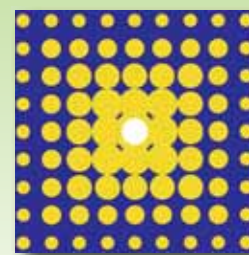


# VASÚTI / VEZETÉKVILÁG

2022/2



**40a SIMIS IS  
- üzemben**

**Thales LEU  
diagnosztika**

**A tram-train  
jelzőberendezése**



**CARGO**  
Közlekedési Kft.

TÖBB MINT 20 ÉVE

# ÉRTÉKET SZÁLLÍTUNK

PIACVEZETŐ KÖZLEKEDÉSI KIADÓKÉNT

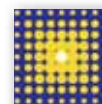


Szaklapjaink megrendelhetőek  
a [kozlekedesvilag.hu/elofizetes](http://kozlekedesvilag.hu/elofizetes)  
oldalon.

# Tartalom • Inhalt • Contents

<b>Jándi Péter</b> Csak két szóra...	<b>2</b>
<b>Görög Béla, Szita Szabolcs</b> Lessons learnt: a hódmezővásárhelyi tram-train városi vasúti jelzőberendezései <i>Lessons learnt: The urban railway signalling equipment in Hódmezővásárhely</i> <i>Lessons learnt: Signalanlagen der Urbanbahnstrecke Hódmezővásárhely</i>	<b>3</b>
<b>Dr. Ladányi József</b> Erősáramú szimuláció- és indukálhatás-vizsgálat – ami a vasút-villamosítás során elengedhetetlen <i>Prüfung der Leistungssimulation und Induktionswirkung</i> <i>Inquiry of simulation and induction effects</i>	<b>11</b>
<b>Csergő György, Halmos Attila, Lukács Ádám, Melles Kristóf</b> Teljessé vált a 40a vonal elektronikus biztosítóberendezése <i>ESTW-Projekte der Bahnlinie 40a sind fertig</i> <i>Electronic signalling projects on line 40a are ready</i>	<b>15</b>
<b>Török Imre</b> LEU Karbantartás és diagnosztika – Thales LEU távmenedzsment <i>LEU Maintenance and Diagnosis - Thales LEU remote management</i> <i>LEU Instandhaltung und Diagnosis - Thales LEU Fernmanagement</i>	<b>19</b>
<b>Dr. Aradi Szilárd, Lövétei István Ferenc</b> Valós idejű forgalmi konfliktus feloldása matematikai optimalizációval <i>Solving an rtRTMP (real-time traffic management problem)</i> <i>with mathematical optimization</i> <i>Lösung eines Echtzeitverkehrskonfliktes</i> <i>durch mathematische Optimierung</i>	<b>22</b>
<b>Dr. Tarnai Géza</b> Harmadszor is a jelfogóegységek vizsgálatáról – ha szabad...	<b>29</b>
BEMUTATKOZIK...	<b>30</b>
FOLYÓIRATUNK SZERZŐI	<b>32</b>

VASÚTI  
VEZETÉKVILÁG



Vasúttechnikai szaklap

VI. évfolyam, 2. szám

**Weboldal:**

[www.kozlekedesvilag.hu](http://www.kozlekedesvilag.hu)

**Címlapfotó:**

0431-001 villamos mozdony  
Balatonfüred állomáson,  
az új T8 tolatásjelző előtt

**Kiadja:**

CARGO Közlekedési Kft.

**Felelős kiadó:**

Machos Ferenc  
ügyvezető igazgató

**Szerkesztőbizottság:**

Csikós Péter  
Csoma András  
Galló János  
Gelányi Gyula  
Dr. Héray Tibor  
Dr. Hrivnák István  
Molnár Károly  
Németh Gábor  
Pálmai Ödön  
Pete Gábor  
Dr. Rácz Gábor  
Dr. Tarnai Géza

**Főszerkesztő:**

Kirilly Kálmán

**Felelős szerkesztő:**

Tóth Péter

**Német összefoglalók  
fordítása és lektorálása:**  
Ihász Jácint, Takács Károly

**Előfizetés:**

[kozlekedesvilag.hu/elfozizetes](http://kozlekedesvilag.hu/elfozizetes)

**Hirdetésfeladás:**

[zambo@kozlekedesvilag.hu](mailto:zambo@kozlekedesvilag.hu)

**Nyomdai előkészítés:**

Sprint Kiadó Kft.

**Nyomás:**

Vareg Hungary  
Felelős vezető:  
Egyed Márton  
ügyvezető igazgató  
HU ISSN 2559-8961

**103. megjelenés**

A lap korábbi számai digitális  
formában a [kozlekedesvilag.hu](http://kozlekedesvilag.hu)  
oldalon tekinthetők meg.



Jándi Péter műszaki igazgató, TRSS Kft.

## Csak két szóra...\*

A lehetetlen esemény valószínűsége nulla, ugyanakkor a nulla valószínűségű esemény korántsem lehetetlen esemény. A kockázatelemzés természetesen képes kezelni a nagyon kis valószínűségű eseményeket is, de tegyük a szívünkre a kezünket, a mindennapos gyakorlatban hajlamosak vagyunk figyelmen kívül hagyni őket. Lássunk most két hétköznapi példát a nagyon kis valószínűségek előfordulásáról.

*Nagy Róbert*

Pár héttel ezelőtt részt vettünk a sümegi Forgalmi Konferencián, ahol meglepően őszinte előadásokat hallgathattunk igen magas beosztású vasúti vezetőktől. Az előadásokat szórakoztató lovasbemutató követte, majd a Lovagteremben szervírozták az esti gálavacsorát, ahol sokat látott cigánybanda húzta a talpalávalót. Vacsora közben a zenekar kifejezetten szolidan játszott, de a vacsorát (és néhány pohár bort) követően előbb asztalonként zümmögő kórusok alakultak, majd néhányan neki-bátorodtak és kieresztették a hangjukat. A primás persze elkezdett „odamuzsikálni”, a gátlások hamar oldódtak, pilla natok alatt duhajjókedv alakult ki. A mi asztalunk is bekapcsolódott a nótázásba, a banda asztalról asztalra járt.

A második vagy harmadik körben aztán felelevenítettem az asztaltársaságnak Nagy Róbert alakját, aki híres szombathelyi főnök volt, később osztályvezető, majd a TEB Központ vezetője, még később a Vezérigazgatóság Informatikai Főosztályának vezetője. Én TEB Központ vezető korában találkoztam vele, végtelenül dinamikus, fáradhatatlan energiabombaként üzemelt, és szép súlyemelő karriert tudhatott maga mögött. Remekül hegedült, Róbert névnapokon a TEB Központban mindenkinek elhúzta a nótáját, hála Istennek nem képletes értelemben, hanem szó szerint. Szombathelyi főnök korában járta róla a történet, hogy a Dabrókai Betyár Csárdában mulattak, és amikor a hangulat a tetőfokára hágott, akkor kikapta a primás kezéből a hegedűt, és ő húzta tovább a bandának. Miközben mesélem a történetet (név nélkül, hiszen az asztalnál senki nem ismerte Nagy Robit), azt veszem észre, hogy a primás ugyan a szomszéd asztalhoz muzsikál, de hozzánk fülel. Ránézek kérdően, és akkor nem bírja tovább:

– Robi bácsi, aki súlyt emelt, és olyan szép, szőke felesége volt?

– Ő bizony! Maga talán ismerte?!

– De mennyire! Az én kezemből kapta ki a hegedűt!

*Moldova György*

Sok öreg vasutasnak van egy Moldova-sztorija, így hát nekem is volna egy. Vezérigazgatói kabinetfőnök koromban (úgy 2008 táján) rekkenő nyári délután az Andrassy úton inkább nyúlik, mint telik az idő. Egyszer csak csörög a mobiltelefonom, a számot ugyan kiírja, de nem ismerős. Felveszem, és a legkedvetlenebb, legcudarabb hangfekvésben szólok bele: Államvasutak, tessék. Avonaltúlsó végén, barátságoshangon mutatkozik be egy dél-magyarországi kisváros polgármestere, és pontos név és beosztás megnevezésével engem keres, mert azonnali segítséget szeretne kérni.

– Tudja, kabinetfőnök úr, Moldova szerkesztő úr nálunk írja az új könyvét, és sajnos elpotharagztuk az időt, a menetrend szerinti autóbusz már elment és így le fogja késni az IC-t, mert nálunk meg már nincs vezetőképes ember.

Hívom a közeli nagyváros (igazgatósági székhely) biztosítóberendezési főnökét:

– Készenlét merre jár?

– Itt fekszenek a műhelyben, nincs sehol hiba.

– No, akkor villámgyorsan menjenek a közeli kisváros polgármesteri hivatalába.

– Minek?

– Majd később elmondom.

Hívom a fő-üzemirányítót:

– Meg kellene fogni kicsit az esti IC-t, mert a bizberesek vágatva hozzák Moldovát, de nem biztos, hogy elérik a vonatot. Ja, és kapcsolja a Startos irányítót.

Startos irányítónak meghagytam, hogy értesítse a vezető jegyvizsgálót, várja a vonat végén Moldovát és helyezze el, utána hívjon fel. Elmondom a bizbereseknek a konkrét feladatot, mert ugye közben már odaértek, és a lelkükre kötöm, hogy ha átadták a szerkesztő urat a jegyvizsgálónak, hívjanak fel. Negyedóra múlva csörög a telefon, átadták Moldovát alkalaznak. Kérem, milyen állapotban volt?

– Hát, elég rosszul festett, de a vonat csak két percet kapott.

Kalauz hív öt perc múlva, elhelyezte egyedül egy fülkében, alszik. Milyen állapotban van?

– Hát, elég rosszul fest!

– ADéliben tegye be egy taxiba, és utána szóljon vissza.

Órák múlva telefon a kalauztól:

– Beértünk a Délibe, betettem a szerkesztő urat egy taxiba.

– Milyen állapotban volt?

– Egész szépen kialudta magát!

Aznap délután legalább 10 vasutas dolgozott azon, hogy rendben hazajusson. Talán egy kései hála az „Akit a mozdony füstje megcsapott...” riportkönyvéért.

Egy szó, mint száz, kedves kollégák! Ne hagyjuk figyelmen kívül a roppant kis valószínűségű eseményeket, mert bekövetkeznek!

\* A rovat cikkei teljes egészében a szerzők véleményét tükrözik, azt a szerkesztőség változatlan formában jelenti meg.

# Lessons learnt: a hódmezővásárhelyi tram-train városi vasúti jelzőberendezései

GÖRÖG BÉLA, SZITA SZABOLCS

A vasútvillamos járművek 31 km útvonalon közlekednek a hódmezővásárhelyi városi szakaszon, Hódmezővásárhelyi Népkert és Szeged-Rókus között a MÁV 135. számú vasútvonalán és a Szegedi Önkormányzat villamos vonalhálózatán.

A Szeged és Hódmezővásárhely közötti vasútvillamos, a tram-train ötlete már régen felmerült a két városban. Az első tanulmányokat a Szegedi Közlekedési Társaság rendelte meg 2007-ben, majd évekkel később Hódmezővásárhely is készítettett hasonló terveket. 2015-re a NIF Zrt. már engedélyezési terveket tervezetett.

Az első vasútvillamos-elképzelések még 25 kVAC és 600 VDC kétáramnemű járművekről szóltak, az 1992-ben létesített karlsruhei első tram-train alkalmazáshoz hasonlóan, de a 135-ös vonal villamosításának elmaradása miatt végül a svájci Stadlernél egy 8 db-os Citylink diesel-villamos hibrid flottát rendeltek, amely most már 12 járművel lesz teljes. Jelenleg 8 Citylink rója az utakat utasforgalmi próba keretében, tavaly november óta.

A tram-train egy teljesen új dolog Magyarországon, így természetesen új volt a MÁV szakembereinek is. Rengeteg bizonytalanság, kérdés, kétség övezte a fejlesztést a kezdetektől. Ráadásul az a döntés született, hogy a MÁV üzemeltetésébe kerül majd Hódmezővásárhelyen a városi vasúti szakasz is, amire a MÁV Zrt. nem rendelkezett sem gyakorlattal, sem vasútbiztonsági engedéllyel.

A Szeged-Hódmezővásárhelyi vasútvillamos vonal részeként a mintegy 3,5 km hosszú hódmezővásárhelyi városi vasúti vonal egyvágányú forgalomra van tervezve, két kétvágányú forgalmi kitérővel és egy kétvágányú villamos-végállomással.

Az egyvágányú szakaszokon az Országos Vasúti Szabályzat II. előírásának megfelelően ellenmenetkizáró jelzőberendezés létesült, a forgalmi kitérőkön az üzemszerű behaladás a menetirány szerinti jobbvágányra történik. A megvalósult területre olyan kitérőszerkezetek kerültek telepítésre, amelyek mechanikus csúcscsinnörgítés esetén műszakilag biztosítják az F1.F2. Utasításban megengedett 20, illetve 30 km/h-s áthaladási sebességet (VAMAV Ph100/100e típusú kitérők).

A MÁV Zrt. biztosítóberendezési szakembereinek a városi vasúti berendezésekkel még nem volt gyakorlatuk, ezért sok-sok új vagy a megszokottól eltérő funkciót,

részegységet, berendezést kellett megismerniük, megtanulniuk. A jelen cikk keretei természetesen nem engedik meg az összes ilyen újdonság vagy eltérés tárgyalását, ezért csak a számunkra fontosabbak vagy érdekesebbek közül szemezgettünk.

A jelzőberendezéseket és külsőtéri elemeit legnagyobb részt a Elektroline a.s. prágai cég gyártotta vagy szállította. Cikünknek az idő rövidsége miatt nem lehetett célja a vonalon telepített, az Elektroline által gyártott vagy szállított jelzőberendezési termékek műszaki részleteinek bemutatása sem, hiszen az ezekre vonatkozó információk jelentős részének bemutatásához az Elektroline írásos engedélyére lenne szükség, de az új termékek jelentős része egyébként is önálló cikket igényelhetne. A részletekre, képekre kíváncsi olvasóink az Elektroline [www.elektroline.cz](http://www.elektroline.cz) honlapján találhatnak további nyilvános információkat.

## Első lecke: a városi vasúti váltóállítóművek

A hódmezővásárhelyi városi vasúti szakaszon telepített öt kitérő közül négy Elektroline TSH106LC típusú elektrohidraulikus váltóállítóművel került felszerelésre, egy váltó (Kossuth tér 503) pedig Elektroline TSM070 helyszíni állítású visszacsapó váltóállító készülékkel került kialakításra.

**A közúti vasúti váltók általában a közúti burkolatba építve működnek, így általában vályús sínes (pl. Phoenix-sínes) kivételben készülnek, ugyanis a villamos kerékkarimájának akadálytalan mozgását a burkolt vágányban a vályús sínek kb. 45 mm-es nyomcsatornája biztosítja. A vályús sínes váltók viszont nagyjából csak a nyomcsatorna szélességében biztosíthatják az elálló csúcscsinnit (50-60 mm), ami a simuló csúcscsín nagyvasútnál megszokott csúcscsínzárainak alkalmazását nem teszi lehetővé. A burkolt vágányban a simuló csúcscsinn tősin mellett tartására a városi vasutak hagyományosan rugós állító szerkezeteket alkalmaznak. Ezt a rugós szerkezetet szokták a szakmai zsargonban rugócsomagnak is nevezni. A rugós szerkezet hatására a csúcscsinnnek az ún. tartóerővel kell a tősinhez simulnia. A rugós szerkezet tolerálja a váltócsúcscsínnek a gyök felől közeledő jármű kerekei általi elmozdítását (ezt hívja a közúti vasúti F.1.-F.12. utasítás a váltóhasításnak, ami megkülönböztetendő a váltó hagyományos váltófelvágástól), sőt, a rugós szerkezet a kerékpár elhaladása után a váltó csúcscsinnjeit visszaállítja a felhasítás előtti állásukba, ezért az Utasítás ezt a fajta váltót visszacsapó váltónak nevezi.**

A MÁV Zrt. természetesen nem rendelkezik ilyen váltókra, váltóállítóművekre vonatkozó előírásokkal, tapasztalatokkal, ezért a villamos állítású kitérők forgalom-biztonsági feltételeire a váltó szerkezet és a váltóállítómű gyártójának is nyilatkoznia kellett.

A közúti burkolatba épített kitérők állító készüléke, állítóműve földszekrényben védett helyen működik. A földszekrény önálló vízvezetéssel rendelkezik, a fedelei a várható közúti teher elviselésére vannak méretezve. A burkolat alatt működő váltóállítóműveknek „esőben-hóban” is működniük kell, ezért a váltóállítóművek állító és ellenőrző rudazata tömített módon kapcsolódik a hajtóműházhoz, a hajtóműház maga is tömített kivitelű. Az elektrohidraulikus állítóműházban a mechanikus részeket tartalmazó házrész tömítetlen elválasztásra kerül a villamos motort és a hidraulikus szivattyút tartalmazó házrészről is.

A hódmezővásárhelyi villamos állítóművek a vontatási 600 V egyenáramról működnek, az állításkor működtetett olajszivattyú által előállított nyomást 24 VDC tápfeszültségű háromállású útváltó szelep irányítja az állítás irányának megfelelően a munkahengerhez.

A villamos állítómű váltóállító szerkezete útján a váltó két csúcscsinnje fixen össze van kötve, így a váltóállítómű külső állító rudjainak beállítása határozza meg a váltó csúcscsinnnyitását, ezért a külső állító rudak beállítása a pályafenntartási és a biztosítóberendezési szakszolgálat közös felelőssége.

Aváltó átállítása a hidraulikus munkahengerrel vagy a kézi állító szerkezettel (váltóvassal) történhet. Az elektrohidraulikus váltóállítóműben is megtalálható a simuló

csúcscsinn a tősinhez szorító rugós szerkezet, ami a váltót a két végállás egyikében tartja. A rugócsomagok miatt a kikapcsolt váltónál is ügyelni kell arra, hogy a rugóerők miatt a váltócsúcscsinn, vagy az állítómű szerelése során védekezni kell az alkatrészek váratlan elmozdulása ellen.

A kézi állításhoz a földszekrény fedelének kivágásán keresztül a váltóállító zsebbe helyezték kb. 1 m-es váltóvassal a csúcscsínreket a rugóerő ellenében kb. félállásig átállítani, a holtpontra átbillenve a rugók a váltó csúcscsínjét már végállásba nyomják. A villamos váltóállítómű állítózsebében külön induktív érzékelő érzékeli a váltóvas behelyezését. A váltóvas behelyezésekor automatikusan bekapcsolódik a váltó elektromos reteszelése, hogy megakadályozza a váltó villamos átállítását.

hasítás után visszaáll a kézi állítással beállított állásba.

A villamos váltóállítómű nem hasítható, de korlátozott mértékben tolerálja a nem üzemszerű váltófelvágást. A váltó felvágásakor a két összekötött csúcscsín természetesen egy időben igyekszik oldani a mechanikus reteszelést, de az ehhez szükséges állítási úton a váltóállítómű felvágási ellenállását a csúcscsín rugalmas deformációjához szükséges erő is növeli. A felvágási erőszükséglet kézi eszközökkel

őrizni kell, hogy a 7 mm-es szabványos akadály behelyezésekor a váltó nem kerül végállásba.

A villamos váltóállítómű kb. 1 s alatt áll át egyik végállásból a másikba. A váltóhoz közelebbi, és azt vezérlő villamos előtt a váltó átállítását meg kell akadályozni, ezt a feladatot a váltóvezérlő berendezés a váltó villamos reteszelésével oldja meg. A villamos reteszelést a közeledő jármű vezérlő parancsa, vagy a járművezető kezelése váltja ki, és a váltón áthaladó villamos érzékelése oldja fel. A váltón (csökkentett sebességgel) villamos reteszelés nélkül is át szabad haladni, a váltó átállásának megakadályozásáról ilyenkor a foglaltságérzékelés gondoskodik. Ezt a feladatot a hőmezővászárhelyi vonalon a váltók elé és a váltókra telepített sínáramkörök végzik.



Váltóhajtómű

A váltó csúcscsínjeinek rögzítéséért az állítómű belső mechanikai reteszelése a felelős, ezt a váltóállító szerkezet reteszidomainak kivágásába beeső reteszlecek valósítják meg. A simuló, elálló csúcscsín végállása és mechanikus rögzítése 3-3 induktív közelítésérzékelővel ellenőrzött, ezek külön-külön kerülnek beolvasásra a vezérlőberendezésbe.

A kézi állítás rugós váltóállítóműben nincs sem mechanikus rögzítés, sem végállásérzékelés, a váltó hasítható, és

nem is mérhető, a gyári adatok szerint meghaladja a 15 kN-t.

Aváltó végállás-érzékelését az állítóműben úgy kell beszabályozni, hogy a simuló csúcscsín és a tőcsín közé az állítórúd vonalába helyezett 4 mm-es akadály esetén a csúcscsín helyzet-érzékelők nem jelezhetnek végállást, és a mechanikus reteszelés sem következhet be. A csúcscsín váltófelvágásakor törvényszerűen jelentkező rugalmas deformálódása miatt a simuló csúcscsín elején minden akadálypróba során ellen-

## Második lecke: járműérzékelés rezonáns sínáramkörökkel

A városi vasutak járműérzékelési funkciója alapvetően eltér a nagyvasúti foglaltságérzékelési funkciótól. A városi vasutak alapvetően látra közlekednek, így a vágányszakaszok foglaltságának, szabad állapotának folyamatos gépi ellenőrzése ritkán szükséges. Gyakran felmerül viszont annak szükségessége, hogy a jármű adott ponton történő áthaladása kerüljön érzékelésre. Ez a szemlélet nekünk kicsit szokatlan volt, de sokat segített, hogy a mechanikus biztosítóberendezések oldó sínáramköréhez tudtuk hasonlítani.

A városi vasúti sínáramkörök egyébként is nehéz körülmények között működnek. A burkolt vágányban a sínzálak közötti ellenállás (ballasztellenállás) nem befolyásolható, a sínzálak felületét bevonhatja a városi közlekedés pora-sára, a sínzálak rögzítését, a nyomtávtartását általában erős vasalkatrészekkel és vasbeton elemekkel oldják meg. Ezek ugyan úgy-ahogy szigetelhetők, de nyilván rontják a sínáramkör működési feltételeit, ezért nem csodálható, hogy a nagysebességű programvezérelt eszközök széleskörű elterjedéséig a sínáramkörök helyett a városi vasutakon a jármű áthaladásának érzékelésére áramszedő-érzékelést (pl. lazavezeték, induktív palettaérzékelő stb.) alkalmaztak. A járműérzékelés ráadásul a váltókon különösen problémás, hiszen pl. a váltóállító készülék vagy az állítómű földszekrényre szükség szerűen a két sínzál közé van hegesztve.

A hőmezővászárhelyi villamos vonalon az Elektroline cég BRC típusú rezonáns sínáramkörök kerültek telepítésre. A sínáramköröket megbízhatóan állandó ellenállású rövidzár-kötésekkel kell egymástól és a környezettől elválasztani, a rezonáns sínáramkör érzékelési területén viszont gondoskod-

ni kell a sinszálak megbízható elektromos elválasztásáról, a fémrészek megbízható összekötéséről és a sínáramkör 40 cm-es környezetében a fémmennességről. A sínáramkörök maximális hossza általában 20 m, de egy speciális elrendezés alkalmazásával ez 100 m-ig növelhető. Ez utóbbi került alkalmazásra a hódmezővásárhelyi villamos végállomás fogadóvágányain: az automata váltóállítás érdekében a fogadóvágányokat két-két kb. 40 m-es sínáramkör ellenőrzi.

A sínáramkörök egymásra hatásának elkerülése érdekében a rövid sínáramköröket egymástól legalább 1 m távolságra kell telepíteni. A rövid sínáramkör működését a BO23 tengelyszámláló fej is zavarhatja, ezért a tengelyszámláló szenzor és a sínáramköri rövidzár között is legalább 1 m távolságot tartunk.

A megfelelően kialakított sínáramkör sinszálainak induktivitása egy alkalmasan megválasztott kondenzátorral rezgőkört alkot, amelynek rezonanciafrekvenciája, feszültsége, áramerőssége és fázisszöge egyelektronikus eszközzel jól felügyelhető. A BRC sínáramkör előírása szerint az érzékelt villamos tengelyeknek söntellenállása legfeljebb  $1 \Omega$ , induktivitása legfeljebb  $2 \mu\text{H}$  lehet. Ávárosi vasúti jármű megjelenésekor a kerékpár söntimpedanciája a rezgőkört leterheli, a feszültsége lecsökken, így a sínáramkör a villamos jármű hagyományos érzékelésére is alkalmassá válik.

A vasútvillamos jármű a nagyvasúton is közlekedik, így az érvényes előírások szerint a kerékpárok maximális ellenállása  $0,01 \Omega$ . A Citylink vasútvillamos jármű keréktestje és abroncsa között a csendesebb közlekedés érdekében rugalmas gumibetét van, ezért a kerékpár előírt ellenállását a keréktest és a kerékabroncs közötti villamos átkötések biztosítják.

A sínáramkör felett megjelenő fémtestek elhangolják a sínáramköri rezgőkört, ami az áramkör feszültségének, frekvenciájának, fázisszögének megváltozásával jár, ami elektronikus eszközökkel szintén jól felügyelhető (ilyen elven működik pl. a Scheidt & Bachmann sorompókban használt vonatérzékelő hurok is). A sínáramkör felett megjelenő fémtestek azonban a városi vasúton leggyakrabban nem a villamosok, hanem a közúton közlekedő járművek a nehéz teherautóktól, buszoktól a babakocsikig, kerékpárokig, ezért a fémtestérzékelés önállóan nem vagy csak korlátozottan használható.

A rövidzárakkal határolt rövid rezonáns sínáramkörök a járműsönt érzékelését nyilván csak akkor biztosítják, ha a járműsönt impedanciája adott frekvencián érzékelhetően kisebb, mint a sönt mögötti vágányhurok impedanciája, ezért a ráfutási szakaszok hosszának méretezésében figyelembe vettük, hogy a begördülő tengely biztonságos söntérzékelése a rövid sínáramkörök első harmadán nem garantálható.

A rövidzárakkal határolt sínáramkörök tulajdonsága nyilván egy jármű két tengelye között is érvényesülhetne, ezért a jármű jelenlétének garantált érzékelése érdekében a keréksönt hatására foglalt állapotba került sínáramkör szabad állapotának eléréséhez nem csak a keréksöntnek kell elhagynia a sínáramkör söntérzékeny tartományát, hanem a jármű fémtömegének is el kell hagynia a sínáramkör területét (a fémtömeg-érzékelés a rövidzárak környezetében is hatásos lehet).

Természetesen a környezeti hőmérséklet és az időjárási hatások (pl. nedvesség/kiszáradás) is hatással van a sínáramköri rezgőkör paramétereire, ezért a sínáramköri vevő „szabad állapotban” az időjárás okozta lassú változásokat önműködően korrigálja. A lassú változások önműködő korrekciója miatt viszont ügyelni kell arra, hogy a sínáramkörre hosszabb ideig „rálógó”, de azt foglalttá nem tevő jármű miatt az automata korrekció a sínáramkört elállíthatja. A forgalmi technológiából adódóan ez a veszély csak a hódmezővásárhelyi végállomás hosszú sínáramkörein fordulhat elő, ezért a járművezetőknek kell ügyelniük arra, hogy a fogadóvágányokon az „Á” táblákat figyelembe véve szabályosan álljanak le.

A rövid sínáramkörök elhelyezésében, hosszának méretezésében figyelembe kellett venni járműérzékelési funkcionális igényt, és a járművek várható tengelytávolságát. A járműérzékeléshez kapcsolódó funkcionális igényekből két követelmény került levezetésre: a villamos állítású váltó csúcса előtt olyan távolságon kell a közlekedő járművet érzékelni, hogy a járműérzékelés kezdetétől a villamosan nem reteszelt váltó még be tudja fejezni az átállítást, mielőtt a felé közeledő jármű a csúcssín elejét elérné (ez a MÁV-nál is jól ismert ráfutási távolság), valamint a ráfutási szakaszon és a váltó saját (aláváltás-kizáró) sínáramkörén való áthaladáskor ne keletkezzen járműérzékelési szünet (azaz egy jármű áthaladása a sínáramkörön biztonságosan egyetlen szabad-foglalt-szabad állapot-szekvenciaként kerüljön érzékelésre). A váltószerkezeten tartózkodó jármű alatt a váltó átállításának tiltása biztonsági feltétel (aláváltást kizáró szakasz).

A villamos állítású váltó névleges állítási ideje 1 s, így kis biztonsági tartalékkal és a nem reteszelt váltó felé közeledő jármű sebességére legfeljebb 15 km/h sebességet feltételezve a ráfutási szakaszon a jármű biztonságos érzékelését a váltó csúcssínjének elejétől 6,5 m-re már biztosítani szükséges.

A Stadler Citylink vasútvillamos jármű belső tengelytávolsága figyelembevételével egy-egy áthaladást érzékelő rezonáns sínáramkör hosszát legalább 10 m-re kell választani. A váltók ráfutási szakaszainak és aláváltást kizáró szakaszainak hossza a hódmezővásárhelyi vonalon egységesen

12 m. Ez biztosítja, hogy a váltót csúcс felől közelítő jármű érzékelésekor az átállást már megkezdő váltó a csúcssín elérése előtt végállásba kerülhet. A váltóállító mű szerkezetileg felvágható, így a váltó gyöke felől közeledő jármű érzékelése (ráfutási távolsága) nem biztonságreleváns, de üzemi szempontból lényeges szükséglet, amit a váltó alváltást kizáró sínáramköri szakaszának 12 m-es hossza általában teljesít.

A váltószárakon elhelyezett sínáramkörök hosszára nincs biztonságreleváns feltétel, a rezonáns sínáramkörök ugyanis nem igazán alkalmasak a váltó profilvédelem-ellenőrzésére, így ezeket a főjelzők megközelítésének érzékelésére használják, és egységesen 10 m hosszúságúra alakították ki.

### Harmadik lecke: a főjelző és a váltójelző

Hódmezővásárhelyen a villamos állítású váltók állásának jelzésére és az egyvágányú szakaszok fedezésére a jelzési utasításoknak megfelelő jelzési képeket mutató LED-es jelzőoptikákat használnak.



Váltójelző

A közúti vasutak részére 2016-ban jóváhagyott F.1.-F.2. Jelzési és Forgalmi Utasítás a hagyományos háromoptikás váltójelző mellett bevezette az egyoptikás váltójelzőt. A háromoptikás váltójelző külön lámpahelyen jelzi a váltó egyenes, és kitérő állását, valamint elektromosan reteszelt állapotát. Ezt a jelzőt úgy kell elhelyezni, hogy a váltójelző jelzése és a váltó terelési iránya megegyezzen. A Szegedi Közlekedési



Társaság villamos vonalain egyoptikás LED-es váltójelző van alkalmazva, ezért a hódmezővásárhelyi városi vasúti vonalon is ilyen váltójelzők kerültek telepítésre. Az egyoptikás váltójelző is jelezheti a váltó egyenes vagy kitérő végállását és – villogó fényvel – a váltó elektromosan reteszelt állapotát. Az egyoptikás váltójelző a váltó egyenes állásának kijelzése esetén a jobbra/balra terelési irány kijelzésére nyilván nem alkalmas.

Hódmezővásárhelyen az egyvágányú közúti vasúti pályán a villamosok a forgalmi kitérőkben kerülnek ki egymást, ezért fontos tudni, hogy a közúti vasúti F.1.-F.2. utasításnak megfelelően a forgalmi kitérőbe minden villamosnak a jobb vágányra kell behaladnia. A forgalmi kitérők váltóinak jobbra, vagy balra terelő egyenes állása az egyoptikás váltójelző esetén nem jelezhető, az csak a mozdonyvezető helyismeretéből lenne levezethető. A 20-30 km/h sebességgel közelített váltó csúcspontjának állása fékküztávolságból nem figyelhető meg kellő biztonsággal. Ennek megfelelően a továbbközeledés tényleges irányának téves megítélése miatt bekövetkező esetleges kockázatok korlátozása érdekében a hódmezővásárhelyi váltójelzők a váltó tényleges terelési irányát egyértelműen, a kitérő állás jelzésével jelzik. Persze mindennek ára van: az egyenes állás kijelzésének elhagyása miatt nyilván idővesztés keletkezik, azonban ez viszonylatonként nem haladja meg az 5-6 másodpercet, így a kompromisszumot elfogadhatónak ítéltük.

A nagyvasúton szokatlan, de a városi vasúton érthető törekvés, hogy a villamos-

vezető részére is szükséges lehet olyan jelzéseket adni, ami a forgalomszabályozásra igazából nincs hatással. Az ellenmenetkizáró berendezések esetében az adott villamos részére a főjelző engedi meg, vagy tiltja a behaladást az egyvágányú szakaszra. A 2016-ban jóváhagyott F.1.-F.2. a főjelző árbocán elhelyezett lefelé mutató sárga nyíl bekapcsolásával, villogtatásával már lehetőséget ad annak kijelzésére, hogy az egyvágányú szakaszon szemből elindulni készül, vagy már el is indult a villamos. Ez az információ nem módosítja a főjelző által kiadott utasítást (megállj!), de megnyugtatja a keresztire váró villamosvezetőt, hogy a szemből érkező villamos már „jön”. A próbaüzemben azóta többször felmerült, hogy a járművezetők igényelnék a járműfedélzetről VETRA útján kiadott indulási igény („ready to start”, azaz „indulásra kész” kezelés) hatásosságának visszajelzését is. Ez különösen a nagyvasútra történő behaladást megelőzően, a rókusi, vagy a népkerti villamos megállóból induló villamosoknak lehet hasznos, hiszen a járművezető nem tudhatja, hogy most a vonatforgalom miatt várakozik a szabad jelzőre (és legyen türellemmel), vagy az „indulásra kész” kezelés bármely okból hatástalan volt (ezért jobb lenne telefonálnia a KÖFI-irányítónak...). Sajnos erre jelenleg nincs előirányzott jelzési lehetőség, de talán később ez is finomodik.

Az ellenmenetkizáró berendezés főjelzői és ellenmenet-jelzői a MÁV-nál már széles körben használt Percept gyártmányú LSzR 150 xj típusú LED-es optikákkal kerültek felszerelésre. A jelzőberendezés műszaki igényeinek megfelelően a LED-optikák áramfelvétele a nagyvasútihoz képest kismértékben módosításra került (az üzemi áram legfeljebb 300 mA lehet).

A jelzőberendezés a bekapcsolt fények működését az üzemi áram ellenőrzésével felügyeli, az optika hibáját kijelzi. A jelzőberendezés környezeti fényviszonyoknak megfelelően – egy alkonykapcsolóval – a jelzések üzemi áramát sötétben lecsökkenti, így talán elkerülhetők a vasúti jelzők esetleges vakító fényével kapcsolatos lakossági panaszok. Érdekes, hogy a fényáramkörök zárlata a városi vasúti jelzőberendezésekben nem volt annyira kulcskérdés, mint a nagyvasúton, és a kimeneti illesztő kapcsolás valamelyik alkatrésze tönkremegy. A kialakult helyzetet talán magyarázza az, hogy egyrészt a jelzőfény zárlatának általában nincs olyan biztonsági kockázata, mint a nagyvasúton, másrészt a jelzők és a vezérlőberendezés kábelezési távolsága 20-50 m, és a kábelek burkolat alatt, alépítményben futnak, így sokkal ritkábban fordul elő kábelérlárlat. A hódmezővásárhelyi jelzőberendezésben az üzemeltető igényének megfelelően megoldották, hogy a zárlatos fényáramkör miatt a fény lekapcsolása az

alkatrészek túlterhelődése előtt lekapcsolódjon.

## Negyedik lecke: a VETRA pálya-jármű kommunikáció

A villamos állítású váltók vezérlésére a vasútvillamos jármű és a hódmezővásárhelyi villamos pálya közötti kommunikáció céljára az VETRA típusú kis hatótávolságú rádiós adóvevő szolgál. A VETRA adóvevők (transceiverek) az Európai Bizottság kis hatótávolságú eszközök által használt rádióspektrum harmonizációjáról szóló határozata szerinti általános célú eszközök részére fenntartott 2,4 GHz frekvenciasávban működik, és frekvenciahasználati engedély nélkül alkalmazható. Az Elektrolina a VETRA transceivereket járműre szerelhető és vasúti pályába építhető kivitelben is gyártja, a jármű és a pálya közötti kétirányú kommunikáció a járműfedélzeti VETRA transceiver, mint master eszköz kezdeményezésére valósul meg. A VETRA transceiverek közötti kapcsolat hatótávolsága kb 2 m. A VETRA transceiverek kommunikációjának tartalmát a járműfedélzeten és a pálya mellett létesített vezérlőberendezések határozzák meg. A transceiverek 12 Byte-os hasznos tartalmú üzeneteket váltanak, a pályamenti VETRA transceiver üzenetének tartalma a kommunikációt kezdeményező járműoldali VETRA-üzenet tartalmától független.

A szegedi villamosoknál a váltók vezérlésére a VETRA elődje, a Tramwys készülék szolgál. A Tramwys rendszer jármű->pálya irányú kommunikáció és csak négy-öt információt tud továbbítani. A VETRA rendszer választásának nagy előnye, hogy a jármű VETRA vezérlője alkalmas a Tramwys antenna vezérlésére is. A Tramwys antenna a jármű alatt, a jobb sínzál közelében került elhelyezésre.

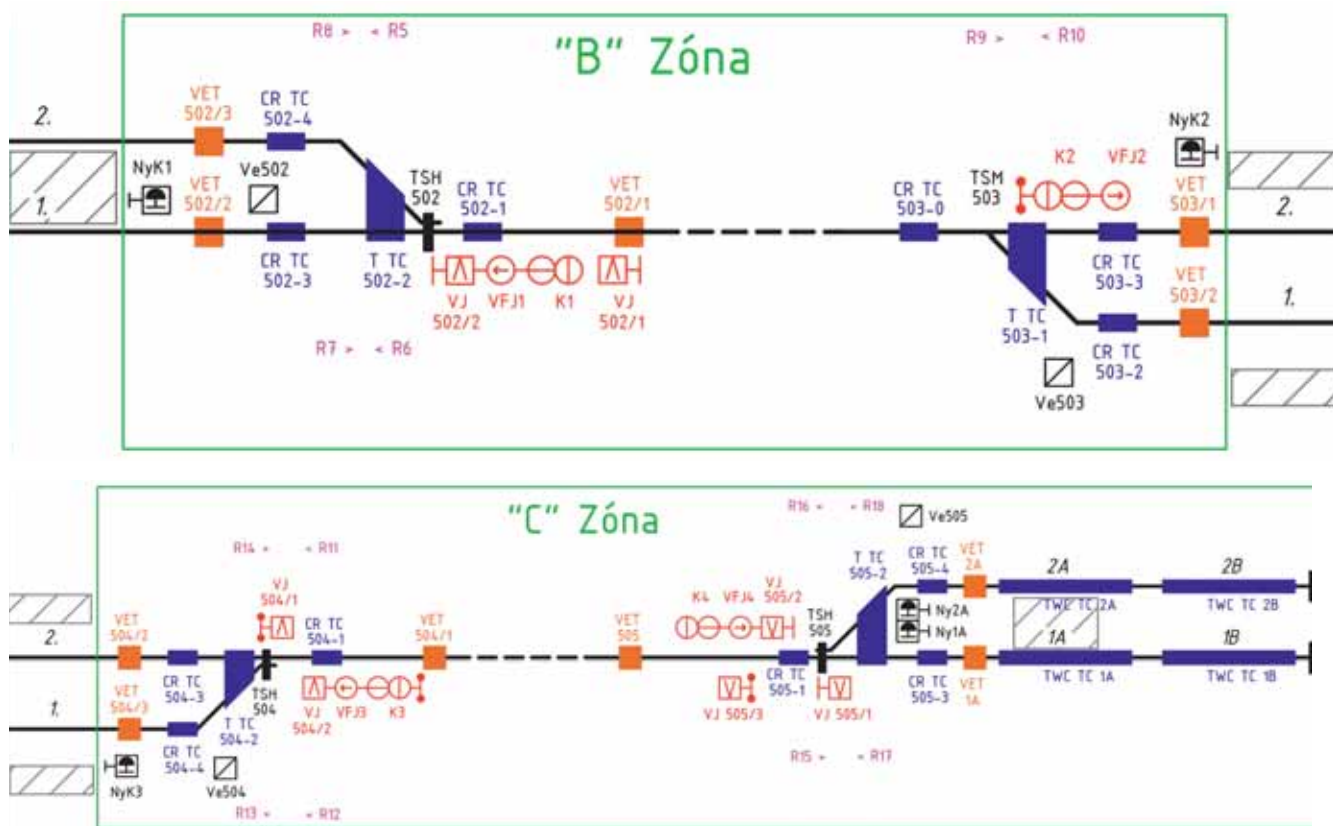
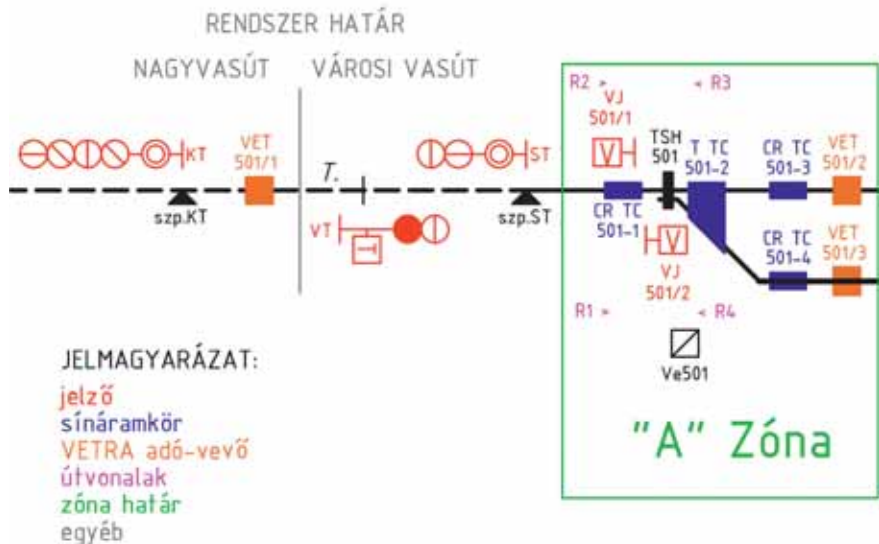
A VETRA kommunikáció tehát a villamos vágány tengelyébe épített adóvevő és a jármű aljára épített adóvevő között rádiókapcsolaton valósul meg. Ha a pályaföldali adóvevő 2 méteres körzetében a jármű-adóvevő áll, vagy elhalad felette, a két eszköz összekapcsolódik és adatokat cserélnek. A járműfedélzeti egység leadja a jármű adatait, a vonat számát és járatirányát, valamint a járművezetői „váltóállító” joystick állását, a pályamenti adóvevő pedig válaszképpen elküldi a saját azonosítóját, ezzel jelezve a villamosnak, hogy hol jár. A váltóállító joystick használatos Szegeden a váltóállításhoz, Hódmezővásárhelyen azonban csak az indulásra kész jelzés kiadására szolgál, a váltók ugyanis automatikusan vezérlődnek, így ott a joystick többi állása nem hatásos.

A VETRA kommunikáció tartalma és értelmezése egyeztetésre került a Citylink vasút-villamos jármű gyártójával is.



A vasútvillamos jármű járműfedélzeti VETRA berendezésének funkciói a pályamenti VETRA pontok azonosítói alapján lépnek működésbe, azaz a pályamenti VETRA egységek a vasútvillamos jármű részére lényegében csak helyinformációt adnak a jármű fedélzeti berendezés részére. A fedélzeti VETRA berendezések ennek megfelelően kizárólag az adott vasút-villamos vonalon érvényes azonosítók, és kizárólag az ezekhez az egyedi azonosítókhoz kapcsolódó járműfedélzeti berendezésben tervezett funkciók értelmezhetők.

A városi vasút felé behaladást engedélyező nagyvasúti bejárati jelzők és előjelzők szabad állásában a hozzájuk rendelt pályamenti VETRA jeladók engedélyező jelet adhatnak a V5 (lassulásfelügyelet) és a V6 (vevőtekercs lekapcsolás) fedél-



zeti funkciók végrehajtásához. Ez utóbbi VETRA pontot a bejárati jelző előtt olyan távolságra kell elhelyezni, hogy a bejárati jelzőt megengedett sebességgel meghaladó vasútvillamos jármű vevőtekercse a bejárati jelző mögötti szakaszon már az 1-es ütemet ne érzékelhesse.

### Ötödik lecke: az elektronikus jelzőberendezések

A városi vasúti váltók, jelzők és a váltófűtés működtetése és felügyelete a váltóvezérlő szekrényekből történik, ezek a váltók közelében kerültek elhelyezésre és a szek-

rények neve is a hozzá tartozó váltó jelére utal (pl. Ve501). A vezérlőszekrényekben biztonsági PLC vezéri és ellenőrzi a jelzőberendezéshez tartozó összes objektumot, sőt, az ellenmenetkizárás érdekében az egyvágányú szakaszok két végén telepített váltóvezérlő szekrény műszakilag és logikailag egy berendezésként működik. Az öt vezérlőszekrény ennek megfelelően három elkülöníthető részre osztja a városi vasúti szakaszt.

Az „A” zóna a Hódmezővásárhelyi Népkert Vasútállomás „T” jelű vágányához csatlakozik, a PLC az 501-es váltó vezérlését végzi el és kezeli a hozzá tartozó váltójelzőket. A zónához főjelző nem tartozik

(az ST jelző a Hódmezővásárhelyi Népkert Dominó-55 biztosítóberendezés része, a D55 vágányútbeállítással gondoskodik a T vágányon a szembemenetkizárásról).

A „B” zóna az 502-es váltó, valamint az 502 és 503-as váltók közötti egyvágányú szakasz vezérlését végzi. A zónában a váltó vezérlésével kapcsolatos feladatokon túl az egyvágányú szakasz ellenmenet kizáró funkciója is megvalósul. Az 503-as váltóhoz váltójelző és váltóhajtómű nem került kiépítésre, a mellette elhelyezett vezérlőszekrény csak a váltófűtésről és az ellenmenetkizárásról gondoskodik.

A „C” zóna az 504-es és 505-ös váltók, valamint a közöttük lévő egyvágányú

szakasz vezérlését végzi. A zónában a váltók vezérlésével kapcsolatos feladatokon túl az egyvágányú szakasz ellenmenet kizáró funkciói is megvalósulnak. A „C” zóna további feladata a végállomási automatika működtetése is. A végállomási automatikának a szabad vágányra kell az útvonalat beállítania. Avégállomáson kialakított átállásfunkcióval az egyik vágányról a másikra lehet átállni, amennyiben a berendezés Kossuth tér felé irányt tud lefoglalni vagy az már le van foglalva. A végállomási vágányok foglaltságát négy sínáramkör ellenőrzi.

A vezérlőszekrények legfontosabb feladata a villamos állítású váltók, a váltójelzők és a főjelzők megfelelő vezérlése. Az 501, 502, 504 és 505 váltók vezérlése villamos állítással valósul meg, az 503-as rugós kialakítású vezérlés nélküli váltó. A váltójelzők a villamos állítású váltók mindkét irányra felől elhelyezésre kerültek. A jelzőberendezéshez tartozó főjelzők (K1, K2, K3, K4) az egyvágányú szakaszokat fedezik a „B” és „C” zónáknál. A főjelzők ellenmenet jelzővel is kiegészítésre kerültek.

Ajelzők, váltók, és az ellenmenetkizárás vezérléséhez logikai útvonalak („route”-ok) beállítására és rögzítésére van szükség, amelyeket a VETRA-pontokon érzékelt villamos, vagy a peron-nyomógomb kezelése kezdeményezhet. A jelzőberendezésben az „útvonal” beállítása, lezáródása az „útvonalban érintett” váltó állásától, elektromos reteszelésétől független, ezért jelentősen különbözik a „vágányút” nagyvasúton szokásos értelmezésétől (a vonalirányító részére ezért csak egy kis zöld nyílfejjel jelezzük, hogy „be van állítva”).

AVETRA kérésére az útvonal csak akkor kerül beállításra, ha a jármű iránya megfelelő, továbbá az egyvágányú szakaszok irányába történő közlekedés esetén az indulásra kész jelzés kezelése is megtörtént. Az indulásra kész jelzést a jármű vezetője adja a jármű vezetőállásán vagy annak meghibásodása esetén a peronon elhelyezett zárt kialakítású útvonalkérő nyomógomb segítségével. Az útvonalak a forgalmi kitérőknél a jobbra tartás elve szerint kerültek kialakításra.

A jármű leközeledése után az útvonal önműködően feloldásra kerül. Amennyiben a kért útvonal még részben sem kerülne fel-

használásra, akkor a jármű vezetője a peronon elhelyezett nyomógomb segítségével törölheti a beállított útvonalat. A törlés 15 s időzítés letelte után valósul meg. A részben felhasznált útvonalat az adott irányban teljesen fel kell használni (a járművel a váltón teljesen át kell haladni).

Egy zónán belül a bármely okból meg nem engedhető útvonalak beállítása kizárásra kerül. Az egyvágányú szakaszokon az ellenirányú közlekedés kizárásra kerül, viszont a vonatutolérés kizárása a városi vasút látra közlekedése miatt nem szükséges, így az egyvágányú szakaszokra azonos irányba egymás után több jármű is indítható szabad jelzéssel. Az egyvágányú szakaszokba történő behaladás az adott irány (és az egyvágányú szakasz) elfoglalását jelenti.

Az útvonal csak akkor kerül beállításra, ha az érintett útvonal elemei nincsenek igénybe véve. Az útvonalak és az irányok egymástól elválasztva működnek, de egymásra hatásuk van. Az útvonalak kizárólag a váltók területén vannak, az útvonal a váltó elejének, közepének és valamelyik szárának területét fedi le. Az irány a B és C zónában az egyvágányú szakaszt két oldalról határoló váltók ráfutási és aláváltást kizáró sínáramkörre által körül határolt területen az egyik irányba történő közlekedés lehetőségét jelenti, és a két ellentétes iránynak megfelelően az egyvágányú szakaszon két irány lefoglalása lehetséges.

Az útvonalak a váltóra telepített sínáramkörök helyes sorrendű foglaltsági szekvenciája hatására oldódnak fel, és az irány az útvonal és a váltó első két sínáramkörének foglaltsági szekvenciája szerint számol be vagy ki az egyvágányú szakaszba vagy szakaszból. Az útvonal és az irány így átlapolásra kerül, a jelzőberendezés az átlapolás alapján tudja felismerni, hogy az egyvágányú szakaszban egy fenntartott (még el nem indult) vagy már elfoglalt irány van.

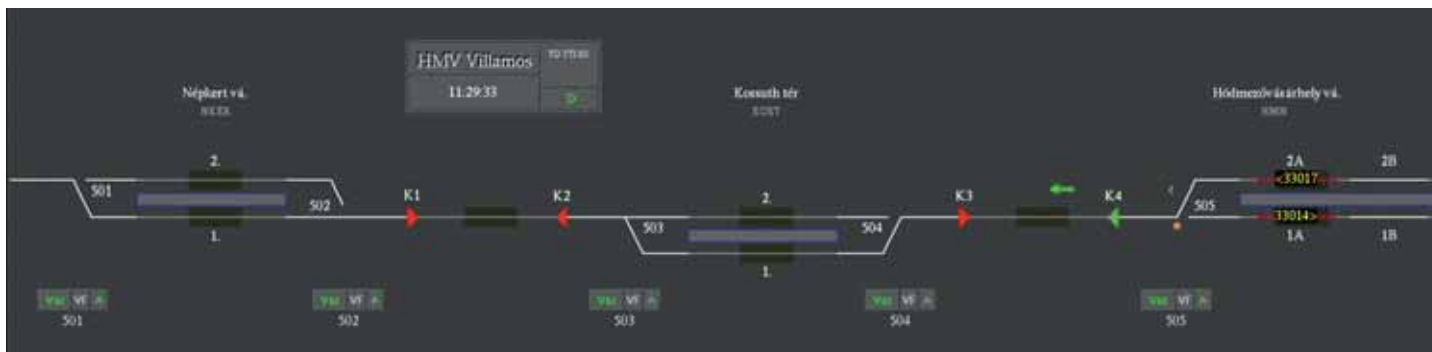
A városi vasúti szakaszon üzemszerűen előforduló egyéb eseményekhez, mint pl. a váltó karbantartás bekapcsolása, kézi állítóvas behelyezése vagy a vezérlő szekrényajtó nyitáshoz is tartozik visszajelentés és naplózás is. A váltó karbantartás egy kulccsal bekapcsolható funkció, ami a váltók tisztításának idejére kikapcsolja a vál-

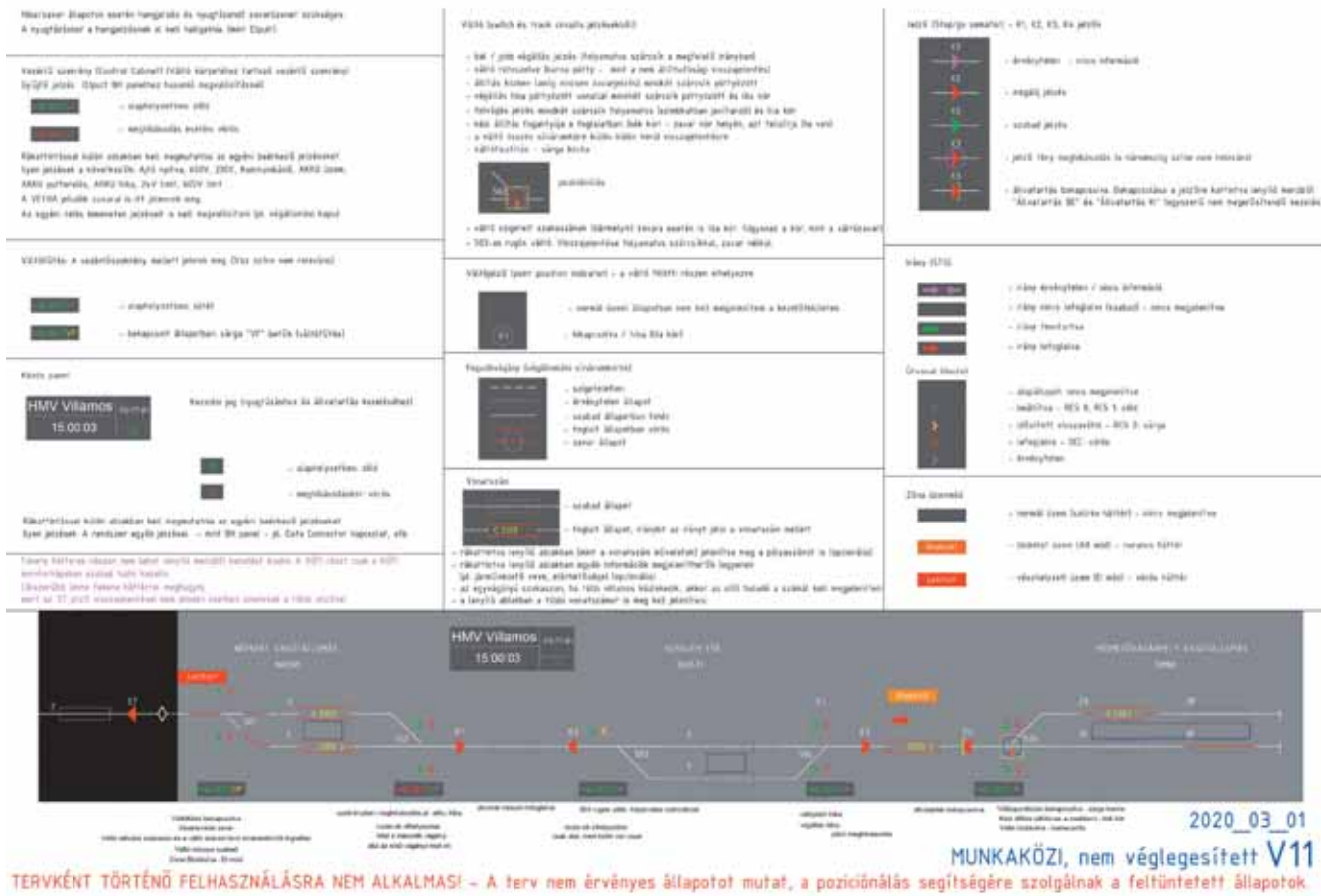
tó villamos állítását. Emiatt az automatikus váltóállítás nem tud megtörténni és a jármű vezetőjének kézi állításra lehet szüksége. Ezen visszajelentések által elkerülhető a felesleges hiba bejelentés is. A vezérlő szekrényajtó nyitása zavarként kerül visszajelentésre, mert a szekrényajtó nyitás jelzése jelentheti az illetéktelen hozzáférést is.

A hibák pontosabb behatárolásához a vezérlőszekrényben elhelyezett helyi és a diszpécsernél telepített távélérésű diagnosztikai felület támogatást nyújt. A vezérlőszekrényben lévő diagnosztikai felületről lehet elvégezni pl. a helyszíni beállításokat, az elhárított hibák esetén a hibák törlését, a fényáramkörök kalibrálását, váltóvizsgálat esetén a váltó állítását. A diagnosztikai felületekről hibaelhárítási célra a villamosforgalmat befolyásoló kezelések is kiadhatók, ezért az ilyen kezelések előtt a vonalirányító engedélyt meg kell szerezni.

A vezérlőszekrényekből történik a váltófűtés vezérlése is, amely automatikusan a hőmérséklet szerint kerül bekapcsolásra, de van lehetőség kézi kapcsolásra és „vész-eseti” fűtésre is.

A jelzőberendezés önműködően vezérli a villamos állítású váltókat és a jelzők jelzéseivel irányítja a forgalmat. A járművek érzékeléséhez BRC sínáramkörök, azonosításukra VETRA adó-vevők kerültek telepítésre. A váltókhoz tartozó négy sínáramkör közül kettő, a váltó elején és a váltón kialakított sínáramkörök az aláváltást kizárást és szolgálják, és egyúttal a váltón áthaladó járművek érzékelését végzik a váltó elektromos reteszelésének feloldásához, és az egyvágányú szakaszokba behaladó és az azokból kihaladó járművek számlálásához kerültek felhasználásra. Az ellenmenetkizáró berendezés logikájában e sínáramkörök hibás működési sorrendje biztonsági hibát okozhatna, ezért az ellenmenetkizáró berendezés a be- és kihaladó szerelvények haladási irányát a beállított útvonalakkal is egyezteteti. Az útvonal nélkül bekövetkező foglaltságot emiatt a jelzőberendezés „jelzőmegaladásnak” minősíti, és blokkolt állapotba kapcsolja a berendezést. A villamos a vonalirányító engedélyével vörös főjelző mellett is elfoglalhatja az egyvágányú szakaszt, így a jelzőberendezés által vélelmezett „jelzőmegaladás” miatt bekövetkező





**TERVKÉNT TÖRTÉNŐ FELHASZNÁLÁSRA NEM ALKALMAS!** - A terv nem érvényes állapotot mutat, a pozicionálás segítségére szolgálnak a feltüntetett állapotok.

blokkolt állapotok gyakoriságát csökkentendő, a „B” és „C” zónákban a váltó szárain lévő sínáramkörök az útvonal kérés egyfajta „pótköteleként” működnek, azaz foglaltságuk hatására az egyvágányú szakasz felé útvonal kerül beállításra, ha egyébként az megengedett.

Az „A” zónában a kezelt „indulásra kész” jelzés hatására először a Dominó 55-ben kerülnek önműködően beállításra a vágányutak, majd az ST jelző szabadra állítása (vagy a hívójelzés bekapcsolása) után történik meg az útvonal lezárása és az 501-es váltó állítása. Amennyiben ez 60 másodperc alatt nem történik meg, akkor az útvonalkérés törésre kerül.

**Hatodik lecke: a szegedi üzemirányítás KÖFE felülete**

A jelzőberendezés vezérlése lényegében önműködően valósul meg, a berendezés felügyeletét ellátó forgalmi dolgozónak csak rendkívüli esetekben szükséges beavatkoznia.

A Szegedi Üzemirányító Központban került kialakításra a 135-ös számú vasútvonal Szeged-Rókus(kiz.)-Hódmezővásárhely (kiz.) vonalszakaszának KÖFI kezelői munkahelye. A KÖFI munkahely további egy monitorral történő kiegészítése tartalmazza a Hódmezővásárhely városi vasúti

szakaszához tartozó KÖFE visszajelentési felületet. A jelzőberendezések állapota, a villamosok közlekedése, a fellépő hibák és zavarok ezen a KÖFE visszajelentő felületen jelennek meg a felügyeletet ellátó forgalmi személyzet részére. E munkahelyre beérkező zavarjelzés alapján a biztosítóberendezési szakszolgálat felé a bejelentés megtehető. A jelzőberendezést felügyelő munkahely visszajelentései nagyban megkönnyítik a hibakeresést és az események beazonosíthatóságát a naplózás és a mozi funkció segítségével. A jelzőberendezés visszajelentéseihez önálló szimbólum katalógus került kialakításra, amelynek logikája a MÁV-nál alkalmazott szimbólum készletet vette alapul. Az ábrán a jelzőberendezések KÖFE visszajelentő felületének egy részlete látható.

E KÖFE visszajelentő felület is egy kicsit különleges, ugyanis szokatlan módon, de a jelzőberendezések felé kiadható egy ún. állvatartás kezelés, ami a rendkívüli esetekben a forgalom szabályozását segíti elő. Az állvatartás funkció főjelzőhöz van rendelve, bekapcsolása esetén az adott jelzótől a jelzőberendezés az automatikus útvonal állítást nem kezdi meg akkor sem, ha annak minden feltétele biztosított, előnyben részesítve ezzel az ellenirányú járművet.

Üzemszerű esetben a városi szakaszon kezelést nem kell végrehajtani, minden au-

tomatikusan működik. Az automatikus üzem a járművezető által megadott vonatszám és járatirány alapján történik. A forgalmi kiterőből, vagy a végállomásról való indulás szándékát a járművezető az „indulásra kész” kezeléssel jelzi a pályamenti VETRA-pont felett álló jármű vezetőállásáról. Az indulásra kész kezelés hatására a jelzőberendezésben útvonal kerül beállításra, ha annak beállíthatósági feltételei teljesülnek. A beállított útvonal lefoglalja az egyvágányú szakasz menetirányát, aminek hatására szabadra áll a főjelző. Ezután villamosan reteszeli a villamos állítású váltó (ha van), erről a jármű vezetője a váltójelző villogásával kap visszajelentést. Fontos tudnivaló, hogy a váltójelző jelzése csak az adott váltóról tartalmaz információt, a főjelző pedig csak és kizárólag az egyvágányú szakasz irányának állapotáról. Az indulás előtt a jármű vezetőjének a váltójelző és a főjelző információit együttesen kell figyelembe vennie.

**Végezetül sok-sok új lecke: építés, vizsgálat, üzembe helyezés, forgalomszabályozás...**

A tram-train egy teljesen új, még „kitaposatlan” terület a MÁV szakemberei részére, így azzal a döntéssel, hogy Hódmezővásárhely közúti vasúti szakasz a MÁV üzemeltetésébe

került, a rengeteg kérdés, bizonytalanság mellé sok új feladatot is hozott. A pályauzemeltető munkavállalóit ki kellett képezni, oktatni, vizsgáztatni közúti vasúti utasításokból, hiszen a városban a villamos pályára vonatkozó utasítások érvényesek. Azóta az illetékes szervezet megkapta a megfelelő engedélyeket a közúti vasút működtetésére. A fenntartó munkatársakat ki kellett képezni a különböző új műszaki eszközök fenntartására, biztonságos üzemeltetésére is, és el kellett látni őket a szükséges műszaki dokumentációval. A városi közlekedésben a jelzőberendezések is teljesen mások, mind összetételükre, mind működésükre, mind pedig biztonsági szükségleteikre nézve is, ezért nyilván a fenntartói műszaki ismereteket el kell sajátítani, és a szükséges hibaelhárító gyakorlatot is meg kell szerezni. A városi vasúti berendezések gyártóinak, kivitelezőinek dokumentálási hajlandósága és az átadott dokumentumok tartalma ugyanakkor jócskán elmaradt a vasúti gyakorlatban megszokottól, ami sok felesleges többletfeladatot adott ez ezel foglalkozó szakembereknek.

A jelzőberendezések tartalék részegységei, anyagai a MÁV Zrt.-nél nem járatosak, beszerzésük, helyettesíthetőségük számos kérdést is felvet. Érdekes például, hogy az alkalmazott PLC-k összes biztonságreleváns modulját a gyártástól számítva 20 évente tervezetten cserélni kell, ami egyrészt a fenntartó számára fontos nyilvántartási feladatot jelent, másrészt 2038-39-ben jelentős beszerzési feladatot fog generálni...

Az útkereszteződéseknél és ott üzemelő jelzőberendezéseknél fontos tudni, hogy a közúti vasút és a közút kereszteződése nem minősül vasúti átjárónak. A fontosabb útkereszteződések forgalomirányító jelzőlámparendszerrel vannak ellátva, ezeknek üzemeltetése városi vagy állami kézben van, így ezekkel nincs különösebb dolgunk, de ha elromolnak, az jelentős hatással lehet a menetrendszerű közlekedésre, magyarán jelentős késést okozhatnak.

Jelentős fejtörést okozott a nagyvasút és a városi szakasz összeköttetésének műszaki szabályozása. A vasútvillamos részére a nagyvasút és a városi vasút közötti átmenetben a fentebb említett VETRA kommunikációt használjuk, így a jármű tudja, hogy melyik antenna felett haladt el, ezért a jármű fedélzetén programozott feladatot kell csak önműködően, vagy a járművezető közreműködésével elvégezni. A VETRA azonosítója és a jármű járatiránya alapján a jármű fényjelzéseit nagyvasúti, vagy villamos előírás szerintre kapcsolja, a nagyvasúti kürtöt a villamos csilingelésre cseréli, a megengedett sebességet korlátozza stb... Fontos megjegyezni, hogy a dieselvontatás és a villamos vontatás közötti átállás, illetve az ehhez kapcsolódó áramszedő-kezelés

nem önműködő, ezt a járművezetőnek kell végrehajtania, erre csak figyelmeztetést kap a VETRA útján.

A nagyvasúton a vasútvillamosok az országos közforgalmú vonatok között közlekednek, figyelni kellett a forgalomszabályozás által okozott kockázatokra is. Helytelen lenne az országos közforgalomban részt vevő vonatot tévedés, vagy hiba miatt a városi vasútra engedni, avasútvillamos viszont szeretnénk automatikusan a városi vasútra irányítani. Ehhez is a VETRA kommunikációt használtuk fel, mert csak a tram-train van felszerelve ilyen eszközzel, míg a többi vonaton nincs. Így kézenfekvő volt, hogy ha van a nagyvasúti foglaltság mellett VETRA bejelentkezés, akkor e vonat vasútvillamosként kezelendő, de ha nincs, akkor az vélhetően nem vasútvillamos. Az automatika ezt használja ki a vasútvillamos vagy a vonat vágányútjának önműködő kiválasztásában.

Az önműködő üzem hibája, vagy a kezelők esetleges tévedése esetén sem lenne jó, ha véletlenül begördülne a városi részre egy nagyvasúti szerelvény. Ennek kockázatát egy kiegészítő áramköri megoldás csökkenti. Ennek lényege, hogy a városi vasútra bejáratot engedélyező jelző után egy, állandóan vörös jelzést adó főjelző van, ami előtt a vonatoknak meg kell állniuk, de a jelző a vasútvillamosra nem érvényes. Az e jelző felé állított vágányút elején a jelző továbbhaladást tiltó állására utaló 1-es ütemű jelfeladás van, ami a szakasz foglalttá válása után 10 s múlva lekapcsolódik, így a jól működő vonatbefolyásoló berendezéssel rendelkező vonatot kényszerfékezéssel megállítja. A vasútvillamos jármű vonatbefolyásoló berendezése viszont a városi vasútra bejáratot engedélyező jelző előtt alkalmas távolságra elhelyezett VETRA antenna azonosítója hatására kikapcsolja a vonatbefolyásoló berendezését, így a vasútvillamos kényszerfékezés nélkül haladhat a városi vasút felé.

A közúti vasúti váltókkal gyorsan megbarátkoztunk, hiszen sokban hasonlítanak a nagyvasútnál megszokottakhoz, de szokatlan a váltóvassal való állítás, és

meglehetősen nehézkes a váltóerőmérés. Arugós tartó mechanizmus miatt munkavédelmi szempontból valószínűleg célszerű lesz egy városi vasúti váltó csúcshíjának véletlen elmozdulását gátló tömb vagy tuskó kimunkálására (a váltó félállásban, vagy végállásban való rögzítéséhez). A váltó felvágása (hasítása) üzemszerűen nem megengedett, és eszközeinkkel a váltó felvágathatósága nem is ellenőrizhető, de igen kedvezőnek bizonyult, hogy a váltóállítómű a nem üzemszerű felvágásokat rongálódás nélkül elviseli, mert a kezdeti időszakban a mozdonyvezetők gyakorlatlansága miatt bekövetkező néhány váltófelvágás így nem járt jelentősebb következménnyel.

Bár a villamosközlekedés alapjában véve a vezető felelőssége, így nincs KÖFI távvezérlés, a váltók, jelzők megfelelő állását a vezető kezdeményezi, vagy a jármű érzékelése váltja ki a városi vasúton belül. A PLC rendszer ugyanakkor egy KÖFE felületre átküldi a jelző állapotokat, váltó állásokat és hogy merre jár a villamos. Ezt a KÖFE felületet a 135-ös vonal irányítója felügyeli, így időben láthatja az esetleges intézkedést igénylő zavarokat. A szegedi városi részről természetesen, de sajnálatosan nem áll rendelkezésre ilyen információ a forgalomirányítás részére.

Összességében az új kihívás, mely a közúti villamos üzemeltetésével állt elénk, nagy odafigyelést, sok energiát igényelt, de ma már talán kijelenthetjük, hogy sikeresen vesszük az akadályt. A járművezetők is megszokták a számukra előirányzott kezeléseket, a két vasúti pálya közlekedési különbségeit. A fenntartó személyzet pedig hosszabb ideig „szoros emberfogással” járt a kivitelező nyomában, így mára már használható gyakorlatot szereztek a berendezések kezelésében, a hibák behatárolásában.

E cikk szerzői köszönetüket fejezik ki a szegedi Területi TEB osztály szakértőinek, *Palásti Ferencnek* és *Veres Zoltánnak*, valamint *Horváth György* rendszermérnöknek és *Bánfi Péter* beosztott mesternek, akik e cikk anyagát számos értékes észrevétellel, gondolattal, tapasztalattal gazdagították.

#### Lessons learnt: The urban railway signalling equipment in Hódmezővásárhely

At the end of November 2021, Hungary's first tramtrain line between Szeged and Hódmezővásárhely went into trial operation. A new urban railway line was built in Hódmezővásárhely for the tramtrain operation, which is operated by MÁV Zrt. This article reviews the specific features of the Hódmezővásárhely light rail signalling and control equipment from the point of view of a heavy rail signalling operator.

#### Lessons learnt: Signalanlagen der Urbanbahnstrecke Hódmezővásárhely

Am Ende November 2021 wurde der Testbetrieb der ersten Tram Train-Bahnlinie in Ungarn zwischen Szeged und Hódmezővásárhely gestartet. Zur Verwirklichung des Tram Train-Betriebes wurde in Hódmezővásárhely ein neuer Stadtbahnstreckenteil gebaut, die im Weiteren von den Ungarischen Staatseisenbahnen GAG - MÁV Zrt. - betrieben wird. In diesem Artikel wird ein Überblick über die aus Sicht des Betreibers mit traditionellen eisenbahnsicherungstechnischen Erfahrungen ungewöhnliche Besonderheiten der Weichenstell- und Signalanlagen auf der Hódmezővásárhely Tram Train-Bahnlinie gegeben.

# Erősáramú szimuláció- és indukálóhatás-vizsgálat – ami a vasút-villamosítás során elengedhetetlen

DR. LADÁNYI JÓZSEF

## Bevezető

A hazai vasút-villamosítás az utóbbi években jelentősen felgyorsult. Számos vonalat villamosítottak és megannyi vonal tervezése zajlik. A vasút-villamosítás összetett mérnöki feladat, számos szakág összehangolt, nagy szakértelmet igénylő munkájának eredménye. A vasútvonalak megbízhatósága nemcsak jármű és forgalmi oldalról, hanem energiaellátás oldalról is biztosítandó, mégpedig többek között úgy, hogy a saját vasúti és a nem vasúti hírközlő hálózatokban a zavartatás határértéken belül maradjon. A cikkben a vasúti felsővezeték-rendszertervezésekor alkalmazott erősáramú szimuláció és a villamos vasút által okozott indukálóhatás kapcsolatát és fontosságát mutatjuk be.

A MÁV Zrt. 2016-ban elindította a nagyvasúti villamos felsővezeték-rendszertervezés felülvizsgálatát és a 61. melléklet néven ismert korábbi dokumentáció korszerűsítését. Ezen munka kapcsán a felsővezeték rendszer mechanikai és villamos tervezésének előírásait aktualizálta a kidolgozó munkacsoport. A villamos méretezés kapcsán az egyes felsővezeték-rendszer típusok impedancia és árameloszlás számítása, termikus méretezése, valamint a felsővezeték-rendszerhez tartozó földáram és védőtényező meghatározása történt, illetve a mindezeket támogató erősáramú szimuláció alapelveinek lefektetése valósult meg.

Mind az erősáramú szimuláció, mind az indukálóhatás vizsgálat (amelybe a számítás és mérés egyaránt beleértjük) jelentős változásokon esett át az elmúlt években, amelyet egyfelől a vonatkozó előírások (Átjárhatósági Műszaki Előírások – TSI vagy ÁME előírásai), másfelől a gyakorlati problémák indikáltak. Példaként a vasútvonalakon alkalmazott vontatójármű összetétel változása egyrészt az erősáramú szimuláció eredményeit (pl. feszültségesség, teljesítményigény, termikus igénybevétel), másfelől a zavartatott vonalakban (vonalkábelek, nem vasúti távközlő vonalak) indukáló hatások nagyságát jelentősen befolyásolja.

## Erősáramú szimuláció

Az erősáramú szimulációkkal kapcsolatos részletes követelményekről korábban jelen-

tek meg cikkek, így ezt a témát csak röviden ismertetjük.

Az erősáramú szimulációnak többes célja van. Új villamosítás esetén koncepcionális (Részletes Megvalósíthatósági Tanulmány) szinten vizsgálható a reálisan megvalósítható táplálási rendszer (1x25 kV vagy 2x25 kV), valamint optimalizálható a tápszakaszok hossza, a vontatási állomás(ok) elhelyezése és a vontatási teljesítményigény nagysága. Ebben az esetben a rendelkezésre álló pályageometria, menetrend, vontatójármű összetétel, helyhez kötött berendezések, biztosítóberendezés adatok rendszerint korlátozottan állnak rendelkezésre, azonban ahhoz elégségesek, hogy a fenti koncepcionális szintű elvárásokat teljesítse a szimuláció. Engedélyezési/kiviteli terv szinten az előbbi, de már részletes adatok alapján a tervezett felsővezeték-rendszer és vontatási állomás(ok) megfelelése (NoBo/DeBo) igazolható az erősáramú szimulációval. A harmadik – és nem kisebb jelentőséggel bíró – cél az indukálóhatás-számításhoz szükséges bemenő adatok biztosítása a számítás végző szaktervező felé. Ebben a tápszakaszok áramterhelése, mint indukáló áram, az árameloszlás az egyes vezetők között (munkavezeték, tartósodrony, tápvezeték, megkerülő vezeték, megerősítő vezeték, áramvisszavezető és a sinszálak) fontos paraméterek az indukálóhatás-számításban. Az indukálóhatás-számítás eredményei visszahathatnak a felsővezeték-rendszer kialakítására, amennyiben vasúti oldalon szükséges az intézkedés az indukálóhatás csökkentésére. Ekkor a megerősítő vezeték vagy áram-visszavezető alkalmazása lehet reális opció, amely az indukálóhatást csökkenti, és egyben az energiaellátás oldalán is előnyökkel jár (kisebb feszültségesség a felsővezeték-rendszeren, kisebb hálózati veszteség). Felmerülhet továbbá kompenzáló vezeték lefektetése a vonalkábelrel párhuzamosan, azonban ennek kompenzáló hatása messze elmarad az áram-visszavezető alkalmazásához képest.

Fentiekből látszik, hogy a felsővezeték-rendszer tervezése komplex módon kezelendő mechanikai, villamos és indukálóhatás szempontjainak figyelembevételével.

Az erősáramú szimulációt és az értékelést az 1301/2014/EU rendelet (ENE TSI, a továbbiakban ÁME) és az abban hivatkozott MSZ EN 50388:2012 és MSZ EN 50163:2013 szabványok szerint, illetve ezeken felül az Üzemeltetői, Megrendelői elvárások szerint kell elvégezni. A kiválasztott rendszer feszültség- és frekvenciaérté-

keinek, valamint azok korlátainak meg kell felelniük az MSZ EN 50163:2013 szabvány 4. pontjában foglaltaknak. Maga az ÁME a szabvány 2004-es változatára hivatkozik, azonban a szabvány változásával javasoljuk annak követését és a jelenleg érvényes változat figyelembevételét.

Alapvető, hogy a szimulációnak az elektrotechnika és fizika törvényszerűségein kell alapulnia. A számítások során az egyes villamos mennyiségeket vektoriális mennyiségekként, a feszültségességét a teljes feszültségességével kell figyelembe venni. A vontatási transzformátor fokozatszabályozását is figyelembe kell venni, ha van. Az erősáramú szimuláció forgalmi szimuláción és menetdinamikai számításokon alapul. A forgalmi szimulációban a közlekedtetés rendjét (gyorsítás, lassítás, sebességkorlátozások) az érvényben lévő MÁV utasítások alapján kell lebonyolítani. A vizsgálatok során figyelembe kell venni a tápszakaszokon alkalmazott vagy alkalmazandó felsővezeték-rendszer jellemzőit (tartósodrony típusa, munkavezeték típusa, szerkezeti magasság, egy- vagy többvágányú pálya, földáram-visszavezető, megkerülő vezeték, tápvezeték alkalmazása), illetve ezek által meghatározott impedancia rendszert. Az erősáramú szimulációt normál- és szükségüzemi állapotra is el kell végezni. A szükségüzemi állapot egyszerű hibát feltételez a táplálási rendszerben, amely lehet egy vontatási transzformátor, egy állomás, egy tápvezeték, vagy két- vagy többvágányú pálya esetén az egyik hosszláncnak a kiesése. A szimulációban figyelembe veendő normál- és szükségüzemi változatokat az üzemeltetővel előzetesen egyeztetnie kell a tervezőnek.

További kritérium, hogy legyen alkalmas a tápszakaszra és a mértékadó vonatra vonatkozóan a hatásos átlagfeszültség számítására a szimuláció. A hatásos átlagfeszültség egy statisztikai minőségi mutató. A hatásos átlagfeszültséget az övezetben (tápszakaszban) az MSZ EN 50388:2012 szabvány 8.2 pontja alapján kell számítani. A hatásos átlagfeszültséget az áramszedőnél az ÁME 4.2.4.2. pontja, illetve az MSZ EN 50388:2012 szabvány 8. pontjának megfelelően kell számítani. A szimuláció során a villamos vontatójárművek valódi teljesítménytényezőjének értékeit kell figyelembe venni. Az eredmények kiértékelése az MSZ EN 50388:2012 szabvány 8.5 pontjának megfelelően a 8.3, illetve 8.4 pontokban megadott kritériumok alapján történjen.

A fenti két hatásos átlagfeszültség mérnöki szemlélettel az egyes feszültség csúcsok

elmosását eredményezi az átlagolás miatt, így az egyes feszültségesei problémákból adódó vontatójármű főmegszakító leoldások, és annak esetleges forgalmi következményeit rejtheti el. Előbbiek miatt a szimulációs rendszernek alkalmasnak kell lennie a tápszakasz és a vontatójárművek áramszedőin kialakuló feszültség időfüggvényének megjelenítésére, amelyből a határérték-túllépések detektálhatóak. Avizsgálat során meg kell adni az alállomás által táplált szakaszon a táplálási szakasz végponti elválasztó fázishatárig fellépő feszültségesei 0-24 órás időszakra vonatkozó időfüggvényét normál és szükségüzemi táplálási esetekre. A korábbi gyakorlatban nem minden esetben volt adott a 0-24 órás időintervallumra vonatkozó teljesítmény, feszültségesei, áramdiagram, ami egyes kérdések tárgyalásánál problémát okozhat (pl. a mértékadó menetrend időintervallum kiválasztása vagy termikus terhelődések vizsgálata).

A szimulációs rendszer legyen képes arra, hogy megadja a termikus terhelőség vizsgálatához szükséges áram effektív értékének csúcserőit (pl. transzformátor szekunder áram), és időtartamát (áram-idő függvény), kétperces átlagáramot és árameloszlásfüggvényt. Ezen paraméterek ismerete szükséges az adott vezetékelrendezéshez tartozó védelmi beállításokkal történő összevetés és a rendszer megfelelőségének értékelése céljából. A szimulációnak figyelembe kell vennie a vontatójárművek helyén a munkavezeték aktuális feszültségét, minden egyes számítási lépésben (load-flow számítás). A számítások során figyelembe kell venni a visszatápláló fékezés hatását az üzemeltető által megadott becsült járműösszetételre tekintettel. A vizsgálatok során száraz sinkoronát kell feltételezni.

Amozdonyvezetők vezetési stílusajelőn befolyásolja a vonatközlekedés energiaigényét. A tervezés során, így az erősáramú szimuláció során is a vontatási villamosenergia-ellátó hálózat szempontjából legkedvezőtlenebb, vagyis legnagyobb fogyasztást előidéző, azonban még észszerű, vezetési stílust kell figyelembe venni. Ennek során két megállás között a mozdonyvezető az eljutási idő minimumának elérésére törekszik, természetesen a pályára, a vonatra, valamint a forgalmi helyzetre megengedett sebesség-határokon belül. A vonat minden gyorsítása aműszaki lehetőségeken belül alkalmazható legnagyobb értékű, minden fékezés a legnagyobb teljesítményű üzemi fékezés (vészfékezést nem kell figyelembe venni), a gyorsítás és lassítás periódus között a mozdonyvezető tartja az aktuálisan alkalmazható legnagyobb sebességet, kifuttatást tehát egyáltalán nem alkalmaz. A menetrendi tartalékokat az állomásra történő megérkezés és a menetrend szerinti tovább indulás között használja fel.

Össességében a szimulációk során számos új vizsgálandó paraméter jelent meg

az utóbbi években, mint elvárás. Agyakorlati eseteket áttekintve megállapítható, hogy amíg a korábbi vontatójármű-összetételeknél (túlnyomórészt V430 mozdonyok) a feszültségesei okozott általánosságban problémát, addig az új, inverteres járműveknél az egységteljesítményük és kiváltképpen a fővonalak esetén a sűrű menetrend miatti teljesítményigény jelent(het) problémát, amely alállomás-bővítést, esetleg új alállomást tesz szükségessé.

## Indukálhatóság vizsgálata

A vontatójárművek egységteljesítményének növekedése és a sűrűbb menetrend egyaránt kihatással van a villamosított vasútvonal környezetében haladó vonalas létesítmények zavartatására. Az utóbbi évek villamosítási projektjei kapcsán többször előfordult indukált feszültség határ túllépés mind vasúti vonalkábelben, mind nem vasúti távközlő vonalakban egyaránt, amelynek következtében a vasútvonalon időszakos vagy állandó áramkorlátozás vált szükségessé. Ez a korlátozás a villamosított vonal kapacitásának szűkülését, korlátozott járműösszetételt eredményezhet, amely végső soron az erősáramú, forgalomtechnikai szempontból megfelelően megtervezett vonal részbeni kihasználhatatlanságát vonja maga után.

Az erősáramú szimuláció- és az indukálhatóság-számítás szorosan összefüggnek. A felsővezeték-rendszer egyes vezetőiben, a sínekben és a földben folyó áramhányadok erősáramú szempontból a feszültségesei, veszteség (melegedés) szempontjából relevánsak, míg ugyanezen árameloszlás hatással van a vasút menti környező vonalas létesítményekben (kerítés, vonalkábel, nem vasúti hírközlő kábel, közcélú kisműködésű hálózat) indukált feszültségekre. A környező létesítményekben indukált feszültségek egyfelől személyvesélyeztetést, másfelől elektromágneses összeférhetőségi problémát és zűgászavart okozhatnak.

Tapasztalataink alapján a vonalkábelben indukálódó feszültség előzetes számítási eredményei és a mérési eredmények külön-

bözőséget mutattak. Probléma abból fakad ebben az esetben, hogy csak a kivitelezés utáni mérés alkalmával realizált határérték túllépések nem, vagy csak nagyon költségesen kezelhetőek. Feladatunk volt a számítási és a mérési eredmények különbözőségének feltárása, megértése és a megoldásra javaslat kidolgozása, valamint a jövőbeni eljárásra javaslat tétel. A megértéshez röviden tekintsük át az indukálhatással kapcsolatos néhány alapvető összefüggést.

Az indukált feszültség függ:

- az indukáló elrendezéstől (felsővezeték-elrendezés);
- az indukáló (vasúti felsővezeték-rendszer) és indukált (pl. vonalkábel) vonalak távolságától;
- az indukáló rendszer (vasúti felsővezeték-rendszer) vezetőinek árameloszlásától;
- az indukáló áram(hányadok) (üzemi/zárlati) nagyságától, összességében a vasútvonal *Indukáló tényezőjétől*;
- az indukált vonal (pl. vonalkábel) védőtényezőjétől – amely *meglévő vonalkábelnél adott, új fektetésnél még választható paraméter*.

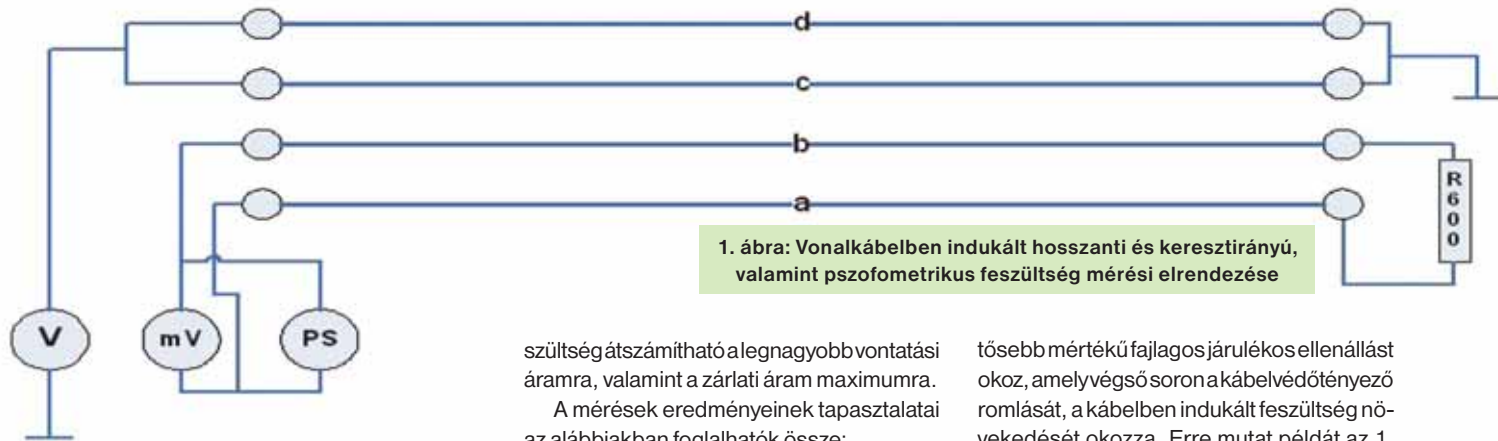
Az első négy tényező viszonylag kötött, elsősorban az energiaellátás szempontjából kerül kiválasztásra a megfelelő felsővezeték típus, amelyre természetesen visszahat az indukálhatóság eredménye. Az ötödik tényező a védőtényező, amelynek a szükséges becsült értéke vonalkábel esetén  $I=700$  A vontatási áram esetére,  $L=12$  km indukáló hossza (vasútállomás távolság) és a vonalkábelben maximálisan indukálódó 60 V határértékhez tartozó  $k \leq 0,125$  ( $E = 70$  V/km indukált elektromotoros erőnél). Csupán ez az érték önmagában nem elegendő, így tekintsük át néhány vonalkábelre vonatkozó vizsgálat eredményét.

Különböző B7H vonalkábelek védőtényezőjét megvizsgálva laboratóriumi méréssel, az alábbi táblázatban lévő értékek adódtak.

- #.1: a 2015-ben mért alumínium köpenyű B7H kábel;
- #.2: a 2017-ben mért huzalkosorú árnyékolású, 12×4×1,3 FSK B7H kábel;
- #.3: a 2019-ben mért alumínium köpenyű B7H kábel.

E indukált elektromotoros erő [V/km]	k köpeny-védőtényező [-]			U = kxE hosszanti feszültség [V/km]		
	Köpenytípus			Köpenytípus		
	Alu 2015 (#.1)	Huzal koszorú (#.2)	Alu új (#.3)	Alu 2015 (#.1)	Huzal koszorú (#.2)	Alu új (#.3)
10	0,090	0,130	0,150	0,90	1,30	1,50
20	0,083	0,120	0,130	1,06	2,40	2,60
30	0,072	0,118	0,120	2,16	3,54	3,60
50	0,054	0,082	0,100	2,70	4,10	5,00
70	0,050	0,064	0,090	3,00	4,48	6,30
100	0,030	0,052	0,050	3,50	5,20	7,00
150	0,026	0,043	0,060	3,75	6,45	9,00

1. táblázat: Különböző típusú vonalkábelek mért védőtényezője



1. ábra: Vonalkábelben indukált hosszanti és keresztirányú, valamint pszofometrikus feszültség mérési elrendezése

Megállapítható, hogy a különböző gyártótól származó kábelek különböző védőtényező értéket mutatnak. Az eltérés az egyes kábelek esetén szignifikáns is lehet, amint az a fenti táblázatban látható.

Ezen védőtényező értékekkel a szaktervező elkészíti az indukálhatóság-számítást, amely alapján eldönthető, hogy kell-e és milyen mértékű beavatkozás a vonalkábel esetén, illetve a felsővezeték-rendszerben (pl. áram-visszavezető sodrony). A tapasztalatok szerint a számított és mért érték között azonban szignifikáns eltérés tapasztalható bizonyos esetekben, ezért vizsgáljuk meg a mérési oldalt a következőkben.

A vasútvillamosítás során létesített vonalkábelekben indukált hosszanti és keresztirányú feszültséget az alábbi ábra szerinti elrendezésben mérjük.

A keresztirányú feszültség mérése az effektív érték és a pszofometrikus érték alapján is mérésre kerül. A mérés során a vontatási áramot is regisztrálják és a vonalkábel védőtényező görbéje alapján a várható indukált fe-

szültség számítható a legnagyobb vontatási áramra, valamint a zárlati áram maximumra.

A mérések eredményeinek tapasztalatai az alábbiakban foglalhatók össze:

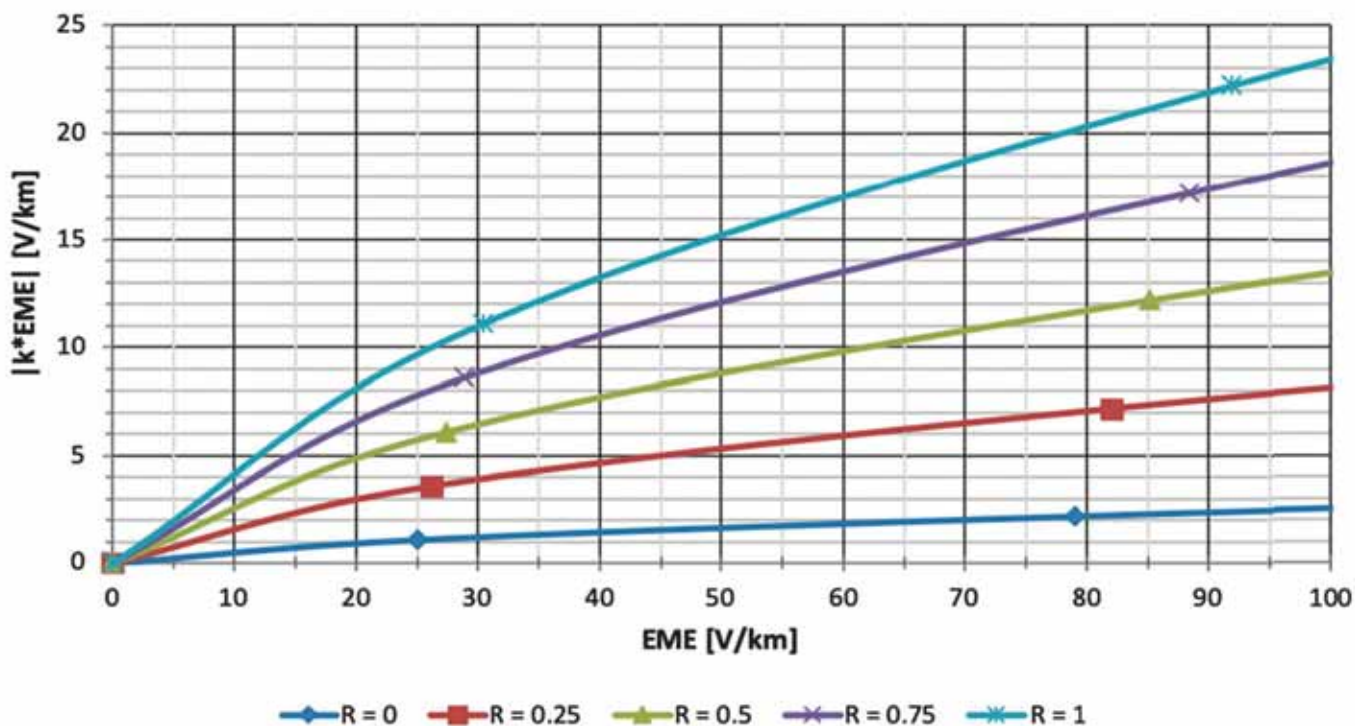
- Meglévő vonalkábel esetén villamosítás után problémák lehetnek, mert
  - a vonalkábel dízel vontatáshoz készült,
  - jellemzően régi telepítés,
  - villamos vontatásnál jelentkező problémák dízel vontatásnál nem jönnek elő.
- A számított várható indukált feszültség értékeknél nagyobb mért értékek adódtak új kábelek esetén.

A fenti problémák gyökereinek feltárásához az egyik projekt kapcsán fektetett vonalkábelből mintadarab került kivágásra, amelynek laboratóriumi méréssel a védőtényezőjét meghatároztuk. Ennek eredményeként a védőtényező értéke ugyan eltér a gyári adattalptól, de ez még nem okozza a számított és mért indukált feszültség közti teljes eltérést. A vizsgálódás eredményeképpen megállapítható, hogy a megoldás a vonalkábel szereléstechológiájában rejlik, ugyanis a beépítési környezet/technológia jelentősen befolyásolja, leronthatja a kábel védőtényezőjét. A vonalkábelben lévő számos kötés, az árnyékolásának folytonosítása a farokkábeles beállítások miatt a kábelárnyékolásban jelen-

több mértékű fajlagos járulékos ellenállást okoz, amely végső soron a kábel védőtényező romlását, a kábelben indukált feszültség növekedését okozza. Erre mutat példát az 1. ábra, amelyen a hosszanti elektromotoros erő (EME) függvényében van megadva a kábelben indukált feszültség ( $k \cdot \text{EME}$ ) különböző járulékos ellenállások ( $R [\Omega/\text{km}]$ ) esetén. A vizsgált kábel árnyékolás egyenáramú ellenállása laboratóriumban mérve  $0,11 \Omega/\text{km}$ , amelyhez hozzáadódik az  $R$  fajlagos járulékos ellenállás a beépítésből adódóan.

Avonalkábelek elhelyezkedésükből adódóan az  $5-10 \text{ V/km} \cdot 100\text{A}$  EME tartományban fekszenek.  $700\text{A}$  vontatási áramhoz így  $35-70 \text{ V/km}$  EME tartozik. Megvizsgálva a  $70 \text{ V/km}$  EME értéknél a 2. ábra görbéit, az látszik, hogy tisztán a vonalkábel árnyékolásának hatására ( $R=0$  eset)  $2 \text{ V/km}$  feszültség indukálódik  $700 \text{ A}$  hatására a kábelben, míg  $R=0,25 \text{ Ohm/km}$  fajlagos járulékos (kötés) ellenállással ez az érték már  $6,5 \text{ V/km}$ . Tehát a beépítésből eredő járulékos ellenállás értéke jelentősen rontja a kábel védőtényezőjét. A kérdés az, hogy a gyakorlatban mekkora járulékos ellenállások jelentkeznek?

Mérési eljárást dolgoztunk ki, amelylyel megállapítható a meglévő vonalkábel beépítésből eredő fajlagos járulékos ellenállás értéke, így a további számítá-



2. ábra: Vonalkábelben indukált feszültség a hosszanti elektromotoros erő (EME) függvényében különböző járulékos ellenállások esetén

sokban már a gyakorlatból származó értékek figyelembe vehetőek, így csökkentve a számítási és a mérési eredmények közti különbséget. Az egyik projekt kapcsán B7H vonalkábel mértünk. Akábelárynkolásának fajlagos egyenáramú ellenállása 0,11 Ohm/km (laboratóriumi mérési eredmény). Ehhez képest a mért fajlagos járulékos ellenállás 0,1 – 0,7 Ohm/km tartományba esett beépítést követően. A 2. ábrát tekintve megállapítható, hogy ez jelentős védőtényező romlást okoz a kábelvonalnál.

Fentiek alapján javasoljuk, hogy a mérések tapasztalatai alapján már az indukált feszültségek számításánál legyen figyelembe

véve járulékos ellenállás. A vonalkábel gyári adatlapján szereplő védőtényező értéke nagy EME tartományra van megadva és jellemzően egyérték. Ehhez képest a vonalkábel beépítési helyétől és a vontatási áramtól függően ez az érték jelentősen eltérhet (lásd 1. táblázat), így javasolt a vonalkábel mintadarabjának laboratóriumi mérése a számítást megelőzően. Meglévő vonalkábel esetén az árnyékolásfolytonosság mérése és a járulékos ellenállás mérése szintén nagyon fontos része az indukálhatóság-vizsgálatnak. A járulékos ellenállás-méréssel az egyes kábelkötések helyén az árnyékolás kötés folytonosságának megfelelése is diagnosz-

tizálható. Megfontolandó, hogy meglévő vonalkábel esetén már a villamosítási tender kiírása előtt legyen diagnosztikai vizsgálat (védőtényező mérés, járulékos ellenállás) a vonalkábel megfelelésére vonatkozóan, amely alapján eldönthető a vonalkábel cseréjének szükségessége.

A cikkben ismertettük az erősáramú szimuláció- és az indukálhatóság-vizsgálatok néhány gyakorlati esetét, érdekességét és problémáját. Reméljük, hogy sikerült felhívni a figyelmet a problémák idejekorán való kezelésére, ezzel elkerülve a későbbi, de annál költségesebb és fáradságos pótmunkákat.

### Prüfung der Leistungssimulation und Induktionswirkung

Die Elektrifizierung der heimischen Eisenbahn hat sich in den letzten Jahren erheblich entwickelt. Viele Linien wurden elektrifiziert und viele sind schon in Planung. Bahnelektrifizierung ist eine komplexe Ingenieuraufgabe, ein Ergebnis der koordinierten und hochqualifizierten Arbeit vieler Experten. Die Zuverlässigkeit von Eisenbahnstrecken muss nicht nur von der Fahrzeug- und Verkehrsseite, sondern auch von der Energieversorgungsseite sichergestellt werden, unter anderem indem die Störungen in den eigenen schienenengebundenen und außerschienegebundenen Kommunikationsnetzen in Grenzen gehalten werden. Der Artikel stellt den Zusammenhang und die Bedeutung der Leistungssimulation dar, die beim Entwurf des Oberleitungssystems der Eisenbahn verwendet wird, und der Induktionswirkung, die durch die elektrische Eisenbahn verursacht wird.

### Inquiry of simulation and induction effects

Domestic railway electrification has accelerated significantly in recent years. Many lines have been electrified and many lines are being planned. Railway electrification is a complex engineering task, the result of the coordinated and highly skilled work of many disciplines. The reliability of railway lines must be ensured not only from the vehicle and traffic side, but also from the energy supply side, inter alia by keeping the disturbance in the own rail and non-rail communication networks within the limit. The paper presents the relationship and importance of the power simulation used in the design of the railway overhead contact line system and the induction effect caused by the electric railway.

## Búcsú Hamenda Ferentől

Életének 69. évében itt hagyott minket a vasúti erősáramú szakmaki-váló ismerője, életének szinte utolsó napjáig magasszinten művelője.

Február elején jött az érdeklődés, hogy van-e valami hírem a Feriről, mert valamelyik munkánál hiányolják. Nem egészen két hét múlva, február 20-án a halálhírével keresett meg megrendült felesége.

Ferivel 1968. szeptember első napjainak valamelyikén találkoztam először, amikor a Vasútgépészeti Technikum 1/A osztályában

Perlaki tanár úr megtartotta az első osztályfőnöki órát. Osztálytársak lettünk és életünk ezután közel 54 éven keresztül szinte összefonódott.

A technikumi évek után a sors úgy hozta, hogy egy munkahelyre kerültünk. A munkahely a MÁV Villamos Felsővezeték Építési Főnökség volt, ahol 1972 szeptemberétől dolgoztunk együtt. Együtt sajátítottuk el a felsővezeték-építési alapjait, annak minden apró részletével. Kiváló szakemberektől tanulhattuk, leshettük el a speciális munka speciális fogásait. A vasút-villamosítás fénykorának nevezett időben tehettük ezt, így a sok munkának köszönhetően bejártuk az ország szinte minden jelentősebb vasútvonalát, sőt külföldi munkavégzésre is volt lehetőség. A GySEV Sopron–Ebenfurt vasútvonalán az akkor még lezárt határok mellett szervezte az osztrák oldali munkákat, az osztrák oldali vasúti vezetők legnagyobb meglepedésére. Feri kiváló kapcsolatteremtő képessége révén szinte nem lehetett és szerintem most sem lehet olyan villamosított vasútvonalra menni, ahol így vagy úgy ne ismernék a Hamenda nevet. Kezdetben az oszlopállítási professzorává vált, majd később a szerelési tevékenységgel is felzárkózott mellé. A nagyvasúti felsővezetékes környezetben végzett munka virtuózává azonban az optikai kábelek telepítése révén került. Ezt talán kevesen tudják, hogy a Magyarországon akkortájtban felsővezeteki hálózatra telepített mintegy 2000 km hosszú optikai kábel megépítése Feri nevéhez is kötődik. Kiváló szakember volt. A rábizott munkákat gondosan előkészítette, megszervezte annak lebonyolítását, levezényelte, majd a befejezést követően ledokumentálta, leszámolta azokat. Szeretett a terepen dolgozni, de szeretett személyesen egyeztetni is. A személyes kapcsolatot nagyra tartotta és megbecsülte. Munkájával kapcsolatosan

igényes, következetes és szigorúan szakszerű volt. A Vezérigazgatóságon, a MÁVTI-ban, a különböző vállalatoknál fel-feltűnő alakja szinte mindennapi volt, néha már azt lehetett gondolni, hogy náluk dolgozik. Fáradhatatlanul járta a munkaterületeket, a vállalt külsőtéri felmérései utólráhetetlen szakszerűségről vallottak.

A kor gazdasági, társadalmi berendezkedése lehetőséget biztosított gazdasági munkaközösségek alakítására. Feri megalapította a VILLFELÉP Bt.-t, melynek a tevékenységét haláláig irányította. Kezdetben a vállalaton belül biztosított kapacitáskiegészítést, illetve plusz jövedelmet a kollégáknak, a VASÚTVILL Kft. elhagyását követően pedig önálló vállalkozóként vett részt a vasúti erősáramú munkák megvalósításában, szervezésében. A műszaki ellenőri jogosultság megszerzését követően több nagy, vasútépítési projekt erősáramú referenseként szervezte a szakági munkákat. Rá jellemző igényességgel tartotta kézben a kivitelezők minden rezdülését a rendkívül balesetveszélyes vasúti munkaterületeken. Tevékenységét fémjelzik például a Kelenföld–Tárnok vonal, Székesfehérvár állomás átépítési munkái.

A szakmai munkán, munkasikereken kívül számtalan közös, felejthetetlen esemény tolt fel emlékeimben. A megszámlálhatatlan focimeccs a csehekkal, németekkel, a közös kirándulások, vállalati események állandó résztvevői közé tartozott. Szeretett a társaság középpontja lenni. Baráti társaságban jóízű történeteket mesélt, jellegzetes humorával színesítve azokat. Harsány politikai állásfoglalásaira mindenki felfigyelt, szigorúan a Ferivel fémjelzett színfoltja volt a baráti beszélgetéseknek. Nagyon fog hiányozni sajátos, Hamendásan kedves egyénisége, társasága.

Állandó résztvevője volt a szakmai rendezvényeknek, a beruházási, villamosítási konferenciáknak, a felsővezeteki szakkollégiumi üléseknek. Több évtizedes szakmai tapasztalata a kivitelezés minden fortélyát ismerő értékes ismeretanyaggal vértette fel. Kapcsolati tőkéje rendkívülinek nevezhető a vasúti területen végzendő munkák ügyében.

A halálával bekövetkezett úrnagyon nehéz lesz pótolni. Búcsúunk Tóled, búcsúznak osztálytársaid, osztályfőnököd, kollégáid, munkatársaid, a vasúti erősáramú szakterület dolgozói, a felsővezeteki szakkollégium vezetése, tagjai, a társszakszolgálatok képviselői.

Ferikém! Csak az hal meg, akit elfelejtünk!

Feri! Nyugodj békében!

DANCSI JÓZSEF





# Teljessé vált a 40a vonal elektronikus biztosítóberendezése

CSERGŐ GYÖRGY, HALMOS ATTILA,  
LUKÁCS ÁDÁM, MELLES KRISTÓF

## Bevezetés

A Siemens Mobility három pályaépítő vállalkozóhoz kapcsolódva, két biztosítóberendezési projektben valósította meg a Kelenföld (kizár)–Pusztaszabolcs (bezár) vagy másképpen a 40a vonal elektronikus biztosítóberendezését.

Ezen projektek közkeletű neve a

- KLBA: Kelenföld (kiz.)–Százhalombatta (kiz.) illetve
- BAAB: Százhalombatta (bez.)–Pusztaszabolcs (bez.) lett.

A nyílt vonalat centralizált térközzel kezelő elektronikus biztosítóberendezés mellett a szállítási terjedelem részét képezték elektronikus vonali és állomási sorompók (Simis LC) és elektronikus biztosítóberendezési kezelőfelület (ILTIS), amelynek mind a távvezérlő (CTC: Centralized Traffic Control), mind a helyi (ILOK: Iltis Lokal) része kiépítésre került. A távvezérlő rendszer a vonalszakasz egy részén tartalmazza az önműködő vonatirányítás (Zuglenkung) funkciót, amely a MÁV vonalhálózatán itt került először megvalósításra. Az önműködő vonatirányítás a MÁV menetrendi adatbázisából kiexportált információk segítségével a vonatok irányítói közreműködés nélkül vágányút- és jelzőállítását teszik lehetővé. Avágányút beállítása a megfelelő időben (tehát nem idő előtt, több másik vonat közlekedését akadályozva), és bizonyos tényezők (csatlakozó vonat, forduló vonat, iránytváltó vonat) figyelembevételével történik meg. Az ad-hoc vonatok leközlekedtetését is támogatja a rendszer: az irányítók is létrehozhatnak meneteket.

Jelen cikk elsősorban a BAAB projekt biztosítóberendezésének 2022. novemberi–decemberi üzembe helyezéséről, valamint a KÖFI 2022 kora tavaszi üzembe helyezéséről szól, de érdekességképpen elmesélünk néhány, a kivitelezés megkezdésétől a befejezéséig előforduló, módosítást igénylő esetet is.

## Gondolatok az alsó szakasz (BAAB) biztosítóberendezési üzembe helyezési folyamatáról

A Százhalombatta–Pusztaszabolcs vonalszakasz elektronikus biztosítóberendezése egy egylépéses üzembe helyezés keretében került kivitelezésre. Köszönhetően mind a projektben dolgozó kivitelező vállalkozók,



Életkép az üzembe helyezésről, Pusztaszabolcs

mind az üzemeltető összes részt vevő szervezete által tanúsított egyöntetű együttműködésének, ez a meglehetősen nehéz feladat kvázi eseménymentesen zajlott le.

Az üzembe helyezést fel kellett tördelni kisebb részletekre, mivel a munka országrészét éjszakai 3–4 órás vágányzárakban kellett végrehajtani. Ez köszönhető volt annak, hogy mind a MÁV-Start, mind a többi vasútállalat már bejáratott menetvonalakkal dolgozott, ésettől az alaphelyzettől nagyon nehéz volt eltérni. A helyzet elvileg javítható lett volna a komplett állomásközpök egyik vágányának teljes kizárásával, de ezt nem engedte meg sem az állomások vágányhálózati képe, sem az a tény, hogy az egy egységként kezelt Ercsi–Pusztaszabolcs szakasz hossza kb. 12 km. Ilyen távolságban a vonalra jellemző forgalom-

menntiséget egy vágányon nem lehetett volna lebonyolítani.

Az üzembe helyezési folyamat tördeléséhez a sorvezetőt a forgalmi szolgálati helyek határai adták. Mindösszesen 9 alkalommal, 3–4-órás éjszaka alatt került üzembe helyezésre 26 km-nyi kétvágányú vonalszakasz 4 forgalmi szolgálati hellyel, amiből található egy 8 vágányos és egy 10 vágányos állomás, 5 sorompó és 22 db térközzszakasz. A 9 éjszaka a következő módon került felosztásra: 3 éjszaka Százhalombatta, 3 éjszaka Százhalombatta–Pusztaszabolcs szakasz, 3 éjszaka Pusztaszabolcs üzembe helyezése. Emellett természetesen szerepeltek olyan vágányzárak is, amik az állomások külső vágányait érintették és hosszabb időtartamúak voltak, de ezek a forgalmat nem korlátozták.



A 40a vonalszakasz Központi Forgalmirányító berendezése a Kerepesi út 14.-ben

Akkor mégis mit értünk „egylépéses” üzembe helyezés alatt?

Ütemezés szerint egyben terveztük a teljes projekt átadását, így nem kerültek olyan műszaki állapotok megtervezésre és kialakításra, amik lehetővé tették volna a végleges és az ideiglenes rendszerek biztber - biztber kapcsolatának kialakítását. Az egyes éjszakák közötti üzemnapokra olyan „félállapotokat” hoztunk létre, amelyek mellett így is garantált volt a biztonságosvonatközlekedés. Ezeket az állapotokat nem lehetett fenntartani huzamosabb ideig a nem teljeskörű szolgáltatási szintjük miatt, ezért az üzembe helyezés folyamatát sehol nem lehetett megszakítani.

A teljes folyamat sikerét jól példázza, hogy az üzembe helyezés közben és után nem történt olyan esemény, amely az országos sajtó ingerküszöbét elérte volna. Itt megragadnánk az alkalmat, hogy az üzembe helyezésben résztvevő MÁV-os kollégák és alvállalkozó partnereink felé is elismerésünket fejezzük ki a kiváló együttműködés okán!

A megvalósítás során több, a megkezdett tervezést és kivitelezést visszamenőleg is jelentősen érintő módosítást kellett megtenni. Ezen esetek jellemző példájaként kiemelhetjük, amikor Iváncsa forgalmi kitérő váltószámzását az üzembe helyezést megelőző évben kellett megváltoztatni, annak kezelőfelületi, sínáramköri, tengelyszámálós vonzataival. Ennek oka az volt, hogy a pályás és biztosítóberendezési tervező más-más – önmagában mindkettő helyes – elvet használt fel a számozásnál, de az eltérés csak megkésve, a pálya megépítését követően derült ki. Mivel a pálya és a kapcsolódó egyéb létesítmények elnevezése, számozása addigra már az állomási utasításokban is megjelent, így „természetesen” a biztberes vállalkozónak kellett



Helyi kezelői munkaállomás Pusztaszabolcson

„utánamennie” az eseményeknek. Egy ilyen jellegű módosítás a biztosítóberendezési szoftver előállításában azt jelenti, hogy visszamegyünk a kályhához. Át kell nevezni a szakaszokat, váltókat, 75 Hz-es szakaszokat. Majd az ezeket felhasználó szoftvert is módosítani kell, szem előtt tartva, hogy ne kerüljön bele új hiba. Majd pedig verifikálni kell a folyamatlépéseket. Ezzel párhuzamosan a biztosítóberendezési kezelőfelület (ILTIS) is új monitorképet kap, megváltozik a dokumentációja (elemlista, vizsgálati lapok stb.). A változások nem csak a papíron és a bitek világában kell, hogy megszülessenek: a tengelyszámálók, input/putput kártyák projektálás módosításán felül még a jelölkeket is cserélni kell, szigorúan ügyelve, hogy ez akkor legyen végrehajtva, amikor már van a megváltozott felirathoz megváltozott terv. Az ehhez hasonló „kis bosszúságok” elkerülése a pálya- és biztosítóberendezési

tervezők és kivitelezők igen szoros együttműködésével lehetséges csak.

### Senki sem sziget: néhány gyakorlati példa a biztosítóberendezések közötti interfészek módosításairól

A Százhalombatta–Dunai Finomító közötti állomásköz végleges kialakítása szintén egy érdekes példa a kivitelezés közben történt változásokról és az azzal járó hatásokról. Az állomásköz eredetileg két térszakaszból állt. A vágányhálózat átépítése után a bejáratijelzők áthelyezésre kerültek Dunai Finomító irányába, valamint a pályás vállalkozó a térszakaszt átalakította első bejáratijelzővé. Üzemeltető ezt követően jelezte, hogy az érintett szakaszon

jelentős a teherforgalom, az szállított anyagok veszélyesnek minősülnek és kifejezetten robbanásveszélyesek, majd ezen ok miatt kérte a Megbízót, hogy a tárgyi térköz megvalósítására Vállalkozó a korábban készített előtervben rögzített megoldást a vonali általános fékút figyelembevételével alakítsa át. A térköz kiosztás változása miatt mindkét irányban ki kellett alakítani a térközjelzőn a 40 km/h elhaladási sebességjelzést, előjelzést kellett adni a 40 km/h várható elhaladási sebességre Százhalombatta és Dunai Finomító állomások kijáratijelzőinél, valamint további közelítési szakaszokat is be kellett vonni, sőt Dunai Finomító kezdőponti kijáratismételőzárját/hívásfeloldóját tartalmaznia kell. Ezen átalakítások a kivitelezés végső szakaszában jelentős leterhelést jelentenek a tervek átalakításában (tervezőpartnerünk, a BI-LOGIK Kft. kapacitásában), a szoftver módosításában, valamint – nem utolsósorban – a szükséges hardverelemek megszerzésében és telepítésében.

Figyelembe véve az üzembe helyezésre kapott rövid időtartamú vágányzarat és a régi (átalakított) térközszekrény újabb módosításával járó kockázatot, döntés született a projektsapaton belül, hogy teljesen új térközszekrény kerüljön kialakításra. A szekrény telepítése korábban elvégezhetővé vált a régi szekrény mellé, majd – megfelelő előkészületek után – „csak” a vonalkábelt kellett átterhelni. Ennek eredményeképpen az éjszaka elvégzett átállás forgalmat akadályozó bonyodalmak nélkül lezajlott.

A négyfogalmú térköz kialakítása az ILTIS által végzett önműködő jelzőüzem átalakítását is megkövetelte: a páratlan vonatok ÖJÜ-indítása már a Dunai Finomítóbeli kijáratijelzőkezeléssel megtörténik.

### Pusztaszabolcs–Szabadegyháza

állomás között kényszer menetirányváltást kellett kiépíteni. Évekkel ezelőtt elkészült az erre az áramkörre vonatkozó specifikáció, de kiépítésére a korábbiakban nem volt szükség, ezért tulajdonképpen ebben a projektben került először „élesben” is kipróbálásra. Az első tesztek során megállapítást nyert, hogy az áramkörben további átalakítások szükségesek. Karácsony és szilveszter között partnerünk, a Nextrail Kft. gyorsított ütemben áttervezte a kapcsolást, ami még szilveszter előtt megvalósításra került. Az ezt követő próba során azonban kiderült, hogy még a térközi áramkörökben és az egyik RPQ illesztőkártyán is módosítást kellett végrehajtani. Végül ezt követően sikerült a KMV áramkört megfelelően kialakítani, az Üzemeltetővel jóváhagyatni, de azóta a funkció már rendben működik.

**Pusztaszabolcs** állomás üzembe helyezése után **Adony** irányába az első térközszakasz (ABAT1) időnként álfoglalt lett mind kijáratijelző, mind bejáratijelző esetén.



A „Dominó világ” lekapcsolása Százhalombattán az üzembe helyezés hajnalán



A tengelyszámilólók kiértékelő panelje

A hiba előfordulásának ideje és gyakorisága teljesen változó volt. Először a VBU PQ vonali ütemadót cseréltük ki, második körben a térközszakasz végén lévő 150A-es drosszel transzformátort cseréltük ki 300A-esre a sinre csatlakozó kábelekkel együtt. A probléma továbbra is jelentkezett, de bejáratijelző esetén néha a vonali ütemadó is megállt. Oszilloszkópos mérés

szórán kiderült, hogy amennyiben Pusztaszabolcs és Dunaújváros között egyszerre két vonat tartózkodik, akkor a 75 Hz-es ütemezett jelbe 50 Hz-es vontatási zavarójelek kerülnek. Ezek nagysága elérheti a „hasznos” jel kétharmadát is és olyankor biztonsági okból lekapcsol az ütemadó. Megoldásként egy zavaró jelekre kevésbé érzékeny Ganz ütemadó került beépítésre.

**Pusztaszabolcs és Zichyújfalu** között a meglévő, Siemenses tengelyszámálóra alapozott Siemba utolérés- és ellenmenetkizárás került továbbfejlesztésre. A telepítés során az adatátvitel és a Pusztaszabolcsan elhelyezett végberendezés került cserére, illetve a Simis IS projektek világában már a harmadik funkciókészlettel felruházva.

## A KÖFI-történet

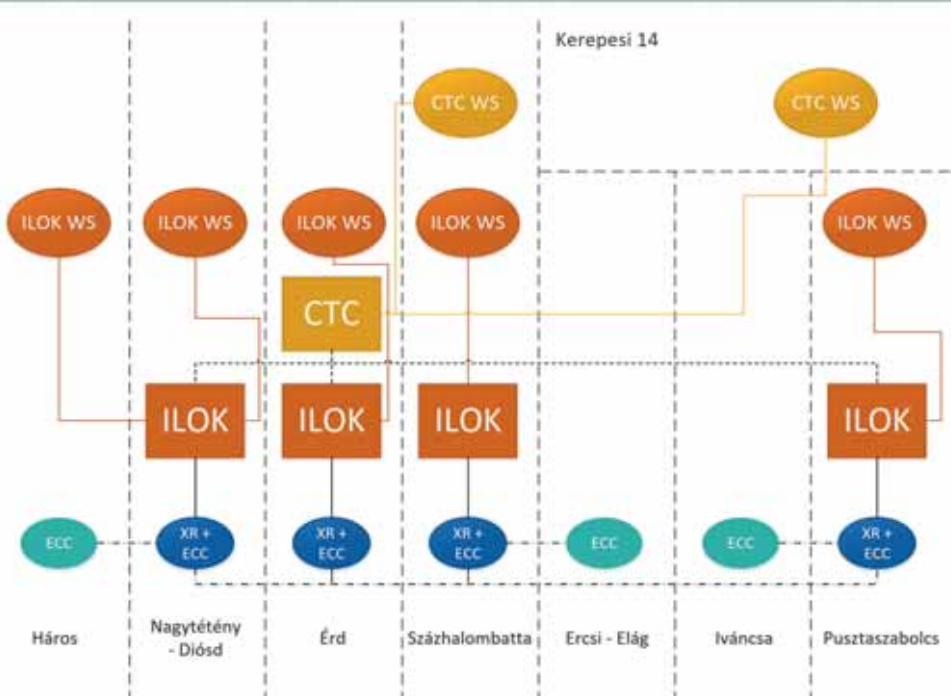
A 40a vasútvonal ILTIS-el való kezelése, valamint a végleges KÖFI létrejötte több lépésben valósult meg a KLBA és BAAB projektek keretében. A Háros és Nagytétény-Diósd állomások 2019.03.31-i üzembehelyezését követően a vonalszakaszt a hárosi forgalmi irodából kezelték. A rendszertechnikát tekintve ekkor még elég volt a Nagytétény-Diósi SIMIS-IS fejgépre csatlakozó ILOK (ILTIS Lokal) munkaállomását kiépíteni.

Az ezt követő fázisban, amikor Érd-Elágazás és az ahhoz kapcsolódó tárnoki csatlakozás is elektronikus biztosítóberendezést kapott, szükségessé vált egy újabb helyi munkaállomás az érdi felvételi épület mellett elhelyezett ideiglenes forgalmi konténerben, megvalósítva a Domino pult (Érd állomás) és az ILTIS (Érd-Elágazás) párhuzamos kezelését.

Következő mérföldkő Érd állomás teljes SIMIS-IS üzembe helyezése volt 2020 októberében, az eddigi ideiglenes megoldások felszámolásával. Ekkor került üzembe helyezésre az érdi CTC, ami a majdani teljes 40a központi forgalmi irányítási (KÖFI) funkcióért is felelős lett. Ettől a ponttól vált lehetségessé a Kelenföld (kiz.)-Százhalombatta (kiz.) szakasz egy központból való irányítása (lásd. Vasúti Vezetékvilág 2021/3).

2021 novemberében a Százhalombatta-Pusztaszabolcs vonalszakasz SIMIS-IS biztosítóberendezés üzembe helyezésével vált teljessé a rendszer. Kezdetben az állomások helyi kezelésben üzemeltek két biztosítóberendezési fejgépről (Százhalombatta + Ercsi-Elágazás és Iváncsa + Pusztaszabolcs) majd 2022. januártól kezdve az érdi KÖFI központ lekapcsolásával egyidőben a Százhalombattára kiépített forgalomirányító központból távvezérelve egy egységben valósult meg.

A teljes vonalszakasz központi forgalomirányítási rendszerét az Üzemeltető döntése alapján a Kerepesi út 14-ben lévő munkahelyre kellett telepíteni a végleges kialakításban, azonban a folyamatos üzem biztosítása érdekében, a többlépcsős üzembe helyezés miatt a BAAB projektben az eredetileg a „Kerepesi 14”-be tervezett munkaállomások kerültek először Százhalombattára, majd az érdi kollégák átköltözését követően az érdi gépek kerültek a Kerepesi útra. Ide került először



1. ábra: 40a rendszeráttekintés

a magyarországi SIEMENS történetében a vonalirányítónak is biztosítóberendezési kezelőfelület. A végleges kialakítást 2022. májusban a Kerepesi út 14.-ben található üzemirányító központba költözés jelentette, ezzel egyidejűleg a százhalombattai munkaállomás lekapcsolásra került.

## A KÖFI rendszerfelépítése

Az ILTIS, a központi forgalomirányítás-kezelő és visszajelentő rendszere alapvetően 2 részre osztható. A biztosítóberendezésre, jelen esetben a SIMIS IS fejgépekre (ECC) csatlakozó ILOK (helyi vezérlő) komponensekre, valamint az ezekre épülő CTC (központi forgalomirányítás) rendszerre. Minden SIMIS IS fejgépre csatlakozik egy ILOK, amivel az adott körzet helyi üzemből kezelhető. Példának okáért a Nagytétény-Diósi ILOK kezeli a Kelenföld (kiz.)-Érd-Elágazás (kiz.) vonalszakaszt, Háros és Nagytétény-Diósd állomásokkal, mivel a Nagytétény-Diósi SIMIS-IS ezt a körzetet fedi le. A CTC az ILOK rendszereket összefogva valósítja meg a távvezérlést.

A 40a vonalra így 4 ILOK és 1 CTC alrendszer lett telepítve, amelyekre számos kezelőfelület csatlakozik. A távoli kapcsolatokért az MPLS hálózat a felelős, EPIPE (pont-pont) kapcsolatokat használva a különböző végpontok között. Ennek köszönhetően a kezelőfelületek gyakorlatilag bárhol elhelyezhetőek.

## Zárszó

Jelenleg a projektek ETCS-részének vizsgálata folyik. A különböző munkarészek, projektcsoportok összehangolásának kihívását az az érdekesség is mutatja, hogy a két biztosítóberendezési projekt (KLBA és BAAB) két különböző fázisban megvalósuló GSM-R-projekterülettel (I. és II.) van lefedve, ahol a projekthatárok nem egyeznek meg. Az ebből adódó tesztelési nehézségek a Megbízó számára is figyelemre méltó jelként kell szolgálniuk a továbbiakban arra nézve, hogy az összeérő és egymással átfedésben lévő projektek előkészítésére a zökkenőmentes kivitelezés érdekében a jövőben kiemelt figyelmet kell fordítani.

### ESTW-Projekte der Bahnlinie 40a sind fertig

Siemens Mobility hat die ESTW-Projekte der Bahnlinie 40a (KLBA, BAAB) in Betrieb genommen. Der technische Umfang des Projekts (elektronische Stellwerk Simis IS; elektronischer Bahnübergang Simis LC; Leittechnik Iltis, die auch die Fernsteuerung des Streckenabschnitts implementiert), der Zeitrahmen und die wichtigsten Erfahrungen der Inbetriebnahme werden im Artikel zusammen mit den nächsten Schritten vorgestellt.

### Electronic signalling projects on line 40a are ready

Siemens Mobility has commissioned the electronic signalling projects on line 40a (KLBA, BAAB). The technical scope of the project (Simis IS electronic interlocking; Simis LC electronic level crossing; Iltis operational control, which also implements remote control of the line section), the timeframe and the main experiences of the commissioning are presented in the article, together with the next steps.

# LEU Karbantartás és diagnosztika – Thales LEU távmenedzsment

TÖRÖK IMRE

## Bevezető

A hazai hálózaton a Thales által eddig telepített ETCS LEU-k esetében a meghibásodások észlelését az adott LEU hiba kimenet érintkezőinek sorompózavar, jelző főszálzavar vagy térközzavar áramkörbe történő bekötése, valamint az ETCS fedélzeti berendezések kijelzőin megjelenő „NO LEU” vagy „NO ASPECT” szöveges üzenetek biztosítják. A hiba pontos okának megállapítása viszont csak úgy lehetséges, ha a hibaelhárító szakemberek a helyszínrre mennek, és szerviz laptop segítségével, soros porton kiolvassák a részletes diagnosztikai információkat.

A jelen cikkben bemutatott LMD – LEU Maintenance and Diagnosis szolgáltatás-család kifejlesztésével lehetővé válik a részletes LEU diagnosztikai információk távoli elérése. Az egyes LEU berendezések kommunikációs hálózatba szervezése ezen felül lehetővé teszi a távdiagnosztikán túlmutató szolgáltatások bevezetését is az alábbi fejlesztési lépések szerint:

- LMD 1.1 LEU távdiagnosztika
- LMD 1.2 LEU Information Coupling (LIC) / LEU Információ csatolás
- LMD 1.3 TSR távmenedzsment

Az összes fent említett szolgáltatás megvalósítása esetén az alábbi ábra mutatja a rendszer vázlatos felépítését:

## Az ábrán szereplő rövidítések jelentése:

BD	Balise Driver – Balízvezérlő
CEC	Centralized ETCS Controller – Centralizált ETCS vezérlő
CSA	Customer Service Adapter – Ügyfél Szolgáltatás adapter
DB	Database – Adatbázis
DMC	Diagnosis and Management Console – Diagnosztikai és Menedzsment Konzol
LIC	LEU Information Coupling – LEU Információ Csatolás
LMD	LEU Management and Diagnosis – LEU Menedzsment és Diagnosztika
RENr	Remote Equipment Network Router – Távoli Berendezés Hálózati Router
RLM	Remote LEU Management – Távoli LEU Menedzsment
TSR	Temporary Speed Restriction – Ideiglenes Sebességkorlátozás
TVD	Telegram Verification and Distribution – Távirat Verifikáció és Disztribúció

Az áttekintő ábrán látható, hogy a rendszer az egyes LEU-khoz kihelyezett illesztőeszközökből, kommunikációs IP hálózatból, központi szerver egységekből, valamint munkaállomásból áll.

## A rendszer elemei

### A LEU-k illesztése a távdiagnosztikai hálózatokhoz

A Thales LEU PV 3.5 egységek CAN busz segítségével tudnak egymással kommunikálni. Mivel a CAN busz távolsága korlátozott, így közvetlenül csak az egymás közelében lévő LEU-k tudnak így kapcsolódni

egymáshoz. Anagy földrajzi távolságra lévő LMD szerver felé IP hálózaton lehetséges a kommunikáció. A LEU-k CAN busza, illetve az IP hálózat közötti illesztést az ún. RENr (Remote Equipment Network Router) eszköz végzi. Az eszköz GSM-R változatát mutatja a 2. ábra.



2. ábra: Remote Equipment Network Router (GSM-R változat)

1. ábra: Az LMD rendszer vázlatos felépítése

Ez az egység szabványos RJ45 csatlakozóval illeszthető az IP hálózatokhoz. Mivel az Ethernet kábelek is csak nagyságrendileg 100 méteres távolságot tudnak áthidalni, így a LEU közelében rendelkezésre álló átviteli közeg függvényében további réz vagy optikai modem használata szükséges. Réz érpár használata esetén SHDSL modemek kerülnek felhasználásra, amelyek a vonalkábel szabad érnegyeseire köthetők. Amennyiben a LEU közelében elérhető kifejtett technológiai optikai kábel, akkor értelemszerűen optikai modemet célszerű használni. A RENr eszköznek van olyan változata is, amelybe SIM kártya helyezhető, és GSM vagy GSM-R mobilnet kapcsolat segítségével tud kommunikálni a központi

LMD szerverrel. Ez akkor előnyös, ha sem optikai, sem réz alapú adatátviteli lehetőség nem áll rendelkezésre az adott LEU közelében. Ilyenkor azonban kisebb adatátviteli sebesség érhető el a vezetékes kapcsolatokhoz képest.

Egy RENR egység több, egymáshoz CAN buszon kapcsolódó LEU IP kapcsolatát tudja biztosítani. A jobb rendelkezésre állás elérése érdekében lehetőség van a LEU helyszínén két, egymás redundanciájaként szolgáló RENR eszköz használatára.

### Központi szerver

Az LMD szolgáltatás központi eleme egy felhőalapú szerver, amely fizikailag három DELL szerver számítógépből, valamint az általuk közösen használt merevlemez tárolóegységből áll. Amennyiben a LEU információ csatolás szolgáltatásra is szükség van, akkor az LMD szerverszervevényébe beépítésre kerül egy 2003-as architektúrájú ún. LIC szerver rack egység, amely a biztonságkritikus számításokat végzi.

## A rendszer szolgáltatásai

### LMD 1.1 – LEU Távdiaosztika

A fejlesztés első lépcsője a LEU diagnosztikai szolgáltatások távoli elérése. A felhasználók egy böngésző alapú grafikus felhasználói felületen keresztül érhetik el a rendszer szolgáltatásait. A felhasználói felület főmenüjét a 4. ábra mutatja.

A főbb elérhető funkciók:

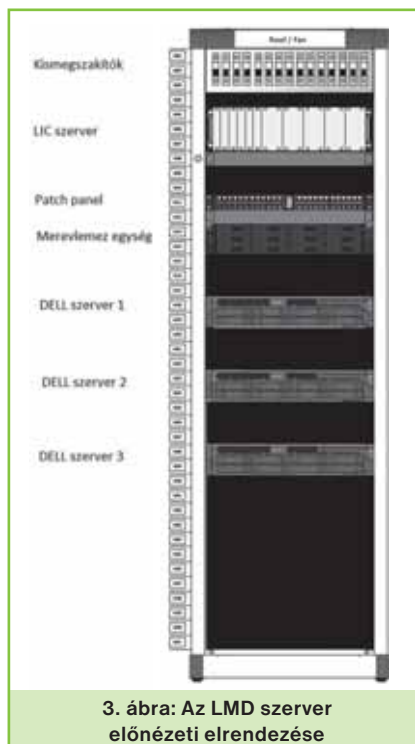
- LEU-k, balizvezérlőkártyák, illetve ezek balizvezérlő csatornáinak állapotinformáció lekérdezése
- Balizvezérlők diagnosztikai üzeneteinek elérése

- LEU információ csatolás kapcsolatok állapotának lekérdezése, ezek végponti (balizmeghajtó), illetve központi egységeinek állapot lekérdezése

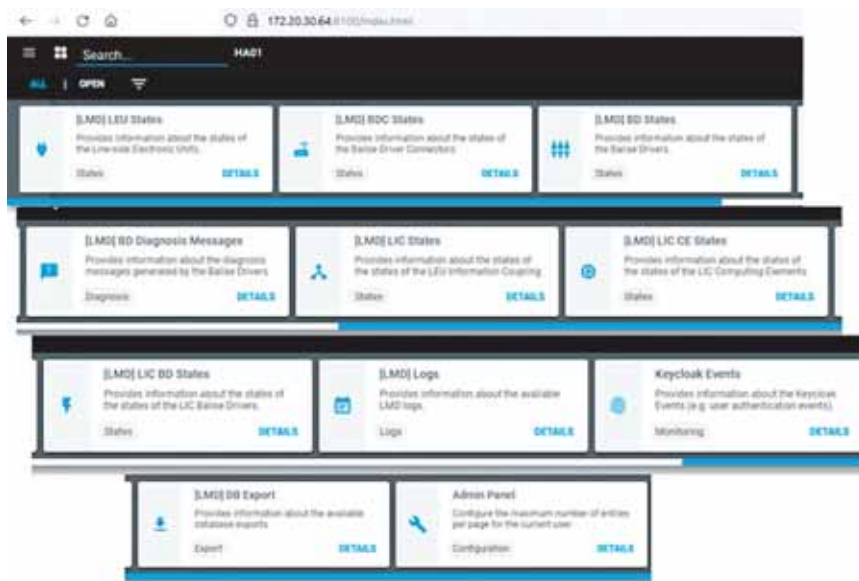
- Diagnosztikai szerver naplói információinak lekérdezése

- Diagnosztikai rendszer felhasználói adminisztrációja, valamint az egyes felhasználók által végzett műveletek lekérdezése

A részletes diagnosztikai információk távoli elérése lehetővé teszi, hogy a helyszíni hibakereséssel töltött idő minimálisra csökkenjen, és a hibaelhárító csapat már célzottan, a behatárolt hiba megszüntetéséhez szükséges eszközökkel, illetve tartalék alkatrészekkel érkezzen a meghibásodott LEU eszközökhöz.



3. ábra: Az LMD szerver előnézeti elrendezése



4. ábra: A LEU távdiaosztikai alkalmazás főmenüje



LMD 1.2 – LEU Információ csatolás (LIC)

A „G” féknemváltó állással közlekedő hosszú tehervonatok, valamint a 160 km/h sebességű személyszállító vonatok esetén az ETCS fedélzeti berendezés által számított fékgörbék figyelmeztetési görbéinek hossza az eddigi üzemi tapasztalatok alapján kb. 1700–2000 méteres tartományban van. Ez azt eredményezi, hogy az adott jelző fényáramköréből kinyerhető, két menetengedély-szakaszra vonatkozó jelzésekép-információ használata esetén a fékezési figyelmeztetés hamarabb megjelenik a fedélzeti ETCS kijelzőn, mint ahogy a vonat elné a menetengedélyt meghosszabbító következő jelző balizscsoportját. Ezt a jelenséget nevezik fékgörbebelógásnak. Ennek megelőzése érdekében három szekciós ETCS menetengedélyt kell adni az ETCS L1 rendszert használó vonatok számára. Ez viszont azt igényli, hogy a menetirány szerinti következő jelző állapotinformációját is meg kell kapják az egyes jelzők LEU berendezései. A harmadik menetengedély szakasz információk átvitelét a korábban kiépített Budapest–Hegyeshalom ETCS L1 pályamenti rendszer is biztosította, azonban az ott használt ún. MUX eszközök kedvezőtlen rendelkezésre állása, valamint a hibadiagnosztikájuk nehézsége miatt gyakran fordultak elő harmadik menetengedély szakasz információ hiánya miatti fékgörbebelógások.

Az LMD rendszer által biztosított, valamennyi LEU távkapcsolatát biztosító kommunikációs hálózat lehetővé teszi az állapotinformációk átvitelét az eltérő telepítési helyen lévő LEU-k között. Mivel itt biztonságkritikus információk átvitele is előfordul, így az állapotüzenetek továbbítását egy speciális, 2003 architektúrát használó, SIL-4 biztonsági szintet biztosító hardver, az ún. LIC szerver végzi. Ez az egység az

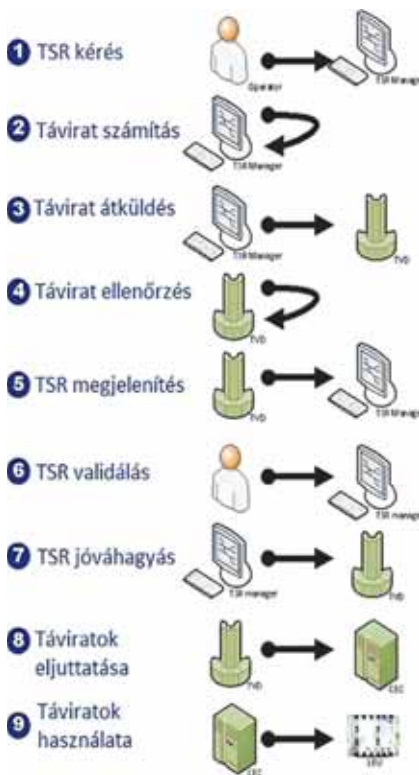


LMD server szekrényben kerül elhelyezésre. Az egymás biztonsági és rendelkezésre állási redundanciáját alkotó három számítási csatorna szoftvere egy-egy CIQ-3 processzorkártyán fut. Ez egy Thales fejlesztésű processzorkártya, amely az ún. TAS platform közepesen számításigényes alkalmazásaihoz készült. Egy LIC server egység kb. 300 LEU-LEU kapcsolat számítási igényeit képes ellátni. A LIC server rack egység fényképét szemlélteti a 5. ábra.

#### LMD 1.3 – TSR távmenedzsment

A LEU egységek kommunikációs hálózatba kötése lehetővé teszi a LEU táviratok távoli módosítását. Ez különösen hasznos lehet ideiglenes lassúmenetek létrehozásához, illetve törléséhez. Ez a művelet hasonlóan történik, mint az RBC kezelőfelületen elvégzett lassúmenet bevitel. Mivel az ETCS adatbázis biztonságkritikus információkat tartalmaz, így annak módosítása csak speciális biztonsági intézkedések mellett megengedett. Ezt a biztonsági folyamatot mutatja a 6. ábra.

A felhasználó egy grafikus kezelőfelületen kijelöli a sebességkorlátozással érintett vágányszakaszt, és megadja a sebességkorlátozás paramétereit. A rendszer ez alapján meghatározza, hogy mely balizok távirataiba kell beépíteni a TSR (ideiglenes sebességkorlátozás) adatsomagot, és legenerálja a módosított táviratokat. A módosított táviratok átküldésre kerülnek a távirat verifikáló és szétosztó eszközre (TVD), amely elvégzi azok automatikus ellenőrzését. Az ellenőrzött táviratok által kikényszerített sebességkorlátozások megjelennek a grafikus kezelőfelületen, ahol a felhasználónak meg kell erősítenie azok helyességét. Ezután a TVD egység véglegesíti a módosított adatbázist, és az ún.



6. ábra: TSR távmenedzsment biztonsági folyamata

CEC eszköz segítségével eljuttatja a módosított táviratokat az érintett LEU-k számára. A módosított táviratok az érintett LEU-kba történő letöltés után érvénybe léptethetők.

#### Összefoglalás

Szakmai fórumokon gyakori vitatéma, hogy az ETCS L1 rendszerek építésének van-e még létjogosultsága, vagy már csak ETCS L2 szintet érdemes kiépíteni. Megfelelően kiépített in-fill megoldásokkal, valamint a cikkben ismertetett megoldások használatával az ETCS L1 szint által nyújtott szolgáltatási színvonal és hibadiagnosztikai lehetőség megközelítheti az ETCS L2 szint által nyújtott szolgáltatási szintet. Ezáltal a korábban kiépült ETCS L1 rendszerek továbbfejlesztése költséghatékonyabbá válik, mint a teljes pályamenti alrendszer lecserélése ETCS L2 szintre. A LEU távmenedzsment és a LEU információcsatolás szolgáltatás hamarosan bevezetésre kerül a MÁV hálózatán a Szajol–Debrecen, valamint a felújítás alatt álló Budapest–Hegyeshalom pályamenti ETCS alrendszerekben. A TSR menedzsment funkció jelenleg még fejlesztés alatt áll.

#### LEU Maintenance and Diagnosis - Thales LEU remote management

In addition to ETCS LEU remote diagnostics, the Thales LMD 1.2 LEU Maintenance and Diagnosis solution allows signalling information to be transferred between remote LEUs. The solution will soon appear on the MÁV network in the Szajol - Debrecen and Budapest - Hegyeshalom trackside ETCS subsystems. As the solution is further developed, it will also be possible to load temporary speed restriction information into LEUs centrally.

#### LEU Instandhaltung und Diagnosis - Thales LEU Fernmanagement

Zusätzlich zur ETCS-LEU-Ferndiagnose ermöglicht die LMD 1.2 LEU- Maintenance and Diagnosis Lösung von Thales die Übertragung von Signalisierungsinformationen zwischen entfernten LEUs. Die Lösung wird in Kürze im MÁV-Netz in den streckenseitigen ETCS-Subsystemen Szajol - Debrecen und Budapest - Hegyeshalom erscheinen. Mit der Weiterentwicklung der Lösung wird es auch möglich sein, temporäre Geschwindigkeitsbegrenzungsinformationen zentral in LEUs zu laden.

# Valós idejű forgalmi konfliktus feloldása matematikai optimalizációval

DR. ARADI SZILÁRD, LÖVÉTEI ISTVÁN FERENC

## 1. Bevezetés

A vasúti közlekedés részarányának növelés évtizedek óta az egyik kiemelt célja az Európai Uniónak. Ezt tovább fokozta az üvegházhatásúgáz-kibocsátás csökkentésének felgyorsítása. Azonban még ma is az utasok mindössze 7, míg az árucikkek 11 százaléka utazik vonattal, miközben a vasút a kibocsátás mindössze 0,4 százalékaért felel, és ez az egyetlen olyan közlekedési mód, ami számottevően csökkentette a kibocsátásait 1990 óta. Emellett a koronavírus-járvány a vasúti közlekedésre is negatív hatással volt, a legtöbb tagországban az utasszám még most sem közelíti meg a járvány előtti szintet. Az Európai Bizottság 2021-et a „vasút európai évének” jelölte ki, hogy népszerűsítse a környezetbarát közlekedési módokat, így elősegítve a 2050-re kitűzött klímasemlegességi célt [1].

Emellett a Bizottság 2020 decemberében fogadta el legújabb, fenntartható és intelligens mobilitási stratégiáját, amely ambiciózus célokat fogalmazott meg e területen is: a vasúti áruszállítás megkészezését és a nagysebességű vasúti tevékenység megháromszorozását 2050-ig. Ennek érdekében törekedni kell a vasúti infrastruktúra kapacitások maximális kihasználására, az adatalapú és mesterséges intelligenciára épülő megoldások alkalmazására a vasúti problémák megoldása esetén is. Továbbá hatékony kapacitásallokációs és forgalomirányítási eljárásokra van szükség az energiafogyasztás és a CO<sub>2</sub>-kibocsátás további csökkentése érdekében [2].

A fentiek adták motivációját a forgalomirányítás automatizálásával és a menetrend-újratervezés optimalizációs kérdéseivel foglalkozó kutatásainknak. Emellett a Prolan Zrt. és a BME közös, jelenleg is futó 2018-1.3.1-VKE-2018-00040 „Elosztott logikájú vasúti elektronikus biztosítóberendezés fejlesztése” című pályázatának keretein belül végzett feladataink is érintik a központi forgalomirányítás és az energiahatékonyság kérdéseit. Az alábbiakban a forgalmi zavarok esetén alkalmazható módszereket és annak nemzetközi szakirodalmát járjuk körbe, valamint egy egyszerű esetben keresztül bemutatjuk a matematikai optimalizációs eljárások alkalmazhatóságát.

## 2. A MÁV forgalomirányítási rendszere

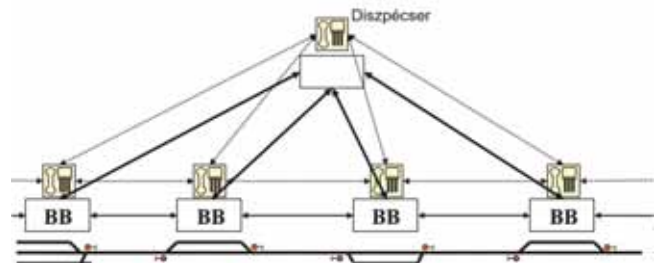
A vasúti üzemirányítás a vonatforgalom tervezésével, lebonyolításával, szabályozásával összefüggő irányítói tevékenységet jelenti [3]. Másként kifejezve az üzemirányítás feladata a menetrend végrehajtása (végrehajtása) az operatív irányítási feladatot ellátó menetirányítókon, forgalmi szolgálattévőkön keresztül. Bár az aktuálisan érvényes menetrend előre ismert, a menetrendtől való eltérések állandóan előfordulnak, nem is beszélve a havi havi helyzetek sokaságáról. Az operatív irányításnak éppen ezért az infrastruktúra sajátosságait figyelembe véve kell a menetrendtől való eltéréseket – késéseket, pótlásokat – kezelni, szükség esetén vonatkeresztezeseket, megelőzéseket kell az állomások között áthelyezni. Egy ilyen módosítás kihatással lehet más vonatok közlekedtetésére – például az átszállások biztosításán, vagy az infrastruktúrabeli kötöttségek okán –, ezért szükséges az operatív irányítás egységessége, azaz a menetrendtől való eltérések egységes koordinálása régiókon belül és azok között is.

Az üzemirányításnak ezért folyamatosan tájékozódnia kell a vonatok aktuális helyzetéről és állapotáról, figyelemmel kell kísérnie az infrastruktúra állapotát, az időjárás helyzeteket, és fel kell készülnie akár a lökészerű utasforgalom kezelésére is. Ennek következtében egy olyan szervezetet kell működtetni, amely hatékonyan képes kezelni az előbb felsorolt helyzeteket, a cél az optimális döntés (amely minden esetben a késések megszüntetése, ezzel együtt a késések okozta költségek minimalizálása) meghozatala. A döntésekhez korszerű eszközök rendelkezésre állása egyre inkább elengedhetetlenné válik.

### 2.1. Korszerű KÖFI rendszerek

A vasutakon alkalmazott legkorszerűbb forgalomirányítási szint a KÖFI (Központi Forgalom Irányítás), 1. ábra. Ezek a rendszerek alkalmasak lehetnek arra, hogy operátori közbeavatkozása nélkül, a menetrendnek megfelelően, automatikusan közlekednek a járművek, pl. zárt metróvonalak.

KÖFI irányítás során a diszpécser a rendelkezésre álló műszaki rendszereken keresztül nem csak látja a vasútvonalak forgalmát, hanem be is tud avatkozni, ő állítja be a vágányutakat, vagy ehhez automatákat használhat. Nagyon gyorsan lehet döntéseket hozni – döntéstámogató szoftverek beépítése is lehetséges – és a beavatkozási idő minimális. Ez a jelenleg alkalmazott leghatékonyabb forgalomirányítási mód. Itt az állomási forgalmi szolgálat megszűnik (erőforrás csökkenés) a hatékonyság rendkívüli mértékben nő. A rendszer hátránya, hogy korszerű és megbízható biztosítóberendezési technikai szintet (és adatátviteli rendszereket stb.) igényel, amelyek kiépítése rendkívül költséges lehet.



1. ábra: KÖFI irányítás (forrás: [4])

A cél ezeknek a KÖFI rendszereknek egy üzemirányító központba történő (OCC – Operational Control Centre, németül BFZ – Betriebsführungszentralen) integrálása, ahonnan a teljes magyarországi forgalom egyszerre, hatékonyan irányítható. Ma Magyarországon a KÖFI irányítás infrastrukturálisan két módon valósul meg. Az egyik az, ahol az adott KÖFI rendszernek meg van a saját központja, pl. Dél-Balaton esetén, Fonyódon, vagy a zalai vonal esetén, Zalaszentivánon. A második, amikor nem csak egy vasútvonal, hanem egy nagyobb körzet (melyhez több vasútvonal is tartozik) irányítása valósul meg, melyek megfelelnek az OCC fogalmának. Magyarországon is vannak ilyen OCC központok, például Szegeden, Szombathelyen és Csornán – 2. ábra. (Az utóbbi két helyszínről valósul meg a GySEV teljes hálózatának irányítása.) Budapesten jelenleg részben üzem alatt van egy ilyen KÖFI központ a Kerepesi út 14. alatt. Itt a 120a, 80a és 40a vonalak irányítása zajlik azonos teremből, de a csatlakozó vasútvonalak irányítása még elkülönül. Az OCC központok elterjedése igen előrehaladott, ilyen



korszerű OCC központokból irányítják pl. Németország valamennyi vasútvonalát is, de több más ország is idesorolható.

A korszerű KÖFI rendszerekbe a biztosítóberendezési kezelő- és visszajelentő funkciókon kívül további rendszerek integrálhatóak, melyek lehetnek:

- automata utastájékoztató rendszerek, amelyek kezelő közbeavatkozása nélkül, automatikusan működnek,
- döntéstámogató, konfliktusfelismerő rendszerek, melyek képesek előre jelezni a konfliktushelyzeteket, így lehetőség van a – felkínált alternatívák mellett – gyors döntéshozatalra, amellyel a hálózaton az összkésés (másodlagos késés) minimalizálható,
  - statisztikai rendszerek, automatikus menetgrafikon készítések,
  - elszámolási rendszerek, amelyek a tényadatok alapján képezik a további elszámolás alapját,
  - hibakezelő rendszerek, automatikus hibajelzések és a megfelelő szolgálatok riasztása,
  - CCTV hálózat integrálása, pl. egy állomáson annak a peronnak a megjelenítése, amelyre a vonat érkezik – ez nem csak a biztonság szempontjából előnyös, hanem a kezelő a vonatokat meg is tudja figyelni, utas nagyság folyamatosan figyelhető,
    - térvilágítási rendszerek távfelügyelete,
    - váltófűtés felügyelete,
    - felsővezetéki rendszerek felügyelete,
    - határátlépő vonatok menedzsmenete stb.

Az OCC központokból a helyi tolatómozgások is felügyelhetők, egyes esetekben közvetlenül vezérelhetők, de ez függ az alsó szinten található biztosítóberendezésektől is. Jelenleg az is látható, hogy azokon a nagyforgalmú állomásokon érdemes külön helyi irányítókat alkalmazni, ahol a tolatási mozgások száma nagy, ezekkel a műveletekkel nem terhelve a vonali irányítók munkáját. Ezekben az esetekben a KÖFI központ az adott állomást csak KÖFE funkcióként látja, a parancskiadás az adott állomáson történik.

Az OCC központokba nem csak döntéstámogató eszközök telepítése lehetséges, hanem forgalomirányítási automaták is szerephez jutnak. Ilyen automaták az automata vágányútbeállítási funkciótól a menetrendalapú vezérlésig terjednek, ahol a vonatok számára a vágányútbeállítási folyamat mentes a humán közbeavatkozástól, azaz a vonatok számára előírt vágányutak emberi közbeavatkozás nélkül, automatikusan beállnak. Ezek a programok kisebb zavarhelyzetekben probléma nélkül tudnak futni, de komplex forgalomirányítási helyzetekben igénylik az emberi közbeavatkozást. A hálózaton kialakuló zavarok kezelésére ezek az automaták nincsenek felkészítve, a menetrend újratervelésének megoldása jelenleg a forgalomirányító személyzet tapasztalatai alapján történik.



2. ábra: Csorna KÖFI központ (saját forrás)

### 2.1.1. Az operatív irányítás szintjei KÖFI vezérelt vonalakon, a döntéshozatal

Az operatív irányítás fogalmába a ténylegesen az OCC központok forgalmi vonatirányítói tudnak beavatkozni. A döntéshozatal szintje azonban ennél bonyolultabb különösen akkor, ha a megoldást ener-

giafelhasználás szempontjából is vizsgálni akarjuk. Zavarmentes esetben a menetrend képezi a közlekedés rendjét, ekkor operatív döntéseket nem kell hozni. Ha a menetrend tervezése valamennyire energiaoptimális (nem kell a vonatoknak feleslegesen gyorsítani és lassítani), akkor várható, hogy a realizáció is követni fogja a tervezett. Egyes zavarhelyzetekben – pl. kis késéssel közlekedő vonatok esetén – a „rerouting” és „rescheduling” feladatot<sup>1</sup>, vagyis az újratervelést az OCC központokban forgalomirányító személyzet is meghozhatja. A döntések során figyelembe kell venni azt, hogy a döntések hatása nem csak az adott operátor által felügyelt körzeten belül érvényesülhet, hanem tovább terjedhet a szomszédos körzetekre, vagy egyes esetekben a teljes vasúthálózatra. A döntéshozatali folyamat emiatt nagymértékben szabályozott, az egyes fellépő zavar eseményektől függ, ki jogosult az újratervelési feladat megoldására, vagy ki az, aki szabályokat állíthat egy ilyen döntési helyzetben. Például egy baleset során a döntési folyamatban többen is részt vesznek, a forgalmi vonalirányító munkáját pl. különböző szakszolgálati diszpécserok is segíthetik.

A döntéshozatali folyamat során általában a cél az, hogy a zavar esemény miatt keletkező ún. elsődleges késés minél kisebb hatással legyen a többi jármű közlekedésére, vagyis az elsődleges késés okozta hatások minél kisebbek legyenek. Ez a hatás elsősorban az ún. másodlagos késést jelenti, mely nem más, mint az elsődleges késés okozta további késés a hálózaton. A hatás természetesen energiafogyasztás változással is jár, mivel felesleges gyorsítások és megállások keletkezhetnek a zavarhelyzet okozta konfliktushelyzetek következtében.

A döntés során a forgalomirányítónak különböző szabályozásokat kell figyelembe vennie, melyek szigorúan szabályozhatják és szűkíthetik a lehetséges döntési alternatívákat. Jelenleg nem áll rendelkezésre olyan döntéstámogató eszköz, mely a döntések hatását energiafelhasználási szempontból is vizsgálná. A döntés (tulajdonképpen mindig „rerouting” és/vagy „rescheduling”) eredménye minden esetben egy új tervezett menetrend, mely tartalmazza implicit módon a megváltozott vágányutakat és sebességeket, a módosult indulási és érkezési időket, az esetleges csatlakozások módosítását stb. A döntés emiatt visszahat a tényállapotra, és tulajdonképpen egy zárt hurkot alkot.

## 2.2. Optimális újratervelés

Ennek a megközelítésnek a célja az, hogy a jelentkező zavarok esetére kínáljon valamilyen szempontok szerint optimalizált megoldást, ami tulajdonképpen egy rRTMP (real-time Railway Traffic Management Problem) feladat. A jelentkező zavarok minden esetben késést, így költséget is okoznak a vasúti közlekedés résztvevőinek. A járművezetőknek hagyományosan nincs információjuk a többi jármű pontos helyzetéről és a zavarokról csak akkor, ha azt a forgalomirányító személyzet külön jelzi feléjük. Ez azt jelenti, hogy csak a forgalomirányító központban lévő irányítók lehetnek azoknak az információknak a birtokában, amely egy forgalmi helyzet feloldásán optimális megoldást is adhat. Jelenleg az elsődleges cél minden esetben a késések minimalizálása, főleg a személyszállításban. A késések a csatlakozó járművekre is jelentős hatást tudnak gyakorolni, tovább növelve az egyes vonatok késését és így a közreműködők költségét. A központokban a később előálló konfliktushelyzetek

<sup>1</sup> A „rerouting” és „rescheduling” fogalmak közvetlen magyar nyelvű megfelelői nem léteznek. A gyakorlatban az látható, hogy a forgalomirányító személyzet minden helyzetben újraterveli a vonatok közlekedését, ezzel egyidejűleg valósítja meg a két feladatot. Természetesen előfordulhat, hogy az újratervelés eredménye ténylegesen csak „rerouting” vagy csak „rescheduling” megoldást jelent, de ettől függetlenül ez a szóhasználat az elterjedt.

is felismerhetők – általában út-idő diagram alapján –, így a döntések már jó előre, a konfliktushelyzet tényleges kialakulása előtt meghozhatók. Ezek a döntések a legtöbbször a forgalomirányító tapasztalatán, illetve más, szabályozott utasítások alapján történnek (pl. vonatok közötti prioritások figyelembevétele). A leggyakrabban alkalmazott forgalomirányítási elv az ún. FIFO (first in first out) elv, vagyis az elsőnek érkező vonatoknak biztosítunk lehetőséget a továbbhaladásra az infrastrukturális adottságok figyelembevételével. A legtöbb esetben azonban nem csak egy, hanem többféle feloldása is lehet egy forgalmi helyzetnek, és közöttük lehetnek olyan megoldások, amelyek energiafelhasználás szempontjából kedvezőbb megoldást adnak. A „rerouting” feladat megoldása során a vonatok az előre tervezett vágányutak helyett más, alternatív vágányutakon is közlekedhetnek az optimális megoldás során, a „rescheduling” feladat pedig a vonatok egymást követő sorrendjének megváltoztatását jelenti. Általában látható, hogy a késések minimalizálására adott válaszok kedvezőbbek akkor, ha a „rerouting” és a „rescheduling” lehetőség egyidejűleg kerül figyelembevételre. Az energiaigény meghatározása és az egyes megoldások közötti energiafelhasználás kiszámítása igényli a számítógépes forgalomirányítási lehetőségek kidolgozását, mivel ilyen azonnali döntést kívánó helyzetek feloldásában a humán döntési folyamat nem tud energiaszámításokat végezni. Ezek mellett további lehetőségként kínálkozik sebességek ajánlása a járművezetők részére, hiszen egy  $V_{max}$  jelzési kép nem biztos, hogy a rendszer szempontjából kedvező energiafelhasználást jelent akkor, ha a következő jelzőnél meg kell állni. Emellett, egy kisebb sebességgel való elhaladás esetén elképzelhető, hogy felesleges gyorsítások és lassulások elkerülhetők lesznek.

Az újratervezési feladat feloldható például ún. „alternate graph” módszerrel, ami felfogható egy „job-shop scheduling” problémaként [5] és [6]. Ennek a módszernek a gyakorlati alkalmazása az ún. ROMA (Railway traffic Optimization by Means of Alternative graph) valós idejű forgalomirányító rendszer [7]. Ez a módszer önmagában még nem ad energiaoptimalis megoldást, de a késések minimalizálhatók a vonatok követési sorrendjének meghatározásával. Lehetőség van a zavarhelyzetek feloldására ún. „mixed integer linear programming” módszer alkalmazásával. Ez a módszer energiaoptimalis megoldást is adhat, figyelembe tudja venni akár azt is, hogy egyes esetekben a vonatok megállítása egyes megállókban elhagyható [8] és [9]. A MILP megoldás és a hagyományos irányítási módok alapján történő feloldás OpenTrack szimuláció során is igazolható [10].

Aszerzők a korábbi eredményeikre alapozva az SNCF Réseau-val (francia pályahálózat-működtetővel) együttműködve empirikus elemzést végeztek annak felmérésére, hogy az optimalizáláson alapuló döntéstámogató eszközük milyen tényleges hatással lehet a valós forgalomirányításra. Ezt az elemzést a francia PREDIT (Programme de Recherche Et d’Innovation dans les Transports terrestres) programon belül a SIGIFret (Simulation d’une Gestionne Innovante des circulations Fret) kutatási projekt keretében végezték különböző esettanulmányokon a Paris-Le Havre vonalon. A projekt keretében egy 7 km-es pályaszakaszt modelleztek a Mantes-la-Jolie állomás körül és egy 27 km-es szakaszt a Rouen-Rive-Droite állomás körül az OpenTrack szimulációs eszköz felhasználásával. Ez az eszköz tehát lehetővé teszi a diszpécsernek különböző választásainak hatásértékelését. Számos, valós zavarokat bemutató forgatókönyvet dolgoztak fel, amiket az SNCF-Réseau szakemberi választottak ki úgy, hogy azok a vonalon előforduló jellemző szituációkat reprezentálják.

Az optimalizálás hatásának értékeléséhez összehasonlították a vonatok késéseit a különböző stratégiák szerint meghozott forgalomirányítási döntések szimulációja után. Először a saját RECIFE-MILP (REcherche sur la Capacité des Infrastructures Ferroviaires) algoritmusukat vizsgálták meg azokban az esetekben, amikor a „rerouting” tiltott, ill. engedélyezett. Ezután szimulálták az „először érkező először kiszolgált” (FCFS/FIFO) stratégiát, amely szerint az első vonat az általa igényelt vágányszakaszon elsőnek engedhető át. Figyelembe vették továbbá azt a forgalomirányítási stratégiát, amely jelenleg Franciaországban és számos európai országban eleve elfogadott: ugyanazt a vágányszakaszt igénylő két vonat között a pontosabb vonatot részesítik előnyben, és a már késésben lévő vonatokat állítják meg, vagy lassítják le. Végül a Rouen-Rive-Droite irányítási körzetben három valós zavartatási forgatókönyv esetén foglalkoztak a diszpécser által ténylegesen meghozott döntések és az algoritmus által elért eredmények összehasonlításával.

A szimuláció valós időben tudja figyelembe venni a biztosítóberendezések korlátait és azok működését (pl. váltóállítási idő, vágányútbeállítási idő). A szimulációban szintén lehetőség van a járművezetők viselkedésének alapszintű modellezésére. Egy további forgalomirányítási algoritmus lehet az ún. mohó algoritmus [11]. Szintén lehetőség van az energiaoptimalis megoldás keresése során a visszatáplált energia figyelembevételére is [12].

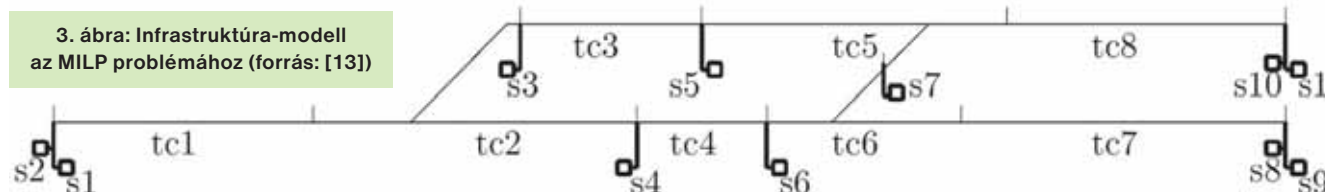
### 3. Forgalomirányítási feladatok megoldása MILP alapú algoritmusokkal

Ebben a fejezetben egy MILP (Mixed Integer Linear Programming) alapú megoldást mutatunk be, amely a forgalomirányítás problémáinak „rescheduling” és „rerouting” felhasználásával történő megoldását célozza meg. A fejlesztést az aktuális „state-of-the-art” kutatások alapján végeztük.

#### 3.1. Az infrastruktúra modellezése

Az optimalizáció legfontosabb és legbonyolultabb bemenete az infrastruktúra modellje. A korábban említett publikációkat követve az infrastruktúra modell alapját a sínáramkörök képezték. A sínáramkörök a vasúti hálózat olyan egymással nem átfedő elemi egységei, amelyekben az ott tartózkodó járművek detektálása automatikusan történik. Az infrastruktúra egyes pontjait sínáramkörök meghatározott sorrendű halmaza köti össze, melyet a vasút útvonalának tekintünk. Fontos megjegyezni, hogy a legtöbb esetben a bejárt pálya kiinduló- és végpontját több lehetséges útvonal is összeköti, ami az optimalizáció lehetőségét kínálja fel. A sínáramkörök bizonyos (meghatározott sorrendű) csoportjai vágányutakat alkotnak, amelyeket egy adott iránynak megfelelő jelzők határolják. A jelzők teszik lehetővé a járművek késéseinek ütemezését. A 3. ábra szemlélteti egy infrastruktúra sematikus modelljét.

A 3. ábrán  $tc_1, tc_2$  stb. jelöli a sínáramköröket, míg  $s_1, s_2, \dots$  szemléltetik a járművek irányítására szolgáló jelzőket. Többféle jelzőt használnak az irányítás során, melyek a lehetséges állapotaik számában különböznek. A leggyakoribb típusok a két- (vörös, zöld) és a háromállapotúak (vörös, sárga, zöld). A kutatás során a kétállapotú jelző rendszer került modellezésre. A 3. ábrán szereplő infrastruktúrában három be-, illetve kilépőpont van:  $s_2, s_1$ ;  $s_8, s_9$ ; és  $s_{10}, s_{11}$  jelzőknél. Feltételezve, hogy az infrastruktúra



nem tartalmaz peront, három útvonalat tartalmaz: az s2-s10 a tc3, vagy tc6 érintésével és az s2-s8 útvonal. Természetesen megjegyzendő, hogy ezek az útvonalak kétirányúak, amelyekhez tartozó vágányutak nem identikusok. Például az s2-s10 tc3-at érintő útvonal két vágányútból áll: az s2-s3 és s3-s10-ból. Azonban, ugyanez az útvonal ellentétes irányban s11-s5 és s5-s1 vágányutakat érint.

Bár az optimalizáció csak sínáramkörök tulajdonságait veszi figyelembe, az egyes sínáramkörök egymáshoz kapcsolódásának leírására egy alacsonyabb absztrakciós szinttel bíró leírás is szükséges. A kutatásunk során az infrastruktúra modell alapját egy gráf alapú leíró adta. Így alakult ki az infrastruktúra végső modellje, mely négy fő absztrakciós szintet állít elő, melyeket a 4. ábra szemléltet.



4. ábra: Az infrastruktúra modell absztrakció szintjei

A gráf alapú modell csomópontokból és az azokat összekötő élekből áll, mely így lehetővé teszi a sínek egymáshoz kapcsolódásának és a váltóknak a modellezését is. A gráf élei, mint sínek a következő tulajdonságokkal bírnak:

- fizikai leírás:
  - hossz,
  - maximális sebesség,
- peron indikátor.

A sínáramkörök gráf élek halmazából épülnek fel, az egy adott irányba álló jelzők közti sínáramkörök pedig vágányutakat alkotnak. A vágányutak meghatározott sorrendje útvonalat alkot. Az útvonalak két végpontot kötnek össze, melyek lehetnek az infrastruktúra be- és kilépő pontjai, illetve peronok. A gráf élek, a sínáramkörök és az útvonalon lévő vágányutak megfelelő sorrendje az útvonal megadásakor az útvonal virtuális bejárásával kerül meghatározásra.

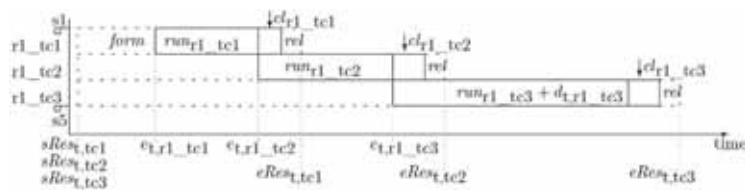
### 3.1.1. Járművek modellezése

Az optimalizáció másik fontos bemenetét képezik az infrastruktúrán közlekedő járművek. A járművek mozgása fix sebességprofillal került modellezésre. Ez azt jelenti, hogy a járművek vagy konstans haladási sebességgel közlekednek, vagy pedig állnak. Továbbá a jármű modell végtelen gyorsulást és lassulást feltételez, vagyis a gyorsulásra vonatkozó dinamikai korlátokat figyelmen kívül hagyja. A járművek a következő tulajdonságokkal rendelkeznek:

- mozgásirány (haladó/tolató),
- peron indikátorok:
  - kiindulási,
  - végállomási,
- maximális sebesség,
- szerelvény hossz,
- tervezett belépési idő,
- tervezett kilépési idő,
- kapcsolódó vonatok:
  - megforduló vonat, szétváló, egyesülő vonat,
  - azonos szerelvény,
  - csatlakozó vonat,
- kiinduló pont,
- célpont.

Minden járműnek a megadott kiinduló- célpontja között kell közlekednie. Alaphelyzetben a kiinduló és célpontok az infrastruktúra végpontjai lehetnek. Amennyiben a peron indikátorok átkapcsolása megtörténik, a hozzájuk tartozó kiinduló- vagy célpontok csak peronok lehetnek. Amennyiben a tervezett kilépési idő értékét, negatív alapértéken hagyja a felhasználó, az a késések nélküli haladási sebességből kerül kiszámításra a szoftver által.

A biztonságos üzemeltetés érdekében a járművek előbb lefoglalják a vágányút összes sínáramkörét, minthogy arra belépnének, melyet bejelentkezési időnek (Formation time) nevez a szakirodalom. Továbbá, miután egy jármű elhagyott egy sínáramkört, azt egy ideig még továbbra is lefoglalja, mely időt oldási időnek (Release time) nevezünk. A kapcsolódó vonatok érkezése és indulása között szükséges egy minimális elkülönítési időt (Minimum separation time) biztosítani a szerelvény konfiguráció-csere lebonyolításának vagy az utasok ki- és beszállásának biztosítása érdekében. Ezek alapján, az r1 útvonalon, r1\_tc1, r1\_tc2 és r1\_tc3 három nominális sínáramkörből álló s1-s5 vágányút lefoglalásának ütemezését szemlélteti az 5. ábra.



5. ábra: Sínáramkörök lefoglalásának ütemezése (forrás: [13])

A5. ábrán szereplő  $sRes_{t,ci}$ ,  $eRes_{t,ci}$  jelöli a vonat  $i$ -dik sínáramkörének lefoglalását és feloldását, míg a bejelentkezési és oldási időt  $form$  és  $rel$  jelölik. Az  $r_j$  útvonalon közlekedő vonat  $tci$  sínáramkörre történő belépését pedig  $e_{t,r_j,tci}$  indikálja. Fontos bemenetét képezi még az ütemezésnek a  $run_{r_j,tci}$  és  $cl_{r_j,tci}$  haladási és kilépési idők. Bár a forrásként szolgáló kutatás a  $tci$  sínáramkörön történő tartózkodás idejét (haladási idő) csak az  $r_j$  útvonal függvényében határozta meg, jelen tanulmány a  $t$  vonat haladási sebességét vette alapul, figyelembe véve ezzel a jármű dinamikai határait. A haladási sebesség a járműre jellemző maximális sebesség és a pályából adódó maximális sebesség minimumaként számítható. Az így megkapott haladási sebességből pedig egyenes vonalú egyenletes mozgást feltételezve kiszámítható a haladási és a kilépési idő a sínáramkör és a járműszerelvény hosszának ismeretében. Az útvonal alapú számítás lehetőségét nyújtana a pálya domborzati viszonyainak figyelembevételére, így a kutatás folytatásában ez is a vizsgálat tárgyát képezi. Fontos ismét kiemelni, hogy a jármű modell az infrastruktúrához kizárólag a kiindulási- és a célponttal kapcsolódik fenntartva ezzel az optimális útvonal kiválasztásának lehetőségét.

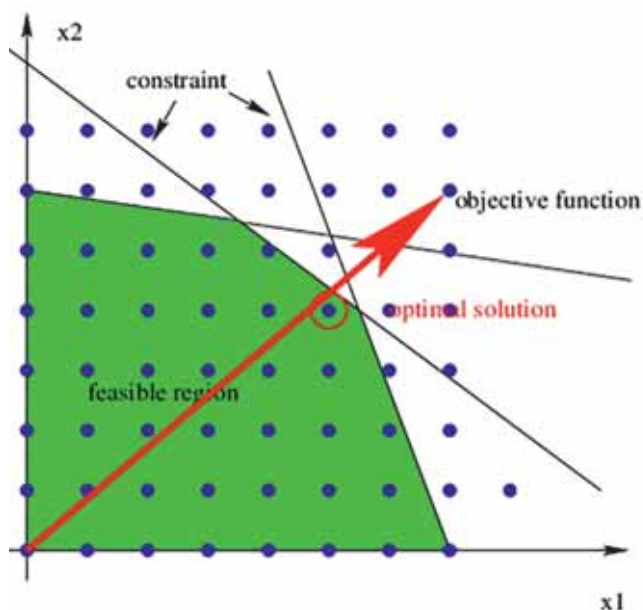
Az MILP optimalizációs megoldások esetén megszorításokat kell definiálnunk a fizikai korlátozások és a vasútüzem szabályainak figyelembevételéhez. Ezek lehetnek idővel kapcsolatos megszorítások (pl.: egy vonat nem léphet be korábban az irányítási körzetbe, mint a menetrend érkezési ideje). A késések kezeléséhez kapcsolódó megszorítások, amelyek esetében három eset lehetséges: nincs megszorítás, bármely jelzőnél megengedett késés, vagy késés csak az irányítási körzeten kívül megengedett. Megszorítások hiányában a késés bárhová rendelhető az irányítási körzeten belül; ebben az esetben az előfeltételezés az, hogy a dispécser bármely sínáramkör felett megállíthatja a vonatot az útvonal során. Ha bármely jelzőnél megengedett késés alkalmazása, akkor ebben az esetben az az előfeltételezés, hogy a vonatoknak a jelzők előtt meg kell állniuk. Ha késést csak az irányítási körzeten kívül lehet megadni, akkor nincs különbség az állandó, és a változó sebességű modellek között, azonban az irányítási körzetek között összetett koordinációs problémák merülhetnek fel. Megszorítások szükségesek még a gördülőállomány konfigurációjának megváltoztatása miatt: a vonatok irányváltásának, összekapcsolásának és oszlatásának eredményeként létrejövő vonatok érkezési és indulási időinek

koherensnek kell lennie. Végül megszorításokat kell definiálnunk a kapacitással kapcsolatban: egy szakaszt egyidejűleg csak egy vonat foglalhat el. Szintén modellezhető a megcsúszási szakaszok kezelése is (pl. céloldás időzítés kényszerrel). A szakaszhoz tartozó összes sínáramkörnek foglaltnak kell lennie egy vonat által, mielőtt a következő vonat belépne a szakaszba. A menetrendek megtervezésekor figyelembe veszik a „blocking time” elvet az egymást követő vonatok közötti időbeli szétválasztáshoz, amely lehetővé teszi, hogy a mozdonyvezetők mindig csak szabad jelzést adó jelzőkkel találkozzanak. Ha a „blocking time” elvet alkalmazzuk az rtRTMP-re, akkor a problémát olyan megszorítások halmazává transzformáljuk, amelyek hatása az lesz, hogy a sínáramkör lefoglalása megkezdődik amint a vonat foglalttá teszi az előző szakasz első sínáramkörét.

Az rtRTMP célja a vonatra gyakorolt maximális másodlagos késés minimalizálása, azaz a célfüggvény:

$$\min D \quad (1)$$

A lineáris programozás a szélsőérték keresési eljárások olyan speciális fajtája, melyben az  $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  célfüggvény és a szélsőérték keresési tartományát leíró kényszerek lineáris függvények. Az egészértékű lineáris programozás esetén további megkötés, hogy az állapottér elemei egészszámok lehetnek. Az egészértékű lineáris programozás menetét a 6. ábra szemlélteti. A vasúti közlekedés-szervezés optimalizációjára felhasznált MILP-alapú megoldás, egy olyan eljárás, amely során állapottér állapotváltozóinak csak egy részhalmazára érvényes az egészértékű megkötés, míg a többi folytonos állapotváltozó. Általánosságban az egészértékű lineáris programozás kisebb számítás kapacitás igényel oldja meg az azonos dimenziójú szélsőérték keresési problémákat, mint a hagyományos numerikus eljárások. Ez megfelelő alapot biztosít a valós idejű optimalizációra komplex infrastruktúra esetén is.



6. ábra: Egészértékű lineáris programozás

A lineáris programozás során használt kényszerek típusait a (2)-(4) összefüggések írják le  $x$  az állapotvektor függvényében.

$$A \cdot x \leq b \quad (2)$$

$$A_{eq} \cdot x = b_{eq} \quad (3)$$

$$l_b \leq x \leq u_b \quad (4)$$

A fent leírtak alapján megszorításokat vezetünk be, melyeket az alábbiakban részletezünk.

**Időbeli megszorítások:**

- A vonatok nem léphetnek be az irányítási körzetbe korábban, mint az irányítási körzetbe való menetrend szerinti érkezési időpontjuk.
- A névleges sínáramkörök belépési időpontját 0-ra kell állítani, ha nem használt az az útvonal, amelyhez a sínáramkör tartozik. Erre

egykorábbi előfeltételezésünk miatt van szükség: minden névleges sínáramkör csak egy útvonalhoz tartozhat.

- A vonat nem léphet az adott sínáramkörre, ha az előző sínáramkör hatókörében nem töltötte el legalább a foglaltsági idejét.
- Minden vonat pontosan egy útvonalat használjon.
- Ha az irányítási körzet tartalmaz állomást és a vonatok menetrend szerint közlekednek, akkor meg kell adni a vonatok érkezése és indulása között biztosítani kell minimális elválasztás idejét.
- A térbeli koherenciát a vonatok számára a rendelkezésre álló útvonalak biztosítják: az érkező vonat számára elérhető bármely útvonal egy peronnal ér véget és az induló vonat számára elérhető útvonal egy peronról indul.

A késésekhez kapcsolódó megszorítások:

- Minden egyes névleges sínáramkörre – amely a saját szakaszának záró sínáramkörre, és ami az adott vonat által használt – a késési változó értéke megegyezik azzal az értékkel, amely abban a pillanatban tapasztalhatunk, amikor a vonat rálép a sínáramkört követő névleges sínáramkörre, mínusz az a pillanat, amikor a vonat rálép a sínáramkörre, mínusz a foglaltsági idő.
- A vonatok nem késhetnek mielőtt az irányítási körzet hatókörébe lépnek, kivéve, ha egy peronról indulnak, vagy ha tolatási mozgást valósítanak meg, vagyis a vonat pontosan egy megadott időpontnál lép rá az első névleges sínáramkörre a kiválasztott útvonal mentén.

A gördülőállomány konfigurációjának megváltoztatása miatti megszorítások:

- Biztosítani kell a minimális elválasztást az új vonat érkezése és indulása között, ha az előző vonat(ok)ból új vonat(ok) lesz(nek) irányváltásból, összekapcsolásból vagy oszlatásból eredően.
- Az irányváltás, összekapcsolás, oszlatás helyén lévő valódi sínáramkör fenn legyen tartva az új vonat által egészen addig, amíg az új vonat megérkezik a peronra, beleértve az oldási időt is.
- Az összekapcsolással megkapott új vonat lefoglalása (igény az adott sínáramkörre) az előtte érkező vonat lefoglalásának (igényének) megszűnését követően kezdődhet.
- Azokat a kapacitásproblémákat, amikor két vonat egyidejűleg igényt tart egy valódi sínáramkörre, a kapacitás megszorításoknál leírtak szerint kezeltük.
- Avonati időbeli koherenciája mellett biztosítani kell a vonatkozó térbeli koherenciát is: az azonos gördülőállományt használó vonatoknak ugyanazt a peront tartalmazó útvonalakat kell használniuk. Természetesen, ha két vonat számára egyidejűleg rendelkezésre álló útvonalak ugyanazt a peront érintik és a diszpécsernek nem engedélyezett a peron megváltoztatása, akkor ez a megszorítás triviálisan teljesül.

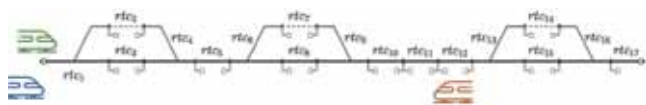
**Kapacitás megszorítások:**

- A vonat által a valódi sínáramkör lefoglalása azonnal megkezdődik, amint a vonat belép a névleges sínáramkör hatókörébe, mínusz az útvonal kialakulási ideje.
- A lefoglalás (ill. a sínáramkör fenntartása) akkor ér véget, amikor a vonat rálépett a következő sínáramkörre plusz a felszabadulási és oldási idők összege.
- A valós sínáramkör lefoglalások nem fedhetik egymást, azaz legfeljebb egy vonat foglalhat le egyidejűleg egy sínáramkört, figyelembe véve a kapacitás megszorításokat.
- Egy adott valós sínáramkör előző vonat által okozott lefoglalásnak véget kell érnie, mielőtt az új vonat lefoglalása megjelenne a sínáramkörön. Emellett az adott valós sínáramkör új vonat által okozott lefoglalásnak véget kell érnie mielőtt az előző vonat általi lefoglalás megkezdődne.

A megcsúszások kezelése egy fontos biztonsági szempont, amely azt hivatott figyelembe venni, hogy a jármű nem biztos, hogy képes a jelző előtt megállni. Az MILP alapú vasúti forgalom-menedzsment optimalizáció nem stratégiai döntést hoz a járművek késleltetéséről, ezért a jármű időben történő megállítása mindig feltételezett. Azonban a megcsúszásokhoz köthető biztonsági elő-

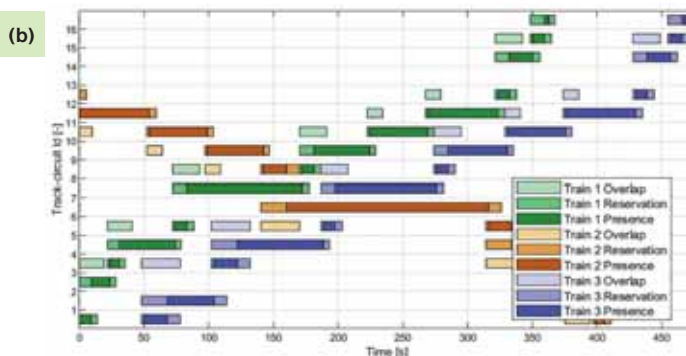
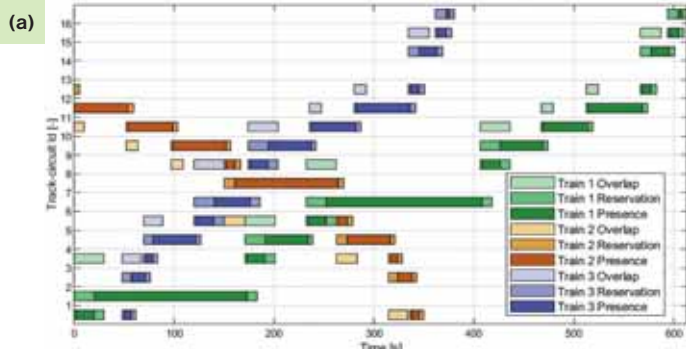
írásokat figyelembe tudjuk venni az optimalizáció során. A megcsúszásokból adódó balesetek elkerülése érdekében, a jelzőhöz közeledő jármű nem csak a vágányút sínáramköréit foglalja le, hanem a megcsúszási távolságban érintett, követő sínáramkör/ sínáramköröket is (a menettervi kizárások beépíthetők).

Az eredményeket egy három állomást összekötő infrastruktúra modellen értékeltük, mely sematikus rajzát a 7. ábra szemlélteti. A modellezett felügyelt hálózat 17 sínáramkört tartalmaz, melyek 8 útvonalat alkotnak, így a nominális sínáramkörök száma 226. Az ábrán a sínáramkörökhöz rendelt azonosító számon kívül feltüntetésre kerültek a jelzők, melyeket a sínáramkörök végén található négyzetek szimbolizálnak és az irányítottságuk hordozza a jelentést, hogy mely irányból jövő járművekre érvényesek. A szaggatott vonallal jelölt szakaszok a peront tartalmazó sínáramköröket szimbolizálják. Az ábra sematikus szemlélteti továbbá, a kiindulási forgalmi helyzetet, amely 3 járműből áll. A zölddel jelzett vonat  $t=2$  másodpercnél lép be a hálózatra, és az az  $rtc_7$  sínáramkörön tervezetten megáll utascsere céljából. Az az öt követő késsel jelzett vonat 48 másodperccel később. A pirossal kiemelt vonat velük ellentétesirányú mozgást végző jármű, iniciális, vagyis az optimalizáció kezdetekor már az  $rtc_{12}$  sínáramkörön tartózkodik.



7. ábra: A kiértékeléshez használt infrastruktúra-modell és a kiindulási forgalmi helyzet

A 7. ábra által szemléltetett kiindulási forgalmi probléma optimális megoldását kétféle jármű prioritással vizsgáltuk. Ezenkívül vizsgáltuk a megcsúszások és az iniciális jármű hatását, továbbá a személyvonat (mindkét esetben más) tervezett várakozását az  $rtc_7$  sínáramkörön. A 8. ábra által mutatott út-idő diagramok a kiindulási forgalmi helyzet optimális megoldását mutatják be.



8. ábra: A kiindulási vasúti forgalmi helyzet optimális megoldásának út-idő diagramja

(a) zöld – személyvonat, kék – gyorsvonat, narancs – tehervonat  
(b) zöld – gyorsvonat, kék – tehervonat, narancs – személyvonat

A 8. ábra a) része annak az optimalizációs problémának megoldását szemlélteti, amely során a zöld jármű, mint személyvonat késleltetése  $w_1=33,31\%$ -os, a kék  $66,62\%$ -os, míg a narancssárgával jelzett tehervonat  $0,07\%$ -os prioritással került figyelembevételre. Látható, hogy a másik két járművel ellentétesirányba közlekedő tehervonat nem az infrastruktúra egyik szélső ( $rtc_1, rtc_{17}$ ), hanem az  $rtc_{12}$  sínáramkörét használja először. Azonban, feltételezve, hogy éppen az optimalizáció kezdetekor lépett be, az  $rtc_{12}$ -t megelőző  $rtc_{11}$  sínáramkört kezdetben még foglalja. Az ábra szemlélteti, hogy a zölddel jelzett személyvonat az  $rtc_7$  sínáramkörön sok időt tartózkodik, annak ellenére, hogy ott nem áll konfliktusban másik járművel, amelynek oka, hogy ott tölti a tervezett 2 perces várakozási idejét. Látható továbbá, hogy a késsel jelzett gyorsvonat prioritását figyelembe véve az optimális megoldás során, az megelőzi a személyvonatot az  $rtc_4$  sínáramkörön. Majd ezután a tehervonat még a személyvonatot is megvárva, csak utána lép be az  $rtc$  sínáramkörre miután az szabaddá válik. Ez alapján elmondható, hogy a különböző járművek prioritását megfelelően vette figyelembe az optimalizációs eljárás.

A 8. ábra b) része által szemléltetett megoldás során a zölddel jelzett jármű kapja a legmagasabb prioritást, a kék jármű a legalacsonyabbat, míg az  $rtc_7$  sínáramkörön található peronon várakozó személyvonatot a pirossal jelzett jármű jelképezi. Az út-idő diagram alapján látható, hogy ebben az esetben a zöld jelzésű jármű szinte késleltetés nélkül, a leghamarabb lép ki a felügyelt hálózatról tekintve a magas prioritását. Ezzel szemben a késsel jelzett tehervonat, aki később lép be az infrastruktúrára, mindkét járműnek elsőbbséget adva a legkésőbb hagyja el a hálózatot, annak ellenére, hogy a piros jelzésű személyvonat a tervezett várakozását is letölti. Mindkét ábrán feltüntetésre kerültek a normál haladásból adódó és a megcsúszásokat figyelembe vevő sínáramkör foglaltságok. Látható, hogy a leghalványabb színnel jelölt megcsúszásokat figyelembe vevő foglaltságok sem fednek át egyetlen másik jármű normál haladásából és megcsúszásából adódó foglaltsággal. Így kijelenthető, hogy mind a megcsúszásokat figyelembe vevő, mind pedig a járműmodellt érintő fejlesztések a várt eredményt produkálták.

A döntési folyamatokban az egyik legnagyobb kérdés az, hogy az algoritmus milyen gyorsan képes választ adni a problémára, hiszen a mai irányítói döntések legtöbbször másodpercek alatt megszülehetnek. Az a) forgalmi helyzet feloldása  $0,10$ , míg a b) forgalmi helyzet megoldása  $0,18$  másodpercig tartott. Itt az eredmény megoldása kétlépcsőben történt.

#### 4. Összefoglalás

Az automatizált döntéshozatali lehetőségek növelhetik a vasúti közlekedés hatékonyságát és a kapacitás korlátos infrastruktúra jobb kihasználását jelentős költségnövekedés nélkül, és az energiafelhasználásra is kedvező hatással lehet. A döntéshozatali algoritmusok kifejlesztése az egyik legfontosabb kutatási terület Európában. Az MILP alapú megoldásokkal már régebb óta foglalkoznak több kutatóintézetben és egyetemen is.

Az MILP megoldás megadja azt, hogy az egyes vonatoknak mikor kell a sínáramköröket elfoglalni, és azokon mennyi időt kell eltölteni. A szimuláció jelenleg ezeken a szakaszokon a be- és kilépési időket és a szakaszok hosszát figyelembe véve, azokon átlagsebességgel közlekedtetni le a járműveket. Ez azt jelenti, hogy meg lehet mondani előre, hogy a járműveknek mikor és hol kell tartózkodniuk ahhoz, hogy a másodlagos késés minimalizálható legyen. Erre egy következő lépésben valós szimuláció ültethető, mely figyelembe veszi a járművek pontos menetdinamikai tulajdonságait, illetve e vizsgálat során egy energiaoptimalis dinamikus sebességprofil is megállapítható, mely során a vágányúti feltételek folyamatosan betartásra kerülnek.

A jövőben várható, hogy olyan, gyakorlatban is alkalmazható eszközök jelennek meg, amelyek a teljes közeledési folyamatban képesek az aktuális információk alapján döntéshozatalra. Az MILP alapú megoldások mellett a mesterséges intelligencia alapú algoritmusok is megjelenhetnek a közeljövőben. Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

## Absztrakt

A korszerű forgalomirányítási központok nagymértékben képesek a vasúti közlekedés hatékonyságát és kapacitását növelni.

A konfliktusok felismerésére ugyan léteznek már automatizált megoldások (pl. út-idő diagram alapján), de a konfliktushelyzetben adott válasz ma jellemzően emberi döntésen alapul. Döntéstámogató rendszerek segítségével nem csak a másodlagos késés minimalizálása lehetséges, hanem egyéb – pl. energiahatékonysági – szempontok is felmerülhetnek. Az MILP (Mixed Integer Linear Programming) alapú algoritmusokkal lehetőség nyílik a döntéshozatal támogatására, amely során a biztosítóberendezési kizárások (pl. menettervi kizárások, megcsúszások) is figyelembe vehetők. A cikkben egy háromállomásos hálózat kerül bemutatásra, ahol látható a megoldáskeresés gyorsasága. Erre a megoldásra később energiahatékony dinamikus sebességprofil tervezhető.

## HIVATKOZÁSOK

[1] Európai Bizottság Tanulmányok: *Mobility Strategy*, On-line: [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en), megtekintve: 2022. május 27.

[2] Európai Parlament Hírek: *2021 a vasút európai éve*, On-line: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/eu-affairs/20210107STO95106/2021-a-vasut-europai-eve>, megtekintve: 2022. május 27.

[3] Magyar Államvasutak ZRt. *UTASÍTÁS az üzemirányítási és az operatív irányítási szolgálat ellátására (F.3.sz.) 1982/3/2006*

[4] Tarnai G., Sági B., Ábri F., Cseh A., Földes L., Kukk L., Lövétei I., Melles K. *A központi vasúti forgalomirányítás műszaki, technológiai és gazdaságossági feltételrendszerének innovatív vizsgálata BME Közlekedésautomatikai Tanszék, 2011*

[5] Hansen Ingo Arne and Jörn Pachl, *Railway Timetabling and Operations*, Eurailpress, 2008

[6] A. D'Ariano and T. Albrecht. *Running time re-optimization during real-time timetable perturbations*, WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, 40:147–156, 2010

[7] Andrea D'Ariano, Francesco Corman, Dario Pacciarelli, and Marco Pranzo, *Reordering and local rerouting strategies to manage train traffic in realtime*, Transportation Science, 42(4):405–419, 2008.

[8] Johanna Tornquist Krasemann, *Computational decision-support for railway traffic management and associated configuration challenges: An experimental study*, Journal of Rail Transport Planning & Management, 5(3):95–109, nov 2015

[9] Paola Pellegrini, Gregory Marlière, Raffaele Pesenti, and Joaquín Rodríguez, *RECIFE-MILP: An Effective MILP-Based Heuristic for the Real-Time Railway Traffic Management Problem*, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 16(5):2609–2619, 2015

[10] Paola Pellegrini, Gregory Marlière and Joaquín Rodríguez, *A detailed analysis of the actual impact of real-time railway traffic management optimization*, Journal of Rail Transport Planning & Management, 6(1):13–31, jun 2016

[11] J. T. Krasemann, *Greedy algorithm for railway traffic r-scheduling during disturbances: A Swedish case*, IET Intelligent Transport Systems, 4(4):375–386, 2010.

[12] Silvia Umiliacchi, Gemma Nicholson, Ning Zhao, Felix Schmid, and Clive Roberts. *Delay management and energy consumption minimisation on a single-track railway*. IET Intelligent Transport Systems, 10(1):50–57, 2016.

[13] Paola Pellegrini, Gregory Marlière and Joaquín Rodríguez, *Real Time Railway Traffic Management Modeling Track-Circuits*. Open Access Series in Informatics. 25. 10.4230/OASICS.ATMOS.2012.23.

## Solving an rtRTMP (real-time traffic management problem) with mathematical optimization

Modern OCCs (Operational Control Centers) may help increase the capacity and efficiency of rail transport. Already exists automated conflict recognition systems (like those based on time-distance), but finding the solution is generally based on human decisions. With the aim of decision support systems, it is possible to minimize the secondary delay, and also other aspects - like energy efficiency - can be taken into account. MILP (Mixed Integer Linear Programming) based algorithms may support the decision-making process; this process makes possible to take into account interlocking exclusions (like locking table or overlaps), too. This article presents a three-stations network and shows, how fast finding the solution is. Based on this solution, it is possible to design an energy-efficient speed profile for each train.

## Lösung eines Echtzeitverkehrskonfliktes durch mathematische Optimierung

Moderne Betriebszentrale ermöglichen eine deutliche Erhöhung an der Effektivität und Kapazität des Eisenbahnverkehrs. Automatisierte Lösungen (z. B. nach Weg-Zeit Diagrammen) stehen schon für Konflikterkennung zur Verfügung, aber die Antwort wird typisch nach menschlichen Entscheidung gegeben. Mit der Hilfe von Entscheidungsunterstützungssystemen kann nicht nur die sekundäre Verspätung minimalisiert werden, sondern auch Energieeffektivitätsaspekte können betrachtet werden. Mit MILP (Mixed Integer Linear Programming) basierenden Algorithmen ist das Entscheidungsprozess auch mit der Berücksichtigung von Stellwerksabhängigkeiten (z. B. konfliktierende Fahrstraßen, Durchrutschwege) unterstützbar geworden. In diesem Artikel wird ein Netz mit drei Bahnhöfen vorgestellt, auf dem die Geschwindigkeit der Lösungssuche ist nachvollziehbar. Auf der Basis dieses Ergebnis kann später energieeffizientes Geschwindigkeitsprofil gerechnet werden.

# Harmadszor is a jelfogóegységek vizsgálatáról – ha szabad...

DR. TARNAI GÉZA

A MÁV a múlt század 70-es éveinek közepére jutott abba a helyzetbe, hogy a Dunakeszin szerzett néhány éves tapasztalat birtokában megépíthette és üzembe vehette a nagyságrendekkel nagyobb és bonyolultabb vágányhálózatú Szolnok személypályaudvar D70 biztosítóberendezését. A lehetőség egyben nagy kihívást is jelentett a jelfogóegységek gyári és helyszíni vizsgálati szempontjából.

A Telefongyárban ekkor már hosszú évek óta sikeresen működött a *dr. Székely-Doby Sándor* vezetésével fejlesztett és megvalósított jelfogós felépítésű, lyukkártya vezérlésű egységvizsgáló gép. Ez korábban főként a kínai és jugoszláv exportra kerülő D55 konstrukciójú (de természetesen eltérő beltartalmú) egységek, majd 1962-től a hazai D55 egységek gyári vizsgálatát is támogatta. Egy-egy egység vizsgálatához a belső kapcsolás bonyolultságától függően több kártyára volt szükség.

A D55-höz képest a D70-es jelfogóegységek méretnövekedése (max. 12 jelfogó helyett max. 36 jelfogó, 96 csatlakozási pont helyett 288+24) messze nem lineáris jelleggel növelte a vizsgálathoz beállítandó kombinációk, illetve a kimenetek között vizsgálandó rövidzárlépek számát. Erre a korábbi telefongyári vizsgálógép konstrukciós kötöttségei miatt már nem volt alkalmas.

Szolnok tervezett üzembe helyezése előtt kb. 1 évvel kapott megbízást a MÁV Vezérigazgatóságtól a BME Közlekedésautomatikai (ma Közlekedés- és Járműirányítási) Tanszéke jelfogóegységek gyári (és helyszíni) vizsgálatára alkalmas vizsgálóautomata kifejlesztésére. Gépi vizsgálatok nagy apostola a MÁV részéről *Hegedűs Géza*, szakmai támogatónka D70 technika szempontjából *dr. Lengyel Imre* (MÁVTI) volt.

A vizsgálógép vezérlő és vizsgáló áramkörei az akkor elérhető elemválasztéknak megfelelően kis és közepes integráltságú elemekkel épültek meg. Az egységek belső kapcsolásának és csatlakozófelületének leírására kialakított nyelven megírt vezérlő és ellenőrző információkat az egység típusokhoz tartozó lyukszalagok tárolták, illetve a vizsgálógép innen olvasta be a szükséges információkat. A későbbiekben természetesen a vizsgálógép processzoros vezérlést kapott, és a vezérlő/ellenőrző információk tárolása is elektronikus médiumon történt.

A vizsgálógépet a Tanszék lezárt folyosóján állítottuk fel. Élesztéséhez az M2 Népstadion állomásáról kaptunk kölcsön 1-2 tartalék egységet (Szolnokra gyártott telefongyári egység még nem volt vizsgálható állapotban).

A vizsgálatok beindulásától kezdve a Telefongyárból naponta szállították a kész egységeket a Tanszékre. A hatékonyság növelése érdekében kiürítettünk a Tanszéken egy helyiséget, ahol a telefongyári forrasztó hölgyek több műszakban javították a hibás egységeket, majd adták vissza ismételt vizsgálatra. A megfelelő minőségű egységeket közvetlenül Szolnokra szállították.

A Szolnok építéséhez szükséges egységek levizsgálását követően a vizsgálógép az időközben lezajlott profilváltás következtében az akkori GVM bajai gyárába került, ahol évtizedeken keresztül sikeresen alkalmazták nemcsak hazai rendszerek, hanem például a finn exportra gyártott egységek vizsgálatára is.

A Vasúti Vezetékvilág, illetve a Vezetékek Világa c. lapunk elődje, a Vasúti Biztosítóberendezési és Automatizálási Szemle („Pöttyös”) egyik számában *Molnár Károly*, aszalnoki berendezés kivitelezésében részes MÁV TBÉF (Tatai út) akkori főmérnöke írt részletesen az egységvizsgálóról és a Tanszék által kifejlesztett vizsgálógépcsalád többi tagjáról, amelyek nagymértékben segítették a helyszíni vizsgálatok gépesítését/automatizálását.

Vizsgálógépek fejlesztésében és alkalmazásbavételének támogatásában a Tanszék és a Közlekedésmérnöki Kar Számítógéptanárak mintegy 20 oktatója, kutatója, műszaki és adminisztratív munkatársa vett részt, amiért ma is hálával gondolok rájuk.

Mindez egy közel 50 évvel ezelőtti történet. Az azóta eltelt évtizedekben természetesen mind a gyártó, mind az üzemeltető részéről felmerült az igény a gyári, illetve a helyszíni vagy javító bázison végrehajtható vizsgálatok céljára újabb, a technológiai haladást figyelembe vevő vizsgálógépek kifejlesztésére. Ez ügyben Tanszékünket is többször megkeresték, azonban ekkorra már túlzottan elköteleztük magunkat más, legalább ennyire izgalmas témákban, és 2008-ban, illetve 2010-ben csak egy-egy (egyébként meglehetősen alapos) tanulmány készítésére, illetve modellépítésre futotta energiánkból.

## Utószó

Bár sem az időszak, sem a szűkebben vett téma nem egyezik, talán az előbbiekre vagy a BME egy más, általuk meg nem nevezett tanszékére gondolhatott *Hajas Tamás* és *Herpai Zoltán* a Vasúti Vezetékvilág 2022/1 számában írt cikkében: „Az 1980-as évek elején a MÁV megbízására a Műegyetemen is megkezdtek a D55 egységvizsgáló fejlesztését, azonban a készülék a MÁV-nál üzemi alkalmazhatóságban nem váltotta be a hozzáfűzött reményeket.”

## SAKMAI PARTNEREINK

Alstom Transport Hungary Zrt.,  
Budapest

AXON 6M Kft., Budapest

Bi-Logik Kft., Budapest

CERTUNIV Kft., Budapest

Fehérvill-Ám Kft., Székesfehérvár

GTKB Transzelektro Közlekedési  
Berendezéseket Gyártó Kft., Baja

MES Kft., Budapest

Műszer Automatika Kft., Budaörs

PowerQuattro Zrt., Budapest

PROLAN Irányítástechnikai Zrt.,  
Budakalász

RAIL SAFE Ipari, Kereskedelmi  
és Szolgáltató Kft., Budapest

R-KORD Kft., Felcsút

R-Traffic Kft., Győr

SAFE-TERV Kft., Dunaharaszti

Siemens Mobility Kft., Budapest

TERMINI-RAIL Építő  
és Szolgáltató Kft., Budaörs

Thales Rail Signalling  
Solutions Kft., Budapest

Tran-SYS Kft., Budapest

UTIBER Közúti Beruházó Kft.,  
Budapest

VASÚTVILL Kft., Budapest

# Bemutatkozik...\*

Ábelné Bazsik Katalin, a MÁV Zrt.  
kecskeméti biztosítóberendezési szakaszmérnöke



**A Vasúti Vezeték Világ szaklap fontosnak tartja, hogy időről időre a területen dolgozó mérnök kollégáknak is bemutatkozási lehetőséget adjon a lapban, és ezen keresztül átfogóbb képet adjon azokról a kihívásokról, amit a jelenlegi humán korfa és berendezési állomány mellett az üzemeltetési feladatok jelentenek.**

*– Hol nőtt fel és hogyan lett Önből vasutas?*

– Kiskunhalason születtem, az általános iskolába is ott jártam. Gimnáziumba már Budapestre jártam, mert katolikus iskolát választottam a továbbtanuláshoz. Nagy Imre újratemetésének napján érettségiztem. Alapvetően műszaki érdeklődésű voltam, amit édesapámtól örökölhettem, aki szerelt mindent, de főleg traktort. Én is szívesen szerelgettem, dolgoztam vele. Szüleimtől megtanultam, hogy a munka az élet fontos része: kenyeret, önbecsülést ad. Az építészet volt a nagy álmom, de nem rajzokl annyira szépen, ezért arról lebeszéltek. Aműszaki pályák közül a villamosmérnöki érdekelt még, így a Kandóra kerültem és villamos üzem mérnök lettem. A végzéskor a Tungsramtól kaptunk állásajánlatot, de a cég privatizációja elsöpörte azt a lehetőséget, így hazakerültem Kiskunhalasra munkanélkülinek. A vasúthoz se nagyon volt felvétel akkoriban, de a nővérem a MÁV-nál dolgozott forgalmi területen és jelezte, hogy volna lehetőségem ott műszakiteherre kerülni. Így lettem mérnök gyakornok 1992. szeptemberétől Kiskunhalason. Mehettem volna a távközléshez is, de én inkább a biztosítóberendezési vonalat választottam, mert a távközlés annyira nem vonzott.

*– Nehéz volt bekapcsolódnia a vasúti szakfeladatokba?*

– Mivel nem volt sem középiskolai, sem egyetemi szakirányú képzettségem, így ennek hiányát eleinte nagyon éreztem. Nulláról kellett megismerkednem mindennel. Akkor jöttek ki az utolsó évfolyamok a vasúti szak-középiskolákból, így a pályakezdő műszerészek sokkal többet tudtak a vasúti szakterületről, mint én a diplomámmal. Szemerédi István szakaszmérnök felügyelete alatt jártam be a területet, amihez négy szakasz tartozott. A bajai „skanzenvasúttól” a Dominó berendezésekig volt nálunk minden. A kiskunmajsai (155-ös) vonal biztberé akkor még szinte újnak számított és Kiskunhalas kivételével a kelebiai vonalon végig D55 volt.

*– A gyakornoki időszakot követően hogyan kapcsolódott be a munkába?*

– Egy év után letelt a gyakornok idő, de nyitott mérnöki pozíció nem volt, ezért lekerül-

tem műszerésznek a halasi szakaszra. Ezt kicsit arculcsapásként éltem meg, de szakmailag kétségtelenül sokat adott, hogy Barkóczy János műszerész mellett megismerhettem alaposabban a berendezéseket. Voltak nagyobb munkáink is, Kelebián például ketten cseréltük ki a pult kockáit, ami heteken át tartott. Amit a gyakorlatban meg lehet tapasztalni, abból sokat igyekezett János megmutatni. A mechanikus berendezéseket is volt módom jobban megismerni, mikor átépült a harmadik vágány Kiskunhalason. Izgalmas kihívást jelentett, mikor egy fővizsgálatkor kiderült, hogy nem csappannak szét a mechanikus jelzők szétcsappanó szerkezetei. Avasútvonal villamosításakor érintésvédelmi okokból visszavágták a jelzőkarokat, amiktől olyan mértékben változtak meg a mechanikai tulajdonságai a jelzőknek, hogy már nem csappantak szét, amikor karbantartást végeztünk. Pótsúlyok felhelyezésével sikerült helyreállítani a rendeltetés szerű működésüket. Ebben az időszakban a blokkmester helyettesítettem, ha szabadságon volt. 1993. decemberben lettem a felsőfokú szakvizsgát, és 1994. elején kineveztek Szemerédi István helyére vonallelenőrnek.

*– Miért nem szakaszmérnöknek?*

– Szakaszmérnök azért nem lehettem, mert nem volt még három év gyakorlatom, de a szakaszmérnöki munkát végeztem addigis, amíg hivatalosan ki nem nevezhetek 1995. szeptemberében. 1995-ben Kecskemétre mentem férjhez, onnan jártam öt éven át Kiskunhalasra dolgozni, mert a kecskeméti területen nem volt szabad pozíció. 2000-ben elmentem szülni, a helyemre kineveztek egy vonalleenőrt, majd később egyszakaszmérnököt. Amikor 2004-ben visszajöttem, akkor a kecskeméti területen lettem „másodhegedűs” Biczó Péter szakaszmérnök mellett. Azóta ezen a területen vagyok, de 2012 óta már egyedül, szakaszmérnökként.

*– Mi a feladata mint szakaszmérnök?*

– A műszaki fővizsgákat a vizsgáló csoporttal közösen végezzük, emellett járom a területet, megnézem a szakaszok milyen munkákat végeztek el, átnézem a mérési adatokat, jegyzőkönyveket, azok eredményeit elemzem. Az év első hónapjai a szisztematikus területjárásról szólnak a sorompóvizsgálatok miatt, így évente képet kapok az üzemelő sorompóink adatairól, állapotáról. Abszolút üzemeltetés fókuszú a munkánk. Nálunk minden arról szól, hogy minél kevesebb hibával, minél jobb menetrendszerűség mellett, biztonságosan menjen a forgalom. A nem egyértelmű hibáknál ezért táv- vagy helyszíni tanácsadással segítem a hibaelhárítást, amennyiben ezt kéri. Az erőforráshiány miatt érdemes azt is megnéznem, ami nem lenne kötelező, például a sorompók éves vizsgálatait. Kevésbé szeretett feladatom

a szakaszok elszámolásának átnézése, a bevitt adatok, órafelosztás, vételezés ellenőrzése. Az INKA fejlettsége már elérte azt a szintet, hogy olyan sok adat- és munkaigénynyel működik, amit részben feleslegesnek érzünk. Nem látjuk, hogy a bevitt adatainkból ki és milyen adatokat nyer ki, hogy segíti ez a hálózati szintű tervezést, irányítást. Sajnos a mestereket is nagyon megterheli az INKA-s adminisztráció, pedig amit nem kéne mesterekre és a műszaki emberekre terhelni, azok épp az ilyen feladatok.

*– Mi volt az eddigi legnagyobb szakmai kihívása?*

– Amikor 2007-ben megkaptam a KÖFI beruházás felügyeletét. Ekkor tapasztalhattam meg először azt, amit a nálam idősebbek gyakran mondtak, hogy a berendezéseket igazán építéskor, élesztéskor lehet megismerni. Hálas vagyok érte, hogy ezt a feladatot akkoriban Csipak Antal rám bízta. Ez 13 állomást érintett: a 140-es vonalon Szeged és Városföld között, a 155-ös vonalon, valamint a 150-es vonalon Soltvadkertet és Pirtót. Az első olyan KÖFI beruházás volt az országban a szegedi, ahol elnéptelítették az állomásokat. Ez műszakilag igen jelentős feladat volt, hárommilliárd forintba került, ami kiemelkedő összegnek számított ezen a területen akkoriban. Az illetéssé kapcsolásainak vizsgálata számunkra teljesen ismeretlen tevékenység volt. Néhány kolléga előzetesen amiatt aggódott, hogy nehezen lehet úgy zavart elhárítani, hogy nem látjuk a jelfogók állapotát. Én inkább a szakaszok betanítását láttam kihívásnak, az érintett szakaszokon oktatásokat tartottam a témában. A forgalom attól félt, hogy miképp lehet egy személynek egyszerre annyi állomást kezelnie. Ezek a dolgok aztán gyorsan a helyükre kerültek. A próbaüzem alatt és azt követően sem volt sok hiba a működésében, de volt köztük néhány emlékeztető. Például Kiskunfélegyházán már a próbaüzemben kiderült, hogy nem alátámasztott hálózatra került a vezérlőberendezés, így az kikapcsolt mikor elment a betáplálás. Ez rögtön átalakították. 2019-ben volt egy nagyobb zavartatás a központi vezérlőgépeknél, szintén áramellátási probléma miatt. Ekkor teljesen elvesztette a központ az állomásokat. Ebből is tanultunk és változtattunk az áramellátáson.

\* A rovat cikkei teljes egészében az interjúalanyok véleményét tükrözik, azt a szerkesztőség változtatlan formában jeleníti meg.



– A KÖFI üzem milyen változásokat hozott az életükben?

– A KÖFI alapvetően jól tett velünk, mert klimatizáltak lettek a jelfogós helységeink, ami nemcsak az állandó hőmérséklet és páratartalom miatt fontos, de a levegőt is szűri valamelyest. A téves kezeléseket jobban megnehezíti a felülvizérlő, így a forgalom által jelzett hibák jellemzően tényleg berendezési hibák, sokkal kevesebb lett a téves hibabejelentés. Többletfeladatként jelentkezett, hogy minden riasztáskor, így tűz- és betöréjelzésre minket küldenek ki a helyszínt ellenőrizni, mert nekünk van gépkocsink és a biztosítóberendezési kezelőfelületen jelennek meg ezek a jelzések. Előfordul az is, hogy mi visszük ki a forgalmi dolgozókat is a helyi kezeléshez. Ilyenkor elvárás, hogy a bibésben is segítsünk nekik, ami a hibaelhárítást késlelteti.

– Milyen berendezéseket üzemeltetnek a kecskeméti területen?

– A 140-es vonalon Nagykőrösön és Kecskeméttől Kiskundorozsmáig, valamint a 155-ös vonal közbenső állomásain D55-ös berendezések vannak. Ezekből újakat is építettek a 135-ös vonalon: Algyőn és Kopáncson a KA69-esek helyett, Népkerten a fényjelzős mechanikus elágazási berendezés helyett, valamint Sártó, Baktó és Rókus Elágazáson. Viszonylag új a Mercedes iparvágány-kiágazás, ahol 2011-ben épült D55, részben tengelyszámlálókkal. A D55-ös berendezéseink életkorában tehát jelentős a szórás, 1963 és 2022 között épültek. Két állomásunk, Nyársapát és Katonatelepe KA69-es berendezéseinek cseréje várható egy KÖFI építési projekt keretében. A 142-es vonal Örkényig a miénk, itt kulcsazonosító berendezések és fényjelzős mechanikák vannak, de a vonal fejlesztésére is látszik éppen szándék. Elektronikus berendezésnek csupán négy darab BUES sorompó tekinthető, illetve az újabb D55-ös berendezéseknél és a tram-train 135-ös vonali szakaszán a térközökben és állomásokon telepített tengelyszámlálók. A hódmezővásárhelyi városi villamos szakaszon egy cseh gyártmányú, városi villamos vasúti jelzőberendezés működik.

– A biztosítóberendezések állapotát jól jellemzi a hibák száma. Ez milyen a kecskeméti szakaszmérnöki területen?

– A hibák száma változó, a Budapest–Begrád vonalhozánk tartozó szakaszán éppen nulla, mert kikapcsoltuk és a vállalkozó bontja a berendezéseket, de máshol nyilván több hiba, műszakonként átlagosan 3–5 szokott lenni a másik három szakaszon együttvéve. A tram-train eleinte sok hibát produkált, ami az élettartam legelején törvényszerű, majd ez csökkent, de sajnos azóta is egyes berendezésrészek meghibásodása miatt egy-egy hónapban kiugróan megnövekszik a hibaszám. Mi főleg fővonalakot üzemeltetünk és a nagy vonatsűrűség is több hibával járhat, ez tehát nem csak a berendezések életkorától függ. Kecskeméten sok hibát okoz a Delta fényjelzős mechanikus berendezése, ahol még klasszikus vonóvezetékes a váltóállítás. Az ottani blokkelem-meghibásodásokat nehéz

javítani a koruk és a beszerzési nehézségek miatt. A megelőző karbantartás az öreg, mechanikus berendezéseknél nagyon fontos volna, mert a hibáik bizony sokszor feladják a leckét az üzemeltetőnek. A szegedi szakasz részére ugyanezt a problémát jelenti Szeged-Rendező fényjelzős mechanikus berendezése.

– Mekkora kihívás a hódmezővásárhelyi városi vasúti biztosítóberendezés?

– Az ott működő cseh berendezés logikája nagyon eltér a mi berendezéseinktől, ami nemcsak nekünk szokatlan, hanem a forgalmistáknak és a mozdonyvezetőknek is. Az egyik nagy különbség, hogy a jelzők a váltó állásától függetlenül működnek, így a mozdonyvezetőknek szabadjelzés esetén is meg kell győződniük a különálló váltójelzők segítségével, hogy állították-e számukra a váltót. A jelzők tehát az egyvágányú szakaszokról mondanak valamit, vagyis egyféle ellenmenet kizárás lenne a feladatuk, de utóbbi funkciójukat bonyolítja, hogy a látra közlekedési lehetséges bizonyos feltételekkel, ami szintén eléri a vasúti gondolkodástól. Ráadásul, a mozdonyvezetőknek a szegedi rendszer szabályait és gyakorlatát is kell ismerniük. A szokatlan jelzéseket meg kellett szokniuk, ezt mutatta a kezdeti időszak több váltófelvágása.

– Milyen aktuális projektek érintik a kecskeméti területet?

– A már említett KÖFI-bővítés mellett a 150-es vonal átépítése is érint, mert a Fülöpszállás és Kunszentmiklós-Tass közötti szakasz jelenleg a kecskeméti területhez tartozik, így nagy érdeklődéssel figyeljük milyen berendezések üzemeltetése lesz majd ott a feladatunk. A szakaszmérnököket általában nem szokták bevonni a teljes projektbe, még a tervbírálatba sem mindig, de itt most komolyabban számítanak ránk. Szeged-Rendezőt három projekt is érinti, épp elkészült a tram-train kocsiszín, de Kiskunfélegyházától lefelé is lenne egy szűk kapacitásos kiváltás célzó projekt, a 135-ös vonal még nem átépített részeire is készülnek a tervek és a már építés alatt álló részeki vonalnak is ott a kiágazása, az újabb szándék szerint ráadásul a deltavágány is megépülne. Ennek ellenére Szeged-Rendező egyik projektnek sincs annyira a fókuszában, hogy nagyobb léptékben gondolnák azt át. A dolgok mai állása szerint a kezdőponti oldala épülne csak át valamelyest, a végponti oldalon maradna a váltózárkulcsos, fényjelzős mechanikus berendezés. A VO nyomvonala minket nagymértékben érint, ha az régi vonalak felhasználásával készül majd el, de csak alig-alig, ha zöldmezős beruházás lesz.

– Hogyan készülnek az új elektronikus berendezések üzemeltetésére?

– Az új berendezéseknél kérdés, hogy milyen mélységig, milyen feladatokra kell képesek legyünk. A helyzet nem ideális. Kunszentmiklóson hét fős szakaszunk van, melyben csak egy fő 40 év alatti, a többiek nagyrészt nyugdíjba mennek néhány éven belül, sőt, van, aki már onnan visszafoglalkoztatott. Ráadásul kevés közöttük a

műszerész végzettségű. Nekik érdemes lenne még az elektronikus berendezést megtanulni? Mivel a solti vonal is hozzájuk tartozik, így a mechanikus tudást sem lehet teljesen elengedni, hiába vannak azok vagyonszerzési okokból lecsupaszítva. A BUES sorompók üzemeltetésével jók a tapasztalatok, mert kevés a hiba, de amikor van, akkor érezzük, hogy kevesen értenek hozzá. Ezért is tart tovább a hiba elhárítása egy jó, új berendezésnél, hiszen sokszor már kell hozzá a gyártói támogatás is.

– Mennyire megoldott az új kollégák képzése?

– A műszerészképzést kritikusnak érzem. Rendkívül széleskörű ismereteket és készségeket várunk el tőlük a kábelásástól a jelzőberendezésekig. Mindennel képesnek kell lenniük önállóan foglalkozni. Azt tapasztaljuk, hogy vannak szerszámok, amiket a fiatalok már nem is ismernek, például azért, mert panellakásban nőttek fel és sosem volt kertjük. A kecskeméti területen is nagyok az elvárások a műszerészekkel szemben, hiszen a mechanikusnál az elektronikusig van mindenféle berendezés. Az új technikák karbantartását az 50–60 éves kollégáktól is elvárjuk, ezért meg kell tanulniuk az újabb és újabb elektronikus technológiákat. Nálam idősebbek is dolgoznak itt, nem kevesen, de középiskolában mi még csak „jelképes” módon láttunk számítógépeket. Felmerül sokszor, hogy a lakatosok, műszerészek képzésében miért olyan hangsúlyos a forgalmi oktatás. A balesetveszélyes helyzetekben az életosztón többet segít, mint bizonyos utasítások szó szerinti ismerete. Sok mindenre képezzük őket, ami miatt a szakmánkra kevesebb figyelem jut. Az új kollégák mellett, hogy kapnak egy belépő alapozó képzést, a szakaszokon a tapasztaltabb kollégák is oktatgatják őket a legjobb tudásuk szerint, de nincsen mindenkinek egyforma türelme és tudása az oktatáshoz, ezért ez nem mindenütt működik jól.

Jövőkép: véleményem szerint több változásra van szükség, ezek közül kettőt említenék. Fejlődniük kell az új belépő dolgozók képzésében, hogy megfelelő utánpótlást tudjunk biztosítani a megnövekedett berendezésállomány üzemeltetéséhez, hibaelhárításához. Meg kell találnunk azokat az utakat, módszereket a képzésben, a szakaszi gyakorlati képzésben is, amivel le tudjuk kötni a mai fiatalok figyelmét, fel tudjuk kelteni az érdeklődésüket. A másik szükséges és fontos változás, hogy a különböző vasúti szakágak vezetői, munkáltatói jogkört gyakorlók kapjanak több lehetőséget arra, hogy motiválják dolgozóikat. A jól végzett munkát ne csak erkölcsileg, hanem anyagilag is meg tudják becsülni. Nem csak biztosítóberendezési területen látok ebben problémát, csak ami minket érint, az nekünk fáj jobban. Nagyon szeretném még vasutas-ként látni, hogy a tehetséges és tenni akará fiataljaink – mert szerencsére ilyenek is vannak – nem mennek el jobb lehetőséget kínáló munkahelyekre, esetleg külföldre szerencsét próbálni.

# Folyóiratunk szerzői



## Görög Béla

1981-ben védte meg diplomáját a Moszkvai Vasútmérnöki Egyetem Automatika, Távirányítás és Távközlés szakán. 1981 óta a MÁV dolgozója. 1993-ig a Távközlési és Biztosítóberendezési Építési Főnökség minőségellenőrzési vezetője. 1993-tól a TBKF (TEBK, TEBGK) Biztosítóberendezési Osztályán csoportvezető, osztályvezető. 2003-tól napjainkig a MÁV Vezig. TEBI (TEBF) Biztosítóberendezési Osztályának szakértője. A BME Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék több, vasúti biztosítóberendezéssel foglalkozó tárgy előadója. *Elérhetősége: gorog.bela@mav.hu.*



## Dr. Ladányi József

Verebély-díjas okleveles villamosmérnök, mérnök-közgazdász, a villamosmérnöki tudományok doktora. 2008 óta az EMC Solution Kft. tulajdonos-ügyvezetője. 2009 óta a BME Villamos Energetika Tanszékén dolgozik különböző pozíciókban, jelenleg egyetemi docens, 2019 májusától a tanszék vezetője. Eddig 90 szakdolgozat és diplomatervezet konzulense, 2 doktorandusz hallgató témavezetője, 50 publikáció szerzője/társszerzője. Ipari munkáinak száma meghaladja a 300-at. A Magyar Mérnöki Kamara jegyzett tervezője, szakértője. Szakterülete a kisméretű elektromágneses összeférhetőség villamosenergia-rendszerekben, távközlési rendszerekben és vasúti környezetben. Egyik kidolgozója és előadója a Villamosenergia-rendszerek és a Villamos vontatástáplálási rendszerei c. tantárgyaknak. Az oktatás mellett fontos szerepet tölt be munkájában az iparral való szoros együttműködés, amely keretében az elmúlt 10 évben több mint 300 ipari munkában vett részt tervezőként, szakértőként. Az utóbbi 8 év vasút-villamosítási projektjeinek jelentős részében készítette a tervezéshez szükséges erőssármú szimulációs számításokat, kivitelezés után ellenőrző indukált feszültség-, sínpotenciál-méréseket. Egyik kidolgozója a Nagyvasúti Villamos Felsővezetékrendszer – II. kötet Villamos méretezés c. dokumentumnak. *Elérhetőség: info@emc-solution.hu; +36 (70) 573-5027*



## Csörgő György

2004-ben a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Főiskolán Automatika szakán szerzett diplomát. 2009-től a BKV alkalmazásában üzemmérnöként az M2, M3, M4 biztosítóberendezéseivel és vonatbefolyásoló rendszereinek üzemeltetésével, felülvizsgálatával foglalkozott. 2020 óta rendszermérnöként dolgozik a Siemens Mobility Kft.-nél. Elektronikus biztosítóberendezések élesztésével és üzembe helyezésével, valamint jelfogós interfészekkel foglalkozik.



## Halmos Attila

Kaposváron matematika szakos tanulmányait befejezve 2013-ban a BME Közlekedésmérnöki Karán szerzett közlekedésmérnöki diplomát. Ezt követően a BKV kötelékeibe lépve részt vett a 2-es és 4-es metró új biztosítóberendezés és vonatvezérlő rendszereinek üzembe helyezésében, majd üzemeltetésében. Jelenleg a Siemens Mobility Kft. munkatársaként az elektronikus biztosítóberendezések élesztésével és üzembe helyezésével foglalkozik.



## Lukács Ádám

2014-ben az M3 Vontatási Szakszolgálatnál állt munkába, ahol a járműfenntartással kapcsolatos legkülönbözőbb feladatokat látta el. 2018-ban csatlakozott a Siemens vasút-automatizálási csapatához és azóta szerencséje volt végigkísérni a Kelenföld-Százhalombatta, Angyalföld majd a Százhalombatta-Pusztaszabolcs projekteket. Azon kevés szerencsések közé tartozónak tartja magát, akik a munkájuk során azzal foglalkozhatnak, ami tényleg érdekli és megmozgatja őket.



## Melles Kristóf

Sárospatakon érettségizett angol-magyar két tanítási nyelvű osztályban, majd a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karának alap- és mesterképzésén szerzett diplomát (2011, illetve 2015) dr. Tarnai Géza és dr. Sági Balázs szakmai irányításával. Egyetemi éveit alattvendéghallgatóként szerzett tapasztalatot a drezdai Műszaki Egyetemen, illetve gyakornokként a Prolan-Alfa Kft.-nél, a Siemens Zrt.-nél és a Norddeutsche Eisenbahngesellschaft-nál. A Siemens Mobility alkalmazásában 2013 óta áll, előbb rendszermérnöként, majd 2019 óta vezető rendszermérnöként. Céges szakoktatói minősítését szívesen kamatoztatja belső képzéseken, illetve üzemeltetői oktatásokon is.



## Török Imre

1996-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. Utána a DSS Consulting Kft.-nél dolgozott adattárház fejlesztőként. 2000–2004 között a GySEV Vezérgazgatóság informatikai munkatársa, majd 2004–2006 között a VPE Kft.-nél OSS menedzser. 2006–2015 között az ALSTOM alkalmazottjaként elsősorban biztonságkritikus rendszerek integrációs és követelménytesztelését végezte. 2015 óta a Thales RSS Kft. termékmenedzsereként az ETCS projektek műszaki előkészítését, valamint laboratóriumi és helyszíni vizsgálatait koordinálja. *Elérhetőségek: THALES RSS Kft., 1123 Budapest, Alkotás u. 53. E-mail: imre.torok@thalesgroup.com*



## Dr. Aradi Szilárd

A BME Közlekedésmérnöki Karon szerzett közlekedésmérnöki oklevelet 2005-ben. Diploma után a BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszékén (volt Közlekedésautomatikai Tanszék) maradt doktorandusz. 2015-ben szerezte meg a PhD fokozatot és jelenleg adjunktusi beosztásban dolgozik az egyetemen. Doktori disszertációját vasúti informatikai rendszerekhez és a vasúti vonatási energiaoptimalizáláshoz kapcsolódóan írta. Mindezek mellett kutatási területei közé tartoznak még a járműfedélzeti beágyazott és kommunikációs rendszerek, valamint a gépi tanulás járműirányítási alkalmazásai. *Elérhetősége: aradi.szilard@kjk.bme.hu*



## Lövétei István Ferenc

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés és Járműmérnöki Karán, vasúti közlekedési szakirányon szerzett 2011-ben BSc, majd közlekedés-automatizálási szakirányon 2014-ben MSc oklevelet. A diploma megszerzése óta a Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék munkatársa. Jelenlegi kutatási terület: emberi hibák szerepe a forgalomirányításban, valamint fogalomirányítási automatizmusok kidolgozása. 2016-tól a Certuniv Kft. munkatársa. Korábban, 2000 és 2010 között a Széchenyi-hegyi Gyermekvasúton pályás, majd ifivezető. *Elérhetősége: lovetei.istvan@kjk.bme.hu*

A Vasúti VezetékVilág  
következő száma  
2022. szeptemberben  
jelenik meg.

thalesgroup.com

**THALES**

Building a future we can all trust

Évente

8 milliárd

utas biztonságos közlekedését támogatja  
**Thales által fejlesztett technológia.**

Keresés: Thalesgroup



# oltis hungaria



## **EVAL**

Vasúttársaság  
információs rendszere



## **IS KATALOG**

Vasúti járműkatalógus

[info@oltis.hu](mailto:info@oltis.hu)

[www.oltisgroup.com](http://www.oltisgroup.com)