

A közúti vasutak jellegzetes avulási jelenségei

Szerző: Vinkó Ákos – Msc. Diplomamunka 2012. december



Konzulensek: Dr. Kormos Gyula
Előhegyi Zoltán BKV Zrt.



Vinkó Ákos

Közúti vasutak jellegzetes avulási jelenségei

A közúti vasutak avulása sok tekintetben hasonló a nagyvasúti pálya avulásához, mégis számos eltérés adódik a felépítmény szerkezetének sokrétűsége és olykor jelentős eltérése miatt. A tanulmányban célom összefoglalni az avulás okait, törvényszerűségeit, továbbá részletesen elemezni a budapesti villamos vonalbejárások során tapasztalt jellegzetes avulási formákat, jelenségeket.

Dolgozatomban kitérek az avulással kapcsolatos törvényszerűségekre, modellekre, körfolyamatok összefoglalására a szakirodalmak tükrében is. Bemutatom a Budapesten alkalmazott felépítményi rendszereket építéstechnológiai szempontból, s a tárgyalás során ismertetem a budapesti villamoshálózat általam készített állapotfelmérését is, amelyben a különféle felépítmények avulását vizsgálom, a kiváltó okok tükrében (*pl.: építési, gyártási hibák; járművek többlet igénybevételei; üzemszerű elhasználódás, környezeti hatások, fenntartási hiányosságok*). Vizsgálom továbbá ezekbe a hagyományos kategóriákba be nem sorolható egyéb speciális okokat is. Tanulmányomban elemzem a közúti vasutaknál észlelt jellegzetes avulási jelenségeket, lehetséges okainak feltárását, új megállapítások megfogalmazását és azok összehasonlító értékelését. Kiemelt hangsúlyt fektetek továbbá a közúti, vasúti, illetve a nagyvasúton tapasztalható avulási jelenségek közötti különbségekre, hasonlóságokra. Kiemelnék pár érdekes példát:

A közúti vasúti pályák sínjein a nagyvasútnál tapasztaltaktól eltérően nem a nagyobb pályasebességnek és tengelyterhelésnek tulajdoníthatóan alakulnak ki head-check típusú repedések a sín futó- és vezetési oldalának érintőjéből kiindulva, hanem a megállóknál, a hajtott tengelyű forgószámolyok megállási (indulási) helyein, e szakaszokon azonban a sínszál párhuzamos irányú fáradási repedései figyelhetők meg. Ilyenek továbbá síndilatációs szerkezetek kóboráram okozta tönkremenetelei, a sínfejen tapasztalható jellegzetes „hullámos csavarodások” és a közúti vasutak kettős terhelései hatására kialakuló tönkremenetelek.

A budapesti vonalak állapotfelmérését, a BKV-s felügyelet alatt végzett gyalogos bejárás során készítettem, saját fotókból, és a BKV pályás szakembereivel folytatott konzultációkból.

Kulcsszavak: *avulás, felépítmény, nagypanel, RAFS, CDM, oldalkopás, sínfej legyűrődés, korrózió, leerősítés, sínfej hullámos kopás, head-check, kóboráram*



Ákos Vinkó

The tramway's characteristic phenomena of tear

The tear of tramways is similar to the tear of railway in many respects, but there are many differences in diversity of superstructure's significant deviations. In this study, my aim is to summarize the causes and laws of tear, and analysis the experiences in connection with the characteristic tear and phenomena, that I collected during the perambulation in Budapest.

In my paper, I mention the laws, the models and summarize the cyclic process of tear, in the light face of the literature, as well. I introduce the track, and concentrate on to the construction technology, which are used in Budapest. During the presentation, I would like to talk about the condition surveying of the tramway network in Budapest which was carried out by me. In that condition surveying, I examine the reasons why tracks tear and their causes. (for example: construction, manufacturing defects; extra loads of vehicles, operational attrition, environmental impacts, maintenance deficiencies). On the other hand I also examine the special reasons, that can not be classified into these traditional categories. In my study, I will analyze the typical symptoms of tear which are perceived at tramways, the possible causes, making new statements and their comparative evaluation. I make special emphasis on differences and similarities of phenomena of tear of tramways and railways. Here are just a few interesting examples:

On the tramway's rail, there can be formed head-check on the type of cracks from the tangential of the running and driving side of rail, not because of the higher track speed and the axle load, but at the stations, at the driving boxes bogie trucks (start) locations, in these sections, there can be found the crack formations which are parallel to the rails. These are the rail dilatations failure caused by stray currents, on the rail-head typical "corrugated torsion" can be found and the double charge of tramways caused destruction.

I made the condition surveying of Budapest's lines, during the perambulation, under the surveillance of BKV (Budapest Public Transport), on foot, using my own photos, and consultations with BKV-track professionals.

Keywords: *tear, track, large panel, RAFS, CDM, side wear, rail-head creases, corrosion, rail fastening system, corrugated railhead wear, head-check, accidental current, water tramp*

Tartalomjegyzék

Bevezetés

1. Az avulás folyamata a szakirodalom tükrében

1.1. Az avulás körfolyamata.....	1
1.2. Az avulás okai	2
1.3. Az avulási modellek	8
1.3.1. Hazai modell	9
1.3.2. Külföldi vizsgálatok modelljei.....	11
1.4. Törvényszerűségek.....	12
1.5. A vasúti pálya avulását befolyásoló tényezők.....	13

2. Közúti vasúti felépítményrendszerek bemutatása

2.1. Nyitott pályaszerkezetű felépítmények	19
2.1.1. Zúzottkő ágyazatú keresztaljas felépítmény	19
2.1.2. Beton ágyazású talpfás felépítmény.....	21
2.1.2. Betonlemezre ragasztott felépítmény.....	22
2.2. Burkolt pályaszerkezetű felépítmények	25
2.2.1. RAFS felépítmény család	25
2.2.2. Nagypaneles, tömörsínes, szorítógumis sínleerősítésű felépítmény	31

3. Közúti vasúti felépítmény avulása az állapotfelmérés alapján

3.1. A budapesti közúti vasutak avulási állapotfelmérése.....	35
3.2. A különféle közúti vasúti felépítmények avulása.....	35
3.2.1. RAFS felépítménycsalád avulása	35
3.2.2. Nagypaneles felépítmény avulása.....	37
3.2.3. Zúzottkő ágyazású keresztaljas vágány	39
3.3. A közúti vasúti felépítmények avulása az avulást kiváltó okok tükrében.....	40
3.4. Mérési előzmények.....	41
3.5. Helyszíni ellenőrző vizsgálatok, mérések	44

4. A közúti vasút avulásának sajátosságai a nagyvasúthoz képest

4.1. A közúti vasúti avulási sajátosságok, eddig feltárt okai:.....	52
4.2. A közúti vasúti sajátos avulási formái:.....	52

5. Összefoglalás:.....

Irodalomjegyzék.....

Ábrajegyzék

1. ábra: A pályaromlás körfolyamata [1]	1
2. ábra: Leggyakrabban előforduló sínhibák [1].....	3
3. ábra: Egyszerűsített exponenciális modell [9].....	9
4. ábra: Vágányszabályozás hatása a romlási folyamatra [9]	10
5. ábra: Az avulás tendenciája [9].....	10
6. ábra: Külföldi modell [15].....	11
7. ábra: Példa az idő előtti beavatkozás káros hatására [9]	12
8. ábra: Jobb fenntartási munka lassítja az avulási folyamatot [9]	12
9. ábra: Budapest villamoshálózaton alkalmazott felépítmények.....	17
10. ábra: "U" jelű vasbeton alj	19
11. ábra: "LM" jelű előfeszített vasbetonalj	20
12. ábra: Petőfi híd Edilon-Corkelast sínkiöntéses felépítmény.....	28
13. ábra: Ékes-alátét gumiszalagos kialakítású síncsatorna.....	32
14. ábra: A nagypaneles vágányépítés technológiai sorrendje [17]	33
15. ábra: Közúti vasúti sínkorona profil egyes szakaszainak elnevezése	35
16. ábra: a.) A kerék „0” osztása függőleges és a burkolati feljelölés; b.) A beosztott kerék	44
17. ábra: A fékezés mérése	46
18. ábra: a.) Locator 2 örvényáramos mérőműszer tartozékai; b.)A szonda	49
19. ábra: Örvényáramos vizsgálat elve	50
20. ábra: Felületi meghibásodások mérése a Kálvin téren örvényáramos műszerrel.....	50
21. ábra: USB-s digitális mikroszkóp	51
22. ábra: a.) mikro megcsúszás mikroszkópos felvétele; b.) Indulási kerék kipörgés a sín futó felületén	51

Táblázatjegyzék:

1. táblázat: Részlet a BKV oldalkopás előírás táblázatból [11].....	5
2. táblázat: A vasúti pályahibák az avulási okok tükrében	8

Fényképek:

1. Fénykép: „U” jelű lágy vasbetétes betonalkak a 41-es villamos vonalán.....	20
2. Fénykép: A 41-es villamos vonalán építés alatti „LM” jelű vasbeton aljas felépítmény ...	21
3. Fénykép: A Budapesti 14-es villamos Pozsonyi utcai felüljáró ragasztott felépítménye ...	22
4. Fénykép: Easylast sínágyazó rendszer	23
5. Fénykép: Hosszirányú meghibásodás a sínfejen.....	41
1. Fénykép: Petőfi híd síndilatációs szerkezetének kóboráram okozta tönkremenetele	53
6. Fénykép: Felhajlott acél vályú profillemez	53
7. Fénykép: Hullámos „síncsavarodás” (a) és későbbi törése (b) a Szent Gellért téren	54
8. Fénykép: A sínorr hullámos oldalkopása	54
9. Fénykép: A sínszál függőleges kivetődés nagypaneles (a) és RAFS felépítményben.(b) ..	55
10. Fényképek: Intenzív kopások	55
11. Fényképek: Sínszálak jelentős korróziója.....	56
12. Fénykép: Közmű meghibásodás okozta tönkremenetel	56
13. Fénykép: Hullámos kopás hullámhegyeinek kipergése	57
14. Fénykép: Periodikus kivölgyelődés a sínkoronán	57

Bevezetés, és köszönetnyilvánítás

A közúti vasutak avulása sok tekintetben hasonló a nagyvasúti pálya avulásához, mégis számos eltérés adódik a felépítmény szerkezetének sokrétősége és olykor jelentős eltérése miatt. A tanulmányban célom összefoglalni az avulás okait, törvényszerűségeit, továbbá részletesen elemezni a budapesti villamos vonalbejárások során tapasztalt jellegzetes avulási formákat, jelenségeket. A budapesti vonalak állapotfelmérését, a BKV-s felügyelet alatt végzett gyalogos bejárás során készítettem, saját fotók, és a BKV pályás szakembereivel folytatott konzultációk alapján.

Köszönettel tartozom a BKV Zrt. munkatársainak, Előhegyi Zoltán Pályafenntartási Szakszolgálatvezető Úrnak, hogy a vonalbejárások lehetőségét biztosította számomra, továbbá Kollár Gyula Városmajori Pályamester Úrnak, és a vonalgondozóknak, akik kérdéseimre készségesen válaszoltak, és kalauzoltak a villamos vonalakon.

Köszönetemet fejezem ki még Bohunka Gábor Úrnak, BKV. Zrt. Járműműszaki Főmérnökség Szolgálatvezetőjének és Dr. Takács János Tanszékvezető Úrnak, akik lehetővé tették számomra a kerékmegcsúszás vizsgálatát a Száva kocsisíznben.

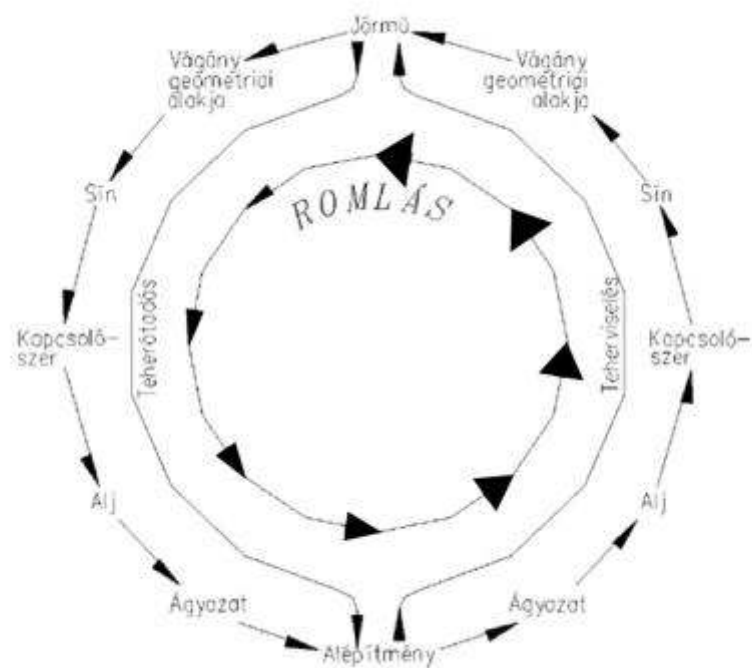
Továbbá hálás vagyok, Posgay György Ügyvezető Igazgató Úr segítségével, aki a sínkorona felületi meghibásodásinak mérésére szolgáló eszközöket biztosította számomra.

A minden részletre kiterjedő ellenőrzésért köszönet illeti dr. Kormos Gyulát.

1. Az avulás folyamata a szakirodalom tükrében

1.1. Az avulás körfolyamata

A vasúti közlekedés „veszélyes üzem”, emiatt a vasúti pályák fenntartása nagy precizitást követel meg. Ez fokozottabban igaz a nagysebességű vasutaknál, ahol már a mm-es hibákat sem tűrik meg. Az újonnan megépített vasúti pálya alkotóelemeinek, szerkezeteinek méret- és minőségi eltérései, valamint a kitűzési és építési szerelési pontatlanságok miatt sosem lesz szerkezetileg és geometriailag tökéletes. Az újonnan épített vagy felújított pálya



1. ábra: A pályaromlás körfolyamata [1]

állapotjellemzői tehát az „ideálistól”, a fent említettek miatt különbözőek lesznek. A vasúti üzem az elvárt szolgáltatási színvonalon fenntartható mindaddig, amíg a méret és minőségi eltérések meg nem haladják az előírásokban meghatározott értékeket.

Az országos közforgalmú vasutaknál (továbbiakban: nagyvasútnál) különféle vizsgálatok alapján meghatározták az egyes szerkezeti elemek mérettűrését, míg a közúti vasutak esetében ez nem történt meg. Nagyrészt a nagyvasúti tapasztalatokat adoptálták, illetve a saját üzemeltetési tapasztalataik alapján dolgoznak ma is. A pálya avulása egy öngerjesztő romlási körfolyamat, amely a jármű - felépítmény - alépítmény kölcsönös egymásra hatásából vezethető le. Már a legkisebb geometriai hiba is elindítója lehet az avulási folyamatnak, amely

hiányosságok először a pályahibák fokozatos növekedését idézik elő, később a szolgáltatási színvonalat csökkentik, majd – szélsőséges esetben – a biztonságot is veszélyeztethetik. Az avulási körfolyamat (**1. ábra**) következményeként a vasúti pálya folyamatosan romlik, azonban a szállítási igények kielégítése érdekében a pálya állapotjellemzőit folyamatosan megfelelő szinten kell tartani. A romlási folyamat a vasúti pálya szerkezeti elemeinek életét végigkísérő természetes jelenség.

A romlási folyamat sebessége befolyásolható a fenntartási, karbantartási tevékenységekkel, de megszüntetni nem lehet, legfeljebb csak lassítani [1] [7] [9].

1.2. Az avulás okai

Ebben a fejezetben összefoglalom az avulás okait, azokat az általános érvényű hibákat, hiányosságokat, amik felépítményrendszertől, szerkezeti kialakítástól függetlenül jelen vannak mind a nagy – mind a közúti vasút építése és fenntartása során.

A vasúti pálya elhasználódását előidéző okok [1] [3] [7] [8] az alábbi csoportokba sorolhatók:

- Építési és gyártási hibák;
- Járművek okozta többlet igénybevételek;
- Üzemszerű elhasználódás;
- Fenntartási hiányosságok.

• Építési és gyártási hibák

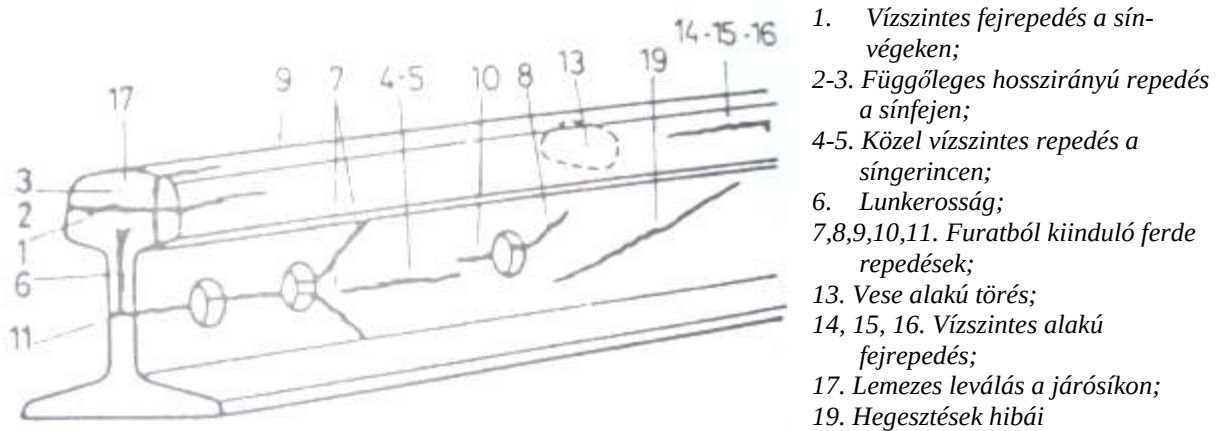
Méret-, alak - és anyaghibák, építési technológia (előírások és szabványok) be nem tartása a teherátadás során, a rendszer egyik elemének hibája elindítja a másik elem romlását, így az egyes szerkezeti elemek idő előtt tönkremennek.

Sínek általános gyártási és építési hibái [1]:

- lunkerosság, zárvány, vese alakú törés, sínfej edzési hibája;
- gázhólyag: a sín futófelületénél repedéseket, majd kagylós kitöredezéseket, lemezes leválásokat okozhat;
- hengerlési hibák: hengerlés utáni hirtelen vagy egyenlőtlen lehülés következtében hosszanti repedés keletkezhet a sínfej alatt vagy a talpnál;
- hevederlyukak elfúrásából származó síngerinc repedések (**2. ábra**).

A közúti vasutaknál, a régi 80-as, 90-es években gyártott diósgyőri sínek futófelületén, kerek kipattogzások figyelhetők meg, amelyek feltehetőleg a nyomkarima ütőmunkája

hatására felkeményedett sínfejből kipergett gázbuborékok voltak. A jelenség több budapesti villamos-vonalon is megfigyelhető a teljes vonalhosszon (pl. 2-es, 50-es villamosok vonalán).



2. ábra: Leggyakrabban előforduló sínhibák [1]

• Járművek többlet igénybevételei

A járművek többlet igénybevételei a sínszalakat közvetlenül terhelik, a pálya többi részét pedig közvetett, vagy rezonanciális hatások érik.

A vasúti járművekről a pályára hossz-, oldalirányú és függőleges erők hatnak, a hibás pálya és a jármű kölcsönhatása következtében rendellenes káros mozgások jönnek létre (*kígyózó, bólintó, támolygó, szitáló mozgás*), amelyek a sínekben egyenlőtlen túlterhelést okoznak, és tovább fokozzák a dinamikus hatásokat, felgyorsítva ezzel a romlási folyamatot [1].

A járművekről átadódó oldalirányú erők hatására az egyenesekben és az ívekben torzulások, könyökök jönnek létre, a leerősítések kilazulnak, veszítenek szorítóhatásukból, ami miatt nyombővülés jön létre. A pálya többlet igénybevételét eredményezi a jármű kerekeinek meglévő hiányossága (pl. lapos kerék, anyagfelrakódás, álnyomkarima).

Fékezési, és gyorsítási szakaszoknál (megállóknál) a kerekek könnyen kiperdülhetnek, 1-2 mm mélygyűrődéses völgyeket hozva létre a sínfej futófelületén.

Közúti vasúti példa:

A járművekről lehulló szennyeződések, továbbá a helytelenül karbantartott járművekről lecsorgott olaj elszennyezi az ágyazatot. Közúti vasutaknál mindezek felül a fékező szakaszokon a járművekből kiszórt fékezőhomok, és az út jégmentesítésére használt só is elősegíti a további szennyeződések megkötődését, és idővel a karbantartás elmaradása esetén már az igénytelenebb gyomok is megjelenhetnek. Nyitott felépítménynél sok helyen a sínkoronaszintig ér a homok, már a kerék „vágja” magának a nyomcsatornát. Amennyiben a

megállóknál a vágányokat nem tisztítják meg a homoktól, először lemezes rozsdaleválás jelentkezik a síngerincen és talpon, majd idővel pedig a teljes síngerinc és talp elrozsdásodása és tönkremenetele következik be. Szélsőséges esetben a sín talpa is eltűnhet az elektrokorrózió miatt. Burkolt vályús sínes vágányok esetén a sínvályú töltődik meg homokkal, és egyéb szennyeződésekkel. A tisztítási karbantartási munka elmulasztása esetén eltömítődik a vályú vízlevezető nyílása. A vágányvíztelenítő keresztrácsok takarításának elhanyagolása pedig a pálya időelőtti tönkremenetelét fogja elősegíteni.

- **Üzemszerű elhasználódás**

Az üzemszerű elhasználódás általánosságban a felépítmény kopását (anyagfáradását) jelenti, ami egyrészt előáll a járműkerék és sín kapcsolatából, másrészt az egyes felépítményi elemek egymást is koptatják. A sín kopásában nagy szerepe van a sín és a kerék anyagminőségének, profiljuknak, a járművek rendellenes mozgásának, a kerék kúposága miatt fellépő hossz – és keresztirányú csúszásnak, az időjárásnak és még sok más hatásnak. A szabálytalanul kopott nyomkarimák egyes esetekben nem csak a sínszál közepét koptatják, hanem akár a sínszál külső vagy belső szélét is. Az ívek külső sínszálában a függőleges kopáson túlmenően a centrifugális erő, ill. részben a kerék kúposága miatt ki nem egyenlített úthossz különbségek hatására, a nyomkarima a vezetőfelületet is koptatja, így keletkezik az oldalkopás. Ezzel szemben az ívek belső sínszálaiban főként magassági kopás a jellemző. Az oldal és magassági kopás mértéke nagymértékben befolyásolja a sín teherbíró képességét. Így az adott mérettűrésnél nagyobb értéket nem lehet megtűrni a pályában. A MÁV a nagyvasútnál az erre vonatkozó előírásokat a kiegyenlített magassági kopás (az oldalkopás átszámítása magassági kopásra) megengedett értékeivel adja meg.

A BKV esetében belső előírások ([11] *Közúti vasúti pályaépítési és fenntartási műszaki adatok és előírások*, a továbbiakban „Sárga könyv”) vannak a megengedett értékekre vonatkozóan. Három kategóriát különböztetnek meg:

- „A” Építési mérettűrés
- „B” Fenntartási mérettűrés
- „C” Soron kívüli intézkedéseket indokoló méretek határa

A megengedettnél nagyobb oldalkopások esetén sincserét végeznek. Ez azonban burkolt vágányoknál (közúti villamos vasútnál) jelentős anyagi-, és munkaerő ráfordítással valamint a közúti vasúti forgalom kizárásával, csak vágányzári időben valósítható meg. Egy modern

nagyváros életében ez nem engedhető meg, ezért a kopott sínek cseréjét a lehető legkésőbbi időpontig elodázzák és helyette először néhány alkalommal csak a kopott sínszalak javítását végzik el feltöltő hegesztéssel (pl: az ELLIRA vágányon járó hegesztőgéppel vagy pedig kézi felhegesztéssel). Ez síngazdálkodási, valamint az adott vágányrendszer élettartamának költségeinek szempontjából előnyös. A síngyarak szerint 10 mm oldalkopásig alkalmazható a feltöltő hegesztés, de az üzemeltetők gyakorlata szerint, megfelelő hőmérsékleten és megfelelő technológiával 15 mm-es oldalkopás esetén is biztonsággal el lehet végezni. A sínfej oldalkopásának megszüntetésén kívül ugyanezzel a géppel lehetséges a vályús sín orrán (sínszakállon) létrejött oldalkopás felhegesztése is. Nyitott vágányrendszerrel az üzemeltetők költségcsökkentés és a sín élettartam növelése céljából, nem oldalkopás felhegesztést végeznek, hanem gyakran az ívekben oldalkopott külső sínszalagot a belsővel megcserélik, amennyiben a sínfejek keresztmetszeti méretei még ezt lehetővé teszik.

Tárgy:	Eltérés a névleges értéktől mm-ben, ha a kategória			Megjegyzés:
	A	B	C	
Sínfej kopása:				
Magassági kopás				
Vályús sín esetén	0	18	22	<i>Vályús síneknél a sínorr kopása 2 mm-nél jobban nem közelítheti meg a sínorr külső szélét, magassági kopás következtében a sínorr kidőlése nem alakulhat ki. Betéttuskós vágány tuskóit a nyomkarima nem érheti el.</i>
48-rendszerű sín esetén	0	20	25	
34-rendszerű sín esetén	0	13	18	
Oldalkopás				
Vályús sín esetén	0	10	15	
48-rendszerű sín esetén	0	17	25	
34-rendszerű sín esetén	0	15	20	

1. táblázat: Részlet a BKV oldalkopás előírás táblázatból [11]

További alkalmazása az Ellira vágányon járó hegesztőgépnek az ún. „csikorgás gátló, csikorgás csökkentő” felhegesztés is. A futófelületen kis sugarú ívekben a jármű csúszva fordul, és nagyon kellemetlen hangot ad ki, ennek kiküszöbölésére két hegesztési élt készítenek a sínfejen a magyar gyakorlat szerint. Külföldön már a beépítés előtt a legyártott sín koronájába egy hornyot marnak, és úgy helyezik bele a sín anyagánál keményebb és kisebb keresztmetszetű hegesztést. A hegesztés szabványos neve: Fedettívű Fedőporos Automata Hegesztés (FAH).

A közúti vasúti üzemre jellemző további jellegzetes sín meghibásodási forma a hullámos kopás, „a sín felületén keletkező kiemelkedések és bemélyedések – hullámok, amelyek hossza 30-150 mm, a magassága 0,1-0,5 mm. [3] A hullámos kopás általában a fékezési szakaszokon jelentkezik, megállóknál, jelzőknél, gyalogos és útátjáróknál. A sín futófelületén keletkező hullámok jelentős többlet igénybevételt jelentenek a felépítmény többi részének, így ezt a hibát a sínfej csiszolásával, szükség esetén marásával minél hamarabb javítani szükséges.

- **Környezeti hatások, éghajlat [1]**

Alapvetően két időjárási elem befolyásolja a pálya romlási folyamatát:

- *hőmérséklet-ingadozás;*
- *csapadék.*

A hőmérsékletváltozás hatására hő-feszültségek keletkeznek, és a sínszámban ébredő húzó, ill. nyomóerők sínvándorlást okoznak, amely szélső hőmérsékleti tartományokban vágány-kivetődéshez, vagy ridegtöréshez vezethet.

A vízelvezető rendszer hiányos karbantartása, vagy hibás kialakítása miatt, nagy intenzitású csapadék esetén a víz megrekedhet a pálya egyes szerkezeti elemeiben, ill. azok környezetében, elősegítve azok rozsdásodását, tönkremenetelét, előidézve ezzel a pálya állapot- és geometriai jellemzőinek megváltozását. A megfagyott víz térfogat növekedése repesztően, morzsolóan hat valamennyi nedvességet befogadó szerkezeti elemre. Továbbá a pályába bejutó, beszivárgó víz meggátolja a korszerű biztosítóberendezésekhez szükséges villamos pályajellemzők biztosítását is. A szemerkélő eső vagy a hó, a vizes vagy jeges, ill. fagyott sínkorona a kerék tapadását jelentősen csökkenti. A legjobb tapadást a kerék és a sín között a száraz napos idő biztosítja.

- **Fenntartási hiányosságok**

a) Szakszerűtlen fenntartás

A karbantartási műveletek helytelen elvégzése (technológiai idők be nem tartása, nem megfelelő eszközök használata) súlyos károkat okozhatnak. Ezt szeretném illusztrálni néhány példával [1] [3]:

- A helytelen hevedercsavar lyuk fúrás a síngerinc repedését okozhatja;
- Ha a hézagrendezést nem síntoló berendezéssel, hanem kalapáccsal végzik, akkor repedések keletkezhetnek a sínszámban.

b) Hiányos fenntartás

Hiányos fenntartás adódhat a technológiai utasítások, előírások be nem tartásából, vagy his az üzemi körülmények jellegéből adódóan nincs lehetőség a megfelelő karbantartási technológiák előírás szerinti elvégzésére (vágányzár, éjszakai munkavégzés korlátai). Néhány szemléltető példa a teljesség igénye nélkül:

- A repedt talpfák pántolásának elmulasztása;
- A síncsavarok kátrányozásának elmulasztása, amely a talpfa korai korhadását, a síncsavar rozsdásodását segíti elő.

c) Elmaradt fenntartás

A pénz- vagy erőforráshiány miatt elmaradt fenntartás, a hibák méretét, súlyosságát fokozza, továbbá a szolgáltatási színvonalat csökkenti, és a pálya még rohamosabb tönkremenetelét fogja eredményezni. Néhány példa a teljesség igénye nélkül [1] [3]:

- Víznyelő kereszttrácsok, és - vályús síneknél – a vályú víztelenítő nyílásának elmaradt tisztítása, ill. megállóhelyeken kiszóródott fékező homok eltakarításának elmaradása;
- A gyomirtás elmaradása;
- Közúti vasútnál megnyílt töredezett, repedezett csatlakozó burkolatok javításának elmaradása (szélsőséges esetben akár a villamos alját is felsértheti a kiemelkedett aszfalt);
- A síncsere halogatása (az egyes felépítmény-típusoknál különféle problémákat okozhat, elverheti a nyomkarima – a sínfej jelentős magassági kopása esetén – az áramvisszavezető kábelcsatlakozás dobozát);
- Az ívekben a jelentős oldalkopás miatt - vályús sín esetén - a sínorr (a továbbiakban „szakáll”) is kopik, folyamatosan vékonyodik, és egy idő után leválik, letörik;
- A hullámos sínkopás síncsiszolással történő javításának halogatása, jelentős többlet igénybevételt jelent a pálya számára és gyorsuló ütemű romlást eredményez;
- A vízelvezető rendszerek karbantartási hiányosságai;
- A sínillesztések fekszintjének elmaradó karbantartása sínvég lehajlásokat okoz továbbá a sínvégek elverődéséhez vezet;
- Fekszint-, és irányhibák megtűrése.

Az avulás okainak tükrében a pályahibákat a **2. táblázat** foglalja össze.

Hibás elem:	Építési gyártási hiba	fenntartási hiányosságok	üzemszerű elhasználódás, környezeti hatások (időjárás)	járművek többlet igénybevételei
Sín	Hengerlési, edzési hiba, lunker, H-zárvány	Szakszerűtlen vagy hiányos, elmaradt munkálatás	Kopás, Korrózió	Lapos kerekek hatása, kiköszörülés, túlterhelt kerekek hatása, hosszirányú erők
Kapcsolószer	Anyag-, mérethiba		Korrózió	Csak közvetett vagy rezonanciális hatások
Alj	Anyag-, alak-, mérethiba		Berágódás, korhadás, repedés, törés	
Ágyazat	Tömörítés hiánya, rossz szemmegoszlás, rossz profil, rossz anyag		Szennyeződés, aprózódás	
Alépítmény	Anyagösszetétel, tömörítés hiánya, teherbírási elégtelenség, védőréteg hiánya, nem megfelelő vízelvezetés		Átázás, fagy	

2. táblázat: A vasúti pályahibák az avulási okok tükrében

1.3. Az avulási modellek

A vasúti pályán áthaladó szerelvények az átgördült tömegük, és haladási sebességük függvényében eltérő mértékben veszik igénybe a vasúti pályát. A járműterhelésből származó erők a teherátadás során, a vasúti pálya valamennyi szerkezeti elemét igénybe veszik, közvetlen vagy közvetett módon. Ahhoz, hogy a pálya egyes szerkezeti elemei avuljanak, munkavégzésre van szükség. A munkához szükséges energiát a vasúti üzem járművei idézik elő. A közlekedő járművek mozgási energiájának egy része a vágány deformálására, ill. szerkezeti elemeinek rongálására fordítódik. Ez az energiaveszteség pályaellenállásként jelentkezik. Az elhasználódott pálya ezt az ellenállást fokozatosan növeli, így a járművek egyre nagyobb munkát végeznek, és ezáltal a pálya tovább romlik, vagyis egy önmagát gerjesztő körfolyamat alakul ki.

Mivel a pálya romlását a szükségessé vált fenntartási beavatkozások lassítják, ezért a romlási folyamat folytonossága megszakad.

A vasúti pálya romlási elméletének modellezésével mind a hazai, mind a külföldi szakirodalom is foglalkozott [15] [1] [3] [4] [7].

1.3.1. Hazai modell

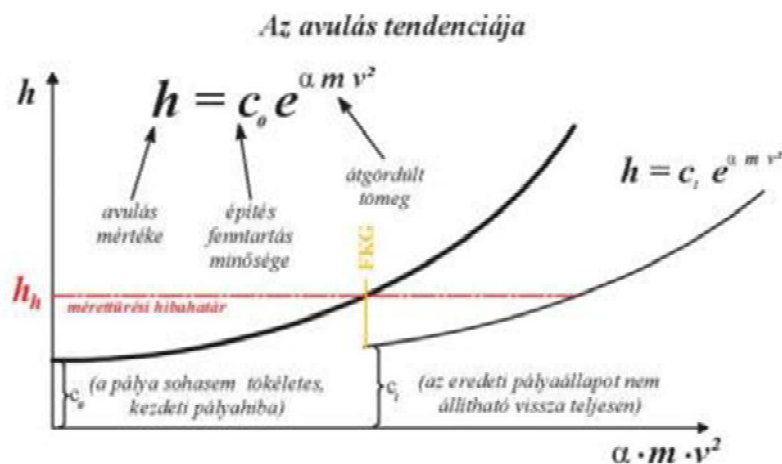
A vasúti pálya elméleti (geometriai) romlási modellje

A hazai kutatások egy a mérnöki gyakorlatnak megfelelő modell kidolgozását tűzték ki célul. A pálya geometriai hibájából származó romlást a:

$$h = ce^{\alpha m v^2}$$

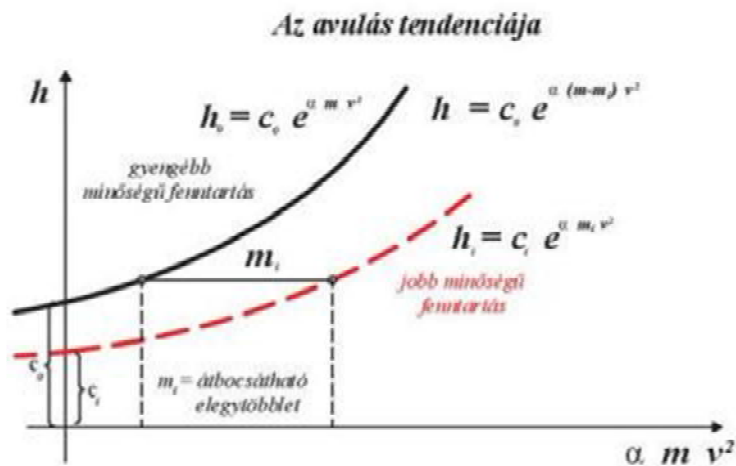
összefüggés fejezi ki a Dr. Vaszary Pál által levezetett egyszerűsített exponenciális modell [3] [7] [5] segítségével (**3. ábra**):

- m - átgördült tömege [t]
- v - a járművek sebessége [km/h]
- h - a pálya romlásának mértéke (a pályahiba nagysága)
- α - a pálya méretezettségére jellemző állandó
- C - az építés, fenntartás minőségére jellemző állandó



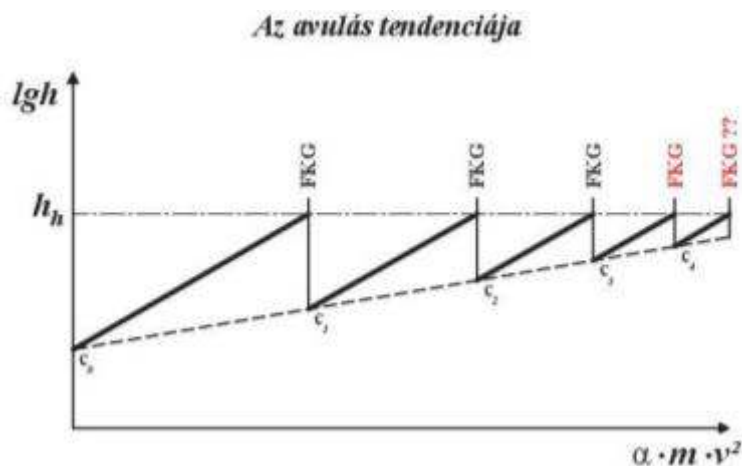
3. ábra: Egyszerűsített exponenciális modell [9]

A **4. ábra** a vágányszabályozási munka hatását szemlélteti a romlási folyamatra. A c_0 érték a kezdeti irány-, és fekszinthibával terhelt felépítmény állapotát jellemzi. A c_1 érték már a sikeres szabályozás utáni pályaállapotot jellemző érték. A görbe m_i értékkel jobbra tolódott, a fenntartottság minőségének változása (c_0 -ból c_1 állapot) nem befolyásolja a romlási folyamat jellegét, de a pályán nagyobb elegendő mennyiség haladhat át, amíg a pálya újra javítást nem igényel.



4. ábra: Vágányszabályozás hatása a romlási folyamatra [9]

Az avulás exponenciális modelljéből következik, hogy az újonnan megépített vasúti pálya nem lehet tökéletes; a kiválóan megépített pálya is hordoz magában olyan hibákat, amik a romlást előidézik (pl.: a **3. ábra** szerinti c_0 kezdeti hiba értéke). Amennyiben szemléltetés céljából a pályaromlást logaritmikus skálán ábrázoljuk, a romlás exponenciális görbéje lineárisává válik (**5. ábra**).



5. ábra: Az avulás tendenciája [9]

A pálya romlásának van egy határállapota (pl.: fenntartási mérethatár), ahol be kell avatkozni, karbantartást kell végezni, ezt tekintjük az optimális beavatkozási szintnek. A beavatkozás után már nem tudjuk az eredeti pályaállapotot visszaállítani, csak annál valamivel rosszabbat (c_1), ez tovább ismétlődik addig a pontig, amikor már nem érdemes a pályát javítani, hanem teljes felépítmény-cserére van szükség.

1.3.2. Külföldi vizsgálatok modelljei

Néhány évtizeddel ezelőtt nagyszámú vágánymérések statisztikai kiértékelésével olyan módszer kidolgozását tűzték ki célul, amellyel: [12] [1] [15]

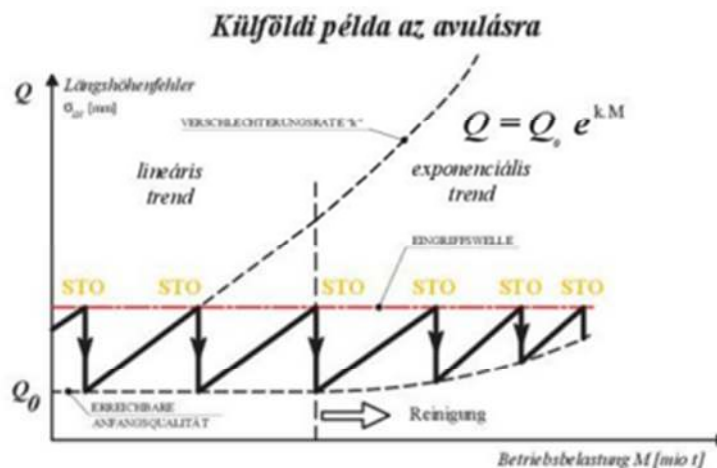
- a vágánygeometria romlása előre becsülhető az előbbieken alapján;
- a vágány elemeinek élettartama kiszámítható;
- a vágány fenntartási és felújítási igénye, módja, és időpontja tervezhető;
- a vágány fenntartás optimális költsége becsülhető legyen.

Az akkori vizsgálatok során azt állapították meg, hogy a vágány geometriai romlása két fenntartási ciklus között körülbelül lineáris az átgördült tömeg függvényében. E módszer hátránya, hogy:

- „elkeni” a hibákat;
- csak az általános vágányjellemzők meghatározására alkalmas.

E vizsgálat során nem sikerült igazolt összefüggést találni az átgördült terhelés, és a pályaavulás között. Ugyanakkor az avulás törvényszerűségeit megállapították.

Később azonban a külföldi pályafenntartásával foglalkozó szakemberek is a magyarországi avulási modellhez igencsak hasonló eredményre jutottak, mint pl. a **6. ábrán** bemutatott avulási folyamat. Az ábra azt mutatja, hogy az első karbantartások során a pálya kezdeti minőségi állapotát teljesen vissza lehet állítani.



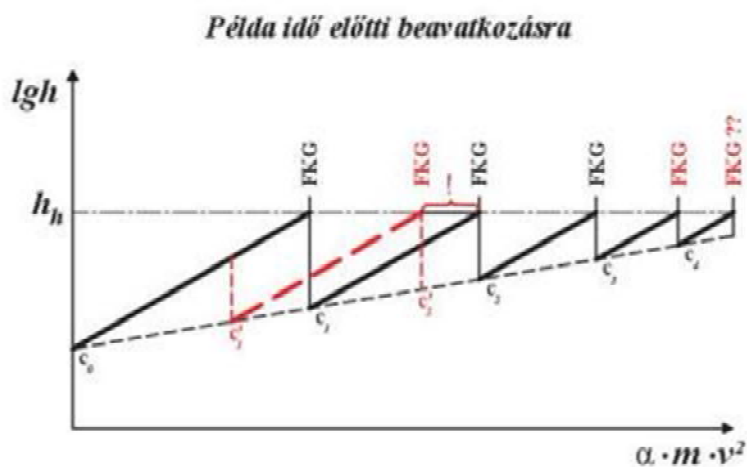
6. ábra: Külföldi modell [15]

Ez ugyan a pálya geometriai állapotára igaz lehet, azonban más állapotjelzők romlási folyamata beindult, ilyenek többek között az ágyazat zúzottkő szemcséinek az aláverések, szabályozások hatására bekövetkező kopása, aprózódása, és az ágyazat fokozatos elszennyeződése, ezért a **6. ábra** az avulási folyamatot nem kellő hitelességgel tükrözi.

1.4. Törvényszerűségek

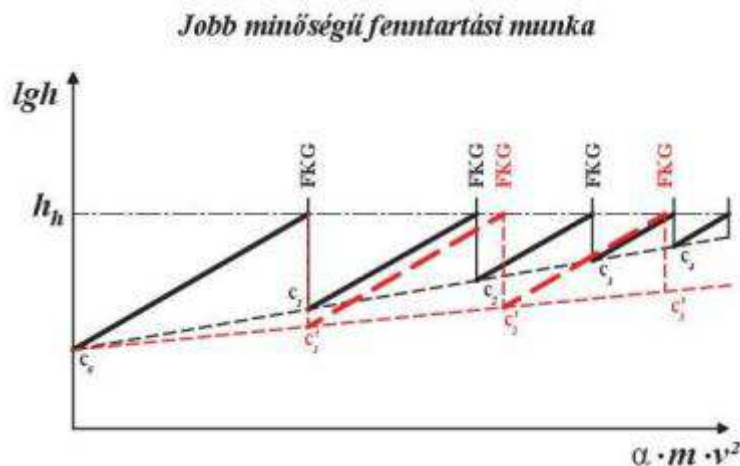
Az avulási tapasztalatok alapján a vasúti pálya romlási folyamatára vonatkozóan az alábbi törvényszerűségeket [1] [3] [7] [8] állapították meg:

- A pálya állapota két fenntartási ciklus között valamilyen összefüggésben van az átgördült elegytonnával.
- A pályahibák feltárása és megszüntetése minél inkább időben történik, annál eredményesebb a fenntartási tevékenység. A nem megfelelő időben történő beavatkozás inkább ront, mint javít a pálya állapotán (7. ábra).



7. ábra: Példa az idő előtti beavatkozás káros hatására [9]

- Nagyobb igénybevétel és/vagy gyengébb felépítmény esetén gyorsabb az elhasználódás. Tehát a romlás intenzitása csökkenthető erősebb felépítmény szerkezet alkalmazásával.
- Jobb minőségű fenntartási munka későbbi beavatkozást eredményez, csökkenti az avulás tendenciáját és folyamatosabb üzemet biztosít (8. ábra).



8. ábra: Jobb fenntartási munka lassítja az avulási folyamatot [9]

- Először a méretváltozások, később a minőségi változások jellemzőek, vagyis pl. az avulás során a rendszeresen végzett vágánygeometriai mérések az egyes geometriai hibák növekedését mutatják mindaddig, amíg a hibák változása valamilyen beavatkozást nem igényel. Amennyiben beavatkozásra van szükség, akkor ez már minőségi változást tükröz, amely a szolgáltatás színvonalának csökkentését vagy csökkenését eredményezi.

1.5. A vasúti pálya avulását befolyásoló tényezők

Hevederes és hézagnélküli felépítmény esetében megvannak a vonatkozó előírások az építési és fenntartási tevékenységekre, ill. mérettűrésekre. A két vágányrendszer eltérő jellegzetességekkel bír, így a jellemző avulási jelenségeik is nagyban különböznek.

A BKV vonalhálózaton mindkét vágányrendszer előfordul, de alapvető törekvés a hézagnélküli felépítmény iránt. A hevederes vágányok általában a korábbi idők hagyatékai, és kiváltásuk a rendelkezésre álló anyagi keretek függvényében folyamatosan zajlik.

Hevederes (klasszikus felépítmény) [3] [1] [7]

a) Rövidsínes vágányrendszer

Ha a hevederes vágányt az előírásoknak megfelelően építik meg, és a fenntartás is szabályszerű, akkor a vágányban nem alakulhatnak ki olyan dilatációs feszültségek, amelyek a sínillesztések záródása folytán deformációkat okozhatnának a vágányban.

A hevederes illesztésű pálya legfőbb jellemzői:

- a sínvégek illesztése hevederrel történik;
- csak mozdulatlan keresztmetszete alakulhat ki;
- nem alakulnak ki olyan dilatációs mozgások, hogy a sínillesztések teljesen záródjanak; vagy teljesen kinyíljanak a megengedett értéknél nagyobb értékre.

Amennyiben a vágányt érő hosszirányú erőhatások eredője nagyobb, mint az elmozdulást akadályozó pályaellenállás, akkor a sínvándorlás bekövetkezik. A sínvándorlásos szakasznak a mozgás iránya szerinti első részében – a nyomott részben – az illesztési hézagok záródhatnak, húzott részben teljesen szétnyílhatnak. Egyirányú közlekedés esetén mindkét sínszál menetirányba tolódik el, míg kétirányú közlekedés esetén a sínvándorlás is kétirányú, így előfordul, hogy a két sínszál ellenkező irányba mozdul el. Sínvándorlás okozta pályahibák a teljesség igénye nélkül [3]:

- a sínvándorlásos szakasz húzott részén, a nagy illesztési hézagok miatt a sínvég lehajlik, elverődik;

- a sínvándorlásos szakasz nyomott részén irányhibák keletkeznek;
- ellenkező irányú sínvándorlás miatt az aljak elferdülnek, nyomszűkülés, irányhiba keletkezik;
- az elferdült keresztaljaknál a nyomszűkítés miatt fellépő feszítő hatás a leerősítések lazulását, továbbá a síncsavar-furatok tágulását okozza.

A sínvándorlás megszüntetése, továbbá a hézagszabályozás (fektetési hézagtáblázat alapján) fontos feladata a hevederes felépítmények fenntartásának. Néhány példa sínvándorlás gátló szerkezetekre:

- Oetl-féle sínvándorlás gátló kengyel;
- csavaros sínvándorlás gátló szerkezet (pl. GEO lemez és leerősítés);
- rugalmas sínvándorlás gátló szerkezet;

b) Hosszúsínes vágányrendszer

Hosszúsínes vágányt manapság már alig építenek, ezért csak elvétve fordul elő. Így csak fogalmi meghatározás szintjén foglalkozom vele. Jellemzői:

- csak mozdulatlan keresztmetszet alakulhat ki a behatárolt sínhosszak miatt;
- a szélső hőmérsékleti tartomány elérése előtt megtörténik az illesztések záródása, a hézagok teljes nyitása.

Hézagnélküli felépítmény [3] [1] [7]

Különböző előírások vonatkoznak az egyenes, és az íves pályarészekre, valamint a lélegző és mozdulatlan szakaszokra. Az előírások be nem tartása szélsőséges hőmérsékleti tartományban a vágány kivetődéséhez, vagy sínszakadásához vezethet.

A hézagnélküli felépítmény jellemzői:

- a sínszálak hegesztve vannak, nincsenek illesztési lépcsők, amelynek köszönhetően az utazás komfortosabb, mivel a járművek ütőmunkája nem jelentkezik többlet-igénybevételként;
- a fektetésük, lekötésük lényegében bármilyen hőmérsékleten megtörténhet, csak a záró hegesztéseket kell „feszültségmentes” állapotban semleges hőmérsékleti tartományban végezni. Üzemi, fenntartási tevékenység során a vágány semleges hőmérséklete megváltozhat;

- a hézagnélküli vágány sínszálában hőmérsékletváltozás hatására húzó- vagy nyomó feszültség keletkezik;
- fenntartási munkát végezni csak feszültségmentes közeli állapotban, azaz semleges hőmérsékleten, vagy attól csak ideiglenes jelleggel és csak az időszaknak megfelelő átlagos sínhőmérséklet felé lehet eltérni;
- a dilatációs erő nagysága a mozdulatlan szakaszon független a vágány, sín hosszától.

A sín semleges hőmérsékletét az idők folyamán többször emelték, mert a tapasztalatok szerint azonos hőmérsékleti intervallumok mellett gyakoribb, és következményeiben veszélyesebb a nyári vágánykivetődés, mint a téli sínszakadás [1]. Ma a semleges hőmérséklet névleges értéke: 23 ± 5 °C. A pálya semleges hőmérséklete megváltozik:

- Ha egy ívben szabályozást végzünk és visszaállítjuk az eredeti állapotát, anélkül hogy kilélegeztetnénk, akkor nyomóerőt viszünk a pályába, ami miatt a sínfeszültség megnő, ezáltal a vágány semleges hőmérséklete csökken, amely nyáron kivetődési veszélyt okozhat.
- Előfordulhat olyan eset is, hogy húzóerőt viszünk a pályába a tervezett állapot visszaállításához, ez esetben a pálya semleges hőmérséklete növekedni fog, amely téli időszakban jelenthet nagyobb sántörés veszélyt.

Ahhoz, hogy a hézagnélküli vágány kivetődési biztonsága kielégítő legyen, az alábbiakat kell biztosítani:

- szorító hatású, nagy keretmerekvességgel rendelkező leerősítések alkalmazását;
- zúzottkő ágyazat oldalirányú és hosszirányú ellenállásának megfelelőségét;
- vízelvezető rendszer megfelelő karbantartását, a jó alépítmény állapotot;
- a vágány semleges hőmérsékletét.

Az építés és fenntartás munkái során szigorúan be kell tartani az erre vonatkozó előírásokat.

Az előírások be nem tartása súlyos következménnyel járhat. Ha a vágányfektetés semleges hőmérsékleten „feszültségmentes állapotban” történik, akkor szélső hőmérsékleteken a vágányban (-30 °C, $+60$ °C) keletkező hő-feszültségek a fekvésbiztonságot nem veszélyeztetik. A hézagnélküli pályák fokozott felügyeletére a hazai előírások szerint akkor kerül sor, ha az átlagos sínhőmérséklet $+40$ °C-nál nagyobb, és -10 °C-nál kisebb, ilyenkor gyakoribb vonal-bejárást írnak elő (nyáron délben, télen kora reggel hajtják végre).

2. Közúti vasúti felépítményrendszerek bemutatása

A közúti vasút története során különféle felépítmény szerkezetek fejlődtek ki. Általánosságban 3 fő felépítménycsoportot különböztetünk meg a sínszálak ágyazása szerint: [13]

- rugalmas pályaszerkezeti rendszer;
- félmerev pályaszerkezeti rendszer;
- merev pályaszerkezeti rendszer.

A régi típusú felépítményeket az idők folyamán újak váltották fel. A sínleerősítések és a különféle ágyazó rendszerek fejlődésével (műanyagok, műgyanták, gumielemekek, szorítórugók elterjedésével) rugalmas sínágyazó rendszerek fejlődtek ki, amelyek a mai kor követelményeinek eleget téve csökkentik a villamosforgalom keltette zaj és rezgéshatásokat. Ugyanakkor a merev pályaszerkezetek folyamatosan háttérbe szorulnak [2].

Közúti vasutak többszintű rendszerezése [16]:

A közúti vasutak pályaszerkezeti rendszerezése (elsődleges) a sínszálak alátámasztási módja szerint lehet:

- alj nélküli vágányok;
- aljakkal alátámasztott felépítmény;
- lemezekkel alátámasztott felépítmény;
- pályalemezzel kialakított pályaszerkezet.

Másodlagos rendszerezés:

- sínrendszerek;
- sínleerősítési rendszerek;
- pályaszerkezet burkolóanyaga;
- a vágányszerkezet ágyazó anyaga;
- a vízelvezetés módja;
- az alépítmény típusa alapján.

Egy további rendszerezési lehetősége a közúti vasúti pályaszerkezeteknek felépítményi zártsága szerinti csoportosítás. E szerint beszélhetünk nyitott és burkolt szerkezetű vágányokról.

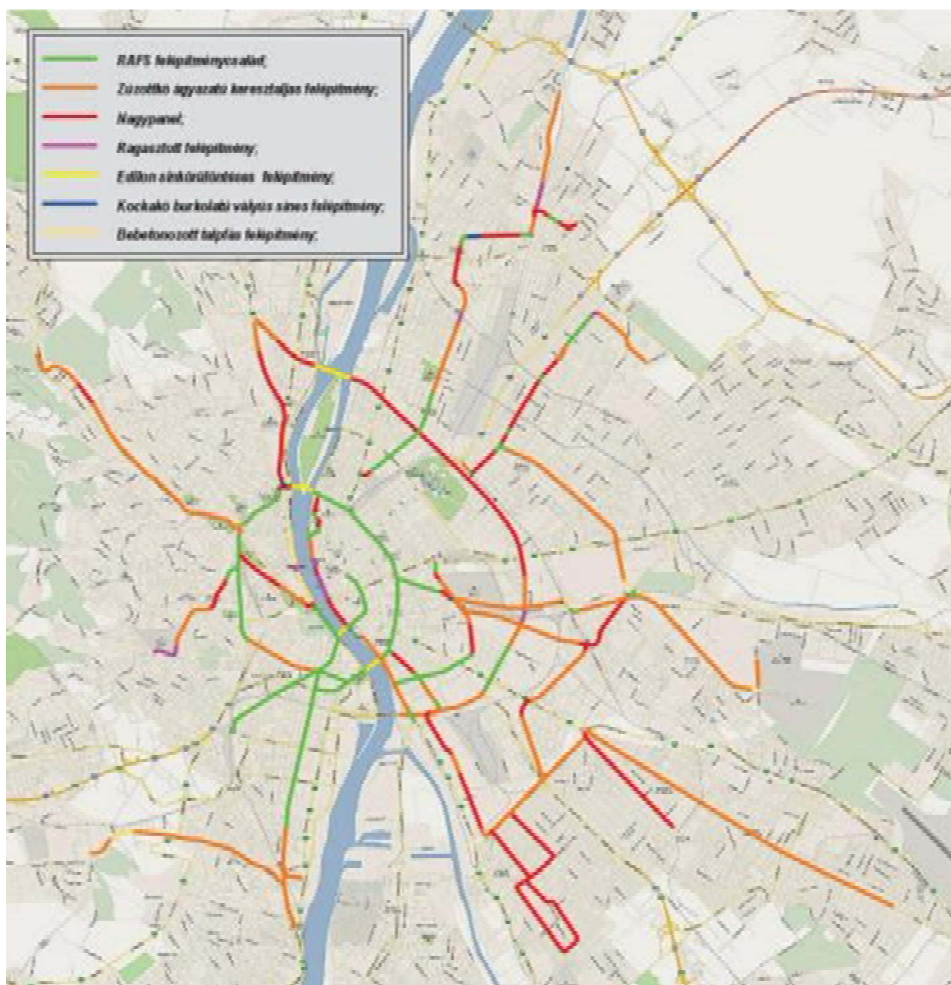
Nyitott vágányszerkezetű felépítmények:

- zúzottkő ágyazatú keresztaljas felépítmény;
- beton ágyazású talpfás felépítmény;
- betonlemezre ragasztott felépítmény.

Burkolt vágányszerkezetű felépítmények:

- RAFS felépítménycsalád különféle sínágyazási rendszerekkel és pályaburkolatokkal: (aszfalt, bazaltbeton burkolat, díszkövek);
- bebetonozott talpfás felépítmény;
- Nagypaneles, tömörsínes, szorítógumis sínleerősítésű felépítmény;
- Vályús sínes, hagyományos zúzottkőgerendás vágány

Budapest villamoshálózatát a **9. ábra** szemlélteti.



9. ábra: Budapest villamoshálózaton alkalmazott felépítmények

Zúzottkő ágyazatú keresztaljas felépítmény

Szerkezeti kialakítás, megnevezések

Közúti vasúton alkalmazott aljtípusok:

B E T O N A L J

- "LX" hullámos fabetétes vb. alj
- "LM" hullámos műanyagbetétes vb. alj

Az 1:20-as síndőlést az aljak biztosítják, kétlyukú vízszintes geobordás alaplemez használtnak

Alkalmazott leerősítés típusok betonáljon:

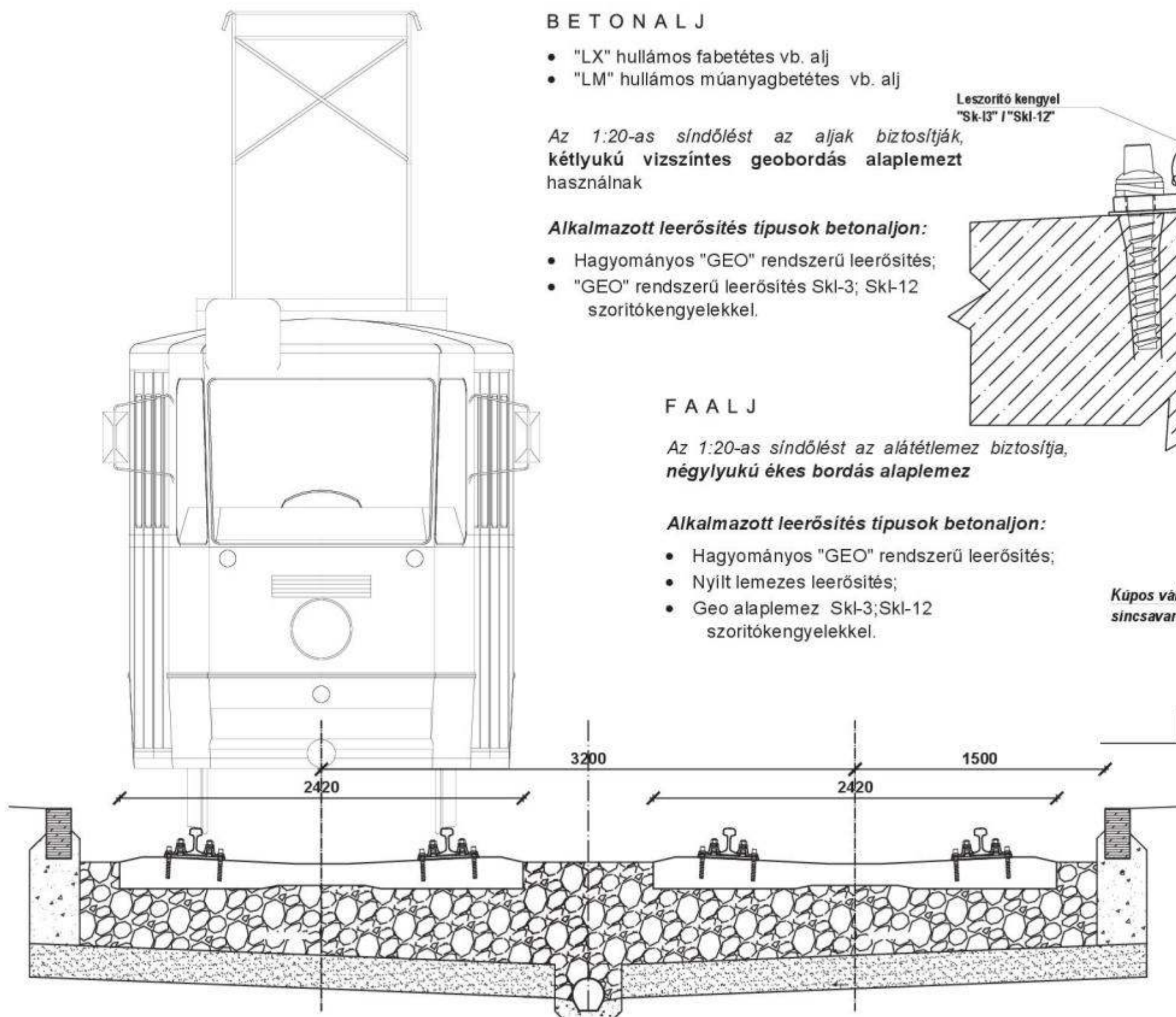
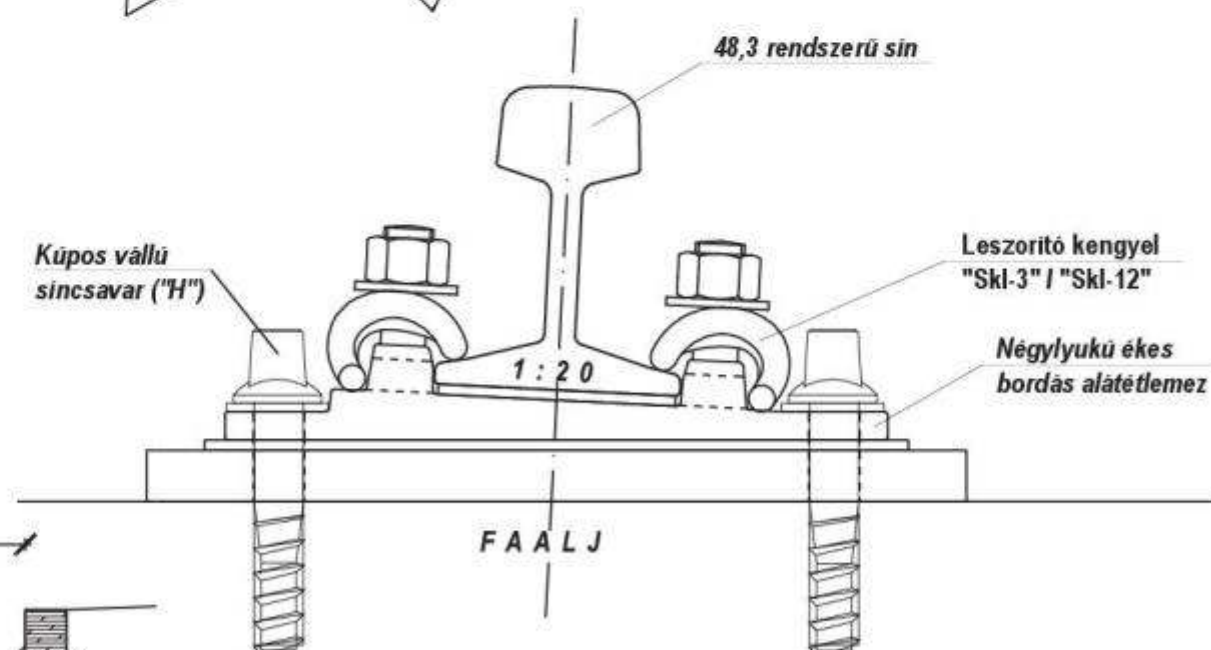
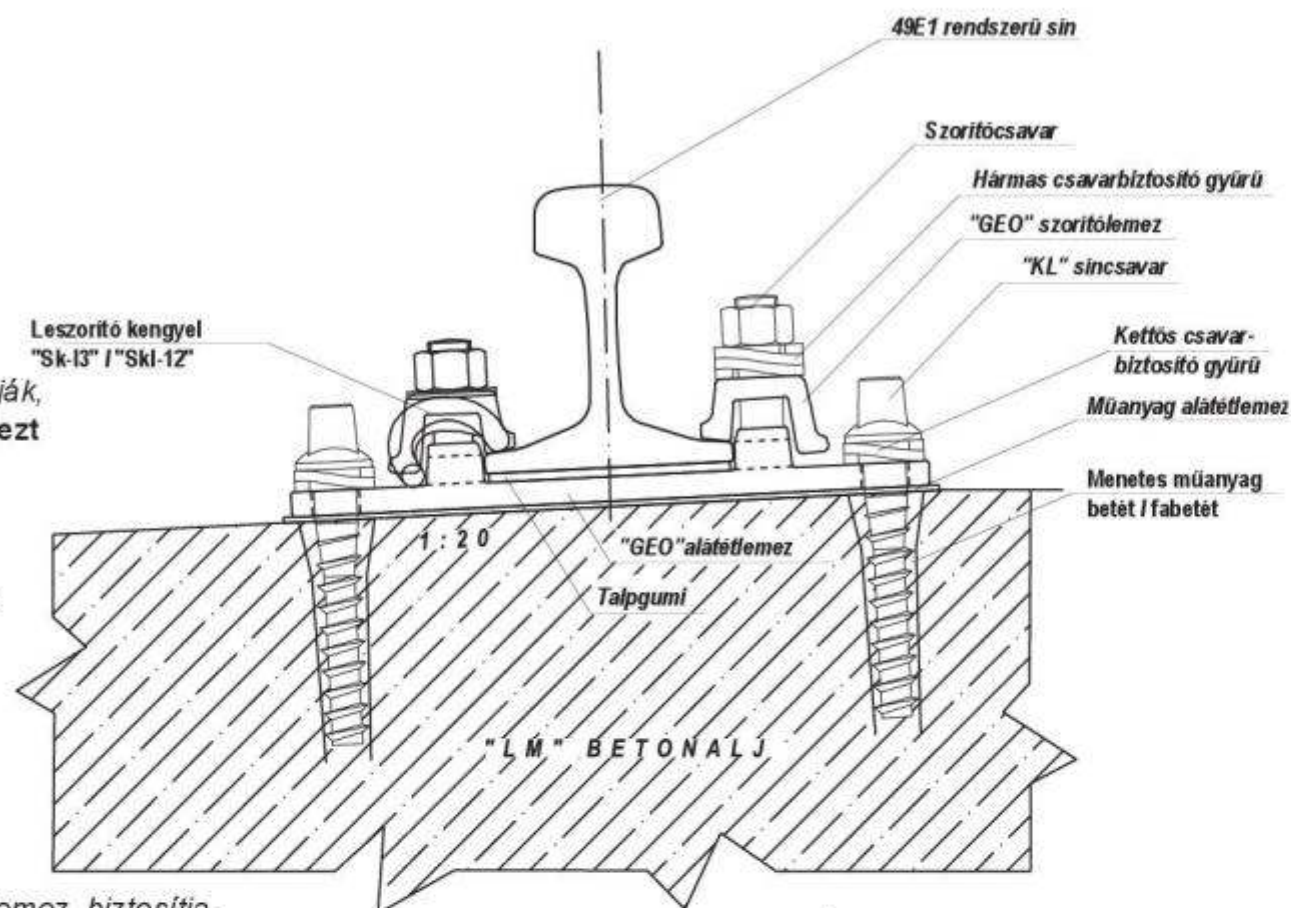
- Hagyományos "GEO" rendszerű leerősítés;
- "GEO" rendszerű leerősítés Skl-3; Skl-12 szorítókengyelekkel.

F A A L J

Az 1:20-as síndőlést az alátétlemez biztosítja, négylyukú ékes bordás alaplemez

Alkalmazott leerősítés típusok betonáljon:

- Hagyományos "GEO" rendszerű leerősítés;
- Nyílt lemezes leerősítés;
- Geo alaplemez Skl-3; Skl-12 szorítókengyelekkel.



2.1. Nyitott pályaszerkezetű felépítmények

2.1.1. Zúzottkő ágyazatú keresztaljas felépítmény

Ez a nagyvasúti hagyományos keresztaljas pályaszerkezet nagy múltra tekint vissza, s a nagyvasúti üzemi körülményekre megvannak az egyes mérettűrései. A közúti vasutaknál a kisebb tengelyterhelés, sebességek miatt, kisebb sínrendszer, ill. könnyebb aljak is elegendők a közúti vasúti üzem biztonságos lebonyolításához. Bemutatom azokat a felépítmény szerkezeteket, amelyeket a nagyvasúttól vett át a közúti vasúti üzem.

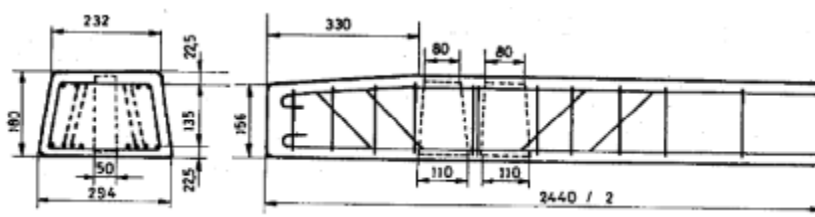
Felépítményi jellemzők

- **Hagyományos keresztaljas felépítménynél alkalmazott sínrendszerek**

Budapest villamoshálózatán jelenleg is megtalálhatók a 34,5-rendszerű sínek, bár ezek folyamatos lecserélés alatt vannak 49E1-rendszerűekre. Pl.: 34,5-rendszerű sínek találhatók a 3-as villamos Terebesi utcai megállót követő ívében az Örs vezér tere felé, illetve a 41-es villamos vonalán. Ezen felül M48-as, 54 E1-es sínrendszert is alkalmaznak.

- **Közúti vasutaknál alkalmazott lágyvas betétes és előfeszített vasbetonaljak [11]**

„B” jelű betonalj: 1941-től szabványosított MÁV lágyvas betétes betonalja



10. ábra: „U” jelű vasbeton alj

„U” jelű lágyvas betétes betonalj:

Dr. Nemesdy József tervezte 1957-ben („B” jelű továbbfejlesztése). A csonka gúla alakú fabetétekkel szerelt betonalj csak síncsavaros leerősítésre alkalmas. A nagyvasútnál állomási mellékvágányokban, ipar-vágányokban használták, továbbá olyan mellékvonalakon, ahol a sebesség 100 km/h-nál kisebb volt. A lágyvas betétes aljak teherbírása töredéke az előfeszített vasbeton aljakénak, így manapság már nem alkalmazzák őket, de a BKV vonalhálózatán, a 41-es villamos vonalán még lehet találni párat belőlük (1. fénykép).

„E” jelű „előfeszített” betonalj: ez az első hazai tervezésű előfeszített vb alj. Az „U” továbbfejlesztett változata (23 t teherbírású)



2. Fénykép: A 41-es villamos vonalán építés alatti „LM” jelű vasbeton aljas felépítmény

Közúti vasúton alkalmazott talpfák

A közúti vasutaknál használt talpfák geometriai kialakításukban, méreteikben, továbbá a technológiai utasításaik vonatkozásában megegyeznek a nagyvasúton alkalmazottakkal. Elsősorban bebetonozott vályús sínes vágányoknál, ill. kitérők lekötéseinél alkalmazzák.

- **Közúti vasutaknál keresztaljas felépítménynél alkalmazott leerősítések**
 - „GEO” rendszerű leerősítés hármass csavarbiztosító gyűrűvel és szorító lemezzel;
 - „GEO” alaplemezre szerelt Skl-3 és Skl-12 szorítókeggyellel;
 - Nyílt lemezes leerősítés;
 - Pandrol Fastclip FE 1400 leerősítés (kísérleti próbaszakasz 94 m hosszon az 51-es villamos Haller utcai megállója után a Vágóhíd utca felé).

- **További alkalmazott felépítményi elemek**

Nyomtávtartó rudaknak két típusát alkalmazzák: állítható lapos-, és köracél nyomtávtartó rúd

2.1.2. Beton ágyazású talpfás felépítmény

Felépítményi jellemzők:

- *Alkalmazott sínrendszer:* Vignol, ill. vályús rendszerű sínek
- *Leerősítés, leszorítást biztosító szerkezet:* hagyományos „GEO” rendszerű közvetett leerősítéssel, továbbá Skl-szorítókeggyelekkkel is szerelik
- *Alátámasztás típusa:* talpfán

A BKV gyakorlatában régebben főként ívekben használták ezt a felépítmény típust, de nagy részüket már kiváltották, átalakították betonlemezre ragasztott felépítményre, mivel a beton ágyazású talpfának nagy hátránya a talpfa nehézkes javíthatósága, cseréje. Kitérőkben használatuk előnyös, hiszen a burkolt felületek miatt a víz kevésbé tud bejutni.

Beépítési helyszínek:

- 41-es villamos Kamaraerdei Ifjúsági Park végállomás előtti ív szélső vágánya;
- 3-as villamos Terebesi utcai megállóhely utáni ív, az Örs vezér tér felé.

2.1.2. Betonlemezre ragasztott felépítmény

Vignol vagy vályús sínes, betonalapzatú, ragasztott csavarlekötésű műgyanta aláöntéses szorító-rugós sínleerősítésű vágány.

Felépítményi jellemzők:

- *Alkalmazott sínrendszer:* Vignol 48,5- és 54-es, valamint Phönix rendszerű sínek;
- *Leerősítés, leszorítást biztosító szerkezet:* rugalmas kiöntőanyagon fekvő közvetett rendszerű rugalmas leerősítéssel;
- *Alátámasztás típusa:* vasbeton pályalemez.

Típusai:

- a) A hagyományos ICOSIT-os (KC 220) kiöntőanyagú szabványos GEO rendszerű leerősítéssel, vagy Skl típusú szorítókengyellel szerelt felépítmény. Ez a budapesti metró 3. számú vonalának leerősítése is.



3. Fénykép: A Budapesti 14-es villamos Pozsonyi utcai felüljáró ragasztott felépítménye

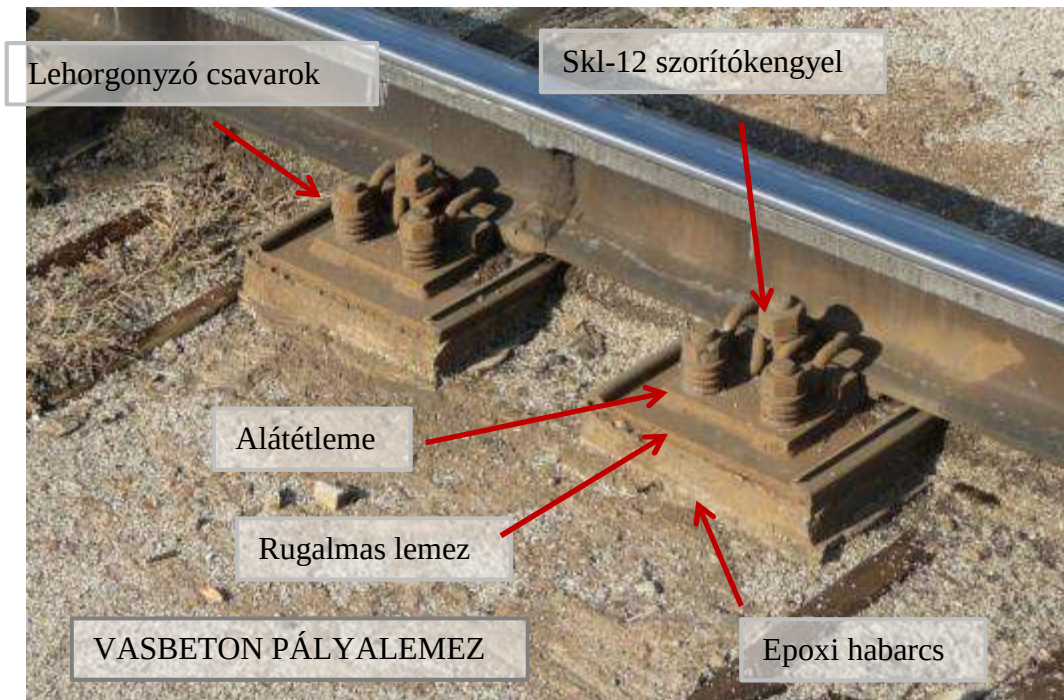
Beépítési helyszínek:

- 14-es villamos Rákospalota-újpest vasútállomás és Óceán árok utcai megállók közötti szakasza, amit a 3-as metró meghosszabbítása céljából 54-es sínrendszerrel építettek meg.
- 2-es villamos Lánchíd-i aluljárójában.

b) ORTEC Easylast sínágyazási rendszerű ragasztott felépítmény:

Beépítési helyszínek:

- 1-es villamos vonalán a Salgótarján-Kőbányai út között;
- 59-es villamos vonalán Farkasréti végállomás előtti szakaszon;
- A budapesti 2-es villamos Lánchíd és Erzsébet híd közötti szakasza, továbbá a Fővám téren az aluljáróban;
- A budapesti 69-es villamos Sárfű utcai megállót követő ívben a Mexikói út felé;
- 14-es villamos vonalán az Angyalföldi kocsiszínnél a vasúti felüljáró alatti szakaszon skl-3 szorítókeggyellel;



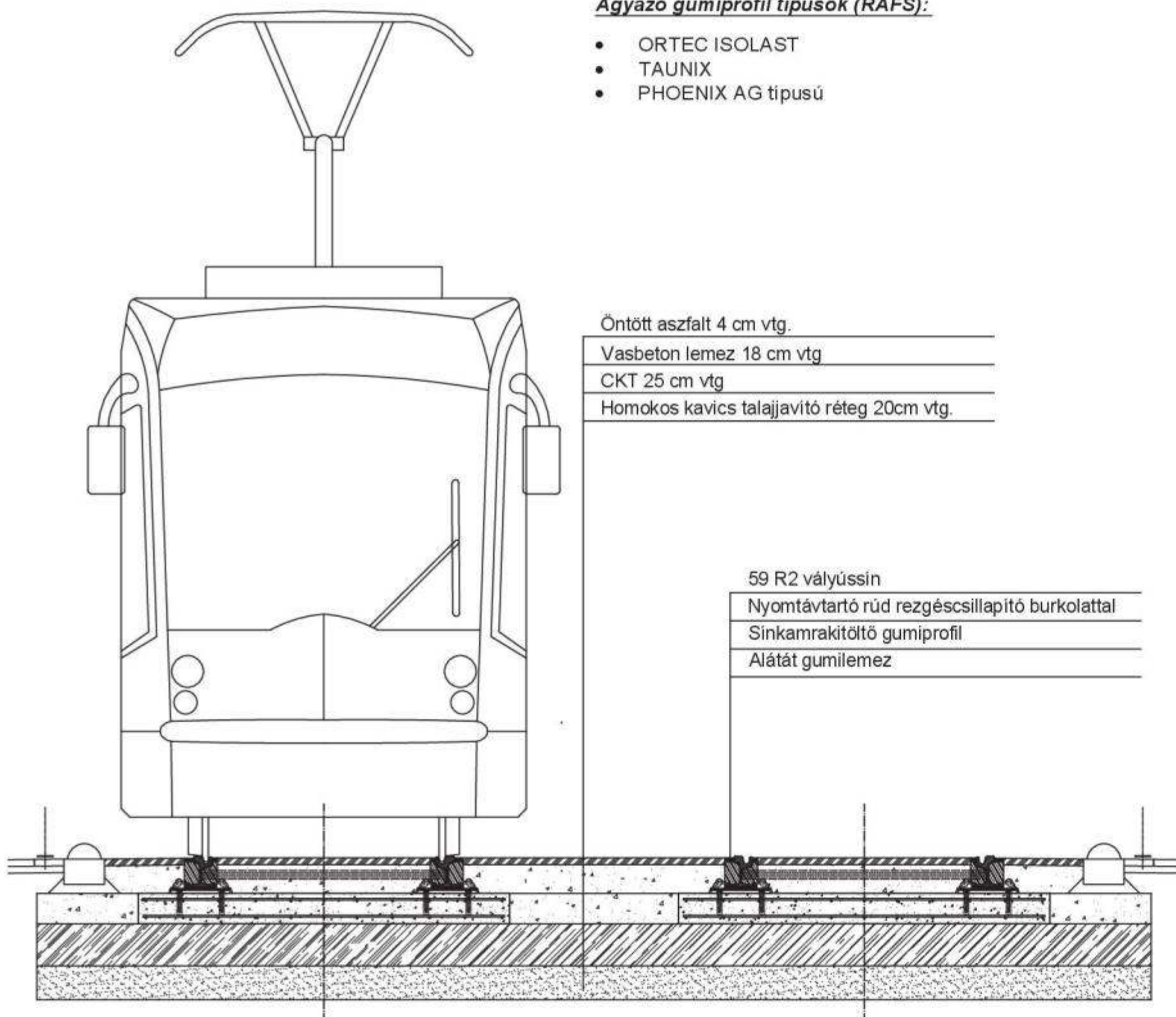
4. Fénykép: Easylast sínágyazó rendszer

RAFS (felépítménycsalád)

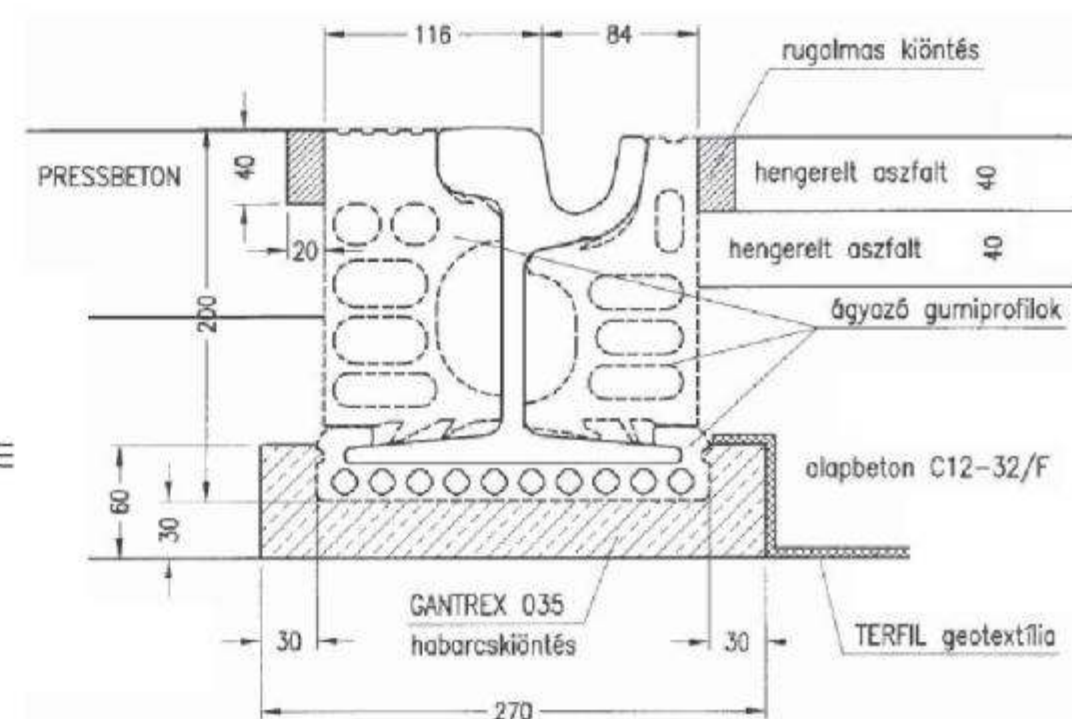
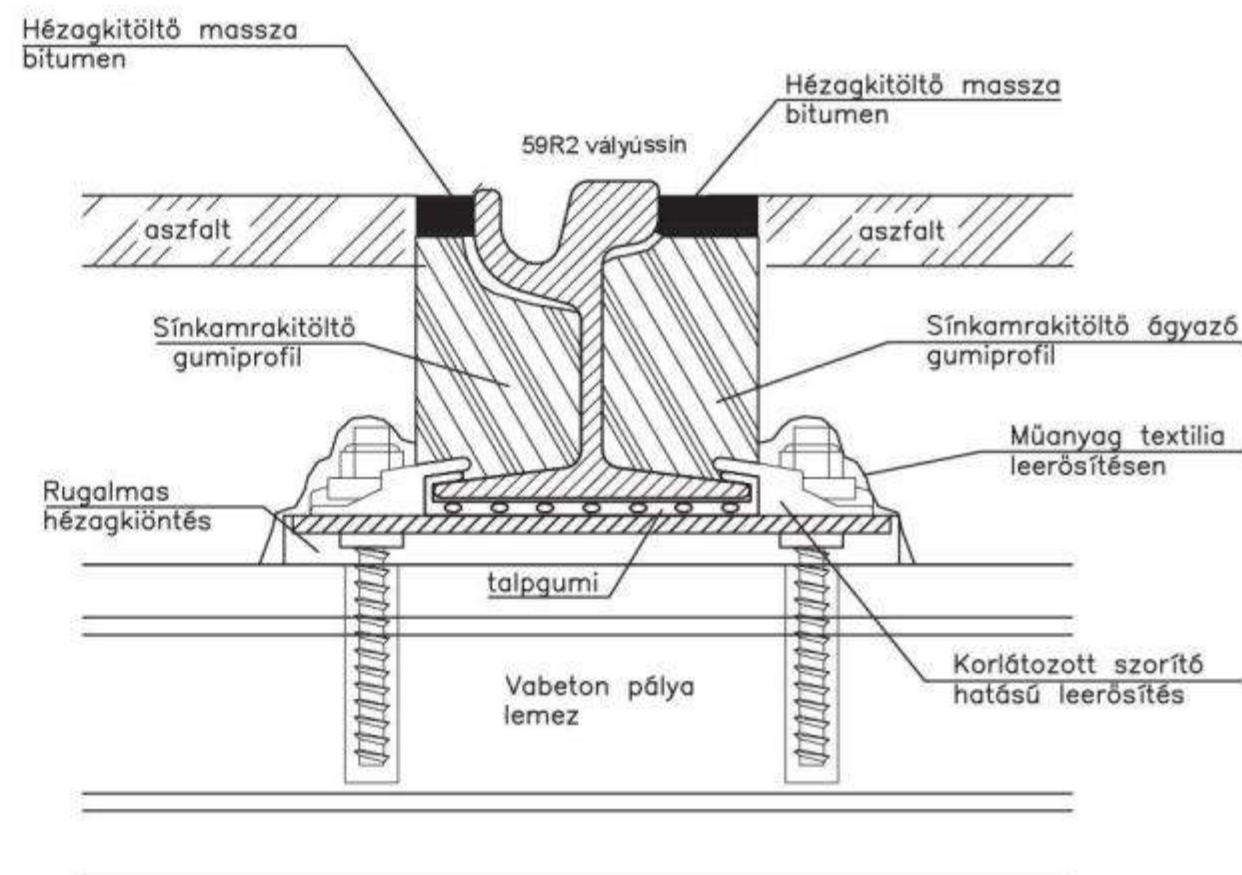
Szerkezeti kialakítás, megnevezések

Ágyazó gumiprofil típusok (RAFS):

- ORTEC ISOLAST
- TAUNIX
- PHOENIX AG típusú



Korlátozott szorítóhatású leerősítés részletrajz:



2.2. Burkolt pályaszerkezetű felépítmények

2.2.1. RAFS felépítmény család

A RAFS egy mozaikszó *Rugalmas Alátámasztású Folyamatos Sínágyazású* leerősítési rendszert jelent. Ezen felépítménycsalád tagjai:

- RAFS Phoenix AG típusú rugalmas sínágyazó rendszer;
 - RAFS ORTEC-Isolast sínágyazó rendszer;
 - RAFS Taunix sínágyazó rendszer;
 - EDILON-corkelast sínkörülöntéses folyamatos ágyazású síncsatornás felépítmény;
 - RAFS felépítmény CDM sínágyazási rendszer.
- ***RAFS Phoenix AG, Isolast, és Taunix típusú rugalmas sínágyazó rendszerek jellemzői és építésük bemutatása***

A Magyarországon először alkalmazott RAFS felépítmény bemutatásával fogom kezdeni. Eleinte a Nagykörúton Phoenix AG sínágyazású rendszert alkalmazták (továbbiakban „AG”), de a szerkezet hiányosságai miatt, 2009-től ORTEC-Isolast sínágyazó rendszer használatára tértek át. Az „AG” jelűvel az alapvető probléma az volt, hogy az oldalgumi nem biztosított megfelelő vízzáróságot, és így a víz bejutott a síngerinchez, a nyomtávtartó rudakhoz, és ott korróziót indított el. Továbbá az akár 10 m-es oldal gumiprofil karbantartása is nehézkes volt.

A 2000-es évektől kezdődően az újonnan átépített RAFS vágányokat szűkített nyomtávolsággal (1432 mm) és 42 mm-es nyomvályúval építettek meg (59-es villamos Krisztina körút, ill. a 4-6-os villamos felújításoknál), a „sárga könyv” [11] előírása szerint, de a tapasztalatok azt mutatják, hogy ez csak elősegítette a pálya romlási folyamatát. A felépítménytípus szerkezeti rajzát és az egyes részek megnevezését az előző oldali ábra tartalmazza: Egy további típusát jelenti az „AG” jelűnek a burkolópaneles RAFS vágány, amely a Fehérvári úton került beépítésre a 41-es villamos vonalán. Előnye hogy az előre gyártott panelek könnyen kiemelhetők, így a vágányhoz könnyen hozzá lehet férni.

A három rendszer csak az ágyazó gumiprofilok kialakításában tér el egymástól, így építésük kisebb technológiai különbségektől eltekintve közel azonosan történik. 2010 nyarán a Normálnyomtáv Kft-nél töltöttem technikus gyakorlatomat, amelynek keretében részt vettem a Nagy Körút felújításán. Az átépítés 3 helyszínen zajlott, a Mester utcánál, a Goldmann György téren és a Karinthy Frigyes úton. Az ott szerzett tapasztalatok alapján foglalom össze a RAFS felépítmény építését.

RAFS Ortec Isolast sínágyazó rendszerű vágány felújítása / építése

Az építés / bontás megkezdése előtti tevékenységek:

- Munka megszervezése, az egyes feladatok ütemezése, erőforrások beosztása, szükséges anyagmennyiségek beszerzése;
- Az építéshez, bontáshoz, ill. a munkaterület elfoglalásához szükséges engedélyek, hozzájárulások beszerzése;
- A munkaterület elhatárolása, a forgalom minél kisebb mértékben történő zavarása.

A bontási munkálatok, ill. a bontott anyag elszállítása után megkezdődhet az átépítés folyamata. Az első lépés az erőforrások (ember, gép, anyag) helyszínre szállítása. Teljesen új építésnél az első lépés, az alépítmény korona megfelelő kialakítása, továbbá a vasbeton pályalemez pontos és precíz elkészítése, amelynek megfelelő szerkezeti kialakítása rendkívül fontos. A pályalemez elkészítése után megtörténik a sínek helyszínre szállítása, majd a pályatengelybe való lehúzása.

Sínek méretre vágása, hegesztése és utókezelése.

Nyomtávtartó rudak helyének kifúrása a síngerincen:

A sínfúrás kétemberes munka, mely során ketten fogják a sínfúrót, és rögzítik a sínre.

Nyomtávtartó rudak felhelyezése:

A csavarok végleges meghúzására, csak azután kerül sor, miután vízszintes és magassági értelemben is irányba állították a vágányt.

„Biztonsági aláverés”:

Ez nem jelent mást, minthogy ideiglenesen elhelyezik ékeken a vágányokat, még csak közelítőleg, mind vízszintes mind pedig magassági értelemben, hogy majd a végleges beirányozás után aláöntsék Gantrexel, ami biztosítja a pályalemez és a sín talpának kapcsolatát.

A külső sínszálat ideiglenesen rögzítik csavarok leütésével, amelyhez faékkal támasztják ki a sínszálat.

Talpgumi felhelyezése a sítalpra:

A talpgumit a sínszál megemelése mellett helyezik fel a sítalpra.

Leerősítések elhelyezése:

A sínen már előre bejelölik a leerősítések helyeit. A betonlapon jelölő fúrásokat végeznek, s miután vízszintes és magassági értelemben is beállították a vágányt, utána elhelyezik az alátétlemezeket és behatják a csavarokat.

A sín folyamatos alátámasztásának zsaluzása:

A zsaluzáshoz az a jó, ha minél több segédmunkás áll rendelkezésre. A zsalu anyaga a helyszíni adottságoktól, és a technológiától függően sok minden lehet. (pl.: fa vas, hungarocell)

Síntalpgumi és a vb. pályalemez közötti magassági hézagkiöntés:

Ennél a folyamatnál is jelentős számú segédmunkásra van szükség, akik a kikevert anyagot vödörökben a sín alá öntik. Emellett szükséges még egy víztartály, egy keverőgép és egy aggregátor.

Ortec Isolast ágyazó gumiprofil felhelyezés:

Az Ortec Isolast a síneknek folyamatos rugalmasságot biztosít és csillapítja a járművek által keltett rezgést. Elhelyezéséhez két ember szükséges, egyik, aki a ragasztót keni az Ortec gumira, a másik pedig, aki a sínhez rögzíti a profilt.

Betonozás:

A betont keverőtelepen állítják elő, és mixer kocsival szállítják ki a helyszínre. A betonozás előtt a felületet nedvesíteni, kellősíteni kell. A zsaluk elhelyezése után indulhat a betonozás. A betont csúszdán juttatják ki a beépítés pontos helyére. A csúszdán elzáró szerkezet található, mellyel a beton folyása szükség esetén megállítható. A terítést célszerű lapáttal és gereblyével segíteni. A betont tű vibrátorral kell tömöríteni. A beton felületét sablonnal kell lehúzni, s utána a kisebb egyenetlenségeket simító lapáttal elsimítani. A sablonnal való lehúzásnál ügyelni kell arra, hogy a sablon előtt mindig megfelelő mennyiségű beton legyen.

Pálya burkolatának elkészítése:

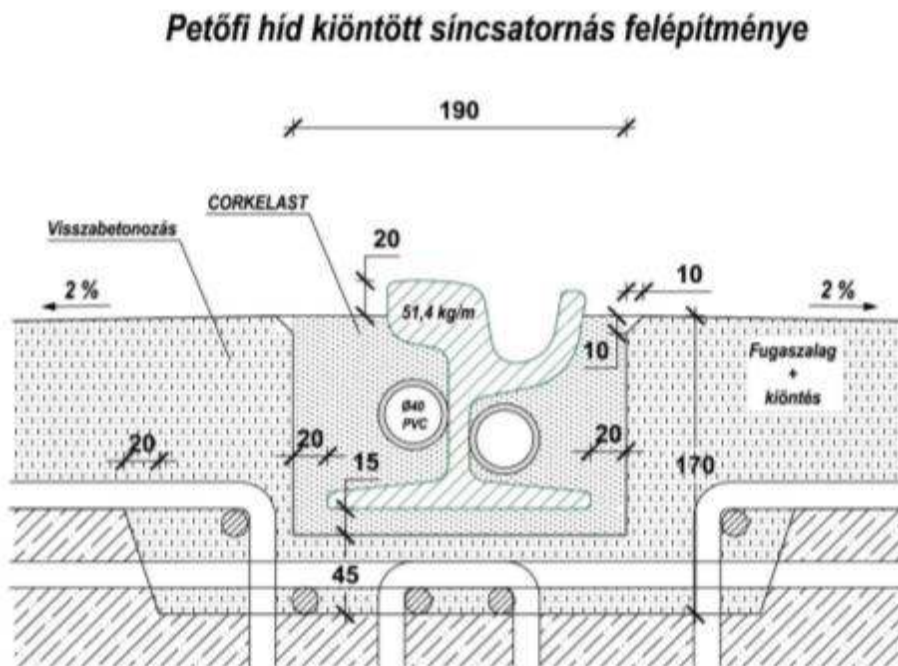
A befejező művelet a pálya burkolatának elkészítése. Ez a burkolat lehet öntött aszfalt, Press- beton, vagy útátjárókban, ill. a közúti forgalom által jelentősen igénybevett szakaszokon bazaltbeton burkolat is, a nagyobb teherbírás érdekében. A pályaburkolat és az aszfalt pályarétegek megfelelő csatlakozása végett masztiflex gumiszalag került beépítésre.

- ***EDILON-corkelast sínkörülöntéses folyamatos ágyazású síncsatornás felépítmény*** [2]

Magyarországon először a Petőfi híd 1996 évi felújításánál alkalmazták ezt a felépítményt **(12 ábra)**. A későbbiekben a kedvező üzemi tapasztalatok miatt, szinte minden nagy budapesti híd felújításánál ennek a sínágyazási rendszernek egy változatát építették be, így a Szabadság híd (2009) és a Margit híd (2010) rekonstrukciójánál is.

Felépítményi jellemzők:

- *Alkalmazott sínrendszer:* törpe Phönix sín (Ri 51,4)
- *Leerősítés, lezorítást biztosító szerkezet:* a sínkamrát kitöltő ágyazó anyaggal
- *Alátámasztás típusa:* vasbeton pályalemez, acéllemez, szerkezeti kialakítástól függően
- *A pályaszerkezet burkolata:* beton, aszfalt burkolat



12. ábra: *Petőfi híd Edilon-Corkelast sínkiöntéses felépítmény*

A hidakon az alacsony szerkezeti magasság miatt törpe Phónix sín (Ri 51,4) került beépítésre. A sínfej a síncsatorna felső éle felett 20 mm-el magasabbra került, hogy a későbbi kopások során a nyomkarima ne okozhasson kárt az ágyazási rendszerben. A kialakított vágány hézag nélküli szerkezetű, de a hídszerkezet dilatációs keresztmetszeteiben dilatációs szerkezeteket helyeztek el.

Budapesti beépítési helyszínek:

- Szent Gellért téren a Szabadság hídra vezető ívek, terelősínes fogazott kialakítással
- A Lurdy ház előtti összekötő vágány az 1-es és az 51-es villamos vonalak között;
- Reitter Ferenc utca felüljáró az 1-es villamos vonalán;
- és a Soroksári út- Haller utca, a 24-es villamos kiágazó íve;

Továbbá útátjárók kerültek kialakításra ezzel a sínágyazási rendszerrel.

• ***CDM sínágyazású felépítményrendszer***

Felépítményi jellemzők:

- *Alkalmazott sínrendszer:* vályús (59R2) és Vignol (S49) sínek is alkalmazhatók
- *Leerősítés, leszorítást biztosító szerkezet:* a sínkamrát kitöltő gumiprofillal, és a fölötte lévő aszfalt és betonrétegekkel, kapcsolószerkek nélkül
- *Alátámasztás típusa:* vasbeton pályalemez
- *A pályaszerkezet burkolata:* műfű, beton, aszfalt burkolat

Hazai beépítési helyszínek:

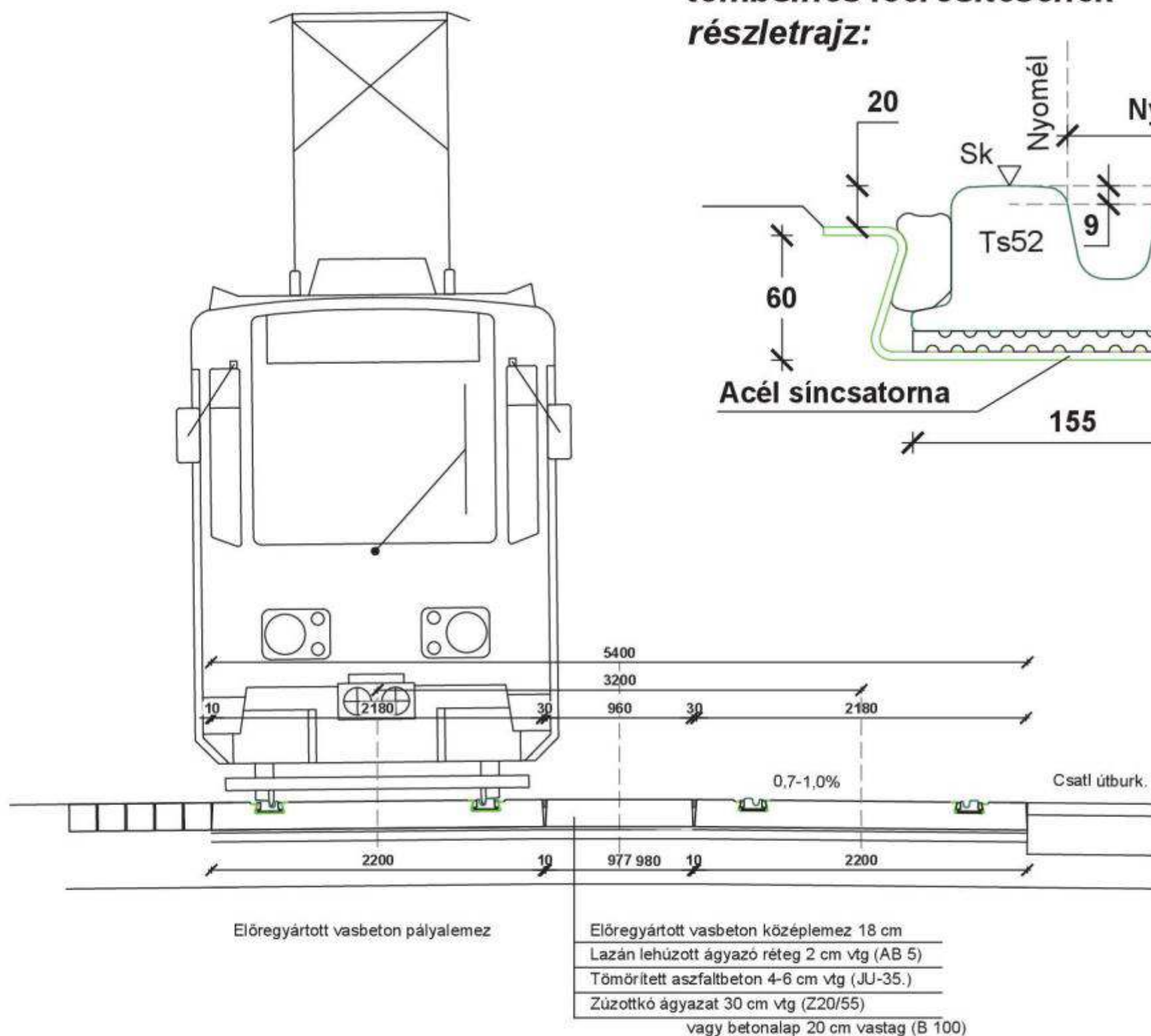
- Budapest IX. Kerület Mester utca, 51-es villamos Haller utcai megállója után, a Haller park melletti szakaszon **CDM Prefarail Compact Plus** rendszerű került beépítésre, műfű burkolattal (2009);
- Budapest XI. Kerület Szent Gellért Rakparton a Döbrentei tér - Szt. Gellért tér között (2011);
- Szegedi villamos vonalak felújításakor 2009 és 2011 között **CDM Qtrack** rendszer került beépítésre.

A beépítések egyelőre még újak, üzemi tapasztalatok egyelőre még korlátozott mértékben állnak rendelkezésre a felépítmény típussal kapcsolatban.

Nagypaneles felépítmény

Szerkezeti kialakítás, megnevezések

**Az aszimmetrikus nagypanel
tömbszines leerősítésének
részletrajz:**



Leerősítés 3D-s modellje:



2.2.2. Nagypaneles, tömörsínes, szorítógumis sínleerősítésű felépítmény

A nagypaneles felépítmény a BKV és a **BVM** (Beton- és Vasbetonipari Művek) közös fejlesztése, amit az 1970-es évektől kezdtek építeni. A mai hálózat jelentős részét (20-25%) teszik ki, így nem lehet figyelmen kívül hagyni. Cseréjük az 1990-es évektől folyamatosan zajlik, modern korszerű sínágyazású, nagyobb teherbírású pályaszerkezetekre. Egyszerre ekkora hosszban azonban nem lehet a nagypaneles felépítményeket lecserélni, mivel a meglévő vonalszakaszokat is karban kell tartani, ezért egy új nagypanel konstrukció kidolgozása jelenleg is folyik.

Típusai:

- Szimmetrikus; normál síncsatornájú panel;
- Szimmetrikus; ékes alátét-gumiszalaggal 1:20 síndőlésű panel;
- Aszimmetrikus, féloldalt süllyesztett szárú acél síncsatornájú panel.

Az aszimmetrikus kialakítást az üzemi tapasztalatok indokolták. A tömörsín 10 mm-nél nagyobb (lásd. megengedett magassági kopás értéke **2. táblázat**) magassági kopásakor a nyomkarima megrongálja, elveri a síncsatorna szélét, amely a vályú profillemez sérülését, eltörését, felhajlását, majd a beton panelvályú szélének tönkremenetelét és ezáltal az oldalsó szorító-gumiszalag kilazulását okozza. Mindezek együttevén nem kívánatos sínmozgásokat idéznek elő, hiszen megszűnik a sín oldalirányú megtámasztása. Az aszimmetrikus panel esetében a külső oldalon az acél profillemezt süllyesztették, hogy a mérettúrésen belüli megengedett magassági kopás esetén az úgynevezett „álnyomkarima” ne verhesse el a síncsatorna szélét. Egy másik megoldás az ékes alátét gumiszalag alkalmazása, de ez a kialakítás nem került beépítésre (**13. ábra**).

További fejlesztés során a pályalemezek végeit „fészkesen” alakították ki, a panelek jobb együttdolgozása és a panelcsatlakozásoknál kialakuló fekszinthibák megelőzése miatt. A fészkeket kibetonozták, hogy így jobban illeszkedjenek a panelek („csuklós panel”) Ebből a konstrukcióból csak 6 db panel került beépítésre, az Orczy téren, az Elnök utca felé a 24 villamos vonalán. Rekonstrukciónál a középpanelek helyett már aszfaltoznak.

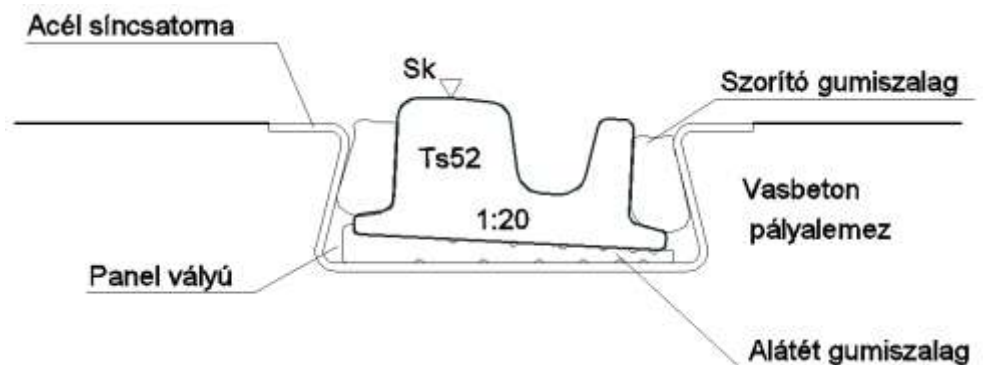
Felépítményi jellemzők:

- *Alkalmazott sínrendszer:* tömörsín (Ts 52- magyar jelölés-; B3),
- *Leerősítés, leszorítást biztosító szerkezet:* alátét gumilemez és az oldalsó szorító gumiszalagok folyamatos sínágyazást biztosítanak a sínszelvénynek

- *Alátámasztás típusa: vasbeton pályalemez, laza ágyazó réteg*

Vasbeton pályalemez, szerkezeti kialakítása, kiosztása:

Trapéz szelvényű keresztmetszet, a panel elemek közötti hosszirányú hézag felül 30 mm, alul 10 mm, a hossza 6 m, de ívben a sugártól függően kisebb hosszúságú panel elemeket alkalmaztak.



13. ábra: Ékes-alátét gumiszalagos kialakítású síncsatorna

Az egyes alkalmazható panel elemek méretei az 1 számú RTU (Részletes technológiai utasítás a nagypaneles, tömörsínes, szorítógumis sínleerősítésű felépítmény tervezésére és fenntartására c. BKV előírás) tartalmazza. Két vágány közötti középelemeket úgy kell kiosztani, hogy a középpanel végei a vágánylemezek közepénél legyenek, azaz, hogy a kereszt hézagok lehetőleg ne találkozzanak. Továbbá a szomszédos vágányban elhelyezett szomszédos vágánylemez egy keresztmetszetbe essenek. További szerkezeti előírások:

- A pályalemez oldalesése: 0.7-1%
- A vízbehatolást a panelek közötti hézagok vízszigetelő kitöltésével kell biztosítani.(bitumenes hézagkiöntés és bentonitos homok együttes használata)
- a panel útburkolat felőli részén alul 10 mm felül 20 mm hézag hagyandó.

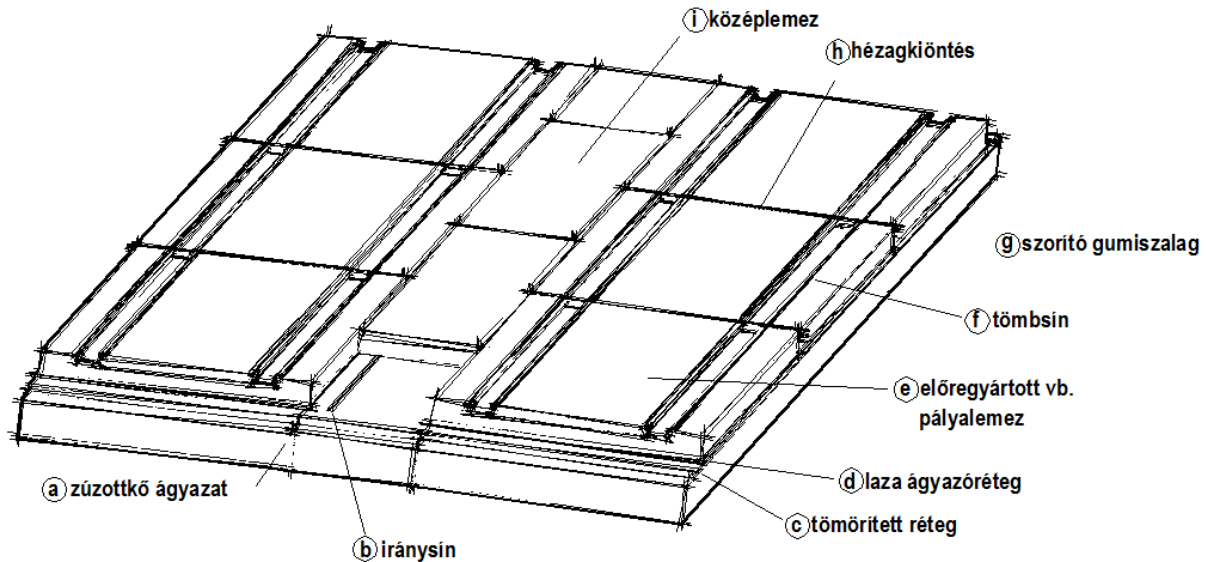
Hézagkiöntés

A pályalemezeket határoló hézagokat megbízhatóan vízzáró, rezgésálló, a felületen terhelés-álló, tartós, könnyen bedolgozható és olcsó módon kell kiképezni. Fenti célokat szolgálja a bentonitos homok és gumibitumen együttes alkalmazása.

Nagypaneles felépítmény építése (14. ábra)

Iránysínek fektetése

Célszerű az összehegesztett tömbsíneket a vágánytengelytől 1,20-1,30 m távolságban faékkal kb. 2 m-ként olyan magasságban beállítani, hogy talpsíkjuk a pályalemezek alsó síkjával egyezzen meg. Az irány sín beállításával biztosítani kell a pályalemezeknek az



építési keresztszelvényben meghatározott oldaleséseket is. Ezért figyelembe kell venni a hossz-szelvényben kijelölt pályasín és az irány sín távolságát.

14. ábra: A nagypaneles vágányépítés technológiai sorrendje [17]

Laza ágyazóréteg készítése

Az ágyazóréteg anyaga lehet hideg ill. meleg aszfalt. Hideg aszfalt és beton alap esetén, az ágyazóréteg elterítése előtt emulziót kell permetezni a jobb együttdolgozás elérése miatt, az elterítés után le kell húzni az ágyazó réteget.

Ágyazóréteg készítése injektáló habarccsal

Leghelyesebb a hossz-szelvényben kijelölt sínszál alatt 80 mm-re beállítani a síncsatorna alsó síkját. Az elemeket ideiglenesen faékkal lehet alátámasztani. A kitöltendő hézagot a lemezek hosszanti élei mentén aszfaltbeton gát zárhatja le.

Vágánylemezek fektetése

A lehelyezés régen a KLAUS szállító és rakodó járművel történt.

Vágánylemezek pontos beállítása

Fontos, hogy a panelvégek síncsatornái egy síkba kerüljenek.

Acél síncsatorna tisztítása

A panelek fektetése után, az alátét gumiszalag elhelyezése előtt az acél síncsatornát a cementhabarcs maradványoktól és egyéb szennyeződésektől gondosan meg kell tisztítani. Előírástól függően helyszíni korrózió gátló bevonattal kell ellátni.

Alátét gumiszalag lehelyezése

Alátét gumiszalagot megszakítások nélkül, gyűrődésmentesen folyamatosan kell elhelyezni a síncsatorna aljára, középhelyzetben. Ideiglenes megszakítások csak a kábel felvezetések szekrényeinek lehetnek.

Tömbsínek helyszínre szállítása lehelyezése a síncsatornába

Tömbsínek záró hegesztése a pályában

Oldalszorító gumiszalagok elhelyezése:

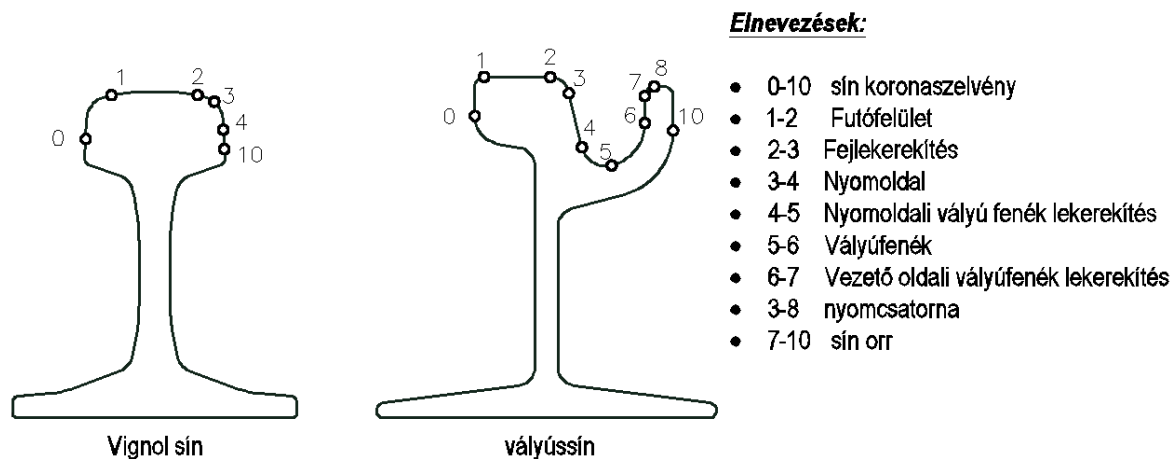
- A szorító gumiszalagok végződése közötti 15 mm-nél keskenyebb hézagot rugalmas, tapadó, vízzáró, képlékeny anyaggal kell kitölteni.
- A tömbsínek beépítését és összehegesztését követő 24 órán belül, legkésőbb 48 órán belül vágányzár alatt a gumiszalag benyomó-járművel a szorító gumik síncsatornába préselését be kell fejezni.
- A gumibenyomás +5 és +25 °C sínhőmérsékletek között végezhető el.
- A gumibenyomást csak a síncsatorna gondos, alapos tisztítása után szabad megkezdeni.

Hézagkiöntés:

- Először 2 cm magasságig, alsó elzáró gumibitumen beöntés végzendő. Az oldal-felületre lehetőleg ne folyjon anyag.
- A ráöntött 13 cm magas bentonitos homokot hézagolóval enyhén tömörítsük meg.
- A felső 3-4 cm vastag réteget gumibitumennel zárjuk le.
- 40 mm-nél szélesebb hézagokat gyalogátkelőhelyeknél aszfaltbetonnal kell kitölteni.

3. Közúti vasúti felépítmény avulása az állapotfelmérés alapján

Az állapotfelmérést a Budapesti villamos vonalak BKV felügyelet alatti vonalbejárása alatt végeztem el. A következő villamos vonalakat jártam be: 1, 14, 28, 37, 2, 3, 42, 49, 50, 51, 52, és a 69-es. Az állapotfelmérés alapját az általam készített fotók alkotják. Az egyes avulási folyamatok, problémák megértéséhez mind a pálya, mind a jármű szempontjait együttesen



15. ábra: Közúti vasúti sínkorona profil egyes szakaszainak elnevezése

kell figyelembe venni. Ezen felül az egyes avulási jelenségek azonosításánál, fontos ismerni az egyes szerkezeti elemeket, azok részeinek elnevezéseit. (15. ábra)

3.1. A budapesti közúti vasutak avulási állapotfelmérése

Az egyes felépítmények jellegzetes avulásait magyarázó fényképek a mellékletben találhatóak meg.

3.2. A különféle közúti vasúti felépítmények avulása

Az avulást kiváltó okokat az egyes felépítmények szerkezeti elemeire lebontva mutatom be.

3.2.1. RAFS felépítménycsalád avulása

- Vasbeton pályalemez meghibásodása

Nem megfelelő kialakítás esetén; a profilját, esését, nem mm pontosan húzzák le, így a felületi egyenlőtlenségek miatt a hézagkiöntő anyag vastagsága nem lesz egységes, amely a sín ágyazását, stabilitását jelentősen befolyásolja.

- *Gantrex aláöntés meghibásodása*

Nem megfelelő keverék beépítése, ill. kevés mennyiség alkalmazása esetén, a pálya idő előtti tönkremenetele következik be. A kiöntő anyag vastagsága a segédmunkás "műszaki érzéken múlik", hiszen az aláöntés vödörrel történik. A kiöntött anyag öregszik, töredezik.

- *Talpgumi meghibásodása*

A gumialátét elfárad, néhol rossz konstrukció kerül beépítésre „kevés tüskés”, kevés helyen érintkezik a sín talppal (nem támasztja alá)

- *Leerősítés meghibásodása*

Teljesen meghúzzák a csavart, ezzel tönkreteszik az alátét gumit (a leerősítés korlátozott leszorító képességű, ezért kellene nyomtávtartó rudak, s a vágány tulajdonképpen a beton és az aszfalttömeggel van megfogva)

A lekötéseket egyenesben 6 méterenként helyezik el, ha az egyiknek a leszorító hatása megszűnik, akkor az 12 méter hosszú távolságon a sínszál függőleges irányban szabadon mozog a vágány, így fennáll a függőleges kivetődés lehetősége akár 20 cm magasra is (Pl.: Nyugati és a Jászai Mari tér között)

- *Nyomtávtartó rudak meghibásodása:*

Vízbejutás következtében korrodálódnak (elektrokorrozó) a végük elvékonyodik, javításuk nehézkes és időigényes, a pálya jelentős megbontásával jár.

- *Bitumenes hézagkiöntés meghibásodása*

A meleg hatására meglágyul, és különböző formákban szilárdul meg, ill. eltömíti a kitérőállító szekrényeket, amely takarítása rendkívül nehézkes. Gyakori építési hiányosság, hogy a bitumen beépítésekor a kellősítés elmarad.

A bitumenes hézagkiöntés konstrukció hibás, mert nem a gumiprofil tetejére kéne helyezni, hanem minimum a teljes aszfaltvastagságban, hogy betöltse a neki rendelt szerepet; az együtt dolgozás biztosítását a csatlakozó útpályával.

- *Közúti vasúti pályaszerkezet és a csatlakozó útpálya burkolatának meghibásodása:*

Nyomvályú képződés az útátjáróknál többlet igénybevételt jelent a vágányra. (kivetődés) Felpúposodó aszfaltburkolat közvetlenül a sínszál mellett érheti el a sínféket, le kell verni. A

sínmozgásoknak, az időjárásnak és a vágányon közlekedő közúti forgalom hatására kitöredezik az aszfaltszél.

- *Ágyazó oldal-gumiprofil meghibásodása*

A sínmozgások miatt kijön, felszakadozik, a kerék elverheti. Ha kiáll, le kell vágni.

Az oldalgumi elengedi a sínt, s a víz bejut a síngerinchez, ill. a sínálphoz és megindul a korrózió. Meghibásodása lehetetlenné teszi a sín karbantartását, például a síncsiszolást.

- *A sín meghibásodása*

Szakáll kitöredezése, letörése ívekben, a nagymértékű szakáll oldalkopás, vagy a sínfej jelentős magassági kopása miatt alakul ki.

Jelentős magassági kopás vagy jelentősen kúposodott álnyomkarimás kerék esetén, a nyomkarima elverheti az áram visszavezető kábelcsatlakozás dobozát, továbbá a kerék nyomkarimája leérhet a sínvályú aljába és „letaposhatja” a szakállt.

A vágányvíztelenítő keresztrácsoknál, a vályú alján lévő vízkivezető nyílások eltömődnek.

- *Gömbcsüvecsor*

Legjellemzőbb tönkremeneteli formája a fagyás következtében: hámlások, lemorzsolódások, vagy súlyosabb esetben törések.

3.2.2. Nagypaneles felépítmény avulása

- *Vasbeton pályalemez meghibásodása*

A panelbeton felületének meghibásodása, morzsolódása, gyakori jelenség ennél a felépítménytípusnál.

Továbbá jól megfigyelhetők a panelvég mozgás következtében kialakuló fekszinthibák is. A panel billegése, "pumping hatás", bitumen kiöntés kimosódása, eső után mikor már minden megszáradt, a vizet folyamatosan felferi terhelés hatására. A mozgások hatására a pályalemezhez csatlakozó aszfaltszélek kitöredeznek, így további vízbefolyások lesznek és az ágyazó réteg kimosódása tovább folytatódik.

A sín alatt a vasbeton pályalemez elnyíródhat és a sínszál jelentősen megsüllyed, akár több cm-t is. (alépítményi problémák, a lazán lehúzott aszfaltágyazó réteg miatt nem biztosít megfelelő alátámasztást a panel széleken)

A gumibitumenes hézagkiöntés télen kitöredezik, ill. nyáron megolvad, a vágányon közlekedő közúti járművek felkenik a sínfej futófelületére, ahonnan a vasúti jármű kerekére kerülve okoz fékezési, illetve áram visszavezetési problémákat.

- *Vályúprofil lemez meghibásodása*

Az álnyomkarima fekszinthibás hegesztések környezetében elverheti az acélprofil lemezt, s a már meggyengült és sok helyen felszakadt, felhajlott lemezek meghibásodási folyamatát, a közúti járművek dinamikus hatása csak tovább fokozza. A vályúprofil lemez korrózióját az alábbi hatások segítik: az időjárás, és a síkosság-mentesítéshez használt só.

- *Alátétgumi meghibásodása*

A gumialátét elfárad, vagy a panelek rossz ágyazása miatt fekszinthibák keletkeznek. Alapvető megfigyelés a nagypaneles vágányokkal kapcsolatban, hogy a sín előbb elkopik, minthogy a talpgumi tönkremenjen.

- *Szorítógumi meghibásodása*

A sínmozgások miatt kijön, felszakadozik. A szorítógumi hiánya esetén, a sínszál szabadon mozog és magassági irányban könnyen kivetődik.

A szimmetrikus kialakítású nagypaneles felépítménynél a fenntartási mérethatár alatti magassági kopás esetén, a nyomkarima hozzáérhet a szorító gumihoz. (Ez főként fenntartási hiányosságból, nem pedig a szerkezet konstrukciós hibájából adódik.)

- *Sín meghibásodása*

A tömbsín felületének kopása miatti tönkremenetel nem jellemző a nagypaneles felépítményekre, ez valószínűleg a sínfej-profil kedvező kialakításnak köszönhető, hiszen a tömbsínnak nagy az egyenértékű kúposága. Azonban gyártási hibából adódóan előfordulhatnak a sín futófelületén kitöredezések.

Nyáron locsolják a vágányt a függőleges kivetődés megelőzése érdekében.

- *Egyéb pályatartozékok*

Áram-visszavezető kábelcsatlakozási szekrények letörnek, kitörnek a járműforgalom hatására, a fedelüket ellopják, egy ideig pótolják a hiányosságokat, aztán egyszerű megoldással leaszfaltozzák.

Közműszerelvényeket, fedlapokat, aknaelhúzással, áthelyezéssel a vágányzónán kívül kell elhelyezni. Pályalemezek sávjában lévő közműszerelvények, fedlapok körzetében betonacél hálóval erősített helyszíni útbeton készül. Az áramvisszavezető szívópontok és a vágány összekötő kábelek becsatlakozásánál a védőszekrény részére 18 cm széles hézag hagyandó ki a vágánylemezeknél. Biztosítani kell a vízelvezetést és csatlakozni kell a környező útpályához.

Vízelvezető keresztcsatorna: fedlapját ellopják, amelynek hatására az eltömődése fokozódik.

3.2.3. Zúzottkő ágyazatú keresztaljas vágány

A zúzottkő ágyazatú keresztaljas felépítmény avulási formái megegyeznek a nagyvasúton tapasztaltakkal, emiatt csak a közúti vasutakra jellemző speciális avulási formákat emelem ki.

- *Sín meghibásodása*

. Gyakori felszín és irányhiba, a sín illesztéseknél (hevedertorzulás), a sínvég elverődése, legyűrődése, a sínfej futófelületének kagylós kopása a hegesztések felett. A hibák főként a technológiai utasítások be nem tartásából adódnak.

Jelentős korrózió, a síngerinc és a sántalp lemezes leválása, az elszennyeződött ágyazat miatt.

Nem megfelelő leszorító erőt biztosító leerősítések miatt, megindul a sínvándorlás, de lehetséges aljvándorlás is, mindezek szabályozása sínvándorlás gátló szerkezetekkel történik (Pl. Oetl kengyel)

- *Leerősítés meghibásodása*

Hagyományos „GEO” rendszerű leerősítés:

- eltörhet a kettős, és a hármas csavarbiztosító gyűrű is, amelyek a villamos áthaladásakor csilingelő hangot ad ki
- sántalp berágódása a geo alátétlemez bordájába
- a sántalp elkorrodálódása esetén a leerősítés nem tudja kifejteni szorító hatását.
- a leerősítés szerkezeti elemi korrodálódnak az elszennyezett ágyazat miatt, főként a megállóknál ki se látszanak a fékező homoktól, s ezeket már nem lehet kicsavarni

- szorítócsavar kirázódik, kijön a helyéről
- a hullámos kopás a már kilazult szorítólemezeket kirázza (ez igaz Skl rugónál is)

„GEO”alaplemez Skl-3 és Skl-12 szorítókengyellel

- A rugók törnek, lazulnak, elektrokorrózió lép fel
- Leszorító ereje lényegesen kisebb, mint a hagyományos „GEO”-nak, de ez sokáig megtartja a leszorító erejét

Nyílt lemezes (nyíltlemez fabetétes betonajlak: TU, B2, H2, E2)

- talplemez berágódása faaljba;
- fabetét elkorhad, esetleg teljesen hiányzik, furattágulás-> nyomtávhiba->kotyog a csavar->tönkremegy a fabetét->leszorító erő megszűnik, alátétlemez szabadon mozog+sínvándorlás, esetlegesen csavartörés
- csavar kihúzódás

3.3. A közúti vasúti felépítmények avulása az avulást kiváltó okok tükrében

A helyszíni szemléim alapján tapasztalt szerteágazó avulási formák egy része nagyban hasonlít a nagyvasúti szakirodalomban megfogalmazott okokhoz, másrészt pedig a városi épített környezetből és a nagyvasúttól eltérő pályaszerkezeti kialakításokból további speciális okok adódnak.

• A városi környezet jellegéből adódóan:

- Belvárosi burkolt felületek miatt jelenős lefolyások keletkeznek egy nagy intenzitású csapadék után (vízelvezetési problémák);
- Jelentős közúti forgalom (többször-igénybevételei);
- Téli síkosság-mentesítés (só), vasanyagok korróziója;
- Burkoltság igénye – különféle sínszelvények (jellegzetes kopási formák, függőleges kivetődés);
- Közműkeresztezők hiányosságai, meghibásodásai. (fekszinthiba).

• Járműkonstrukcióból adódó jellegzetességek:

- Alacsonypadlós járművek (kisebb kerékátmérő - érintkezési feszültség megnövekedett);
- Intenzív homokszórás (fékezés / gyorsítás) – korrózió

3.4. Mérési előzmények

- *Hosszirányú head-check-szerű jelenségek a sínfejen:*

A nagyvasutaknál az utóbbi években jelentős mennyiségű úgynevezett head-check repedések alakultak ki, feltehetően a nagyobb teljesítményű és tengelyterhelésű mozdonyok megjelenésével, ill. a nagyobb szilárdságú sínek alkalmazásának eredményeként.



5. Fénykép: Hosszirányú meghibásodás a sínfejen

Külsőleg részben hasonló jelenség tapasztalható a közúti vasút megállóiban a hajtott tengelyű forgószámolyok megállási (indulási) helyein, azonban e szakaszokon a sínszál párhuzamos irányú fáradási meghibásodásai figyelhetők meg.

Ezt a jelenséget a Deák tér és a Kelenföldi pályaudvar között fedeztem fel, a jelenség a vonal összes megállóhelyén megfigyelhető. Megjegyzendő, hogy Szent Gellért tér és a Móricz Zsigmond Körtér közötti szakasz kivételével Ipari csuklós szerelvények közlekednek kizárólag. A vonal sajátossága, hogy több viszonylat keresztezi, így különféle járművek használják, s az egyes fonódó szakaszokon percenként követik egymást a villamosok. A nagy forgalomnak valószínűleg nagy szerepe van a jelenség kialakulásában.

A meghibásodás intenzitását, megjelenését befolyásoló tényezők tapasztalataim szerint:

- A megállók vízszintes és magassági vonalvezetése, hiszen lejtős szakaszon való fékezésnél, továbbá emelkedő pályaszakaszon indulásnál könnyebben megcsúsznak a

jármű kerekei.¹ A vonalvezetésen kívül az időjárás is befolyásolja a megcsúszást. A legjobb tapadást a száraz tiszta idő biztosítja.

- Fontos szempont továbbá, hogy mekkora sebességgel tud behaladni a jármű a megállóba, a jelzőlámpák megfogják-e?
- A meghibásodás legintenzívebben a homogén villamos szerelvények által járt szakaszokon figyeltem meg, a megállóhelyek azon szakaszán, ahol a hajtott forgóvázak megállnak;
- A nem homogén szerelvények által járt szakaszokon is megfigyelhető ez a meghibásodás, azonban itt az intenzitása sokkal kisebb mértékű. Az egyes járműtípusoknak különböző helyen van a hajtott forgóváza, aminek következtében a meghibásodások is eltoltan helyezkednek el a megállókban a hajtott tengelyek megállási helyeitől függően, jól elkülöníthető módon;
- A járművezetők vezetési stílusa, továbbá a jármű műszaki állapota;

A fent említett meghibásodás okainak feltárásánál vizsgálándók a következő szempontok, nevezetesen:

- a kipergés rideg vagy képlékeny törési felülettel történt;
- indult-e repedés a sínfejből;
- az adott villamos-vonalon közlekedő járművek kerekeinek ellenőrzése esetlegesen rárakódott anyagok után, amelyek kivájhatják, előidézhetik ezeket a meghibásodásokat.

Feltételezés:

A kerék az indítás és a fékezés során megcsúszik, ami miatt a sínfej járósíkja felkeményedik, és a további terhelések hatására kipereg és meghibásodások keletkeznek. Ebben szerepet kaphat a síkosság mentesítő homok intenzívebb használata is.

A vizsgált vonalat a 47-es, 49-es, 41-es, 19-es és 18-as villamosok használják, amelyek közül az Ipari csuklósokat a Kelenföldi kocsiszínben tárolják. A járművek kerekeit a vizsgáló aknában szemrevételeztem, és a homokszennyeződésekén kívül más anyag nem rakódik a nyomkarimára, ami a repedéseket okozhatná. Ezt a megfigyelésemet a villamos karbantartását végző műszaki vezető is megerősítette.

¹ Ezen témában kísérleteket végzett, a Közlekedésmérnöki kar *Járműgyártás és-javítás Tanszéke*. A nagyvasúti kerekek megcsúszását vizsgálták, amely kísérletek során kiderült, hogy a kerék induláskor tényleg megcsúszik, bár ez szabad szemmel nem látható.

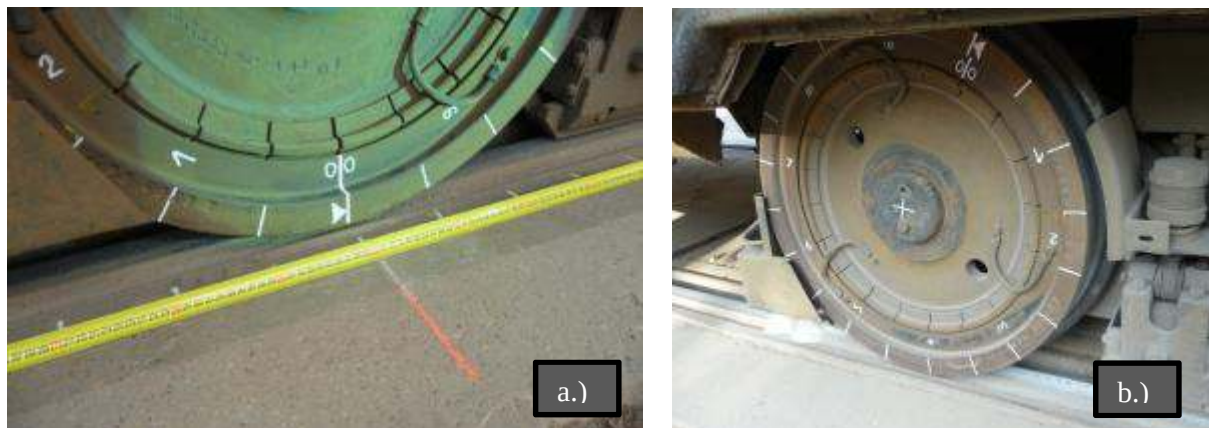
A repedések kialakulásának megértésében fontos a járművek gépészeti berendezéseinek ismerete, elsősorban a hajtás és fékrendszerekre vonatkozóan. A viszonylaton Ganz Ipari Csuklósok (továbbiakban: „ICS”) közlekednek. A jármű legfontosabb jellemzői:

- Nincs nyomatékiszabályozás, megcsúszás védelem a járműben, azonban a kontrollerben van egy fél-automatikus indítómű, ami menetbe kapcsolásnál megakadályozza a hirtelen indulást.
- Az „ICS”-ket alapvetően a Nagykörútra tervezték csatolt üzemben. Összekapcsolva sokkal jobbak a menettulajdonságaik. Intenzívebb indulás, megállás. A nagyobb, kapcsolt, együttes tömeg miatt kisebb a megcsúszás lehetősége, mint „szóló” üzemben.

3.5. Helyszíni ellenőrző vizsgálatok, mérések

3.5.1. Közúti vasúti járművek kerékmegcsúszásának vizsgálata nagysebességű kamerával

A villamosvasúti pályák bejárása során a Kálvin téren, a sínfejen 5-15 mm hosszúságú fátadási meghibásodásokat figyeltem meg a hajtott forgóvázak megállási helyein. Azt feltételeztem, hogy a fentebb említett meghibásodásokban fontos szerepe lehet a kerék kismértékű megcsúszásának, ezért megvizsgáltam, hogy különféle intenzitású indulások és fékezések esetén mekkora megcsúszás keletkezik. A vizsgálatot a Száva kocsiszínben, régi típusú járművek esetén végeztem (ipari csuklós villamoson), amelyekben még nincs nyomaték-szabályozás és megcsúszás védelem. A mérést egy nagy felbontású, másodpercenként több tízezer kép rögzítésére alkalmas speciális kamerával végeztem úgy, hogy a kerék peremén szabályos beosztásokat készítettem és ugyanezt a pálya menti burkolaton is feljelöltem, hogy a megcsúszás hossza mérhető legyen. A mérés elrendezését, és feljelöléseit, az **16. ábra** szemlélteti.



16. ábra: a.) A kerék „0” osztása függőleges és a burkolati feljelölés; b.) A beosztott kerék

A méréshez szükséges eszközöket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki Karának Járműgyártás, és -javítás Tanszéke bocsátotta rendelkezésemre, s az ő közreműködésükkel végeztem el a méréssorozatot.

- **Helyszín bemutatása, és az időjárási körülmények**

A mérést a Száva kocsiszínben végeztem a XV/a vágányon. A vágány felépítménye nagypaneles volt, és a vályúorr szinte teljesen tele volt fékező homokkal, ahogy a vágány többi része is. A kísérlet megkezdése előtt a vágányt cirokseprűvel megtisztítottuk a

homoktól. Az időjárás száraz, hideg (+7°C) és enyhén borult volt, tehát a jó tapadási feltételek adottak voltak.

- **A vizsgált jármű bemutatása:** „ICS”, Ganz nyolctengelyes csuklós villamos motorkocsi

A jármű paraméterei közül csak azokat emelem ki, amelyek a mérés szempontjából fontosak. A controllerben van leszabályozás, tehát nem adja rá rögtön a kiadott indítási nyomatékot. Az ipari csuklós villamosok hajtott és szabadon futott kerekeinél különféle fékberendezések találhatók. Ezeket foglalom össze címszavakban:

A.) **Tárcsafék:** a szabadon futó kerekeken (ezek a kerekek is megcsúszhatnak)

B.) **Dobfék (rögzítő fék):** a hajtott tengelynél

- A hajtott tengelyeknél nagyobb a terhelés, mint a szabadon futó kerekeknél. A nagyobb súlynak köszönhetően a megcsúszás kevésbé jellemző.
- Rugóerős fék, nincsenek fokozatai

C.) **Sínfék:** 30 km/h sebességig használható

- A sínfék alsó síkja pár centiméterrel a sínkorona felett található, elektromágneses elven működő szerkezet. Van egy kopórétege, amely elhasználódik a sínfejjel való érintkezések során. Minden forgóváznál van egy sínfék pár

D.) **villamos fék** (vagy üzemi fék) 30 km/h felett használják

E.) **homokszóró:**

- o Csak a menetirány szerinti bal első hajtott forgóvázaknál van homokszórás.

Itt említem meg a járművezető, gyakorlati tudásának a szerepét. Hiszen egy tapasztalt jó villamosvezető alatt kevésbé csúsznak meg a kerekek és a jármű. A járművel a mérést terheletlen állapotban végeztük.

- **A mérés eszköze** (Olympus I-Speed 3 4GB nagysebességű kamera):

Legfontosabb technikai paraméterei a következők:

Max. Bit mélység	10 bit, színes felvétel
Max. pixel felbontás:	1280x1024, 2000 f/s-nél
Felvételi sebesség	2000 f/s - 150 000 f/s
Rögzíthető időtartam:	2 – 180 s, a rögzítési sebesség és a felbontástól függően

A kamera a folyamatot megszakítás nélkül tudja rögzíteni, majd a megállítást megelőző – a memória méretének megfelelő – időtartam kerül rögzítésre. A felvétel készítésénél a megfelelő megvilágításról is gondoskodni kell. A mérési elrendezést (a kamerát és a megvilágító reflektort) a **17. ábra** szemlélteti.



17. ábra: A fékezés mérése

Mi a mérés során a maximális felbontást használtuk, 2000 f/s-t, amelynél kb. 2 mp rögzíthető. Mindig az indulás, ill. a fékezés pillanata került rögzítésre.

- **Elvégzett kísérletek:**

Alapvetően a megállási és indulási pillanatokat vizsgáltuk, különféle intenzitású indulás és fékezés esetén, homokszórással vagy anélkül. A fékezéseknél csak a kamerás felvételek állnak rendelkezésre, viszont az indulások esetében két egymástól független módszerrel is meg tudtuk határozni a jármű kerekének megcsúszását:

- *kézi módszer:* minden egyes mérés indításakor feljegyeztük a kerék „0” osztásának helyzetét a pályamentén elhelyezett mérőszalag segítségével (a kerék „0” osztása a legelső mérés kezdetekor függőleges volt). Az adott mérés befejezésekor, amikor a jármű visszaérkezett, és át is haladt a kiindulási helyén, a járművel tolatást végezve, közel függőlegesbe állítottuk a kerék „0” osztását. Aztán leolvastuk a mérőszalagról a nullpont új helyzetét. A két leolvasás közti különbség adja a megcsúszás értékét. A

következő mérés kezdőpontja megegyezik az előzőleg leolvasott értékkel, s a mérés a fentebb leírtak szerint folytatódik tovább.

- *HS (high speed camera) kamera alkalmazásával:* a mérés megegyezik a kézi módszernél alkalmazottal, a különbség csak abban áll, hogy a kerék „0” osztásának kezdeti és végső helyzetét, az induláskor és a visszaérkezéskor készített kamerafelvételből olvassuk le. Az egyes mérések jegyzőkönyveit és a különféle intenzitású indulásoknál leolvasott adatokat továbbá a számított megcsúszás értékét **a II. melléklet tartalmazza.**

Indulás pillanatának vizsgálata:

A villamos különféle (az üzemi körülményeknek megfelelő, tempós és maximális) intenzitással elindult majd fékezés nélkül, esetleg sínfék alkalmazásával, gurulva megállt, azután nagyon lágyan indulva, finoman gyorsulva, visszajön a kiindulási helyre. A visszaérkezéskor is gördülve állt meg fékezés nélkül. Itt fontos volt, hogy visszaérkezéskor guruljon el a kamera előtt, és csak azután álljon meg. A megálláshoz itt is legfeljebb sínféket használhatott, mert az nem befolyásolja a kerekek megcsúszását.

Indulás homokszórás nélkül:

- normál üzemi körülményeknek megfelelő indulás
- tempós indulás
- maximális erejű indulás

Indulás homokszórással

- maximális erejű indulás

A fékezés pillanatának vizsgálata:

A szerelvény a vágány túlsó végéről indult a kamera irányába, felgyorsult a helyi adottságoknak megfelelően 30 km/h-ra és maximális intenzitású fékezéssel állt meg. Ebben az esetben fontos volt, hogy a jármű a kamera előtt, a kamera látószögében álljon meg.

Fékezés homokszórás nélkül

- Maximális fékezéssel (üzemi fék)

Fékezés homokszórással

- Maximális fékezéssel (üzemi fék)

A rágyorsítások hatásának vizsgálata:

Egy folyamatos lassú haladás után a kamera előtt adta rá a vezető a maximális nyomatékot. Itt is külön vizsgáltuk a homokszórás hatását.

Következtetések, végső konklúzió:

A két mérési módszer között csak pár mm-es eltérés adódott. Így a kézi mérés és a HS² kamera felvételeinek kielemezése után megállapítottam, hogy a jármű az indulás és a megállás pillanatában nem csúszott meg semelyik vizsgált esetben sem. A keletkezett, mért megcsúszások valahol a gyorsítási szakaszokon keletkezhetnek, értékük az indulásnál mért esetekben 1,0 és 2,5 cm között változtak. Pontosan ezen mérettartományban figyelhetők meg a **3.4-es pontban** bemutatott hosszirányú meghibásodások is a megálló megállási és indulási helyein.

A kísérlet körülményei eltértek a normál üzemi körülményektől, hiszen az üzemi pályák tisztábbak, kopottabbak, és a pályát használó közúti forgalom „polírozó hatása” is elősegíti a megcsúszást, ezzel szemben a kocsiszíni vágány rendkívül homokos volt, ami gátolja a megcsúszást. A helyszíni tapasztalatok alapján a jármű maximális erejű indításánál a keletkező legnagyobb nyomatékot az indulás pillanatához képest késleltetve adja át.

² „HS”=High Speed Camera (nagy sebességű kamera)

3.5.2. Örvényáramos mérés és digitális mikroszkópos felület vizsgálat:

Az örvényáramos mérést nagyvasúton a sínfej-hajszálrepedés (Head-Checking, a továbbiakban: HC) hibák, és egyéb felületi sínanyag hibák felderítésére használják. A mérési módszer technikai háttere folyamatosan fejlődik. Ezzel a módszerrel a sínkorona alatt 3-4 mm mélységéig megbízhatóan kimutathatók a felületi repedések, amelyek mélységének meghatározása nagyvasúton igen lényeges a forgalombiztonság, illetve nagyon fontos az alkalmazandó karbantartási munka meghatározása szempontjából. Ezt a mérési módszert használtam annak eldöntésére, hogy az általam tapasztalt meghibásodásokból **(lásd. 3.4 fejezet)** indulnak-e ki sínfej-hajszálrepedések, továbbá a mikroszkóppal a meghibásodások felületi kialakulásának jellegét vizsgáltam, hogy képlékenyen kigyűrődéssel vagy rideg töréssel jöttek-e létre. A méréseket a 49-es villamos vonal Gellért téri és a Deák téri megállóhelyei között végeztem.



18. ábra: a.) Locator 2 örvényáramos mérőműszer tartozékai; b.)A szonda

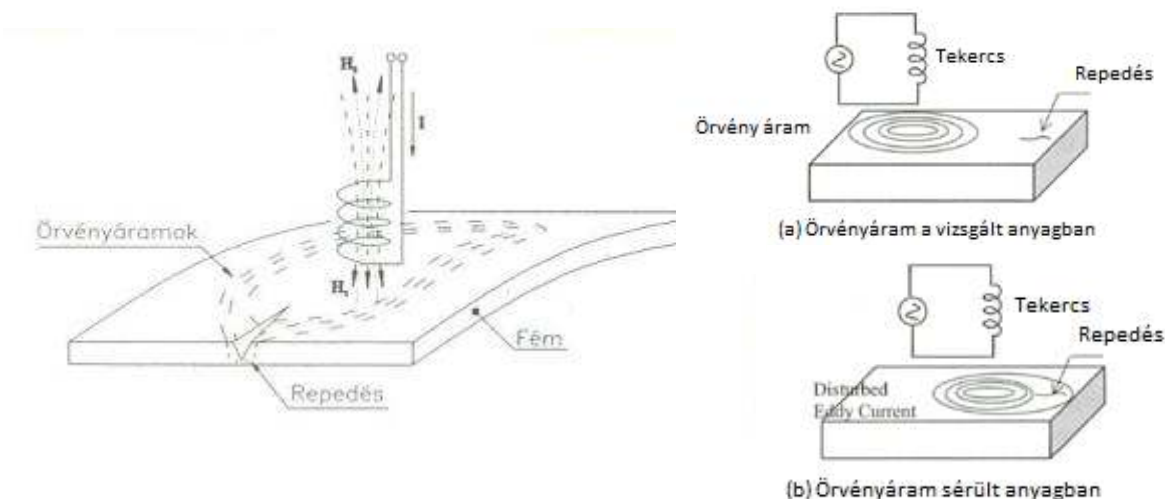
A méréshez használt eszközöket a *Metalelektro Méréstechnikai Kft* biztosította számomra.

- **Locator 2 (18. ábra)** kézi egyenfrequenciás mérőműszer legfontosabb paraméterei:³

Kezelési frekvencia:	60 Hz-től 6 MHz-ig
Vezetőképesség:	60 kHz
Kijelző:	LCD, LED háttérvilágítás;
	480x320 pixel felbontás
Erősítés (Gain)	0 dB-től 88 dB-ig, 0.1-es lépésekben
Belső adattárolás:	50 mérés, és beállítások
Tápegység:	14 óra üzemidő

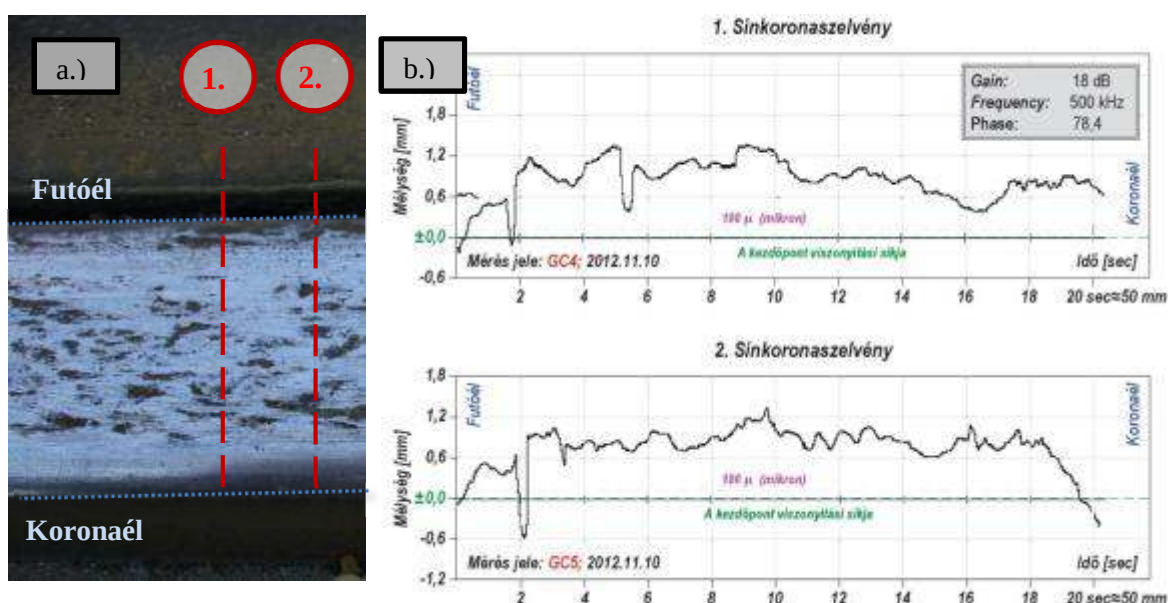
³ Forrás: http://www.geinspectiontechnologies.cn/download/products/ec/GEIT-50006GB_locator2s.pdf

A vizsgálat fizikai alapja, hogy a szonda tekercse az elektromosan vezető anyagokban, időben változó mágneses tér indukció útján áramot gerjeszt. Ezt az áramot örvényáramnak nevezzük. Az örvényáram maga is gerjeszt mágneses teret, mely a külső mágneses térrel ellenkező irányú. A két mágneses tér összegződik, mely eredő erőterhez vezet, és amelyet mérni és értékelni lehet, változásaiból, viselkedéséből különböző anyaghibákra vagy anyagtulajdonságokra lehet következtetni. A vizsgálat elvét a **19. ábra** szemlélteti:



19. ábra: Örvényáramos vizsgálat elve

A mérés során a szondát mozgatjuk a vizsgálandó anyag felületén. Az örvényáramos műszer szonda része (**18/b ábra**) rendkívül érzékeny, nem lehet fém felületen végig húzni, emiatt a mért szakaszokon a sínkoronát le kellett tisztítani és ragasztószalaggal lefedni. A vizsgálat során az anyagban létrejövő örvényáramokat, így a visszahatás mértékét az ellenőr-



20. ábra: Felületi meghibásodások keresztirányú sínszelvények mérése a Kálvin téren örvényáramos műszerrel

zött anyag elektromos vezetőképessége, mágneses permeabilitása, geometriai adatai, anyaghibái, az alkalmazott örvényáram frekvenciája valamint a szonda és a vizsgálandó darab távolságának mértéke határozza meg.

A Kálvin téren készített sínkorona-szelvény méréseket a **20. ábra** tartalmazza. A műszerrel időalapon mértem. Az időszávot 0-tól 50s-ig 5 sec-os lépésenként lehet állítani. A mérések során általában 20 másodperces időintervallumot választottam. A további örvényáramos műszerrel készített mérések és azoknál alkalmazott paraméterek az **V. mellékletben** találhatók.

- **USB-s digitális mikroszkóp:**

<i>Felbontás:</i>	1,3 megapixel, Max 1600x1200
<i>color:</i>	24bit RGB
<i>Áramellátás:</i>	USB-portról
<i>Nagyítás:</i>	200x
<i>A fényképezés zárideje:</i>	1s-től 0,001 s-ig



21. ábra: USB-s digitális mikroszkóp

A mikroszkóp számítógépről vezérelhető, s az elkészült képet azonnal menti is. A mikroszkóp egy felvétele 6 x 5 mm-es területet fed le. A felvételeket átfedéssel készítettem, hogy a későbbi feldolgozás során összeilleszthetők legyenek. Az elkészített ábrák, panorámafotók a **IV. mellékletben** találhatók.

A **3.4 fejezetben** említett meghibásodás felületi jellege nagy hasonlóságot mutat, a sínkorona indulási szakaszain megfigyelhető üstökös alakú kigyűrődéssel, még a menetirány is könnyedén megállapítható (**21. ábra**).



22. ábra: a.) mikro megcsúszás mikroszkópos felvétele; b.) Indulási kerék kipörgés a sín futó felületén

4. A közúti vasút avulásának sajátosságai a nagyvasúthoz képest

4.1. A közúti vasúti avulási sajátosságok, eddig feltárt okai:

A vonalbejárásaim során szerzett tapasztalatok alapján az alábbi – nagyvasúttól eltérő – sajátos avulási okokat tártam fel:

- Nagyvasútnál nem alkalmaznak „koronázást”⁴, a hevederes illesztéseknél;
- Járműkonstrukció különbségek. A nagyvasútnál jobbára csak az indulásnál alkalmaznak homokszórást, ezzel szemben a közúti vasutaknál mind induláskor, mind fékezéskor használják. A megállóknban nagy mennyiségben felhalmozódó, el nem takarított homok minden vasanyag intenzív korrózióját okozza. A városi utak karbantartása során kiszórt sózó és egyéb csúszásgátló anyagok, jelentősen befolyásolják a pálya avulási folyamatát, míg a nagyvasútnál ez nem mérvadó;
- A városi vasutaknál a közúti forgalom jelentős hosszban használja a pályát, arra jelentős többlet igénybevételt fejtve ki;
- A közúti vasútnál sokfajta sínszelvényt használnak, amelyek olykor igen eltérő jellegzetes kopási jelenségeket mutatnak, ezek a nagyvasúton csak alig megfigyelhetők.
- Függőleges síkú kivetődés nagyvasútnál nincs. Közúti vasútnál nyári időben viszont gyakran előfordulhat, az elmaradt karbantartás esetén;
- „Csikorgás gátló”⁵ felhegesztést nem alkalmaznak nagyvasúton;
- A közúti vasúti pályaszerkezetek sokfélesége miatt olyan pályaszerkezeti meghibásodások keletkeznek, amelyek nagyvasúton nem észlelhetők.

4.2. A közúti vasút sajátos avulási formái:

A vonalbejárásaim során tapasztalt jellegzetes közúti vasúti avulási formákat mutatom be ebben a fejezetben.

⁴ „Koronázás”= hevederes sínillesztés mellett a sínkorona összehegesztése

⁵ Kis sugarú ívek futófelületének felhegesztése Ellira vágányon járó hegesztőgép segítségével lásd. 1.2 fejezet

- *Petőfi híd sín dilatációs szerkezetének elektrokorróziója*



1. Fénykép: *Petőfi híd sándilatációs szerkezetének kóboráram okozta tönkremenetele*

A Petőfi hídi sín dilatációs készüléke, elfüstölt, elégett, kormosodott. Téli időben a latyakos víz befolyt az áram visszavezető kábelcsatorna szekrényébe, és az áram visszavezetés nem megfelelő kialakítása miatt egy elektrolit oldatot jött létre., amely elektrolízis során lebontotta (elhordta) a pályasín anyagát.

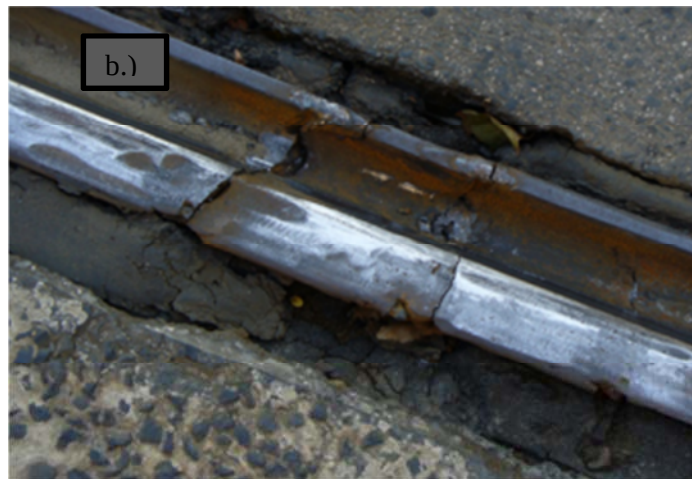
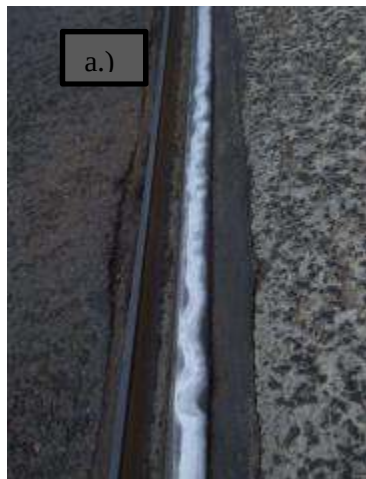
- *A járműkerék által felhasított vályúprofil lemez szél*

Pár éve a 17-es villamos vonalán nagypaneles vágányban felhajlott, kiálló vályú profillemezt a nyomkarima felszakított és a jármű padlósíkját átdöfte, szerencsére személyi sérülés nem történt.



6. Fénykép: *Felhajlott acél vályú profillemez*

- *Hullámos „Síncsavarodás”*



7. Fénykép: Hullámos „síncsavarodás” (a) és későbbi törése (b) a Szent Gellért téren

A Szent Gellért téri villamos megálló Móricz Zsigmond Körtér felőli gyalogos átkelőjében megfigyelt meghibásodás, amely a folyamatosan ismétlődő igénybevételek hatására eltört. A Gellért téren továbbá legyűrődéseket letöredezéseket is megfigyeltem, amelyek örvényáramos vizsgálata az **V. mellékletben** található.

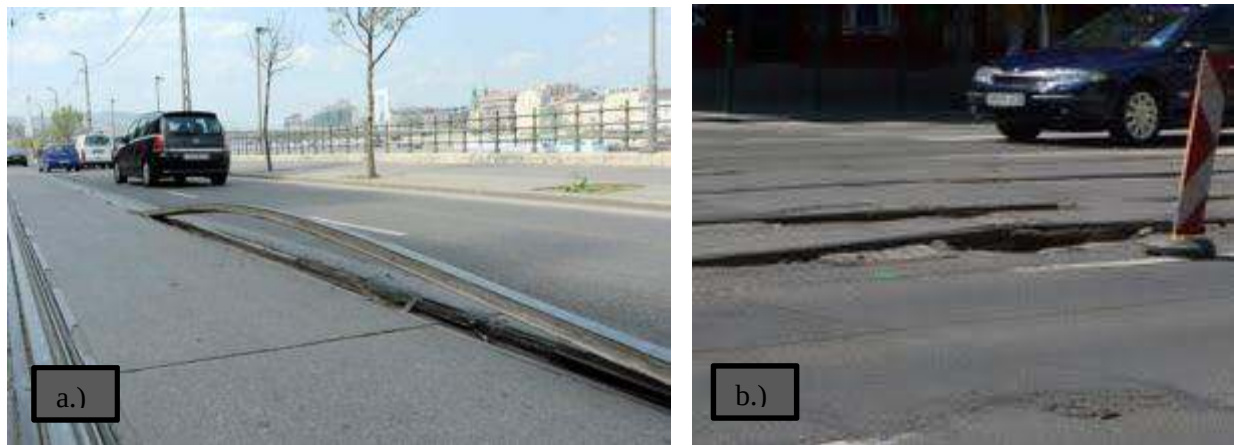
- *A vályúorr hullámos oldalkopása ívben*



8. Fénykép: A sínorr hullámos oldalkopása

A fenti meghibásodást a 14-es villamos vonalán a Deák Ferenc utca ívében vettem észre. A vályús sín szakállá oldalkopott, továbbá a jármű mozgásának köszönhetően hullámosan is deformálódott.

- *Függőleges kivetődés*



9. Fénykép: A sínszál függőleges kivetődés nagypaneles (a), és RAFS felépítményben.(b)

A nyári jelentős hőingadozások miatt, hő-feszültségek keletkeznek a sínszálban, és a vízszintes irányú korlátozott mozgási lehetőségek miatt, a sínszál függőlegesen vetődik ki.

- *Intenzív kopások*



10. Fényképek: (a) Oldalkopás legyűrődése ívben;(b) A sínfej legyűrődése;(c) A sínfej futófelületének lemezes legyűrődése;(d) Széles nyomcsatorna a sínfej kopása miatt

- Jelentős korrózió



11. Fényképek: Sínszálak jelentős korróziója

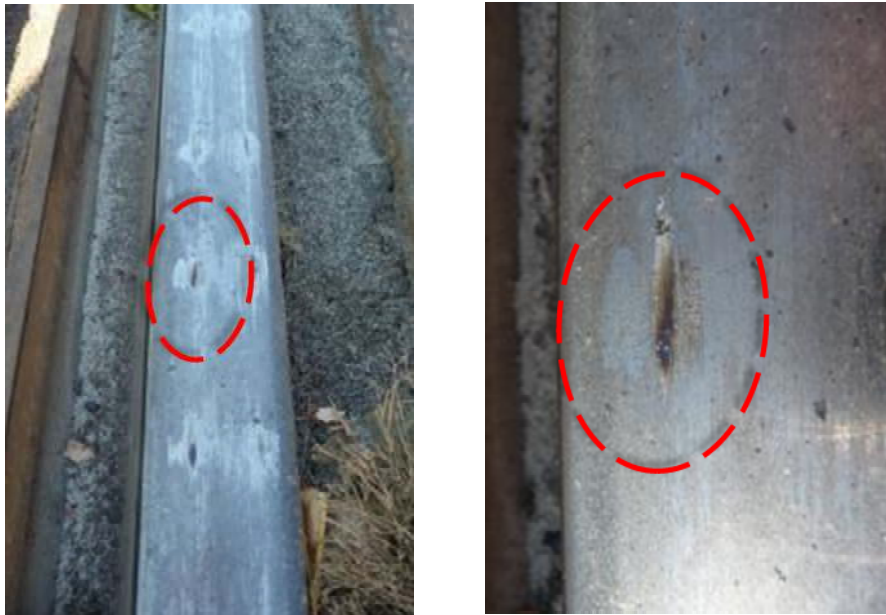
A megállóknban nagy mennyiségben felhalmozódó, el nem takarított homok minden vasanyag intenzív korrózióját okozza.

- egyéb avulási ok



12. Fénykép: Közmű meghibásodás okozta tönkremenetel

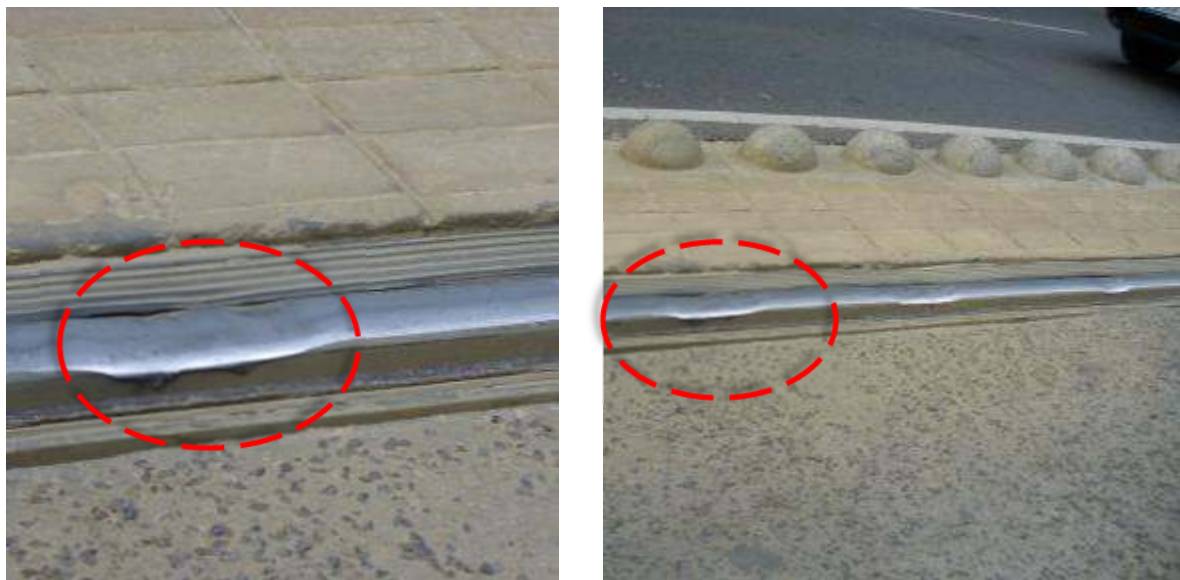
- *Hullámos kopás kiemelkedésein égett, kormos kipergés*



13. Fénykép: Hullámos kopás hullámhegyeinek kipergése

Ezt a jelenséget Kelenföldön figyeltem meg a 49-es villamos végállomásánál. Valószínűleg a hirtelen erőteljesebb indulás miatt keletkezhetett. A sínfék hozzáérhetett a futófelülethez.

- *Jelentős nagyságú periodikus kivölgyelődés a sínkoronán*



14. Fénykép: Periodikus kivölgyelődés a sínkoronán

A meghibásodást a 4-6-os villamos vonalán figyeltem a 32-esek terén. A fenti kivölgyelődések egymás után periodikusan ismétlődnek.

5. Összefoglalás:

A közúti villamos vasutak jellegzetes avulási jelenségeinek feltárásához szükséges egyrészt a nagyvasúton jellemző romlási folyamatok ismerete, továbbá fontos ismerni a közúti vasutaknál alkalmazott felépítmények szerkezeti kialakítását, építési és fenntartási technológiáját, s a gyakorlati tapasztalatok alapján meghatározott mérettűréseket. Mindezekon túl a pályát nem lehet önmagában kezelni, hanem a pálya és a jármű együttes rendszerében kell vizsgálni az avulási folyamatot, hiszen kölcsönösen hatnak egymásra. Ezen ismeretek megszerzésére törekedtem, hogy alapul véve a nagyvasúti avulási folyamatokat, leírjam a közúti vasutak jellegzetes romlási folyamatait.

A gyalogos vonalbejárások alkalmával az alábbi a nagyvasúttól eltérő avulási módokat állapítottam meg:

Nagypaneles vágány esetén:

- A nagypaneles vágány vályú profillemmezének törése, felhajlása, a kerekeken kialakuló álnyomkarima hatására, jellemzően a hegesztések közelében;
- Szorító gumiszalag tönkremenetele, a vályú profillemmez elhasználódása miatt;
- A sínszál függőleges kivetődése;
- Intenzíven jelentkező sínlegyűrődések
- Nagypanelok felületének felhámplása közúti forgalom esetén;
- Panelek billegő mozgása, csatlakozásoknál, „pumping hatás”, további erőteljes süllyedések

RAFS felépítménycsalád:

- Vályúorr törése, kihajlása;
- A vályúorr alján, a vízelvezető nyílás elszennyeződése okozta meghibásodások;
- Hullámos síncsavarodás
- A sínkorona head-check szerű fáradási meghibásodásai;
- Ágyazó gumiszalag és csatlakozó vágány burkolatának tönkremenetelei;
- Homokszennyeződés okozta intenzív avulás (főként a síngerinc és sántalp lemezes és egyéb korróziója)
- régi járműkonstrukció esetén hirtelen indulási kerékkipörgés okozta sínfej sérülés.

Nyitott zúzottkő ágyazatú keresztaljas felépítmény esetén a nagyvasúttal meg egyező avulási jelenségeket tapasztaltam, amelyek a szakirodalomban részletesen fellelhetők, ezek ismertetésétől eltekintek.

Mindezekén túl megfigyeltem, hogy oldalsó vezetésű nyitott zúzottkő ágyazatú felépítmény esetén, a közúthoz közelebbi vágány ágyazata, könnyebben és előbb elszennyeződik, mint a közúttól távolabbi vágány.

A fenntartási hiányosságokon túlmenően gyakoriak sajnos a vasanyagú szerkezeti elemek, pályatartozékok lopása is. Pl. Kitérőknél, gyakran hiányzik a váltófűtés-szekrényének, és rudazat-védő szekrényeknek, továbbá az áramvisszavezető kábelcsatlakozás dobozának fedele.

Továbbá célkitűzésem, hogy a budapesti villamoshálózat állapotfelmérése alapján egy olyan módszert dolgozzak ki, amellyel a vágánygeometria romlása, a vágány elemeinek élettartama kiszámítható; a vágány fenntartási és felújítási igénye, módja, és időpontja tervezhető, továbbá a pályafenntartás optimális költsége becsülhető legyen.

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Pintér József: A vasúti felépítmény fenntartása. Közlekedési Dokumentációs Vállalat. Budapest, 1991.
- [2] Dr. Horváth Ferenc (szerk.): Vasútépítés és pályafenntartás II. kötet. Korszerű vasút–Korszerű vasúttechnika sorozat. Magyar Államvasutak Rt. Budapest, 1999.
- [3] Dr. Nagy József (szerk.): A vasúti pálya építési és fenntartási módszerei. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982.
- [4] Esveld, Coenraad: Modern Railway Track. Second Edition. Delft University Technology. Dior Zwarthoed-van Nieuwenhuizen, Delft 2011.
- [5] Dr. Vaszary Pál-Kiss Ferenc: Vasúti pályafenntartás , Tankönyvkiadó, Budapest 1990.
- [6] Dr. Vaszary Pál-Kummer István: Vasúti pályafenntartás kézirat Tankönyvkiadó Budapest 1978
- [7] Dr. Kormos Gyula: Vasúti pályafenntartás. Előadási jegyzet kézirat, Budapest 1994.
- [8] Dr. Kormos Gyula: Vasútépítés és fenntartás. Előadásdiák, Budapest 2010
- [9] Dr. Kormos Gyula: A vasúti pálya és üzemi kérdései. VAMAV előadássorozat Gyöngyös, 2011. január-március
- [10] Dr. Kecskés Sándor Vasúti Üzem Műegyetem Kiadó 1995
- [11] Dr. Bocz Péter Diplomamunka kézirat
- [12] BKV Zrt. Villamos vágányhálózat vonaligazoló és váltólakatos kézikönyv. BKV Zrt. Budapest 2006
- [14] BKV Zrt. Közúti vasúti pályaépítési és fenntartási műszaki adatok és előírások BKV Zrt. Budapest 2000
- [15] Dr. Bernhard Lichtberger: Handbuch gleis, Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit. Tetzlaff Verlag GmbH. & KG 2003
- [16] Dr. Kaznczy László Városi vasutak. Előadás jegyzet
- [17] BKV Zrt. Részletes technológiai utasítás a nagypaneles, tömörsínes, szorítógumis sínleerősítésű felépítmény tervezésére és fenntartására. BKV Zrt Budapest 1989

MELLÉKLETEK:

I.	<i>Melléklet:</i>	<i>Az állapotfelmérés válogatott képei</i>	62
II.	<i>Melléklet:</i>	<i>Kerékmegcsúszás mérés jegyzőkönyvei, táblázatai.....</i>	115
III.	<i>Melléklet:</i>	<i>A kerékmegcsúszási kísérletek videó melléklete.....</i>	118
IV	<i>Melléklet:</i>	<i>USB-s digitális mikroszkóppal készített felvételek</i>	120
V	<i>Melléklet:</i>	<i>Örvényáramos mérések.....</i>	128
VI.	<i>Melléklet:</i>	<i>Diplomakonzultációs lap.....</i>	130

I. Melléklet

Az állapotfelmérés válogatott képei



Nagypaneles felépítmény

Az állapotfelmérés válogatott képei

Tömbsín meghibásodásai:



24. ábra:

*A sínfej futófelületének
kitöredezése gyártási hiba miatt.*

Helyszín:

14-es villamos Lehel tér



25. ábra:

*Írányhibás tömbsín hegesztés,
továbbá eltört acél síncsatorna.*

Helyszín:

14-es villamos Szent István tér



26. ábra:

*Írány és fekszinthibás tömbsín
hegesztés.*

Helyszín:

*14-es villamos Szakorvosi
rendelő*

Tömbsín meghibásodásai:



27. ábra:

*A tömbsín törése, és süllyedése.
A képen látható betéttuskó
csavarral van összehegesztve.*

Helyszín:

*14-es villamos Szülőotthon
megállóhely*



28. ábra:

*Tömbsín vezetőfelületének ki-
töredezése.*

Helyszín:

*12-es villamos Rákospalota,
Kossuth utca*

Tömbszín meghibásodásai:



29. ábra:

A tömbszín nem nyomoldali élének legyűrődése.

Helyszín:

28-es villamos Kőbánya alsó vasútállomás



30. ábra:

A tömbszín hullámos kopása. Fagykárosodott, lemorzsolódott, kitört panelszél. A sínfejen hullámos kopás, továbbá a sínszál megsüllyedt.

Helyszín:

3-es villamos Laky Adolf utca



31. ábra:

A tömbszín törése.

Helyszín:

2-es villamos Vigadó tér

Szorító gumiszalag tönkremenetelei:



32. ábra:

Hegesztés közelében elvert szorítógumi.

Helyszín:

42-es villamos Vas Gereben utca



33. ábra:

A szorító gumiszalag lokális kiövétele, továbbá töredezett hézagkiöntés.

Helyszín:

3-as villamos Ecseri út



34. ábra:

A sínszál lokális süllyedése. A síncsatorna alatti pályalemez elnyíródott, ami miatt a sínszál megsüllyedt.

Szorítógumi és az egyik oldali vályú profillemez hiányzik;

Tömb sín vályúorrának és külső szélének legyűrődése, letöredezése.

Helyszín:

51-es villamos Mester utca

Szorító gumiszalag tönkremenetelei:



35. ábra:

Fékező homok felhalmozódás a vályúorrban;

Tömbsín fejének kivölgyelődése, legyűrődése, kitöredezése a hegesztés felett; amely miatt az álnyomkarimás kerék elveri a síncsatorna külső szélét; a csatlakozó útpálya is rongálódik

Helyszín:

51-es villamos Bokréta utca



36. ábra:

Sínfej legyűrődése, kitöredezése, továbbá sérült, töredezett síncsatorna, és kiálló szorító-gumi

Helyszín:

51-es villamos Bokréta utca



37. ábra:

A sínszál lokális süllyedése, a síncsatorna alatti elnyíródott pályalemez miatt;

A sínkorona hullámos kopása;

Az acél síncsatorna hiányzik, a vasbeton pályalemez széle elverődött.

A hegesztés szelvényében a sínfej kivölgyelődése;

Helyszín:

51-es villamos Koppány utca

Az acél síncsatorna meghibásodásai:



38. ábra:

A hegesztés környezetében az álnyomkarima elverte a síncsatorna szélét.

Helyszín:

17-es villamos Kavics utca



39. ábra:

Az acél síncsatorna széle elverődött, töredezett és hiányos.

Helyszín:

14-es villamos Corvin utca



40. ábra:

Az acél síncsatorna széle elverődött, töredezett és hiányos.

Helyszín:

14-es villamos Szakorvosi rendelő

Az acél síncsatorna meghibásodásai:



41. ábra:

Az acél síncsatorna széle elverődött, töredezett és hiányos.

Helyszín:

14-es villamos Szakorvosi rendelő



42. ábra:

Felhasadt és kiálló vályú profil-lemez.

Helyszín:

28-as villamos Ónodi utca

A pályalemez meghibásodásai:



43. ábra:

A panel alól, egy nagy eső utáni száraz időben a villamos áthaladáskor feltör a víz.

Helyszín:

28-as villamos Kőbánya alsó vasútállomás



44. ábra:

Pályalemez mozgás, „pumping hatás”

Helyszín:

28-es villamos Szent László tér



45. ábra:

A középpanel felületi leválásai, a beton-vasak kilátszanak.

Helyszín:

28-es villamos Ónodi utca

A pályalemez meghibásodásai:



46. ábra:

Panel felületén hámlások fagykárak láthatók, továbbá kilátszik a vasalás.

Helyszín:

42-es villamos Hungária út



47. ábra:

A panelelem lokális süllyedése.

Helyszín:

17-es villamos Kavics utca

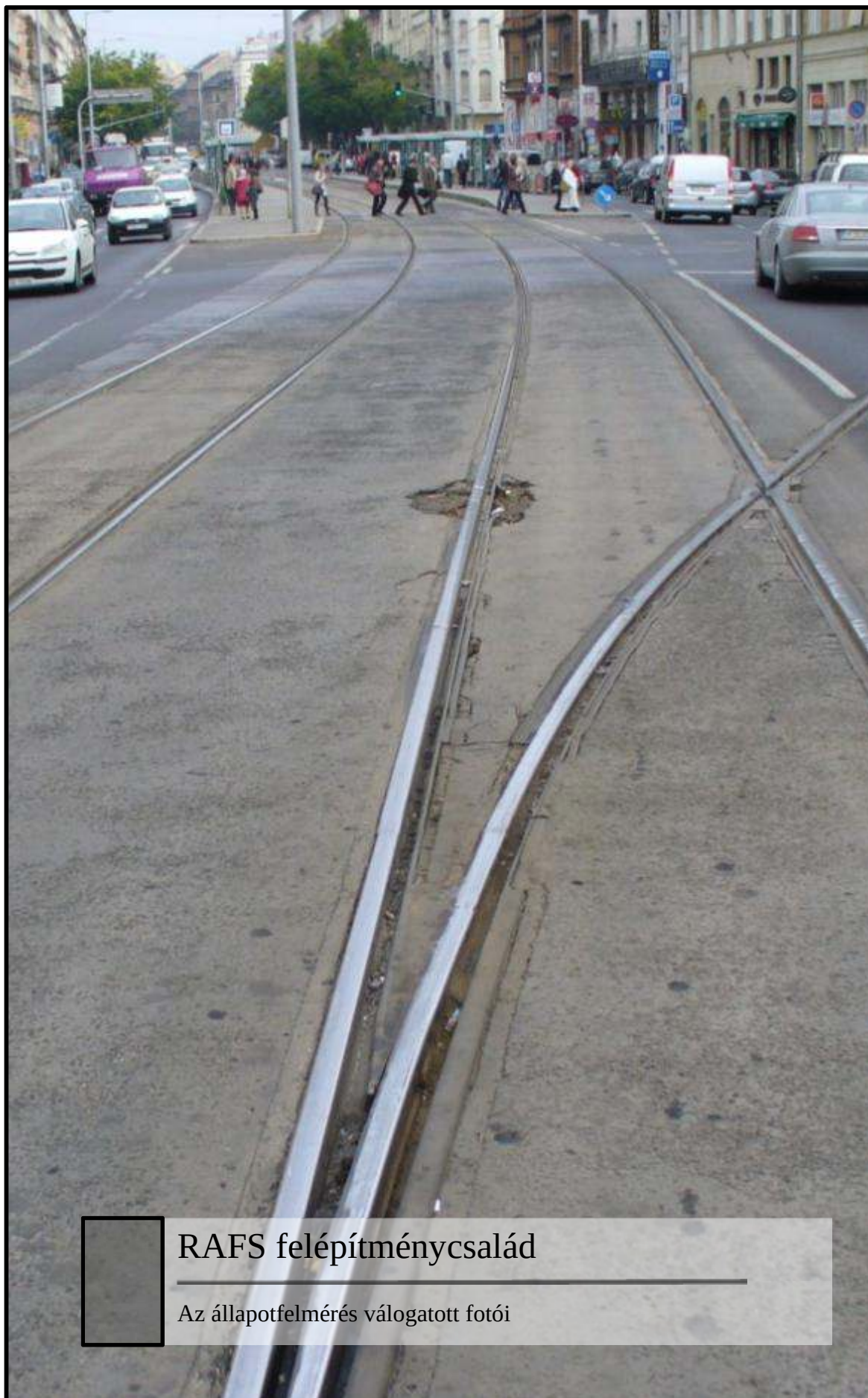


48. ábra:

Tönkrement panel elem.

Helyszín:

1-es villamos Óbudai rendelőintézet.



RAFS felépítménycsalád

Az állapotfelmérés válogatott fotói

Vályús sín meghibásodásai:



49. ábra:

Vályús sín jelentős magassági kopása, a vályúorr alja fényes, mert a nyomkarima koptatja, azon jár.

Helyszín:

14-es villamos Lehel tér



50. ábra:

Vályús sín oldalkopott „szakállának” hullámos kopása.

Helyszín:

14-es villamos Deák Ferenc utca

Vályús sín meghibásodásai:



51. ábra:

Vályúorr eltörése és kihajlása.

Helyszín:

14-es villamos Deák Ferenc utca



52. ábra:

Vályús sín vezetőélének legyűrődése.

Helyszín:

*12-es villamos Rákospalota,
Kossuth utca*



53. ábra:

A sínfej legyűrődése.

Helyszín:

*12-es villamos Rákospalota,
Kossuth utca*

Vályús sín meghibásodásai:



54. ábra:

*A vályús sín vezetőélének
legyűrődési kitöredezése.*

Helyszín:

28-es villamos Blaha Lujza tér



55. ábra:

*Vályús sín vezetőélének kitöre-
dezése.*

Helyszín:

50-es villamos Határ út



56. ábra:

*A sínfej legyűrődése,
kitöredezése.*

Helyszín:

3-as villamos Ecseri út

Vályús sín meghibásodásai:



57. ábra:

*Vályúorr eltörése és kihajlása,
továbbá hiányzó oldalsó
gumiprofil*

Helyszín:

4-es villamos Boráros tér



58. ábra:

Kezdődő sínfej repedés;

Helyszín:

4-es villamos Mester utca



59. ábra:

*Mély kivölgyelődések a
futófelületen.*

Helyszín:

6-os villamos Corvin negyed

Vályús sín meghibásodásai:



60. ábra:

A vályús sín fáradásos törése;

Helyszín:

4-es villamos Petőfi híd Budai hídfő



61. ábra:

Sínfej fáradásos kitörése

Helyszín:

4-es villamos Petőfi híd Budai hídfő



62. ábra:

*A sínfej legyűrődése
kitöredezése, továbbá a szakáll
letörése.*

Helyszín:

4-es villamos Petőfi híd Budai hídfő

Vályús sín meghibásodásai:



63. ábra:

*A vályús sín fejének legyűrődési
kitöredezése.*

Helyszín:

51-es villamos Mester utca



64. ábra:

Nagyon széles nyomcsatorna.

Helyszín:

17-es Margit híd



65. ábra:

„Borotva éles” vályúorr.

Helyszín:

*59-es villamos Szent János
Kórház*

Vályús sín meghibásodásai:



66. ábra:

Eltömődött vályúorr víztelenítő nyílás.

Helyszín:

4-es villamos Király utca



67. ábra:

A „szakáll” kitörése (a sínorr peremének kitörése)

Helyszín:

4-es villamos Oktogon



68. ábra:

A vályúorr oldalkopása.

Helyszín:

4-es villamos Oktogon

Vályús sín meghibásodásai:



69. ábra:

Kagylós kopás a sínfejen.

Helyszín:

6-os villamos Blaha Lujza tér



70. ábra:

*Járósík fáradásos
tönkremenetele, kitöredezése.*

Helyszín:

4-es villamos Corvin negyed



71. ábra:

Elnyíródott hevedercsavar

Helyszín:

6-os villamos Corvin negyed

Ágyazó oldalsó-gumiprofil meghibásodása



72. ábra:

Kijött, és elvert oldalgumi.

Helyszín:

4-es villamos Nyugati Pu.



73. ábra:

*A „szakáll” lokális kitörése,
továbbá hiányzó oldalgumi.*

Helyszín:

4-es villamos Nyugati Pu.



74. ábra:

*Ágyazó oldalsó-gumiprofil
elverődése az álnyomkarima
által.*

Helyszín:

4-es villamos Nyugati Pu.

Bitumenes hézagkiöntés meghibásodása



75. ábra:

*Felszakadt bitumenes
hézagkiöntés.*

Helyszín:

14-es villamos Dévai utca



76. ábra:

*Töredezett és hiányos
bitumenes hézagkiöntés.*

Helyszín:

28-as villamos Teleki László tér



77. ábra:

Kitöredezett hiányos aszfalt.

Helyszín:

61-es villamos Déli Pu.

Bitumenes hézagkiöntés meghibásodása:



78. ábra:

Hiányos bitumenes kiöntés.

Helyszín:

4-es villamos Nyugati Pu.



79. ábra:

T9redezett bitumenes kiöntés.

Helyszín:

4-es villamos Nyugati Pu.

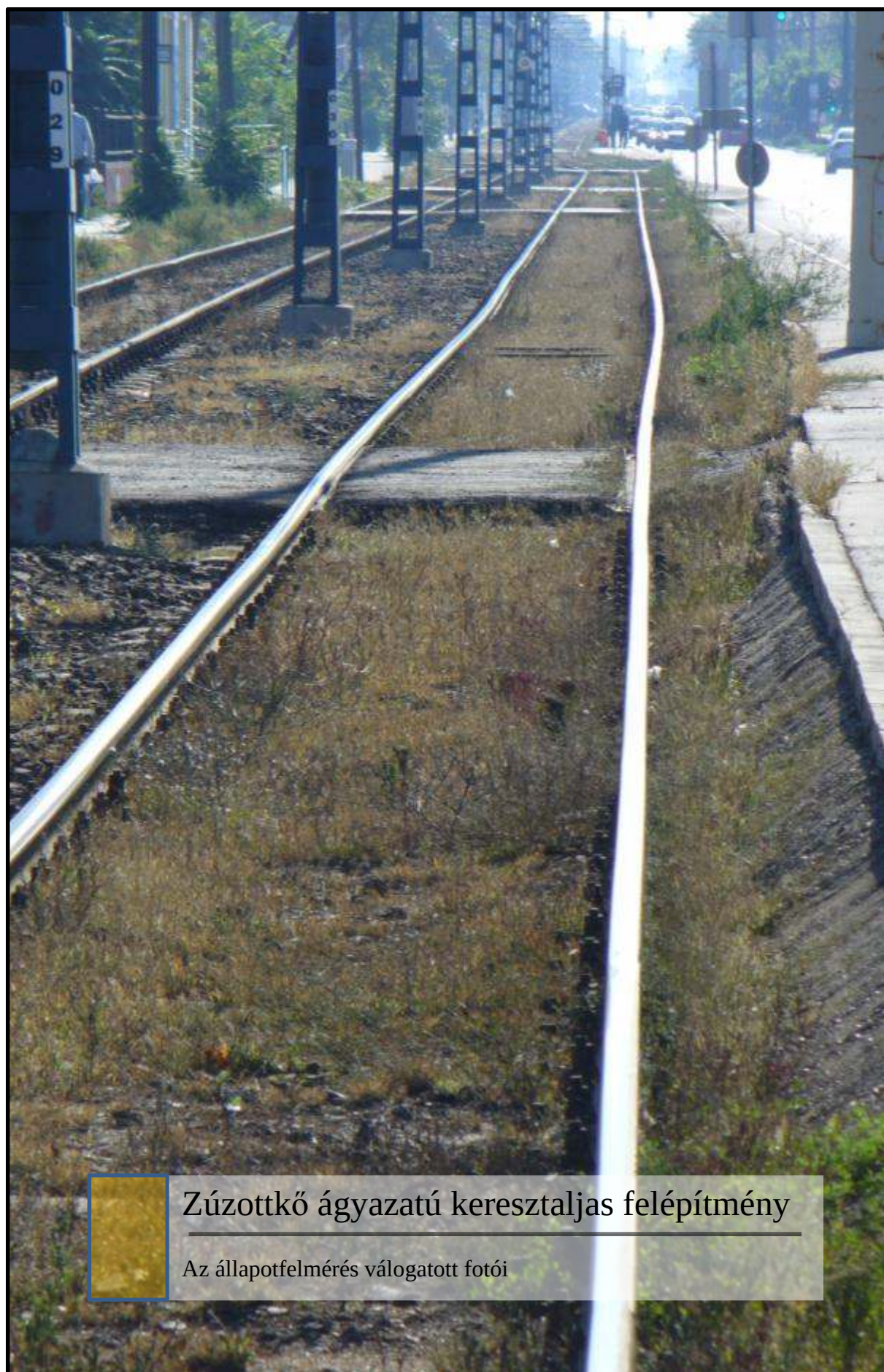


80. ábra:

Gumibitumenes hézagkiöntés szakadása..

Helyszín:

4-es villamos Blaha Lujza tér.



Zúzottkő ágyazatú keresztaljas felépítmény

Az állapotfelmérés válogatott fotói

Vignol sín meghibásodásai:



81. ábra:

*A síngerinc rozsdásodása
lemezes leválása;
Elszennyeződött ágyazat.*

Helyszín:

14-es villamos Fiastyúk utca



82. ábra:

*A síngerinc rozsdásodása
lemezes leválása;
Elszennyeződött ágyazat.*

Helyszín:

14-es villamos Rokolya utca



83. ábra:

A sín talp anyagának elkorrodálódása, így a leerősítés már nem fogja.

Helyszín:

14-es villamos Rokolya utca

Vignol sín meghibásodásai:



84. ábra:

*A sínfej külső szélének
legyűrődése és letörése*

Helyszín:

14-es villamos Rokolya utca



85. ábra:

*A síngerinc rozsdásodása
lemezes leválása;
Elszennyeződött ágyazat.*

Helyszín:

14-es villamos Gyöngyösi utca



86. ábra:

*A sín talp anyagának elkorrod-
álása, így a leerősítés már nem
fogja.*

Helyszín:

14-es villamos Rokolya utca

Vignol sín meghibásodásai:



87. ábra:

A megálló indítási szakaszán a hirtelen indítás miatt 1-2 mm mély gyűrődéses kivölgyelődés keletkezik.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsiszín megállóhely



88. ábra:

A hegesztés fölött kivölgyelődés

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsiszín megállóhely

Vignol sín meghibásodásai:



89. ábra:

Az ív külső oldalkopott alsó részének hosszúkás legyűrődése.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsiszín megállóhely



90. ábra:

Az előző kép nagyítva

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsiszín megállóhely



91. ábra:

Elkorodálódott sín talp.

Helyszín:

28-as villamos Ízraelita temető

Vignol sín meghibásodásai:



92. ábra:

Oldalkopott sínfej alján lemezes leválás, továbbá elrepedt sín-talp.

Helyszín:

*3-as villamos
Közterületfenntartó Zrt.*



93. ábra:

*A sínfej külső oldalának
legyűrődése.*

Helyszín:

3-as villamos Mexikói út.



94. ábra:

Elkorodálódott sín-talp és gerinc.

Helyszín:

3-as villamos Kerékgyártó utca

Vignol sín meghibásodásai:



95. ábra:

*Rozsdás, és elkorodálódott
síntalp és gerinc.*

Helyszín:

*69-es villamos Újpalota
Erdőkerülő utca.*



96. ábra:

*Rozsdás, és elkorodálódott
síntalp és gerinc.*

Helyszín:

*69-es villamos Újpalota
Erdőkerülő utca.*



97. ábra:

Elkorodálódott síntalp, és gerinc.

Helyszín:

*69-as villamos Rákospalota,
MÁVtelep*

Vignol sínillesztések meghibásodásai:



98. ábra:

A csatlakozó sínvég járósíkjának legyűrődése, letöredezése a külső oldalon.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsisín megállóhely



99. ábra:

A csatlakozó sínvég járósíkjának külső részén legyűrődések, letöredezések.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsisín megállóhely



100. ábra:

A futófelület pikkelyszerű legyűrődése.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsisín megállóhely

Vignol sínillesztések meghibásodásai:



101. ábra:

A csatlakozó sínvég futófelületének legyűrődése, letöredezése, továbbá hibás hegesztés kitörései.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsisín megállóhely



102. ábra:

A fenti hegesztésnek a másik oldala. A hegesztés hibás.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsisín megállóhely

Vignol sínillesztések meghibásodásai:



103. ábra:

A csatlakozó sínvég járósíkjának kitöredezése.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsisín megállóhely



104. ábra:

A fenti sínillesztés a futófelület oldaláról.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsisín megállóhely



105. ábra:

A futófelület pikkelyszerű legyűrődése.

Helyszín:

50-es villamos Határ út

Vignol sínillesztések meghibásodásai:



106. ábra:

Hibás hegesztés. A hegesztéshez túl közel van a hevederlyuk, ami miatt repedések keletkeztek.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsiszín megállóhely



107. ábra:

A csatlakozó sínvég futófelületének pikkelyszerű legyűrődése

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsiszín megállóhely



108. ábra:

Elverődött sínvégek

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsiszín megállóhely

Leerősítések meghibásodása:



109. ábra:

Rozsdás alátétlemez, és sín talp lemezes leválásokkal.

Helyszín:

14-es villamos Fiastyúk utca



110. ábra:

Törött kettős csava biztosító gyűrűk

Helyszín:

14-es villamos Rokolya utca



111. ábra:

Elrozsdásodott alátétlemez.

Helyszín:

14-es villamos Angyalföldi kocsisín megállóhely

Leerősítések meghibásodása:



112. ábra:

Elnyíródott sín csavar.

Helyszín:

41-es villamos Repülőtér megálló



113. ábra:

Törött hármass csavar- biztosító gyűrű

Helyszín:

14-es villamos Óceán árok utca



114. ábra:

Elrozdásodott leerősítés.

Helyszín:

37-es villamos Asztalos Sándor utca

Leerősítések meghibásodása:



115. ábra:

Kihúzózott sínclips, és teljesen elkorhadt fabetét.

Helyszín:

41-es villamos Repülőtérről megálló



116. ábra:

Elferdült alátétlemez, és korhadt fabetét.

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek



117. ábra:

A leerősítés elemei hiányoznak.

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek.

Leerősítések meghibásodása:



118. ábra:

*A síntalp csiszolja az alátét-
lemezt.*

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek



119. ábra:

*Síntalp kitörése a síncsavar
alatt.*

Helyszín:

41-es villamos Fülőke utca



120. ábra:

*Korhadt fabetét „B” jelű
betonraljban.*

Helyszín:

*41-es villamos pályából kivett
aljnál.*

Leerősítések meghibásodása:



121. ábra:

Hiányzó síncsavar, és elfordult gumialátét.

Helyszín:

*3-as villamos
Közterületfenntartó Zrt.*



122. ábra:

Elkorrodálódott leerősítés.

Helyszín:

3-as villamos Fertő utca



123. ábra:

*A síncsavar a sínszál mozgása
következtében csiszolja a
síntalpat. Meglazult leerősítés
miatt a síntalp hozzáverődik az
alátétlemezhez.*

Helyszín:

*3-as villamos Finommechanikai
Zrt.*

Keresztaljak meghibásodásai:



124. ábra:

Elhajlott kitérő talpfa

Helyszín:

*14-es villamos Angyalföldi
kocsisín megállóhely*



125. ábra:

Repedezett, elkorhadt, üreges
talpfa

Helyszín:

*69-es villamos Rákospalota,
MÁV telep*



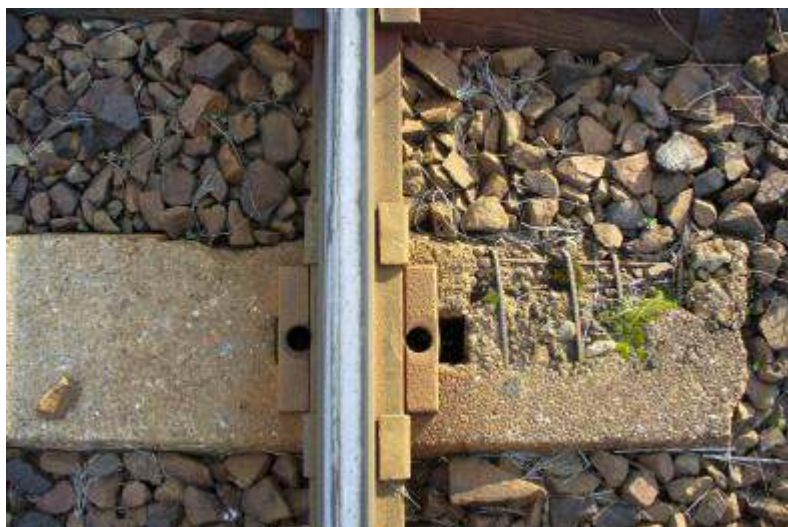
126. ábra:

Sérült U jelű betonalj.

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek

Keresztaljak meghibásodásai:



127.ábra:

Kilátszó betonvasak az alj szélén a fagykárosodott felületből, továbbá kihúzódt a sínsvár, és teljesen elkorhadt fabetét.

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek



128.ábra:

Fagykárosodot „U” jelű vasbetonalj

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek

Keresztaljak meghibásodásai:



129.ábra:

Az "U" jelű vasbeton alj fellovaglásos törése, (az alj középső része felfekszik az ágyazatra, ami miatt eltörik)

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek



130.ábra:

Kitöredezett fagykárosodott felületű „E” jelű vasbeton alj.

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek



131.ábra:

„Kardosodott” (meghajlott) faaljak hevederes illesztésnél

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek.

Keresztaljak meghibásodásai:



132.ábra:

Talpfa hasadása, repedése a síncsavartól kiindulva.

Helyszín:

41-es villamos Fülőke utca



133.ábra:

„U” jelű vasbeton alj elnyíródása közvetlenül a síntalp mellett.

Helyszín:

41-es villamos Pék utca



134.ábra:

Eltört „U” jelű alj

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek és Balatoni út megállóhelyek között

Keresztaljak meghibásodásai:



135.ábra:

Kis sugarú ívben (lásd a lap alján lévő képen), sugarirányban elmozdult aljak.

Helyszín:

41-es villamos Budafoki elágazás



136.ábra:

A kis sugarú ív irányhibája és a járművek többlet igénybevételei miatt az aljak elmozdulnak sugar irányban.

Helyszín:

41-es villamos Budafoki elágazás

Ágyazat tönkremenetele:



137. ábra:

Vízcsák mindkét közlekedő irányban.

Helyszín:

14-es villamos Frangepán utca



138. ábra:

Elszennyeződött ágyazat az útátjáró közelében.

Helyszín:

14-es villamos Fiastyúk utca



139. ábra:

Elhomokosodott ágyazat megállóhelyen.

Helyszín:

14-es villamos Gyöngyösi utca

Ágyazat tönkremenetele:



140. ábra:

Elszennyeződött ágyazat. "Füves vágány"

Helyszín:

12-es villamos Rákospalota, Kossuth utca



141. ábra:

Elszennyeződött ágyazat megállóhelyen. A kihullott homok sínkoronaszintig ér.

Helyszín:

28-es villamos Könyves Kálmán körút

Ágyazat tönkremenetele:



142. ábra:

*Elszennyeződött ágyazat az
útátjáró közelében.*

Helyszín:

28-es villamos Gitár utca



143. ábra:

*A megállóhely elhomokosodása.
Továbbá az út felőli vágány
elszennyeződése.*

Helyszín:

28-es villamos Kada utca



144. ábra:

El homokosodott ágyazat ívben.

Helyszín:

28-as villamos Új köztemető

Ágyazat tönkremenetele:



145.ábra:

Elszennyeződött ágyazat, a villamos írtja a növényeket.

Helyszín:

37-es villamos Hidegkuti Nándor Stadion



146.ábra:

A közút felőli vágány elszennyeződött.

Helyszín:

50-es villamos Kemény Zsigmond utca



147.ábra:

Elszennyeződött ágyazat.

Helyszín:

61-es villamos Buda Gyöngye

További szerkezeti elem meghibádodások:



148.ábra:

Nyomtávtartó rúd csavar-
anyagjának és támlemezének
kilazulása, lerázódása.

Helyszín:

41-es villamos Kőérberek



149.ábra:

Meggörbült nyomtávtartó rúd.

Helyszín:

41-es villamos Kelenvölgy



150.ábra:

Kilazult nyomtávtartó rúd
csavar anyája továbbá a tám-
lemez szabadon mozog.

Helyszín:

41-es villamos Repülőtér



Betonlemezre ragasztott felépítmény

Az állapotfelmérés válogatott fotói

Ragasztott feléptmény tönkremenetele:



151. ábra:

Csavarbiztosító gyűrűk törése, és az alátétlemez elkorrodálódása, és berágódása a műgyanta aláöntésbe.

Helyszín:

14-es villamos Gyöngyösi utca



152. ábra:

Hiányzó lehorgonyzó csavar, és eltört csavarbiztosító gyűrű.

Helyszín:

14-es villamos Gyöngyösi utca



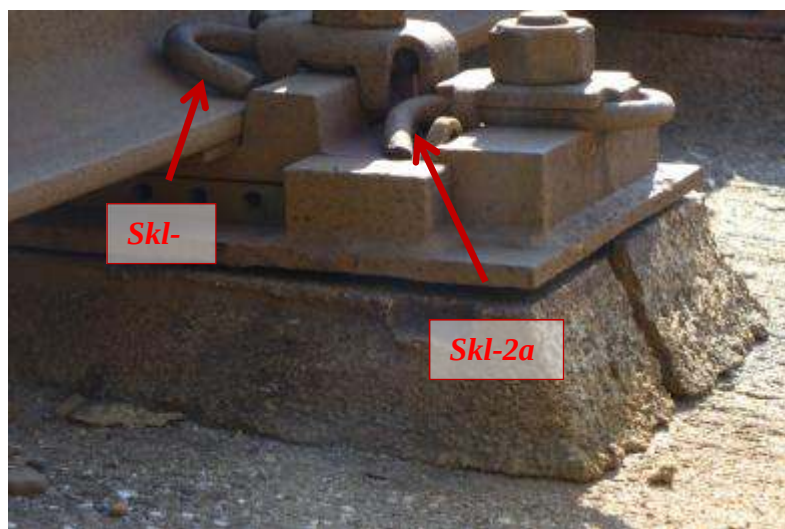
153. ábra:

Kettéhasadt alátömékelés.

Helyszín:

14-es villamos Pozsonyi utcai felüljáró

Ragasztott feléptmény tönkremenetele:



154. ábra:

Kettéhasadt alátömékelés és felvált alaplemez.

Helyszín:

14-es villamos Pozsonyi utcai felüljáró



155. ábra:

Hiányzó szorítórugó és csavaranya.

Helyszín:

14-es villamos Pozsonyi utcai felüljáró



156. ábra:

Kilazult szorítórugó.

Helyszín:

14-es villamos Atlétikai Stadion

Ragasztott felépítmény tönkremenetele:



157.ábra:

Szorító kengyel (Skl 2a) törése.

Helyszín:

14-es villamos Atlétikai Stadion



158.ábra:

Kirázódott leerősítés.

Helyszín:

14-es villamos Atlétikai Stadion



159.ábra:

Kettétört leszorító lemez.

Helyszín:

14-es villamos Atlétikai Stadion

II. Melléklet

Kerékmegcsúszás mérés jegyzőkönyvek és táblázatok

Indulás az üzemi körülményeknek megfelelően

Homokszórás: nincs

Mérés száma:	Videó neve	Kezdőpont video [cm]	Kezdőpont mérés [cm]	Az új kezdőpont video	Az új kezdőpont mérés	Abszolút megcsúszás videó [cm]	Abszolút megcsúszás kézi mérés [cm]
1.*	11A1	299	297				
	11A1V			293,8	293,5	5,2	3,5
2	11A2	293,8	293,5				
	11A2V			291,8	291,6	2	1,9
3.	-	291,8	291,6				
	11A3V			288,6	-	3,2	-
4	11A4	288,6	288,6				
	11A4V			286,8	286,5	1,8	2,1

átlag: 1,9 2

***Adatrögzítési hiba miatt nem összetartozó adatpárok**

Tempós indulás

Homokszórás: nincs

Mérés száma:	Videó neve	Kezdőpont video [cm]	Kezdőpont mérés [cm]	Az új kezdőpont video	Az új kezdőpont mérés	Abszolút megcsúszás videó [cm]	Abszolút megcsúszás kézi mérés [cm]
1.	12A1	286,7	286,5				
	12A1V			285,5	285,2	1,2	1,3
2	12A2	285,5	285,2				
	12A2V			284,6	284,4	0,9	0,8

átlag: 1,05 1,05

Maximális erejű indulás

Homokszórás: nincs

Mérés száma:	Videó neve	Kezdőpont video [cm]	Kezdőpont mérés [cm]	Az új kezdőpont video	Az új kezdőpont mérés	Abszolút megcsúszás videó [cm]	Abszolút megcsúszás kézi mérés [cm]
1.*	13A1	284,5	284,4				
	13A1V			286,2	285,8	-1,7	-1,4
2	13A2	286,1	285,8				
	13A2V			283,6	283,3	2,5	2,5
3.	13A3V	283,6	283,3				
	13A3V			279,4	279,2	4,2	4,1
4	13A4	279,4	279,2				
	13A4V			276,8	276,7	2,6	2,5
átlag:						2,55	2,5

*** a villamos vezető üzemi féket használt**

Max indulás

Homokszórás: van, és ellenkező irányú indulás mint eddig

Mérés száma:	Videó neve	Kezdőpont video [cm]	Kezdőpont mérés [cm]	Az új kezdőpont video	Az új kezdőpont mérés	Abszolút megcsúszás videó [cm]	Abszolút megcsúszás kézi mérés [cm]
1.	11BH1		430,8				
					432		-1,2
2	11BH2		432				
					434		-2
átlag:							-1,6

**Indulási,- megállási helyeken a villamos vasúti kerekek
megcsúszásának vizsgálata, nagysebességű kamerával, a Száva kocsisínben:**

A mérés jellemzői:

Dátum: 2012.11.27

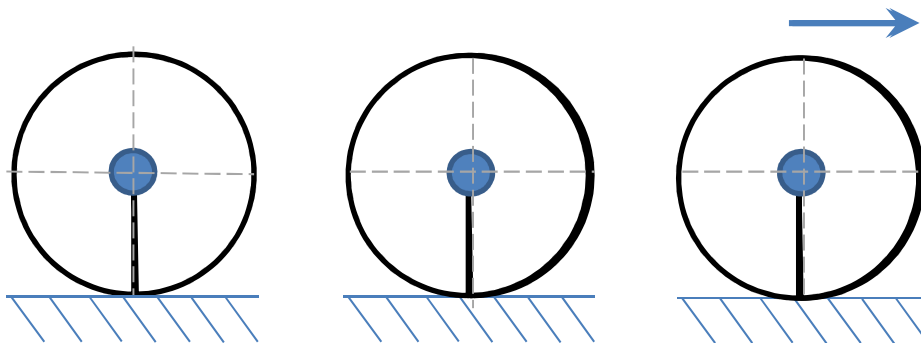
A mérés leírása: 1.1a

Indulás az üzemi körülményeknek megfelelően

Homokszórás: nincs

Mérés száma:	Kezdőpont [cm]	Új kezdőpont [cm]	Megcsúszás [cm]	Mérés jele:
1.	293,5			11A2
		291,6	1,9	11A2V
2.	291,6			11A3
		288,6	3,2	11A3V
3.	288,6			11A4
		286,5	2,1	11A4V

Indulás normál üzemi körülményeknek megfelelően, utána gurul nem fékez, amíg meg nem áll. Lassan indulva vissza a kiindulási pontra, átgurulva a kamera előtt.



Megjegyzések:

Jármű kerék kúpussága:

A jármű terheletlen, és sínleket használhat megálláskor.

**Indulási,- megállási helyeken a villamos vasúti kerekek
megcsúszásának vizsgálata, nagysebességű kamerával, a Száva kocsisínben:**

A mérés jellemzői:

Dátum: 2012.11.27

A mérés leírása: 1.2a

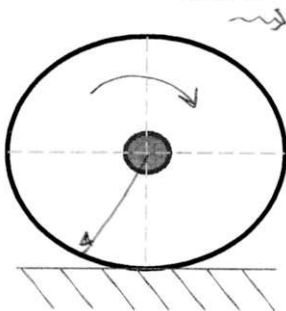
Tempós indulás

Homokszórás: nincs

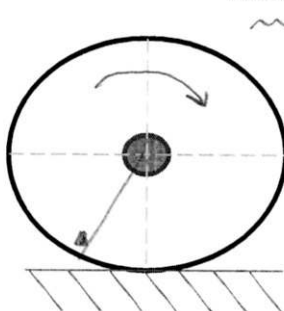
Mérés száma:	Kezdőpont [cm]	Új kezdőpont [cm]	Megcsúszás [cm]	Mérés jele:
1.	286,5			12A1
		285,2	1,3	12A1V
2.	285,2			12A2
		284,4	0,8	12A2V
3.				

Indulás normál üzemi körülményeknek megfelelően, utána gurul nem fékez, amíg meg nem áll. Lassan indulva vissza a kiindulási pontra, átgurulva a kamera előtt.

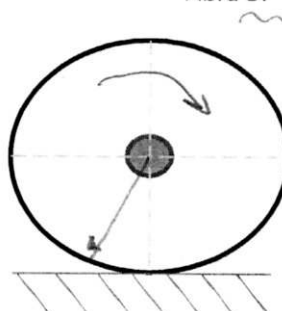
Ábra 1:



Ábra 2:



Ábra 3:



haladási irány

Megjegyzések:

Jármű kerék kúpussága:

Van lekapcsolva a controllerben

**Indulási,- megállási helyeken a villamos vasúti kerekek
megcsúszásának vizsgálata, nagysebességű kamerával, a Száva kocsiszínben:**

A mérés jellemzői:

Dátum: 2012.11.27

A mérés leírása: 1.3a

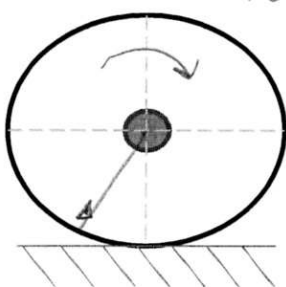
Maximális erejű indulás

Homokszórás: nincs

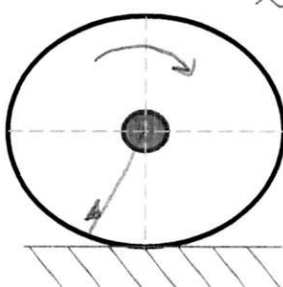
Mérés száma:	Kezdőpont [cm]	Új kezdőpont [cm]	Megcsúszás [cm]	Mérés jele:
1.	285,8			13A2
		283,3	2,5	13A2V
2.	283,3			13A3
		279,2	4,1	13A3V
3.	279,2			13A4
		276,7	2,5	13A4V

Indulás normál üzemi körülményeknek megfelelően, utána gurul nem fékez, amíg meg nem áll. Lassan indulva vissza a kiindulási pontra, átgurulva a kamera előtt.

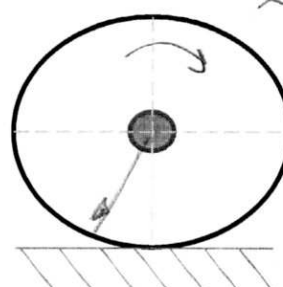
Ábra 1:



Ábra 2:



Ábra 3:



haladási irány

Megjegyzések:

Jármű kerék kúpussága:

**Indulási,- megállási helyeken a villamos vasúti kerekek
megcsúszásának vizsgálata, nagysebességű kamerával, a Száva kocsiszínben:**

A mérés jellemzői:

Dátum: 2012.11.27

A mérés leírása: 1.3b

Maximális erejű indulás

Homokszórás: van

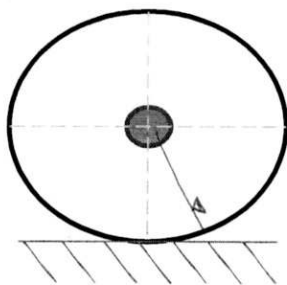
Mérés száma:	Kezdőpont [cm]	Új kezdőpont [cm]	Megcsúszás [cm]	Mérés jele:
1.	430,8			11BH1
		432	-1,2	
2.	432			11BH2
		434	-2	
3.				

Indulás normál üzemi körülményeknek megfelelően, utána gurul nem fékez, amíg meg nem áll. Lassan indulva vissza a kiindulási pontra, átgurulva a kamera előtt.

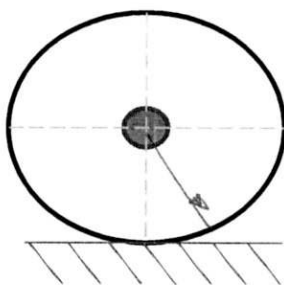
haladási irány



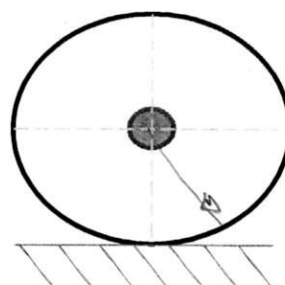
Ábra 1:



Ábra 2:



Ábra 3:



Megjegyzések:

Jármű kerék kúpussága:

Ebben az esetben ellenkező irányba gyorsultunk, mint az 11a - 13a, és emiatt negatívak a megcsúszási értékek.

Indulási,- megállási helyeken a villamos vasúti kerekek
megcsúszásának vizsgálata, nagysebességű kamerával, a Száva kocsiszínben:

A mérés jellemzői:

Dátum: 2012.11.27

A mérés leírása:

Maximális erejű fékeres homokszórással

Mérés száma:	Kezdőpont [cm]	Új kezdőpont [cm]	Abszolút megcsúszás [cm]	Mérés jele:
1.	—	—		21B1
2.	—	—		21B2
3.				

Fékerésnél csak videó mérés volt.

Megjegyzések:

Jármű kerék kúpussága:

**Indulási,- megállási helyeken a villamos vasúti kerekek
megcsúszásának vizsgálata, nagysebességű kamerával, a Száva kocsiszínben:**

A mérés jellemzői:

Dátum: 2012.11.27

A mérés leírása:

Maximális erejű fékezés homokolás nélkül

Mérés száma:	Kezdőpont [cm]	Új kezdőpont [cm]	Abszolút megcsúszás [cm]	Mérés jele:
1.	—	—		21a1
2.	—	—		21a2
3.				

A fékezés méréseknél csak a videó's mérés van, a szalagról nem olvastunk le.

Megjegyzések:

Jármű kerék kúpussága:

Indulási,- megállási helyeken a villamos vasúti kerekek megcsúszásának vizsgálata, nagysebességű kamerával, a Száva kocsiszínben:

A mérés jellemzői:

Dátum: 2012.11.27

A mérés leírása:

Lassu temporo! hirtelen rägyorsítai a kamera előtt homokotai nelli!

Mérés száma:	Kezdőpont [cm]	Új kezdőpont [cm]	Abszolút megcsúszás [cm]	Mérés jele:
1.	—			31A1
		—		
2.	—			31A2
		—		
3.				

Megjegyzések:

Jármű kerék kúpussága:

Indulási,- megállási helyeken a villamos vasúti kerekek megcsúszásának vizsgálata, nagysebességű kamerával, a Száva kocsisímben:

A mérés jellemzői:

Dátum: 2012.11.27

A mérés leírása:

Lassú tempótól hirtelen rágyorsítai a kamera előtt, homokszórással

Mérés száma:	Kezdőpont [cm]	Új kezdőpont [cm]	Abszolút megcsúszás [cm]	Mérés jele:
1.	—	—		3143
2.				
3.				

Megjegyzések:

Jármű kerék kúpussága:

III. Melléklet

A kerékmegcsúszási kísérletek videó melléklete

IV. Melléklet

USB-s digitális mikroszkóppal készített felvételek

IV. MELLÉKLET

Kálvin téren a sínfej felületi meghibásodásainak mikroszkópos felvételei



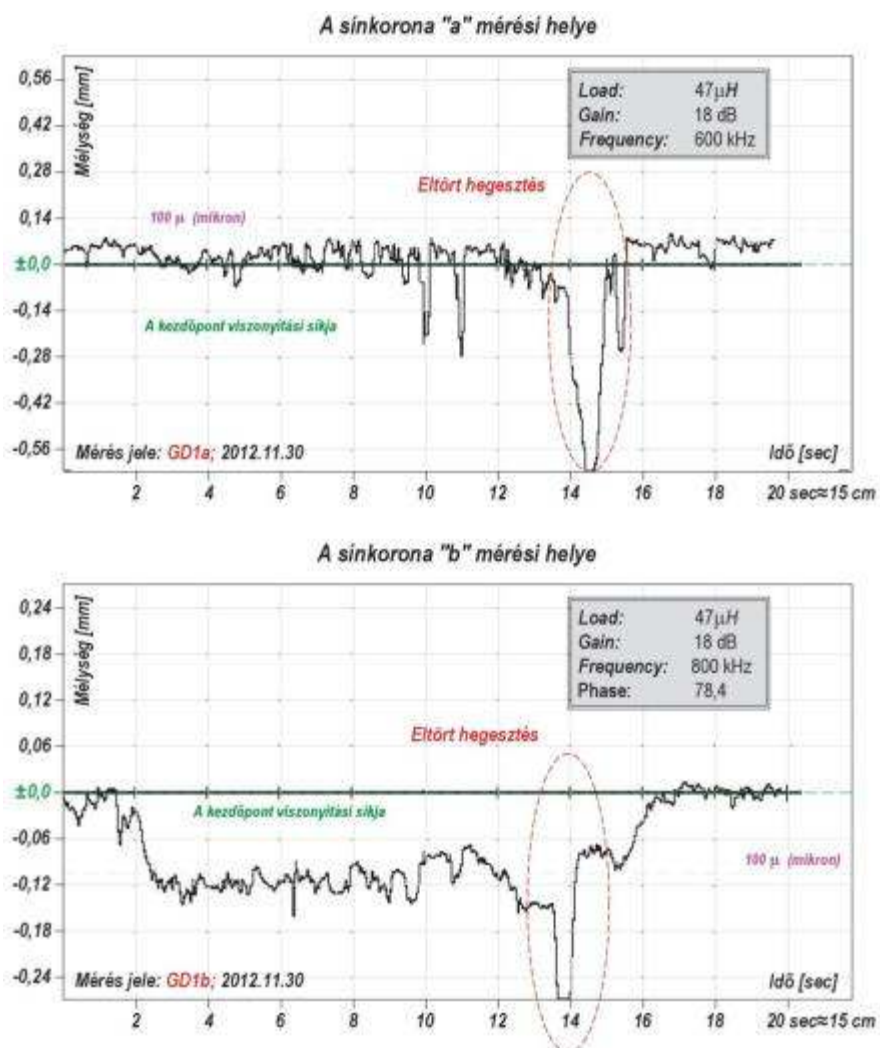
V. Melléklet

Örvényáramos mérések

Eltört csúcsín hegesztés:



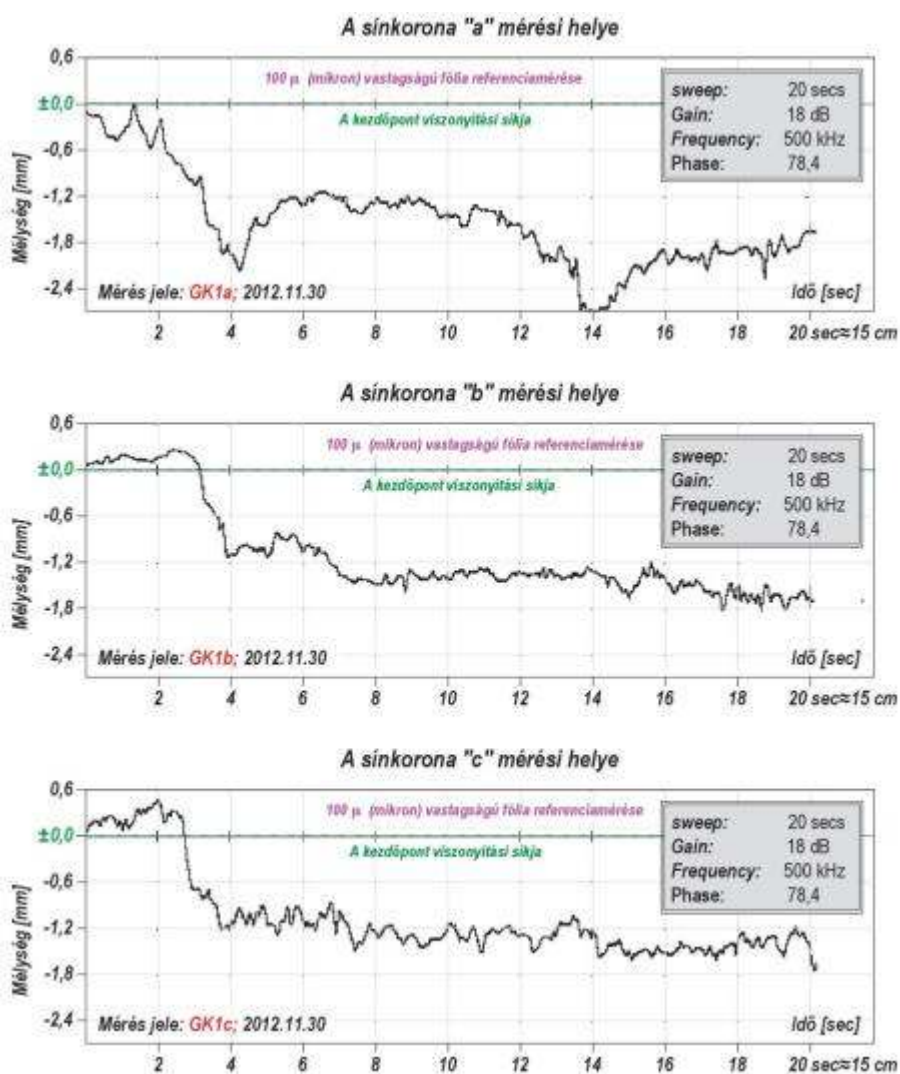
4. ábra: Csúcsín hegesztésének törése a Szent Gellért téren



Sínfej legyűrődési, letöredezése:



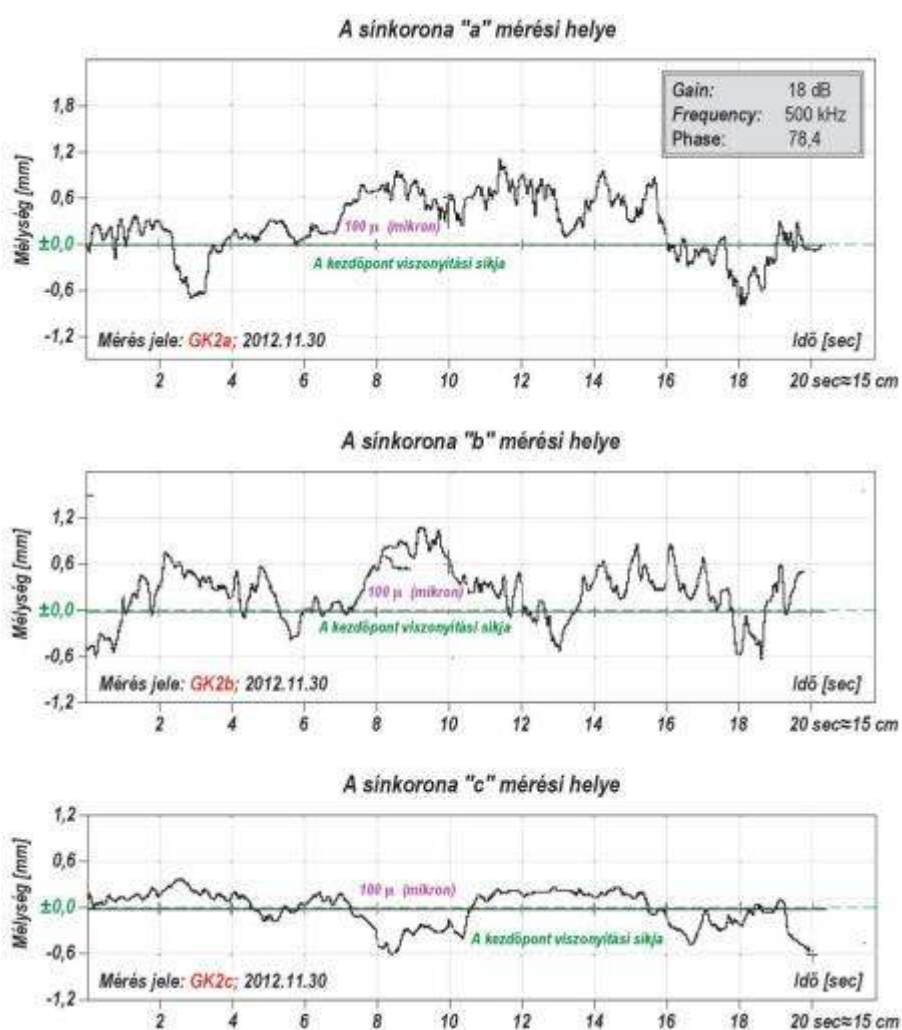
5. ábra: gyalogátkelő-hely Szent Gellért tér Ny-i oldalán



Sínfej legyűrődése „hullámosodása”



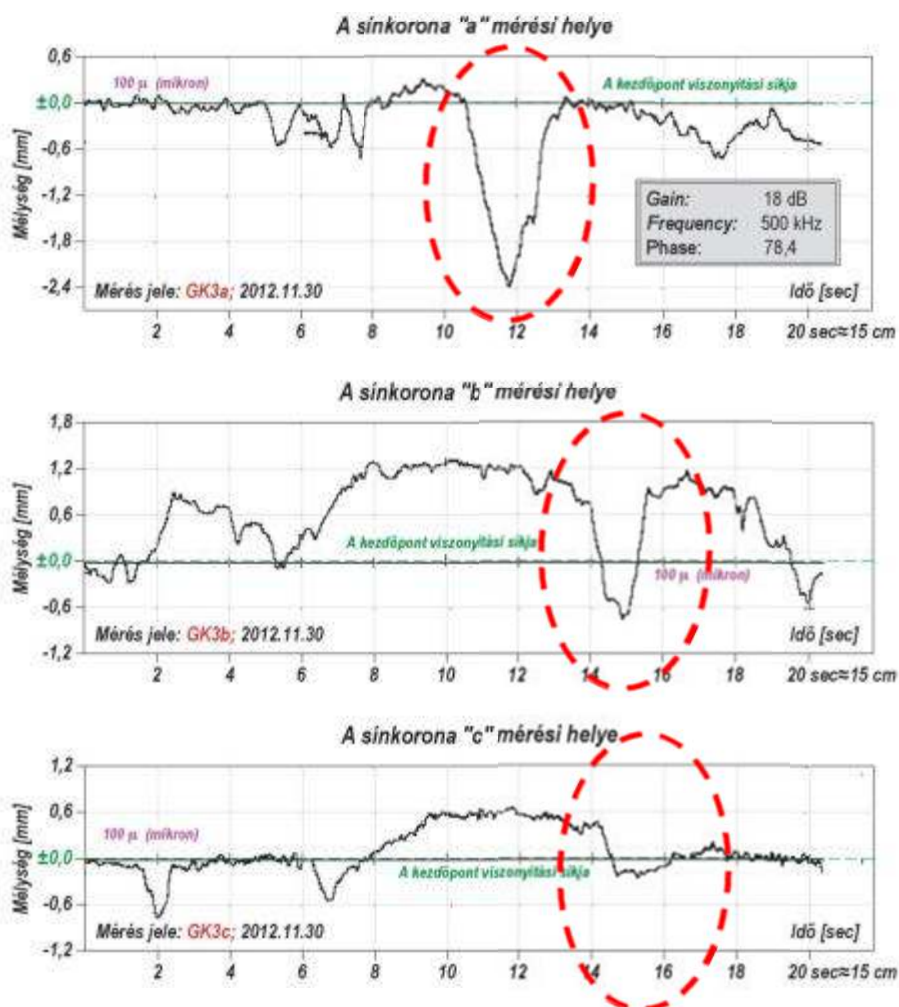
7. ábra: Az első hajtott forgóváz megállási helye Szent Gellért téren Kelenföld felé



Sínfej legyűrődése „hullámosodása”:



8. ábra: A második hajtott forgóváz megállási helye Szent Gelért téren Kelenföld felé



Hiányos feltöltő ívhegesztés:



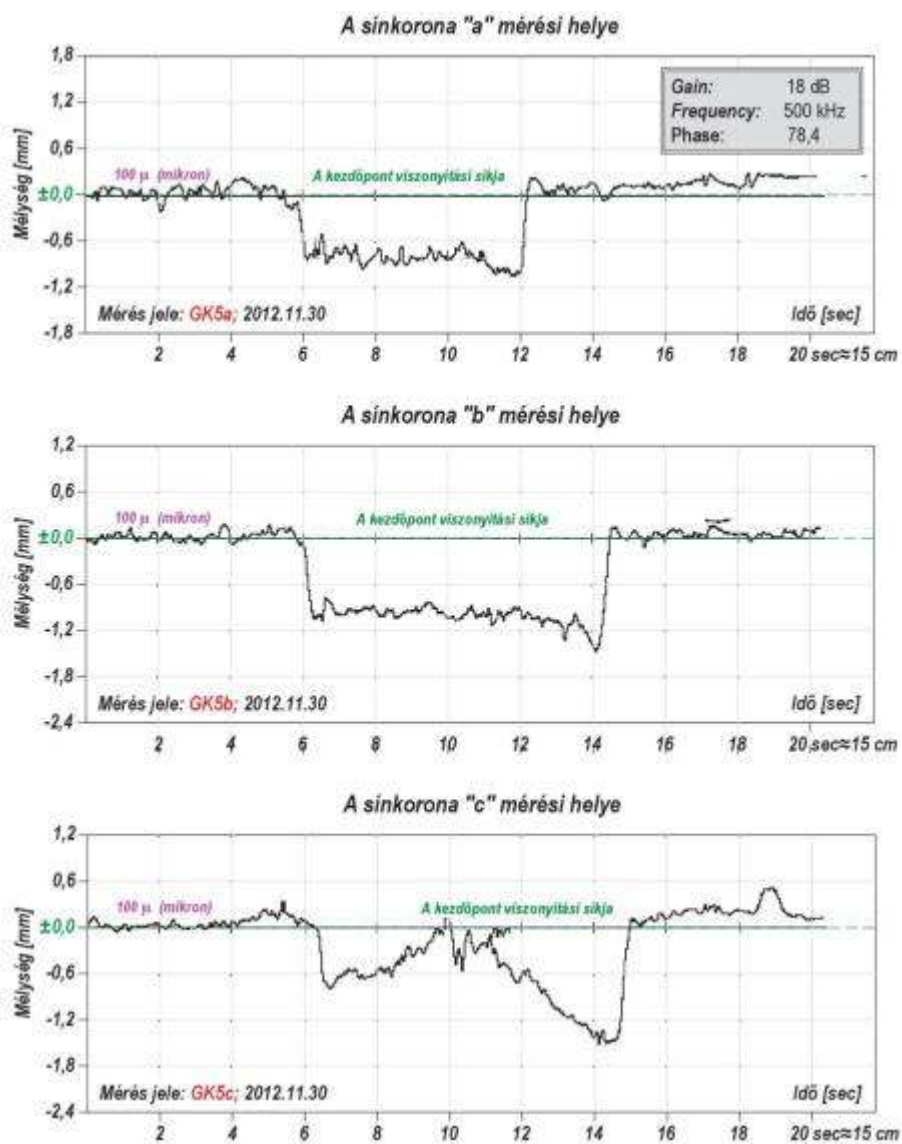
9. ábra: Felépítményváltás Szent Gellért tér (sínfej felhegesztése két oldalról)



Hegesztés ellenőrzése:



10. ábra: hegesztés a Szabadság-híd felöli ívben

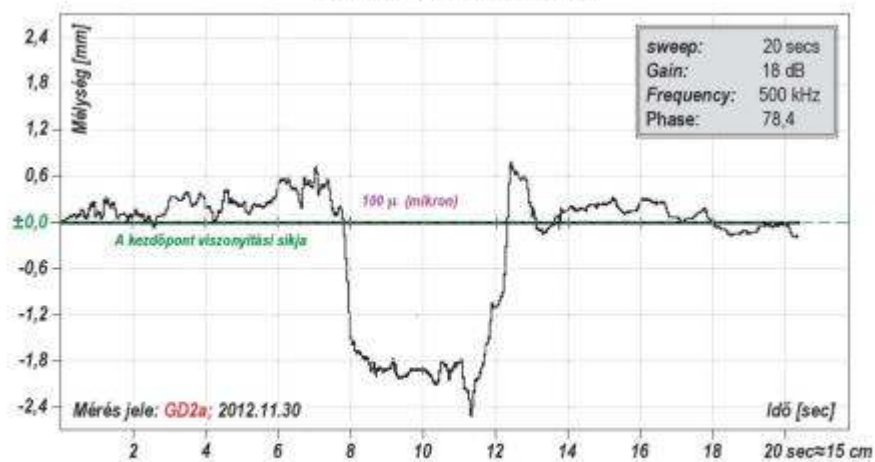


Hajszálrepedt hegesztés:

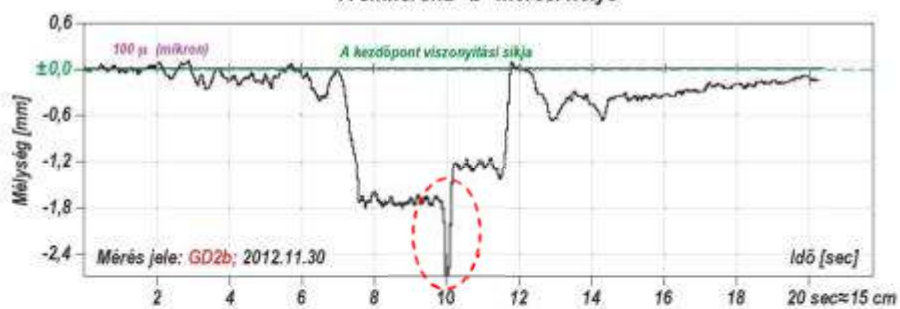


11. ábra: Hegesztés a Szabadság híd felöli ívbe a Gellért téren

A sínkorona "a" mérési helye



A sínkorona "b" mérési helye



A sínkorona "c" mérési helye



Lapos kerék okozta meghibásodás:



12. ábra: A Deák téren lapos kerék okozta tönkremenetel

