

TARTALOM

Vörös József – Köszöntő	1
Dr. Koch Edina – Vasúti hídfők komplex geotechnikai modellezése	2
Marosi Ákos – Roncsolásmentes vizsgálatokon alapuló síndiagnosztikai szolgáltatások	9
Jákfalvi Péter, Zathureczky Miklós – Útátjárók polimer Bodan-elemekből	18
Dr. Horvát Ferenc, Dr. Major Zoltán – Vasúti híd provizóriumok növelt sebességre és támaszközzel	22
Dr. Zsákai Tibor – A trianoni békeszerződés és a magyar vasút	31

INDEX

József Vörös – Greeting	1
Dr. Edina Koch – Complex geotechnical modelling of railway bridge abutments	2
Ákos Marosi – Rail diagnostic services based on non-destructive examinations	9
Péter Jákfalvi, Miklós Zathureczky – Level crossings from polymer Bodan elements	18
Dr. Ferenc Horvát, Dr. Zoltán Major – Design of temporary bridges with incremented velocity and span	22
Dr. Tibor Zsákai – The peace-treaty of Trianon and the Hungarian Railway	31

Tisztelt Munkatársaim, kedves Olvasók!

Az idei év sokáig emlékezetes marad mindannyiunk számára. A koronavírus miatt sok minden változott az év eleji terveinkhez képest. Ilyenkor, év vége előtt, érdemes számba venni mindazt, ami sikeresen teljesült, és azt, ami, sajnos, elmaradt vagy más módon valósult meg. Számos rendezvény, konferencia, továbbképzés elmaradt, mivel a tömegrendezvények nem segítik a sikeres védekezést a vírussal szemben. Így például elmaradt a korábban évenként megrendezett *Vasúthistóriai bizottsági konferencia*, ahol szakterületünk mindig szép számmal és felkészült előadókkal vett részt. Folyóiratunkban beszámoltunk pár megszűnt főnökségről, a hatvan–miskolci fővonal 150 évéről, a XX. század legnagyobb vasúti katasztrófáiról, a Székesfehérvár–Komárom-vasútvonal 160 évéről és a trianoni békeszerződés, valamint a II. bécsi döntés hatásairól. Elmaradt a Pályavasúti nap és a krampácsverseny, és az évenként megrendezett nagyszabású vasutasnap ünnepségsorozat. Az idei évre tervezett XVIII. pályafenntartási konferenciát, a XXVI. Vasúti Építészeti és Magasépítészeti Napokat, valamint a hidász szakmai rendezvényt a pandémia miatt jövőre halasztották. A KTE által szervezett nagy sikerű és sok érdeklődőt vonzó Közlekedéstechnikai Napok rendezvényeit a járvány kitörése óta online módon lehet nyomon követni.

A sikeresen, bár sok erőfeszítéssel és óvintézkedéssel megvalósult idei tervek közül az alábbiakat emelném ki: Befejeződött a 100-as vonal és a Nyugati pályaudvar–Városliget-elágazás átépítése. Tovább folytatódta a vasút korszerűsítését szolgáló nagyberuházások, a 40a vasútvonal átépítése, a Szabadbattyán–Balatonfüred közötti vonalszakasz villamosítása és a vasútállomások átépítése. Folyamatban van a Déli összekötő vasúti Duna-híd harmadik vágányú szerkezetének építése. Befejezéséhez közeledik az algyői vasúti Tisza-híd átépítése, és Tram-Train forgalomra alkalmassá tétele.

Az év folyamán igyekeztünk a legújabb technikai műszaki újdonságokat bemutatni. Ezek közül kiemelem a nagy sebességű kitérők geometriai és szerkezeti kialakítását, a rugalmas ágyazású kiöntött csatormás vasúti felépítményt, a polimer kompozitos ragasztott sínkötéseket.

A megváltozott körülmények új, eddig széleskörűen nem alkalmazott munkamódszer, a távmunka bevezetését tette szükségessé. A jövőre készülve végig kell gondolni, hogy mi az, amit másként csinálhatnánk, és mi az, amit a mostani kényszerhelyzetből okulva beépíthetünk a hétköznapi munkafolyamatokba.

Végül minden munkatársunknak, olvasóinknak és családjuknak áldott, békés ünnepeket, jó egészséget és sikerekben gazdag boldog újévet kívánok!

*Vörös József
fűszerkesztő*





Vasúti hídfők komplex geotechnikai modellezése

Dr. Koch Edina

egyetemi docens
SZE Szerkezetépítési
és Geotechnikai Tanszék

✉ koche@sze.hu

☎ (30) 563-6342

A cikkben a szerző bemutatja az újabb kutatásainak az eredményeit, amelyek a hídfőszerkezetek, beleértve az alapozásukat is, a csatlakozó töltés és a köztük kialakítandó átmeneti szakasz fejlesztésére irányulnak. E komplex, a hídfők és az átmeneti szakasz szerkezeti kialakítása által is befolyásolt rendszer viselkedését a legkorszerűbb térbeli, véges elemes, nemlineáris anyagmodellel dolgozó szoftverrel modellezte, s figyelembe vette a vonatterhelés dinamikáját is. Kiemelt figyelmet fordított a háttöltés kialakításának a szerepére.

Bevezető

A nagy sebességű vasutak megjelenésével egyre inkább előtérbe kerül a vasúti híd, a felépítmény és a háttöltés kölcsönhatása és annak modellezési kérdései [1]. A mai tervezési gyakorlatban a hídszerkezetek és talajkörnyezetük igénybevételeit, alakváltozásait többnyire véges elemes szoftverekkel határozzák meg. A talajkörnyezetet is magában foglaló komplex hídmodellek vizsgálatára azonban csak ritkán kerül sor. Szokványos hidak esetén a napi tervezői gyakorlatban a felszerkezetet és az alépítményt – a talaj-szerkezet kölcsönhatást nagyon leegyszerűsítve közelítő – külön modellekben vizsgálják.

A hidak legösszetettebb viselkedésű része a hídfő, amelynek térbeli geometriájából, illetve a talaj és szerkezet bonyolult, az építési fázisok során folyamatosan változó kölcsönhatásából olyan tényleges szerkezeti viselkedések következnek, amelyeket hagyományos számítási módszerekkel lehetetlen követni.

A hídfőknél a vágány alátámasztásának merevsége rövid hosszon megváltozik, ami a haladó vasúti járműben függőleges gyorsulásokat, a pályában többlet-igénybevételeket kelt. Ezek összegződésékként, akár már rövid idő után is, olyan maradó deformációk alakulnak ki az alépítményben, amelyek a vágánygeometria jellemzőit

(fekszint és síktorzulás) lerontják, ezért az ilyen helyeken átmeneti szakaszt kell kialakítani. Ezzel a pályakarbantartási munkálatok igénye nagyban csökkenthető.

A hidak és környezetük komplex viselkedésének elemzése napjainkban igazán csak 3D-s numerikus szimulációval lehetséges. E tanulmányban egy tipikus egyvágányú vasúti híd és talajkörnyezetének numerikus vizsgálatára felépített modelleket és a szimulációk eredményeit mutatom be. A kutatás e fázisában elsősorban azt vizsgáltam, hogy különböző kialakítású hídfők és átmeneti szakaszok milyen hatással vannak a süllyedésekre, s miként befolyásolják az alépítmény mozgásait és a cölöpökben keletkező igénybevételeket.

A bemutatott számításokat a véges elemes analízissel dolgozó Plaxis 3D szoftverrel végeztem, együtt modellezve a hídfő vasbeton szerkezetét, alapozását és háttöltését, valamint a felszerkezeti terhelést [2].

Modellezés

A híd és a talajkörnyezet modellje

Jelen tanulmány célja, hogy bemutassa a Plaxis 3D geotechnikai szoftver alkalmazási lehetőségeit a hídfő és az átmeneti szakasz kialakításának optimalizálására. E célból két modellt építettem, de az al-

talajadottságokat és a vasúti felépítmény kialakítását azonosra vettem.

A felső 15 m vastag gyúrható agyag alatt 10 m vastagságban nagyon tömör homok van. A talajvízszintet a terepszint alatt -1,0 m-re vettem fel.

A hídfőhöz csatlakozó töltés magassága mindkét esetben a terepszint felett 6,0 m, oldalrézsűjének hajlása 1:1,5.

Először egy karcsúbb hídfős szerkezetet vizsgáltam (1. változat). A hídfő falazatának vastagsága 0,8 m, de a fejgerendához csatlakozóan 1,6 m-re nő. A hídfő hátfala és a folyópálya közötti fölművet a H.1.6. Utasításnak az átmeneti szakaszra vonatkozó előírásai alapján vettem figyelembe [3]. Közvetlenül a hídfő hátfala mögött háttöltésként a koronán 2,0 m, a terepszinten 8,0 m hosszúságú cementtel javított szemcsés anyagú éket alakítottam ki, amely az átmeneti szakaszhoz 1:1 rézsűhajlással csatlakozik. A folyópálya-hoz való csatlakozás 1:2 rézsűhajlású. A folyópálya töltésanyaga tömör homok.

A másik változatban egy robusztusabb hídfős szerkezet került beépítésre (2. változat). A hídfőfal vastagsága 1,2 m, a hídfőfal mögött a georácsal erősített háttöltés a koronán 15,0 m, a terepszinten 3,0 m hosszal, amely a folyópálya-hoz 1:2 rézsűhajlással csatlakozik.

Mind egyik változatban változó vastagságban és hosszban „építtem be” az SZK1 szemcsés anyagú kiegészítő réteget, s azon zúzottkő ágyazatot 0,35 m hatékony vastagsággal.

A két változat szerkezeti kialakítását az 1. ábra mutatja.

Mindkét modellben a hídfőfal pályára merőleges hossza 5,1 m, magassága 6,0 m. A hídfők cölöpalapozásúak és párhuzamos szárnyfalak kapcsolódnak hozzájuk. A 2-2 sorban, összesen 6-6 db, 0,8 m átmérőjű, 16,5 m hosszú cölöpök tengelytávolsága 2,4 m.

A cölöpöket a Plaxis és hasonló szoftverek által felkínált „embedded pile”-ként

modelleztem, és hozzájuk tapasztalati alapon vettem fel a rétegenkénti palástellenállás és a talpellenállás végértékét, illetve az ezek lineáris mobilizálódását leíró paramétereket.

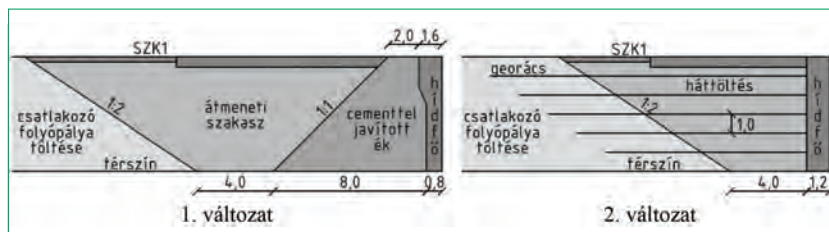
A vasúti sínt gerendaelemként vittem be a modellekbe, amelynek keresztmetszeti paramétereiből számítható hajlítási és normálmerevsége megegyezik a 60E1 jelű sínével. A B70 jelű szabványos keresztalakját szintén gerendaelemként szerepeltettem a megfelelő inercianyomatékkal és keresztmetszeti területtel. E két felépítményi elem modelljének jellemzőit a szakfolyóiratban korábban már ismertettem [4].

A cölöpösszefogó gerendákat, a hídfőket, a szárnyfalakat és a felszerkezetet $E=30$ GPa rugalmassági modulusú, betonanyagú, „szolid” elemekből építettem fel. A felszerkezet acél tartóbetétes, ágyazatátvezetéses, a szabad nyílás hossza 25,0 m. A tartószerkezet és a hídfő sarokmerv-kapcsolatú, azaz integrált hídról van szó.

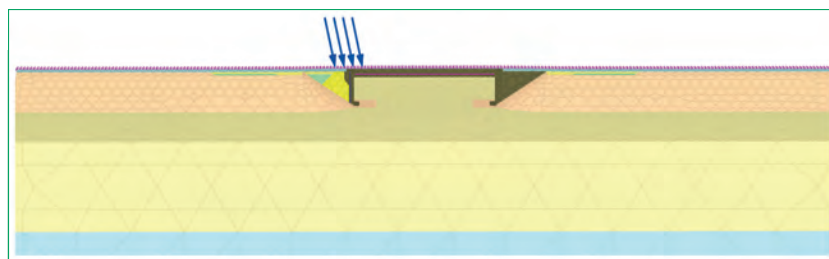
A vázolt modell teljes hossza 143,4 m, szélessége 75 m, mélysége 25 m lett. Hogy a dinamikus vonatteher okozta hullámterhelésnek a határfelületekről való visszaverődése minimális legyen, a modell oldalsó peremein viszkózus határfelületi elemeket alkalmaztam.

A 2. ábra mutatja a híd és a csatlakozó folyópálya hosszmetjét a talajprofilal együtt. A jobb áttekinthetőség miatt a bal oldali szárnyfalakat nem jelenítettem meg. Az ábrán látható erő, a későbbiekben részletezett függőleges és vízszintes erő eredője. A 3. ábra a vasbeton szerkezeteket és a cölöpalapozás modelljeit mutatja a szárnyfalak nélkül.

A talajokat a ma legrealisabbnak gon-



1. ábra. Átmeneti szakaszok kialakítása



2. ábra. A híd és talaj környezetének Plaxis 3D alapmodellje (1. változat)

dolt HS-small anyagmodellel írtam le, amelynek összefüggéseit már két korábbi *Sínek Világa*-cikk ismertette [4, 5]. A zúzottkő ágyazatra Mohr-Coulomb, a vasbeton szerkezetekre lineárisan rugalmas anyagmodellt alkalmaztam. A bevitt paramétereket az 1. táblázat foglalja össze.

Számítási fázisok definiálása

A Plaxis szoftverrel mód van arra, hogy egy híd építését és terhelését időbeli folyamatként szimuláljuk. Az építési folyamat sokféle lehet, ezek hatásai különbözők. Jelen tanulmány bemutatott példáiban az építésütemezés megegyezik és a modellezések a következő építési fázisokra terjednek ki:

1. kezdeti állapot;
2. földkiemelés a terepszint alatti -1,0 m-ig;
3. cölöpözés;
4. fejtömb készítése;
5. hídfőfal felépítése;
6. szárnyfalak építése;
7. földvisszatöltés a munkagödörbe;
8. a háttöltés és a csatlakozó töltés építése 15 nap alatt 3,0 m magasságig;
9. konszolidáció $u_{res}=5$ kPa többlet-pórusvíznyomásig;
10. a háttöltés és a csatlakozó töltés építése a teljes magasságig 15 nap alatt;
11. konszolidáció $u_{res}=5$ kPa-ig;
12. felszerkezet építése;
13. SZK1 alsó 25 cm-es rétegének beépítése 10 nap alatt;

1. táblázat. A talajok anyagjellemzői							
Paraméter	Altalaj alsó rétege	Altalaj felső rétege	Töltéstest	Háttöltés	Javított háttöltés	SZK1 kiegészítő réteg	Ágyazat
	nagyon tömör homok	gyúrható agyag	tömör homok	nagyon tömör homok	cementes stabilizáció	szemcsés anyag	zúzott kő
Anyagmodell	HS-small	HS-small	HS-small	HS-small	HS-small	HS-small	MC
E [kPa]	-	-	-	-	-	-	100 000
E_{50}^{ref} [kPa]	48 000	6 000	36 000	48 000	72 000	54 000	-
E_{oed}^{ref} [kPa]	48 000	6 000	36 000	48 000	72 000	54 000	-
E_{ur}^{ref} [kPa]	144 000	30 000	108 000	144 000	216 000	162 000	-
G_0^{ref} [kPa]	114 400	40 000	100 800	114 400	141 000	121 000	-
m [-]	0,45	0,80	0,51	0,45	0,33	0,42	-
$\gamma_{0,7}$ [-]	0,00012	0,0001	0,00014	0,00012	0,00008	0,0001	-
c'_{ref} [kPa]	1	20	1	1	100	1	1
φ_{ref} [deg]	38	25	35,5	38	23	39	40
ψ [deg]	8	0	5,5	8	-	9	10
k [m/nap]	1	0,0004	1	1	-	1	1

14. SZK1 felső 25 cm-es rétegének beépítése 10 nap alatt;
15. 35 cm vastag zúzottkő alsó ágyazat elhelyezése 10 nap alatt;
16. keresztaljak fektetése és sínek beépítése 10 nap alatt;
17. felső ágyazat építése;
18. első vonat áthaladása 160 km/h sebességgel.

Az 1–4. modellezési fázisban úgynevezett plasztikus, az 5–17. építési fázisban konszolidációs, a 18. lépésben pedig dinamikus számítást alkalmaztam. A teljes konszolidáció elérésének azt tekintetem, amikor az agyagrétegben a töltésteher okozta többlet-pórusvíznyomás mindennél $\Delta u < 5$ kPa értékre csökkent.

A terhelést az LM71 jelű vonattehernek megfelelően a vágányon 8 pontban 125 kN-os dinamikus pontszerű kerékterheléssel vettem figyelembe. A jármű sebességét 160 km/h értékben állítottam be. E modellezési mód részleteit egy korábbi cikkemben már ismertettem [4]. A modellekben a fékezőerőt is figyelembe vettem. Jelen tanulmányban azt feltételeztem, hogy a mozgó jármű a hídfőhöz érve kezd fékezni. Így közvetlen a hídfő fölötti pontszerű függőleges terhekhez vízszintes erőket is definiáltam $F_x = 26,4$ kN értékkel. Ez megfelel a H.1.2. Útasításban meghatározott értékeknek [6]. A jármű oldal-lökő erejéből és a szélteherből származó erőket (F_y) nem vettem figyelembe, mert tapasztalatok szerint ezek jelentősége a hídfő viselkedése szempontjából csekély.

A süllyedések nagysága és változása

Az 1. változatra számított végső süllyedéseket a 4. és az 5. ábra mutatja be. Ezek arra a terhelési helyzetre vonatkoznak, amikor az építés után az első vonat a híd közepére ért. A süllyedési kép és a süllyedések mértéke egészében hasonló a 2. változatra vonatkozóan is. A legfontosabb süllyedési adatokat a 2. táblázatban foglaltam össze. Az ábrák és a táblázat alapján a következő megállapítások tehetők:

A legnagyobb a süllyedés a folyópályán, a jellemző érték ~ 24 cm. A hídfők közvetlen környezetében sokkal kisebbek a mozgások, az 1. változat mutat kisebb értéket. Közvetlenül a hídfőnél a háttöltés süllyedése a folyópályáénak ~ 6 –15%-a, de a hídfőfaltól távolodóan a süllyedések viszonylag gyorsan növekednek, 4,5 m-en jellemzően 80–90 mm-rel. Ez egyrészt annak köszönhető, hogy itt a töltéstest

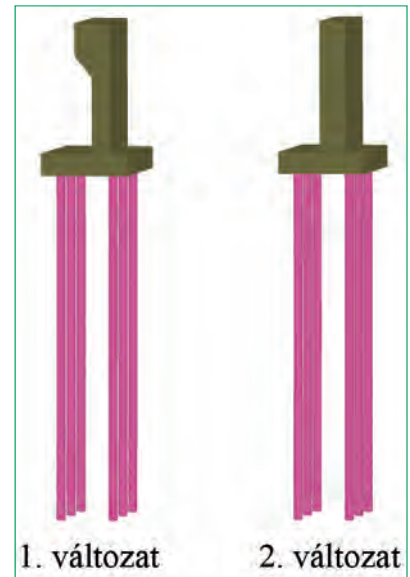
tömege a hídfőfalas és a rézsús lehatárolás révén sokkal kisebb, másrészt annak, hogy a cölöpalapozású hídfő valamennyire „megtartja” a töltést, terheit a cölöpökön keresztül mélyebbre hárítja, kiiktatva az agyagréteg összenyomódásának nagyobb részét. (Kicsit hosszabb cölöpökkel ez még erőteljesebb lenne.) Ez rámutat a Plaxis 3D szoftverrel való számítás hasznosságára. Azok a ma is használatos prognózisok, amelyek a trapéz alakú töltéskeresztmetszet alatti süllyedésszámításra épülnek, nagyon durván túlbecsülik a háttöltés süllyedését, s e tekintetben nem sokkal jobb egy 2D modellel végzett számítás sem.

A folyópályán előálló ~ 24 cm süllyedésből $\sim 3,0$ cm a töltés saját összenyomódása, a homokos talajrétegé pedig lényegében zérus. A cementtel javított háttöltés saját összenyomódása 1 cm-en belül van, érdemes tehát ilyen betervezni.

A hídfő vasbeton szerkezeteinek süllyedése ~ 1 cm.

A süllyedések időbeli alakulása

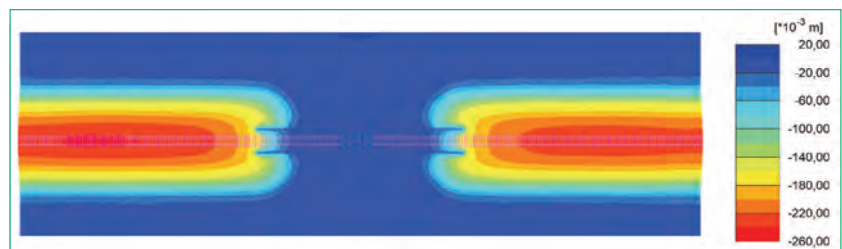
A 6. ábrán az 1. változatra kiadódott süllyedéseket ábrázoltam az idő függvényében három keresztmetszelyre vonatkozóan. A töltés három szelvényére megadott adatok a térszínre vonatkoznak, minthogy a töltés teteje a modellezett folyamat elején még nem létezik. Ezért az ábrán leolvasható végsüllyedések a töltéstest összenyomódásának mértékével kisebbek a 2. táblázatban a töltések tetejére vonatkozóan megadottaktól.



3. ábra. A vasbeton szerkezet és a cölöpalapozás modellje a szárnyfalak nélkül

Az ábra alapján a következő megállapítások tehetők.

- A süllyedésben meghatározó a konszolidációs komponens, de a hídfő közelében a konszolidáció viszonylag gyors. Ennek az oka, hogy a töltés terheinek nagyobb része a cölöpökön keresztül adódik az altalajra, a cölöpök körül pedig térbeli vízáramlás alakul ki. A hídfőtől távolabb a konszolidáció lassúbb.
- A „teljes” konszolidáció ~ 400 nap alatt zajlik le. Az első töltéslépcső építését követően ~ 180 nap, a másodikát követően pedig ~ 130 nap szükséges a „teljes” konszolidációhoz.



4. ábra. Az összes süllyedés felülnézetben (1. változat)



5. ábra. Az összes süllyedés hosszszelvényben (1. változat)

• A vasúti felépítmény (13–17. építési fázisok) beépítése a „teljes” konszolidáció lezajlása után további ~1 cm süllyedést indukál a folyópályán, a hídfőtől 5 m-re ez az érték ~0,4 cm, a hídfő mögött közvetlenül ~0,2 cm.

• Az utolsó számítási fázisban működtetett vonatteher hatása függőleges vonalként jelenik meg a görbe végén, mivel ezek modellezett időtartama csupán 3,6 s volt. A vonatteher hatására ~0,5 cm többletsüllyedés keletkezik.

A megrajzolt görbék alapján más építésütemezési változatok is könnyen kigondolhatók és elemezhetők. Erről számoltam be e szakfolyóirat korábbi számában [7].

A csatlakozásra vonatkozóan nyert eredmények

A vizsgálódás egyik célja a híd és az átmenettel csatlakozó töltésszakasz elemzése volt. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy milyen hatása van a vonattehernek az átmeneti zónában, a hídfőfal, illetve a háttöltés kialakítása miként befolyásolja az átmeneti hosszt.

A 7. ábra a vonatteher hatására bekövetkező függőleges többletsüllyedést mutatja az idő függvényeként a folyópályán és a háttöltésen, a zúzottkő alágazat tetején kiválasztott egy-egy pontra vonatkozóan. A Plaxis programban a dinamikus idő a felvett 143,4 m modellhosszon való áthaladási idővel egyezik meg. Az ábra alapján a következőket állapíthatjuk meg:

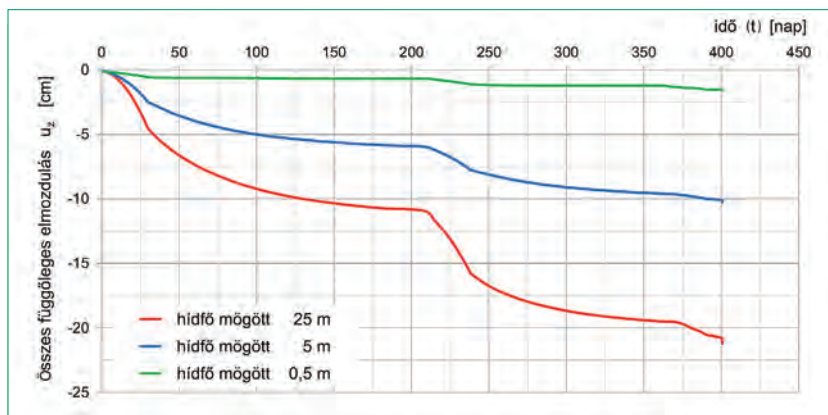
- A vonatteher alatt a folyópályán 12-13 mm többletsüllyedés keletkezik, amiből 9-11 mm marad vissza.
- A háttöltés zónájában ezek az értékek 1-2,5 mm körül vannak.
- A folyópályán a cementtel javított kialakítás nagyobb mozgást mutat, míg a hídfő környezetében az a kisebb.

A 8. ábra hosszmetsetben azt mutatja, hogy a vonatteher alatt mekkora többletsüllyedések lépnek fel. Az ábrán az látható, hogy a vonatteher áthaladásakor

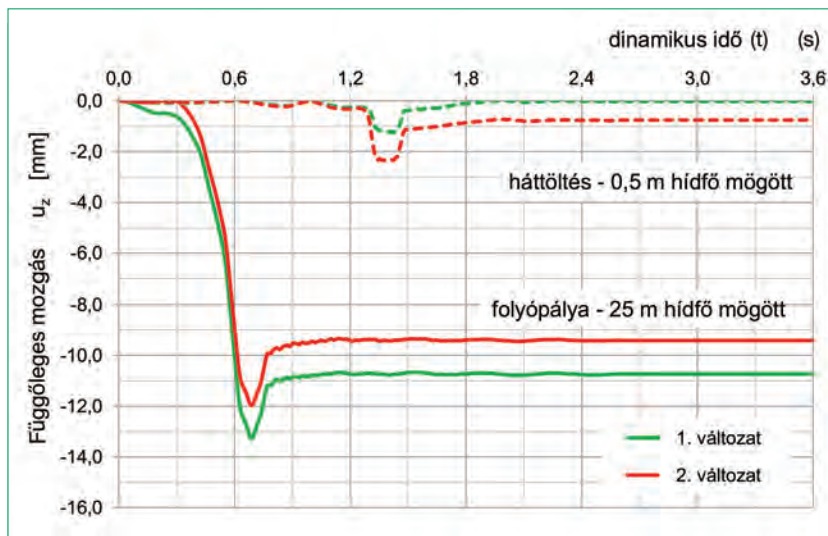
- a többletsüllyedések a folyópályán a hídfő felé csökkennek, a hídfők közelében ugrásszerűen megváltoznak, mivel a hídfő a vonatteher alatt alig süllyed;
- a felszerkezet lehajlása az 1. változatban 6 mm körüli, a 2. változatban ~3 mm;
- az 1. változat szinte folytonos átmenetet eredményez;
- a 2. változatban a háttöltésen sajátos hullámzások jelentkeztek;

2. táblázat. A süllyedési adatok összefoglalása

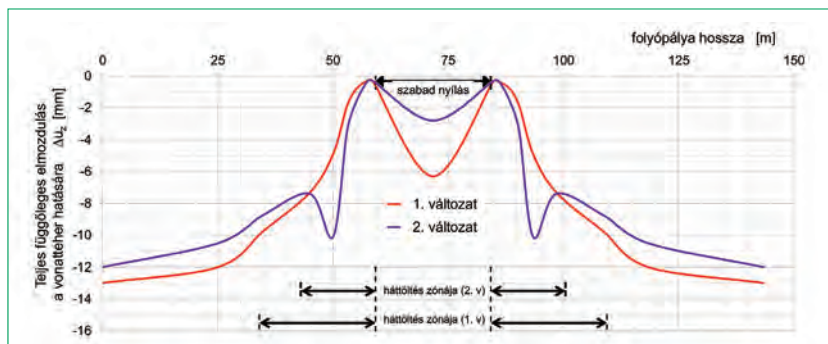
Szerkezeti változatok jellemzői			Süllyedési értékek [cm]			
Változat	Hídfő-szélesség [m]	A háttöltés kialakítása	Folyópálya	Háttöltés a hídfőtől [m]		Hídfő
				5,0	0,5	
1.	0,8	cementtel stabilizált ék	24,3	9,3	1,6	1,2
2.	1,2	georács-erősítés		12,3	3,3	1,1



6. ábra. A süllyedések időbeli alakulása



7. ábra. A vonatteher hatására bekövetkező függőleges többletsüllyedés a zúzottkő alágazat felső síkján



8. ábra. A vonatteher hatására keletkező többletsüllyedések

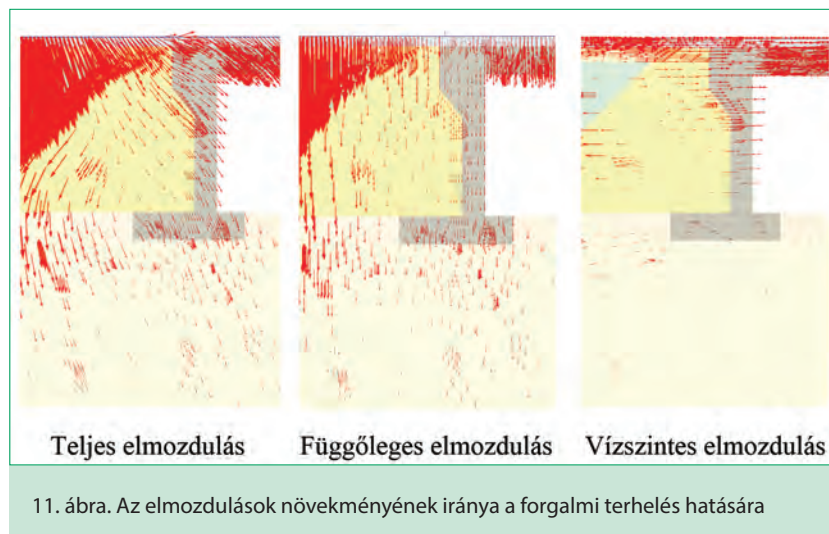
- közvetlen a hídfő mögötti ~5 m szakaszon a görbék szinte egybesimulnak, és 4 mm süllyedésváltozást mutatnak.

Megállapítható, hogy a hídfők előtti utolsó szakasz megfelelő viselkedését pusztán a geotechnikai tervezés körében nem lehet biztosítani. Itt segíthet az úszólemez, a magas minőségű kiegyenlítőréteg vastagságának szakaszos változtatása és a felépítmény merevítése, amint azt az új Vasúti Hídszabályzat 6. kötete is megfogalmazza [3]. Ezeket a jelen modellbe nem vettem bele, de ennek tulajdonképpen nincs akadálya. Az ilyen finom részleteket azonban inkább külön kell kidolgozni, s a nagyléptékű Plaxis-modellekben a felépítményi elemek paramétereivel lehet szerepeltetni.

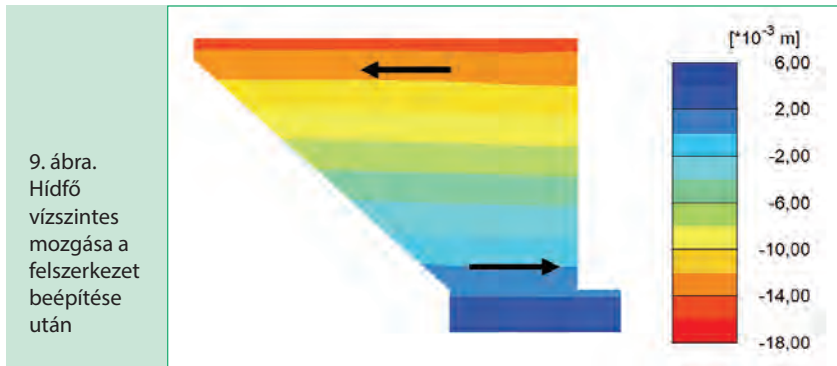
Az alépítménnyel kapcsolatos eredmények

A 9. ábra a felszerkezet beépítése utáni fázisban mutatja az egyik hídfő vízszintes mozgását az 1. változatra vonatkozóan. A mozgások mértékének jobb megítélhetősége végett, csak a cölöpösszefogó gerendát és a hídfőfalat a szárnyfallal együtt tettem láthatóvá. Az ábráról megállapítható, hogy a hídfő vízszintes mozgása 2,0 cm alatt marad. A várakozásnak megfelelően, a fal alsó része a nyílás irányába mozdul, míg a felső része a töltés felé, az előbbi mértéke ~1 mm, míg az utóbbi ~15 mm.

A 10. ábra a vasúti felépítmény beépítése után, a járműteher előtt bekövetkezett összes elmozdulás irányát ábrázolja az 1. változatra. Látható, hogy a hídfőfal teteje kissé hátradól, a háttöltés magára „húzza”, a fal a töltés alatt hosszirányban kialakuló süllyedési teknohöz illeszkedik.



11. ábra. Az elmozdulások növekményének iránya a forgalmi terhelés hatására



9. ábra. Hídfő vízszintes mozgása a felszerkezet beépítése után

Szó sincs tehát arról, amit a konvencionális számításokban feltételezünk, nevezetesen, hogy a háttöltés nyugalmi-aktív földnyomással terheli a nyílás felé mozduló falat. A szerkezet emellett lefelé mozdul a saját súlya és a háttöltésről súrlódással átvett erők hatására. A mozgásvektorok függőleges komponensei a faltól távolodva növekednek, illetve a vektorok a függőlegeshez tartanak.

A 11. ábra a hídfőn bekövetkező elmozdulások növekményét mutatja a járműteher hatására az 1. változatra. Az ábra alapján megállapítható, hogy a hídfő teljes elmozdulásának a növekménye $u \approx 1$ mm. A teteje jellemzően $u_x \approx 0,9$ mm-t a nyílás felé mozdul, és $u_z \approx 0,6$ mm-t süllyed. A terepszint alatt a kifelé irányuló mozgás csak 0,4 mm körüli. A háttöltés vége felé ~10 mm-es többletmozgások keletkeznek, amiből több a függőleges komponens. Megjegyzem, hogy a 2. változatra is nagyon hasonló eredmények adódtak.

A számított mozgások reálisak, kedvezők és elfogadhatók, hiszen általában igyekszünk olyan alapot tervezni, hogy 1 cm-nél sokkal nagyobb elmozdulások a szerkezetek alatt ne legyenek. Ennyit



10. ábra. A teljes elmozdulások iránya a vasúti felépítmény beépítése után

még a statikailag határozatlan szerkezetek is bizonyosan elviselnek, sőt ez az elvárás talán az esetükben is feleslegesen szigorú. A jelen esetben – lévén kéttámaszú tartóról szó – jóval nagyobb is megengedhető volna.

Az alapozással kapcsolatos eredmények

Mindkét változatot illetően megvizsgáltam a cölöpök függőleges és vízszintes mozgását, illetve az igénybevételeiket a 17. és 18. építési fázisban. A 3. táblázatban a teher felvitele utáni állapotra számított értékeket foglaltam össze. Általánosságban elmondható, hogy a cölöpök függőleges elmozdulása 2 cm körüli, a vízszintes irányú mozgás kevesebb, ~1 cm, a maximális normálerő 2000 kN alatt van, a maximális nyomaték 600 kNm körüli.

A 12. ábra az 1. változat töltés felőli, egyik szélső cölöpjének vízszintes elmozdulását és igénybevételeit mutatja. A táblázat és az ábrák alapján a következőket állapítottam meg:

A cölöpfejek végleges függőleges elmozdulásait elsősorban az jellemzi, hogy a töltés felőli cölöpök elmozdulásai nagyobbak. Ezek 6 mm-rel többet süllyednek a nyílás felőli cölöpökhöz képest, ami

3. táblázat. A cölöpök mozgásai és igénybevételei a járműteher felvétele után

Szerkezeti változatok jellemzői			Függőleges mozgás	Vízszintes mozgás	Normálerő	Talpellénállás	Hajlítónyomaték
Változat	Hídfő-szélesség [m]	Háttöltés alakja	u_z	u_x	N	Fb	M
			[cm]	[cm]	[kN]	[kN]	[kNm]
1.	0,8	cementes ék	1,6	0,95	1863	895	616
2.	1,2	georácsos	1,7	0,90	1893	977	654

összhangban van a hídfő hátradőlésével. A nyílás felőli cölöpsor 1,6 cm-t, a töltés felőli 0,9 cm-t süllyed. A végleges süllyedéseket és süllyedéskülönbségeket tehát a töltések terhe határozta meg, a járműteher a süllyedéseket viszonylag kismértékben és csaknem egyenletesen növelte.

A cölöpök vízszintes értelemben a nyílás felé mozdulnak el – lefelé csökkenően. Felül az összefogás okán az elmozdulás azonosan 4 mm, a talpaknál a szélső cölöpök 1,5, a belsők 2 mm-t mozdulnak el. A járműteher hatására a vízszintes elmozdulástöbbslet a fejtömb síkjában 0,5 mm körüli, s értelemszerűen azonos. A nyílás felőli cölöpsor talpa gyakorlatilag e hatásokra nem mozdult el. A töltés felőli cölöpök elmozdulása is csupán 0,2 mm, s ez a töltés felé irányult.

A legnagyobb normálerő a nyílás felőli szélső cölöpök fején keletkezik, 1813 kN, a töltés felőli sorban a középső cölöpfejre kevesebb erő jut, 1132 kN.

A talpra jutó maximális erő 390–895 kN között változik, a töltés felőli szélső cölöpökön a legnagyobb, a nyílás felőli középső cölöpökön a legkisebb.

A töltés felőli cölöpök felső ~4 m-es szakaszán ~300 kN negatív köpenysúrlódás hat. (Ez azt is jelzi, hogy a föld-

terhek alapvetően a szárnyfalakon és a hídfőhátfalon sűrűlő adódnak át a cölöpökre.) Alatta viszont a palástellenállásnak köszönhetően rohamosan csökken a cölöpben működő normálerő a talpra jutó 390–895 kN erőig. A nyílás felőli cölöpökön negatív köpenysúrlódás nem jelentkezik, de a cölöpök felén nem csökken a normálerő, tehát a palástellenállás nem mobilizálódik, a cölöpök és a talaj együtt mozdulnak lefelé.

A járműteher hatására a normálerő ~5%-os növekedése figyelhető meg, a talpon ennél valamelyest kisebb.

A nyomatéki csúcserőtekek a cölöpfej alatt 1-2 m-re adódnak. A nyílás felőli cölöpsorban nagyobbak az értékek: 616 kNm, a töltés felőli cölöpsorban ~400 kNm nyomaték keletkezik. A nyomatékok mélység szerinti változásai és ezen értékek aránya összhangban vannak a vízszintes elmozdulások görbületváltozásával.

Következtetések

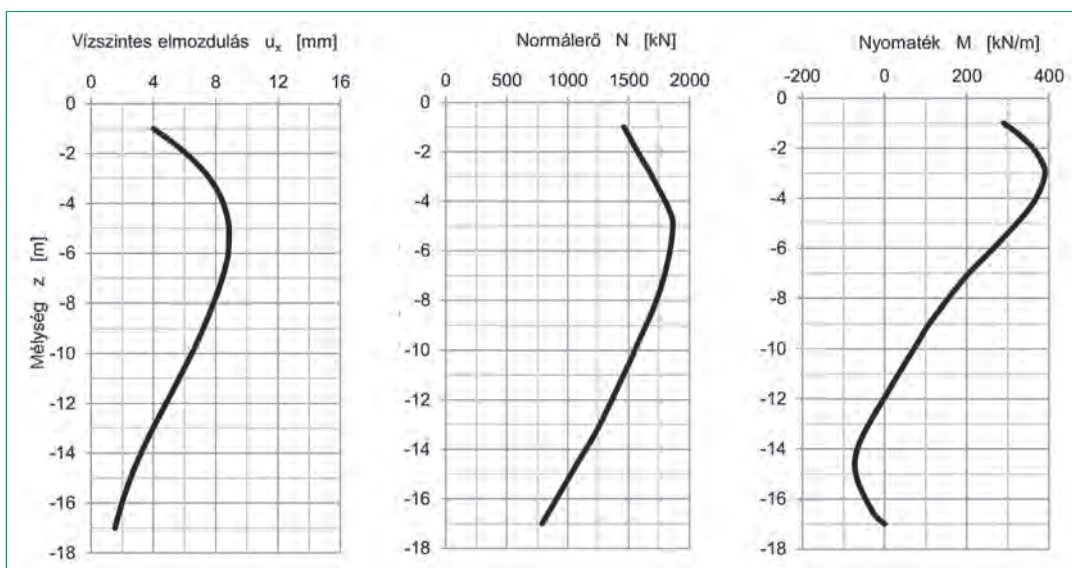
A tanulmány egy jellegzetes cölöpalapozású vasúti hídszerkezet és a gyenge altalajon épült csatlakozó töltés építésének és terhelésének modellezését és annak eredményeit mutatta be különböző hídfő- és

háttöltés-kialakítási változatokra. A vizsgáldás alapján több, a gyakorlat számára is hasznos következtetést vonhatunk le:

A bemutatott eredmények értelmezhetősége, reális nagyságrendje, egymáshoz viszonyított arányai alapján megállapítható, hogy a Plaxis 3D szoftver a HS-small anyagmodellel és a dinamikus vonatterhelés modellezésének lehetőségével alkalmas eszköz a vizsgált probléma mélyreható analizisére.

A térbeliség és a talaj/szerkezet kölcsönhatás korrekt kezelése mellett a HS-small anyagmodellből természetes módon adódó kisebb és reálisnak látszó határmélységek azt eredményezik, hogy a hídfő környezetére vonatkozóan már az állandó terhekből származó süllyedésekre is sokkal kedvezőbb eredményeket nyerhetünk annál, mintha erre is a folyópályára kidolgozott analitikus módszerekkel vagy 2D modellezéssel számított eredményeket vonatkoztatnánk.

Az ilyen modellezéssel képesek lehetünk a hídfő és az átmeneti szakasz szerkezeti kialakításának az optimalizálására. Jelen tanulmány példái azt mutatták, hogy a cementtel javított háttöltés folytonosabb átmenetet biztosít, érdemes ilyen betervezni.



12. ábra. Töltés felőli szélső cölöp vízszintes elmozdulása és igénybevételei (1. változat)

Dr. Koch Edina 2002-től a győri Széchenyi István Egyetem oktatója, 2013-tól egyetemi docens az SZE Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszéken. Geotechnikai szaktárgyakat oktat a BSc- és MSc-képzéseken, diplomamunkákat konzultál. 2013-ban védte meg „Töltésalapozási eljárások modellezése” című PhD-értekezését. Fő kutatási területe a töltésalapozások tervezése, modellezése, vasúti aléptímenyi kialakítások, talajjavítások. Az oktatói feladatok mellett szakértői-tervezői és kutatómunkákban is használja tudását. Az egyéni és közös kutatási eredményekről rendszeresen beszámol hazai és külföldi konferenciákon magyar, illetve angol nyelven is. 2016-tól a Magyar Geotechnikai Egyesület alelnöke.

A rövid idejű és a kis alakváltozások tartományában maradó vonatterhelés okozta többletsüllyedések számítására is alkalmasnak látszik az alkalmazott modellezési eljárás.

A kedvező eredmények további számításokra biztatnak, más talajadottságok, más hídfőszerkezetek, más kialakítású

átmeneti szakaszok és más építési eljárások modellezése után lehet/szabad majd igazán átfogóan értékelni a modellezés helyességét és módszereit. A sok változó miatt nem indokolt abban bízni, hogy az ilyen futtatások alapján nagyon egyszerű méretezési eljárásokat lehet majd kidolgozni. Hosszabb távon is arra érdemes berendezkedni, hogy az itt bemutatott módon modellezzük majd a konkrét eseteket, s keressük az adott körülményekre megfogalmazható optimumfüggvények szélső értékeit. «

Irodalomjegyzék

[1] Horvát F, Koch, Major Z. Híd és vasúti folyópálya közötti átmeneti szakaszok kialakítása. *Sínek Világa* 2018;LX(4-5): 89-97.

[2] Brinkgreve RBJ, Vermeer PA. PLAXIS-Finite element code for soil and rock analyses, *Plaxis 3D. Manuals, Delft University of Technology, Plaxis bv, The Netherlands. 2010*

[3] H.1. Vasúti Hídszabályzat, H.1.6. Utasítás, *Vasúti hidak és egyéb műtárgyak geotechnikai tervezése, MÁV, 2018.*

[4] Hudacsek P, Koch E, Szilvágyi Zs,

Summary

The author reports the results of her research obtained by the investigation of a 3D numerical model of a railway bridge and its transition zone by means of an advanced constitutive model and time domain analysis. The mechanical behavior of a railway bridge and its soil environment is presented in the study with special regards to factors like shape of the bridge abutment and the construction of the backfill.

Wolf Á. Kis nyílású műtárgyak csatlakozó szakaszainak vizsgálata dinamikus teherre. *Sínek Világa* 2017;(2):32-36.

[5] Koch E. Vasúti híd és pályacsatlakozás modellezése Plaxis 3D szoftverrel. *Sínek Világa* 2018;(2):7-12.

[6] H.1. Vasúti Hídszabályzat H.1.2. Utasítás Vasúti hidak és egyéb műtárgyak méretezésének általános előírásai. *Budapest: MÁÚT, 2019.*

[7] Koch E. Hídépítés ütemezésének geotechnikai hatásvizsgálata. *Sínek Világa* 2019;(3):9-17.

Az aluljáróban a Kelenföldi pályaudvar pénztárai

Kiköltözött a Kelenföldi pályaudvar XIX. századi épületéből a MÁV-Start, a pénztárakat és jegyautomatákat a korszerű, a 4-es metróval közös aluljáróba telepítették. A Közlekedési Múzeum koncepciója szerint vasúti terepasztalokat és modelleket bemutató, új közösségi tér születhet az állomásépületből.

Különösebb hírverés nélkül költöztette át pénztárait és az utasinformációs egységét a Kelenföldi pályaudvaron belül a nemzeti vasúttársaság. A szolgáltatóegységek a föld alá kerültek, immár a peronokhoz vezető korszerű, tágas passzázs középső részén található. Helyük praktikus és logikus, hiszen közvetlenül az induló vonatok közelébe kerültek, és a 4-es metró lejáratai is

könnyen elérhetők. Kissé meglepő látvány persze, hogy az Etele tér felől az aluljáró bejáratára került a Kelenföldi pályaudvar felirat, de nincs szégyenkeznivalója, hiszen ez az aluljárószintre telepített létesítmény ma a főváros legkorszerűbb vasútállomása. Ha ehhez hozzátesszük, hogy a Budapest–Székesfehérvár-vasútvonal

nal ugyancsak komoly rekonstrukción van túl, és a megfelelő híradás- és vasúttechnikai berendezések üzembe helyezése után akár óránként 160 kilométeres sebességgel közlekedhetnek majd a villamos motorvonatok, akkor elmondható, hogy a legkomfortosabb elővárosi vonal fontos pályaudvaráról beszélünk.



A kelenföldi vasútállomás régen



A kelenföldi állomásépület ma



Roncsolásmentes vizsgálatokon alapuló síndiagnosztikai szolgáltatások

Marosi Ákos

osztályvezető

MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft.

Síndiagnosztikai Osztály

✉ amarosi@mavkf.vu

☎ (20) 528-6909

A vasúti pályadiagnosztika egyik legfontosabb területe a felépítmény elsődleges teherhordó szerkezetének, azaz a sínek állapotának rendszeres vizsgálata, garantálva ezzel a forgalombiztonság magas szinten tartását és a pálya fenntartásához szükséges adatokat. A sínek élettartamának növelése évtizedek óta folyamatos kihívást jelent a szakemberek számára. A 70-es, 80-as években a fő szempont az élettartam-növelés tekintetében a kezdeti minőség javítására irányult, úgymint a sínben ébredő feszültségek csökkentése (keresztmetszet-növelés, profilkorszerűsítés), a síngyártás minőségének javítása (hosszú-sín-gyártás megvalósítása, méretpontosság emelése, szennyezők csökkentése), sínacélok szilárdságnak növelése (kémiai összetétel változtatása, hőkezelés). Napjainkban e követelmények a korszerű síngyártással megvalósultak, azonban a hosszú élettartam szempontjából a kezdeti magas minőség megvalósítása önmagában nem elegendő, legalább ugyanilyen fontos a folyamatos karbantartási tevékenység elvégzése is.

Ahhoz, hogy figyelemmel tudjuk kísérni a pálya állapotát, nélkülözhetetlen a pálya diagnosztizálása és a hibaforrások időben történő felismerése. Ezt erősíti az a kialakuló trend is, hogy a vasúti pályafenntartásban az 1990-es évek előtt jellemző tervszerű megelőző karbantartást fokozatosan felváltotta a pályaállapotot figyelembe vevő (pályaállapot-függő) karbantartási stratégia, amely napjainkban kezd kiegészülni a diagnosztikaalapú, preventív (megelőző) jellegű karbantartási szemlélettel, valamint az életciklus-költségeket (LCC) szem előtt tartó karbantartási stratégiával.

E körülmények megkövetelték a vasúti pályadiagnosztikával foglalkozó szakemberektől, hogy vasúti alkalmazásokra fejlesszenek ki olyan speciális diagnosztikai eszközöket, amelyek alapvető roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárásokon alapulnak. A kísérletek a MÁV-nál a pályában fekvő belső sínhibák műszeres felderítésére az 1950-es évek közepén kezdődtek meg. A nyugat-európai vasutaknál hosszú ideig nem volt egyértelmű döntés az ultrahangos sínvizsgálati módszer bevezetése mellett, hanem szinte egy időben foglalkoztak mágneses, radioaktív izotópos, röntgenes és ultrahangos vizsgál-

latokkal is. A külföldi vasutak többsége – a MÁV-hoz hasonlóan – a megszerzett tapasztalatok alapján az ultrahanggal történő sínvizsgálatokat tartotta a legmegfelelőbbnek.

Napjainkban számos vasútspecifikus vizsgálóberendezés áll a felhasználók rendelkezésére, az egy és két sínzásaló kézi készülékektől kezdve a mérővonatokra telepíthető 50-70 km/h vizsgálati sebességre képes technológiáig. Ezek az eszközök jellemzően a vasúti sínek belső, szabad szemmel nem látható hibáinak felderítésére, azaz a keresztmetszet belsejéből induló repedések, anyagfolytonossági hiányok kimutatására specifikáltak.

A vasúti pályát érő igénybevételek ugyanakkor folyamatosan nőnek, köszönhetően az egyre modernebb, nagy teljesítményű, nagy sebességre képes vonatjárműveknek és az egyre növekvő vonatforgalomnak. Ennek megfelelően a napjainkban jellemző sínhibák a korábban gyártási eredetű és hegesztési hibák szegmenséből egyre inkább eltolódnak a gördülő érintkezéssel terhelésből eredő fáradásos sínhibák felé. E sínhibák közös jellemzője, hogy nem a sínkeresztmetszet belső tartományából indulnak ki a repedések, hanem a sín futó- és vezetőfelüle-

téről induló, a forgalom hatására egyre növekvő repedések keletkeznek.

Bízom benne, hogy e bevezető rávilágít arra a folyamatra, amely a síndiagnosztikai vizsgálatokat egy komplex rendszer szerves és nélkülözhetetlen, folyamatosan fejlődő tevékenységévé teszi. A cikkben bemutatom a MÁV KfV Kft. sínek diagnosztikájára irányuló roncsolásmentes anyagvizsgálati módszereit, amely megfelel napjaink legkorszerűbb technikájának.

Roncsolásmentes vizsgálatok a vasúti gyakorlatban

A bevezetőben ismertetett fejlődési folyamatok eredményeként napjainkra kialakultak a vasúti sínek diagnosztikájának jól körülhatárolt vizsgálati módszerei és vizsgálóeszközei, amelyeket részletesen ismertetek. A MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft. síndiagnosztikai gyakorlatában az alábbi fő vizsgálatokkal és mérésekkel történik a pályahálózat rendszeres ellenőrzése:

- ultrahangos sínvizsgálat,
- örvényáramos sínvizsgálat,
- sínek keresztmetszeti kopásának mérése,
- hullámos sínkopás mérése.



1. ábra. Ultrahangos vizsgálattal kimutatott sínhiba

Ultrahangos vizsgálat

Az ultrahangos vizsgálat tekinthető a sín-diagnosztika egyik fő tevékenységének, amely egyben a legnagyobb tömegben végzett vizsgálat is. Az alapvető forgalombiztonság fenntartásának rendszeres eszköze, amely a sín (1. ábra) és hegesztési hibák szintörésig történő fejlődési kockázatának minimális szinten tartásához elengedhetetlen. Éves szinten közel 25 000 km vágány ellenőrzése történik meg a kézi és gépi mérőeszközökkel a MÁV KfV Kft. szakemberei által a MÁV és GYSEV vasútvonalai mellett több szomszédos országban is.

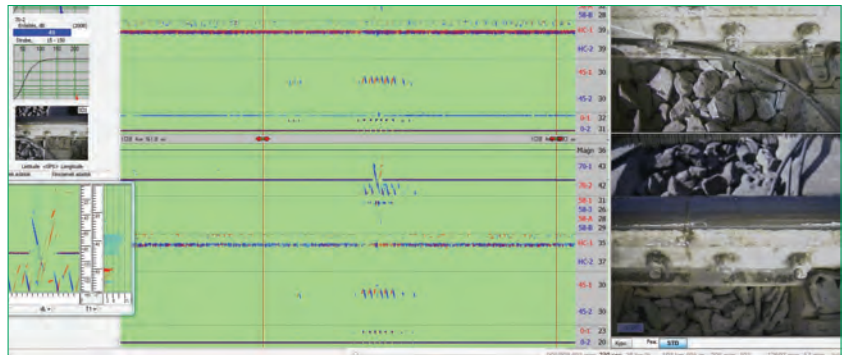
Mérővonati ultrahangos vizsgálórendszer

A mérővonatra telepített ultrahangos vizsgálórendszer alkalmas fővágányok nagy volumenű folyamatos vizsgálatára. A mérőrendszer sinszálanként 12 ultrahangos csatornával rendelkezik. A vizsgálófejek pontos pozicionálását (sín középtengelye) és a kitérőkön való biztonságos áthaladását a mérőkocsi közepén elhelyezkedő mérő forgóváz és annak tengelyei között vezetett mérőgerenda biztosítja (2. ábra).

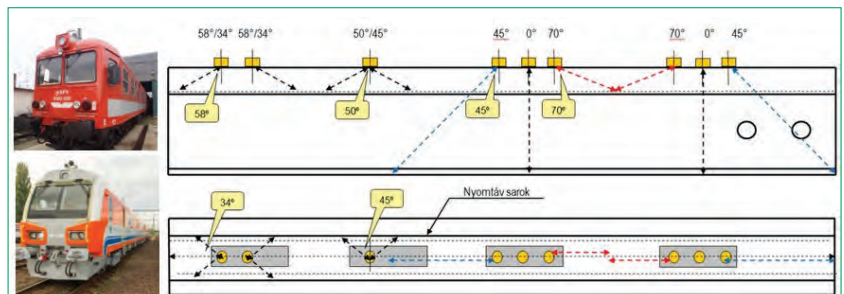
A vizsgálófejcsoportok öntött, esztergált műanyag fejhájókban vannak elhelyezve. A maximális vizsgálati sebesség nagy sebességű ($v \geq 160$ km/h) hézagnélküli pályán 70 km/h. A vizsgálat során az egyes ultrahangos csatornák „A” és „B” képei valós időben jelennek meg az operátor előtt, aki szükség esetén (csatoláshiány, vizsgálófej-sérülés, nem megfelelő pályállapot stb.) be tud avatkozni. A vizsgálat során az „A” és „B” képeket folyamatosan rögzítjük, és a regisztrátum kiértékelése már párhuzamosan a vizsgálat közben megkezdhető. A kiértékelő munkáját nagyban segítik a sinszálakról készített



2. ábra. Mérő forgóváz és mérőgerenda az ultrahangos vizsgálófejekkel



3. ábra. Ultrahangos vizsgálat „B” képe videoképpel kiegészítve



4. ábra. FMK-008 és SDS mérőkocsi, valamint az ultrahangos rendszerek besugárzási elrendezése

jó minőségű lineáris videokamera-képek, amelyeket a „B” képek mellé szinkronizáltan hozzáilleszt a rendszer (3. ábra).

Az ultrahangos sínvizsgáló rendszer a MÁV KfV Kft. FMK-008, valamint SDS síndiagnosztikai szerelvényein üzemel.

Az alkalmazott vizsgálófejek sinszálanként két merőleges, két 45° (előre-hátra), két 70° (előre-hátra), négy 58°/34°, amely

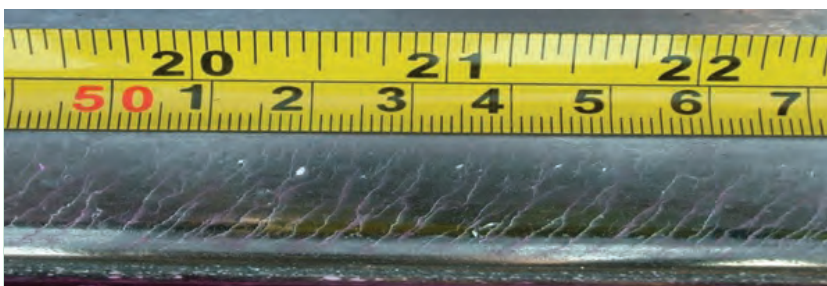
függőleges értelemben 58°, vízszintes értelemben pedig a sín hossz tengelyéhez képest 34°-kal kiforgatott vizsgálófej (előre-hátra irány, vízszintes értelemben pedig mindkét irányban kiforgatva) és két darab 50°/45°-os fej. Az alkalmazott vizsgálófrekvencia 2,5 MHz. A besugárzási elrendezést egy sinszállra vonatkozóan a 4. ábra szemlélteti.



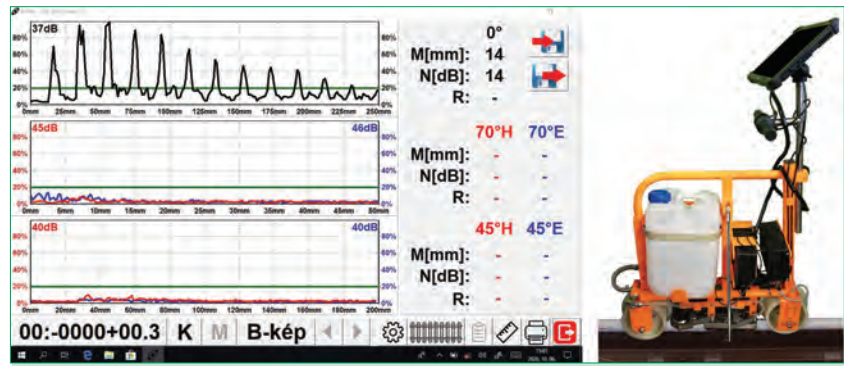
5. ábra. Head Check hibából eredő sintörés

Az ábrákon jól látható, hogy az ultrahangos szondák a sín futófelületén, a sín hossz tengelyében vannak vezetve. Ezt a pozicionálást megköveteli az a kívánalom, hogy a sínfej mellett a teljes síngerinc egészen a sín talpig vizsgálható legyen. Egyfajta kötöttséget jelent, hogy a mérőgerenda keresztirányú mérete bizonyos pályaszerkezeti elemek miatt csak korlátozott méretű lehet, amely így megnehezíti a sínfej szélső keresztmetszeteinek közvetlen, futófelületről történő besugárzását.

A gördülő érintkezéssel terhelésből eredő fáradásos repedések (Head Check) zónájának, valamint a sínfej szélső tartományában lévő hibák megbízható detektálása vezetett a fentiekben ismertetett besugárzási elrendezés kifejlesztéséhez. Az ismertetett kötöttségek miatt ebben az esetben ugyanis az ultrahangnyalábot nem lehet közvetlenül a repedésekre irányítani, hanem a sín válláról visszaverődve kell az ultrahanghullámoknak elérni a reflektáló felületet. Ilyen vizsgálófejek az 58°/34°-os és 50°/45°-os szondák a mérővonati rendszerben. A Head Check zóna ily módon történő közvetett (ugrástávolságú) besugárzása miatt a repedések futófelületről mért mélységének ultrahangos módszerrel történő meghatározása nem triviális. Az 50°/45°-os vizsgálófej viszonylag nagy érzékenységgel bír, azonban a mérőrendszer által rögzített regisztrátumon a repedésekről kapott indikációkat jelenleg



7. ábra. Head Check repedések a futófelületen



6. ábra. USK-006 kiskocsi ultrahangos jelekkel

még nem lehet egyértelműen értékelni és párhuzamba állítani az örvényáramos mérőrendszer által szolgáltatott Head Check repedések károsodási mélységével. A Head Check sínhibák ultrahangos vizsgálatának témaköre, annak fontossága (5. ábra) és szakmai kihívásai miatt a jövőben kiemelt jelentőségű fejlesztési irány lehet a sínvizsgálatok területén.

Ultrahangos sínvizsgáló kiskocsik (USK)

A kiskocsik alkalmazási területe kiterjed a mérővonati hibák utánvizsgálatára, olyan másodrendű vasútvonalakra, amelyek mérővonattal nem vizsgálhatók, valamint állomási mellékvágányok és kitérők vizsgálata végezhető el hatékonyan ezzel a mérőeszközzel. A kiskocsik váza az elektronikai egységek, akkumulátorok és csatolófolyadék hordozására, valamint a berendezés ergonomikus kezelésére szolgál, a kiskocsik kerekei és speciális fejvezető egysége pedig a mérőszondák megfelelő pozicionálását biztosítja a sín futófelületén.

Cégünk e kiskocsik tekintetében nemcsak mint felhasználó nevesíthető, hanem az ultrahangos sínvizsgáló kiskocsik gyártása és fejlesztése is többéves múltra tekint vissza. A meglévő tapasztalatok és igények alapján 2019-ben kifejlesztettünk egy új, a mai kornak és elvárásoknak megfelelő

modern elektronikával felszerelt („A” és „B” képes megjelenítés, regisztrátum rögzítése) ergonomiailag is optimalizált új ultrahangos sínvizsgáló kiskocsit, amely az USK-006 típusnevet kapta (6. ábra). A vizsgáló elektronika egyszerre öt ultrahangos csatornát tud kezelni, amely lehetővé teszi komplexebb besugárzási elrendezés alkalmazását, azaz a sínkeresztmetszet egyidejű letapogatását több ultrahangos vizsgálószondával. Lehetőség van továbbá az ultrahangos regisztrátum rögzítésére és elmentésére, valamint az adott vizsgálaton belül a hibalista-kezelés és jegyzőkönyv-generálás (szerkesztés) lehetősége is adott. Irodai környezetben az eredmények vizualizálhatók, elemezhetők.

Örvényáramos vizsgálat

A vasúti környezetben alkalmazott örvényáramos vizsgálati technológia bemutatása előtt az átfogó szemlélet kialakításához elengedhetetlen, hogy röviden bemutassuk a Head Check sínhibák legfontosabb ismérveit, amely jelenség ezt az anyagvizsgálati eljárást napjainkra a sínvizsgálatok rendkívül fontos tevékenységévé tette az ultrahangos vizsgálat mellett.

Head Check sínhibák ismertetése

A gördülő érintkezéssel fáradásból eredő sínhibák egyik legelterjedtebb, legnagyobb tömegben előforduló típusa, a sín futófelületén, a kerék-sín érintkezési pont környezetében kialakuló hajszálrepedések rendezett sorozata. Ezek a repedések sűrűn, egymástól néhány milliméter távolságban, a sín hossz tengelyével körülbelül 45°-os szöget bezáróan jelennek meg a futófelületen, így egy egyméteres szakaszon akár több száz repedéssel is találkozhatunk (7. ábra).

A 7. ábrán látható repedések elsősorban a kerék-sín érintkezési pont fokozott igénybevétele és a fellépő súrlódóerők hatására alakulnak ki (8. ábra). A nagy teljesítményű és tengelyterhelésű mozdonyok kerekei a sínfejjel „körömnymi” felülettel érintkezve – elsősorban gyorsításkor és fékezéskor – nagy hosszirányú csúszatőerőt közvetítenek a felületre, ami a sínfej felső rétegében a kristályrácsok összenyomódását és egymáson való elcsúszását eredményezi.

A nagy feszültségek következtében kialakult folyamatos, nagymértékű, képlékeny alakváltozás hatására a futófelülethez közeli rétegek szövetszerkezete átalakul, az anyag felkeményedik, akár az alapszövet keménységének másfélszeresére is. Az ilyen nagymértékű alakváltozás az anyag alakváltozó képességének kimerülését okozza, ami repedések kialakulásához vezet (9. ábra).

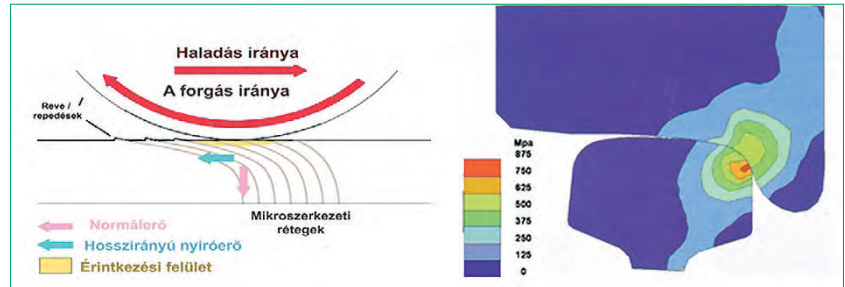
A hiba minden vágánytípuson előfordulhat, de jellemzően az ívekben és a síndőlés nélküli kitérőkben található vele. Azokban az ívekben, amelyeknél túlelemelésihiány van, nagyobb valószínűséggel található meg a hiba. Az eddigi vizsgálatok alapján elmondható, hogy a sín korától és összetételétől függetlenül minden sín típuson megjelenik ez a fajta sínhiba, azonban a sín anyagminősége jelentősen befolyásolja a repedések kifejlődésének gyorsaságát, a repedések alakját és sűrűségét. A fejrepedések kialakulhatnak szeparáltan is, például nyom-szűkült egyes pályaszakaszokon, de tipikusan egy nagyobb vágányhosszon fordulnak elő, jellemzően egy ív külső sínszálnak teljes hosszában, ahol az elsődleges menetirány (kétvágányú vonalak) vagy az erőteljes vontatási irány (egyvágányú vonalak nagy hosszlejtésű, gyorsítási, fékezési szakasza) jellemző.

A repedések kialakulását és növekedését alapvetően két fázisra lehet elkülöníteni (10. ábra):

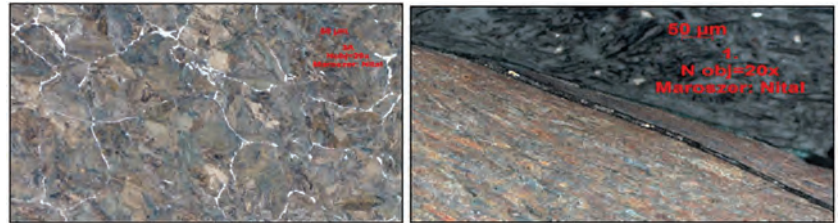
- I. fázis: kezdeti növekedés fázisa, lassabb repedésfejlődés;
- II. fázis: gyors növekedés fázisa.

Kezdetben a kerék-sín kapcsolatnál a terhelés hatására bekövetkeznek a képlékeny alakváltozások és a felkeményedés. Ennek jeleit az érintkezési zónában elszíneződött, barnás árnyalatú sávok mutatják.

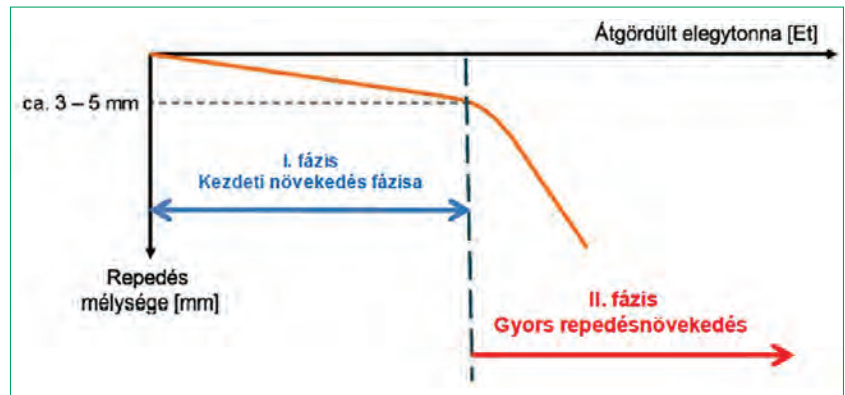
Miután a Head Check repedések a sín e felső, igen szilárd rétegén átjutnak, mintegy 30°-os szögben tovább növeked-



8. ábra. Repedések kialakulása a hosszirányú nyíróerők hatására és a feszültségeloszlás a sín-kerék érintkezési pontban (egyponos érintkezés esetén)



9. ábra. Ép alapszövet a bal oldalon és a repedés környezetében deformálódott szövetszerkezet a jobb oldali felvételen



10. ábra. Head Check hibák növekedési fázisai

nek a sínfej belseje felé, megközelítőleg 3-5 mm-es mélységig. Ezzel egyidejűleg a repedések futófelületen látható hosszai is növekednek. A kritikusnak mondható felületi repedéshossz körülbelül 20 mm-nél állapítható meg. Eddig a repedések lassabb tempóban és kisebb szögben növekednek.

A megközelítőleg 3-5 mm-es repedésmélységtől a sínfej hajszálrepedései megváltoztatják növekedésük lefolyását, amelynek során alapvetően két lehetőség van:

- A szomszédos repedések együtt növekednek a felület alatt, ami aztán később kitörésekhez vezethet a futófelületen.
- A látható repedéshossz növekszik a futófelületen, ezzel egyidejűleg a repedés megváltoztatja növekedési irányát és egy lényegesen nagyobb szög alatt növekszik

tovább a sínfejjel, egyre növelve a sín-törés kockázatát.

A Head Check sínhibára a 2000-es évek elejétől figyelt fel a szakma az Egyesült Királyságban (Hatfield) bekövetkezett siklásos, sajnos, halálos áldozatokat is követelő vonatbaleset kapcsán. Mára a Head Check hibák majd' minden vasúttársaság hálózatán – a MÁV-hálózaton is – megjelentek. A hibák különböző súlyossági állapotának megfelelően a vasúttársaságok számára egyaránt fontos szempont a már súlyosan károsodott szakaszok kiszűrése a forgalombiztonság megfelelő szinten tartásához, hosszabb távon pedig a kialakuló hibák kellő időben történő rendszeres diagnosztizálása, amely alapján karbantartási stratégiát lehet kidolgozni a gazdaságosabb pályafenntartás érdekében.

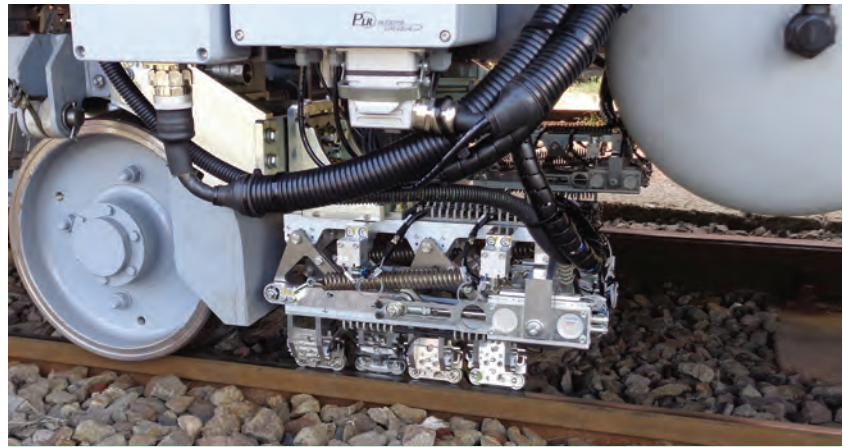
Mindkét cél eléréséhez a roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások vasúti környezetben való alkalmazása és fejlesztése jelenti a megfelelő megoldást.

Mérővonati örvényáramos vizsgálórendszer

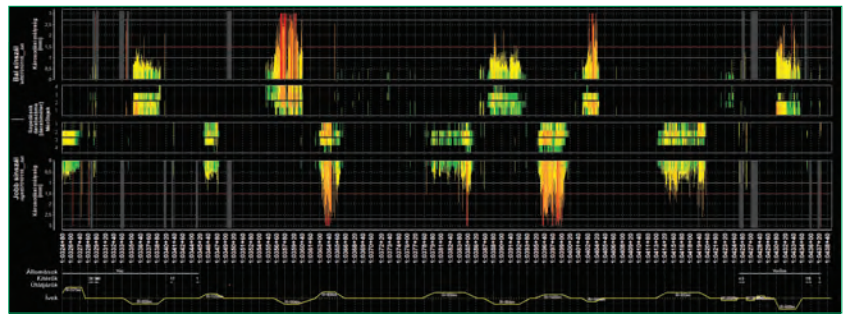
Mivel a Head Check hibák esetén a futófelületről induló, felülethez közeli repedések diagnosztizálása az alapvető feladat, így az örvényáramos technológia kiválóan alkalmas e repedések kimutatására már az egészen kis mélységű, kezdeti stádiumban lévő hibák esetén is. További előnye e vizsgálati eljárásnak, hogy míg a vizuális és penetrációs módszerek csak a repedések felületi hosszára szolgáltatnak konkrét információkat, addig az örvényáramos vizsgálat eredményei a repedések mélységével is összhangba hozhatók. (Megjegyzendő, hogy a repedések valós mélysége nem keverendő össze a számított károsodási mélységgel.) A pályakarbantartás szempontjából a repedések mélysége (károsodási mélység) sokkal informatívabb adat, mivel ennek ismeretében már különböző karbantartási munkákat (sínacsizolás, sínköszörülés, sínmarás) is jól lehet tervezni.

A gyakorlatban számos vasúti vizsgálatra kifejlesztett mérőeszköz áll az anyagvizsgáló szakemberek rendelkezésére. Közös jellemzőjük, hogy a Head Check repedések mélységének számított értékét (ezt nevezzük károsodási mélységnek) szolgáltatják fő adatként, amelyhez a nemzetközi gyakorlatban empirikus úton meghatározott 25°-os kiértékelési szöget veszik alapul. (A 25°-os kiértékelési szög alkalmazását a hazai kutatások eredményei is megerősítették.) E műszerek mérési tartománya jellemzően 0,01–3,00 mm, így leginkább a repedések kialakulási és kezdeti növekedési stádiumában szolgáltatnak megbízható adatokat a pályakarbantartás számára.

A pályahálózaton tömegesen jelentkező Head Check hibák feltérképezése, a károsodás folyamatának és ütemének megismerése, valamint kézzel tartása megköveteli a nagy teljesítményű mérővonati vizsgálórendszer alkalmazását. A MÁV KfV Kft.-nél mindkét sín diagnosztikai mérővonatra (SDS és FMK-008) ugyanazt, a német cég által gyártott örvényáramos mérőberendezést telepítettük, amellyel egyszerre mindkét sínszál örvényáramos vizsgálata elvégezhető akár 70 km/h sebesség mellett. A vizsgálat so-



11. ábra. Gépi örvényáramos mérőrendszer vizsgálószondái



12. ábra. Head Check hibák grafikonja egy állomásközben

rán mindkét sínszálon négy-négy darab örvényáramos szonda diagnosztizálja a sín futó- és vezetési felületének meghatározott pozícióiban a kialakult hajszálrepedéseket. A szondák vizsgálat közbeni állandó pozícióban tartását (fix távolság a futófelületről) kis átmérőjű acélgörgők biztosítják. A vizsgáló mechanika a mérő forgóváz kerekei elé nyúlik ki egy konzol-tartón keresztül (11. ábra).

A hibák minősítése a károsodási mélység alapján történik, amelynek méterenkénti maximális értékét és az adott méterhez tartozó repedés darabszámát szolgáltatja a mérőrendszer mindkét sínszállra. A mérési eredmények irodai programban, útalapú diagramon, tetszőleges léptékben, szemléletes formában megjeleníthetők (12. ábra), ezáltal könnyen áttekinthető a vizsgált pályaszakasz állapota, és a szükséges karbantartási munkálatok megtervezhetők.

Kézi örvényáramos sínvizsgáló rendszer

A kézi örvényáramos műszerek a mérővonati rendszerrel teljes mértékben

meg egyező paramétereket szolgáltatnak, úgymint a repedések károsodási mélysége és méterenkénti száma, amely eszközök egyidejűleg szintén mindkét sínszál vizsgálatára alkalmasak négy-négy mérőszondával. Alkalmazásuk elsősorban kitérők vizsgálatára koncentrálódik.

Sínek keresztmetszeti kopásának mérése

A vasúti pálya üzemszerű használata során a közlekedő járművek kerekei a vágányt alkotó sínekkel vannak kapcsolatban, azokat folyamatosan koptatják, lapítják, esetleg deformálhatják. A sín diagnosztika másik fontos tevékenysége, a repedések feltárása mellett, a vasúti sínek alak és kopás szempontjából történő ellenőrzése, a kopási folyamat nyomon követése és a határértékeket meghaladó keresztmetszetek kiszűrése. E feladatnak tesz eleget a sínprofilmérés.

A sínprofilmérés során a sín keresztmetszet több jellemzőjét vizsgáljuk. Ezek közül legfontosabbak a következők:

- Magassági kopás, oldalkopás, valamint e két értékből számított kiegyenlített magassági kopás.

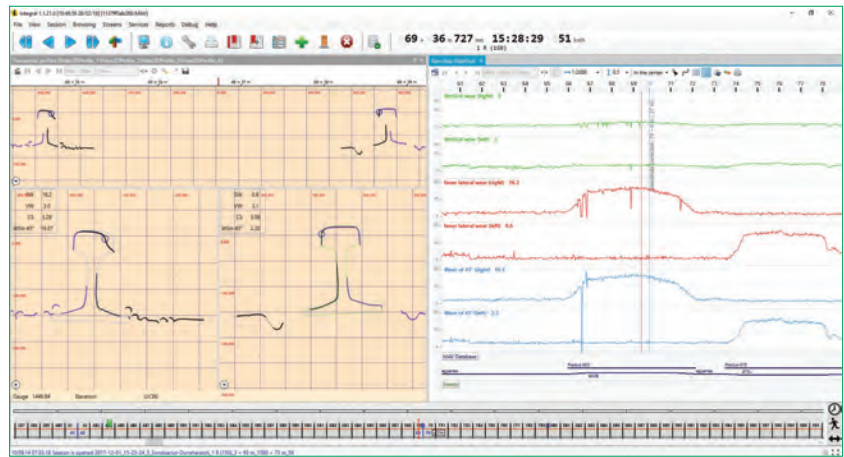
– Ezeken kívül még számos sínkopási paraméter felvehető, ilyenek például a külső oldalkopás, síndőlés, sínfejszélesség, -magasság stb.

A mérővonatra telepített gépi sínprofilmérő berendezés mérőfejei a sínszálak felett helyezkednek el a sín futófelülete fölött 258 mm-rel, a mérőkocsi futó forgóvázának közvetlen közelében. A mérőrendszer sínszálanként két-két lézeregység segítségével dolgozik. A sínszálra vetített lézerek sugarak képét optikai kameracsoport veszi fel és illeszti a szabványos sántípusra, amelynek alapján a kopási paraméterek számíthatók. Ennek megfelelően ez az elv érintkezésmentes mérést tesz lehetővé, maximum 120 km/h sebességgel. A jó adatgyűjtés érdekében sínszálanként két-két lézeregység és optikaikamerarendszer szolgáltatja az adatokat egy-egy sínprofilmérő egységben.

A sínkopási jellemzők tehát a gyári szabványos sínprofilhoz képest adják meg az eltéréseket, ezért a sínprofilmérés során a vizsgált sín típusát, annak gyári keresztmetszeti adatait is ismerni kell. Az egyes sínkeresztmetszeti jellemzők mértékét előírás szerinti határértékek szabályozzák. A mérővonalainkon működő sínprofilmérő rendszerek az egyes sínkopási paramétereket grafikus formában az út függvényében megjelenítik (13. ábra), valamint a megrendelő által kért jellemzőkről nyomtatott grafikonokat, illetve a határértéket meghaladó helyekről lokális hibalistát szolgáltatnak. Az irodai számítógépes rendszer segítségével további elemzések készíthetők.

Egyenértékű kúposág paraméter

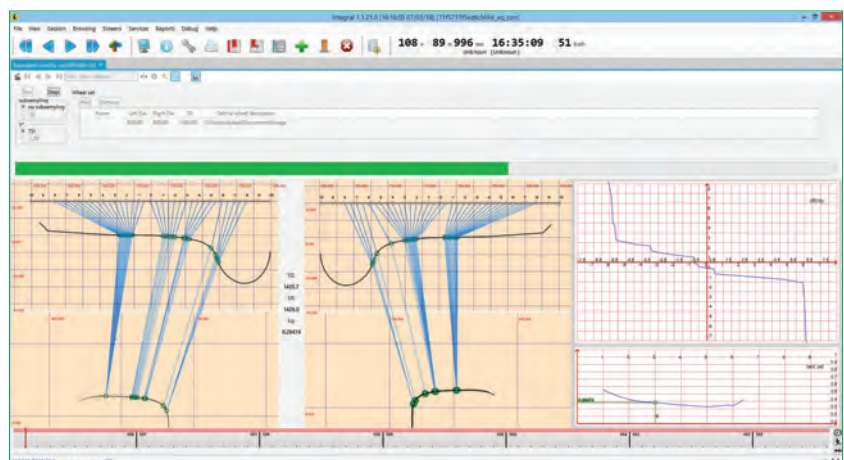
Az egyenértékű kúposággal való foglalkozás viszonylag új téma a felépítésmenydiagnosztikában, amely szorosan kapcsolódik a sínprofilméréshez. Az infrastruktúrára vonatkozó ÁME (átjárhatósági műszaki előírás) megjelenése óta kötelezően kell alkalmazni és ezt a paramétert vizsgálni. Az egyenértékű kúposág egy olyan mennyiség, amely egy adott kerékpár keresztirányú mozgását jellemzi egy adott vágányon, állandó sebességgel haladás és egyenes pálya esetén. Az egyenértékű kúposág a kigyózó mozgást befolyásolja, és ezen keresztül a járművek keresztfutási stabilitására, illetve az utasok lengéskényelmére, komfortérzetére van kihatással. Nagy értéke esetén instabil futás alakulhat ki, amely szélsőséges esetben



13. ábra. Kopott sínkeresztmetszet a jellemző sínkopási paraméterek grafikonjával



14. ábra. Sín-kerék párosítások egyenértékű kúposág számításához



15. ábra. Egyenértékű kúposág számítása

siklásveszélyt, illetve siklást is jelenthet. Mivel az egyenértékű kúposág a kerékpár és sínpár kölcsönhatását leíró mennyiség, így számításának elvégzéséhez pályás szempontból a sínprofil kopási görbéje, a

síndőlés és a nyomtáv a három szükséges paraméter, járműoldalról pedig a kerékprofil és kerékhátlap távolsága a bemenő adat. Számítható szabványos új profilok és valós, mért kopott profilok alapján is. Kü-

lőnböző célokra e profilok különböző párosításai használatosak, amelyet a 14. ábra szemléltet.

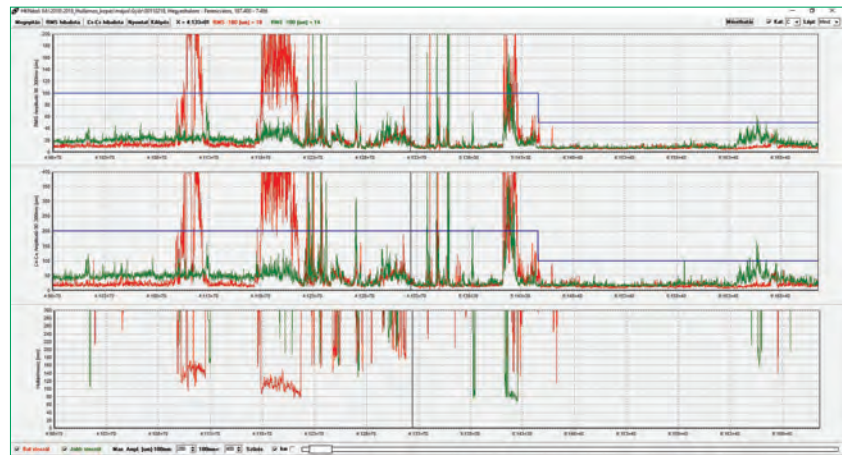
A 15. ábrán az egyenértékű kúposág számításának első lépései láthatók (szabványos kerék- és sínprofilal), azaz a keréksugár-különbség előállítás a kerékpár keresztirányú kitérésének függvényében, amelyhez egy tartományon belül minden keresztkitérésre illeszteni kell egymáshoz a kerékprofilpárt és a sínprofilpárt. A számítás az FMK-008 mérőkocsin üzemelő sínprofilmérő rendszer szoftverével elvégezhető.

Hullámos sínkopás mérése

A vasúti sínek magassági és oldalkopása mellett, jellemzően, a kis sugarú ívek belső sínszálán figyelhető meg a sínfej futófelületi hullámos kopása. Ezek általában rövid hullámhosszúságú (30-300 mm) kopások, kis hullámmélységgel, amelyek ismétlődése szabályszerűen mondható. A gyakorlatban előfordulnak hosszabb hullámhosszúságú hibák is, ezek már szemmel nem megfigyelhetők. A hullámos sínkopás vizsgálata az utóbbi időszakban került előtérbe, ugyanis a pályasebességek növekedésével a hatásuk egyre jobban megmutatkozik. A sín futófelületén kialakuló hullámos sínkopással érintett pályaszakaszokon átgördülő szerelvények jelentős többlet dinamikus erőhatást okoznak mind a jármű, mind pedig a vasúti felépítmény számára.

A sínek ilyen jellegű futófelületi hibáit hullámhosszuk és mélységük alapján osztályozzuk és hullámosodás (10–30 mm), rövid (31–300 mm) és hosszú hullámú (301–1000 mm) hullámos kopás megnevezéssel különböztetjük meg. Látható tehát, hogy a hullámhosszak néhány centimétertől több méterig terjedhetnek, a mélységük pedig a századmilliméteres nagyságrendtől kezdve nagyobb hosszak esetén elérheti a néhány milliméteres nagyságot is.

A mérővonatokon működő mérőrendszer képes a hullámos kopás jelenségét kimutatni, azaz a kialakult hullámok amplitúdóját (A), valamint hullámhosszát (W) meghatározni a 30–300 mm-es hullámhossztartományban. Sínszálanként két-két induktív tekercs van elhelyezve a hőmérséklet-függőség kompenzálása miatt egy megfelelő bázishosszúságú ultrahangos fejhájóban. A mérés kontaktus nélkül, e nagy felbontású induktív érzé-



16. ábra. Hullámos sínkopás mérési grafikonja

kelőkkel történik, amelyek a bázissík és a futófelület közötti távolságot rögzítik. Az egyes érzékelők mérési tartománya 5 mm. E tartományon belül a mérőfejek felbontása jobb, mint 1 μm , ami lehetővé teszi a nagy sebességű pályákon történő mérést.

A mérőrendszer által szolgáltatott eredmények (amplitúdó- és hullámhosszértékek) irodai programban útalapú diagramon, tetszőleges léptékben, szemléletes formában sínszálanként megjeleníthetők (16. ábra). A mért amplitúdók kiértékelése két módszer szerint is megtörténik, csúcstól csúcsgig (MÁV D.54. számú utasítás), valamint az RMS- (EN 13231-3) értékek formájában. A mérhetőhatárértéket meghaladó szakaszokról hibalista generálható a további elemzések elvégzéséhez. A sínkarbantartási munkák (csiszolás, köszörülés, marás, gyalulás) megtervezéséhez a Head Checking hibák mellett a hullámos sínkopás szintén fontos és figyelembe veendő paraméter.

Egyéb vizsgálati módszerek

Az előzőekben ismertetett, nagy volumenben végzett négy fő sínvizsgálati módszer mellett érdemes még említést tenni a sínek semleges hőmérsékletének méréséről, valamint az egyenességmérésről.

Semleges hőmérsékletmérés

Az összehegesztett sínekben, vagyis a hézag nélküli vágányokban jelentős hosszirányú erők lépnek fel. A hézag nélküli vágányokat úgy kell megépíteni és fenntartani, hogy stabilitásuk bármilyen előforduló sínhőmérsékleten fellépő hőmérsékleti erők és a járművek által átadott erők hatá-

sa alatt is megmaradjon. A tényleges semleges hőmérséklet (az a sínhőmérséklet, amelynél a sínszálban nincs hőmérsékleti feszültség) megbízható ismerete a vasút biztonságos üzemeltetésének egyik fontos kérdése. A vágány tényleges semleges hőmérséklete (TSH) sokféle ok miatt nem marad meg a kialakítási értéken. A TSH rendkívüli fontossága miatt annak helyes kialakítását méréssel szükséges ellenőrizni, a forgalom biztonsága, valamint a hézag nélküli vágányokban szükséges munkák szakszerű elvégzése érdekében!

A TSH meghatározásának egyik módszere az úgynevezett RailScan műszerrel történő mérés. A RailScan készülék a mért felületet hossz- és keresztirányban átmágnesezve kapott Barkhausen-zajból egy mágneses jellemzőt határoz meg. E mágneses jellemző értéke függ a sínben lévő nyomó-, illetve húzófeszültség értéktől. A termikus feszültség értéke változik a sínhőmérséklet függvényében, így ha különböző sínhőmérséklet mellett meghatározzuk a mágneses jellemző értékét, akkor számítani lehet a sínszál semleges hőmérsékletének értékét. Az eljárás során két különböző hőmérsékleten (minimum 7 °C különbség) kell ugyanazokban a keresztmetszetekben elvégezni a mérést ahhoz, hogy a TSH-értéket meg tudjuk határozni.

Egyenességmérés

A sínekben, a hegesztések környezetében egy kemény pont keletkezik, amelynek geometriai egyenessége nagymértékben befolyásolja a vágány állapotát. A hegesztéseken fellépő tized milliméteres futófelületi hibák jelentős vágánygeomet-

Marosi Ákos a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán szerzett 2009-ben BSc, majd 2011-ben MSc diplomát. A MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft.-nél 2011-ben kezdte meg munkáját diagnosztikai mérnökként. A vizsgálati adatok elemzése és a diagnosztikai rendszerek fejlesztése mellett 2013-tól az FMK-008 síndiagnosztikai szerelvény mérés technikai rendszereinek beszerzését projektvezetőként koordinálta. 2013-ban szerezte meg a 2-es szintű ultrahangos, majd 2015-ben a 2-es szintű örvényáramos szakképesítést. 2016-tól a MÁV KfV Kft. Síndiagnosztikai Osztályának vezetője. 2018-ban 3-as szintű ultrahangos anyagvizsgálói képesítéssel a vasúti síndiagnosztikai vizsgálatok irányítója és felelőse a MÁV KfV Kft.-nél. 2020 februárjától az ELTE Gazdálkodástudományi Intézet MBA képzésének hallgatója.

riai hibákat, illetve hegesztési varratban anyaghibákat okoznak. A hegesztések kivitelezéskor az egyenestét kezdetben csak acélvonalzóval ellenőrizték, de a sebesség emelkedése, a minőségre való nagyobb igény, a pályafenntartási költségek csökkentése egy új vizsgálati eljárást, a műszeres egyenestémérést tette szükségessé. Ennek az eszköznek a segítségével a sínszálak egyenestégének a mértéke (futó- és vezetőfelületen) nagy pontossággal mérhető és tárolható.

Az egyenestémérő készülékek 1 m hosszúságú mérőgerendából és a hozzá csatlakoztatható kézi számítógépből állnak. A mérőgerenda, mint bázissík, és a mérendő felület közötti távolságot fix kapacitív elven működő vagy mágneses távolságmérésen alapuló szenzorok mérik.

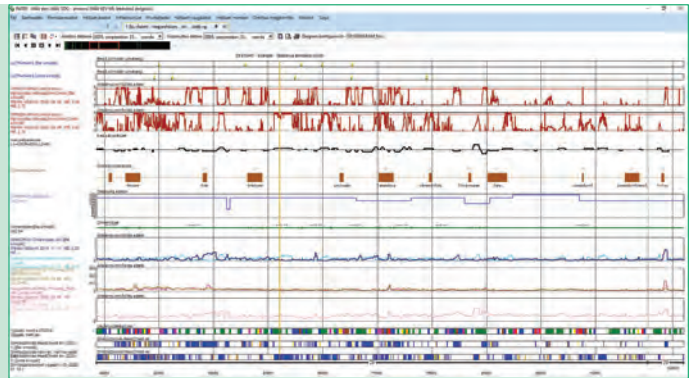
Síndiagnosztikai vizsgálati adatok elemzése

Társaságunk a mérővonati, valamint a kézi műszeres vizsgálatok magas színvonalú elvégzése mellett kiemelt hangsúlyt fektet az egyes mérőrendszerek által szolgáltatott vizsgálati adatok feldolgozására, elemzésére, különböző vizsgálati jelentések készítésére, amelyek a több évre visszanyúló hibaadatbázisok birtokában szemléletesen rávilágítanak a változási trendekre, és gyors áttekintést tesznek lehetővé egy adott vonal, pályaszakasz vagy régió általános állapotáról. Ennek az elemzési tevékenységnek a támogatására 2019-ben kifejlesztettünk egy irodai szoft-

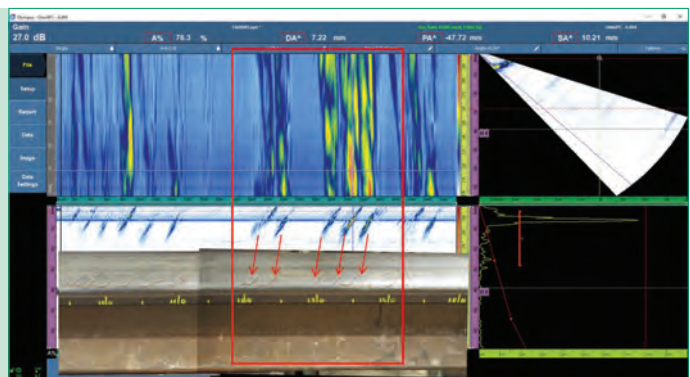
17. ábra. Síndiagnosztikai mérési adatok megjelenése az irodai szoftverben



18. ábra. Síndiagnosztikai mérési adatok megjelenése a Páter rendszerben



19. ábra. Head Check repedések kimutatása fázisvezérelt ultrahangos technikával



vert, amely adott pályaszakasz valamennyi síndiagnosztikai nyers vizsgálati adatainak egy felületen történő megjelenítését teszi lehetővé (akár többévi eredmény egymásra helyezésével), kiegészítve a megjelenítést a szükséges infrastruktúraadatokkal (17. ábra). E szoftver segítségével szakértőink komplex képet kapnak a vizsgált vonalrész síndiagnosztikai szempontú állapotáról, amelynek áttekintése után a további elemzésekhez szükséges hibalisták, valamint a Páter (pályafenntartási tervező és döntéshozó rendszer) szakértői rendszer részére történő minősített adatok (importfájlok) generálhatók.

A szakértői kiértékelések és elemzések elvégzését követően minden síndiagnosztikai vizsgálati adatot a megfelelő minősítési elvek szerint (minősítési osztály, kategória, minősítési hossz) betöltünk a Páter rendszerbe. A Páter felülete már országos szinten elérhető minden illetékes pályafenntartásban dolgozó szakember számá-

ra, amelyben már nemcsak a síndiagnosztikai adatok, hanem minden más al- és felépítményi mérési eredmény is elérhető (például vágánygeometriai eredmények, űrszervénymérési eredmények, alépítmény-diagnosztikai adatok stb.), valamint minden rendelkezésre álló infrastruktúra-adat), amelyeket tetszőleges diagramkonfigurációban előhívhatunk (18. ábra). A szakértői rendszer lehetőséget biztosít további tetszőleges mérési rendszerek felvételére, és adatainak kezelésére, például georadaros eredmények, felsővezeték-mérés eredményei.

Jövőbeni fejlesztési irányok

A bemutatott sínvizsgálati módszerek és eszközök teljes mértékben megfelelnek a síndiagnosztikával szemben támasztott követelményeknek és napjaink korszerű technikájának. Mindezek mellett azonban szükséges folyamatosan figyelemmel

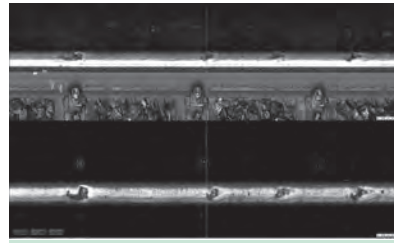
kísérni az egyes szakterületek fejlődési irányait, és az abban rejlő lehetőségeket kiaknázni. A számítástechnika és mérés-technika fejlődésével már megvan annak a lehetősége, hogy az ipar más területén alkalmazott és bevált módszereket a síndiagnosztikai vizsgálatokban is alkalmazzuk. A jövőben nagy potenciál lehet, többek között, a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati technológia vasúti környezetbe történő adaptálásában, amellyel már több cég konkrét technikával jelentkezett.

Egy általános célú, fázisvezérelt ultrahangos vizsgálóberendezéssel egy tesztvizsgálat erejéig már megismerkedtünk, amelynek során nagy károsodási mélységű Head Check hibával terhelt, 1,70 m hosszúságú tesztsín vizsgálatát végeztük el. E vizsgálat regisztrátumáról látható egy részlet a 19. ábrán, amely nagyon szemléletesen kimutatta a Head Check repedéseket, kvázi visszaadva azok futófelületen látható rajzolatát.

A MÁV KfV Kft.-nél a síndiagnosztikai szolgáltatások színvonalát az ultrahangos vizsgálatot kiegészítő videokamera-felvételek automatikus kiértékelésének fejlesztésével is igyekszünk emelni. Sínszállanként két-két lineáris kamera alkalmazásával a sínek felületén szabad szemmel is jól látható hibák automatikus felismerése, azaz a futófelületi sínhibák kimutatására specifikált videoinspekciós rendszer kifejlesztése a kitűzött cél (20. ábra). A felismerőrendszer jelenleg tesztelési és fejlesztési fázisban van, amelynek során a fő kihívást a kiválasztott teszszakaszokon elvégzett elemzések alapján a valós felületi sínhibák megtalálási valószínűségének emelése jelenti az egyéb nem sínhiba jellegű téves felismerések arányának minimalizálásával.

A roncsolásmentes vizsgálati módszerek fejlesztése mellett egyes kutatási témák kidolgozása és felkarolása is rendkívül fontos lenne néhány témakörben, mint például:

- az érintkezési feszültségek, feszültségcsúcsok vizsgálata sín-kerék kapcsolatnál, numerikus modellezés, geometria, anyagminőségek figyelembevételével és pályaoldali paraméterek alapján;
- dinamikus igénybevételek hatása (hullámos sínkopás, kívülgyelődött hegesztés, lapos kerék stb.);
- sín-kerék anyagok törésmechanikai jellemzőinek (repedésképződés és terjedéssel kapcsolatos vizsgálatok) összehangolása, hőmérsékletfüggés elemzése.



20. ábra. Lineáris kamerákkal detektált futófelületi sínhibák

Összefoglalás

A cikk célja a vasúti sínek roncsolásmentes vizsgálatának, legfontosabb módszereinek és eszközeinek bemutatása. E komplex rendszer elsődleges feladata a forgalombiztonság garantálása, a sín-törések megelőzése az egyes sínhibák minél korábbi fejlődési stádiumban történő kimutatásával. A síndiagnosztikai tevékenység hatékonysága a korszerű és megbízható vizsgálóeszközök alkalmazása mellett a rendszerességben rejlik. A vizsgálatok periodikussága lehetőséget biztosít az egyes sínhibák fejlődési ütemének megfigyelésére, amely információk nélkülözhetetlenek a hosszú távon gazdaságos, életciklus-költségeket tekintve optimális sínkarbantartási stratégia felépítéséhez egy vasúttársaságnál.

Amennyiben az olvasó eljutott e sorokig, köszönetemet fejezem ki, hogy megtisztelt az idejével, és bízom benne, hogy sikerült némi betekintést adni a sínek világának ezen igen izgalmas szeletéből, talán még azok számára is, akik napi szinten találkoznak e tevékenység valamely szegmensével. ◀

Irodalomjegyzék

- [1] Marosi Á. Roncsolásmentes vizsgálatok a vasúti közlekedés biztonságáért. *Anyagvizsgálók Lapja* 2019; 3.
- [2] Marosi Á. Ultrahangos vizsgálatok alkalmazása és korlátai a vasúti sínek Head Check hibáinak diagnosztizálásában. *UT3 fővizsga dolgozat*, 2018.
- [3] Marosi Á. Fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati technológia alkalmazása vasúti sínek Head Check hibáinak kimutatására. *PPT-előadás. Eger: Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia*; 2019.
- [4] Béli J. Sínef-hajszálrepedések megjelenése a MÁV hálózatán – 1–4. rész. *Sínek Világa* 2010; 2–3.; valamint 2011; 1.
- [5] Széchenyi István Egyetem. A sínef-

hajszálrepedések (HC-hibák) kezelésének lehetőségei. Győr: 2014.

[6] ÖBB, Florian Auer, Alfred Wöhhart. *Head Check – Sínef-hajszálrepedések*. Bécs: 2008.

[7] *Railtrack tanulmány. Gördülési érintkezési fáradás a sínekben*. 2001.

[8] MÁV Zrt. *D.5. Pályafelügyeleti utasítás*. Budapest: MÁV Zrt.; 2017.

[9] MÁV Zrt. *D.10. Utasítás – Vasúti sínek diagnosztikája*. Budapest: MÁV Zrt.; 2017

[10] Daczi L. *Felépítménydiagnosztika*. MÁV, BGOK oktatási segédlet. Budapest: MÁV Zrt.; 2018

[11] Dubé N. (R/D Tech) *Bevezetés a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati technológiába*. 2004.

[12] Tóth A. *A síndiagnosztika szerepe a vasúti pálya felügyeletében, különös tekintettel a napjainkban jellemző sínhibák kezelésére*. Budapest: BME TDK konferencia; 2017.

[13] Tóth L, Béres L, Unyi B. *Korszerű sínanyagok és minősítésük. Közlekedéstudományi Szemle* 1979; 338-344.

[14] UIC 70712:2018 *Nemzetközi vasútegyesület – Sínhibák*.

[15] Ágh Cs. *Egyenértékű kúposág méreése Magyarországon – Pálya és jármű kapcsolata – futási instabilitás*. *Sínek Világa* 2012; 6.

[16] Ágh Cs. *Egyenértékű kúposág*. *PPT-előadás*, 2017.

Summary

Enhancement of the lifetime of the rails means a continuous challenge for the experts since decades. In the 1970s, 1980s the main aspect trended towards the initial quality improvement in regard to enhancement of lifetime, i.e. reduction of the stresses arising in the rail (enhancing of the cross-section, profile updating), improvement of the quality of rail production (realisation of long-rail production, enhancement of size accuracy, reduction of contaminants), enhancement of the strength of rail steels (modification of the chemical composition, heat treating). Nowadays these requirements were realised by the modern rail production, however, the realisation of the initial high quality from lifetime point of view, is alone not enough. *The execution of the continuous maintenance activities has at least the same importance.*

Útátjárók polimer Bodan-elemekből

A közúti forgalom szintben történő átvezetése a vasúti vágányokon a vasútépítés kezdetétől természetes igény. A műszaki megoldások folyamatos korszerűsítése és az átjárók biztonságának növelése érdekében a szakirodalom, így a Sínek Világa is, rendszeresen visszatér erre a kérdéskörre. A 2007/3-4. különszámban például hét cikk foglalkozik az útátjárókkal. Most a polimer Bodan-rendszer ismertetésével egy olyan elemes útátjáró alkalmazását mutatjuk be, amely jól gépesíthető, és az elvárt követelményeknek – miszerint a vasúti és közúti pálya homogén, jól karbantartható és szabályozható legyen – gazdaságosan és tartósan képes megfelelni.



Jákfalvi Péter
vasútépítő mérnök

✉ jakfalvi.peter@gmail.com
☎ (30) 919-4000



Zathureczky Miklós
ügyvezető igazgató
Orient 9001 Kft.

✉ orient9001@orient9001.hu
☎ (30) 990-6700

A Bodan-féle útátjáró rendszer régi típusa jól ismert Magyarországon. Az 1970-es években ez az osztrák gyártmányú betonelemes átjáró – a MÁV hálózatának felújítása és a nagygépes vágányszabályozás bevezetése során – általánossá vált. Megindult a hazai gyártása is, de csakhamar jelentkeztek a minőségi kifogásokból adódó hátrányok (a beton morzsolódása, az acélkeret törései és az elektromos szigetelés problémái). Hazánkban mind a mai napig ezek a hátrányok vannak a köztudatban, ezért más útátjáró rendszerek kerültek előtérbe.

A Bodan konstrukciós elgondolása mérnöki szempontból helyes, de mint gyártmányt meg kellett újítani. Ez Ausztriában már 1985-ben megtörtént. Az elemek anyagának gyökeres megváltoztatásával a cementkötésű beton helyett műgyanta alapú epoxibetont, más néven polimerbetont alkalmaztak. Ennek szilárdsága a közel azonos ($2,3 \text{ kp/dm}^3$) faj súly mellett a hagyományos beton szilárdságának háromszorosa. Az elemeken nincs külső, látszó vasalás, az igénybevételeket csak belső horganyzott vasalás veszi fel, így a biztosítóberendezés alkalmazási feltételeinek megfelelően nincs zárlatveszély, mivel a villamos áramot nem vezeti, fagy-, olaj- és vegyszerálló, nagy szilárdsága folytán nem reped, nem csorbul, felülete nem kopik.

A Gmundner Fertigteile GmbH (GF) „új” gyártmánya mind az öt földrészen ismert; Európán kívül például Japán és



1. ábra. Átjáró hosszú külső elemekkel

Malajzia a legjelentősebb piacok. Alkalmazási engedélye van Európa sok országában, Magyarországon 2002 óta, a BME részletes vizsgálati jelentése és ismertetése alapján. Ennek ellenére a polimerbeton anyagú Bodan-átjáró hazánkban még nem terjedt el annyira, amennyire kedvező tulajdonságai indokolhatnák, vélhetően a régi típus máig tartó hitelrontó hazai gyártása miatt.

A polimer Bodan gyártmányfejlesztési eredményei:

- A betonelemek a sántalpakra feksze-

nek fel, az aljak nem kapnak közvetlen közúti terhelést, a burkolat áthidalja az ágyazatot, szabad szellőzést biztosítva.

- A tetszőleges sínrendszerhez alkalmasan megválasztott gumiprofilokon támaszkodik fel. A külső elemek megtámasztásához zárókövek épül, amely az alapperegrára kiegyenlítő habarcsrétegen fekszik fel.
- Új és meglévő vágányba is ugyanúgy beépíthető a szabályos geometria és aljosztás mellett.
- Az elemek szélessége a szabványos 60 cm

aljosztáshoz igazodik, a belső elem 60 cm-es. A külső elem kétféle lehet: rövidebb, keresztirányban 75 cm-es (ez 1,20 m széles és két aljat ér át), vagy hosszabb, a vágánytengelyre merőlegesen 1,47 m (ez 60 cm széles és csak egy aljat ér át) (1. ábra). Több vágány esetén a nagytengely is burkolható, változó tengelytáv vagy íves vágány esetében is, ekkor természetesen egyedi elemeket kell gyártani és beépíteni, amiket a nagytengelyben kétoldalas zárókő határol.

- Az elemek súlya elég ahhoz, hogy fekvésük stabil legyen, de mozgásukhoz, beemelésükhöz a helyszínen megfelelően sínen járó kotrógép vagy bobcat is elegendő, tömegük a 250 kg-ot nem haladja meg.
- Az elemek lezárásához folyókával, illetve kábelcsatornával kialakított oldalgerenda is készül. A gyakorlatban is jól bevált a 17 mm széles résfolyókás zárókő, amelyben egy Ø 160 mm-es folyóka biztosítja az útfelület vízének keresztirányú kivezetését (S-BORD) (2. ábra).
- Phoenix sínes vágány, villamosvágány is burkolható polimer betonelemekkel. Ez a LeBodan-rendszer. A különleges közbenső elemek fésűként egymásba kapaszkodva hidalják át a vágányt. Az elem párokat megtört helyzetben lehet a sínkamrákba behelyezni.
- Gyalogos – kerekesszékes –, kerékpáros-forgalomra és iparvágány térburkolatára is vannak kidolgozott változatok. A könnyített U-BODAN, illetve a betontálcás BO-TRACK. Beépíthető szárnyas gumiprofil, amely a nyomcsatornát lefedi, de a vasúti kerék nyomkarimája alatt kitér.
- A hibátlan fekvés érdekében az építés megkezdése előtt a vágányt szintre és irányra gondosan ki kell szabályozni, az aljosztást be kell állítani. Az elemek csavarfészkei néhány centiméteres játékot megengednek, de a mérettűrések halmozódását már nem. A gyártó a gyors és pontos munkához szükséges sablonokat, szerszámkészletet készített, amely megrendelhető.
- A Bodan egészen kis sugarú ívekbe is beépíthető: a legyezőszerű elhelyezkedést az elemek közé felelőssített lapos ék alakú, kemény műanyag lemezek biztosítják. Ilyenkor az aljosztást néhány milliméterrel meg kell növelni, mert az ív belső oldalán lévő elemek külső sarka ér össze először.
- A keresztező út tetszőlegesen ferde vagy



2. ábra. S-BORD résfolyókaelem



3. ábra. Átjáró a Rail Cargo Terminálban, BILK

íves is lehet, megfelelő elemkiosztással. A polimer Bodan-elemekben a kanyarodó járművek külpontos, nyíró és csavaró igénybevétele sem tesz kárt.

- Kitérő, keskeny vagy széles nyomtávú, vagy „fonódó” vágány is burkolható, az egyedi méretű elemek gyártása megoldott.
- A polimer Bodan-elemek felülete kipergetésnek ellenálló kvarchomok szemcsékkel van borítva, ez tartósan biztosítja a nedves útfelület magas csúszási ellenállását is ($\mu > 70\%$).

• Színes – vörös, sárga, zöld színű – elemek is rendelhetők, ha kell, fényvisszaverő (Bodan-Reflo) változatban, a megrendelő kívánsága szerint.

- Az útátjáró alkatrészei nem mozdulnak el. A szélső záróköveket vastüskék rögzítik az alaperendáéhoz, az elemek hosszirányú vándorlását az aljakhoz, illetve a pályasínhez való lehorgonyzás akadályozza meg.

A csavarkapocs elleni védelmet a már régóta alkalmazott, horganyzott acéllemezről gyártott csavarkapocs-emelő biztosítja.

Jákfalvi Péter az Orient 9001 Kft. megbízottjaként az osztrák Gmundner Fertigteile GmbH összekötője. A Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán végzett Budapesten, 1972-ben. Ezt követően a MÁV-nál dolgozott pályatervezőként és -kivitelezőként az építési szolgálatnál, majd 1984-től pályafenntartási szakaszmérnöként. 1992-ben vasúti futástechnikai szakdiplomát szerzett a Széchenyi István Műszaki Főiskolán. 1995-től különféle vasútépítő cégeknél volt változatos beosztásokban, 2009-ben pályaeépítési projektvezetőként ment nyugdíjba. Szakmájában azóta is tevékeny.

- Az útátjáró elemei egymástól függetlenül, darabonként kiemelhetők, így pályakarbantartás esetén az átjáró közötti forgalma forgalmi sávonként vagy azon belül részlegesen is lezárható.

A polimer Bodan-elemek gyártása kizárólag a felső-ausztriai Gmundenben lévő üzemben történik, innen szállítják a világ minden tájára, elkerülve a korábban idegen telephelyen gyártott elemek minőségi hibáit. Állandó belső minőség-ellenőrzés mellett a Német Vasutak (DB) évente ellenőrzi a gyár termékeit.

Az elemek beépítéséhez – összetettebb vagy kényesebb esetekben, igény szerint – a GF művezetést is biztosít.

Magyarországon polimer Bodan-átjáró első alkalommal 2008-ban, Újpesten, Istvántelken, az Elem utca–Szerencs utca közötti háromvágányos, 12 m széles útátjáróba épült be, amely azóta is jó állapotban viseli az élénk forgalmat. A folytatás sokáig váratott magára.

– 2015-ben a Budapest-Soroksár állomáshoz csatlakozó Rail Cargo Terminál BILK D.I. számú 300 m sugarú íves vágányába épült be egy 45 darabos belső elemes, 27 m széles átjáró, amely íves útszakaszba esik. Az átjárót azért kellett átépíteni, mert a kanyarodó nehéz járművek a korábbi gumielemes átjáró felületét rendszeresen széttépték. A visszatérő hiba megszűnt, a polimer Bodan-elemek állapota kifogástalan (3. ábra).

– 2016. november, Budapest, X. kerület, Maglódi út, Akna utcai átjáró: kétvágányú villamos keresztezésében, a korábbinál teherbíróbb átjáró alkalmazását indokolta a nagy súlyú, kanyarodó kamionforgalom. Az egyik oldalon részfolyóka biztosítja a Maglódi út felületi vízének elvezetését. A nagytengelyben a külső



4. ábra. Épülő villamosátjáró a Maglódi úton



5. ábra. Csepel, Budafoki úti átjáró

elemek kettős záróköre támaszkodnak. A teherautósáv vörös burkolattal készült (4. ábra).

– Csepel-Gyártelepen folyamatban van a Metrans Konténer Terminálhoz vezető közel 3 km hosszú iparvágány felújítása. Ennek során öt átjáró már átépült, a hatodik átépítésére 2021-ben kerül sor. Va-

lamennyi egyvágányú, 54. r. felépítmény-nyel, polimer Bodan-burkolattal.

- Budafoki út: 24,60 m széles, külső-belső elemekkel, $R = 150$ m (5. ábra).
- Dunai Kikötő: 10,80 m sz., külső-belső elemekkel, egyenes vágányba (6. ábra).
- Dunai Kikötő: 8,40 m széles, belső elemekkel, $R = 300$ m.

Zathureczky Miklós 1973-ban a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán végzett Budapesten, Vasútépítési és -fenntartási Szakon. 1973–1993: a MÁV Budapesti Építési Főnökség dolgozója, ennek feloszlata után a Vasúti Infrastruktúra képviselője. 1997–1998 között az Inter Vasútépítő Kft. műszaki igazgatója. 1997-től az Orient 9001 Kft. ügyvezető igazgatója, amelynek fő tevékenysége: vasúti pályatervezés, engedélyeztetés, kivitelezés fővállalkozásban, és a Gmundner Fertigteile GmbH magyarországi képviselője, a polimerbeton Bodan-átjárók kizárólagos forgalmazója.

- Színesfém utca: 10,80 m széles, külső-belső elemekkel, egyenes vágányba (7. ábra).
- Terelő utca: 7,20 m széles, külső-belső elemekkel, $R = 200$ m.
- Az MVM Paksi Atomerőmű területén készült el a legnagyobb felületű átjáró 2020 szeptemberében: 15,60 m széles, $R = 200$ m sugarú ívben fekvő három vágányt keresztezve. A tengelytávolság 5,0–5,0 m, a nagytengelyek sárga színű elválasztóelemekkel vannak burkolva (8. ábra).

Az eddigi tapasztalatok azt igazolják, hogy a megújított Bodan-rendszer, azaz a polimer Bodan-átjáró – a műgyanta alapú polimerbeton és a profilgumik továbbfejlesztésének eredményeként – igen tartós. Várható élettartama legalább 50 év, amellett, hogy jelentéktelen karbantartást igényel.

Az osztrák, német és svájci vasutak szerint, az alkalmazott átjárók között, a polimer Bodan-átjáró rendelkezik a legjobb költség-életciklus mutatóval.

Az új rendszer alkalmazásával hozzájárulunk a vasúti és közúti pályák útátjáróinak gazdaságos és biztonságos üzemeltetéséhez. «

Summary

Introducing the development and production of the renewed, modernized, synthetic resin-based polymer Bodan that replaces the old, concrete-based and iron-framed Bodan elements. Installation options of polymer Bodan and product benefits. Introduction of product, patented by Gmundner Fertigteile GmbH, to the Hungarian market.



6. ábra. Átjáró Csepelen, a Dunai Kikötő vágányán



7. ábra. Csepel, Színesfém utcai átjáró



8. ábra. Paks, kész átjáró

Vasúti híd provizóriumok növelt sebességre és támaszközzel

A vasúti provizóriumoknak, mint ideiglenes létesítményeknek, egyes paramétereik tekintetében a végleges hidakhoz képest kevésbé szigorú feltételeknek kell megfelelniük. Ugyanakkor a mai vonalkorszerűsítési munkák megkívánják a jelenlegi állomány által biztosítottnál magasabb műszaki szint nyújtását, a tengelyteher- és a sebességemelés, valamint nyílásméret vonatkozásában. A cikk a jelenlegi hazai gyakorlatban használt provizóriumoktól eltérő, a mai igényeket kielégítő provizórium kialakításával foglalkozik, ismerteti a legfontosabb számított igénybevételi és alakváltozási értékeket, bemutatja az acélfelszerkezet és a rajta létesítendő vágány javasolt megoldását egy későbbi részletes tervezés segítségével.



Dr. Horvát Ferenc
ny. főiskolai tanár

✉ horvat.sze@gmail.com

☎ (30) 351-1633



Dr. Major Zoltán*

egyetemi adjunktus
SZE Közlekedéscsapat
Vízmerő Tanszék

✉ majorz@sze.hu

☎ (30) 358-9288

A javasolt és vizsgált szerkezeti kialakítás az MSZ EN 1991-2:2006 Eurocode 1 szerinti LM1 jelű teherrel elvégzendő szerkezeti tervezés a provizórium széles körű felhasználhatóságát biztosítja.

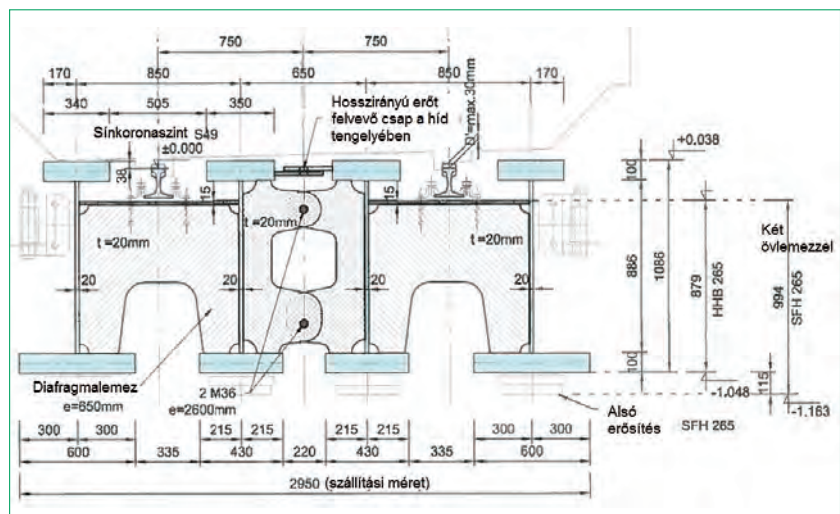
120 km/h vasúti pályasebességre történő megfeleléssel az esetek többségében elkerülhető a provizórium beépítése miatti sebességkorlátozás bevezetése, amely kedvező a menetidő és a vontatási energiafelhasználás szempontjából, hiszen elmarad a lassújel előtti fékezési energiavesztés és nincs többletenergia-igény a sebességcsökkentett szakasz utáni gyorsítás miatt.

A provizórium támaszközét a vasúti pálya alatt átvezetendő építmény és a hídfő lezárásának kialakítási módja határozza meg. A 30 m-es fesztávolság már igen széles körű felhasználhatóságot képes biztosítani.

Tanulmányunk, a provizórium tartószerkezetének koncepcionális méretezési feladatain túl, az ideiglenes híd-vágány kölcsönhatás vizsgálatával és a felépítmény egy kialakítási lehetőségével foglalkozik részletesebben.

A provizórium tartószerkezetének kialakítása

A provizórium szerkezeti méreteit az ÖBB által alkalmazott HHB 265 típusú provizórium [1] méreteiből vezettük le, külön figyelmet szentelve a rajta átvezetendő vá-



1. ábra. A HHB 265 típusú provizórium keresztmetszete

gány ívesíthetőségére. Az 1. ábra a kiindulási keresztmetszetet, míg az általunk javasolt és vizsgált keresztmetszetet a 2. ábra mutatja be.

A szerkezet iker főtartói hegesztett kialakításúak. A keresztmetszetek hegesztett I-szelvényből készülhetnek, ez gyártási szempontból célszerűnek és anyagtakarósnak tekinthető. A szállítási és beemelési korlátok miatt keresztirányban a provizórium két fél provizóriumra bontható. Az elemek között csavaros kapcsolat kialakítása javasolt, ahogy az az 1. ábrán is látható.

A véges elemes számítások eredményei

Annak érdekében, hogy a híd-vágány kölcsönhatás vizsgálata előtt az alkalmazott modell működését és a bemenő paraméterek helyességét ellenőrizzük, előzetes számítás végeztünk. A (fél-) provizóriumot, valamint a rajta áthaladó sínzsalát gerendaelemként modelleztük. A véges elemes modellben nem alkalmaztunk szelvényváltásokat, csupán koncepcionálisan vizsgáltuk a szerkezetet, mivel a cikknek nem célja a pontos méretezés elvégzése.

*A szerző életrajza megtalálható a Sínek Világa 2018/6. számban, valamint a sinekvilaga.hu Mérnökportrék oldalon.

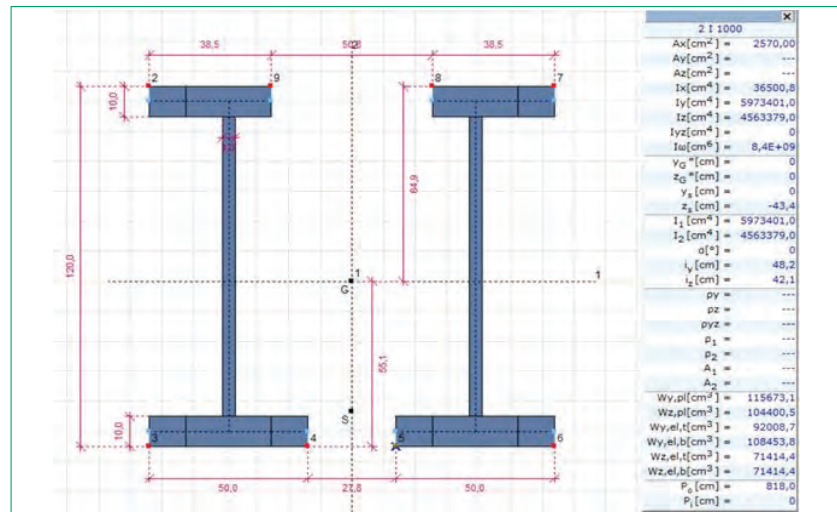
A szerkezet 120 km/h sebesség esetén $L/600$, azaz 50 mm lehajlás esetén felel meg. A vizsgált keresztmetszetben ennek értéke 44 mm. A statikus LM71 terhelésből a keresztmetszet szélső szálában 67 N/mm^2 értékű feszültség ébred. Az első függőleges lengésalakhoz tartozó saját frekvencia értéke 4,04 Hz. Az értékekből látható, hogy koncepcionális szinten a szerkezet megfelel (3–5. ábra).

A provizórium-vágány kölcsönhatás (interakció) vizsgálatához szükséges modellekben 60E1 r. sínszál keresztmetszetet vettünk figyelembe, mind a hídon, mind a csatlakozó folyópályában. A folyóvágányban a következőkben ismertetett fajlagos ágyazatellenállás-értékekből számított bilineáris rugókarakterisztikájú rugókkal támasztottuk meg a sínszálakat hosszirányban.

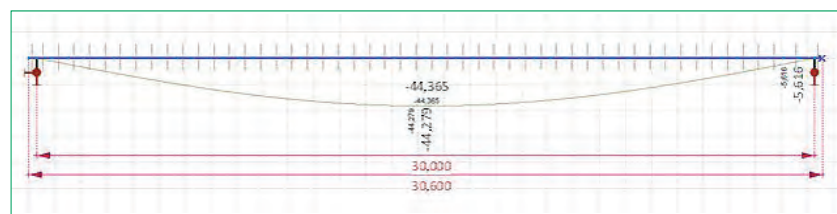
A provizórium és a sínszál között terheletlen sínszál esetén nincs kapcsolat. Ellenben, mivel a sínalpbetét anyaga alacsony súrlódási tényezőjű anyagból készül, így a fékezés hatásának vizsgálatakor szükséges a kapcsolati merevség megállapítása. Pontosabb adatok híján azzal a közelítéssel éltünk, hogy a súrlódási tényező értéke $\mu = 0,05$. Ez az érték az acél-acél közötti súrlódási tényező 20%-a. A súrlódást okozó normálerő értékét az LM71 tehermodell alapján 40 kN/m/sínszál értékkel vettük számításba. Az egy sínszálra vonatkozó, származtatott bilineáris rugókarakterisztikák a 6. ábrán láthatók. Az ágyazat-ellenálláson (p) terheletlen vágányra vonatkozó értékek, míg a ZLR típusú sínleerősítés esetén a terhelt vágányra vonatkozó értéket tüntettük fel.

A modell validációjához a sín-törés-vizsgálat eredményeit használtuk fel. A vizsgálat során a kezdőponti hídfőnél eltávolítottuk a sínszál 1 cm-nyi szakaszát, majd $30 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérséklet-változással terheltük a sínszálakat. A fajlagos ágyazat-ellenállás értéke $p=10 \text{ N/mm}$ volt. A két végén a sínszálakat hosszirányban mereven megtámasztottuk. A nemlineáris statikai számítás követően a 7. ábrán látható a sínszálban kialakuló normálerő, amelynek lefutása és maximális értéke az elvárásoknak megfelelő.

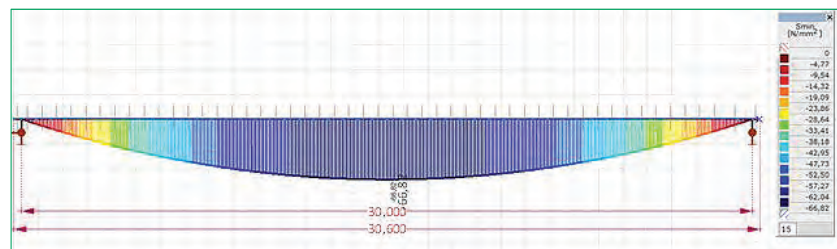
A törési keresztmetszetben (amelyet a kezdőponti hídfő fölött vettünk fel) a két sínvég eltolódása aszimmetrikus, bilineáris modellel történő kézi számítás alapján (elvé a Varratszszakadás/sín-törés a provizóriumon című fejezetben ismertetjük) $31,6 \text{ mm}$ a megnyíló hézag nagy-



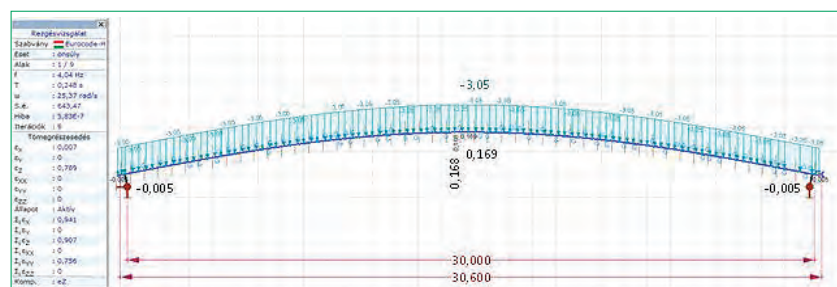
2. ábra. A koncepcionális szinten vizsgált provizórium keresztmetszete



3. ábra. A provizóriumlehajlás burkolóábrája LM71 terhelés esetén



4. ábra. A provizórium alsó szélsőszál-feszültség burkolóábrája LM71 terhelés esetén



5. ábra. A provizórium első függőleges lengésalakja

sága. Az elvégzett nemlineáris statikai számítás alapján $11,4+22,5=33,9 \text{ mm}$. A két eltérő módszer alapján meghatározott értékek között 7% az eltérés, így az alkalmazott bilineáris rugókarakterisztikák

megfelelően írják le a valós viselkedést. Az eredmények közötti eltérés az eltérő számítási modellek miatt alakul ki. A kézi számítás során képlekeny ellenállás alapján történik a vizsgálat, míg a véges

elemes modellezés során rugalmas-képlékeny számítás történik. Mivel a kézi számítás eredményei jól korrelálnak a nemlineáris számítás eredményeivel, így további vizsgálatot nem végeztünk. A Varratszakadás/síntörés a provizóriumon című fejezetben látható nomogram alkalmazása megfelelő értékeket szolgáltat a gyakorlat számára.

A ZLR sínleerősítés függetleníti hosszirányban a provizóriumot a sínszáltól, így a két szerkezet közötti hőmérséklet-különbségből a sínszáltan többletnormálerő nem ébred. Az interakció vizsgálatánál ennek hatásával nem kell számolni.

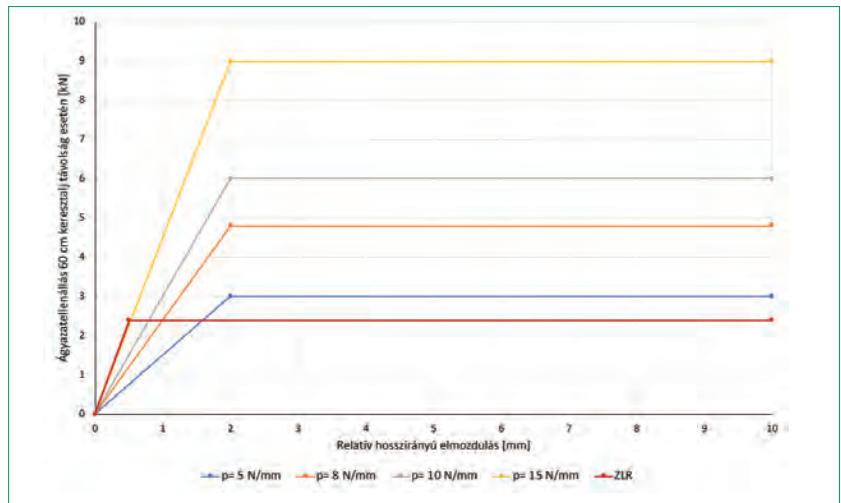
A sínszáltan kialakuló normálerőket csupán egy teherállás alapján vizsgáltuk. Ebben az esetben a járműteher a hídszerkezet fölött áll. A sínszál hídfők fölötti hajlításából ébredő feszültségnövekmény hatásától vizsgálatunkban eltekintettünk, hasonlóképpen, mint ahogy a nemzetközi gyakorlat is teszi. Az alakváltozási követelmények vizsgálatára jelen cikkünk nem tér ki. Vizsgálatunk elején a kezdőponti hídfőt hosszirányban mereven megtámasztottnak tekintettük.

A kezdeti feltételek (sínalpap alatt 0,05 értékű súrlódási tényező és $p=10$ N/mm ágyazat-ellenállás) szerinti modellünk a 8. ábrán látható eredményt szolgáltatja, amelyből a többletfeszültség számított értéke $28,9$ N/mm².

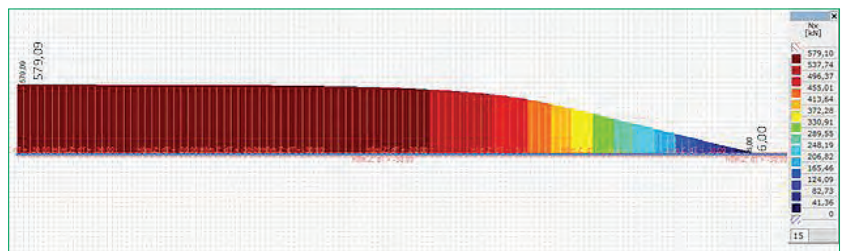
Megvizsgáltuk azt az esetet is, hogy a súrlódási tényező értékében történő változás milyen hatást gyakorol a szerkezeti válasra. Abban az esetben, ha nem lenne súrlódás, úgy a maximálisan kialakuló normálerő értéke $30/2 \times 33/2 = 247,5$ kN lenne, amiből a számított normálfeszültség értéke $32,3$ N/mm². Ennél az elméleti értéknél nagyobb feszültségérték nem tud kialakulni a vizsgált teherállásból.

Ha a súrlódási tényező értéke 0,10 nagyságú (kétszerese a kiindulási értéknek), akkor a 9. ábrán látható eredményt kapjuk, amelyből a többletfeszültség számított értéke $24,9$ N/mm².

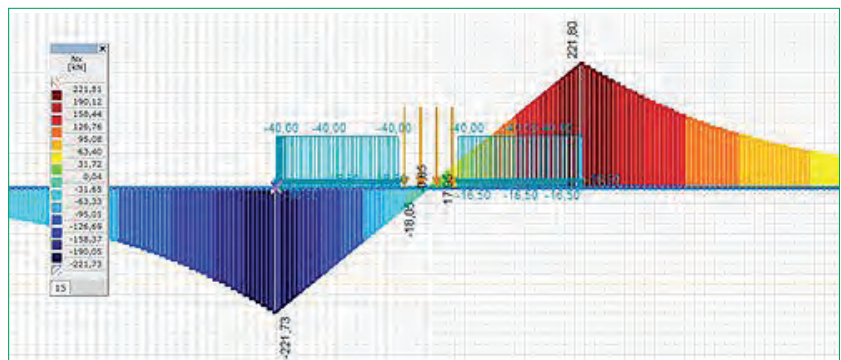
A hídfőmerevség hatását azzal a feltevéssel vettük számításba, hogy a mereven megtámasztott hídfő esetén tapasztalt vízszintes reakcióerő esetén a szerkezet 2 mm-t mozdul el. Ebből $K = 60\,000$ kN/m nagyságú rugóállandót számítottunk ki hosszirányban. A súrlódási tényező értéke 0,10. Ebben az esetben a 10. ábrán látható eredményt kapjuk, amelyből a többletfeszültség számított értéke $25,2$ N/mm².



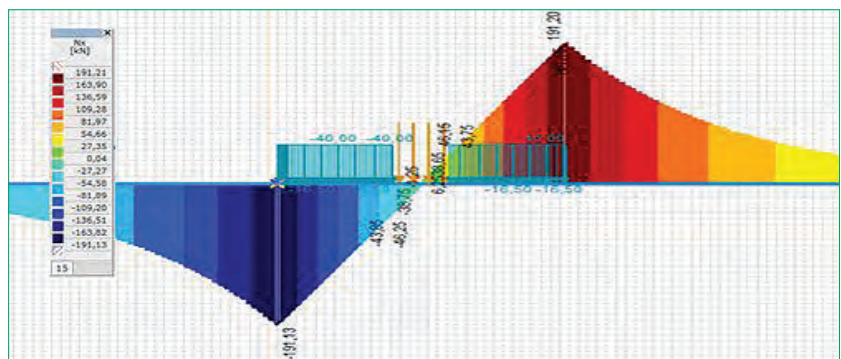
6. ábra. Az alkalmazott rugókarakteristikák egy sínszáltan



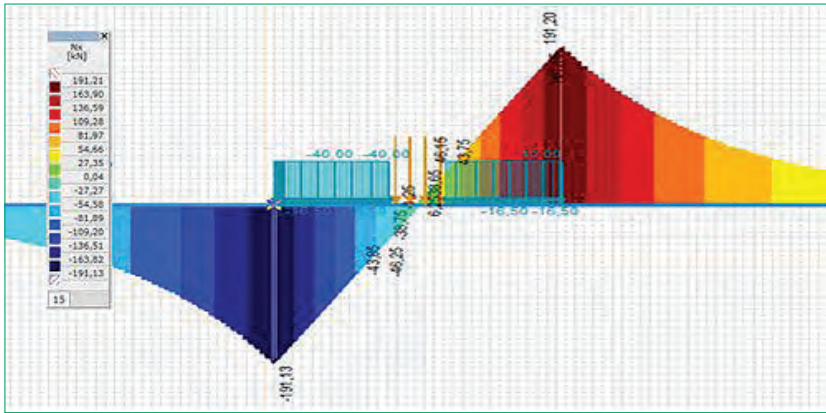
7. ábra. A sínszál normálerő ábrája a kezdőponti hídfőt megelőző szakaszon



8. ábra. Az interakció nyomán kialakuló normálerő a sínszáltan fix megtámasztású hídfő esetén



9. ábra. Az interakció nyomán kialakuló normálerő a sínszáltan fix megtámasztású hídfősínalpap alatt; 0–10 értékű súrlódási tényező



10. ábra. Az interakció nyomán kialakuló normálerő a sínzalban $K=60\,000$ kN/m rugóállandójú hídfő, sántalp alatt 0,10 értékű súrlódási tényező és $p=10$ N/mm ágyazatellenállás esetén



11. ábra. A HHB 265 típusú provizórium az alaplemezen



12. ábra. Elastomer saruk ZH31 típusú provizórium alatt

Az elvégzett számítások alapján belátható, hogy az alkalmazott sínleerősítés esetén a fékezőerő nagy részét a vágány veszi fel, ezáltal a fékezőerőből a sarukra és az alépítmény-szerkezetekre jelentősen kisebb terhelés jut. A kialakuló interakciós többletfeszültség elméleti maximum értéke 32,3 N/

mm². Ez az érték alatta marad az Eurocode által megadott határértékeknek.

Hídfők kialakítása

A szakirodalmi forrásokban többféle kialakítású hídfő is megjelenik. Osztrák

példákban találkozhatunk olyan megoldásokkal is, amikor a provizórium hátrahorgonyzott szádfalra támaszkodik. Ez előnyösnek tekinthető, hiszen a munkatér határolását függőleges fallal alakítjuk ki, így a nyitva tartható tér szélesebb, mint rézsűs munkatér-határolás esetén.

A HHB 265 típusú provizórium kialakításával foglalkozó ismertetésben [1] előre gyártott beton alaplemez látható. A kialakítás előnyeként megemlíthető, hogy építése rendkívül gyors. Szükség esetén kombinálható függőleges szádfalas munkatér-határolással, illetve mikrocölöp-alapozással is. Az alaplemez a 11. ábra szemlélteti.

Saruszerkezet

A 30 m támaszközű provizórium esetében lehetséges egyszerű, hosszirányban rugalmas eltolódásra képes sarut alkalmazni. Ilyen alátámasztásnál a hídszerkezet közepe helyben marad, és a hídvégeknél van hosszirányú mozgás (például hőmérséklet-változásból). A hídfőknél a saruk oldalirányú elmozdulását meg kell akadályozni. Kialakítási példát – a két belső hossztartó esetére – a 12. ábra mutat [2].

A hídszerkezet végének hosszirányú mozgására megengedett érték a rugalmas saru magasságától függ. A rugalmas réteg alakváltozási határértéke $\gamma_g = 0,7$, így 30 mm sarumagasságnál az érték $30 \times 0,7 = 21$ mm (13. ábra) [3].

A modellezett esetben a fékezésből származó elmozdulás értéke 2 mm. A hőmérséklet-változásból származó elmozdulás értéke:

$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta T = 1,2 \times 10^{-5} \times 30 \times 10^3 \times \Delta T = 0,36 \times \Delta T$$

A levezetett összefüggés alapján a hőmérséklet-változásból maximálisan megengedhető $21 - 2 = 19$ mm elmozdulás kialakulásához szükséges hőmérséklet-változás értéke 52,7 °C.

A vasúti felépítmény a provizóriumon

A vágányszerkezet kialakítása

A felépítmény hézag nélküli kialakítású, a sínek 60E1 rendszerűek, a sínleerősítések távolsága 60 cm.

A sínleerősítések szorítóhatásának mértéke négy vonatkozásban bír jelentőséggel:

- Milyen mértékű kölcsönhatás valósul

meg a vasúti vágány és a tartószerkezet között?

- Hogyan oszlik meg a fékezőerő felvétele a vágány és az ideiglenes híd között?
- Mekkora hézag nyílik meg egy esetleges téli sintörés/varratszakadás esetén?
- Nagy hosszirányú erők esetén a vágányban fellép-e kivetődésveszély?

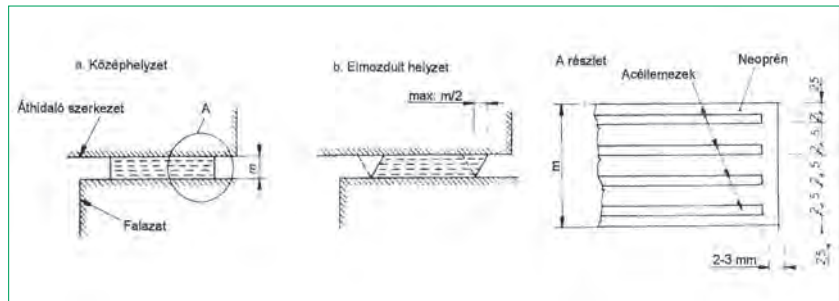
A kialakításnak meg kell felelnie a sínleerősítésekkel szemben támasztott általános követelményeknek. Ugyanakkor meg kell vizsgálni a vágány és a provizórium kölcsönhatását az alábbiakra:

- a szerelvény provizóriumon történő áthaladásakor ébredő függőleges erők nagysága,
- a fékezőerő, amely 20 kN/m értékkel veendő figyelembe,
- a szerelvény gyorsításából származó hosszirányú erő, amely 33 kN/m értékű,
- a hőmérséklet-változásból származó dilatációs erő,
- a provizórium támaszforgásának hatása.

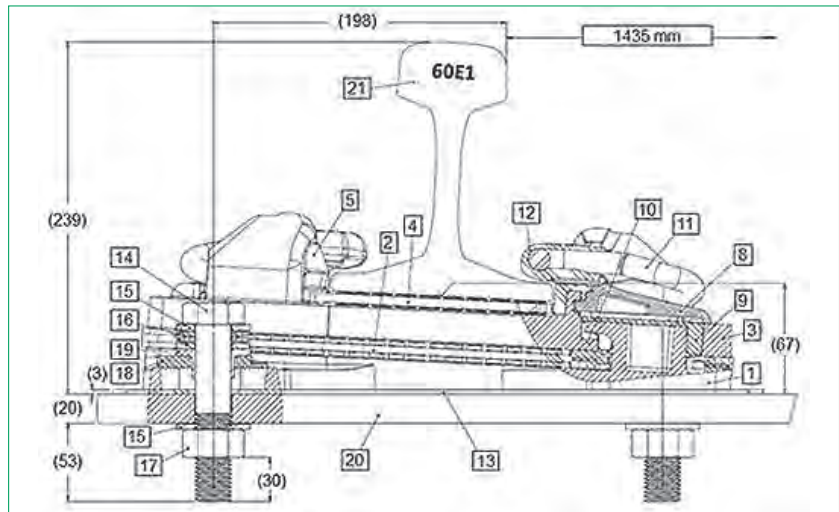
A sín hosszirányú eltolási ellenállása a vágány és a tartószerkezet kölcsönhatásából származó erők nagysága szempontjából döntő fontosságú. Ez az az ellenállás, amit a sín alátámasztó eleméhez képest történő hosszirányú elmozdításához le kell győzni. Nagysága a leerősítő elemek tulajdonságaitól, a sintalp és alátámasztása közötti súrlódástól, a sín terheletlen vagy terhelt voltától, az alkatrészek karbantartottsági állapotától függ.

Az egyes szerkezeti részek hőmérséklet-változásának jellege mindig azonos, de eltérő mértékű. Hőmérséklet-különbség alakul ki a sínszál és a provizórium tartószerkezete között. Annak megfelelően, hogy milyen mértékű a dilatációs mozgás gátlása, eltérő erők érik az összekapcsolt elemeket az egymásra hatás során.

A D.12/H utasítás [4] vonatkozó fejezete (6. Hézag nélküli vágány átvezetés híd) a hidak kialakítási szabályait részletezi. Az ott leírtak tekintetében nincsen különbség állandó híd vagy provizórium között. A fejezet 6. pontja szerint, ha a híd áthidaló szerkezetének vagy az egymáshoz csatlakozó áthidaló szerkezetek együttes dilatáló hossza nem nagyobb 40 méternél, akkor a hídon a hézag nélküli felépítményt megszakítás nélkül át lehet vezetni. A hídon és a csatlakozó szakaszon 5-5 darab aljon különleges geo szorítólemezekkel (a szorítólemez felső vízszintes része alá 8 mm vastag lemezt behegesztve) kell a síneket leerősíteni, hogy a sín dilatálása megtörténhessen.



13. ábra. Vasalt saru rugalmas alakváltozása



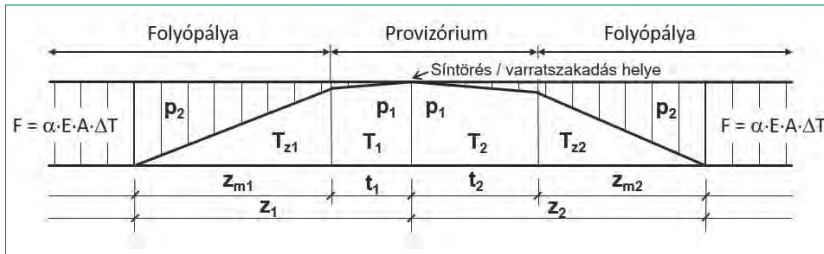
14. ábra. A ZLR VIPA SP sínleerősítés metszetrajza

1. táblázat. A ZLR VIPA SP sínleerősítés alkatrészjegyzéke

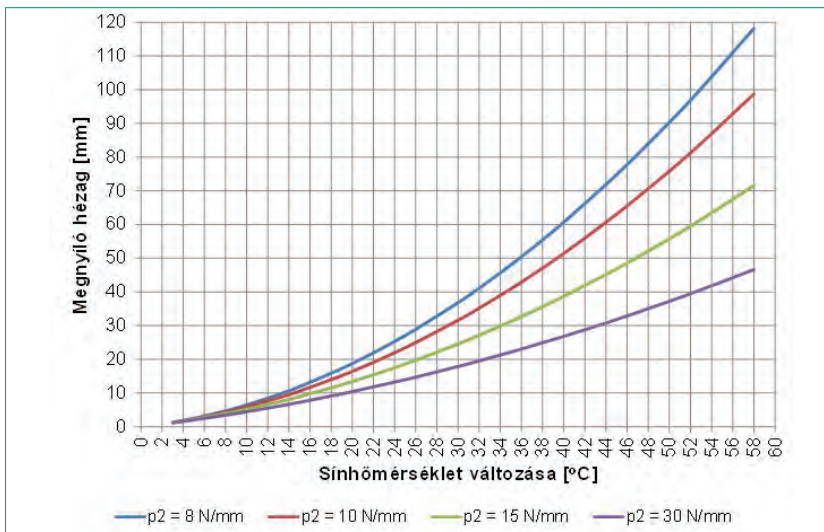
Tételszám	Megnevezés	Mennyiség (db)	Anyag
1.	Alsó lemez	1	grafitos öntöttvas
2.	Műanyag alátétlemez (elasztomer)	1	természetes gumi
3.	Felső lemez	1	grafitos öntöttvas
4.	Közbetét	1	természetes gumi vagy EVA
5.	Oldalszigetelő	2	HVN
8.	Borítólemez	2	grafitos öntöttvas
9.	Persely	2	poliuretán
10.	Ütdésgátló	2	poliuretán
11.	FC1501 kengyel	2	rugóacél
12.	Hézagbiztosító szigetelő	2	HVN
13.	Illesztőlemez	1	LLDPE (kis sűrűségű polietilén)
14.	M24 hatlap-fejű csavar	4	
15.	M24 lapos csavaralátét	12	
17.	M24 csavaranya	4	
18.	Rovátkolt alátét	4	grafitos öntöttvas
19.	Persely	4	poliuretán
20.	Alaplemez		öntöttvas
21.	60E1 r. sín		sínacél

A különleges szorítólemez geo típusú megoldásnál korszerűbb a Pandrol cég ZLR (Zero Longitudinal Restraint) típu-

sú rugalmas sínleerősítése. Hézag nélküli felépítményben a ZLR sínleerősítés nem akadályozza az ideiglenes híd szerkezete



15. ábra. A hőerő és az ellenállások diagramja



16. ábra. Számított megnyíló hézagértékek

és a sín közötti – a provizórium dilatációs mozgásából származó – relatív elmozdulás kialakulását, így dilatációs erő nem lép fel a vágány és tartószerkezete között. A sínleerősítés a sín oldalirányú és billenéssel szembeni megfogását megvalósítja. A sín alatti közbetét kis súrlódású anyag, így a sínhez képest a provizóriumon fixen rögzített alátámasztás szabadon mozoghat és nincs kivetődésveszély. A 14. ábra a Pandrol ZLR VIPA SP sínleerősítés rajzát mutatja [5]. A sántalp felső síkja és a szorítókenyvel talpa közötti hézag teszi lehetővé a sín hosszirányú szabad mozgását.

A sándolás értéke 1:20. Villamos szigetelőképesség $> 20 \text{ k}\Omega$.

Az oldalirányú finomszabályozhatóság mértéke $\pm 19,5 \text{ mm}$ lekötési pontonként, 1,5 mm-es lépcsőkkel [6], amely a 14. ábrán (18) tételszámmal jelölt rovátkolt alátét 180 fokos elforgatása által biztosítható. Ez az oldalirányú szabályozási lehetőség teszi lehetővé a vágány ívbe fektetését is.

Az ideiglenes híd keresztartóinak felső övlemezéhez $\phi 24 \text{ mm}$ -es előfűrt lyukakban, szigetelőgyűrűvel ellátott M24 csavarokkal kell az alaplemezt rögzíteni.

A furatok tengelytávolsága a sínnel párhuzamosan 225 mm, arra merőlegesen 304 mm.

Amennyiben a magassági beállítás megkívánja, a pontos helyzetet aláelemzéssel kell biztosítani. A lemez(ek)e az alaplemez és az illesztőlemez közé kell elhelyezni. A kiegyenlítő lemezek:

- 1 mm és 2 mm vastagságban rozsdamentes acélból készülnek,
- 2-5-10-15-20-25 mm vastagságban pedig fekete színűek és anyaguk HDPE (nagy sűrűségű polietilén) [6].

A sínleerősítés magassági szabályozása révén – egy bizonyos méretig – akár túl-emelés is kialakíthatóvá válna a szerkezeten speciális ékes acélelemek felhasználásával, de ennek vizsgálatától eltekintünk.

A sín oldalirányú pozicionálásához, a nyomtáv szabályozásához különböző vastagságú oldalszigetelők használhatók (1. táblázat, 5. tétel), szereléskor és karbantartáskor egyaránt. Az FC1501 leszorító kenyvelhez alkalmazható oldalszigetelők 6-7-8-9-10 mm vastagságban állnak rendelkezésre.

A VIPA SP ZLR sínleerősítés nem is-

meretlen a hazai gyakorlatban. Ilyen épült be 2019-ben a Gödöllő–Hatvan-vonal szakaszon lévő, 15,80 m támaszközü Galga patak hídján lévő vágányokba.

Varratszakadás/síntörés a provizóriumon

A VIPA SP ZLR sínleerősítés esetében számolni kell azzal, hogy a zero nagyságú sínleszorító erő miatt egy esetleges téli síntöréskor/varratszakadáskor nagy törési hézag alakulhat ki. Ennek mértékét vizsgálnunk kell. Zúzottkő vágányban a megnyíló hézag (Δ) nagysága egyszerű kifejezéssel számítható. Amennyiben a provizóriumon következik be a szakadás, akkor két dolgot kell figyelembe venni:

- nincsen a sínleerősítésknél sínleszorító erő,
- a szakadás a hídon bárhol felléphet, aszimmetrikussá téve a jelenséget.

Általános esetet mutat a 15. ábra.

A törés helyzete a provizóriumot t_1 és t_2 szakaszokra osztja. A provizóriumon a hosszirányú síneltolási ellenállás p_1 -értékű, a zúzottkő ágyazatos vágányban, ahol nagy leszorító erejű sínleerősítések vannak, a hosszirányú ágyazati ellenállás p_2 . (A hosszirányú erőre a vágány mozdul el az ágyazatban.) A zavart hosszak: $z_1 = z_{m1} + t_1$ és $z_2 = z_{m2} + t_2$. A teljes megnyíló hézag $\Delta z = \Delta z_1 + \Delta z_2$.

A számítási kifejezések:

$$z_{m1} = \frac{\alpha \times E \times A \times \Delta T - p_1 \times h_1}{p_2}$$

$$z_{m2} = \frac{\alpha \times E \times A \times \Delta T - p_1 \times t_1}{p_2}$$

$$\Delta z_1 = \alpha \times \Delta T \times h_1 - \frac{p_1 \times t_1^2}{2 \times E \times A} + \alpha \times \Delta T \times z_{m1}$$

$$- \frac{\alpha \times E \times A \times \Delta T - p_1 \times t_1}{2 \times E \times A} \times z_{m1}$$

$$\Delta z_2 = \alpha \times \Delta T \times h_2 - \frac{p_1 \times t_2^2}{2 \times E \times A} + \alpha \times \Delta T \times z_{m2}$$

$$- \frac{\alpha \times E \times A \times \Delta T - p_1 \times t_2}{2 \times E \times A} \times z_{m2}$$

Egyéb jelölések:

$\alpha = 1,2 \times 10^{-5}$ (a sín lineáris hőtágulási együtthatója),

$E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ (a sínacél rugalmassági modulusa),

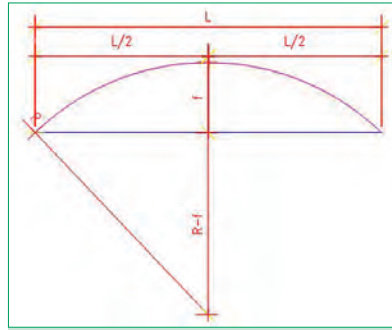
A = a sínszal keresztmetszeti felülete, 60 E1 r. sín esetén 7670 mm^2 ,

ΔT = a kialakult hőmérséklet-különbség Celsius-fokban.

A zúzottkő ágyazat hosszirányú ellenállása a vágányszakasz keresztaljainak az ágyazatban történő, vágánytengely irányú elmozdulásával szemben fellépő erő, a vágány hosszegységére vonatkoztatva.

Dr. Horvát Ferenc okleveles építőmérnök, vasútépítési és -fenntartási szakmérnök, műszaki doktor, a közlekedéstudomány kandidátusa. 1975 és 2016 között – nyugdíjba meneteléig – volt a Széchenyi István Egyetem, illetve annak jogelődei oktatója, eközben a Vasúti Pálya és Geodézia Tanszék vezetője, az Építési Intézet igazgatója, majd fakultási illetve intézeti igazgatóhelyettes. A BSc és MSc szintű oktatás keretében a vasúti pálya tervezésével, építésével, fenntartásával foglalkozó tárgyakat oktatott. A Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola oktatója és sikeres doktori témák vezetője. Oktatói tevékenysége mellett jelentős kutatás-fejlesztési munkákat is végzett. Több szakkönyv társszerzője, számos cikket, tanulmányt írt magyar, angol és német nyelven. Jelentős mértékben közreműködött a vasúti pálya kialakítására vonatkozó MÁV-utasítások korszerűsítésében. Gyakorlati szakmai tevékenysége során több tucat új nagyvasúti, illetve közúti vasúti felépítményszerkezeti megoldás megfelelőségét vizsgálta. Tudományos konferenciák, kamarai továbbképzések kedvelt és elismert előadója. Munkáját Jáky József-díj (KTE) 1994, Vásárhelyi Boldizsár-díj (Maut) 2015, Csány László-díj (MMK) 2017, Arany mérőldkő-díj 2019, Vasúttért kitüntetés 2020 kitüntetésekkel ismerték el.

Átlagos értéként (egy sínzálra) 8 kN/m vehető figyelembe, jó karbantartottság esetén 10 kN/m. A vágányellenállás teljes értéke az egy sínzálra megadott érték kétszerese. A hosszirányú ellenállás szerkezeti



17. ábra. A húmagasság számításának vázlatja

ágyazatragasztással lényegesen megnövelhető. Kísérleti mérések alapján [7] annak az egy sínzálra vonatkoztatott értéke, közepes erősségű ragasztás esetén 15 kN/m, erős ragasztás esetén 30 kN/m értékre vehető fel. A szerkezeti ragasztást a provizórium két oldalán a feltételezett zavart hossz mentén kell kialakítani a ragasztás erősségétől függő hosszon, ha azt fokozott biztonsági követelmény indokolja.

A provizóriumon – a ZLR típusú sínleerősítés következtében – a sínzálaknak kitolással szembeni ellenállását csak a sín talpán ébredő, önsúlyból származó, igen alacsony súrlódás adja. 60 E1 rendszerű sín, 0,05 csúszósúrlódási tényező és 60 cm sínleerősítés-távolság esetén a hosszirányú eltolási ellenállás nagysága 0,05 kN/m.

A 16. ábra a megnyíló hézag nagyságát mutatja a sín hőmérséklet-változása és az ágyazat hosszirányú ellenállása függvényében. Legnagyobb sínhőmérséklet-csökkenés +28 °C-on történő záróhegesztés (a semleges hőmérsékleti zóna felső értéke) és –30 °C-on bekövetkező törés/szakadás esetén 58 °C. A teljes megnyíló hézag érté-

ke nem függ attól, hogy a t_1 és t_2 szakaszok hogyan osztják két részre a provizóriumon lévő vágányt.

A 16. ábráról leolvasható hézagértékek – szélső hőmérsékleti körülmények között, nem ragasztott ágyazatban – jelentős nagyságúak. A sín-törés/varratszakadás provizóriumon történő bekövetkeztének valószínűségét jelentősen csökkenteni lehet 900 N/mm² szakítószilárdságú sínek alkalmazásával. Továbbá ebből a szempontból előnyös, ha a provizóriumon és attól legalább 50 m távolságban nincs hegesztési varrat. Kisebb lesz az esetlegesen megnyíló hézag, ha a sínzálak behegesztése során a semleges hőmérsékletet a tartomány alsó határánál állítják be: +15...+17 °C. Például 17 °C semleges hőmérséklet és rendkívül alacsony –20 °C szakadási sínhőmérséklet, 8 N/mm ágyazat-ellenállás esetén a megnyíló hézag 52,9 mm. Közepes erősséggel ragasztott ágyazatban, szintén 37 °C hőmérséklet-változást feltételezve, a megnyíló hézag már csak 34,1 mm nagyságú, míg erős ragasztás esetén 24 mm.

A vasúti vágány íves kialakíthatósága a provizóriumon

A provizórium felhasználhatóságát növeli, ha rajta a vágány íves vonalvezetéssel is kialakítható. Az egyenes geometriájú provizóriumon a vágány ívesítése szempontjából elsőként meg kell határozni a helyszínrajzi ívsugár (R) és az ideiglenes híd szerkezeti hosszának (L) függvényében kialakuló ívmagasság (f) mértékét. A számításához szükséges geometriai adatokat a 17. ábra szemlélteti.

A Pitagorasz-tétel alapján:

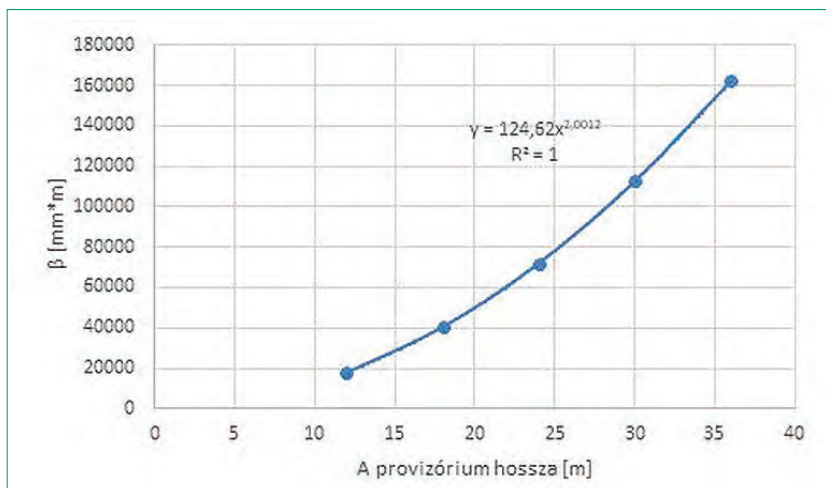
$$R^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + (R - f)^2$$

Innen a húmagasság értéke:

$$f = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

Excel programban elvégezve a számítást a 300–4000 m ívsugártartományra (300 m alatt nyombővítés szükséges), azt tapasztaltuk, hogy minden vizsgált ideiglenes híd hossza esetén az ívsugár-ívmagasság hatványfüggvény összefüggést mutat. A hatványfüggvény általános alakja:

$$f = \beta \times \frac{1}{R}$$



18. ábra A β tényező számítása

A β tényező csupán a provizórium szerkezeti hosszától függ, amely függvénykapcsolatot a 18. ábra szemlélteti.

A β tényező képlete:

$$\beta = 124,62 \times L^{2,0012}$$

A húrmagasság sugár- és provizórium hosszfüggő képlete a korábbiak szerint:

$$f_{szükséges} = 124,62 \times L^{2,0012} \times \frac{1}{R}$$

Fontos kérdés az ívesítés során, hogy adott sugarú ív esetén a helyszínrajzi sugár függvényében miképp változik a megengedhető sebesség értéke. A pályaszerkezet tervezése során tülemelés nélküli ível dolgozunk. A szabad oldalgyorsulás értékét $0,65 \text{ m/s}^2$ értékkel vesszük figyelembe. A szabad oldalgyorsulás képlete tülemelés nélküli ívben a következő:

$$a_0 = \frac{V^2}{3,6^2 \times R'}$$

Innen a megengedhető maximális sebesség értéke:

$$V_{max} = \sqrt{a_0 \times 3,6^2 \times R'}$$

A tülemelés nélküli ívben a megengedhető sebesség nagysága a behelyettesítések után:

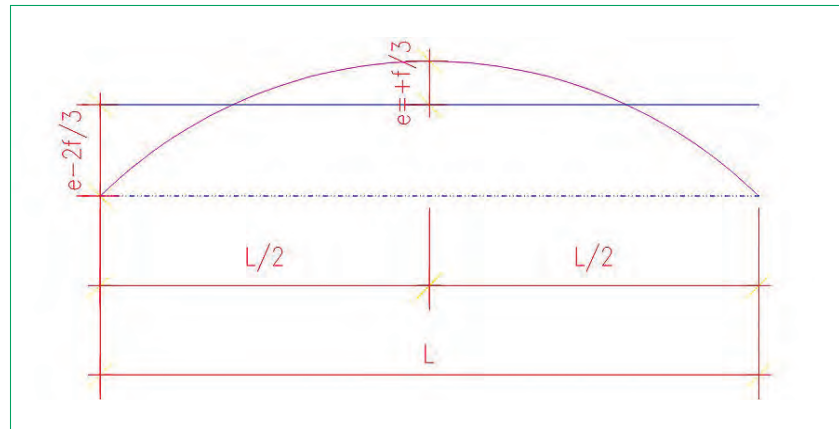
$$V_{max} = 2,9024 \times \sqrt{R'}$$

Abban az esetben, ha ismert a sínleerősítés által biztosítható ívmagasság értéke és a provizórium hossza, úgy számíthatóvá válik a szerkezetre fektethető ív minimális sugara is. Ennek nagysága:

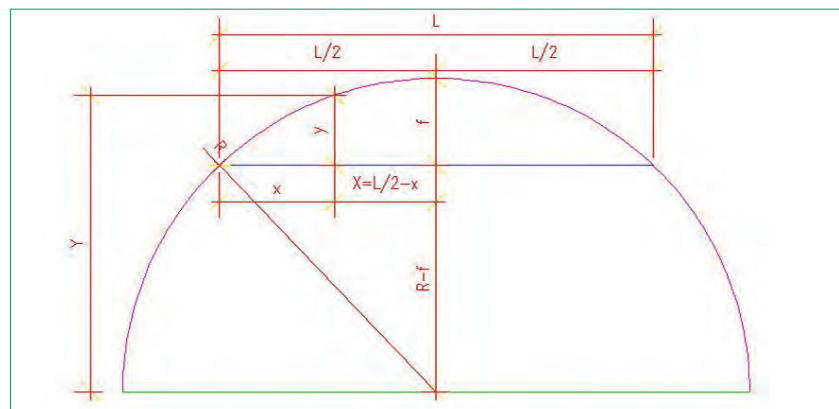
$$R_{min} = 124,62 \times L^{2,0012} \times \frac{1}{f}$$

Az ideiglenes hídon a vágány ívesítése úgy végezhető el, hogy a szerkezet középső pontjában kifelé (pozitív irányba) $f/3$ értékű, ezáltal a támaszoknál (negatív irányba) $2f/3$ értékű húrmagasságot alakítunk ki, ahogyan azt a 19. ábra szemlélteti a provizórium, illetve a vágány tengelyének kölcsönös helyzete által.

A provizóriumon a sínleerősítések pozicionálása a kiszállítást megelőzően történik, a helyszínen csupán finomszabályozásra van lehetőség a vágányzári idő minimalizálása érdekében. A 20. ábra alapján meghatározhatóvá válik bármelyik



19. ábra. A pályáívesítés vázlata



20. ábra. A sínleerősítéseknél szükséges ívmagasság számításának vázlata

sínleerősítésnél a szükséges ívmagasság értéke.

Az ideiglenes híd kezdőpontjától x távolságra lévő sínleerősítésnél y ívmagasság elérése szükséges (a szimmetria miatt csak a fél hídszerkezet számítandó). A geometria alapján az y ívmagasság értéke:

$$y = \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2} - x\right)^2} - (R - f)$$

Az adott sínleerősítésnél szükséges eltolás mértéke (kifelé történő mozgás esetén pozitív, befelé történő mozgás esetén negatív):

$$e = y - \frac{2}{3} \times f$$

A Pandrol sínleerősítés önmagában $\pm 19,5 \text{ mm}$ oldalirányú szabályozási lehetőséget enged meg, amelyet a vágány ívbe fektetésére is fel lehet használni. Ez az érték abban az esetben értelmezhető, ha a sínleerősítés alkatrészeként funkcionáló rovátkolt lemezt a keresztartó övében lévő

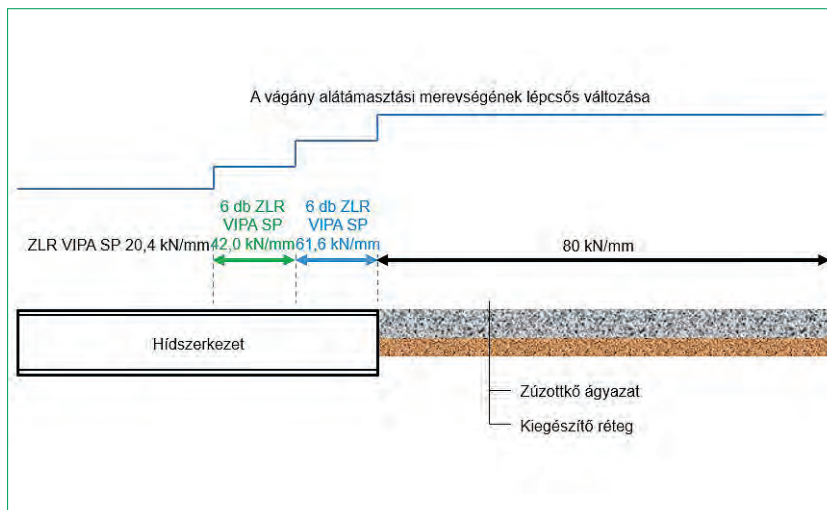
csavarlyukhoz képest középállásban építjük be. Ha a rovátkolt lemezt szélső helyzetbe építjük be (a megfelelő furatgeometria mellett), úgy a szabályozási lehetőség egyik irányban 0 mm , míg a másik irányban 39 mm . Ezt az értéket $(2/3) \times f$ -nek tekintve meghatározhatjuk a maximálisan kialakítható húrmagasságértéket, amelynek nagysága $58,5 \text{ mm}$. Ha ezzel az értékkel dolgozunk, akkor az ideiglenes híd közepén az eltolás értéke $19,5 \text{ mm}$. Mivel ez az érték 20 mm -nél kisebb, és az ívek tülemelés nélküliek, így az ívesség miatti túlterhelését nem kell külön figyelembe venni.

A szerkezeten átvezethető legkisebb helyszínrajzi ívsugár értéke:

$$R_{min} = 124,62 \times 30^{2,0012} \times \frac{1}{58,5} = 1925 \text{ m}$$

Az OKVPSZ [8] 4.1.6. fejezete alapján ez az ívsugár 120 km/h sebességre megfelelő.

Az ívesítés során a terelősín szerepét az iker főtartó felső öve tölti be. Ennek és a



21. ábra. A Pandrol cég kialakítási javaslata az átmeneti szakaszra

pályasín kölcsönös pozíciójának szerepe van a felső övlemez szélességének meghatározásában. A nyomcsatorna-szélesség szabályzati értéke 180–250 mm között változik. Abban az esetben, ha 220 mm-re tervezzük a nyomcsatorna szélességét egyenesben, akkor az ívesítéskor a maximálisan kialakítható eltolások mellett a nyomcsatorna szélessége:

- a provizórium közepén $220+19,5=239,5$ mm,
- míg a támaszoknál $220-39=181$ mm.

Mivel mindkét érték a szabályzati értékben belül van, így további beavatkozásra nincs szükség a szerkezeten. A provizórium előtt és mögött terelősín beépítésére van szükség, mivel a szerkezet hossza meghaladja a 20 métert.

A csatlakozó szakasz kialakítása

A csatlakozó szakaszon a felépítmény szerkezeti kialakításánál meghatározó szempont, hogy elkerüljük a vágány alátámasztási merevségének hirtelen változását és így megakadályozzuk az alépítmény deformációját, a fekszinhibba kialakulását. Ennek eléréséhez geotechnikai eszközökkel kell megfelelővé tenni a folyópálya alépítményét. Az altalaj javítására vagy erősítésére leggyakrabban használható megoldások a talajcsere, a cementes/meszes talajstabilizálás, a vibrált kőoszlopok alkalmazása, a mélykeveréssel előállított talajbeton oszlopok.

A Vasúti hídszabályzat H.1.6. kötete 9.2.2. fejezete [9] meghatározza, hogy a hídfőhöz csatlakozó szakaszon, a kiegészítő réteg tetején $80 \text{ km/h} < V \leq 120 \text{ km/h}$

sebesség esetén $E_2=80 \text{ MPa}$ teherbírást kell biztosítani.

A provizóriumon és a csatlakozó pályaszakaszon meg kell állapítani a járműteher alatt kialakuló sínsüllyedéseket. Amennyiben az meghaladja az utaskényelmi szempontból megengedhető sínsüllyedésértékeket, amelynek nagysága $V=120 \text{ km/h}$ pályasebesség esetén 0,6 mm, akkor 19 m hosszú átmeneti szakasz kell kialakítani [9]. Az utaskényelmi szempontok javíthatók felépítményszerkezeti megoldásokkal, vagy ezek kombinációjával is:

- *kiegészítő sín* beépítésével a vágány függőleges síkú hajlítási merevségének növelése,
- a felépítményszerkezet különböző helyein beépített *elasztomerekkel* a sín, a vágány alátámasztási merevségének csökkentése:
 - a sántalp alatt közbetét alkalmazása,
 - rugalmas alátétlemez használata,
 - a keresztalj talpán aljtalp alkalmazása,
 - a zúzottkő ágyazat alatt alagyazati szőnyeg terítése által,
- *ágyazatragasztással*, amellyel az eredetben kohézió nélküli szemcsehalmaz összeragasztható, ami által adott merevségű ágyazati gerenda/lemez alakítható ki.

A [6] szakirodalomban a Pandrol cég a provizórium végén a sínzálak alátámasztási rugalmasságát 2×6 aljon a 21. ábra szerint javasolja kialakítani. Az ideiglenes hídon a sínek alátámasztási merevsége (a hídfőt végtelen merevnek tekintve) 20,4 kN/mm, míg a csatlakozó folyópályában a vágány alátámasztási merevsége 80 kN/mm. Közöttük, még a provizóriumon,

2×6 db 42,0 kN/mm, illetve 61,6 kN/mm rugóállandójú alátámasztás van.

A vázolt kialakítást célszerűen mindig a helyi viszonyoknak megfelelően kell adaptálni, figyelembe véve a földmű teherbírását, a zúzottkő ágyazat vastagságát, illetve az esetleges ágyazatragasztás erősségét. «

Irodalomjegyzék

- [1] http://brueckentagung.at/bruecke2019/Kurzfassungen/1_4_Bruschetini-Ambro_Menge.pdf
- [2] <https://www.d-ing.de/eue-staufenbergallee---hb-einbau-zh31>
- [3] Pfeifer RH, Mölter TM. *Handbuch Eisenbahnbrücken*, 1. Auflage. Eurailpress Hamburg, 2008.
- [4] D.12/H. utasítás. *Hézag nélküli felépítmény építése, karbantartása és felügyelete*. Budapest: MÁV Zrt.; 2009.
- [5] ZLR VIPA SP assembly to suit 60E1 rail 1:20. *Rajzszám: 21887 – 2018*. Készítette: Pandrol Ltd.
- [6] Pandrol VIPA SP Installation, inspection and maintenance manual for bridge projects in Hungary. OMM number: 080-10. Pandrol Track Systems, 2017.11.22.
- [7] Új műszaki megoldás kidolgozása a hézag nélküli vágányhidakon történő átvezetésére, amely a jelenlegi előírások szerint szükségesnek tartott síndilatációs szerkezet alkalmazásának szükségességét a hídhossz függvényében csökkenti, és a hídfő mögötti gyenge háttöltés miatti vágánygeometriai romlást mérsékli. *K+F munka zárójelentése, 2012.10.30*. Készítette: Széchenyi István Egyetem.
- [8] Az országos közforgalmi vasutak pályatervezési szabályzata. Budapest: 1983.
- [9] Vasúti hídszabályzat. H.1.6. utasítás. *Vasúti hidak és egyéb műtárgyak geotechnikai tervezése*. MÁV Zrt. 2018.

Summary

Article deals with some questions of design of such temporary bridges, which are capable for higher velocity and longer span than those, which are used in recent domestic practice. To help the later design, there are published the calculated more important values of stress and deformation, solution of the bridge superstructure and the track.



A trianoni békeszerződés és a magyar vasút

Dr. Zsakai Tibor

okleveles építőmérnök,

ny. MÁV-főigazgató

c. főiskolai tanár

✉ dr.zsakai@gmail.com

☎ (30) 941-1830

1920. június 4. gyászos napként vonult be a magyar történelembe. Szent István király birodalma széthullott, a magyarság nagy része Kis-Magyarországon, egy kisebb része az utódállamokban folytatta életét.

„A vasút az ország tükröképe” – szokták mondani. 1920-ban ez különösen igaz volt, hiszen a Széchenyi által megálmodott, a XX. század elejére Európa élvonalába tartozó vasúthálózat széthullott, az infrastruktúra, a járműállomány és a háttérpár jelentős része is az utódállamokba került. Az anyagi veszteségeken túl a legnagyobb, máig ható veszteséget a vasúthálózat integritásának felszámolása, és a határ menti hálózati elemek ellehetetlenülése jelenti. Mai nehézségeink jelentős része a trianoni békeszerződés által teremtett helyzet következménye.

A vasúti közlekedés kialakulása Európában

Európa vasúthálózata a legrégebbi és a legsűrűbb a világon. Az első közforgalmú



1. ábra. Puffing Billy, Locomotion No.

lóvasút 1803-ban kezdte meg működését, az első gőzmozdonyt Trevithick 1804-ben építette. A bányavasutakból fejlődött ki a közforgalmú vasúti közlekedés, amelynek úttörője George Stephenson angol mérnök. 1825-ben a Puffing Billy Locomotion No. 1 nevű mozdonyával nyitották meg

a világ első közforgalmú gőzüzemű vasútját Stockton és Darlington között. A vasútvonal hossza 40 km, nyomtávolsága 1435 mm volt (1. ábra).

A vasúti közlekedés robbanásszerű fejlődésnek indult. 30 év alatt Európa legtöbb országában beindult a vasúti forgalom, és viharos fejlődés következett (2. ábra).

A gyors fejlődésnek köszönhetően 1850-re a vasúti sebesség rekordja meghaladta a 100 km/h-t. A vasúti ipar bölcsője Anglia volt, így nem csoda, hogy a világrekordot 1850-ben Angliában 125,6 km/h sebességgel az Iron Duke class mozdony érte el, amelynek tengelyelrendezése 2-2-2, majd 4-2-2 volt (3. ábra).

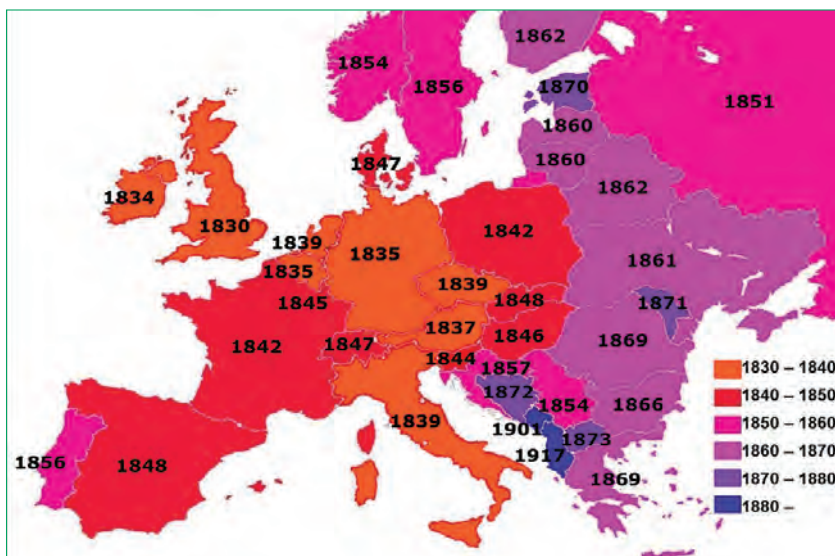
A magyar vasút kialakulása és fejlődése [1]

1827–1828 között kísérletek folytak a pest-kőbányai lebegő vasúttal, de a kezdetleges lóvasúti technológiát nem találták jövedelmezőnek. 1836-ban a király vasútépítéseket lehetővé tevő törvényt fogadott el, 1844-ben kezdődött meg a Pestről induló vasútvonal építése, és a mai Magyarország területén az első vonalat Pest és Vác között 1846. július 15-én nyitották meg (4. ábra).

Nagy lökést adott a vasút fejlődésének gróf Széchenyi István (5. ábra) közlekedéspolitikája, amely az 1848. évi XXX. törvényekben konkretizálódott, az országgyűlés 1848. április 7-8-án fogadta el.

A koncepcióban együtt jelenik meg – a mai követelményeket is kielégítő módon – a cél- és az eszközoldal:

- az ország kereskedelmét és iparát olcsó szállítási feltételek biztosításával kell élnétkíteni;
- a közlekedés egészét egységes rendszerként kell kezelni, az egyes útvonalak kijelölését összehangoltan kell megoldani;
- a közlekedésfejlesztést a településfejlesztési és vidékfejlesztési elvekkel összehangoltan kell megvalósítani;
- a közlekedés minden eszközét (pályákat,



2. ábra. Az európai első vasútvonalak megnyitása országonként



3. ábra.
Iron Duke
class
mozdonyok



5. ábra. Gróf Széchenyi István



4. ábra.
A Pest–Vác-
vasútvonal
megnyitása

járműveket egyaránt) állami felügyelet alá kell helyezni (6. ábra).

Széchenyi nemcsak a koncepcióalkotással jeleskedett, hanem sokat tett a háttér-
ipar létrehozásáért is.

A vasúti járműgyártásban mérföldkövet jelentett *Ganz Ábrahám* (1814–1867) munkássága, aki *Széchenyi István* hívására jött Pestre, és lett a Hengermalom öntő-

mestere, majd 1844-ben alapított gyárában 1854-ben megkezdte a kéregöntésű vasúti kerekek gyártását.

Hasonlóan az európai fejlődéshez, Magyarországon is rohamléptekkel folyt a vasútépítés, és a kiegyezés évére (1867) a hazai vasúthálózat hossza elérte a 2341 kilométert.

1866-ig 59 vasúttársaságnak 86 074 ké-

regöntésű kereket adtak el. A százszázadik kéregöntésű vasúti kerék 1867. november 23-án készült el. Ebből az alkalmából *Ganz Ábrahám* vacsorát adott a gyár összes dolgozójának és családtagjainak.

1873-ban megkezdődött a MÁV Gépgyárban a gőzmozdonyok gyártása. A mozdonyok gyártása 1873-tól alapvetően osztrák, majd hamarosan saját tervek alapján folyt. Az itt gyártott mozdonyokat már bemutatták az 1878-as párizsi világkiállításon is. A gyártás gyors ütemben bővült. Az 1896-os budapesti millenniumi kiállításon a nagyközönség már láthatta az ezredik, Magyarországon tervezett és készült gőzmozdonyt.

Abban az időben *Kordina Zsigmond*



6. ábra.
Gróf Széchenyi
István javaslata
a vasúthálózat
fejlesztésére



7. ábra. A 259 sorozatú szerkocsis gőzmozdony



Szolnoki Tisza-híd 1909-ig

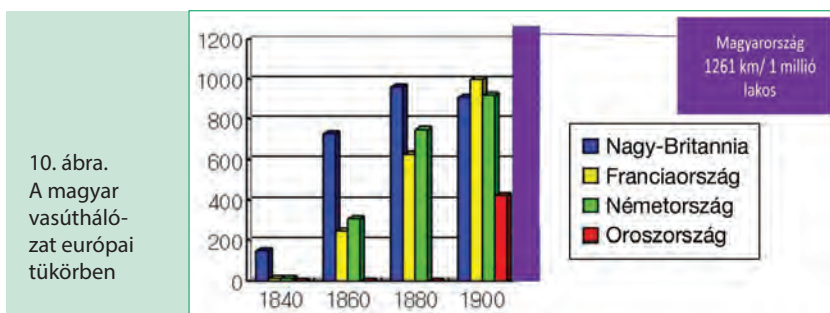
8. ábra. A szolnoki (1885–1888) és a szegedi vasúti híd (1858–1944)



Szegedi vasúti Tisza-híd



9. ábra. A magyar vasúthálózat 1917-ben



10. ábra. A magyar vasúthálózat európai tükörben

vezetésével nemzetközileg elismert mozdonytervező gárda dolgozott a MÁV Gépgyárban. Az itt gyártott mozdonyok 1900-ban már óránként 100 kilométeres sebességgel tudtak közlekedni (7. ábra).

A vasúti járműgyártás nemzetközi rangját mutatta, hogy a MÁV Gépgyár gyorsvonati mozdonya az 1900-as párizsi vilákiállításán nagydíjat kapott. 1902-ben a Ganz-gyárban felépült a vasúti motorkocsiüzem, amely jelentős eredményeit a *Jendrassik György* (1898–1954) tervezte motorokkal érte el. A Ganz motorvonatok az európai piacok mellett eljutottak Egyiptomba és Latin-Amerikába is.

A második világháború kitöréséig a gyár e korszerű szerelvényekből 550-et exportált.

A vasúti infrastruktúrában is máig ható értékek születtek. Az első pályaudvar 1861-ben Budán készült el. Ez volt a Déli Vasút pályaudvara – a mai Déli pályaudvar. 1877-ben adták át a forgalomnak a Nyugati pályaudvart. Az új épületet a régi fölé emelték, s csak akkor bontották el, amikor az új csarnok elkészült. A Keleti pályaudvar főépülete 1884-re készült el.

1860-tól a kovácsoltvas síneket felváltották az acélból hengerelt sínek. A hídépítés területén is forradalmi változások zajlottak. A vasúti hidak építéséhez 1857-

ig fát használtak. A leghosszabb vasúti fahíd a szolnoki Tisza-híd, s az első nevezetes vashíd a szegedi Tisza-híd (1858) volt (8. ábra), aminek a forgalma a temesvári vonal elcsatolásával a töredékére csökkent.

A MÁV 1869-es megalakulása egy egységes vasútpolitika megvalósulását eredményezte. 1876-ban kerül sor az első törvényi felhatalmazáson alapuló államosításra. Az egységesülő vasúthálózat 1917-ben már 22 869 km hosszú volt (9. ábra).

A vasút behálózta egész Magyarországot, felölelte a gazdaságilag fontos, nyersanyaglelő helyeket és a mezőgazdasági területeket egyaránt. Büszkén állíthatjuk, hogy a magyar vasúthálózat mind a hosszát, mind pedig a szolgáltatásait tekintve Európa élvonalába tartozott. A századfordulón a magyar vasúthálózat 1 millió lakosra vetítve a legnagyobb volt Európában (10. ábra).

A magyar vasúthálózat fejlődése óriási gazdasági fellendülést hozott az országnak. A nemzeti jövedelem 1867-hez képest 1914-ben már négyszerese volt. Az európai növekedés átlagos dinamikáját azonban még ez is meghaladta. Ennél magasabb növekedési ütemet ugyanis csak a dán, a svéd és a német gazdaság produkált [2].

A trianoni békediktátum, a vasúti hálózat szétदारabolása

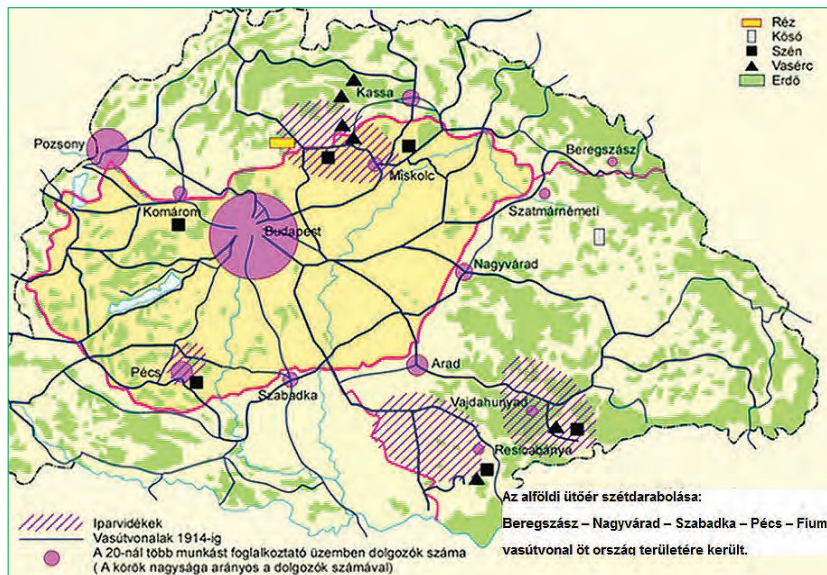
Az I. világháború lezárásaként került sor a trianoni békediktátum aláírására 1920. június 4-én Versailles-ban.

A vasutak nélkülözhetetlen szerepe már a béketárgyalások kezdeti szakaszában felmerült, hiszen a korabeli modern szállítási és közlekedési lehetőségeket a „vasszekér” merítette ki. 1913-ra ugyanis kiépült Magyarország teljes vasúthálózata és az maximális mértékig kiszolgálta a kereskedelmi, gazdasági és katonai igényeket [2].

A sugárirányú pályákat két nagy kör kapcsolta össze. A külső gyűrű Brassó és Krakkó vonalában futott, majd Trieszt



11. ábra.
Az utódállamok vasúti érdekei



12. ábra. A szétszabdalt hálózat



13. ábra.
Nógrádszakáll–
Ipolytarnóc-
vasútvonal [4]

felé kanyarodott délnek, a kisebbik kör a Pancsova–Arad–Nagyvárad–Munkács–Kassa–Füleke–Pozsony–Graz-útvonalon ért le az Adriáig. Magyarország határait közismerten a belső vasúti körről történő levágás mentén alakították ki, meghazudtolva a győztes fél által hangoztatott etnikai elvet [3].

A román, csehszlovák és jugoszláv ál-

lam vezetői is nagyon jól átlátták a gazdasági szempontból kulcsfontosságú vasúti csomópontok szerepét, és ki-ki a maga újonnan kapott területén törekedett azok minél szélesebb körű birtoklására. A határvonalak megállapításánál éppen a vasúti csomópontok és vonalak elhelyezkedése volt az, ami részükről számos esetben indokolta térnyerésüket, nemegyszer ezt

állítva szembe az elvileg alapelvnek számító nemzeti arányokkal. A békediktátum az ország új határainak kijelölésénél nem az etnikai határokból indult ki, hanem az utódállamok stratégiai követeléseiből. Ezek a követelések a vasúthálózat-hoz tapadtak. Kifejezett cél volt a magyar hadsereg logisztikai lehetőségeinek korlátozása, és Magyarország elszigetelése, a vasúthálózat szétszabdálása integritásának felszámolása révén (11. ábra).

Az utódállamok vasúti érdekei voltak:

- a transzehszlovák fővonal kialakítása,
- a román körvasút létrehozása,
- a transzjugoszláv-román-fővonal kialakítása.

A vasúthálózat megcsonkításával olyan gazdaságilag létfontosságú vasútvonal került öt ország felszterületére, mint az Alföld-Fiumei vasút: Beregszász–Nagyvárad–Szabadka–Észak (Pécs)–Fiume-fővonal (12. ábra).

Az ország határain kívülre kerültek jelentős ipari, kulturális, közlekedési központok, mint például Pozsony, Kassa, Munkács, Beregszász, Nagyvárad, Arad, Szabadka.

A békediktátum hálózati következményei:

- Valamennyi fővonalat megcsonkították.
- A történelmi Magyarországnak öt országgal volt közös határa és négy határállomása volt. Az új határok 49 vasútvonalat vágtak át.
- 42 vonalon a határt nyíltvonalon metsették át. Magyarországnak 32 új határállomást kellett építeni.
- Huszonegy önálló HÉV-vasútból 13 a teljes hálózatával, kettő részben elvesztett.
- A határ menti vasútvonalak jelentősége csökkent, elnéptelenedett.
- A közlekedési térszerkezet és a gazdaság gyökeresen átalakult.

A MÁV megcsonkított hálózatával az utódállamoknak kiszolgáltató tranzitforgalmú vasúttársasággá vált.

A vasúthálózat integritásának felszámolása [4]

A Széchenyi által megálmodott és megvalósított vasúthálózat logikusan épült fel. A főváros irányába tartó fővonalakat haránt irányú vonalak kapcsolták össze. A gazdasági térségek érdekeit a vasút integrálta. Jó példa erre az Alföld–Fiume-vasút, amelynek célja az alföldi mezőgazdasági termékek eljuttatása az adriai kikötőbe.



14. ábra. Kelet-magyarországi vasútvonalak [4]



15. ábra. Dél-magyarországi hálózatszonkítás [4]



16. ábra. „Antant” körvasút [6]

Az integritás felszámolása megszüntette a gazdasági lehetőségeket is, hiszen a határok gazdasági térségeket morzszoltak fel.

Jó példa az integritás felszámolására a

Nógrádszakáll–Ipolytarnóc-vasútvonal, amelyik része a Nagykürtös–Losonc-vasútvonalnak. A határokat úgy húzták meg, hogy a két végpont között csak Magyaror-

szágon keresztül lehet közlekedni. Így jött létre a mai napig üzemelő nógrádi peage vonal (13. ábra).

Itt kell megemlíteni a keleti fővonal, a Budapest–Miskolc–Sátoraljaújhely Csap–Lemberg-vonal ellehetetlenítését a sátoraljaújhelyi delta-vágány feldarabolásával.

Kelet-Magyarországon úgy vágták át a vasútvonalakat, hogy az azokat összekötő és integráló vonal az utódállamokhoz került [5]. Így jött létre az antant körvasút, amely körbeöleli a magyar határt. Kelet-Magyarországon ez Kassa–Csap–Királyháza–Szatmárnémeti–Nagyvárad-vonalrész, amelyik három országban találta magát Trianon nyomán. Katonai szempontból lényeges volt, hogy Magyarország körbejárható, legyen, ugyanakkor a magyarországi odavezető vasútvonalak nagy része ellehetetlenüljön (14. ábra).

Dél-Magyarországon hasonló hálózatszonkításokra került sor. A Szeged–Szabadka–Pécs-összeköttetés szétszabdolásával nemcsak a nagyvárosok kapcsolatát szüntették meg, hanem megszüntetésre ítélték vasútvonalakat, mint például a Baja–Csikéria–Szabadka-vonal (15. ábra).

Az új határ úgy vágta ki Szabadkát Magyarország területéből, hogy a Békéscsaba–Dombóvár átlós vasútvonal megszűnésével a Szeged és Baja közötti vasúti kapcsolat 68 km-ről 150 km-re növekedett [5]. Ezzel a Dél-Alföld és a Duna-vidék gazdasági kapcsolata jelentősen visszafejlődött.

Jól kirajzolódik a nagyhatalmak és az utódállamok szándéka az „antant” körvasút kialakításával [6]. Ez azt jelenti, hogy Magyarország körül egy, az utódállamokat összekapcsoló, de stratégiai szempontból meghatározó körgyűrű alakult ki. A körvasút olyan nagyvárosokat kapcsol össze, mint Kassa, Nagyvárad, Arad, Temesvár, Szabadka. A körvasút megvalósítása ellehetetleníti a magyar hadsereg esetleges mozgását haránt irányban, csak sugárirányba, az ország központja felé tud mozogni (16. ábra).

Érdekes, hogy az „antant” körvasút ukrainai szakaszát nem állították át széles nyomtávra, tehát Magyarország ma is körbejárható normálnyomtávolságon Kassától Szabadkáig.

Furcsaságok a határkijelölésnél [7]

Addig követhető politikailag a határok kijelölése, hogy a vasúthálózat szétzilálása és az utódállamokban vasúti tengelyek létre-

Dr. Zsákai Tibor 1974 és 2012 között, különböző beosztásokban, a MÁV alkalmazottja. 2003–2004-ben a MÁV Zrt. pályavasúti főigazgatója. Tudományos munkássága kiterjedt a pályadiagnosztika, az építési és pályafenntartási technológiák fejlesztésére, az emelt sebességű (200 km/h) közlekedés műszaki feltételrendszerének kidolgozására, az Országos Vasúti Szabályzat, az Országos Közforgalmú Vasutak Pályatervezési Szabályzata modernizálására és tartalmi megújítására. Több szakmai rendezvény sikeres előadója, valamint tudományos szakmai folyóiratok cikkírója. Részt vett a Vasúti műszaki szabályozási rendszer megújítása című projekt sikeres megvalósításában, valamint az új szabályozások kidolgozásában. Oktatott a Budapesti Műszaki Egyetemen, a Széchenyi István Műszaki Főiskolán és a MÁV Tisztviselői Intézetben (BGOK). 2011-től 2014-ig a Pécsi Tudományegyetem, 2014-től a Debreceni Egyetem Műszaki Karának oktatója. 2016 óta a Közlekedéstudományi Intézet (KTI) tanúsítási szakértője.

1. táblázat. A békeszerződés nyomán keletkezett veszteségek [1]

	Trianon előtt	Megmaradt	Veszteségarány %
Az ország területe [km ²]	325 411	93 073	72
Népesség [fő]	20 886 487	7 615 117	64
Összes vasúthálózat [km]	22 869	8 705	62
Magánvasutak [km]	1 853	846	55
Kétvágányú vonal [km]	1 446	815	44
Mozdony	4 887	1 549	68
Személykocsi	13 885	4 812	65
Teherkocsi	88 174	26 905	70
Járműgyártás			20*
Járműjavító			50*

* becslés adat



17. ábra.
A határ
Kőtegyán
állomásnál [7]

hozása meghatározó szerepet játszott. Ezzel együtt azonban helyileg olyan furcsaságok történtek, amelyekre nincs észszerű magyarázat. Jó példa erre Kőtegyán állomásnál a határ meghúzója. Eredetileg az állomás középvonalán lett volna a határ, ezt módosították úgy, ahogyan ma is van (17. ábra).

Érthetelen, miért jelölték ki úgy a határt, hogy az állomás 1. számú kitérő állítóberendezése már román területen legyen. Ahhoz, hogy Kőtegyán állomás normálisan működőképes legyen, államközi egyezményre volt szükség. Hasonló helyzet alakult ki Ágfalvánál, ahol is Loipersbach állomás kitérő eleje került



18. ábra.
A határ
Loipersbach
állomásnál [7]

magyar területre (18. ábra). Amint Auszriához került Loipersbach, az állomás Sopron felőli kitérőjét hátrahúzták.

Fentiekből jól látható, hogy a trianoni határok megvonásánál a vasúti hálózatnak meghatározó szerepe volt, ugyanakkor észszerűtlen döntésekkel nehezítették a maradó hálózati elemek működtetését.

A trianoni békediktátum következményei

Az ország területi és népességvesztése mellett a legnagyobb veszteséget az ipar és a közlekedés szenvedte el. A visszavonuló román csapatok komplett gyárakat szereltek le és vittek Romániába. A vasúthálózaton a mozgatható eszközök javát, főleg járműveket zsákmányoltak (1. táblázat). Összességében megállapítható, hogy a

vasúthálózat infrastruktúra- és gördülőállomány-vesztései nagyjából a terület- és népességvesztés arányához közeli. Az ipari háttér azért maradt meg nagyobb arányban, mert Budapest volt az ország ipari központja, a járműgyártás Budapestre (Ganz) és Győrbe koncentráldott. A járműjavítás tetemes részét az Északi Főműhely (1868), Szombathelyi Főműhely (1872), Dunakeszi Főműhely (1911), Debreceni Főműhely (1898), Miskolci Főműhely (1859) és Székesfehérvári Főműhely (1892) végezte.

A vasutasok helyzete [5]

A szerb hódítók vasutas-szabálysértések esetén előszeretettel alkalmaztak botbüntetést. Erdélyben a románok rendkívüli brutalitással vetették magukat a vasuta-

Summary

The Hungarian railway network suffered significant losses as a result of the Treaty of Trianon. The integrity of the network was abolished, the transverse lines were transferred to the successor states, and the network became a Budapest-based transit network. Most of the railway routes along the new borders have lost their function. The network, which has shrunk to 1/3, still suffers from the adverse effects of the Treaty of Trianon.

sokra, akik nem menekültek el és ottmaradtak, hűségeskü letételére kötelezték. A kolozsvári üzletvezetőségen megtiltották a magyar nyelvhasználatot, a hűségeskü letévők pedig korábbi besorolásukhoz, illetve a románok bérezéséhez viszonyítva sokkal kedvezőtlenebb helyzetbe kerültek, lényegében másodrendű állampolgárokká váltak. Székelyudvarhelyen a hűségeskü ellen tiltakozó maroshidai állomásfőnököt 25 botütésre ítélték, amelyből már 15 halálosnak bizonyult számára. Zilahon a román katonaság a borospincék fosztogatásába kezdett, amelyet két vasúti ór és helyi lakosok igyekeztek megakadályozni. A fosztogató románok a két vasutat és egy zilahi polgárt meggyilkoltak.

A csehszlovák megszállás legalább ennyire terrorisztikus volt. A leg súlyosabb sérelmeket egy magyar kovácsmester szenvedte el, aki a Kassa–Oderbergi Vasút ruttkai főműhelyében dolgozott. Fegyverrejtegetés vádjával egy csehszlovák csendőr őrizetbe vette. A laktanyában már csendőrgyilkossággal vádolták, majd bírósági eljárás nélkül megkezdtek kivégzését. A községi bíró szedette le a bitófáról és újraélesztették. Magyar foglyokkal együtt Trencsénbe, majd Pozsonyba szállították, ahol a vasútállomáson megszökött, és a trianoni hazába menekült. A csehek azonnali hatállyal a csehszlovák államvasúthoz kapcsolták a felvidéki MÁV és helyi érdekű vasutakat.

A térség legjelentősebb transzverzális vonalát a Kassa–Oderbergi Vasút, a történelmi Magyarország második legnagyobb magánvasútja birtokolta. A csehek ezt a magánvállalkozást is állami kezelésbe vették. A vasutasok egy hónapon, a vezérigazgatóság (Budapesten dolgozó, tehát Prága számára felesleges) alkalmazottai három napon belül kérhették felvételüket az államvasútba, és egy év alatt meg kellett tanulniuk a cseh és a szlovák nyelvet. A két feltétel elmulasztása az állás azonnali elvesztését jelentette. Több száz vasutas a megaláztatást nem vállalta, és családjával áttelepült a trianoni Magyarországra. A menekült vasutasok évekig a vasútállomásokon félreállított vagonokban laktak.

A magyar vasút kifosztása [5]

A román megszállók napokon belül megkezdtek a magyar főváros és az általuk megszállva tartott országrész ipari és közlekedési létesítményeinek, valamint a mezőgazdasági termények teljes elrablását, és



19. ábra. Vonalbezárások a mai hálózaton

ezt november 14–16-i kivonulásukig folytatták. A román állam utóbbi tevékenységét hadi zsákmányolásnak tekintette, az ipari és közlekedési eszközök rekvirálására pedig a Nagy-Magyarországból általuk kiharított terület alapján tartottak igényt. A példátlan bűncselekmény – amely ellen a magyar félnek sem katonai, sem politikai eszközei nem maradtak védekezéséért – a békekonferencia tudtával és eredménytelen tiltakozása mellett történt. Leszerelték a budapesti gépgyárakat, vasúti kocsira rakták a kész és gyártás alatt lévő termékeket és a nyersanyagkészletet.

Közúti és vasúti közlekedési eszközökből elsősorban a legkorszerűbbekre tartottak igényt. Így a MÁV legerősebb gyorsvonati gőzmozdonyosorozatából (301 sor.) 22-ből 15-öt, a leggyorsabb 202-es és 203-as sorozatból 25-ből 7-et, Európa legerősebb hegyvidéki gőzmozdonyából (601 sor.) 57-ből 14-et, a 327-es gyorsvonati sorozatból 138-ból 49-et raboltak, míg a legkorszerűbb 328-as sorozat első két egységét a MÁV Gépgyár udvaráról vontatták el.

A nyugati antantmegfigyelők megtevéseire a zsákmányolás céljára felhasznált MÁV-teherkocsik feliratait átfestették más vasutak jelzéseiére. A román hadsereg 1920-ban összesen 1275 mozdonyt, 69 udvari kocsit, 2006 személykocsit, 790 posta- és poggyászkocsit, 28 916 teherkocsit és 2379 tartály- és kazánkocsit – tehát összesen 37 160 vasúti járművet – vitt el. A „zsákmányvonatokon” 37 756 kocsirakomány anyagot, gépet, élelmiszert és árut szállítottak Romániába. Az 1920.

június 4-én aláírt trianoni békeszerződés (1921. évi XXXIII. tc.) a román foglalást utólagosan szentesítette.

Trianon máig ható következményei a vasúti közlekedésben

Miután a vasúti infrastruktúrát durván megcsönkítették, így a hálózat életképessége megváltozott. A gazdasági térségek átalakulása, az integritás felszámolása, Budapest-központú, tranzit vasúthálózatot hagyományozott az utókornak. Ennek megváltoztatása a magas infrastruktúra-költségek miatt csak nagyon hosszú távon, a gazdasági fejlődéssel összhangban képzelhető el.

A máig tartó hatások az alábbiakban foglalhatók össze:

- A közlekedési hálózat erősen Budapest-központú, hiányoznak a haránt irányú összekötő vonalak.
- Gazdasági központok átrendeződtek, ennek következtében sok helyen funkcióvesztés keletkezett.
- Az állomási kapacitások túlméretesek. Az állomások a Trianon előtti struktúrára és gazdasági érdekeltségre épültek.
- A határ menti, megcsönkített vasútvonalak jelentős része jelentőségét elvesztette. Sok helyen a határátmenet is megszűnt.
- A megmaradt hálózat túlméretes, újragondolásra van szükség.

A vonalbezárások jelentős része a határ menti, határ közeli kis forgalmú vonalakat érinti (19. ábra).

A magyar vasút hálózatának újragondo-

lása ma is indokolt. Komplex közlekedés-fejlesztés keretében redukálni szükséges a hálózati hosszat. Az állomási kapacitásokat az új helyzetnek megfelelően a jelenlegi és várható igényekhez kell alakítani.

Összefoglalás

Magyarország történelmének legsúlyosabb eseménye az ország feldarabolása volt. Ez súlyosabb, mint a mohácsi vész, mert azt követően az ország helyre tudta állítani integritását.

A vasúthálózat meghatározó tényező volt a határok meghúzásánál. Ennek főként katonai-stratégiai és gazdasági okai voltak. Az utódállamok érdekeit erőteljesen figyelembe vették, míg a magyar természetes érdekeket elemi szinten sem sikerült érvényesíteni. Ennek következménye, hogy jelentős számú magyar ajkú népesség maradt a határokon kívül, illetve a vasútvonalak meghatározták a területki-jelölés határait.

A következmények hosszú távon, így még ma is érvényesülnek, aminek hatására az ország periferiális területei elmaradtak, az ott lévő vasúthálózati elemek funkcióvesztettek vagy alacsony színvonalon működnek. Az Európai Unióhoz való csatlakozás új lehetőségeket teremt a gazdasági térségek és a közlekedési hálózatok összekapcsolására. Ez reményt ad arra, hogy a magyar vasúthálózat immár évszázados béklyói lazuljanak, és az új körülmények között egy korszerű, jól működő vasúti közlekedés jöjjön létre Magyarországon. «

Irodalomjegyzék

[1] Dr. Zsáka T. A magyar vasút. Múlt-jelen-jövő. Konferencia-előadás. Győr: Széchenyi István Egyetem; 2009.

[2] Tordai R. A vasút mint érv a trianoni tárgyalásokon. Múlt-Kor történelmi magazin 2012.03.11. (https://mult-kor.hu/20120311_a_vasut_mint_erv_a_trianoni_targyalasokon)

[3] Dr. Fónagy J. Az államvasút Trianonja. Vezess.hu Magazin 2011.06.04. (<https://www.vezess.hu/magazin/2011/06/04/ez-is-trianon-romaniaba-lopott-vonatok/>)

[4] Vasúti határátmenetek: kis lépés az államnak, nagy az ott élőknek! MKK-blog 2017. április 14. /https://kozlekedesiklub.blog.hu/2017/04/14/hataratmenetek_kis_lepes_az_allamnak_nagy_az_ott_eloknek)

[5] Nagy T. Trianon és a magyar vasút 2012. (<https://doksi.hu/get.php?lid=26902>)

[6] Dr. Fónagy J. A vasút elsődleges szerepe a közösségi közlekedésben. Harkány: II. Vasúti Forgalmi Konferencia; 2019. május 15. <https://www.ktenet.hu/uploads/events/2019-05-15-ii-vasuti-forgalmi-konferencia/doc/005-dr-fonagy-janos-harkany-20190515.pdf>

[7] Hova megy ez a vonat? Félbevágott állomások. 2014. június 4. https://hovamegyavonat.blog.hu/2014/06/04/felbevagott_allomasok 2014.

Látványos szakaszához érkezett a Déli összekötő vasúti Duna-híd építése

2020. szeptember 26-án, másfél héttig tartó megfeszített, több mint 130 embert megmozgató helyszíni munka eredményeképpen a híd teljes elkészítéséhez tervezett 18 elemből, helyére került az első elem. 2020. október 31-én került helyére a második elem. A harmadik elem beemelése (közvetlenül lapunk megjelenése előtt) várhatóan 2020. november 16-án történik, azonban az emelés függ a vízállástól és a meteorológiai viszonyoktól. A beépült szerkezeti elemek a vonatablkból, vagy a közútról jól láthatók.

Sajnos helyhiány miatt részletes ismertetést ebben a számban nem tudunk közzétenni, de a jövő évi 1. számban képriportban tervezzük bemutatni a munkák előrehaladását.

Az elemek beemeléséről készített kisfilmek már most is megtekinthetők a Duna Aszfalt Zrt. Facebook oldalán vagy Youtube csatornáján.

Vörös József



Készülődés az első elem beemelésére



A beemelt első hídelem a pesti oldalon (Fotó: Nagy Mihály, Magyar Építők)

Dr. Kormos Gyula (1950–2020)



Kormos Gyula egy Törökszentmiklós melletti tanya kis iskolájában végezte az általános iskolai tanulmányait. Szülei kántortanítók voltak, ami az akkori időben nem volt megbecsült hivatás. Kisgyermekként érte az első harangozás öröme, és nagy hatással volt rá az orgona hangja is. A két gyermekkori élmény meghatározó volt egész életére és végig megmaradt a zene szeretete.

Középiskolai tanulmányait a törökszentmiklói gimnáziumban végezte, ami a vidéki középiskolák közül a legjobbakkal tartozott. Nagy hatással volt rá matematikatanára, aki a jobb képességű tanulókkal külön is foglalkozott. Az érettségit követően egy mérnökember javaslatára a Műegyetemen kezdte meg tanulmányait. 1974-ben szerzett közlekedés-építőmérnöki diplomát, 1981-ben gazdasági mérnöki, majd 1990-ben vasútiépítési és pályafenntartási szakmérnöki képzés keretében szerzett oklevelet.

Az egyetem befejezése után a szolnoki KPM Közúti Igazgatóságán helyezkedett el, majd megnősült, és 1975-ben Budapestre került a Betonútépítő Vállalathoz, ahol lehetősége nyílt a mélyépítésen belül megismerkedni az autópálya építésével. Mivel a család Pesthez kötötte, felhagyott a Budapesttől távolabbi autópálya-építéssel. Ekkor kezdődött az észak-déli metróvonal felszíni pályaszakaszainak az építése, és a nagyszabású új feladatot megragadva itt folytatta munkáját.

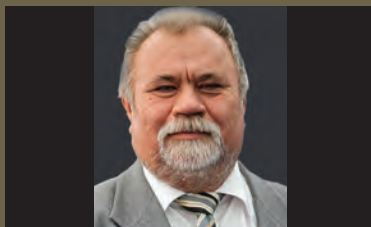
1992-ben Megyeri Jenő professzor úr óradónak hívta a Műegyetemre a Vasútiépítési Tanszékre, ahol 1996-ban egyetemi doktori fokozatot szerzett, és elkötelezte magát az oktatás mellett. Legfontosabb szakterületei közé a hézag nélküli vágányok, a dilatációs szerkezetek, a vasútiépítés és -fenntartás, valamint a mozgásgeometria tartoztak. Oktatott tárgyai: vasútiépítés és -fenntartás, vasúti pályaszakaszok, hézag nélküli felépítmény, vasúti üzem, különleges kötőpályás rendszerek, a hegyi vasutak és a kötélpályák voltak.

Kormos Gyula a mérnöki, oktatói tevékenység mellett nem szakított a zenével. Rendszeres egyházi, kántori szolgálata során a Magyarországi Evangélikus Egyház egyházzenei igazgatója kérte fel orgonajavításra, ami a kántorképzésben végzett tanulmányai alatt is kedvenc időtöltése volt. Csakhamar a harangok szakértőjeként is ismertté vált. E minőségében Sopron és a környező falvak összes harangjának felmérését elvégezte, de az ország más területén is végzett hasonló munkát. A közelmúltban a Magyar Nemzeti Múzeum gondozásában jelent meg Komárom-Esztergom megye harangjai című könyve, amely a megye régi és jelenlegi harangállományának minden ismert fontos adatát tartalmazza.

A sokoldalú oktató a Budapesti Műszaki Egyetem Út- és Vasútiépítési Tanszéken főállású, majd nyugalmazott docensként egészen 2020 októberéig aktívan tevékenykedett.

Dr. Liegner Nándor

Pótári Zoltán (1958–2020)



Pótári Zoltán 1983-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán, majd 1990-ben ugyanott szakmérnöki diplomát szerzett. 1983-tól a MÁV Szolnoki Pályafenntartási Főnökségen szakaszmérnök, 1992-től vezetőmérnök, majd a szervezeti változásoknak megfelelően főmérnök. 2004-től a MÁV Zrt. EU Program Igazgatóságán, 2007-től pedig a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.-nél volt projektvezető. 2010-ben tért vissza a MÁV Zrt.-hez, ahol alépitményi területi főmérnök-ként dolgozott a Pályalétesítési Igazgatóságán.

Szakmai tudását a Szolnoki Pályafenntartási Főnökségen töltött évek alapozták meg. Vezetőmérnöki, főmérnöki tevékenységével országos szinten is kivívta vezető társai elismerését.

Munkássága során tevékenyen részt vett a különböző vállalati utasítások kidolgozásában. Nevéhez fűződik a D.11. számú, a vasúti alépitmény tervezése, építése, karbantartása és felújítása során betartandó előírásokat tartalmazó utasítás kidolgozása, amely hatalmas hiányt pótol. Tagja volt az új Országos Vasúti Pálya Tervezési és Létesítési Szabályzatot kidolgozó munkacsoportnak, amelyben az alépitményi fejezet kidolgozását végezte.

Szívügyének tartotta az utánpótlás nevelését. A Baross Gábor Oktatási Központ több tanfolyamán tanított, fő tantárgya a vasúti alépitmény volt.

Munkáját sok fórumon elismerték, ezek közül a leglényegesebbek:

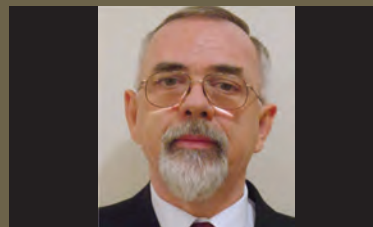
- 2000 májusában a „közlekedési, hírközlési és vízügyi miniszter, a „közlekedésért” szakmai érmet adományozta.
- 2000 júliusában megkapta „A Vasút Szolgáltatóért” érdemérem bronz fokozatát.
- 2006 januárjában a Közlekedéstudományi Egyesület Elnöksége kimagasló társadalmi munkájáért Széchenyi István-émlékplakettel jutalmazta.
- 2019 júliusában kiemelkedő munkájáért vezérigazgató-helyettesi dicséretben részesült. Magánélete sokszor háttérbe szorult a munkája miatt, de családjáról, főként rajongásig szeretett lányáról, Lauráról mindig nagy szeretettel beszélt. Szerencsére még látta őt felnőni és láthatta elindulását az életben, de a feleségével tervezett boldog nyugdíjas éveket már nem élvezhette.

2020. október 15-én – a MÁV-nál töltött szolgálati idő figyelembevételével és egészségi állapotára tekintettel – nyugállományba vonult.

2020. október 28-án, életének 63. évében, hosszan tartó, türelemmel és bizakodással viselt súlyos betegségben elhunyt. Munkássága példaértékű, egész életét a vasútnak, a vasúti pályáépítésnek és -fenntartásnak, később az alépitményvel kapcsolatos tudományoknak szentelte. Egy elkötelezett, kiváló kollégától búcsúzunk.

Papp Mária

Buskó András (1960–2020)



Hatvanegyedik életévében váratlanul elhunyt Buskó András, aki 1960. április 18-án született Budapesten. Az általános iskola elvégzése után a Kvassay Jenő Út-, Híd- és Vasútiépítési Szakközépiskolában tanult, ahol 1978-ban iskolaelsőséget elnyerte a Kvassay-díjat. Ezt követően a Széchenyi István Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola, Közlekedésépítési Intézet vasútiépítési és -fenntartási szakán szerzett diplomát. 1981-ben a miskolci XV. Országos Tudományos Diákköri Konferencián, „Nagy sebességet biztosító kiterőszerkezetek kialakítása és tervezése” című pályamunkájával Nívódíjat nyert. 1992-ben a Széchenyi István Műszaki Főiskola vasúti futástechnikai szakmérnöki szakán szakmérnöki diplomát szerzett, majd 1999-ben a Debreceni Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaság-tudományi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék környezettudományi szakán végzett.

Buskó András a vasúti zaj- és rezgésvédelem szakértője, a Magyar Mérnöki Kamara és az MMK Akusztikai Tagozatának alapító tagja, a MÁV Szolgáltató Központ Zrt. Környezetvédelem és Energiaszervezet mérnök főtanácsosa, Környezetvédelmi szakértője, a Vasúti lexikon, a Vasúti környezetvédelmi lexikon egyik szerzője, megannyi cikk írója, tudományos előadások kedvelt előadója.

Érdemei elismeréseként 2020-ban az Innovációs és Technológiai Minisztérium Közlekedésért érdemérem adományozott a több mint három évtizedes kiemelkedő szakmai tudással végzett környezetvédelmi szakértői munkájáért.

Szerette a szakmáját, amit kimagasló színvonalon művelt. Hihetetlen tudásvágygal kereste az újdonságokat. Szakmai munkája mellett számos közéleti tevékenységben meghatározó szerepet játszott. A MÁV turisztikai csoport túrávezetője, a Budapest XVII. kerületi Lengyel Kisebbségi Önkormányzat volt elnöke, a Magyarországi Országos Lengyel Kisebbségi Önkormányzat volt elnöke és elnökségi tagja, a Közlekedéstudományi Egyesület Vasútiépítési és Pályafenntartási Szakosztályának elnöke, katonai hagyományörző százados, a Börzsönyi Lovász Klub Honvéddalász Hagyományörző és Sport Csoport tüzér parancsnoka, a tüzérségi tankönyv szerkesztője, írója.

Vasutas családból származott, és izzig-vérig vasutas volt.

Kedves kollégánkat nagy hirtelenséggel veszítettük el. Nem gondoltunk búcsúzásra, csak jókedvvel készültünk a holnapra, a közös feladatokra. Most mégis búcsúznunk kell, ami mindig fájdalmas. Fájdalmas, mert azt az embert veszítettük el, aki fontos volt a számunkra, akit szerettünk, akivel minden nap dolgozunk, beszélünk, viccelünk, aki a szó minden értelmében része volt az életünknek.

Kiss Balázs

100 magyar találmány és fejlesztés

Sprinter Plusz Kft.; 2020

A kiadvány, ami *Radván Sándor* főszerkesztő és *Takács Zoltán* vezetőszerkesztő munkája, bemutatja, hogy a közismerten innovatív magyar szellem napjainkban is aktív és érdemes a világ figyelmére. A szerkesztők az élet számos területéről az egészen egyszerű ötletektől a sci-fi-filmek világát idéző csúcstechnológiákig válogattak érdekes találmányokat és fejlesztéseket, amelyek figyelemre méltóak. Olyan találmányokat is bemutat a könyv, amelyek száz éve alig változó technológiákban érnek el áttörést. A könyvből száz új találmányt ismerhetünk meg, közöttük drónokat, műholdakat. Néhány további téma a kiadványból: virtuális valóság, mesterséges intelligencia, tanulás, repülőgépek, forradalmi építőanyagok, tisztítószeres hulladékból, törhetetlen hajó, online közösségi kert és számos okos eszköz. Reméljük, hogy a most megjelent könyv hasznos olvasmánya lesz az újdonságokat kedvelőknek.



Kérjük, megrendelését a www.sinekilaga.hu honlapon keresztül küldje el!

Kapcsolattartó: Gyalay György
Telefon: (30) 479-7159 • gyalay.gyorgy@mav.hu

Címlapkép: Útátjáró Pakson polimer Bodan-elemekből (Fotó: Orient 9001 Kft.)

ISSN 0139-3618

www.sinekilaga.hu

Sínek Világa

A Magyar Államvasutak Zrt. pálya és híd szakmai folyóirata
A Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT)
által akkreditált folyóirat
Kiadja a Pályavasúti főigazgatóság,
Pályalétesítményi igazgatóság
1087 Budapest, Könyves Kálmán krt. 54–60.
www.sinekilaga.hu

Felelős kiadó Virág István pályaműködtetési vezérigazgató-helyettes
Szerkeszti a szerkesztőbizottság
Főszerkesztő Vörös József
Főszerkesztő-helyettes Szőke Ferenc
A szerkesztőbizottság tagjai
Both Tamás, Eller Balázs, dr. Horvát Ferenc, Török Gergely, Virág István
Korrektor Ácsné Tamás Éva
Tördelő Kertes Balázs
Grafika Bíró Sándor
Nyomdai előkészítés PREFLEX 2008 Kft.
Nyomdai munkák PrintPix Kft.
Hirdetés 200 000 Ft + áfa (A/4), 100 000 Ft + áfa (A/5)
Készül 1000 példányban



World of Rails

Track and bridge professional journal of Hungarian State Railways Co.
Journal accredited by Repertory of Hungarian Scientific Works (MTMT)
Published by Infrastructure chief-directorate,
Track establishment directorate
54–60 Könyves Kálmán boulevard Budapest, Post code 1087
www.sinekilaga.hu

Responsible publisher István Virág Track Operational Assistant Managing Director
Edited by the Editorial Committee
General Editor József Vörös
Assistant general editor Ferenc Szőke
Members of the Editorial Committee
Tamás Both, Balázs Eller, Dr. Ferenc Horvát, Gergely Török, István Virág
Corrector Éva Ácsné Tamás
DTP Balázs Kertes
Graphics Sándor Bíró
Typographical preparation Preflex 2008 Ltd.
Typographical work PrintPix Ltd.
Advertisement 200 000 HUF + VAT (A/4), 100 000 HUF + VAT (A/5)
Made in 1000 copies