövetett bűncselekménykategóriák közül a lopás, az erőszakos és a garázda jellegű bűncselekmények fordulnak elő legnagyobb számban. Mivel a bűn megszüntetésében a legjobb módszer a tettenérés, számos vasút a pályaudvarokon és nagyobb állomásokon kihelyezett rendőri egységet látja a legszívesebben. A rendőri jelenlét már önmagában is korlátozó hatású a bűnelkövetőkre nézve.

A vonatok utasainak védelme érdekében kiválasztott, felkészített és felszerelt személy- és vagyonőr állomány alkalmazására kell sort keríteni. Biztonsági szolgáltatásuk mellett azonban hatékony módon fel kell hívni az utasok figyelmét arra, hogy az ő körültekintő magatartásuk nélkül nem vezethet semmilyen megoldás sikerre. A legjobb helyzetben azok a vasutak vannak, ahol az állam elismeri a vonatok és állomások területét, mint közterületet. Ez logikus is, hiszen itt nagyobb csoportban tartózkodnak emberek, több európai városban az állomás „idegenforgalmi pont” minősítést kap, a vasúti szolgálati helyek rendezvényekre (kulturális, sport, kereskedelmi) utazók és hazatérők találkozási helye. Ezek után a vasúti területek közbiztonságának védelme és javítása már csak a jogalkotó, a hatóságok, a vasúttársaság, a civilszervezetek jóindulatán múlik.

A vonatokat kívülről érő támadások, különösen a vonatdobálások megakadályozása érdekében átfogó, hosszabb ideig tartó és rendszeresen ismétlődő biztonsági akciók szervezése látszik célravezetőnek. Elsősorban a vasútvonalak mellé szervezett rejtett figyelő szolgálatok, ór- és járőrszolgálatok alkalmazásával érhető el az elkövetők felderítése és elfogása. Ezek

azonban csak rövid távú megoldások. Tudni kell, hogy a szándékos cselekmények kizárólag e módszerek alkalmazásával nem szüntethetők meg. Az állam, a társadalom és az egyén morális és gazdasági erejének hiányában óriási szerepet kell kapjon a nevelés és a képzés. Ez a hosszú távon eredményt hozó, de támogatást igénylő tevékenység segíti leghatékonyabban a bűnmegelőzést a tetthelyen folytató hatóságok és vasúttársaságok fáradságos munkáját.

12.4. Az áruszállítás biztonsága

Az Európai Unió több évtizedes tevékenysége és elért eredményei bizonyítják, hogy az un. négy alapvetés – közöttük az áruk – szabad áramlásával kapcsolatos elképzelések helyesek voltak, az európai nemzetek elfogadták azokat. Létezik azonban egy olyan bűnelkövetői kör is, mely mindebből hasznot kíván húzni. Szervezett módon lépnek fel és károsítják meg a fuvaroztatókat és vasúttársaságokat.

A vasutak úgy küzdenek ez ellen, hogy megalkotják biztonságvédelmi koncepciójukat. A koncepciót megvalósító programban célul tűzik ki egy áruvédelmi háló kialakítását. Az áruvédelmi háló a vasutak által közlekedtetett tehervonatokon szállított áru védelmére (vagyonbiztonságára) irányuló intézkedések összessége, amely magában foglalja a belföldi-, az export-, az import- és a tranzit forgalomban közlekedő tehervonatokon továbbított áru biztonsága érdekében:

- a vonat- és az állomási személyzet biztonsági felkészítését,
- a vonatok biztonsági kísérését,
- a nagy pályaudvarok (rpu, teherpu) közbiztonságának fenntartását,
- a forgalmi okból szükséges megállások rendjét és szabályozását,
- a közrend és közbiztonság fenntartásában érdekelt állami szervek és a vasúti szervezetek tevékenységének koordinálását.

Annak érdekében, hogy az egyes biztonsági szervezetek tevékenysége összehangolható, a feladataik meghatározhatók, valamint a szolgálatuk (tehát az áruvédelmi háló) megszervezhető legyen, a rendelkezésre álló adatok alapján át kell tekinteni:

- az áruszállítás biztonsági helyzetét,
- a feladott áru ellen irányuló jogellenes cselekmények alakulását,
- fenti cselekmények összetételét, jellegét.

Ezek alapján kell meghatározni:

- a különösen veszélyeztetett vonatokat,
- az érintett vasúti vonalakat, illetve pályaudvarokat,
- az egyes jogellenes cselekményeket elkövetők körét.

E feladatok végrehajtása után, a megszerzett tapasztalatok ismeretében, születhet döntés a szükséges intézkedések bevezetésére, a közbiztonság javításába bevonható erők és eszközök mennyiségére és minőségére.

A biztonsági helyzet elemzése és értékelése alapvetően az áru biztonságát fenyegető körülmények feltárására irányul. Egy vizsgálat során át kell tekinteni számos dokumentumot, amelyek a következők lehetnek:

- vizsgálati jelentések,
- statisztikai összefoglalók,
- vizsgálati jegyzőkönyvek,
- fuvaroztatók panaszai,

- vagyonvédelmi ellenőrzések tapasztalatai.

Az elemzés adatai alapján megállapíthatók a felfedezés és elkövetés helyszínei. Biztonsági szempontból a feladott árut öt irányból érhetik kedvezőtlen hatások:

- a vonatban, menet közben történt rendkívüli események,
- a rendező-pályaudvarokon tartózkodó kocsikat, tehervonatokat ért támadások,
- az átadás-átvétel hiányosságai,
- a vonattovábbítás és a rendezési technológia hiányosságai,
- az információ megszerzése (adás-vétele).

Ami meglepő, hogy éppen ez utóbbi az, amely a legnagyobb gyakorisággal jelentkezik, és következményeit tekintve ezek járnak a legnagyobb kockázattal.

A menet közbeni támadásokra a tehervonatok ellen akkor van lehetőség, ha a vonatokat műszaki, forgalmi okból meg kell állítani. Előfordulhat az is, hogy a vonatot dézsmálási céllal állítják meg egy állomáson. Az állomásközből történt támadások egyik formája, hogy a vonal biztosítóberendezéseit manipulálják és így kényszerítik megállásra a vonatot. Másik elkövetési jellemző, amikor a mozdonyvezető megvesztegetésével állítják meg a megfelelő helyen a vonatot. Természetesen ezek mind-mind nagyon nehezen bizonyíthatók. Az elkövetőknek éppen az adja az esélyt a büntetés elől történő kitérésre, hogy nincsenek megfelelő súlyú és jelentőségű bizonyítékok a hatóságok kezében. Ezek a támadási formák bármelyik hálózati részen és bármilyen időpontban előfordulhatnak. A ki- és berakó körzetekben, a rendező-pályaudvarokon bekövetkező bűncselekményekre a vasúti kocsik jelenlegi jelentős tartózkodási ideje és a kihalt terület megfelelő alkalmat és lehetőséget biztosítanak.

Morálisan és nyomozati szempontból is aggályos, amikor a vasúttársaság munkavállalói a pályaudvari technológiát használják fel az áru jogellenes megszerzéséhez. Ilyen esetekben kerül sor az üzemvitel szempontjából feleslegesnek minősülő vagonmozgatásra, vagy műszaki okból javító telepre való irányításra. Az őrzött pályaudvarokon gyakran fordulnak elő ilyen, vagy ehhez hasonló események. Az események vizsgálata alapján megállapított tény, hogy a pályaudvarok forgalmával egyenes arányban áll az árubiztonsági fertőzöttség. A legnagyobb forgalmú pályaudvarokon kell szembenézni a legtöbb árubiztonságot sértő eseménnyel.

Vagyonvédelmi, kár nélküli események a zárhiányok. Ezek az események közvetlen és közvetett károkat okoznak a vasúttársaságnak. Közvetlen kár a zárpótlás, áruszámlálás, mérlegelés munkaidő és létszám szükséglete. Közvetett kár a menetidő növekedés, a bizalom és a fuvarvesztés, vagy a Ro-La vonatokon szállított kamion ponyvájának felhasítása következtében szükségessé váló helyreállításának költségek.

A korábbi időszakban a Közép- és Kelet Európa térségében működő vasutaknál olyan méreteket öltött a tehervonatokat ért támadások száma, hogy be kellett vezetni a vonatok kísérését. A tehervonatok ellen irányuló bűncselekmények megelőzése érdekében a legkézenfekvőbb megoldás a vonatokon olyan biztonsági személyzet utaztatása, amely jogkörénél, felkészültségénél és felszereltségénél fogva képes a helyzetnek megfelelő döntések meghozatalára és azonnali intézkedések foganatosítására. A probléma azonban, az úton levő és növekvő nagy létszámú kísérő szolgálatok miatt más megoldást igényel.

Következtetések

Az áruszállítást sértő vagyonvédelmi események értékelése alapján üzletpolitikai és biztonsági szempontból is indokolt olyan intézkedések bevezetése amely:

- csökkenti a bűnelkövetési alkalmakat,
- hozzájárul a fuvaroztatók szubjektív biztonságérzetének növeléséhez, ezzel erősíti a bizalmat a vasúti szállítások igénybevételéhez,
- növeli a vonatok objektív biztonsági szintjét,
- képes időben, a szükséges mértékben és hatékonyan beavatkozni a vasúti személyzet munkájának támogatása, a bűncselekmények megszakítása, a vasúti vagyon és az áru biztonságának védelme érdekében,
- az érintett üzletágak és a vagyonvédelmi szervezetek összehangolt, koordinált áruvédelmi tevékenységével eredményes preventív hatást képes elérni.

Külföldi vasutak, a vasútüzem biztonsági rendszerében kialakult vonatveszélyeztetési fogalomhoz hasonlóan, bevezették a vagyonvédelmi vonatveszélyeztetés eseményét, melyet a vonatbalesetknél tapasztalt szigorral, vizsgálnak ki.

Egyes vasutak (MÁV Zrt. is ezek közé tartozik) a beavatkozó jellegű, nagyobb jogkört, kiterjedtebb intézkedési lehetőséget, ezzel együtt magasabb szolgálati kockázatot igénylő feladatok ellátására jól képzett, fegyveres biztonsági szolgálat és vasútőrség alkalmazását sürgetik. Más vasutak a rendőrség keretein belül látnák szívesen a megoldást. Mindezek számos (köztük alkotmányjogi) kérdést is felvetnek. A megoldás valószínűen az egyes országokra vár. Addig is a tehervonatokra irányuló külső támadások megelőzése, megakadályozása érdekében a kritikus körzetekben személy- és vagyonvédelmi állományt és társadalmi segítőket állítanak munkába.

A vagyonbiztonsági helyzet javítása céljából íme néhány hasznos ötlet, vagy javaslat:

- vagyonvédelmi utasítás kidolgozása,
- fenti utasítás előírásainak szigorú betartatása,
- biztonsági megbízott alkalmazása,
- a vasúti pályaudvar állandó felügyelete,
- a pályaudvari személyzet rendszeres vagyonvédelmi ellenőrzése,
- a vasúti személyzet bűnmegelőzési tájékoztatása,
- törvény szerint meghatározott fegyveres biztonsági szolgálati és rendőri jelenlét,
- a vonatokat kísérők és a pályaudvarokon szolgálatot teljesítők tevékenységének összehangolása,
- biztonságtechnikai fejlesztések (biztonsági- és intelligens zárok),
- pályaudvari térfigyelő rendszerek kialakítása és működtetése.

A stabil biztonsági háló kialakítását követheti az áru sérelmére irányuló káresemények csökkenése, a dézsmálások számának visszaszorulása. Egy biztonságos vasút vonzóvá teheti a vasúti szállítást, növekedhet a feladott áru mennyisége és az áruszállítás bevétele. A biztonságos vasút magas társadalmi megbecsülésnek örvend.

12.5. A vasúti átjárók biztonsága

A közúti-vasúti szintbeni keresztezéseket (vasúti átjáró) a közlekedés különleges és kiemelten veszélyes helyeinek nevezik. A nemzetközi közúti jelzési és közlekedési egyezmények a vasúti átjárók veszélyének jelzéseit „különleges” jelzővel egészítik ki. Joggal merül fel a kérdés, hogy ezt a megkülönböztetést mi indokolja. Az első és talán legfontosabb különbség, hogy a vasúti átjárók veszélyei nem azonosak a közúti csomópontokéval. A közúton az egyik jármű-

vezető szabálysértése esetén a másik járművezetőnek nagy valószínűséggel van lehetősége az ütközés elkerülésére. A vasúti átjárókban a közúti jármű vezetőjének szabálytalan áthaladási kísérletekor a vasúti jármű vezetőjének erre nincs lehetősége. Milyen okok játszanak közre az említett veszélyeztetettség kialakulásában?

- A vasúti átjáró különböző közlekedési rendszerek metszéspontja.
- A pályaszerkezetek kialakítása jelentősen eltér egymástól. A közúti pályatest alap, váz és burkolat rétegeiből áll, a vasúti pálya ugyanakkor az alépítmény és felépítmény számos speciális, egymástól eltérő anyagú szerkezeti elemének összességéből épül fel. A járművel való kapcsolat létrehozásához a közút aszfalt felületet, a vasút acél síneket biztosít.
- A járművek műszaki és dinamikai jellemzői alapvetően különböznek. A közúti jármű, amelynek tömege általában 5kg – 40tonna között változik, a gumibroncs révén viszonylag nagy súrlódási tényezővel rendelkezik. Utóbbi az útfelület állapota függvényében változik. A vasúti jármű (vonat) tömege általában 40–2000tonna között változik és a sín-kerék rendszerben rendkívül kicsi súrlódási tényezővel rendelkezik. A nagy járműtömeg és nagyobb sebesség (40-140km/ó) miatt a vasúti járműben nagyságrendekkel nagyobb mozgási energia halmozódik fel, amelyet aztán kis súrlódási tényező mellett kell felemészteni egy fékezéssel történő megállás során. A közúton közlekedő gépjárművek átjárón való áthaladási sebessége 30-40km/ó, ami rendeletben előírt mérték. Egy 30km/ó sebességgel haladó személygépkocsi 13m hosszú féktávolságon áll meg. Fékútja mindössze 5m. A többszörös sebességű vasút jármű esetében ehhez 600-1000 méter szükséges. Emelt, vagy nagysebességű vasúti közlekedés esetén a féktávolság elérheti, sőt meghaladhatja a 3000 métert is. Utóbbi esetben a biztonság növelése érdekében sok vasút megszünteti a vasúti átjárókat. Ugyanakkor az sem hagyható figyelmen kívül, hogy a veszély észlelése és egy esetleges ütközés bekövetkezése között ugyanannyi – igen rövid – idő áll rendelkezésére a mozdonyvezetőnek, mint a közúti jármű vezetőjének.
- A biztonsági berendezések alkalmazása és jellege mindkét közlekedési rendszerben speciális. A hazai tapasztalatok szerint az ütközéses baleseteknek kb. 50 %-a személysérüléses, harmada pedig halálos következményű. Ez az arány lényegesen magasabb az útkereszteződésekben előforduló balesetekhez viszonyítva. (A konkrét összehasonlítást adatok hiánya nem teszi lehetővé, mert a közúti közlekedési balesetek statisztikái alapvetően következmény centrikusan csak a személysérüléses eseteket veszik számba. Míg a vasúti közlekedés területén esemény centrikusan kezelik a baleseteket, és ehhez kapcsolódóan tartják nyilván a következményeket.) Az említett sérülések súlyossági foka és más veszélyek tették indokolttá, hogy a közúti közlekedés területén a legtöbb passzív figyelmeztető jelzés és aktív jelzőberendezés a vasúti átjáróknál kerüljön elhelyezésre. A vasút oldaláról is biztosított, hogy a mozdonyvezető kellő időben kapjon információt a vasúti átjáró konkrét helyéről (jelzőeszközök), a fedező berendezések működőképességéről (jelzés, visszajelentés), az akadálytalan áthaladásról (kommunikáció). A korszerű automatikai rendszerek szolgáltatásai mindezt tartalmazzák.
- A közlekedés biztonságos lebonyolítására vonatkozó szabályok különbözőek. A fenti megfontolások alapján, a közutakra vonatkozóan, nemzetközileg egységesen szabályozzák az egyezmények a vasúti átjáróknál alkalmazható jelzőberendezések jelzéseit, a jelzőtáblák elhelyezésének kötelezettségeit, továbbá a gépjárművezetőknek a szintbeni keresztezések megközelítésére és azokon való áthaladására vonatkozó alapvető magatartási szabályait, melyeket a hazai viszonyokra konkretizálva a KRESZ és más rendeletek tartalmaznak. A vasút szempontjából a szabályozást, központi és helyi jellegű, bonyolult, egymással összefüggő utasításrendszerek (OVSZ,

szakszolgálati utasítások, biztonsági szabályozás, végrehajtási utasítások, stb.) való-
sítják meg.

12.5.1. A biztonságot befolyásoló tényezők

A biztonságot alapvetően a technikai feltételek és emberi tényezők együttesen határozzák meg. A technikai feltételek, eszközök feladata, hogy időben felismerhetővé tegyék a közúti járművek vezetői részére a veszélyes helyet, megfelelő információkat és körülményeket biztosítsanak a magatartási szabályok megtartásához, a kölcsönös forgalomzavartatás mértéke pedig az indokoltnál nagyobb ne legyen. Ebből adódóan a műszaki tényezők a vasúti átjáró:

- jelzései,
- biztosítása,
- forgalomtechnikai kialakítása,
- burkolat kialakítása,
- környezetében a forgalmi rend kialakítása.

A biztonság emberi tényezői rendkívül összetettek, és alapvetően azokat a jellegzetességeket tükrözik a vasúti átjáróknál is, amelyek meghatározóak a közúti közlekedés egészének biztonságára. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy a vasúti átjárókon, az évente előforduló ütközéses balesetek több mint 95 %-a a közúti járművezetők hibájából fordul elő. Arányát tekintve a hazai adatok megegyeznek a külföldi tapasztalatokkal. Az emberi tényezőket döntően befolyásolja, hogy a járművezető-képzés alkalmával mennyire sikerül a veszélyekkel szembeni érzékenységet tudatosítani, a különböző szituációkra kiterjedően a közlekedési szabályok okait összefüggésében elsajátítani és azokat a gyakorlatban alkalmazni. Az emberi tényezők nem teljes körének felsorolásakor a következő főbb faktorokra kell tekintettel lenni:

- pszichológiai állapot (ép elme, koncentráció, lelki gátló tényezők hiánya, stb.),
- fiziológiai állapot (egészség, kipihentség, izommunka, stb.),
- befolyásoltság (betegség, gyógyszerek, alkohol, kábító hatású szerek, stb.),
- a kellő ismeretek birtoklása, a tudás szintje,
- vezetési gyakorlat.

A vasúti átjárók a különleges veszélyekre tekintettel megkülönböztetett figyelmet igényelnek. A gyakorlati tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a vasúti átjárók veszélyeit lebecsülik, mely az alábbi főbb okokra vezethető vissza:

- a közúti közlekedés személysérüléses baleseteihez viszonyítva a vasúti átjárókban történt ütközéses balesetek messze az 1 %-os arány alatt maradnak,
- a veszélyeztetett útszakasz hossza – egyvágányú vasúti pálya esetén – csupán 6-7 m, melyet szubjektíven rövidnek érzékelnek,
- a közlekedők egy jelentős része ritkán találkozik vasúti átjáróval,
- nem ismerik az áthaladás és a helyes magatartás szabályait,
- bizonytalanok a jelzések megítélésében.

12.5.2. A vasúti átjárót biztosító jelzőberendezések

A vasúti átjárók felosztása alapvetően a biztosítottság szintje szerint történik. Így megkülönböztetnek

- nem biztosított és
- biztosított vasúti átjárókat.

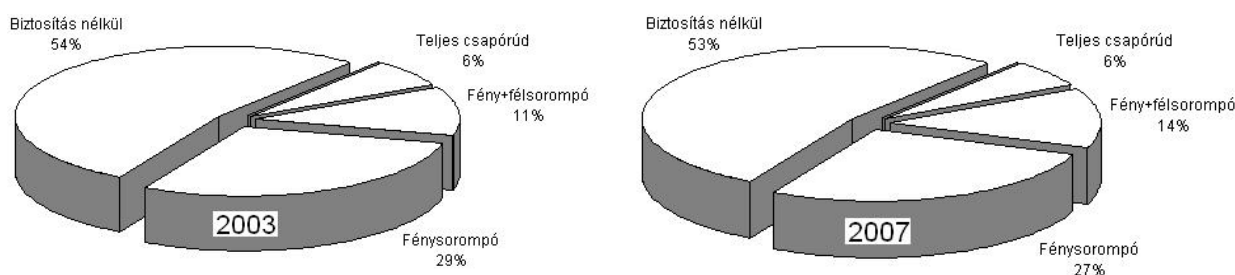
A nem biztosított vasúti átjárókban nem kerül elhelyezésre fizikai akadály (sorompó), aktív fényjelző (fényesorompó) vagy biztosító (fedező) berendezés. Az ilyen vasúti átjáróknál csak az általánosan veszély jelzésére szolgáló András-keresztrel és kiegészítő KRESZ táblával találkozhatunk.

A biztosított vasúti átjárót „fedező” berendezésekkel szerelik fel:

- teljes csapórúddal szerelt útsorompó,
- fényesorompó,
- félcsapórúddal kiegészített fényesorompó.

A megjelenési formát tükröző felsorolásokon belül működtetés és műszaki kialakítás szempontjából az egyes biztosítási módokon belül is számottevő eltérések vannak, mert a jelzőberendezés kialakításának alkalmazkodnia kell a vasúti forgalmi technológiához (fő- vagy mellékvonali, vonali vagy állomási), a vasúti átjáró körzetében lévő más vasúti berendezésekhez (pl. térköz) és nem utolsósorban az e téren csak folyamatosan megvalósítható korszerűsítési lehetőségekhez.

A MÁV Rt. hálózatan a vasúti átjárók mennyiségét és biztosítottságát a 12.6 ábra szemlélteti.



12.6. ábra
Vasúti átjárók mennyisége és biztosítása.

Az ábrából megállapítható, hogy a közúti-vasúti szintbeni kereszteződések több mint 45 %-a különböző sorompóval biztosított, tehát nemcsak passzív jelzőtáblán hívják fel a járművezetők figyelmét a veszélyes helyre és a várható veszélyekre, hanem a jelzőberendezések üzemszerűen aktív jelzéssel a vasúti jármű közlekedését is jelzik. Ezen belül a szilárd burkolatú utakon, valamint a nagyobb sebességű vasúti pályákon lévő vasúti átjárókon ez az arány jelentősen eltolódik a korszerű biztosítás felé. Az ábrából kitűnik, hogy a vasúti átjárók közel 27 %-a fényesorompóval biztosított. A fényesorompók száma csökkenő irányba mutat. Sajnálatos kell rögzíteni a tényt, hogy bár a legkorszerűbb félcsapórúddal kiegészített fényesorompó mennyiségi aránya 5 év alatt 11%-ról 14%-ra növekedett, sokkal több helyen lenne szükség üzembe állításukra.. A közúti forgalom döntő többsége a biztosított vasúti átjárókat érinti, és a balesetek többsége is ezeken a helyeken fordul elő, ezért elsősorban az itt előforduló veszélyekre szükséges a figyelmet felhívni.

12.5.2.1. Teljes sorompó

A teljes sorompó olyan jelzőberendezés, mely az utat teljes szélességben zárja le vasúti jármű közlekedésekor. A sorompó a kezelés helyétől függően lehet helyből és távolból kezelt. Nyitott helyzetben a teljes sorompó – a fényesorompó villogó fehér jelzéséhez hasonlóan – engedélyezi a közúti járművek áthaladását. A baleseti veszélyek és események jellemzően a sorompó lezárásának elmulasztása, a távolból kezeltéknél a vonat érkezése előtti felnyitása, va-

lamint a járműveknek a két sorompórúd közé záródása miatt fordulnak elő. Alapvető gond, hogy a sorompókezelőnek a vonat helyéről számos esetben csak közvetve van információja, így gyakran előfordul, hogy vagy korán csukja le a sorompót és akkor a zárvatartási idő hosszabb az indokoltnál, vagy későn kezdi meg a lecsukást. A távolból kezelt teljes sorompókat kezdettől fogva hangjelző berendezéssel egészítették ki, mely a járművezetőt a sorompó lecsukásának megkezdésére figyelmezteti. Ennek figyelmen kívül hagyása vezet a közbezáródásokhoz.

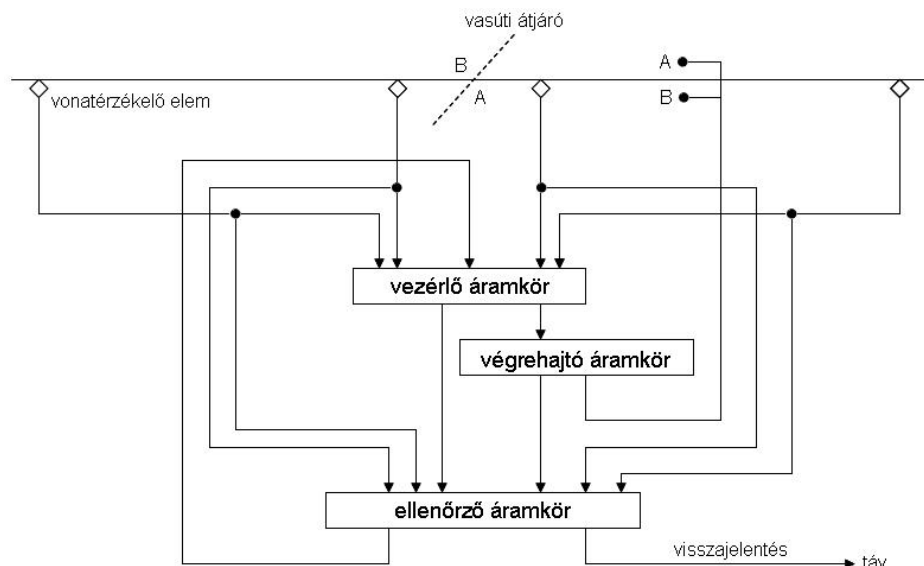
A hagyományos teljes sorompók száma hazánkban jelentősen csökkent, azonban a korszerűsítésre való törekvések ellenére még megtalálhatók a MÁV hálózaton. Az európai vasutak közül is sokan előszeretettel használják a teljes sorompót. A sorompók korszerűsítése alapvető változást jelent, mert amíg a hagyományos mechanikus teljes sorompók esetén a közúti jármű vezetője és a sorompókezelő között egy ember-ember kapcsolat volt, ez az automatizálással, a fény- és felsorompókkal ember-gép kapcsolattá változott.

12.5.2.2. Fénysorompó

A fénysorompó olyan jelzőberendezés, amely az áthaladás tilalmát felváltva két villogó piros fénnel jelzi, villogó fehér fénnel pedig – az általános, valamennyi szintbeni kereszteződésre vonatkozó szabályok megtartása mellett – az áthaladást engedélyezi. Hangsúlyozni szükséges, hogy a villogó fehér jelzés nem azonos jelentésű a közúti forgalomirányító jelzőlámpák zöld jelzésével, sokkal inkább hasonlítható a villogó sárga jelzéshez, ugyanis nem oldja fel a minden vasúti átjáró mérsékelt sebességgel és fokozott óvatossággal történő megközelítésére vonatkozó szabályt. Ezt alapvetően az indokolja, hogy az észlelés – felismerés – döntés – cselekvés folyamathoz a járművezetőnek elégséges idő és út álljon rendelkezésre a vasúti átjáró előtt, és alkalmazkodni tudjon a fénysorompó jelzéséhez. (A vasúti átjáró előtt elhelyezett sávós előjelző és veszélyt jelző táblák rendletetése is a veszélyes helyre időben történő figyelemfelhívás.) Baleset-megelőzési szempontból lényeges, hogy az állomások területén lévő vasúti átjárókon tolatási mozgásokat is végeznek, és ilyenkor a fénysorompó kezelése manuálisan történik. Ennek elmulasztása esetén csak közúti jármű vezetője tudja az ütközést elkerülni. Hasonló eset fordulhat elő vasúti jármű megfutamodásakor is. Önműködő vonat által vezérelt fénysorompónál számolni kell azzal, hogy az üzemzavarjelzés akkor következik, amikor a vonat már az állomást elhagyta, és erről a vonatszemélyzetet már nem lehet értesíteni. A felsorolt példák bár ritkán fordulnak elő és a balesetek okai jellemzően nem ezekre vezethetők vissza, azonban alátámasztják a fokozott óvatosság szükségességét.

A gyakorlati tapasztalatok azt bizonyítják, hogy jellemző hiba viszont a már említett általános szabály megtartásának elmulasztása, amely miatt gyakran a vasúti átjárón áthaladó vonatnak ütköznek a közúti járművek, és sokszor éppen a nagy sebesség miatt rongálják meg a sorompó berendezést.

Ahhoz, hogy a közlekedési szabályok okai könnyen beláthatók legyenek, indokolt ismerni az önműködő (vonat által vezérelt) fénysorompó elvi működését, amelynek blokksémáját, elvi felépítését mutatja a 12.7. ábra.



12.7. ábra
Vonat által vezérelt fénysorompó működésének elvi ábrája.

A vasúti átjáró előtt elhelyezett vonatérzékelő elemek biztosítják vonatközlekedés estén a vezérlő és végrehajtó automatikai elemeken keresztül a fénysorompó jelzők villogó piros jelzésre váltását. A vonatérzékelő elemeket olyan távolra kell elhelyezni a vasúti átjáró mindkét oldalától, hogy a vasúti pályára engedélyezett legnagyobb sebességgel haladó vonat esetén a 22 m hosszú, 1,6 m/s sebességgel haladó közúti jármű a szintbeni kereszteződést (a veszélyes útszakaszt) biztonságosan elhagyhassa akkor is, ha a fénysorompó villogó pirosra váltásakor már 3 m távolságra megközelítette azt. Az így számított időt 10 sec biztonsági pótlékkal megnövelik, melyet együttesen előzárási időnek neveznek. Az így számított előzárási idő a legegyszerűbb esetben sem lehet 30 s-nál rövidebb. Az elvi megfontolásokból kitűnik, hogy az előzárási idő függ a veszélyeztetett útszakasz hosszától, tehát a keresztezett vágányok számától, a vágánytengely távolságától és a kereszteződés szögétől.

A gyakorlatban a tényleges előzárási idő azonban többször hosszabb, mert egyes vonatok a pályára engedélyezettnél kisebb sebességgel közelítik meg a vasúti átjárót, vagy a vonatérzékelő elem és a szintbeni kereszteződés között megállóhely van, ahol a vonatok egy része megáll. Szükséges megemlíteni azt is, hogy az elvi működést bemutató ábra ideális esetet feltételez, amikor a sorompó-berendezés vonatérzékelő elemeit a nyílt vonalon lehetett beépíteni. Könnyen belátható, hogy a vonatérzékelő elemeket a vasúti átjárótól – a pályára engedélyezett sebességtől függően – esetleg több mint 1000 m-re kell elhelyezni, és állomás területére esnek a fénysorompó lezárását biztosító elemek. Ilyen esetben az állomási biztosítóberendezés korszerűsége és a forgalmi technológia is befolyással van a tényleges előzárási időre.

Állomások területén lévő vasúti átjáróknál nemcsak a vonatközlekedéssel, hanem mint arról már említést tettünk, tolatási mozgásokkal is számolni kell, amely miatt a fénysorompó-berendezés kialakítása ilyen helyeken szintén eltér az általános esettől. A bemutatott példák jól szemléltetik, hogy az elméletileg számítottnál az elzárási idő miért hosszabb.

A fénysorompó-berendezés ellenőrző „egységének” feladata az automatika minden elemének folyamatos funkcionális működésvizsgálata. Ez biztosítja, hogy veszélyes meghibásodás esetén a fénysorompó jelzőkön egyik fény se világítson, azaz üzemzavart jelezzon, továbbá a fények lekapcsolása bekövetkezzon akkor is, ha bármilyen okból egy beállított időn túl a

fénysorompó jelzőkön villogó piros fény világít. Üzemzavarjelzés esetén – mivel vonatközlekedéssel ilyenkor is számolni kell – minden közúti járműnek, még a megkülönböztető jelzéssel közlekedő járműnek is, a vasúti átjáró előtt meg kell állnia, és csak akkor haladhatnak át, ha meggyőződtek az áthaladás veszélytelenségéről. Ebből következik, hogy a fényjelzést nem adó fénsorompó előtti megállási kötelezettség szigorúbb követelmény, mint az „Állj!” Elsőbbségadás kötelező!” tábla jelzése vagy a sorompó nélküli vasúti átjárókon való közlekedés szabálya.

A „Vasúti átjáró kezdete” jelzőtáblát a fénsorompó ábralapja felett helyezik el. Előfordul, hogy többvágányú pályán az egyik vágányon áthaladó vonat után a fénsorompó nem vált át villogó fehér jelzésre, melyet a járművezetők számos esetben műszaki hibának vélnek, és nem számolnak a másik vágányon közeledő vonattal. Ez teszi indokolttá a többvágányú pályákon lévő kereszteződéseknel a kiegészítő kereszt alkalmazását.

12.5.2.3. Félsorompó

A félsorompó mindig a fénsorompó kiegészítéseként működik és olyan berendezés (hajtómű), amelynek jelzést adó csapórúdja az utat fél szélességben, az út menetirány szerinti jobb oldalát zárja le. Tekintettel arra, hogy az alapberendezés az előző fejezetben bemutatott fénsorompóval azonos, így csak azokra az eltérésekre indokolt kitérni, amit a hajtóművekkel történő kiegészítés eredményez.

Alaphelyzetben a fénsorompó villogó fehér jelzésének előfeltétele, hogy a félsorompó-hajtóművek felső végállásban (nyitott helyzetben) legyenek. Vonatközlekedés esetén a fénsorompó villogó piros jelzésre váltás után 12 s múlva kezdődik meg a félsorompók lecsukódása. Ez az időben eltolt késleltetett működtetés biztosítja a 22 m hosszú közúti járművek esetén is, hogy a csapórúd ne csukódjon az 1,6 m/s sebességgel haladó járműre. A félsorompó-hajtóművek felnyitása a vonat áthaladása után kezdődik meg, és a fénsorompó mindaddig villogó piros jelzést mutat, amíg a csapórudak felső végállásba nem kerültek.

Többvágányú pályán természetesen előfordulhat, hogy a nyíló félsorompó csapórúdja megáll, majd ismét visszacsukódik a másik vágányon közlekedő vonat miatt. A türelmetlenség ilyenkor a csapórúd megrongálását eredményezi. Ezért szükséges minden esetben, hogy a járművezetők várják meg a fénsorompó villogó fehér jelzésre váltását.

A csapórudak alsó végállásba kerülése és a vonatnak a kereszteződésbe érkezése között legalább 5 s idő telik el, így a félsorompóval való kiegészítés esetén a zárvatartási idő csak a felnyitási idővel hosszabbodik meg.

A félsorompóval biztosított vasúti átjárónál a legnagyobb veszélyt az jelenti, ha a járművezető nem a fénsorompó jelzését tekinti elsődlegesnek. A gyakorlatban ez rendszeresen előforduló hiba, amely miatt a csapórudakat is igen gyakran törik el, illetve rongálják meg a fénsorompó lényegesen tovább megjelenő áthaladást tiltó jelzése ellenére. Külön szükséges kiemelni a veszélyek között azt az esetet, amikor a fénsorompó üzemzavart jelez, és a hajtóművek felső állásban vannak, ilyen esetekben a csapórudak nem csukódnak le.

Természetesen előfordulhat, hogy vonatközlekedés esetén a fénsorompó villogó piros jelzésre vált, azonban pl. valamilyen mechanikai hiba miatt az egyik félsorompó nem csukódik le. Nyilvánvaló, hogy erről már a vonatszemélyzetet nem lehet értesíteni, mert a hajtómű lecsukódásának legalább 5 s-mal a vonat érkezése előtt kell befejeződnie, tehát akkor, amikor már

egészen közel (fékúton belül) van a szintbeni kereszteződéshez. Ha olyan követelményt támasztanánk, hogy a hajtómű lecsukódása a vonatnak a fékúttávolságra érkezése előtt fejeződjön be, akkor ez a zárvatartási idő több mint kétszeresére emelkedését eredményezné.

A hazai gyártású hajtóműveket úgy alakítják ki, hogy a csapórudak viszonylag könnyen letörnek olyan esetben is, ha motorkerékpáros ütközik annak.

12.5.3. A vasúti átjárók közlekedésbiztonsági helyzete

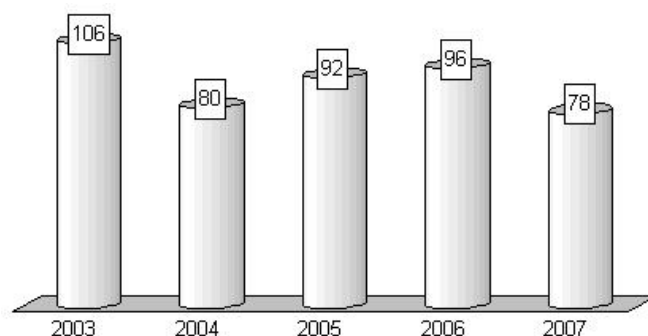
Az előzőekből is megállapítható, hogy a vasúti átjárók – bármilyen jelzőberendezés esetén – potenciálisan veszélyes helyei a közlekedésnek. A közúti-vasúti szintbeni keresztezések aktív biztosítása, a jelzések bal oldali megismétlése, a figyelmeztető elő- és veszélyjelző táblák, útburkolati jelek, a figyelmet zavaró körülmények megszüntetése, a forgalomtechnika körültekintő alkalmazása egyaránt segítik a járművezetőt a balesetek megelőzésében, de önmagukban nem akadályozzák meg azokat. A világon minden országban ezért alapvető törekvés a közúti-vasúti szintbeni keresztezések számának csökkentése. Ki kell emelni, hogy a csökkentés nem azt jelenti, hogy megszüntetik a vasúti átjárót, más lehetőséget az átkelésre nem biztosítva. Sokkal inkább jellemző a vasúti átjáró szintben elkülönített keresztezéssel (alul- vagy felüljáró) történő kiváltása.

A vasúti átjárókon előforduló balesetek négy csoportba sorolhatók:

- állatelütés,
- személyelütés,
- közúti jármű elütés,
- sorompórongálás.

Örvendetes, hogy az állatelütések száma 0-ra csökkent. Ez a kedvező helyzet több évben is megismétlődött. Magyarázatként el kell mondani, hogy nem az állatok lettek óvatosabbak, nem is a vasút változott meg jó irányba. Az ok sokkal inkább a mezőgazdaság problémáiban, az állattartás (az állatok mennyiségének) kedvezőtlen irányú megváltozásában rejlik.

A legsúlyosabb következményű balesetek közé tartoznak a vasúti átjáróban történt közúti és vasúti járműütközések (12.8. ábra).

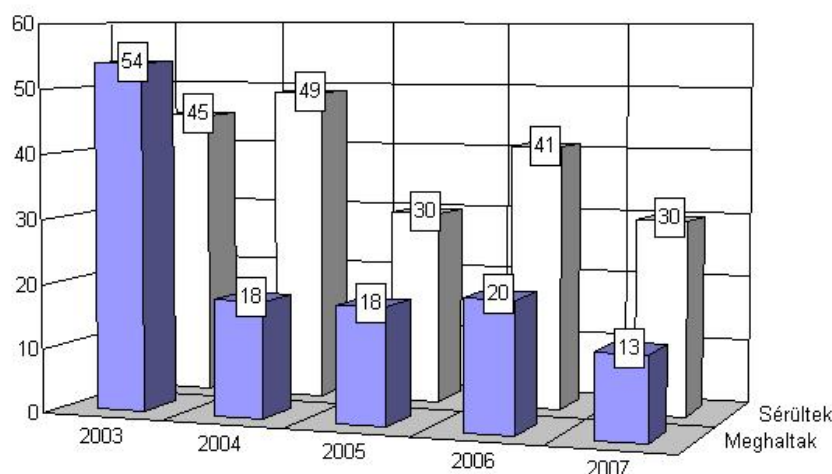


12.8. ábra
Közúti és vasúti járműütközések éves mennyisége.

Bár az ilyen jellegű elütések – ahogy az az ábrából látszik – a vizsgált öt évben csökkenő tendenciát mutatnak, azonban a következményeik változatlanul súlyosak. A súlyosságot a 100 személyes balesetben meghaltak számával fejezik ki. Egy közepesen fejlett európai

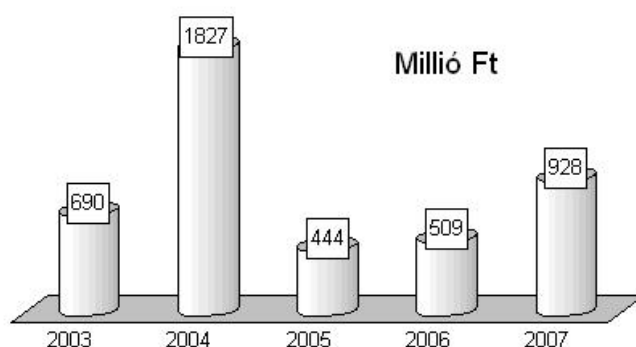
ország közúti közlekedésének biztonságára jellemző súlyossági mutató értéke 5-6 között van. Ugyanez a mutató a vasúti átjáróban bekövetkezett elütések esetében 20-60. Sajnos vannak ennél rosszabb mutatóval rendelkező országok is. Az ütközéses balesetek 75 %-a valamilyen jelzőberendezéssel ellátott szintbeni kereszteződésben fordul elő.

Érdemes a 12.9 ábra által szemléltetett személyi sérüléseket megfigyelni. Mindkét kategóriában csökkenés érzékelhető. Ezen a téren azonban szükség van a még jobb eredmények elérésére, amelyet a felvilágosítás, az oktatás, a biztosítóberendezések műszaki minőségének és állapotának együttes és harmonikus fejlesztése mellett az egyén felelősségének kihangsúlyozásával biztosíthatunk.



12.8. ábra
Meghaltak és sérültek száma a vasúti átjárókban.

A vasúti átjáróban megtörtént ütközéses balesetek következményei pótolhatatlan veszteségeket okoznak családnak, társadalomnak és a nemzetgazdaságnak. A 12.9. ábra a vasúti átjáróban történt ütközéses balesetek anyagi kár-következményeit mutatja pénzben kifejezve.



12.9. ábra
Vasúti átjáróban okozott balesetek éves kárösszegei.

Nyilvánvaló, hogy a legnagyobb biztonságot a kereszteződések külön szinten történi kialakítása jelentené. Ennek magas beruházási költségei miatt azonban a kevésbé fejlett országok csak stratégiai döntésekkel élve fejlesztenek. A biztonság növelésének igénye teszi mégis szükségessé a sorompó berendezések további fejlesztését, racionális beruházásokkal a veszé-

lyes helyek számának csökkentését. Minden eszközzel segíteni kell a közlekedőket, hogy időben és megbízható forrásból jussanak hozzá a vasúti átjárók különleges veszélyeinek ismereteihez, valamint a veszélyek elkerülésére alkalmazható magatartásformák elsajátításához. A Nemzeti Közlekedésbiztonsági Programok is a fentiek miatt kezelik kiemelt hangsúllyal a vasúti átjárók biztonságát.

12.6. Műszaki mentés és segélynyújtás szerepe

A vasúti közlekedési balesetek veszélyeztetik az emberi életet, az egészséget, mindemellett súlyos anyagi veszteségekkel járnak. A veszteségek egy része nem pótolható és tragédiák, fájdalom, keserűség veszi körül azokat. Az anyagi kár bár a pótolható veszteségek kategóriájába sorolható, mégsem automatikus pénzbeli megtérüléséről van szó. Az anyagi károk megtérítése egyrészt más nemes célok megvalósítását akadályozhatja meg, másrészt a flóra és fauna károsodásának megszüntetése és az ún. „regeneráció” sokszor csak hosszú évek kitartó munkája révén valósulhat meg.

A vasutaknak máshogy kell gondolkodni a rendkívüli eseményekről és a velük összefüggő mentésről, illetve kárelhárításról. A mentésben elkövetett hibák (elégtelen mentésminőség, riasztási késedelem, mentés-megerősítés elmaradása, kommunikációs hiba, stb.) vagy a kárelhárítás során elkövetett tévedések (alkalmatlan műszaki eszközök bevetése, rossz technológia kiválasztása, információáramlás megszakadása, koordináció hiánya, stb.) tovább súlyosbítják a baleset következményeit. Mindez nagy idővesztéssel és a forgalom akadályozásával, vonatterelésekkel, többletmunkával is jár, ami jelentősen növeli az üzemeltetés költségeit és a vasúttársaságok balesettel kapcsolatos járulékos kiadásait.

Az Európai Unió vonatkozó irányelvei ma minden országban a pályavasút feladatává teszik a rendkívüli események bekövetkezése esetén szükséges segélynyújtási és helyreállítási munkák irányítását. A pályavasút számára ezt Magyarországon az Országos Közforgalmú Vasutak Szabályzata kötelezettséggé írja elő. Indokolják a szemlélet megújulását e téren a vasutak működési rendjének és szervezetének utóbbi években tapasztalható változásai, az üzemirányítási és az operatív irányítási szolgálat ellátásában történt változások. A különböző vasúti szervezeteknél bekövetkezett tevékenység kihelyezések miatt vasúton kívüli társaságoknak a helyreállítási munkákba való bevonása válik szükségessé. A műszaki mentésben, segélynyújtásban részt vevő hatóságoknál, állami szervezeteknél is számos jogi, szervezeti változás történt amire az együttműködés biztosításakor figyelemmel kell venni. Ezen kívül az elmúlt időszakban történt baleseti következmények elhárításának tapasztalatait is fel kell dolgozni. Ezek az események indokolják elsősorban a vonatkozó szabályozás megváltoztatását.

A magyar vasút esetében a következőket is figyelembe kellett venni:

- a műszaki mentő és segélynyújtó eszközök – vasúti segélyszerelvények, daruk, közúti segélynyújtó gépkocsik, tűzoltó vonatok, vízszállító tartálykocsik – a Gépészeti Üzletág kezelésébe tartoznak,
- a vasúti vegyi elhárító szolgálat központja ugyan a Társasági Szolgáltatáshoz tartozik, de a kirendeltségek a Gépészeti Üzletághoz tartoznak,
- a vasúti pálya használatára más vasútvállalatok is jogosultságot kapnak.

Az új szabályozással kapcsolatban elvárható, hogy:

- terjedjen ki minden olyan rendkívüli eseményre (balesetre, tüzesetre, veszélyes áru ellenőrizetlen szabadba jutására, elháríthatatlan külső okra), amelynek következményei segélynyújtást és helyreállítást tesznek szükségessé,

- vegye figyelembe a hatóságokkal, állami szervekkel kötött együttműködési megállapodásokat,
- biztosítsa a vizsgálati, segélynyújtási és helyreállítási feladatok végzésének összhangját,
- tegye lehetővé a pályavasúton kívüli eszközökkel rendelkező vállalkozások egy-egy részfeladat elvégzésébe történő bevonását.

A szabályozás egyik kulcskérdése a rendkívüli események fontossági sorrendjének (prioritásának) megállapítása. Eszerint elsődleges (elsőbbséget élvez):

- a személyek mentése,
- a keletkezett tűz oltása,
- veszélyes áru ellenőrizetlen szabadba jutásának megszüntetése,
- a pálya felszabadítása,
- az anyagi javak mentése,
- a pálya és a pályavasúti berendezések helyreállítása,
- a vonatforgalom felvétele,
- az okozott környezeti károk felszámolása.

A segélynyújtás és helyreállítás során a következmények felszámolásában résztvevő valamennyi szervezet feladatait előre meg kell határozni. Ez segít annak a kérdésnek az eldöntésében, hogy a helyreállítási munkálatok egyes fázisaiban az irányítási feladatok ellátása melyik szervezet kárhely parancsnokának hatáskörébe tartozik. Mindez magas színvonalon szervezett együttműködést követel meg a mentésben résztvevő szervezetek között, legyenek azok állami vagy vasúton belüli szakterületek képviselői.

A kárhelyparancsnok a pályavasút – célszerűen annak területi vezetője – által megbízott személy. Olyan baleseteknél, melyeknél veszélyes áru ellenőrizetlen szabadba jutása a következmény, a veszély elhárításáig, a vasúti vegyi elhárító szolgálat ügyeletes vezetője a kompetens személy. A kárhely parancsnok és az ügyeletes vezető munkáját a helyszínen az egyes szakmai területek helyreállítás vezetői és a forgalmi összekötő segítik.

A forgalmi összekötők egy rendkívüli esemény elhárításánál fontos feladatokat látnak el. Ezek:

- a vonatforgalom helyi irányítása,
- forgalombiztonsági intézkedések meghatározása,
- a segélynyújtó és elhárító járművek mozgásának helyi szabályozása,
- kapcsolattartás (kárhelyparancsnok, vegyi ügyeletes vezető, főüzemirányító, rendkívüli helyzeteke kezelő irányítóval).

Ahhoz, hogy a segélynyújtás, a következmények elhárítása gyors és szervezett legyen, valamint a forgalom akadályoztatása a szükséges mértéknél nagyobb ne legyen, elengedhetetlen a pályavasút forgalmi vezetésének és munkatársainak a közreműködése. Különösen fontos teendők:

- A rendkívüli eseményről a területi főüzemirányító pontos tájékoztatása.
- A következményekről az elsődleges felmérés és adatszolgáltatás a diszpécser (operatív üzletági főirányítók, fődiszpécser) és a villamos üzemirányítók részére.
- A helyszín biztosítása (a műszaki mentőegység megérkezéséig).
- A segélyvonatok és a szükséges felszerelések mielőbbi helyszínre jutásának segítése.
- A helyszínre érkező katasztrófavédelmi szervezet és hatóság „támogatása”.

- Az ideiglenes vonatforgalom lebonyolítása.
- A műszaki mentéshez szükséges járműmozgások forgalmi feltételeinek biztosítása.
- Az utasok tájékoztatása.
- Személyi baleset esetén –a pálya felszabadítására a rendőrségi szemlevezető ad engedélyt – a vonat mielőbbi továbbhaladásának elősegítése.
- Ideiglenes helyreállítás esetén a vonatszemélyzet értesítése.

Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Turányi István: Vasúti üzemtan, Tankönyvkiadó, Bp, 1966.
- [2] DR. Turányi István: Állomási üzemtan , Tankönyvkiadó, Bp, 1970.
- [3] Szabó Lajos: Közlekedési üzemtan gyakorlatok II., Tankönyvkiadó, Bp, 1974.
- [4] Mátyus János – Arató Károly: Vasúti üzemszervezés I., Tankönyvkiadó. Budapest, 1982.
- [5] Arató Károly - Dr. Kisbakonyi József – Dr. Mátyus János – Dr. Szily István:
Vasúti üzemtan I. kötet, KÖZDOK, Budapest, 1994.
- [6] Arató Károly - Héray Tibor - Kiss László: Vasútbiztonság, SZIF, Győr, 1995.
- [7] Dr. Jankó Domokos (főszerk.): Közúti közlekedésbiztonság, Novadat, Győr, 1997.
- [8] Dr. Köllő Gábor: Nagysebességű vasutak, Műszaki Szemle 11-12. szám, EMT, Kolozsvár, 2000.
- [9] Intelligens közlekedési rendszerek (vasúti biztosítóberendezések), BME Út- és
Vasútépítési Tanszék, Budapest, 2005.
- [10] Keszmann János: Vasútüzemi ismeretek, Baross Gábor Oktatási Kp., Budapest, 2005.
- [11] Dr. Szabó András: Hajtástechnika (tansegédlet), BMGE, Budapest, 2005.
- [12] Forgalom (MÁV szaklap), MÁV Zrt., Győr, 2004 – 2007.
- [13] Közlekedési balesetek (éves jelentés), KSH, Budapest, 2004 – 2007.

WEB oldalak:

<http://www.uic.asso.fr/>
<http://www.era.europa.eu/>
http://europa.eu/index_hu.htm
<http://www.bahn.de/>
<http://www.uic.asso.fr/>
<http://www.sbb.ch/>
<http://www.oebb.at/>
<http://www.ferroviedellostato.it/>
<http://www.nationalrail.co.uk/>
<http://www.renfe.es/>