

# VONATVÉDELEM VONATBEFOLYÁSOLÁS

Dr. Tarnai Géza

BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

2014.

# VONATVÉDELEM VONATBEFOLYÁSOLÁS

1. Vonatvédelmi funkciók
2. Adatátviteli megoldások
3. Vonatbefolyásoló rendszerek
4. ETCS

Összeállította: Dr. Tarnai Géza  
Budapest, 2014.

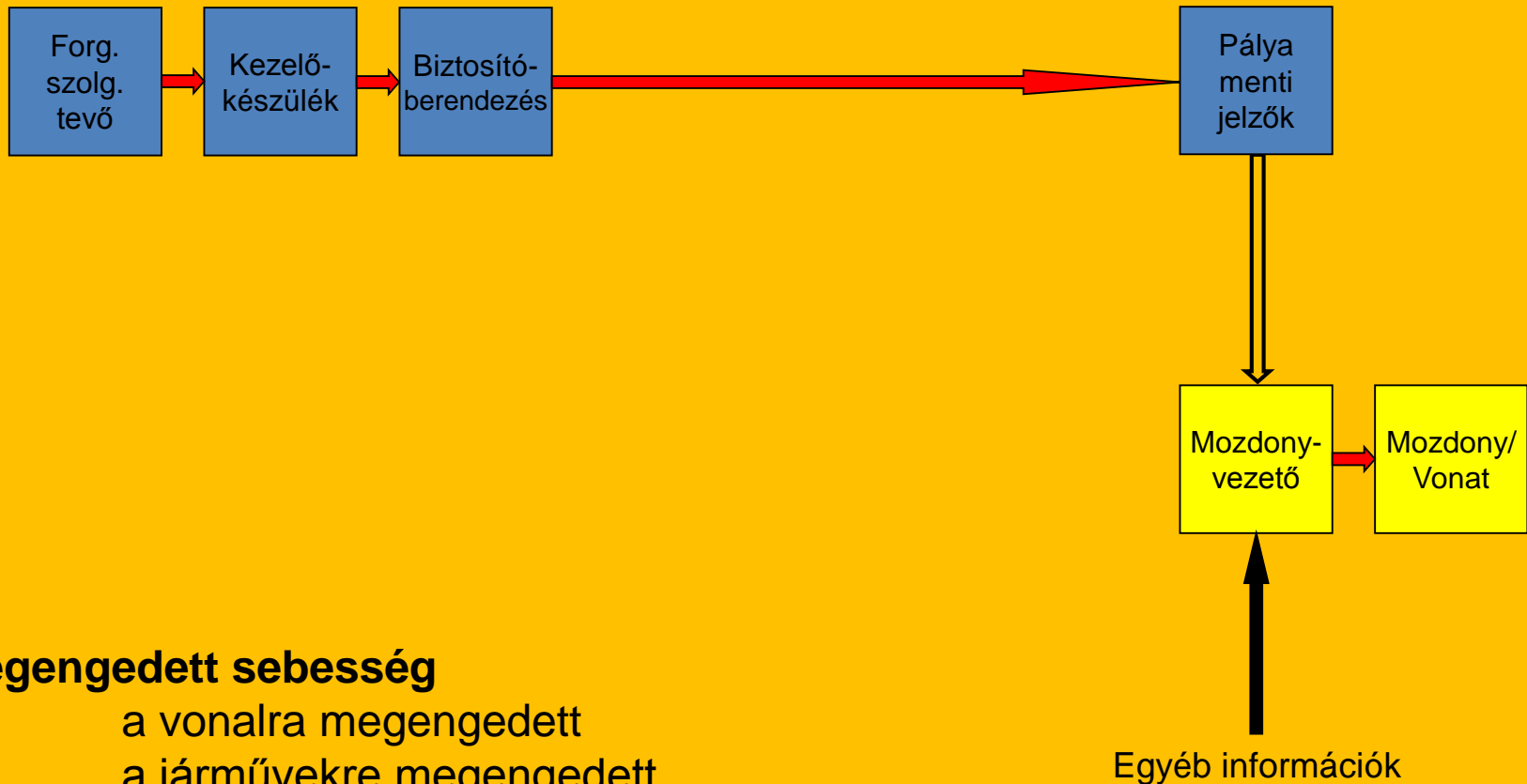
# Probléma

- Jelzések láthatósága, mozdonyvezető ébersége
- A pályamenti jelzők jelzéseinek
  - időben történő megfigyelése
    - időjárás
    - sebesség
  - helyes kiértékelése
- A mozdonyvezető megfelelő reakciója, cselekvéssora

# Vonatvédelmi funkciók

1. Vezetőállás-jelzés (Cab Signalling)
2. Felügyeleti funkciók
3. Beavatkozó funkciók
4. Vasútüzemi szerep
5. A vonatirányítás automatizálása

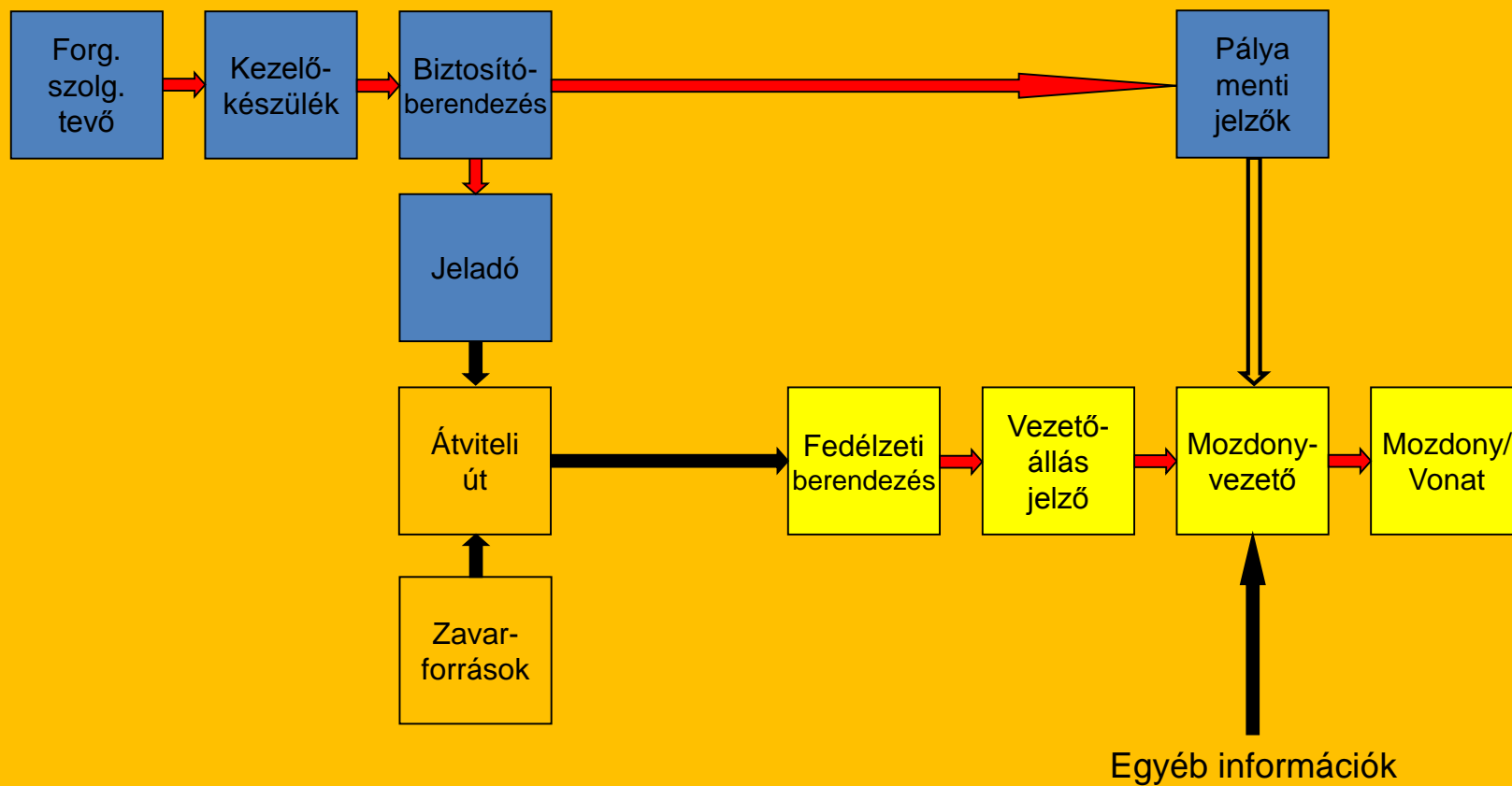
# Hagyományos sebességszabályozás



## Megengedett sebesség

a vonalra megengedett  
a járművekre megengedett  
a pályamenti jelzők, illetve a lassújelek által előírt

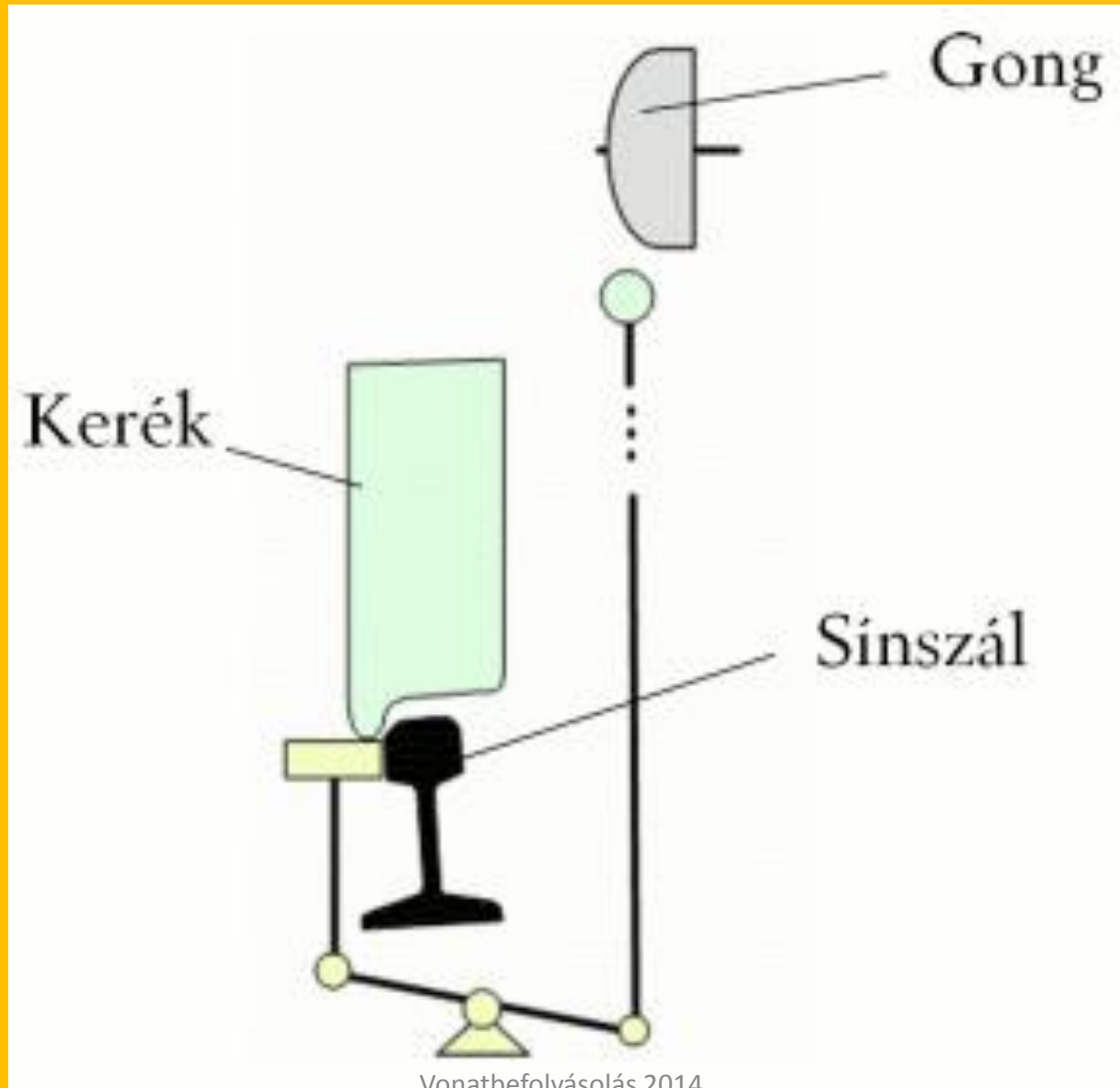
# Vezetőállásjelzés



# Vezetőállás-jelző funkciók

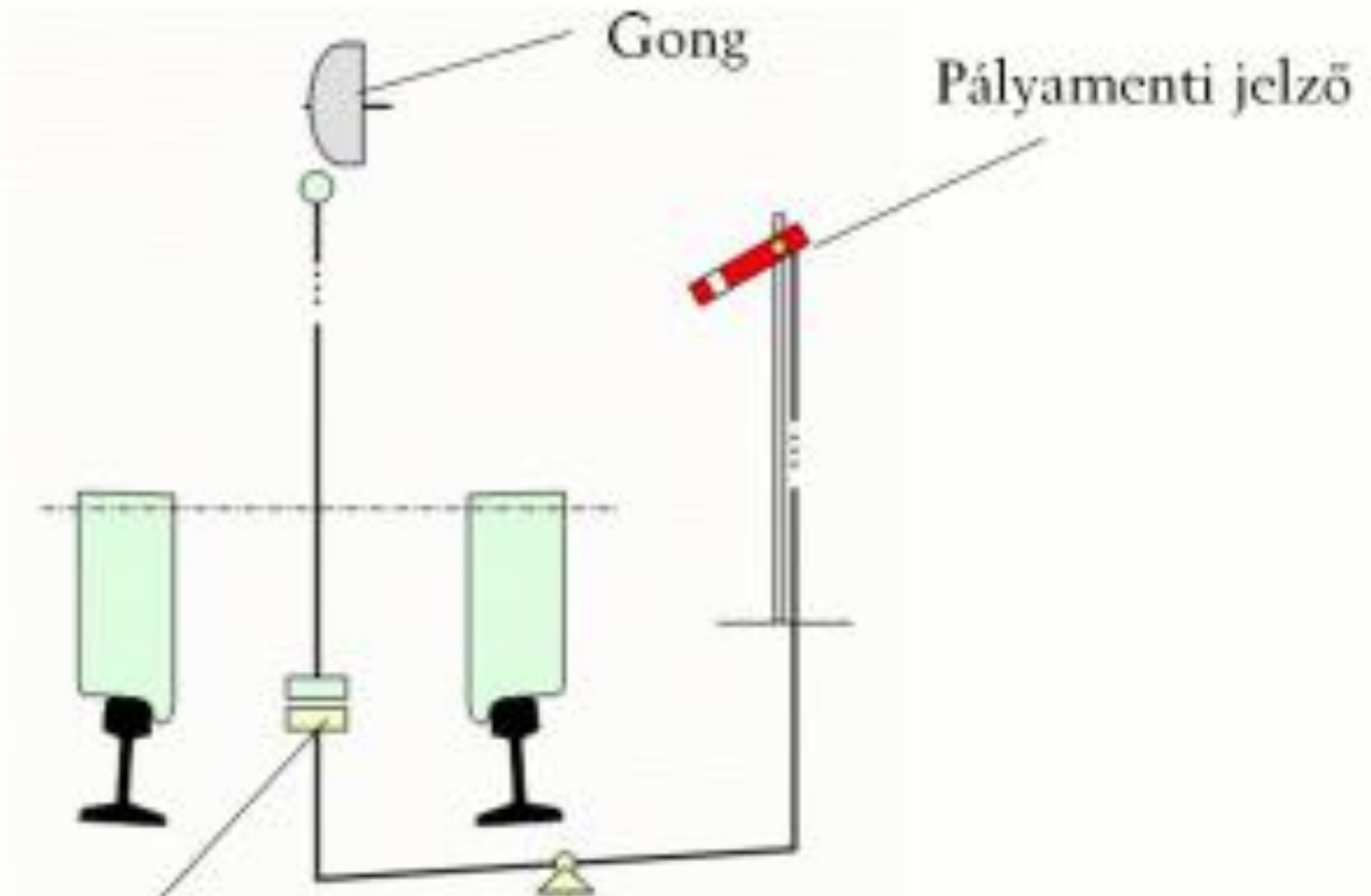
- Nem-szelektív figyelmeztető jelzés (hang)
- Szelektív figyelmeztető jelzés (hang)
- Pálya menti jelzők jelzési képének ismétlése
- Folyamatos statikus sebességinformáció
- Dinamikus sebességinformáció

# Nem-szelektív figyelmeztetés

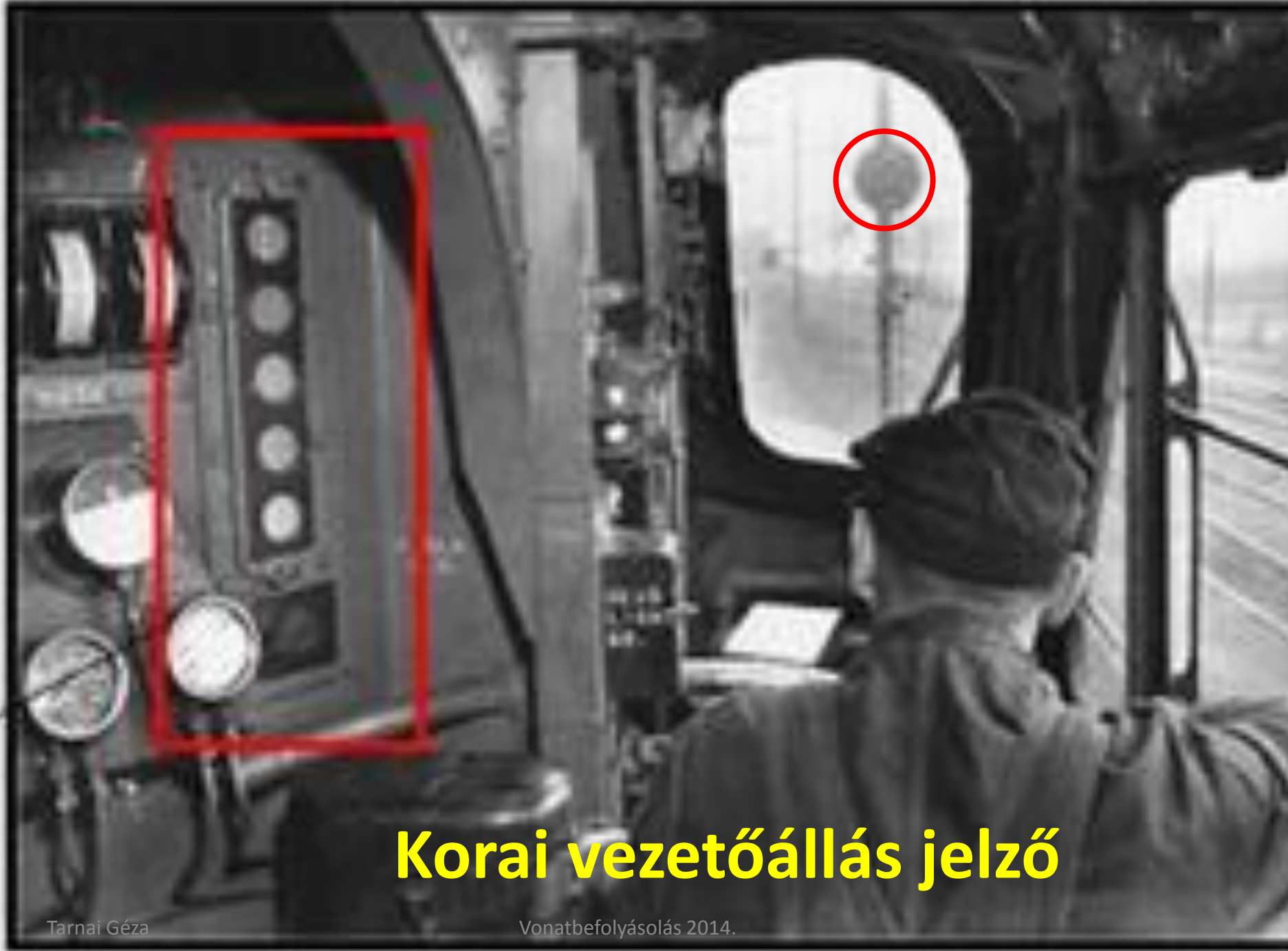




# Szelektív figyelmeztetés



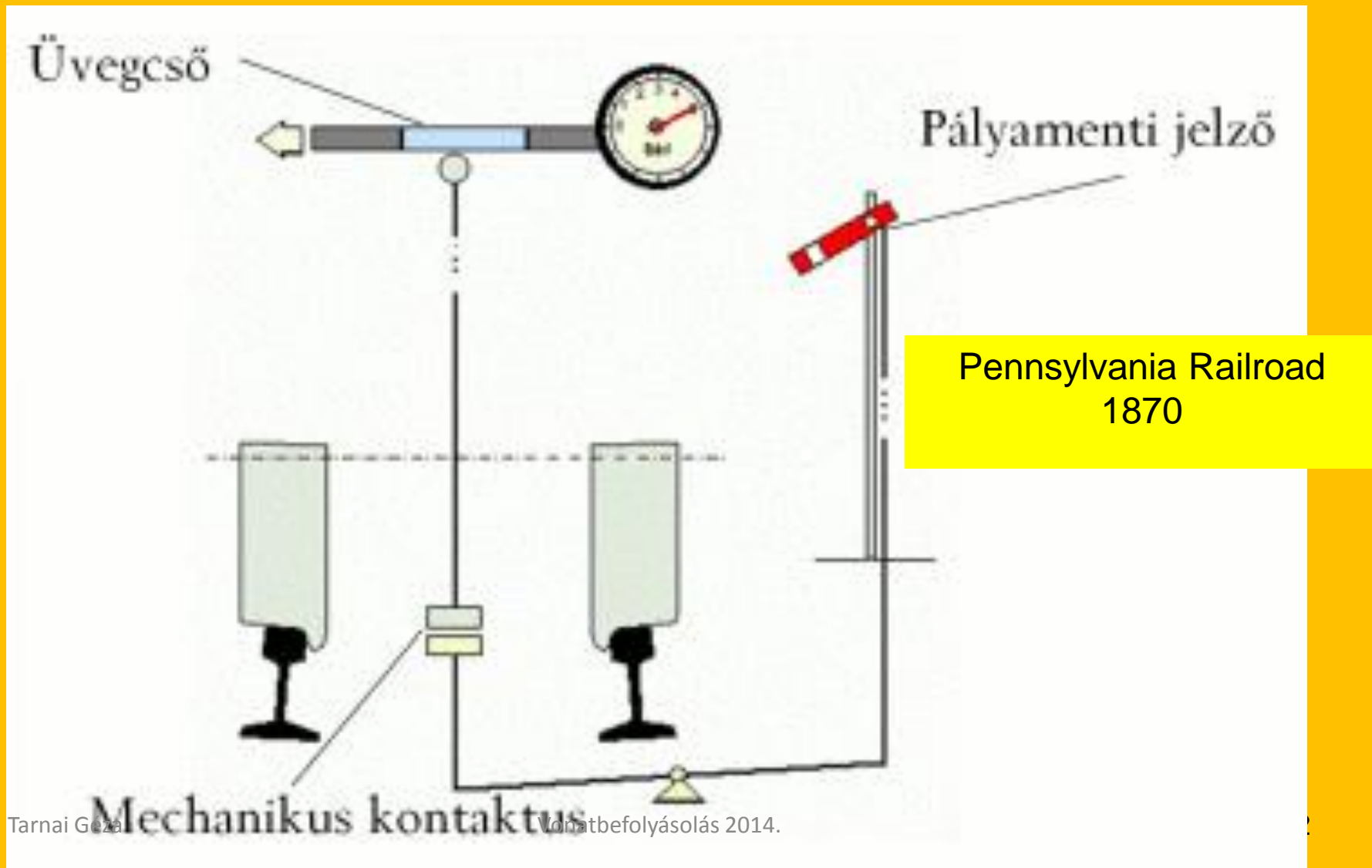
Tárnai Géza  
Mechanikus kontaktus



# Korai vezetőállás jelző



# A vonatbefolyásolás kezdete



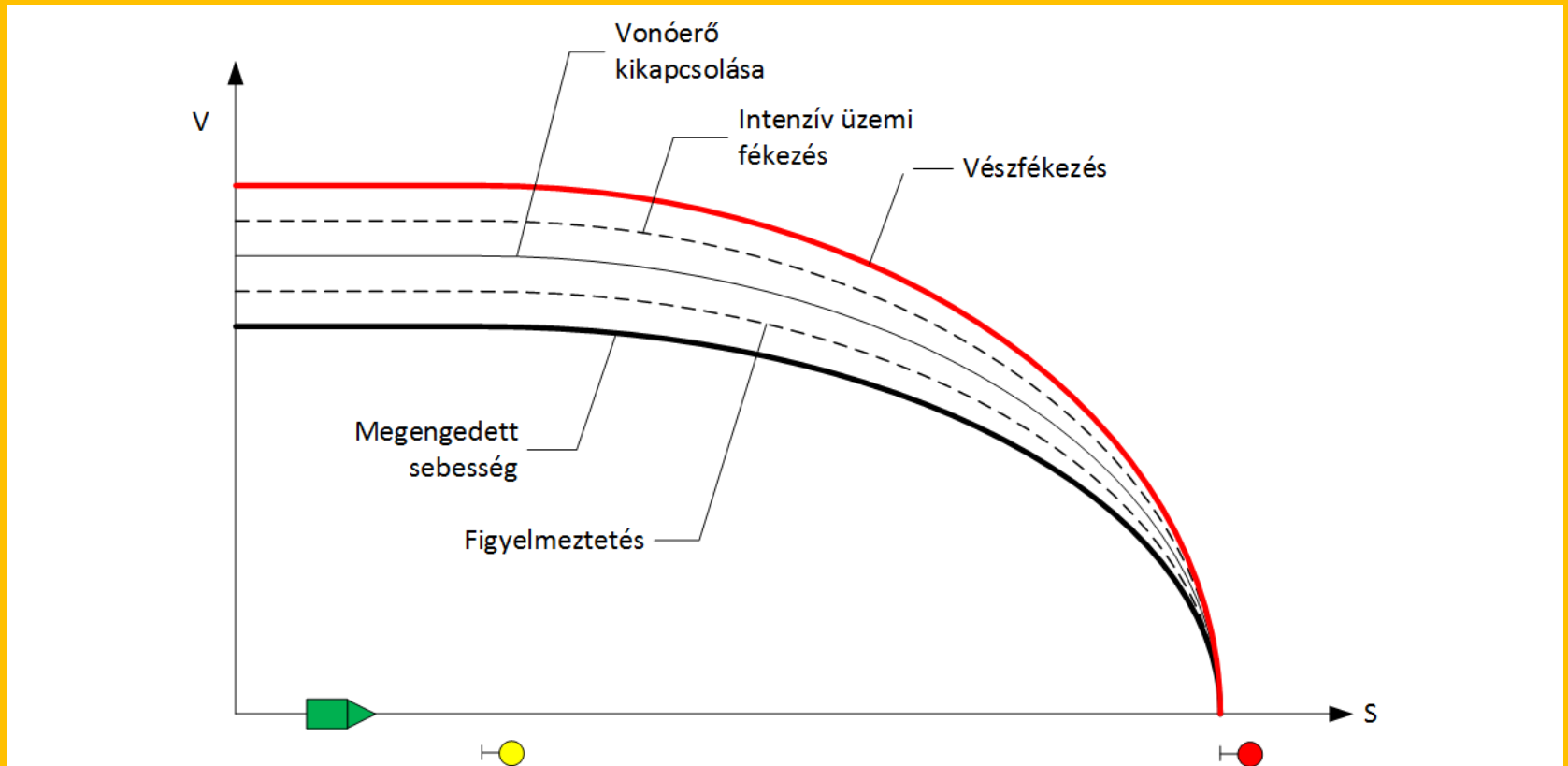
# Felügyeleti funkciók

- A vezető „képességének” felügyelete (holt ember)
- A vezető figyelmének felügyelete (éberség)
- Vonatmegállító funkció (autostop)  
A vörös jelző mögött a megcsúszási távolságon belül csak akkor állítja meg a vonatot, ha
  - a jelzőmeghaladás sebessége alacsony, vagy
  - a megcsúszási távolság elegendően hosszú
- Az előző három funkció kombinációja
- A fékezési folyamat felügyelete
- A sebességhatár túllépésének felügyelete

# A fékezési folyamat felügyelete

- Fékezés
  - megálláshoz vagy
  - sebességcsökkentéshez
- Sebességellenőrzés
  - egyéni fékgörbe folyamatos ellenőrzése
  - szabványos szakaszokból „összerakott” fékgörbe
  - lépcsőzetes sebességprofil (sínáramkörös jelátvitel)
  - ellenőrzés több ponton, csökkenő sebességértékekkel
- Sebességellenőrzés helyett a fékezési folyamat ellenőrzése
  - folyamatosan vagy
  - meghatározott pontokon (távolság vagy idő)
- Signal upgrading

# Beavatkozó funkciók



Egyes rendszerek kombinálják a fentieket a sebességtúllépés mértékétől és/vagy időtartamától függően.

Beavatkozáskor fékezés megállásig vagy a sebesség egy biztonságos határ alá csökkenéséig. „Megállj!” jelző meghaladása után **azonnal vészfék** (valamennyi rendszer)

# Vasútüzemi szerep

- Kiegészítő rendszerek
  - járulékos biztonságot nyújtanak
  - nem helyettesítik a pálya menti jelzőket
  - eltérés esetén a pálya menti jelző érvényes (többnyire)
- Független rendszerek – maximálisan biztonságos
  - folyamatos irányító funkcióval
  - helyettesíthetik a pálya menti jelzőket
  - megmaradó jelzők
    - nem felszerelt járművek számára
    - visszaesési szintként
  - eltérés esetén a cab signal érvényes (gyakran részletezettebb információ)



# A vonatirányítás automatizálása

- Előfeltétel: teljes dinamikus sebességprofil rendelkezésre áll a fedélzeten
- Akadály: váratlan eseményekre való reagálás
- Megoldás
  - kívülről a pályára kerülő objektumok (személyek, tárgyak) folyamatos érzékelése és/vagy
  - az objektumok (szándékos vagy véletlen) pályára jutásának fizikai megakadályozása
- Nagyon költséges, csak speciális projektekben
- Nagyon ritka esetek ellen nincs 100% védelem

# Az automatizálás fokozatai

- Kézi vezetés automatika nélkül
- Kézi vezetés műszaki felügyelettel
- Részlegesen automatikus üzem
  - pl. a vezető csak indít, minden más automatikus (M2)
- Automatikus üzem humán felügyelettel
  - a vezető csak veszély esetén avatkozik be (M4 próbaüzem)
  - műszaki akadály nem lenne
  - pszichikai okok miatt ritkán alkalmazzák
- Teljes automatizálás (M4)
  - nincs vezető a járművön
  - egyes metróvonalak
  - airport shuttle trains

# Pontszerű adatátvitel

- Időszakos kapcsolat a pálya és a jármű között, a pálya meghatározott helyein
  - pontszerű
  - időszakosan folyamatos

# Pontszerű átvitel jellemzői (1)

- Átviteli elvek
  - mechanikai (19. századtól)
  - galvanikus (19. századtól)
  - optikai (nem terjedt el)
  - induktív (korszerű rendszerek)
- Pálya menti készülék energiaellátása
  - pálya menti tápforrásból (folyamatos)
  - az elhaladó vonatról (rövid idejű)
  - energiaellátást nem igényel (pl. állandó mágnes)
- Információátvitel iránya
  - pályáról a vonatra
  - kétirányú (ritkább)

# Pontszerű átvitel jellemzői (2)

- Adattartalom
  - fix
  - változtatható (pl. jelzőállástól függően)
- Átvitt adat mennyisége
  - 1 bit (régebbi berendezések)
  - több bit igény esetén több jeladót installálnak
  - korszerű rendszerek: egy jeladóval részletes információ (akár több száz byte)
- Redundancia (hibafeltárás lehetősége)
  - redundancia az átvitt információban (pl. checksum)
  - az információ ismételt átvitele

# Pontszerű átvitel jellemzői (3)

- Jeladók pálya menti hosszanti elhelyezkedése
  - éberségellenőrzés: előjelző közelében
  - vonatmegállítási: a főjelző közelében
  - fékezés ellenőrzése: további jeladó az előző kettő között
  - folyamatos sebességprofil: a pálya mentén végig, meghatározott távolságokra, az információ frissítésére

# Pontszerű átvitel jellemzői (4)

- Jeladók keresztirányú elhelyezkedése
  - többnyire a sínek között
  - középen, vagy az egyik sínszálhoz közelebb
- Haladási iránytól függő információ
  - információ csak az egyik irány számára
  - különböző információ a két irány számára
- Haladási irány és az információ érvényessége
  - sínszál melletti jeladónál a pozíció meghatározza
  - középen fekvő jeladónál más módszer kell, pl.
    - vagy elnyomják az egyik irányt,
    - vagy az adattartalom irányinformációt is tartalmaz

# Induktív átvitel (1)

- Rezonáns körökkel
  - a mozdonyon aktív (állandóan táplált) rezgőkör
  - a pályán passzív rezgőkör, a mozdonyéval azonos  $f_0$
  - a mozdony elhaladásakor a két rezgőkör tekercsei csatolásba kerülnek, hatnak egymásra
    - változik az induktivitás
    - változnak a mozdony oldali rezgőkör paraméterei (áram stb.)
    - a változás mérhető, detektálható



# Induktív átvitel (2)

- Mozgási indukcióval
  - mágneses térben mozgatott vezetőben feszültség indukálódik
  - mágneses tér
    - állandó mágnessel (fix adat)
    - elektromágnessel (változtatható adat)
    - a kettővel együttesen (mozdonyon állandó, pályán elektromágnes), az egyik mágneses tere elnyomja a másikat
    - a pálya mentén szekvenciálisan
  - probléma: igen alacsony sebességen (<10km/h) nem működik

# Induktív átvitel (3)

- Transzponder elven (balízkok)
  - rövid hatósugarú rádiós átvitel
  - balíz a pályán – légrés – mozdonyantenna tekercs
  - balíz táplálása a mozdonyról (többnyire)
  - balíz sugározza az adattáviratot
  - nagyfrekvenciás átvitel
  - hosszú táviratok lehetségesek (több száz bit)
  - fix vagy vezérléssel változtatható adattartalom
  - Kétirányú adatátvitel is lehetséges
- Adatátviteli biztonság
  - ismételt (többszörös) adás
  - ellenőrző összeg (checksum)
  - esetleg más eljárás
- Jeladók láncolása

# Folyamatos adatátvitel (1)

- Folyamatos kapcsolat a pálya és a jármű között
  - információátvitel táviratok formájában
  - időnként kiesések lehetnek (pl. rádió lefedettség)
- Átviteli lehetőségek (induktív jeladó eszközök)
  - csak egyirányú átvitel
    - sínáramkör
  - kétirányú is lehet
    - kábelhurok (pl. LZB)
    - rádió (pl. GSMR)
- Információ kódolása sínáramkörnél
  - különböző frekvenciájú jelek alkalmazása
  - modulált jel
    - impulzus (pl. MÁV 75 Hz)
    - frekvencia
    - fázis moduláció

# Folyamatos adatátvitel (2)

- Átvihető adatok mennyisége – csatornkapacitás függvénye
  - sínáramkör: max. 20 kHz – néhány bit (jelzési képek)
  - kábelhurok: max. 50 – 100 kHz
  - rádió: széles sáv az információcserére, részletes menetengedély stb.
- Átvitel ciklusideje
  - vonat sebessége (nagy sebesség esetén  $<1$  s)
  - információ fontossága (pl. vonat vészmegállítási parancs)
- Reakcióidő
  - a kapott üzenetek integritásellenőrzése döntés előtt
  - ha több táviratot kell összehasonlítani, több s késedelmet is okozhat

# Folyamatos adatátvitel (3)

- Kiegészítő eszközök (pl. sugárzó kábel)
  - ahol az átvitel nem garantálható
    - rádiónál domborzati okok, egyéb akadály
    - sínáramkörnél szigetelt ütközők környéke
    - egyéb ok, pl. MÁV 75 Hz sínáramkör problémája váltónál
- Vezérlés
  - decentralizált (pl. MÁV 75 Hz rendszere)
  - centralizált (pl. LZB)
    - több lehetőséget biztosít az operatív beavatkozásra
    - különösen kétirányú információátvitel esetén

# Vonatbefolyásoló rendszerek


1. Pontszerű átvitel, fékellenőrzés nélkül
2. Pontszerű átvitel, kis adatmennyiség, fékellenőrzés
3. A jelzési képek folyamatos átvitele kódolt sínáramkörökkel
4. Pontszerű átvitel, nagy adatmennyiség, dinamikus sebességfelügyelet
5. Folyamatos átvitel, nagy adatmennyiség, dinamikus sebességfelügyelet

# 1. Pontszerű átvitel fékellenőrzés nélkül

# Pontszerű átvitel, fékellenőrzés nélkül

- Funkciók (ma már kevés)
  - éberségellenőrzés sebességcsökkentést előíró jelzőnél (előjelzés) és/vagy
  - vonatmegállítási „Megállj” jelző meghaladásakor
- Példák
  - mechanikus autostop (pl. „rég” M2, Berlin S-Bahn)
  - Crocodile – galvanikus kapcsolat (francia, belga)
  - AWS – pályán állandó mágnes és „semlegesítő” elektromágnes (brit)
  - Integra Signum – pályamágnes középen és kívül (Svájc)





**A Crocodile rendszer jeladója**

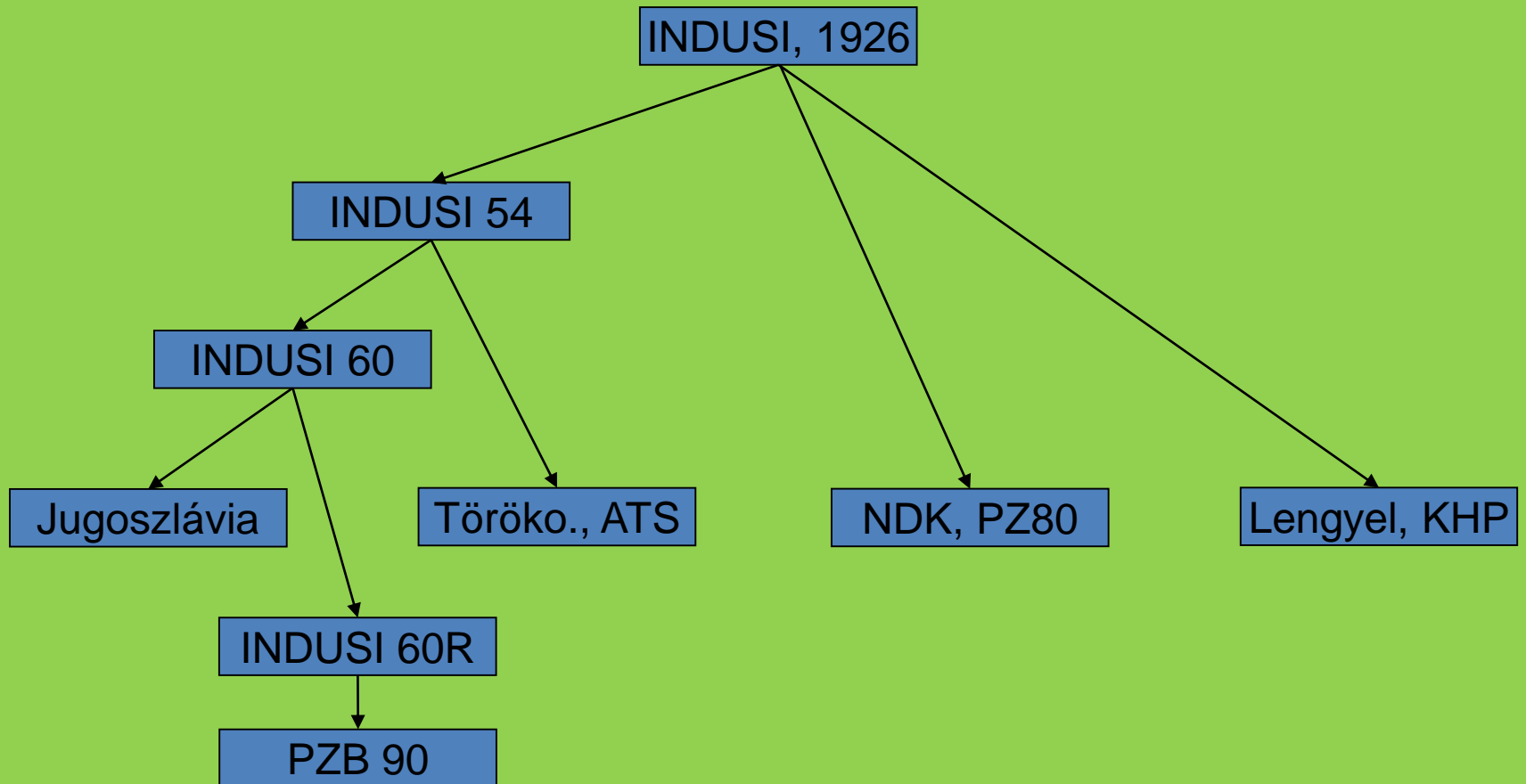
**1872**

**35 000 km**

## 2. Pontszerű átvitel, kis adatmennyiség, fékellenőrzés

INDUSI/PZB 90 rendszer

# Az INDUSI családfája





**INDUSI pályamágnes**

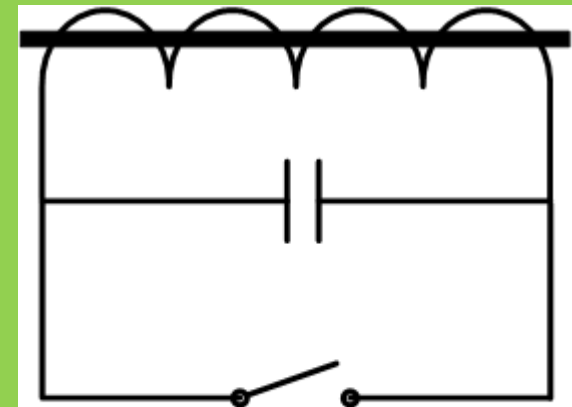
**1926**

**75 000 km**



# INDUSI pályamágnes

Forrás:  
Az Indusi berendezés működésének bemutatása – KBSZ

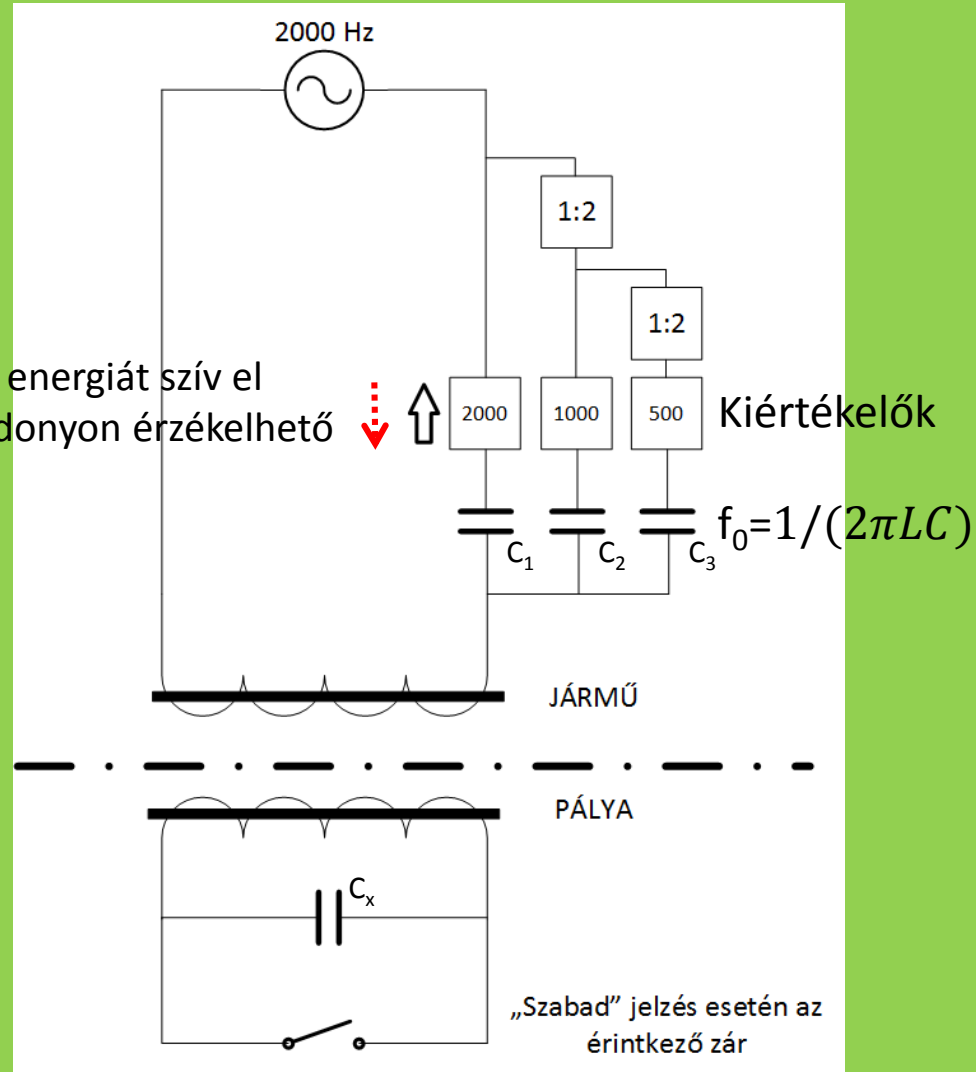


„Szabad” jelzés esetén az érintkező zár



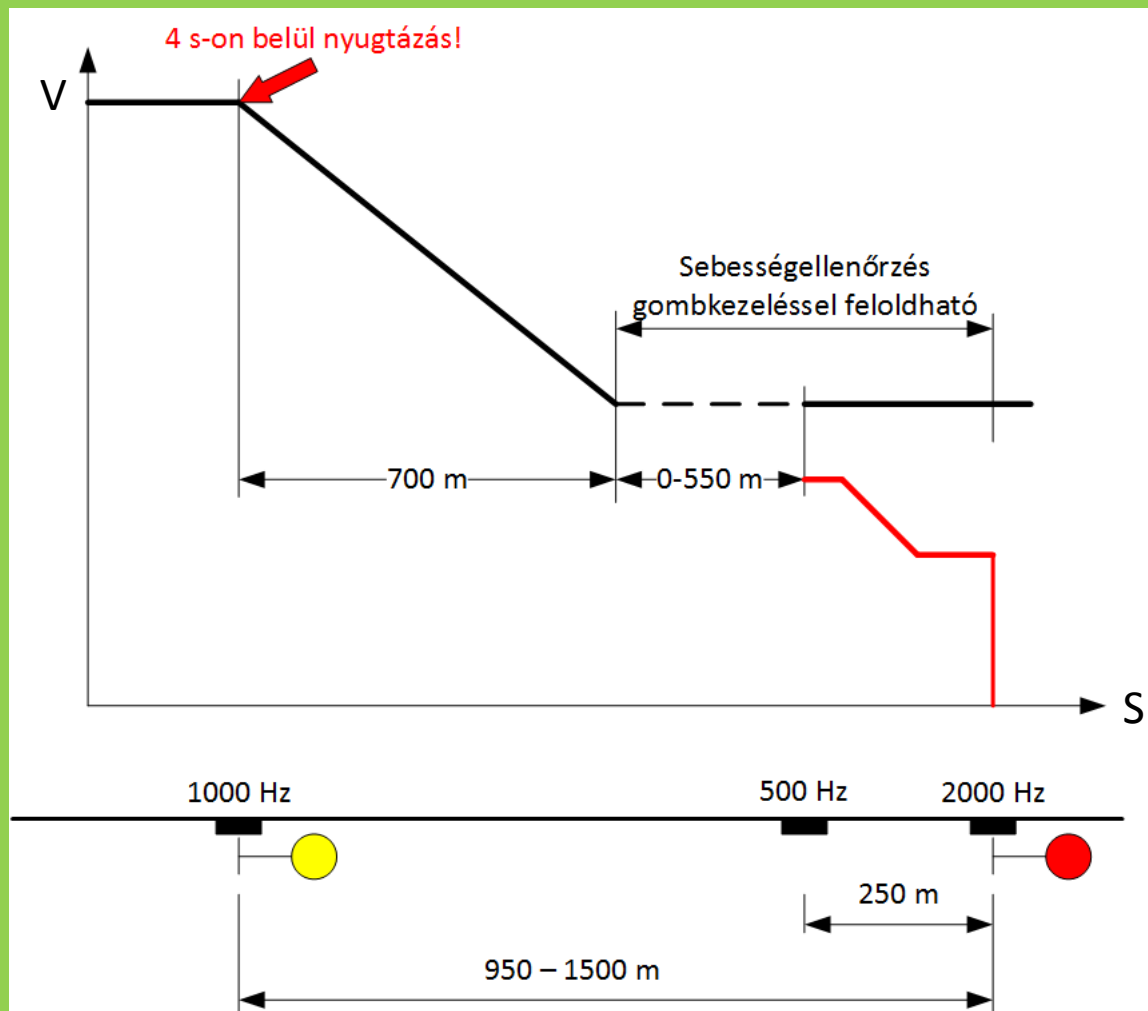
# INDUSI pálya és jármű berendezés

A hatásos pályamenti rezgőkör energiát szív el a mozdonyberendezésből – a mozdonyon érzékelhető





# INDUSI/PZB 90 sebességellenőrzés





# Sebességellenőrzés 1

- 1000 Hz mágnesnél éberségellenőrzés
  - nyugtázni 4 s-on belül – ha elmarad: kényszerfékezés (vészfék)
- Sebességellenőrzés 700 m-en keresztül
  - túllépés: vészfék
- az ellenőrző görbék sebességértékei vonatkategóriától (fékteljesítménytől) függenek
  - kategóriák
    - O:  $V_{\max}=160$  km/h
    - M:  $V_{\max}=120$  km/h
    - U:  $V_{\max}=100$  km/h
- Legkorábban 700 m-re az aktív 1000 Hz mágnesről a mozdonyvezető feloldhatja a korlátozást, ha látja a szabad főjelzőt
  - jogtalan kezelés az 500Hz-es mágnesnél nem feloldható kényszerfékezést vált ki

# Sebességellenőrzés 2

## A „Megállj!” jelző meghaladása

- Az aktív 500 Hz mágnessőtől újabb sebességcsökkenés ellenőrzés
- Az aktív 2000 Hz mágnes által kiváltott vészfékezéssel együtt biztosítja, hogy a jelző mögötti védőszakaszon belül megálljon a vonat
- A „Megállj!” jelző kis sebességgel meghaladható gombkezelés után („Hívó” is)
- Ilyenkor nincs információ a következő jelzőről és a két jelző közötti szakasról

# Az INDUSI rendszer értékelése

- Egyszerű pálya oldali kivitel
- A mozdonyvezető biztonságot veszélyeztető hibáinak feltárása
- A vonatkategóriánként differenciált sebességellenőrzés és a kényszerfékezés révén a vonat legkésőbb a megcsúszási távolságon belül megáll
- A járműberendezés **nyugalmi áramú** elven dolgozik
  - automatikus hibafeltárás
- Információátvitel **munkaáramú** elven
  - a pályamágnes hiánya vagy hibás működése automatikusan **nem ismerhető fel**
  - biztonságilag fontos ellenőrző információk detektálatlanul **elveszhetnek**

### 3. A jelzési képek folyamatos átvitele kódolt sínáramkörökkel

# A jelzési képek folyamatos átvitele kódolt sínáramkörökkel

- USA, Oroszország, Olaszország, Hollandia, Csehország, Szlovákia, Magyarország stb.
- Japán és Franciaország régebbi nagysebességű rendszerei is
- A sínáramköröket használják
  - foglaltságellenőrzésre és blokkinformáció átvitelére is
- Jelzésisméltás a mozdonyon, esetleg egyszerűsítve
- Ellenőrző funkció
  - az egyszerű nyugtázás-ellenőrzéstől
  - a szabványos szakaszokból „összerakott” fékgörbe ellenőrzéséig terjedhet
- Előnyök
  - kialakítható fail-safe módon is (eltérően az 1. és 2. csoporttól)
  - a vezető folyamatosan az aktuális jelzési képet látja, e szerint cselekedhet
- Hátrány: nem számítható fékgörbe, kivéve, ha
  - a sínáramkörök hossza egységes, vagy
  - kiegészítő jeladó közli a szakasz hosszát

# A MÁV 75 Hz-es EVM rendszere

# 75 Hz-es sínáramkörök

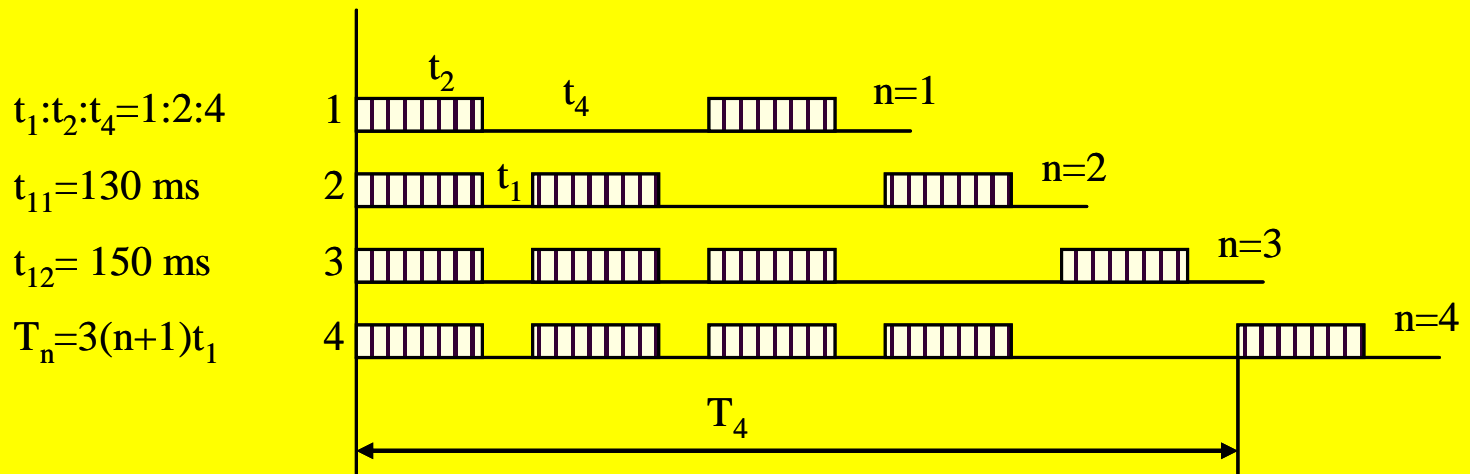
- Telepítésük
  - térközi szakaszokon
  - csatlakozó mellékvonalak bejelentkező szakaszán
  - állomásokon
    - fogadóvágányokon
    - bejárat „Megállj!”-ra ejtő szakaszokon
- Funkciói
  - foglaltságellenőrzés (újabban tengelyszámlálóval)
  - blokkinformáció közvetítése (újabban tengelyszámlálóval)
  - **jelfeladás a járműre** – táplálás a vonattal szemben
- Jelfeladás váltókon (400 Hz-es sínáramkör esetén)
  - sugárzókábelrel
  - jelváltós sínáramkörrel

# A 75 Hz-es sínáramköri jel kódolása

- amplitúdómoduláció
- impulzusszám kódolás
- a közelített jelző jelzési képétől (megengedett sebességtől) függően

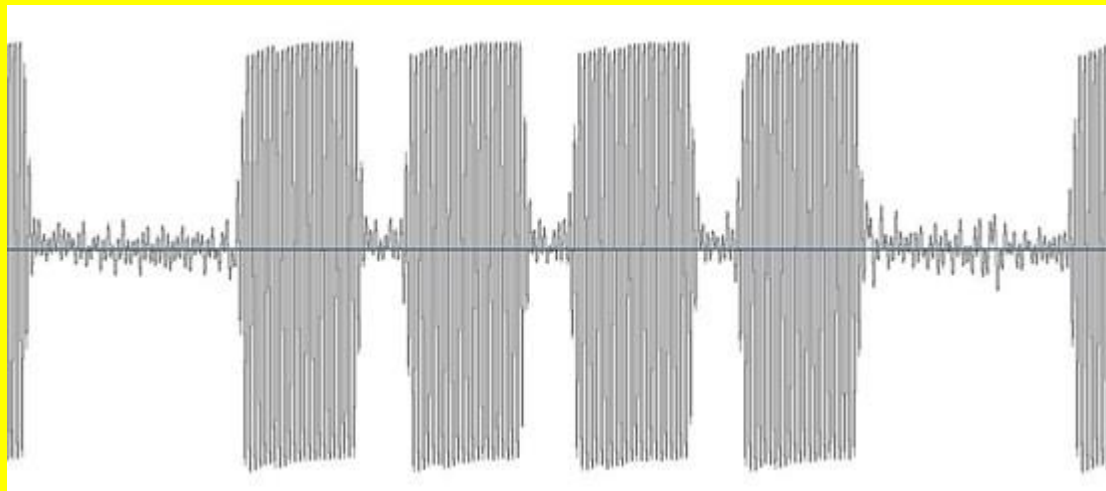
Kód és jelzési kép

„1”	0 km/h
„2”	40 km/h
„3”	80 km/h
„4”	MAX



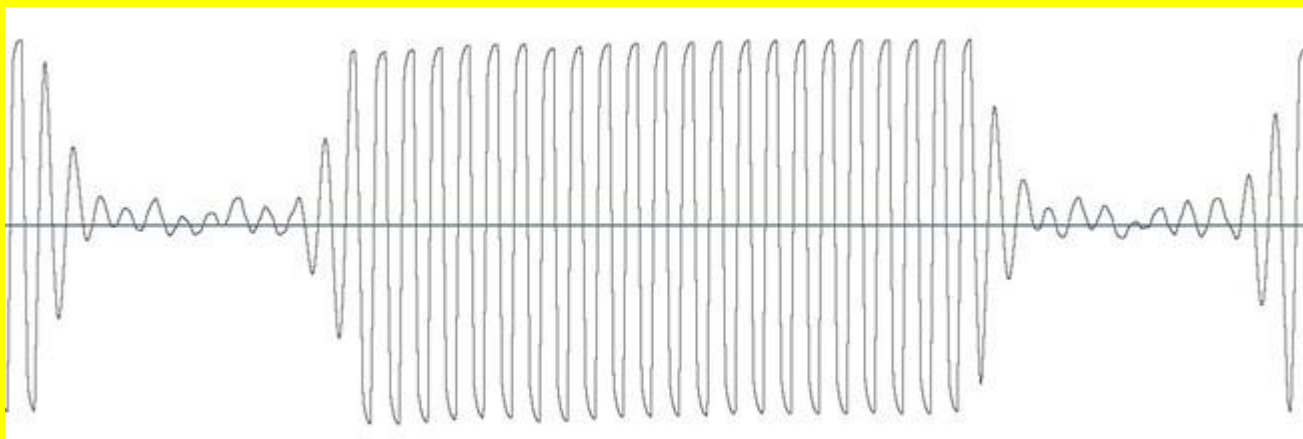


# 4-es ütem (felvétel)



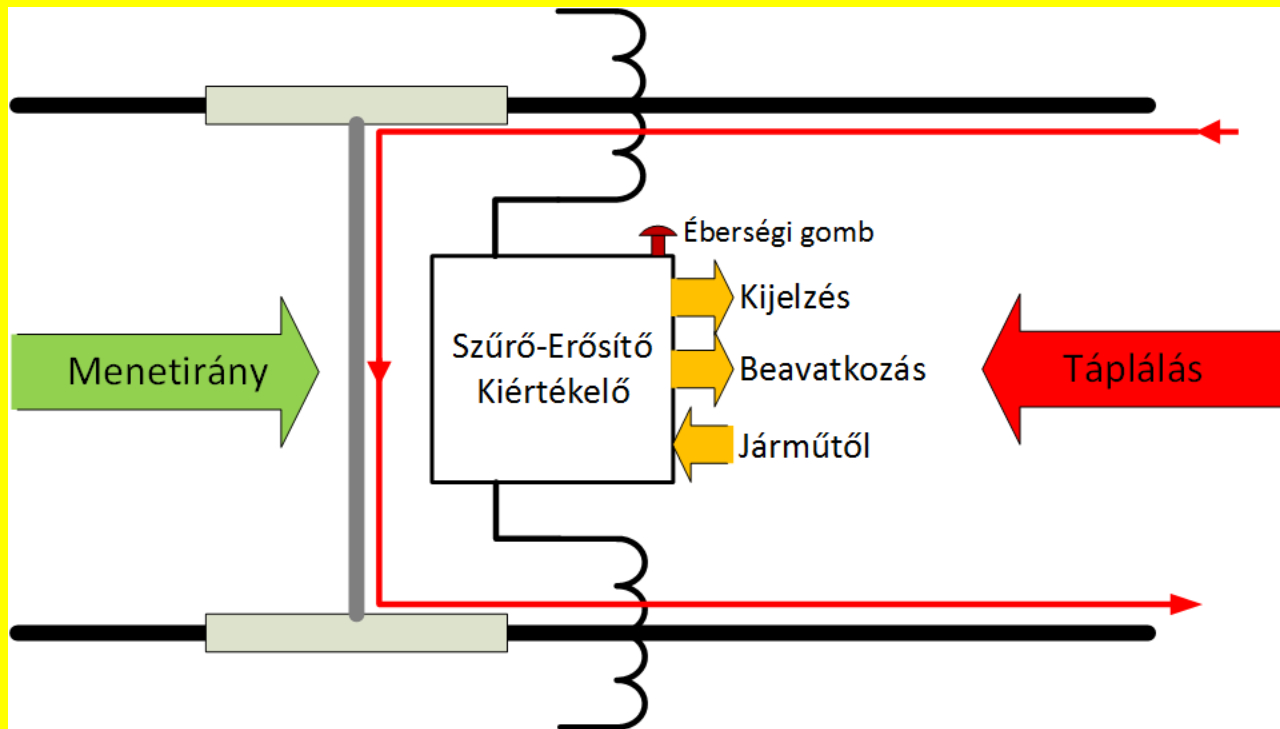
Balogh János Grácián felvétele

# Egy impulzus a négyből



Balogh János Grácián felvétele

# A 75 Hz-es jel vétele a fedélzeten



# Jelkiértékelés a járművön (1)

- A vezetőállásjelzõn megjelenik a következõ jelzõ jelzési képe
- „1” → „0” jelátmenet (vörös jelzõ, ill. hívó meghaladása) esetén automatikus gyorsfékezés, ha  $v > 15$  km/h
- Megállj!-ra álló jelzõ vagy hívójelzés meghaladása után nem kap jelet a jármû vevõ berendezése („0” ütem)
  - ha a táplálás iránya megfelelõ, az elõttes vonat söntöli ki a jelet (térközben)
  - ha a táplálás fordított irányú, a jelzõt meghaladó vonat söntöli a jelet (pl. bejárat jelzõnél)
- „4”, „3”, „2” → „0” jelátmenetnél nincs kényszerfékezés (memória)
- A rendszer nem ellenõrzi folyamatosan a sebességet (fékgörbét)
- Meghatározott távolság megtétele után rendszeres éberségellenõrzés

# Jelkiértékelés a járművön (2)

- „Megállj!” állású, illetve csökkent sebességet engedélyező jelzőhöz közeledve gyakoribbak az éberségi felhívások (200 méterenként nyugtázandó)
  - Éberségi felhívás a sebességtűllépés bekövetkezése után 50 m-rel
  - Nyugtázásra 150 m áll rendelkezésre
  - Csak a sebességtűllépést követő első 2 nyugtázás hatásos
  - Ezt követően a nyugtázás elfogadásának feltétele
    - a fék fővezeték nyomásának meghatározott érték (4,75 bar) alá csökkentése (fékezés) - nyomáskapcsoló érzékeli
    - a sebességtűllépés megszűnése
  - Ha a vezető nem fékez > önműködő kényszerfékezés
- 
- Az előjelző és a főjelző távolsága nagyobb kell legyen, mint a vonali általános fékút
    - a fedélzeti kiértékeléshez szükséges idő alatt megtett út és
    - a mozdonyvezető cselekvésére rendelkezésre álló 200 m miatt

# Vezetőállásjelző

A következő jelzõn  $V_{\max}$

A következõ jelzõn 80 km/h

A következõ jelzõn 40 km/h

A következõ jelzõn „Megállj!”

„Megállj!” jelzõt haladt meg

Nincs kiértékelhetõ pályajel

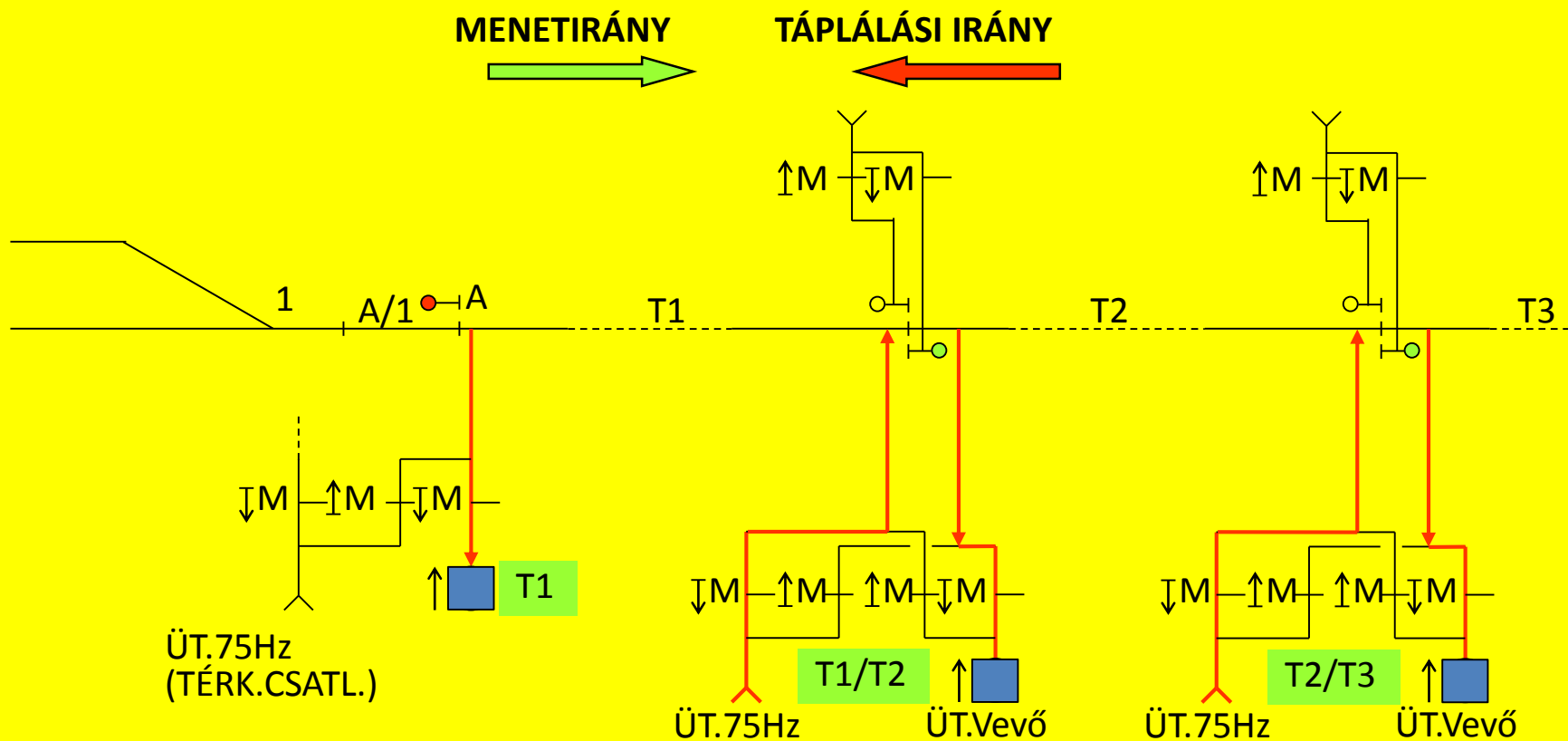
Tolatás mód ( $V_{\max} = 40$  km/h)



## Digitális kijelző

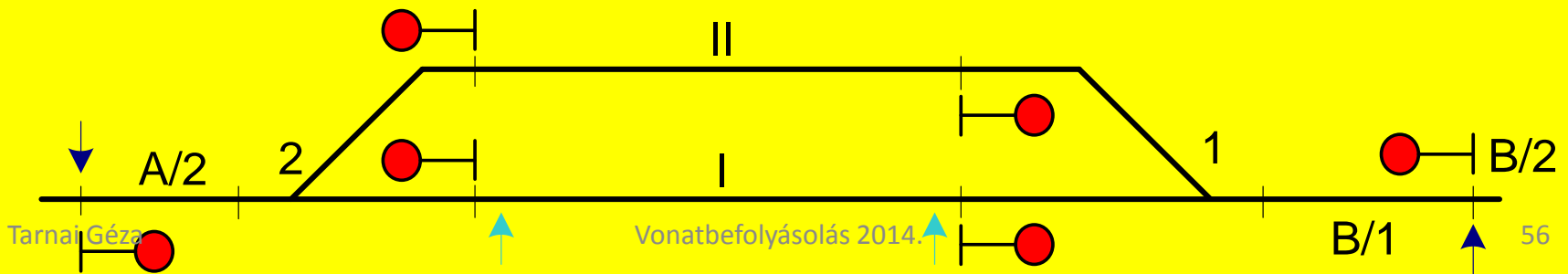


# Térközszakaszok táplálása



# A táplálás alaphelyzete állomáson

- A táplálást meghatározza
  - a táplálási irány
  - a táplálás ütemezése
- Bejárati „Megállj!”-ra ejtő szakaszok (A/2, B/1)
  - táplálás a bejárati jelzőtől – „1” ütem
- Sugárzókábelek (1 és 2 váltó)
  - táplálás nélkül
- Fogadóvágányok (I, II)
  - a táplálási irány megfelel az utolsó menetnek/hívónak – „1” ütem





# Táplálás bejárati vágányútnál (1)

- Bejárati „Megállj!”-ra ejtő szakasz
  1. A táplálási irányt meg kell fordítani
    - lehetőleg a vágányútbeállítás minél későbbi fázisában
    - táplálás továbbra is „1” ütemmel
  2. Jelző szabadra állítása után táplálás a megfelelő ütemmel
    - „2” ütem, vagy  $V \geq 80$  km/h bejárati sebesség esetén a célponti jelzőtől kapott ütem
  3. A jelzési kép váltását követni kell az ütemválasztással
- Fogadóvágány
  - Táplálási irány a menetiránnyal szemben
  - Ütemválasztás a céljelző jelzési képének megfelelően

# Táplálás bejáratnál vágányútnál (2)

- Sugárzókábelek
  - A táplálás az előző szakasz elfoglalásakor kapcsolódik be
  - Nincs kijelölt táplálási irány (nincs keréksönt)
  - Ütemválasztás a jelzési képnek megfelelően
  - A táplálás a következő szakasz elfoglalásakor lekapcsolódik
- Jelváltós sínáramkörök
  - A szakasz elfoglalásakor a 400 Hz-es vevőjelfogó elejt és a sínáramkör táplálását átkapcsolja 400 Hz-ről 75 Hz-re
  - Nincs kijelölt táplálási irány
  - Ütemválasztás a jelzési képnek megfelelően
  - A következő szakasz elfoglalásakor a táplálás visszavált 400 Hz-esre

# Sugárzókábelek alkalmazása

- Sugárzókábelt a váltóknak csak azon a szárán fektetnek, amelyik 40 km/h-nál nagyobb sebességgel járható
- Feltétel: a fogadóvágány elegendő hosszú legyen ahhoz, hogy a vonat 40 km/h-ról fékezve megálljon a kijárat jelző előtt

# Táplálás kijáratí vágányútnál

- Fogadóvágányok
  - Táplálási irány: menetiránnyal szemben
    - mindkét irányban egyidejűleg is lehet kijárat
      - előfeltétel a vágányfoglaltság
  - Ütemezés a kijáratí jelző jelzési képeznek megfelelően
- Sugárzókábelek
  - Mint bejáratnál
- Bejáratí „Megállj!”-ra ejtő szakasz
  - Táplálási irány: menetiránnyal szemben (bejáratí jelzőnél)
  - Ütemezés az első térközjelző jelzési képeznek megfelelően

# További rendszerek

ALSN – volt Szovjetunió

ATB-EG – Hollandia

LS – Csehország, Szlovákia

BACC – Olaszország

Japán ATC HS

# ALSN rendszer

- korai amerikai kódolt sínáramköri tapasztalatok alapján
- a volt Szovjetunió területén terjedt el a II. Vh után – közel 100.000 km
- sínáramkörök: 50 vagy 25 Hz, villamos vontatástól függően
- amplitúdómoduláció, számkód: 1., 2., 3. kód
- 1,6 s, illetve 1,86 s ciklusidő
- a reakcióidő a zavarójelek hatásának csökkentése érdekében 3 periódusnyi (5 s)
- emiatt korlátozott az alkalmazhatósága (kevés fogalom)
- ezt vettük át és fejlesztettük tovább az 1960-as évektől

# ATB-EG rendszer

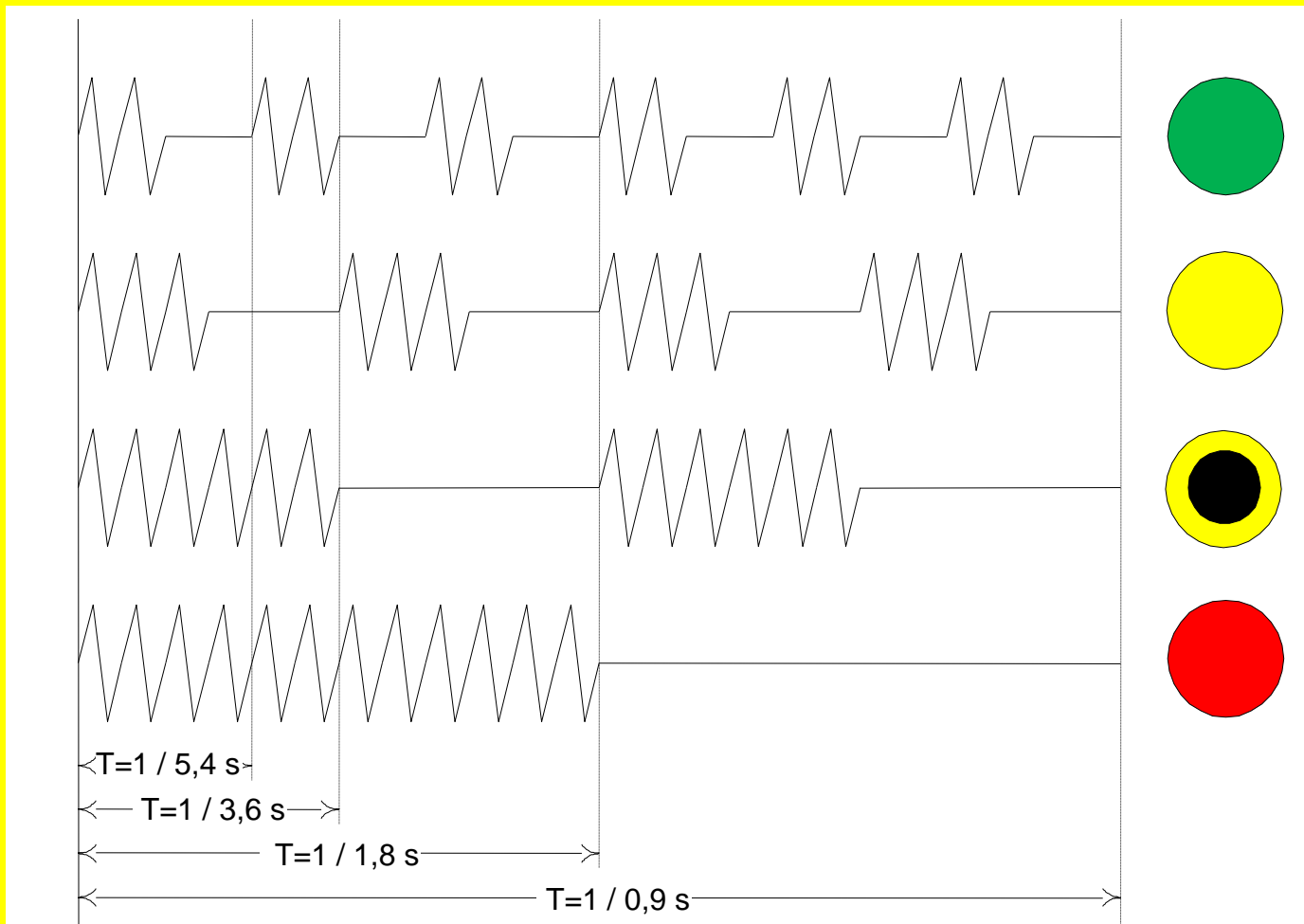
- a holland vasutak régebbi típusa
- 75 Hz sínáramkör
- sebességkódolás amplitúdómodulációval
- sebességlépcsők: 40, 60, 80, 130 és 140 km/h
- sebességcsökkentési igénynél 20 s-onként kell nyugtázni
- fékezést ellenőrzi
- nem tesz különbséget a 40 km/h és a „Megállj!” között

# LS rendszer

- Csehország és Szlovákia
- Sínáramkör frekvenciája 50 Hz vagy 75 Hz, villamos vontatástól függően
- Frekvenciamoduláció a közelített jelző jelzési képétől függően:
  - 5,4 Hz  $V_{\max}$
  - 3,6 Hz 100 km/h
  - 1,8 Hz 40 km/h
  - 0,9 Hz „Megállj!”
- A változó szakaszhosszak miatt a sebességellenőrzés lépcsőzetes, fékgörbe nem számítható
- Nyugtázási kényyszer sebességcsökkentési igény esetén
- „Megállj!” jelző meghaladásánál azonnali vészfék



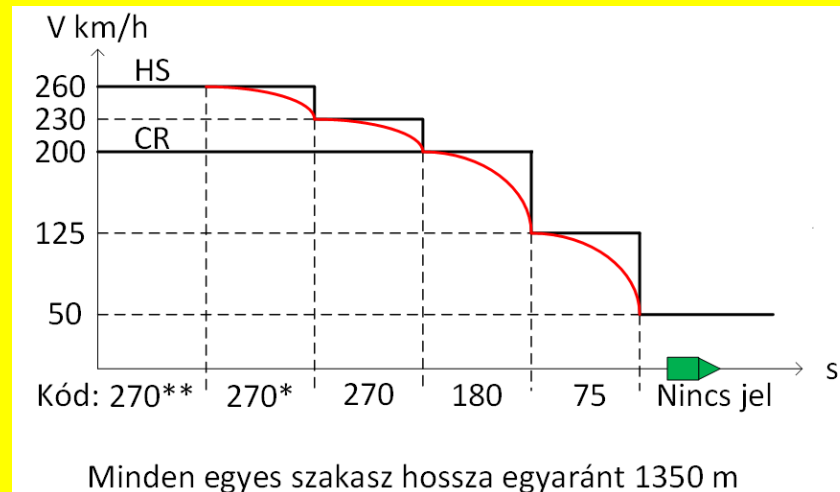
# LS rendszer



Forrás: *Rástočný: Zabezpečovacie systémy*

# Blocco Automatico a Correnti Codificate (BACC)

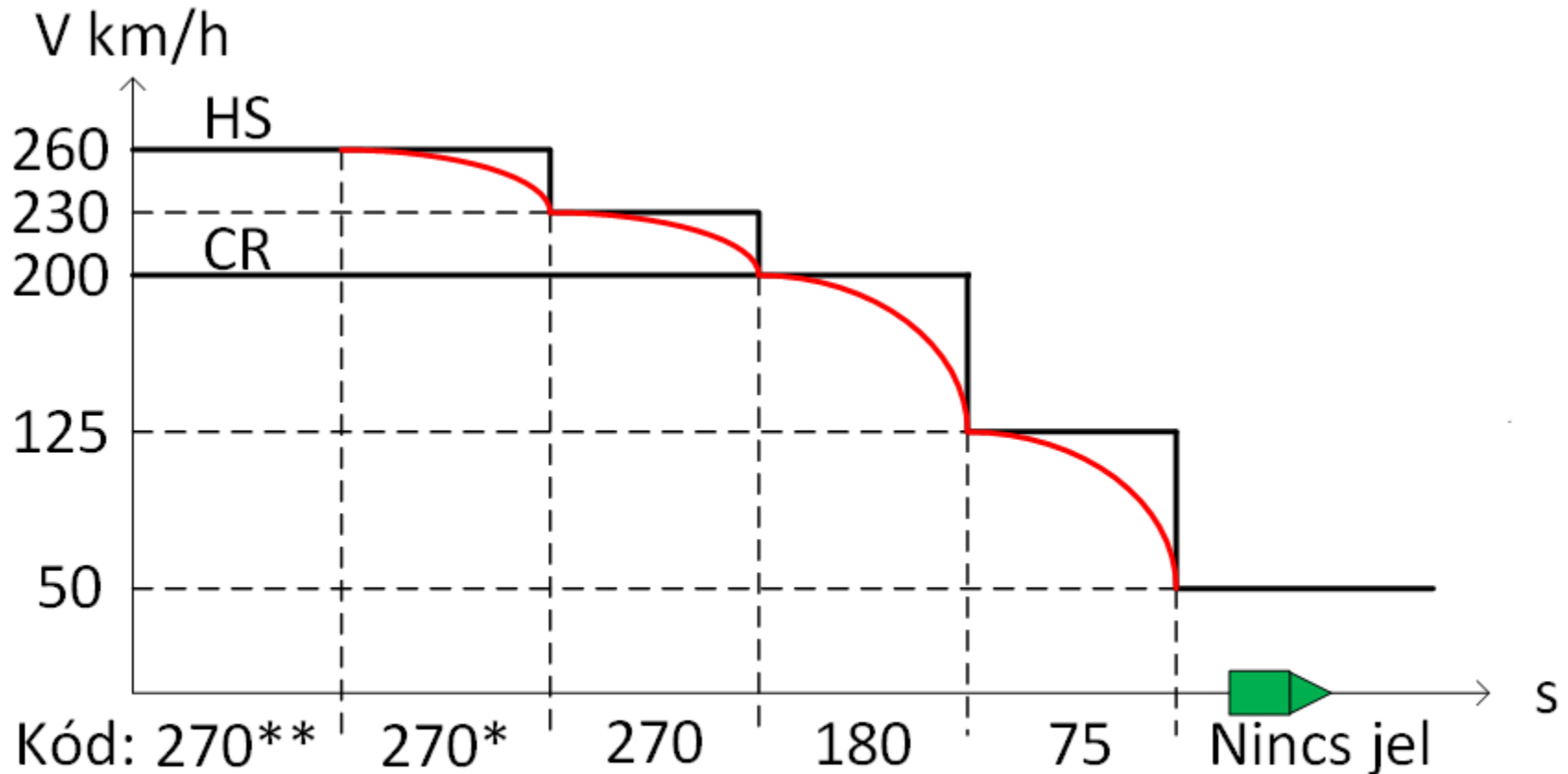
- Olasz hagyományos és emelt sebességű vonalakon (200 km/h-ig)
- 50 Hz-es sínáramkörök
- Frekvenciamoduláció, 4 sebességfokozat
- Az egyenlő hosszúságú (1350 m) sínáramkörök miatt a fékgörbe
  - számítható és
  - betartása ellenőrizhető
- A „Megállj!” két szakasszal előbb jelezhető



# BACC – nagysebességű vonalakon






- **200 km/h fölött** a fékút hosszabb, mint két térköz
  - nagysebességű vonalakra kiegészítés kell
  - második vivőfrekvencia (178 Hz)
  - kódolásával további 5 sebességfokozat a nagysebességű vonatok számára
- Kompatibilitás
  - nagysebességű vonatok közlekedhetnek a hagyományos pályán
  - hagyományos vonatok közlekedhetnek a nagysebességű pályákon
    - csak az 50 Hz-es kódokat használják
    - max. sebesség 200 km/h

# BACC – Fékezési folyamat ellenőrzése



Minden egyes szakasz hossza egyaránt 1350 m

# BACC és a pályamenti jelzők

Kód	Vivő 50 Hz	Vivő 178 Hz	Értelmezés	Max. seb. szakasz végén	Következő jelző
270**	4,5 Hz	2 Hz	4 szakasz szabad	260 km/h	
270*		1,25 Hz	3 szakasz szabad	230 km/h	
270		--	2 szakasz szabad	205 km/h	
180*	3 Hz	1,25 Hz	1 szakasz szabad, utána 100-130 km/h	155 km/h	
180		--	1 szakasz szabad, utána 30-60 km/h vagy stop	125 km/h	
120**	2 Hz	3 Hz	130 km/h a következő	135 km/h	 
120*		1,25 Hz	100 km/h a következő	105 km/h	
120		--	30-60 km/h a következő	65 km/h	
75	1,25 Hz	--	Megállj!	50 km/h	

# Japán ATC HS (1)

- Első vonal 1964 – a világon a legrégebbi HS vonatbefolyásolás
- Kizárólag nagysebességű közlekedés
- Homogén
  - pálya
  - járműpark
  - üzemi viszonyok
- Egyszerűbb lehet a jelzési rendszer (kevés fogalom elegendő)
- Félautomata járművezetési rendszer
  - jelző előtti megállás automatikusan szabályozott
  - gyorsítás, peronnál megállás a vezető felelőssége
- Információátvitel kódolt sínáramkörökkel
- Frekvenciamoduláció a sebességi fogalmak szerint
- Vivőfrekvenciák
  - egyik vágányon 720 Hz és 900 Hz
  - másik vágányon 840 Hz és 1020 Hz
- Térközszakaszonként két sínáramkör

# Japán ATC HS (2)

- A sínáramkörök hossza egy vonalon azonos
  - a szakaszok végpontjai a közbenső sebességcsökkentéshez fix pontok
  - eredmény: **többlepcsős kaszkád félgörbe** a „Megállj!” jelző előtt
- A sínáramkörök nem a pillanatnyilag megengedett, hanem a **célssebességet** adják meg
- Egy szakaszon belül a két sínáramkör azonos sebességet ad meg
- Kivétel a megállás előtti utolsó szakasz
  - kétlépcsős sebességcsökkentés
- Oldó gomb kezelése után max. 30 km/h-val meghaladható a „Megállj!” jelző
- Kezelés nélkül vagy nagyobb sebesség esetén egy indukciós hurok befékezi a vonatot
- **Francia TVM 300** (1981-től) fő különbségei:
  - Szakaszonként egy sínáramkör
  - Nem célssebességet, hanem **ellenőrző sebességet** ad meg (statikus sebességprofil)

4. Pontszerű átvitel, nagy adatmennyiség,  
dinamikus sebességfelügyelet



# Pontszerű átvitel, nagy adatmennyiség, dinamikus sebességfelügyelet

- Hasonló alapelvű, eltérő kivitelű rendszerek
  - átvitt adatok mennyisége és tartalma
  - adatok kódolása
  - antennák kialakítása, elhelyezése
- Pályamenti jeladók
  - felépítés, működési elv szerint
    - transzponder elvű (balízkok)
      - energiát a vonatról kapnak
    - limitált hosszúságú induktív hurkok
      - táplálásuk a pályáról történik
    - kis hatósugarú rádióadók
  - adattartalom szerint
    - statikus adatok átvitelére alkalmas
    - dinamikus adatok átvitelére alkalmas

# Balíz és mozdonyantenna



Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu)

# Alkalmazhatóság

- A statikus és a dinamikus információk együttesen (jelzők állása, céltávolság stb.)
  - lehetővé teszik a dinamikus sebességprofil folyamatos ellenőrzését
  - elvileg a pályamenti jelzők elhagyhatók
  - vegyes üzem és visszaesési szint miatt szükség van rájuk
- Általában 160 km/h-ig használják
  - Ebicab Svédországban 250 km/h-ig, jelzők nélkül

# Statikus vonali adatok tárolása (1)

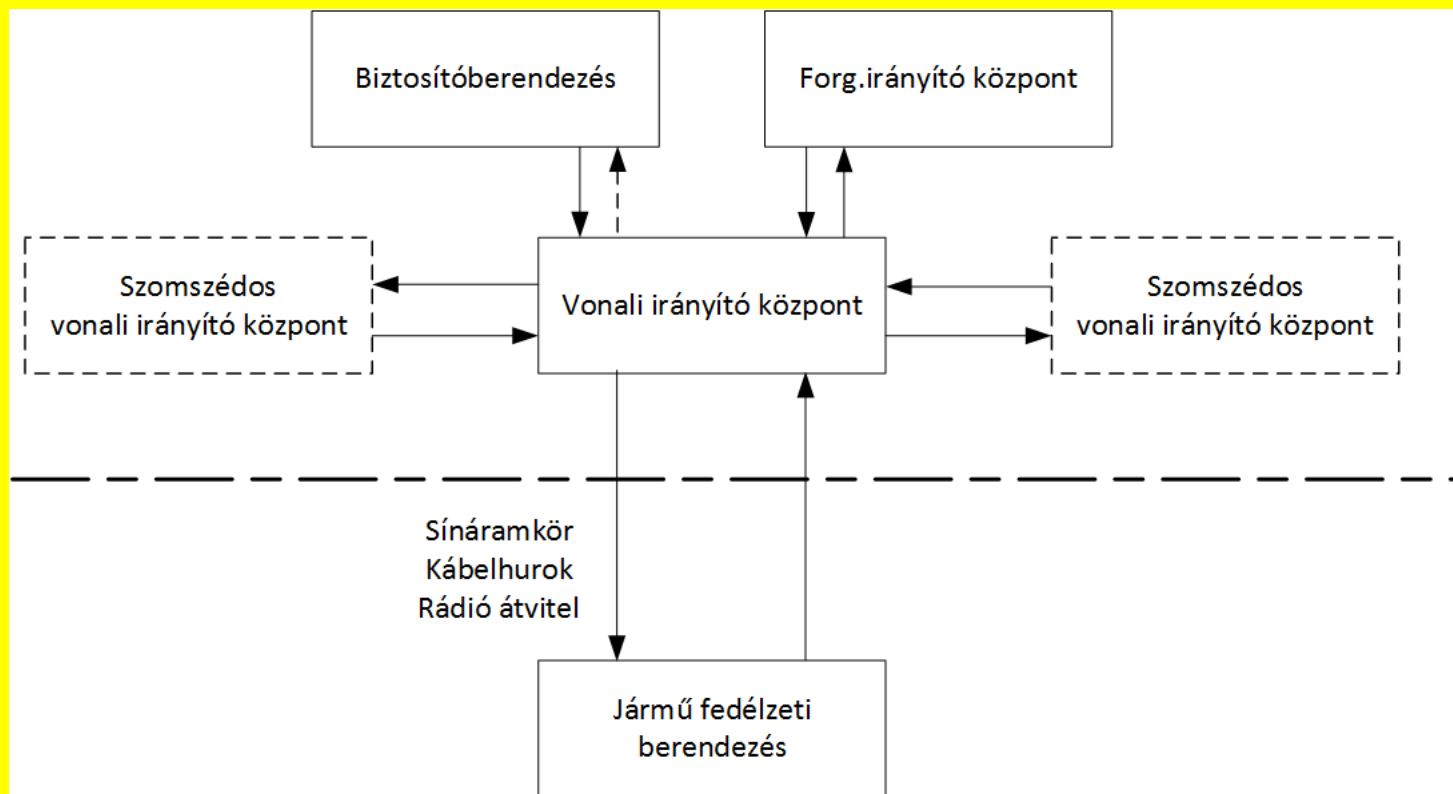
- Tárolás a pályán
  - Alkalmas nagy járműparkok és vonalhálózatok, nemzeti és nemzetközi hálózatok üzemeltetésére
    - Ebicab (Skandinávia, Portugália, Bulgária)
    - ATB-NG (Hollandia)
    - TBL (Belgium)
    - ZUB (Svájc, Dánia)
    - KVB (Franciaország)
    - ETCS L1 (nemzetközi)
  - Leginkább balízt használnak
    - az adatátviteli helyeken egy balíz vagy balízcsoport
    - vonali információk átvitele táviratokban
    - láncolási információ: **következő balíz távolsága > fail-safe alapja**

# Statikus vonali adatok tárolása (2)

- Tárolás a járművön
  - alkalmazási terület
    - metró, városi/elővárosi, helyi érdekű hálózatok
    - kis járműpark, az adott hálózathoz rendelve
  - csak a dinamikus adatokat kell a pályáról feladni
    - előny utólagos installáláskor
    - Példa: ZSL 90 Svájcban
      - vonaltérkép a járművön
      - csak az állomásokon vannak hurkok a dinamikus adatokhoz

5. Folyamatos átvitel, nagy adatmennyiség,  
dinamikus sebességfelügyelet

# Rendszerstruktúra, adatátvitel



# Adatátviteli médiumok

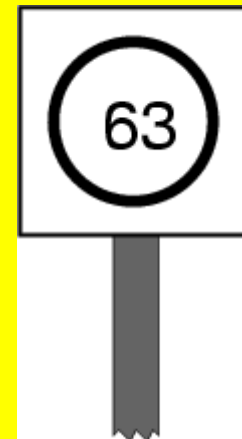
- Kódolt sínáramkörök
  - pl.
    - Digital ATC – japán
    - TVM 430 – francia, belga, Channel Tunnel
- Kábelhurkok
  - pl.
    - LZB – német, osztrák, spanyol
- Rádióátvitel
  - pl.
    - ETCS L2
    - ETCS L3



# Pályamenti jelzők szerepe

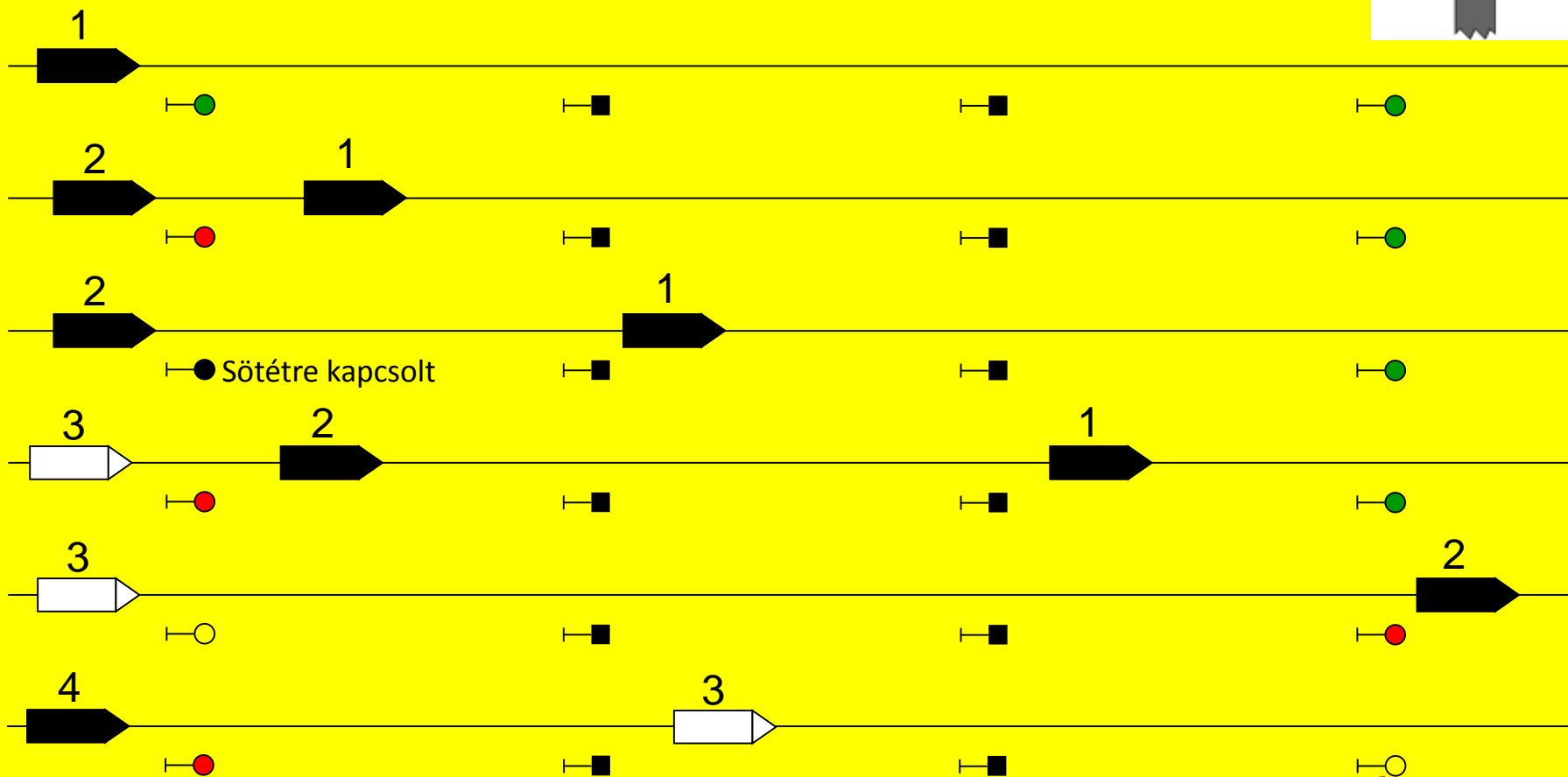
- Pályamenti jelzők megmaradnak
  - Vegyes forgalmat is lehetővé tesznek
  - Visszaesési szintet képeznek
  - Vonatbefolyásolással rövidebb térközszakaszok
- Pályamenti jelzők nélkül
  - Csak felszerelt járművekkel
  - Csak működőképes pálya és jármű oldali berendezéssel
  - Egyébként látra közlekedés

# LZB-Block



 LZB-vel felszerelt jármű

 LZB-vel fel nem szerelt jármű



● Sötétre kapcsolt

Vörös, sárga vagy zöld

# Menetengedély és statikus sebességprofil

- Statikus adatok
  - Vonal topológiája, váltók, jelzők helye, sebességkorlátozások stb.
- Tárolásuk
  - többnyire a vonali irányító központban
  - zárt hálózatban, állandó járműparknál a vonaton (pl. japán Digital ATC)
- Dinamikus adatok
  - vágányutak, váltók állása, szakaszfoglaltságok stb.
- Gyűjtésük
  - a biztosítóberendezések adják át a változó adatokat a vonali irányító központnak, esetleg a foglaltságinformációt közvetlenül a központok kapják
- Menetengedély és statikus sebességprofil generálása
  - többnyire a vonali irányító központban – innen kerül a vonatra
  - a vonat is közreműködhet (pl. Digital ATC)
    - az irányító központ csak a vonat számára szabad szakaszok számát adja meg
    - a vonat tárolja a pályaadatokat és így ki tudja számítani a menetengedély hosszát

# Adatok a dinamikus sebességprofil számításához

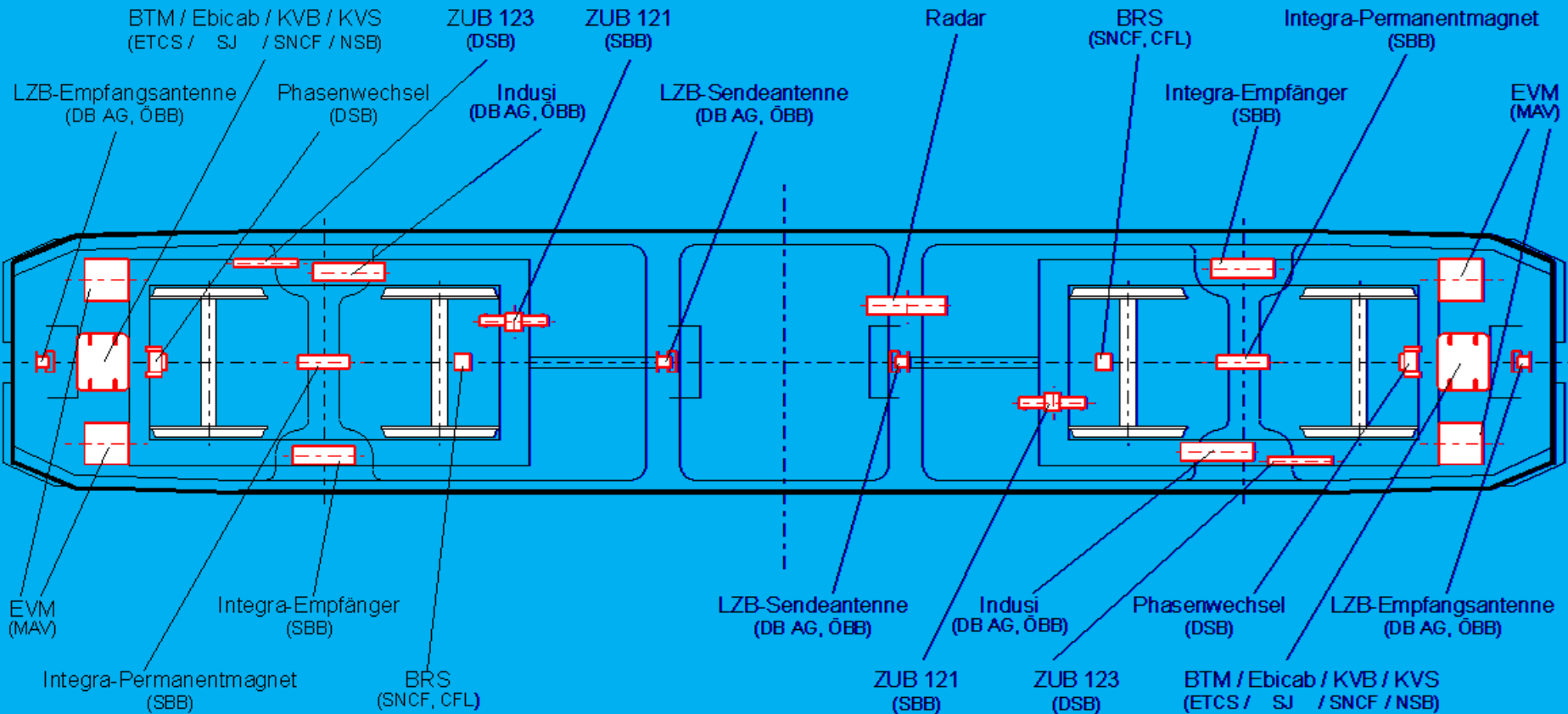
- Statikus sebességinformáció
- A pálya fékezéssel kapcsolatos jellemzői
  - lejtviszonyok stb.
  - tárolásuk a vonali irányító központban vagy a vonaton
- A vonat fékezéssel kapcsolatos jellemzői
  - tárolásuk a vonaton
- A vonat pillanatnyi helye
  - referenciapontok a helymeghatározáshoz
    - sínáramkörök határa (Digital ATC, TVM 430)
    - kábelhurok keresztezési pontjai (LZB 100 m-enként)
    - „fix” balízek abszolút helyinformációval (ETCS)
  - két referenciapont között a vonat számítja (odometria, Doppler radar)

# A dinamikus sebességprofil számítása

- Helyileg
  - a vonaton
  - a vonalon
  - vegyesen
- LZB a legrégebb ilyen rendszer (LZB 72)
  - Fő korlátozó tényező volt a fedélzeti számítógép teljesítménye, méretei, súlya
    - Fékgörbe számítása a vonali irányító központban
    - Átvitel a vonatra (kódszám azonosította a fékgörbe szegmenst)
    - Nagyobb adatátviteli igény
- Sínáramkörös vagy rádiós átvitel
  - Fő korlátozó tényező a vonatra átviendő adatok mennyisége
    - A dinamikus sebességinformációt a fedélzeti gép számítja
    - ETCS L2 esetében fontos szempont az egyértelmű interfész-definíció az átjárhatóság érdekében

# Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszer ETCS

# A vonatbefolyásoló rendszerek sokfélesége



# Egységes európai vonatbefolyásolás

## ERTMS/ETCS

- European Rail Traffic Management System
- European Train Control System
  - szabad pályahasználat
  - cél: interoperabilitás
  - eszköz: egységes interfész a pálya és a jármű között



# ETCS komponensek

- EURO-Balise - pontszerű jelfeladás
  - fix/vezérelt
  - kétirányú átvitel is lehetséges
- EURO-Loop - folyamatos jelfeladás
  - jelző előtt, max. néhány száz méter
- Lineside Electronic Unit – LEU
  - Illesztő a biztosítóberendezés és a vezérelhető balízek, ill. hurkok között
- EURO-Radio
  - biztonsági kapcsolat a vonali központtal (GSM-R)
- EURO-Cab - jármű berendezés
  - ETCS-Bus a modulok kapcsolatához
  - European Vital Computer

# Balíz elhelyezése



# A balíz működése

- Tápellátást a pályáról nem igényel
- Táplálása a felette elhaladó jármű antennájáról sugárzott jellel történik
- A „gerjesztés” hatására a balíz táviratok küldését kezdi meg
- A balíz által küldött jelet a jármű antennája érzékeli



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# Lineside Electronic Unit – LEU



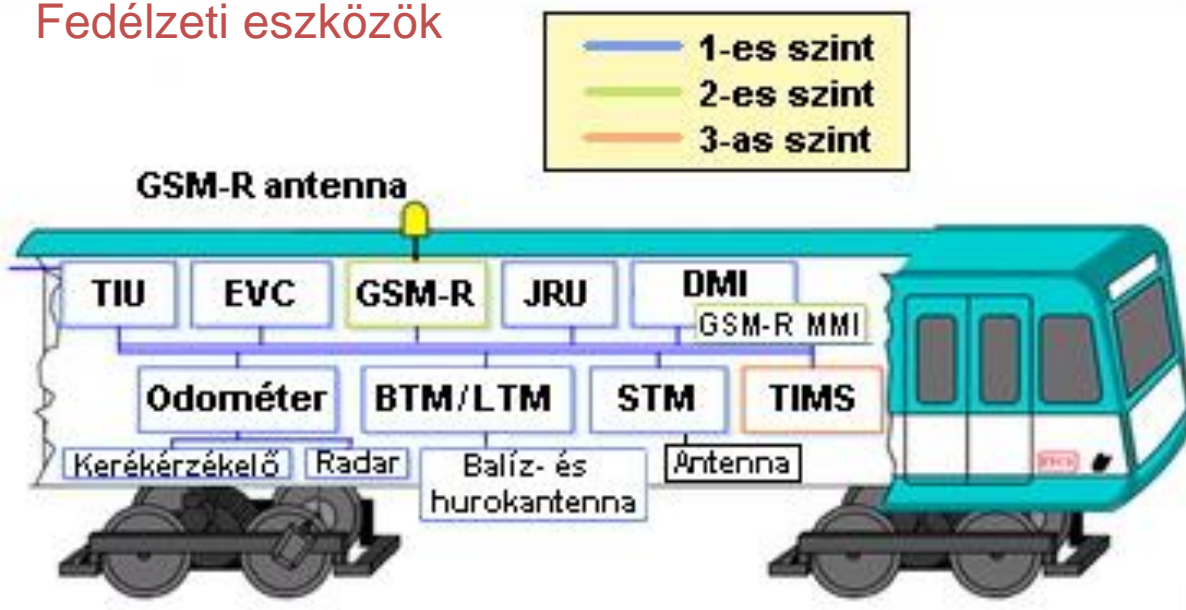


# RBC

- Feladata
  - illesztőfelület a biztosítóberendezés és a GSM-R között
  - létrehozza a pálya-jármű kapcsolatát
  - biztosítóberendezési információkból menetengedélyt képez
  - a GSM-R központ felé továbbítja a menetengedélyeket
  - kapcsolatot tart más RBC-vel
  - biztosítóberendezési szintű biztonság
- L2 és L3 szinten szükséges
- Jellemző telepítés
  - 20-100 km felügyelt vasútvonal
  - függ
    - az objektumszámtól és
    - az L2/L3 vonatbefolyásolással közlekedő járművek számától (20-40)

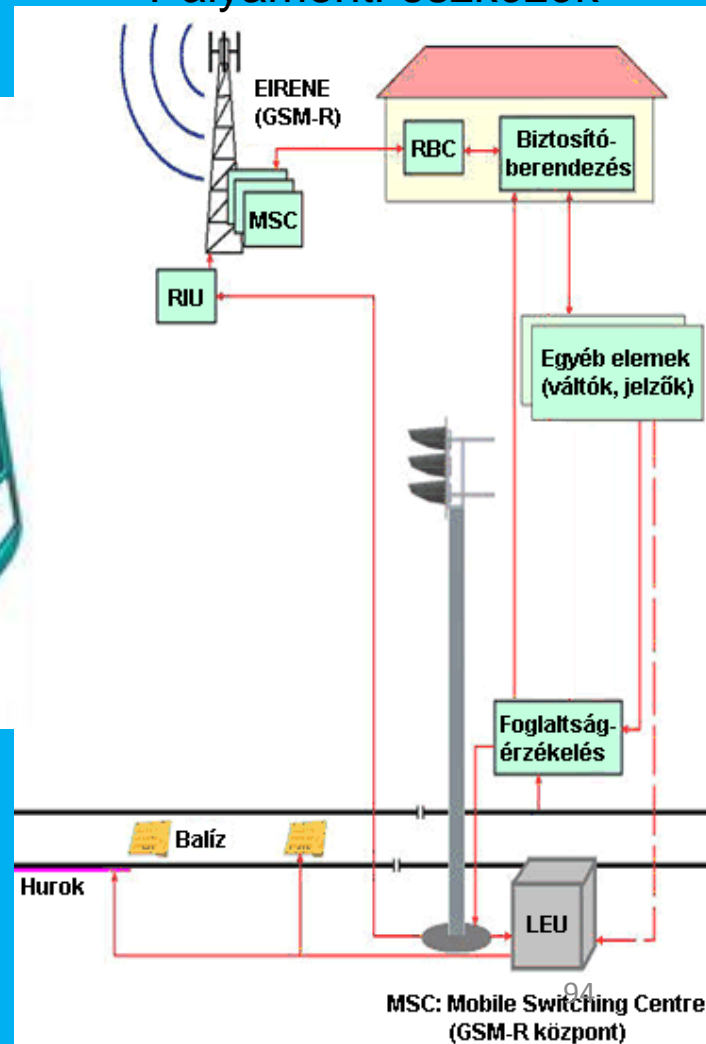
# A műszaki eszközök áttekintése

## Fedélzeti eszközök



(Képek forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

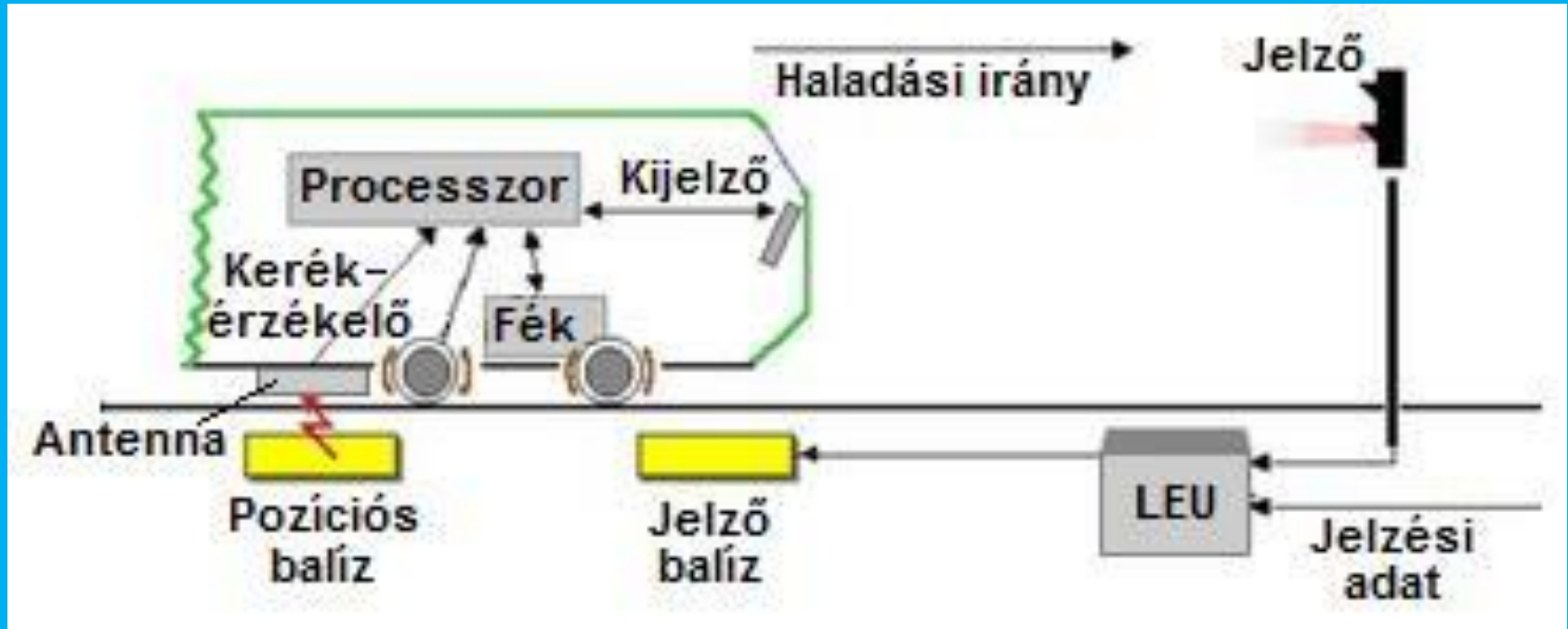
## Pályamenti eszközök



# AZ ETCS rendszer szintjei

- 0-s szint
  - hagyományos közlekedés
- STM szint
  - nem ETCS pálya, de a meglévő rendszer illesztve van az ETCS fedélzeti rendszerhez
- 1-es szint
  - pontszerű vonatbefolyásolás, folyamatos sebességfelügyelettel
  - 1-es szint kitöltéssel
- 2-es szint
  - GSM-R hálózaton alapuló kommunikáció
  - a helymeghatározás/vonatérzékelés a pályamenti rendszer feladata
- 3-as szint
  - GSM-R kommunikáció
  - folyamatos sebességfelügyelet
  - mozgó-blokk rendszer

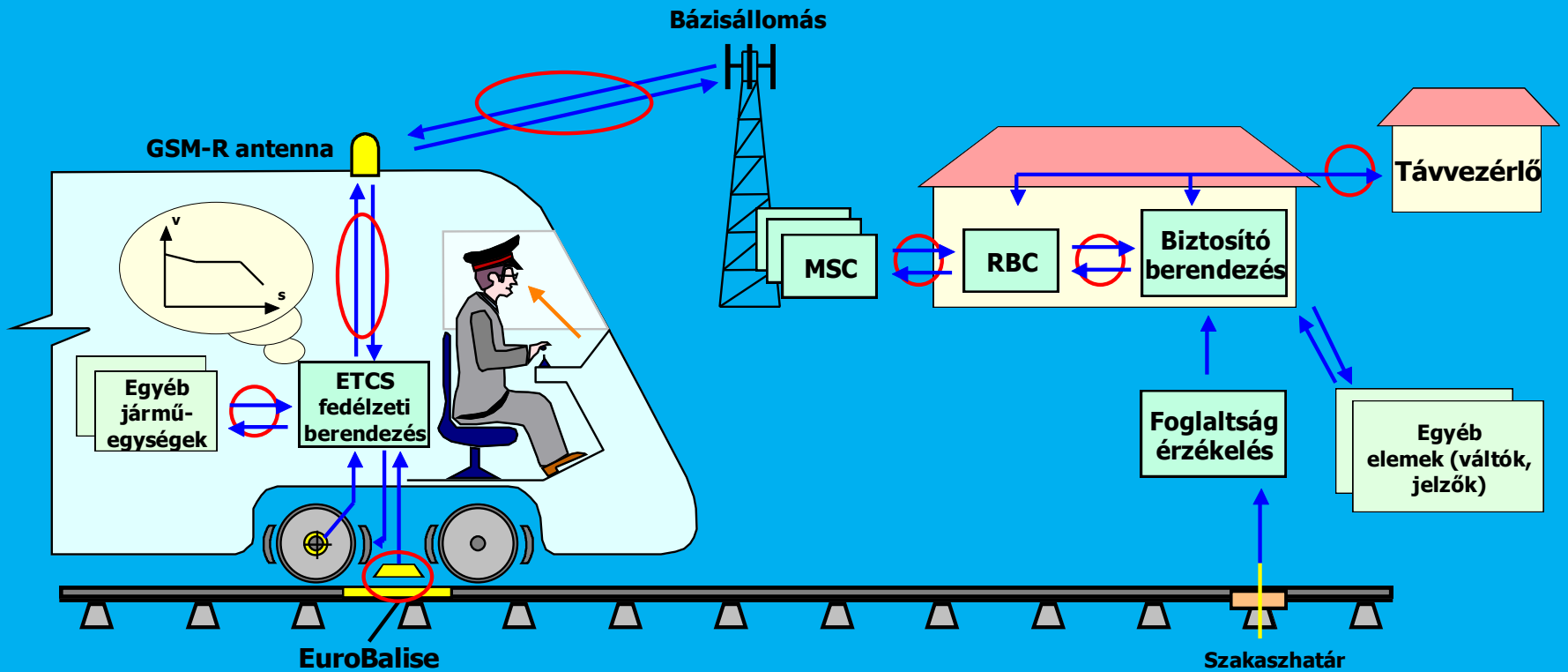
# ETCS 1. szint



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))



# ETCS 2. szint



Fontos ETCS adatátviteli utak

MSC: Mobile Switching Centre (GSM-R központ)

RBC: Radio Block Centre (ETCS Rádiós Blokk Központ)

# ETCS Level 1/2

- ETCS Level 1
  - helyadatok fix balizokról + odométer
  - a jelzőfüggő adatok átvitele vezérelhető balizokról és/vagy hurkokról, táviratokkal
  - megmarad a hagyományos foglaltságérzékelés és a pályamenti jelzőrendszer
- ETCS Level 2
  - helyadatok fix balizokról + odométer
  - dinamikus adatok rádiós átvitele (GSM-R)
  - hagyományos foglaltságérzékelés
  - közlekedés többnyire pályamenti jelzők nélkül

# ETCS Level 3

- közlekedés pályamenti jelzők nélkül, rádiós vonatirányítással
- helyadatok fix balizokról + odométer
- a vonatok jelzik helyüket a rádiós központnak (RBC)
- a szerelvény teljességének (integritásának) ellenőrzését a vonat maga végzi (tehervonatnál problematikus)
- nincs szükség a hagyományos foglaltság-ellenőrzésre
- a központ
  - begyűjti a tartózkodási helyeket
  - kiadja meghatározott pontig a menetengedélyeket

# ETCS 3. szint – mozgó blokk rendszer

- Előnyei:
  - alacsonyabb létesítési költségek a „pálya mentén”
  - nagy kapacitás



(Kép forrása: [www.etcs.hu](http://www.etcs.hu))

# EUROCAB; ETCS installáció

- EUROCAB
  - egységes felépítés
  - lehetővé teszi az átmenetet a különböző szinten kiépített szomszédos hálózatok között
- A szint választása erősen függ a meglévő rendszertől
  - pontszerű, folyamatos
  - illeszthető-e az ETCS-hez (pl. INDUSI nem)
  - STM modulok a meglévő rendszer „megértéséhez”

# A GSM-R rendszer

# GSM-R

- UIC 1993: GSM-R szabvány
- GSM alapú
  - korszerű, kiforrott technológia
  - kiterjedt szolgáltatások (GSM 2+ fázis)
  - speciális vasúti igények kielégítése
- 32 európai vasúttársaság csatlakozott
- Szolgáltatások
  - hagyományos: magasabb színvonalon
  - új szolgáltatások (utazók tájékoztatása stb.)
  - ETCS
  - egyéb vasúti és partner szolgáltatások

# GSM-R speciális követelmények

- Nagy sebességű mobil felhasználó (max. 500 km/h)
- Követelmények
  - gyors hívásfelépítés
  - a sikeres hívások aránya,
  - a hálózat rendelkezésre állása,
  - az adatátviteli késleltetés és a hibaarány
- Befolyásoló tényezők
  - a hívásátadások
    - gyakorisága,
    - sikerességi aránya (min. 99,5 %),
    - időtartama (max. 300 ms megszakadási idő),
  - a rádiófrekvenciás lefedés a pálya mentén
    - szektorsugárzók
    - körsugárzók



# Gyors hívásfelépítés

Hívás típusa	Hívás-felépítési idő
Vasúti vész hívás	<1s
Mobil készülékek közötti sürgős csoport hívások	<2s
Minden, a fenti osztályokba nem tartozó vasútüzemi hívás	<5s
Valamennyi alacsonyabb prioritású hívás	<10s

# Prioritások kezelése

A hívás típusa	Prioritás
Vasútüzemi vész hívás	0
Vasútbiztonsági vezérlőutasítás	1
Nyilvános vész hívás	2
Vasútüzemi hívás	3
Vasúti tájékoztatás és egyéb	4

# További szolgáltatások

- Körözvény- és csoporthívás
  - definiált terület és csoport
  - kommunikáció
    - egyirányú
    - kétirányú
- Funkcionális címzés
  - hívástípus
  - szolgálati hely, jármű azonosítója
  - szolgálati beosztás
- Helyfüggő címzés
  - diszpécser jellegű szolgálatok számára

# Rendszertechnika

- GSM alapú
  - 876...880MHz és 921...925MHz
  - Csatornaosztás 200kHz, 8 időrés
  - Átviteli sebesség 16 (14,4)kbit/s
- Sikeres hívásátadások
  - Megfelelő hálózat-topológia
  - A hívásátadási szakaszok megválasztása
  - A hívásátadás idejének csökkentése
- Bázisállomás, -vezérlő
  - gyűrű topológia



(Kép forrása:  
[www.etc.hu](http://www.etc.hu))