

## XVIII. Pályafenntartási konferencia

Mérési módszerek egyes pályahibák időben történő felismerésére

avagy

***Milyen mérési módszerekkel lehetett volna egyes siklásokat megelőzni?***

Posgay György  
Metalelektro Méréstechnika Kft.

„Feladata a légi, a vasúti és a vízi balesetek, súlyos események független szakmai vizsgálata, azzal a céllal, hogy az elemzésekből levonható tanulságok alapján javaslatokat tegyünk a jövőbeni hasonló események elkerülése érdekében. Tevékenységünk alapvető céljának ebből adódóan a megelőzést tekintjük.”<sup>[1]</sup>

A KBSZ által vizsgált, bekövetkezett események évekre lebontva elérhetők:

<http://www.kbsz.hu/j25/hu/vasuti-koezlekedes/vizsgalt-esemenyek>

**Közlekedésbiztonsági Szervezet**

Szervezetünk  
Közérdekű adatok  
Légi közlekedés  
Vasúti közlekedés  
Vízi közlekedés

Légiközlekedési esemény bejelentése  
Vasúti esemény bejelentése  
Hajózási esemény bejelentése

ÉPÍTÉSI ÉS KÖZLEKEDÉSI MINISZTERIUM  
KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI SZERVEZET

Szervezetünk Közérdekű adatok Légi közlekedés **Vasúti közlekedés** Vízi közlekedés Kereső

- Vizsgált események

2023 | 2022 | 2021 | 2020 | 2019 | 2018 | 2017 | 2016 | 2015 | 2014 | 2013 | 2012 | 2011 | 2010 | 2009 | 2008 | 2007 | 2006

**A KBSZ által vizsgált, 2023-ban bekövetkezett események**

A vizsgált események rövid leírásai az események azonosító számára kattintva érhetők el.  
A Zárójelentések és a Biztonsági ajánlások publikálásuk után a "kiadva" linkre kattintva érhetők el.

Esemény dátuma	Esemény száma	Vonatszám	Üzemeltető(k)	Helyszín / Kategória	Sérültek száma*	Zárójelentés	Biztonsági ajánlás/ÜTV**
2023.10.30.	2023-1106-5	36229, 6310	MÁV-START Zrt.	Hodász / Jelzőmeghaladás	0/0/0		ÜTV
2023.10.27.	2023-1100-5	24, 2	BKV Zrt.	Budapest, Közvágóhíd vá. / Villamosok ütközése	0/0/0		ÜTV
2023.10.24.	2023-1075-5	36617	MÁV-START Zrt.	Tócsövölgy - Hajdúböszörmény / Ütközés tárggyal	0/0/0		ÜTV
2023.10.05.	2023-0981-5	42338	GYSEV CARGO Zrt.	Hegyeshalom / Kiskilás	0/0/0		vizsgálat alatt
2023.10.01.	2023-0977-5	45085	CRW	Jánosháza elágazás / Jelzőmeghaladás	0/0/0		vizsgálat alatt
2023.09.27.	2023-0971-5	tolatás, 566-1	MÁV-START Zrt.	Szolnok / Váratlan vasúti esemény	0/0/0		ÜTV
2023.09.19.	2023-0938-5	tolatás, 6319	MÁV-START Zrt.	Debrecen / Jelzőmeghaladás	0/0/0		vizsgálat alatt

# Vasúti közlekedés - Baleseti statisztika 2006-2022

Kisiklás	154
Vonatok ütközése	20
Baleset vasúti átjáróban	102
Szembe közlekedés	14
Ütközés tárggyal	21
Áramütés	2
Személy elütés	7
Járműmegfutamodás	10
Vonat ütközése vasúti járművel	8
Jelzőmeghaladás	83
Vonatból kiesés	7
Vasúti járművel ütközés	4
Tűzeset	23
Váratlan vasúti esemény	33
Személy elhúzás	2
Villamos ütközése közúti járművel	1
Útjáró baleset	3
Egyéb	1
<b>Összesen:</b>	<b>495</b>

■ KBSZ vizsgálata és besorolása alapján készült statisztika<sup>[2]</sup>

■ A kisiklások okainak statisztikája a KBSZ vizsgálatai, az előadó besorolása alapján

Jármű	35
Váltó	29
Emberi	25
Nyombővülés	23
Pályageometria	20
Saru	10
Kerék – sín súrlódás	5
Síntörés HC hibából	4
Síntörés, egyéb	3

## Eset: Debrecen, 2011.08.29. (2011-425-5)<sup>[3]</sup>

- Debrecen állomáson tehervonatba közvetlenül a vontatójármű után sorozott első két kocsi a 73/b jelű kitérő keresztezési középrész csúcsbetétjén kisiklott.
- A megfutamodás elleni biztosításul használt féksaru nem távolították el, s ez a féksaru a vonat kihaladása során a 73/b jelű kitérőn a jármű kisiklását eredményezte.
- Kapcsolódó események: Budapest-Soroksári úti rendező pályaudvar (2010), Hódmezővásárhely (2010), Komárom (2006), Vámosgyörk (2009) és Fényeslitke (2010)



Debrecen állomási felvételek<sup>[3]</sup>



Fényeslitke állomási felvételek<sup>[4]</sup>

## MÁV alkalmazott sarui<sup>[3]</sup> [5]



## Külföldön alkalmazott sarumegoldások<sup>[6]</sup> [7]



***Tegyük jobban láthatóvá a sarukat!***

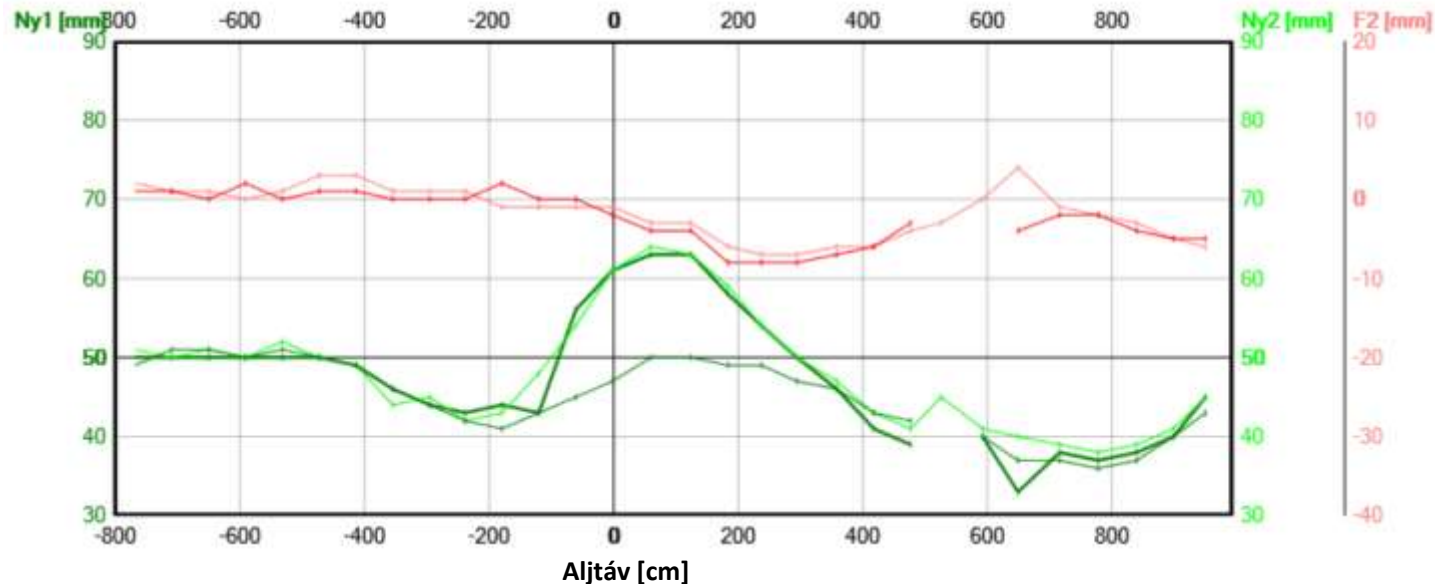
# Amikor a nyomtávolság gyorsan változik

Előírás: D.54. sz. utasítás, 51. fejezet - Nyomtávolság-változás paraméter mérethatárai<sup>[8]</sup>

Sebesség	1 m-es bázison					
	A1 (új)	A2 (használt)	B	C1	C2	C3
km/h	mm					
≤ 40	3	3	4	5	5	5
41-100	2	2	3	4	4	4
101-200	2	2	3	3	3	4

Eset: Hatvan, 2020.06.02. (2020-0515-5)<sup>[9]</sup>

6-7 mm/m nyomtávolság-változás, ami  $V < 40$  km/h tartományban is nagyobb, mint C3!



- **Nyomtáv1** az esemény után (06.02.)
- **Nyomtáv2** az utólagos szemlén (06.09.)
- **Fekszint2** az utólagos szemlén (06.09.)

## Statikus nyomtáv bővülés: az ok keresése

Síndőlés mérése<sup>[10]</sup>: „Időnként ilyen helyeken a síndőlést U alakú dőlésmérővel meg kell mérni. A síndőlés megengedett határa 1:30, illetve 1:10.”



Síndőlésmérő készülék

## Előírás: D. 12/H. sz. utasítás <sup>[11]</sup>

„A felépítményszerkezettel szemben támasztott legfontosabb követelmények: [...] a sínfej járműteher alatti rugalmas kihajlása ne legyen 1,5 mm-nél, a rugalmas nyombővülés 3 mm-nél nagyobb, [...]”.

## Eset: Soroksári út rendező 2018.03.18. (2018-0317-5) <sup>[12]</sup>

A vasúti pálya avult állapota miatt bekövetkezett siklás. Biztonsági kockázatot növelő, de nem közvetlen ok: a mozdony tengelyterhelése a megengedett határértéket kis mértékben túllépte.

## Nyombővülésre utaló jelek <sup>[10]</sup>:

- a sántalp felületén a sínszeg vagy síncsavar okozta csiszolt nyom,
- a talpfán a sántalp, illetve az alátétlemez külső széle mellett látható kicsiszolt fényes felület,
- a sántalp külső széle és a sínszeg vagy síncsavar közti hézag,
- a sántalp külső éle mellett a talpfarost feldudorodás (szakálról).



Szennyezett ágyazat <sup>[12]</sup>





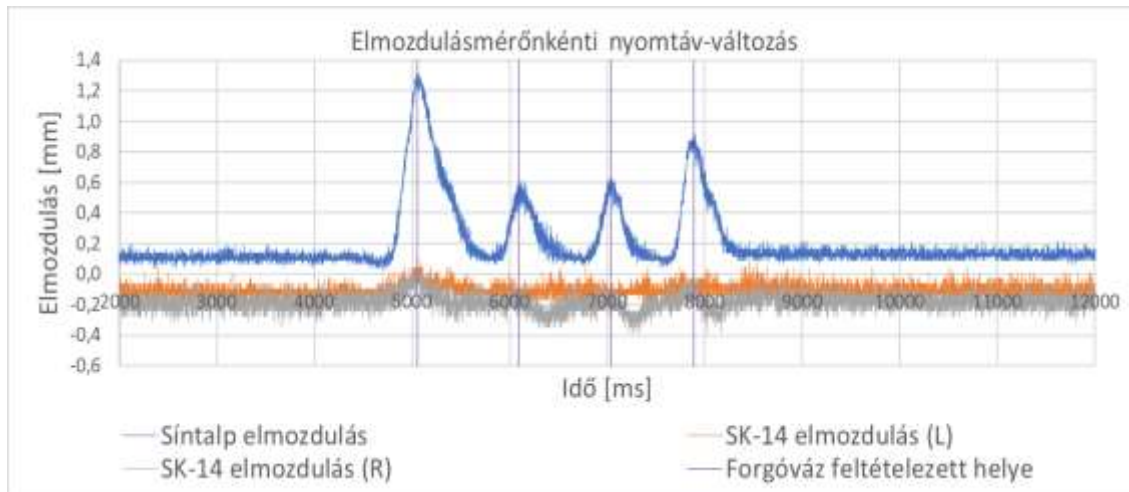
- Alkalmas az egyes nyitott pályaszerkezetek terhelés alatti nyomtáv-változásának mérésére egy keresztmetszetben a jármű áthaladása során.
- Többféle sántípuson használható, a pályába helyezése egyszerű, a mérés vonatáthaladás előtt manuálisan vagy automatikusan indítható.
- Három lineáris elmozdulásmérő révén méri a nyomtávolság-változását.

## „A” mérés

**Pályaadatok:** 49E1 sín, SKL leerősítés, ICOSIT aláöntés, vasbeton lemez, 1438 mm nyomtáv.

**Pályaállapot:** Régebbi ICOSIT kiöntések kitöredezése, leerősítés, 0,2-0,5 méterenként; nyomtávtartó rudak az ív nagyobb részében, a mérési keresztmetszettől 1,5 méter.

**Jellemző elmozdulás:**

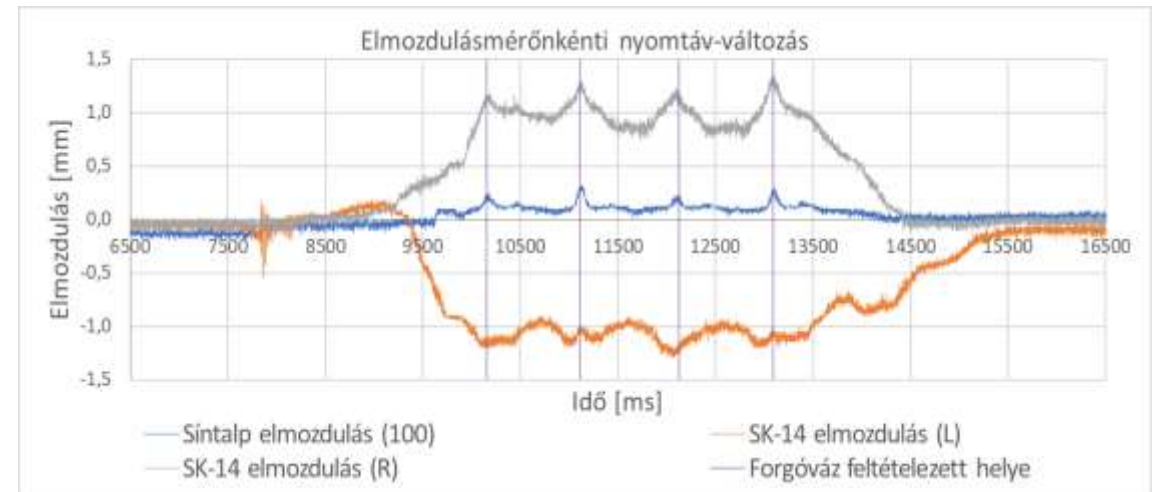


## „B” mérés

**Pályaadatok:** Vg 34 sín, H síncsavar, B jelű vasbetonalj, zúzottkő ágyazat, 1443 mm nyomtáv.

**Pályaállapot:** Sínleerősítések avultak, leerősítések 0,5-0,7 méterenként; nyomtávtartó rudak a teljes ívben, a mérési keresztmetszettől 3-3 méterre.

**Jellemző elmozdulás:**



Oldalirányú támasztóerő hiánya:

- Faalj vagy fabetétes betonaljban a fa korhadása

**Eset: Szolnok, 2015.01.16. (2015-0056-5)<sup>[15]</sup>**

- A tervezett megállási hely előtt néhány méterrel a jármű egy kerékkel kisiklott.
- A talpfák szemrevételezés során a koruknak megfelelő állapotúak voltak, azonban belülről erősen korhadtak voltak.



Íránytorzulás a siklás helyén<sup>[15]</sup>



Leesés helyén lévő talpfák metszete<sup>[15]</sup>

## Előírás: D.18. sz. utasítás (1957)

### Talpfavizsgálat

- Rendszeres vizsgálat elvégése, talpfáról-talpfára, a teljes vonalon.
- Vizsgálat során a hibás aljakat meg kell jelölni.

### Talpfavizsgálat ideje

- Tavasszal a legmegbízhatóbb az eredmény
- Ősszel a forgalomra veszélyes talpfák cseréje végett kell ellenőrizni.
- „A talpfa megvizsgálását nem lehet szemre végezni. Ugyanis egyes talpfák (pl. bükk) kívülről egészségeseknek látszanak, belsejük azonban teljesen korhadt lehet.”

### Talpfavizsgálat módja

- Két fő minden talpfa végét tömőcsákány tompa végével vagy bunkóval megütöget.
- Csengő hang: a talpfa jó
- Tompa/puffogó hang: részletesebb vizsgálat szükséges.
  - Részletes vizsgálat során a sínszeget/síncsavart kell megütni, ha nem mozdul el, a pályában maradhat a talpfa. Ha elmozdul és a szomszédos aljak sem megbízhatók, javítás szükséges!

Oldalirányú támasztóerő hiánya:

- Síncsavartörés műanyag betétes vasbetonaljban korrózió miatt

**Eset: Ács, 2017.05.27. (2017-0661-5) [17]**

- Behaladás közben a vonat két mozdonya, és az utánuk következő 7 db teherkocsi kisiklott.
- Előzmény: Az FMK-004 felépítményi mérőkocsi 2016. június 20-án végzett mérése során kisebb helyi hibák feltárásán kívül üzemveszélyes állapotot nem állapított meg.



A siklott jármű kereke az oldalára borult sínszálon<sup>[17]</sup>



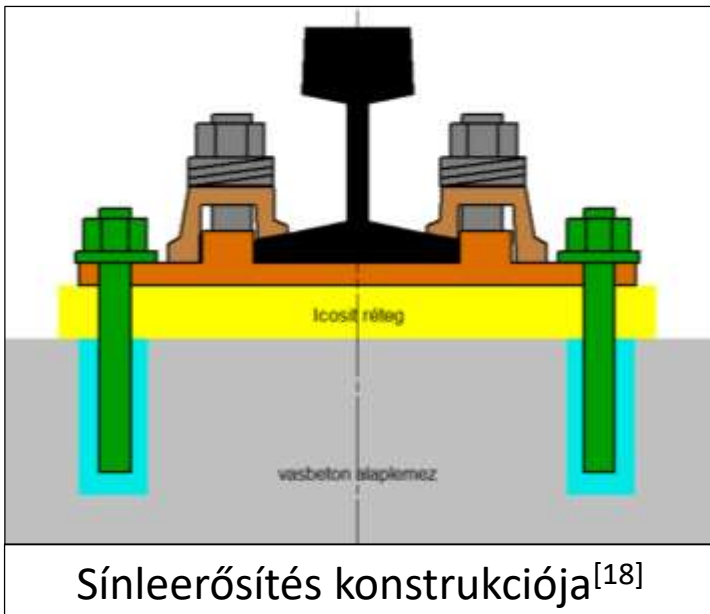
Csavar törési felület és kitört csavar helye<sup>[17]</sup>

Oldalirányú támasztóerő hiánya:

- Síncsavartörés a betonlemez és a műgyanta aláöntés csatlakozásánál bekövetkező hajlítgatás miatt

**Eset: Fővám tér, 2016.03.31. (2016-0363-5) [18]**

- Az érkező villamos öt tengellyel kisiklott, közülük az első tengely kivételével a többi később ismét a vágányra került.



Oldalirányú támasztóerő hiánya:

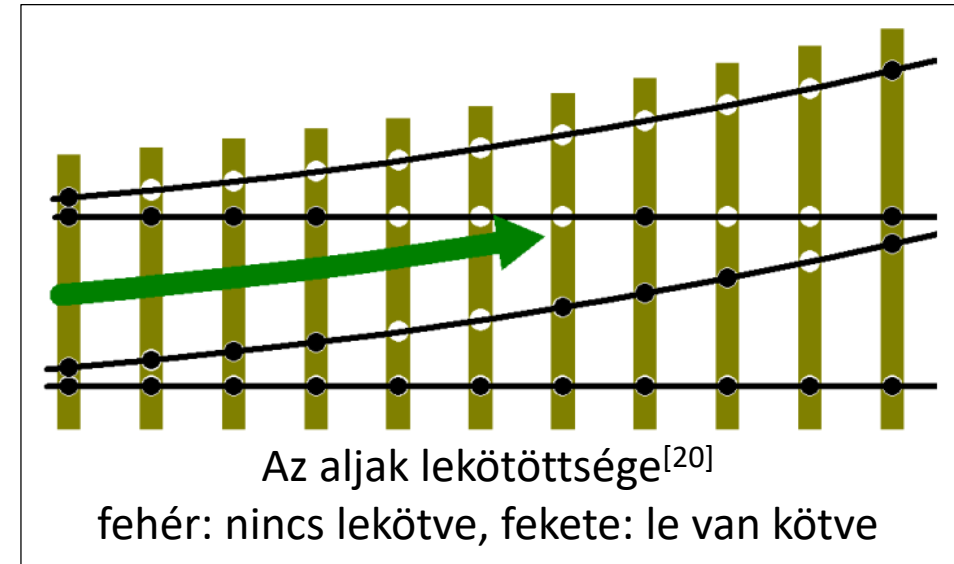
- Nem megfelelő mennyiségű sínrögzés aljcsere során

**Előírás: D.18. utasítás**<sup>[19]</sup>

„A sínek alól a talpfát csak olyan hosszú vonatmentes időben szabad kivenni, amely elég arra, hogy az új talpfát a sín alátámasztására behúzzák. Két vagy több egymás melletti talpfa cserélése esetén legalább minden másodikat le is kell kötni.”

**Eset: Miskolc-Gömöri 2015.12.01** (2016-1279-5)<sup>[20]</sup>

- Szórványos talpfacsere kitérőben.



A kisiklott jármű<sup>[20]</sup>

## Előírás: D.21 utasítás<sup>[21]</sup>

- A vizsgálat során a vasbetonalj típusának megfelelő kihúzási ellenállást 3 percig tartani kell. Ez idő alatt az erőhöz tartozó maradó alakváltozási út maximum 2 mm lehet.

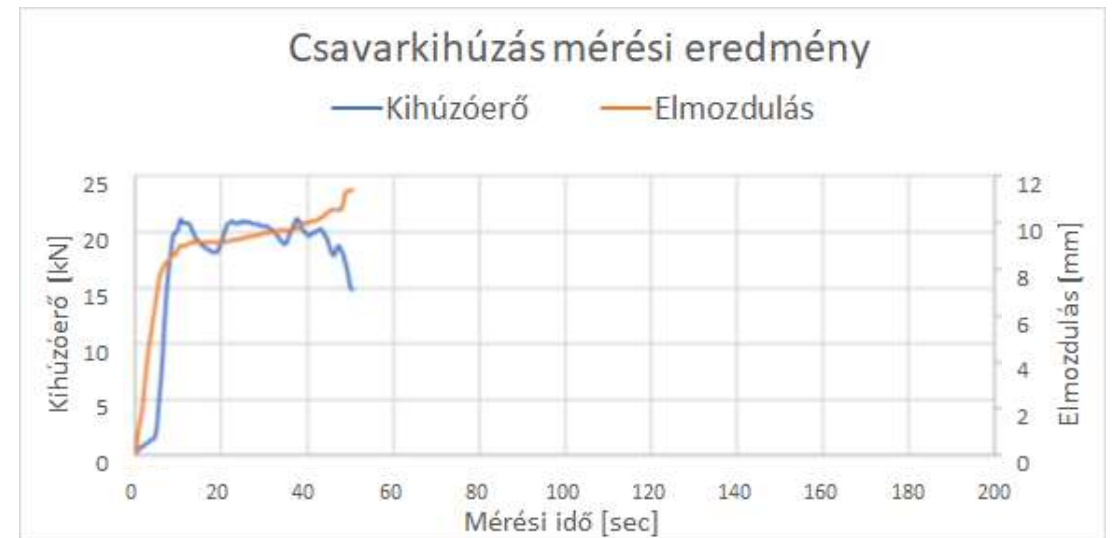
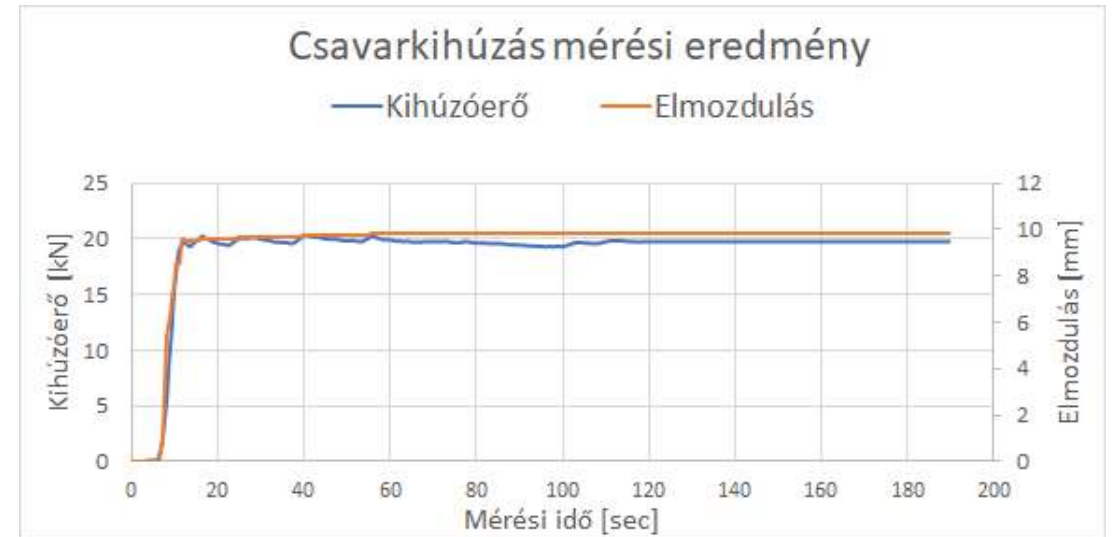
Vasbetonalj típusa	Kihúzási ellenállás
Osztott leerősítésű vasbetonalj	20 kN
Közvetlen leerősítésű vasbetonalj	30 kN



## BoltPull eszköz



Jobb felső grafikon: megfelelő csavar.  
Jobb alsó grafikon: a csavar kiszakadt.



# Csavarkihúzó vizsgálat – amikor nincs szükség BoltPull-ra

[14]



[22]

## GRMS jármű - FRA DOTX 218<sup>[23]</sup>

(kapcsolószerek oldalirányú leszorítását mérő jármű)



## PTLF kézi eszköz<sup>[24]</sup>

(kapcsolószerek oldalirányú terhelését végző eszköz)



## Rendszeres vizsgálat a GRMS járművel<sup>[25]</sup>

- Függőleges terhelés: min. 10 000 font (44,5 kN)
- Oldalirányú terhelés: min. 7000 font (31,1 kN)

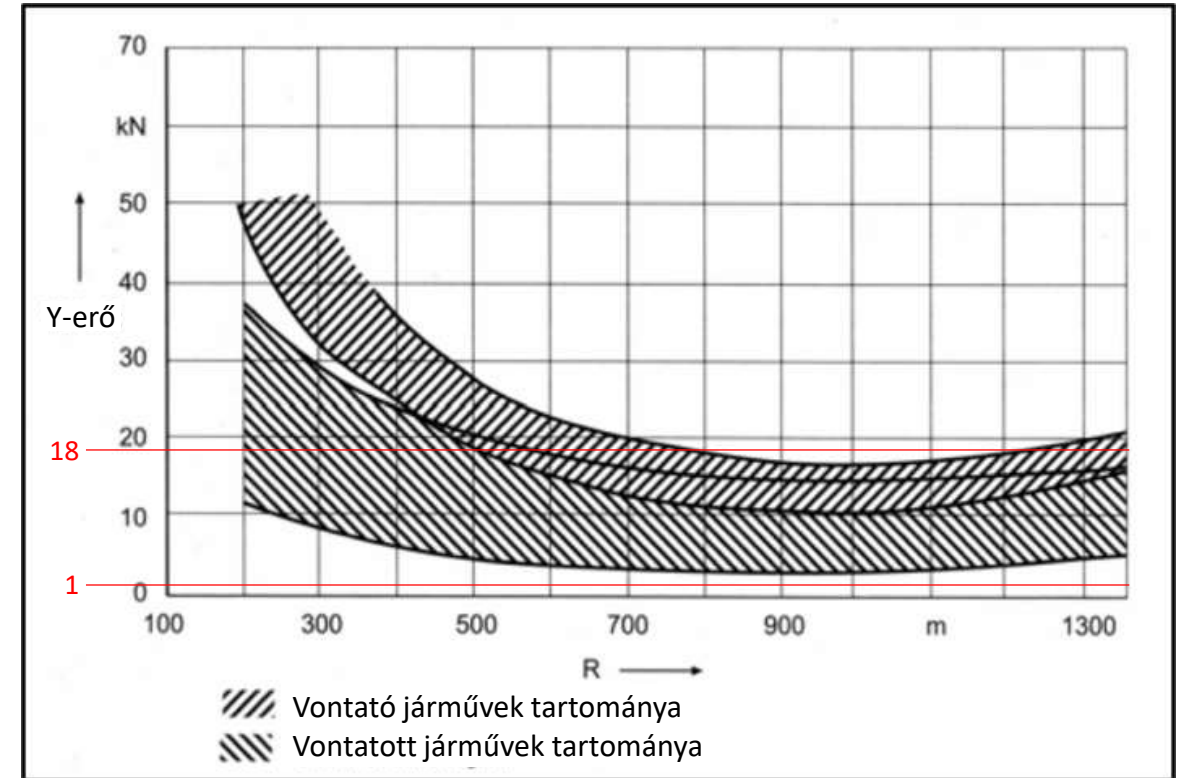
## GRMS járművekkel végzett vizsgálatok közötti időszakban vizsgálat kézi PTLF eszközzel<sup>[25]</sup>

- Függőleges terhelés: nincs
- Oldalirányú terhelés: 4000 font (17,8 kN)

## A kézi eszközök megfeleltetése a járművek által vizsgált határértékeknek 49 CFR § 213.110 (m) szerint (kivonat):<sup>[25]</sup>

- A teljes nyomtáv-bővülés értéke nem haladhatja meg a 15,9 mm-es (5/8 hüvelykes) bővülést a 0 fontról 4000 fontra történő terhelés során.
- A 15,9 mm (5/8 hüvelyk) változás az 1. szintű határérték átlépést jelenti.

## A járművek haladásához szükséges terelőerő<sup>[26]</sup>



## GaugeBooster eszköz



## Mérési eredmények

Csavarkihúzás előtti csavarokon (20 db):

- 18 kN-ra 2,0-5,0 mm nyomtáv bővülés, melyből 0,0-1,0 mm maradó;

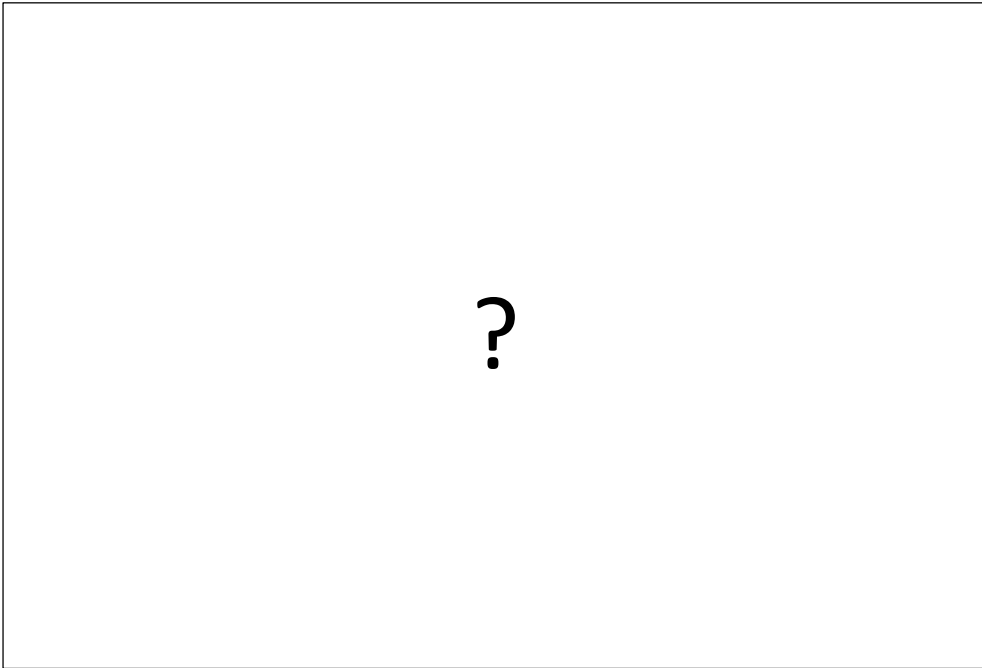
Mindkét oldalán javított aljakon (4 db):

- 1 kN-ra 0,0-0,5 mm rugalmas nyomtáv bővülés (FMK-004);
- 18 kN-ra 1,5-2,0 mm rugalmas nyomtáv bővülés;

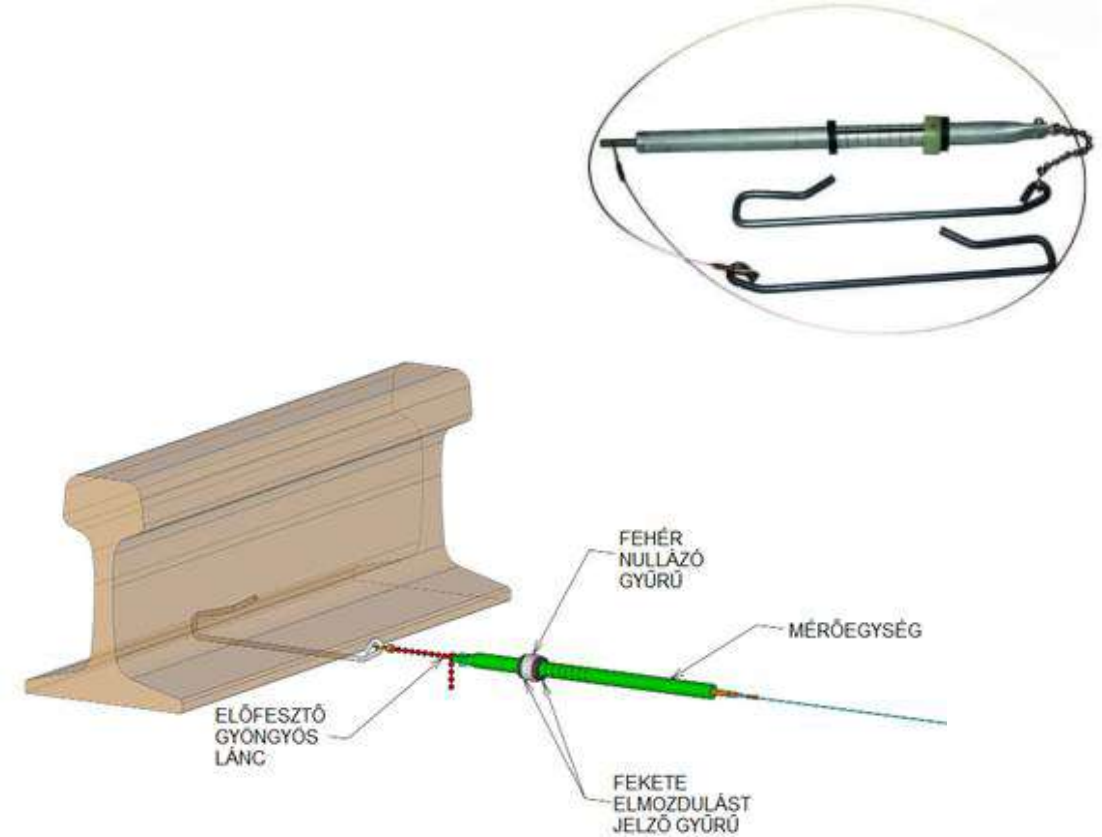
A nyomtáv bővülés jellemzően a talplemez aljon történő elmozdulásával jött létre.

A nyomtáv bővülés a szomszédos aljakra is kiterjedt.

## Kettős tolókamérték<sup>[27]</sup>



## Dynamic track analyzer<sup>[28][29]</sup>



# Csavarkihúzó vizsgálat és/vagy szétnyomásos nyomtáv-változás mérés



- A csavarkihúzó erő mérése: **roncsolásos vizsgálat**, utána a műanyag és fa betétek javítása/cseréje szükséges.
- **Utasítás van** határétékkal.
- A roncsolásos vizsgálat miatt a lekötőszereknek csak 1%-a kerül vizsgálatra.
- A kihúzóerő és a szétnyomással szembeni ellenállás a kapcsolat közvetett, de akár hiányozhat is.



- Szétnyomásos nyomtáv-változás mérése: **roncsolásmentes vizsgálat**.
- **Utasítás nincs**, keresztirányú erő megtartására vonatkozó határéték nincs.
- Akár minden alközben elvégezhető a vizsgálat.

**Eset: Vép, 2017.09.13. (2017-1162-5)<sup>[30]</sup>**

- A vágány elején – a váltók utáni visszatérítő ívben – a vonat hét tartálykocsija kisiklott, egy visszalépett a sínre, kettő az oldalára borult, a vonat szétszakadt. Két kocsiból a gázolaj a környezetbe folyt. Kár: ~1 mrd HUF.
- Előzmény: 2016 mérővonati mérés, C2-D vágánygeometriai hiba, 2017 mérővonati mérés elmaradt.
- A baleset közvetlen oka: a talpfák és a kapcsolószerkezetek nem tartották meg a nyomtávot.

***A rugalmas nyombóvulás okozta siklásoknál a túlkoros faaljas kitérők és vágányok szétnyomósos vizsgálata vagy a vonszoltmutató nyomtávnyomó mérő alkalmazása a balesetmegelőzés lehetséges mérési módszere!***



A kapcsolószerkezetek állapota siklás után<sup>[30]</sup>



Siklást követő gázolaj szivárgás<sup>[30]</sup>



**Eset: Szeged-Rókus 2021.10.10. (2021-1067-5) [31]**

- A kitérő közbenső részén keletkezett, HC hibából induló síntörés miatt egy oldallépcső keletkezett a sínben, aminek következtében a jármű menetirány szerinti bal kerekei felkaptak a sínkoronára.
- Előzmények: A balesetet megelőzően UH vizsgálat, mely nem mutatott hibát.
- D.5. utasítás: Kitérő örvényáramos vizsgálata A1 és A2 csoportú kitérőn végzendő el. A kitérő B csoportba tartozott.



Benyomódott alátétlemez a kiszakadt csavarral<sup>[31]</sup>



Felkapási nyomok<sup>[31]</sup>

## HCScan és HCScan HD eszköz



## Kitérők örvényáramos vizsgálata

- A károsodási mélység felbontása 0,1 mm.
- A HCScan HD négy kalibrációt kezel a különböző sín és középrész anyagokhoz, 500 repedés/méter felbontással.

***A kézi HC mérők alkalmazásával a gépi méréssel nem vizsgált pályarészek is ellenőrizhetők.***

**Eset: Eplény-Zirc, 2021.06.25. (2021-0616-5)**

A mozdony első kettő kerékpárja kisiklott, a nyomkarima sínre való felmászása következtében.

A kisiklások létrejötte vizsgálható az ún. Nadal-képlettel:

$$\frac{Y}{Q} = \frac{\tan(\delta) - \mu}{1 + \mu \tan(\delta)}$$

Ahol:

- $Y$  = terelőerő;
- $Q$  = kerékterhelés;
- $\delta$  = nyomkarima meredekség;
- $\mu$  = **nyomkarima-sín közti súrlódási tényező.**



Vannak vasúttársaságok, ahol a  $\mu$  lehetséges értékét szabályozzák. Példa:

- AS 7641:2018 ausztrál szabvány, mely megadja a határértékeket és a mérés helyét.<sup>[33]</sup>

Pozíció	Súrlódási tényező
Vezetőfelületen	$\leq 0,25$
Futófelületen	$\geq 0,30$

**Eplény-Zirc, 2021.06.25.** (2021-0616-5) biztonsági ajánlás:<sup>[32]</sup>

- A siklás helyszínén a sínkenők hatása nem érvényesült.
- Ajánlás: a sínkenők (pálya és jármű) hatékonyságának felülvizsgálata.

## TriboRoll

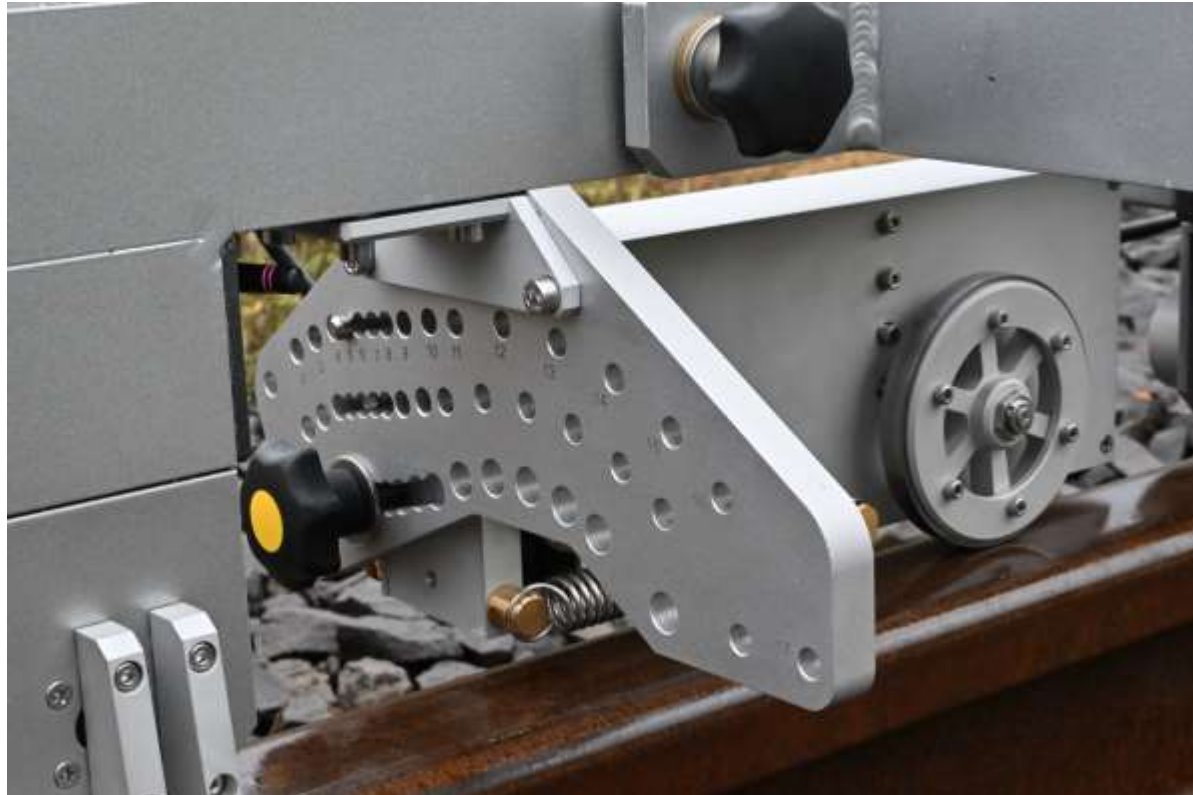
## Leírás

- A TriboRoll segítségével:
  - Beállítható az optimális kenés;
  - Vizsgálható a sínkenő hatékonysága;
  - Meghatározható a kenést igénylő szakasz a pályában.

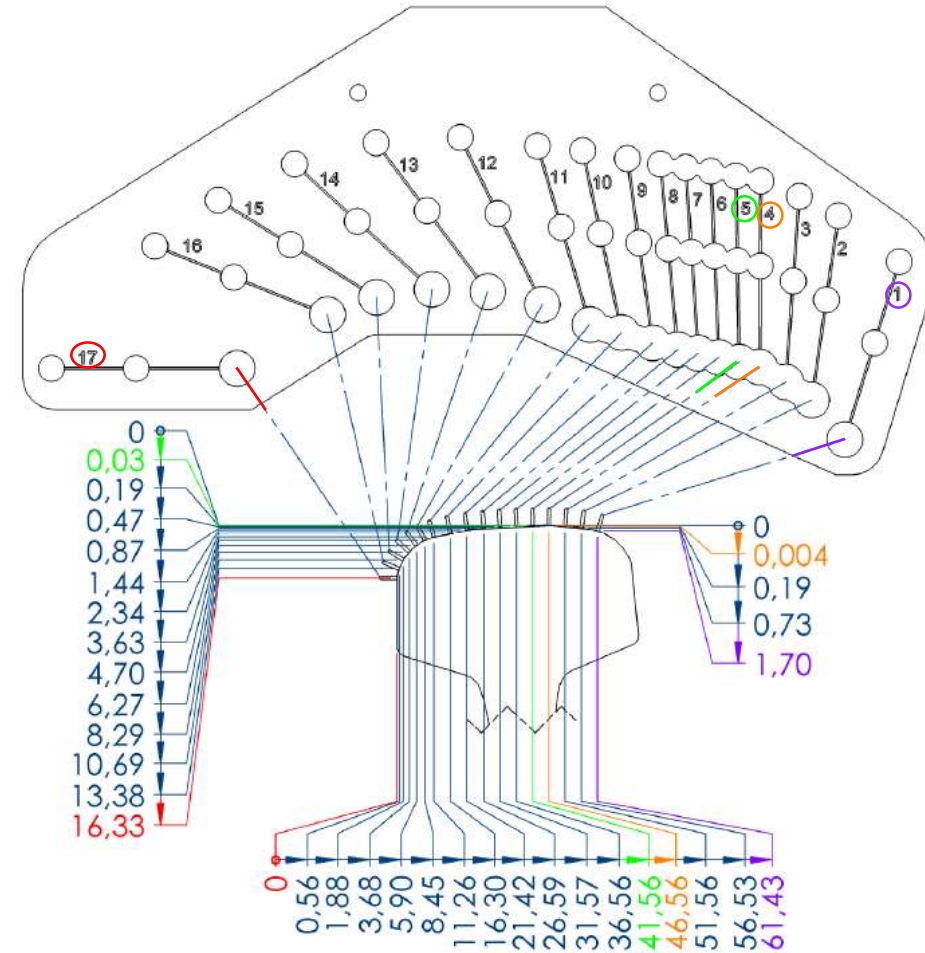
A durva vezető felület<sup>[32]</sup>:  $\mu=0,6$



## TriboRoll mérőegység



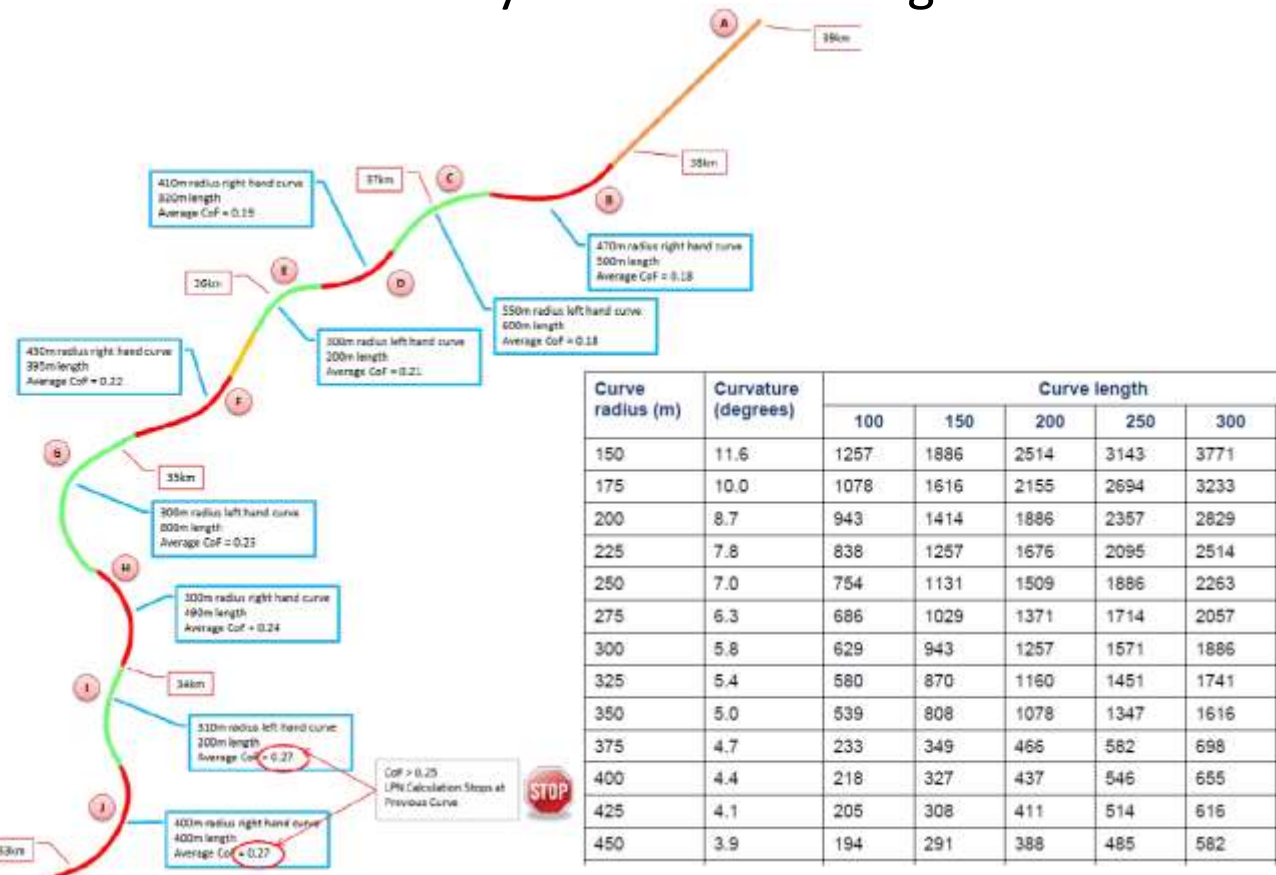
## Mérési pozíciók



# Megelőzhető lett volna?

## Sínkenők optimális elhelyezése

- Ausztrál szabvány és részletes vizsgálat<sup>[34]</sup>

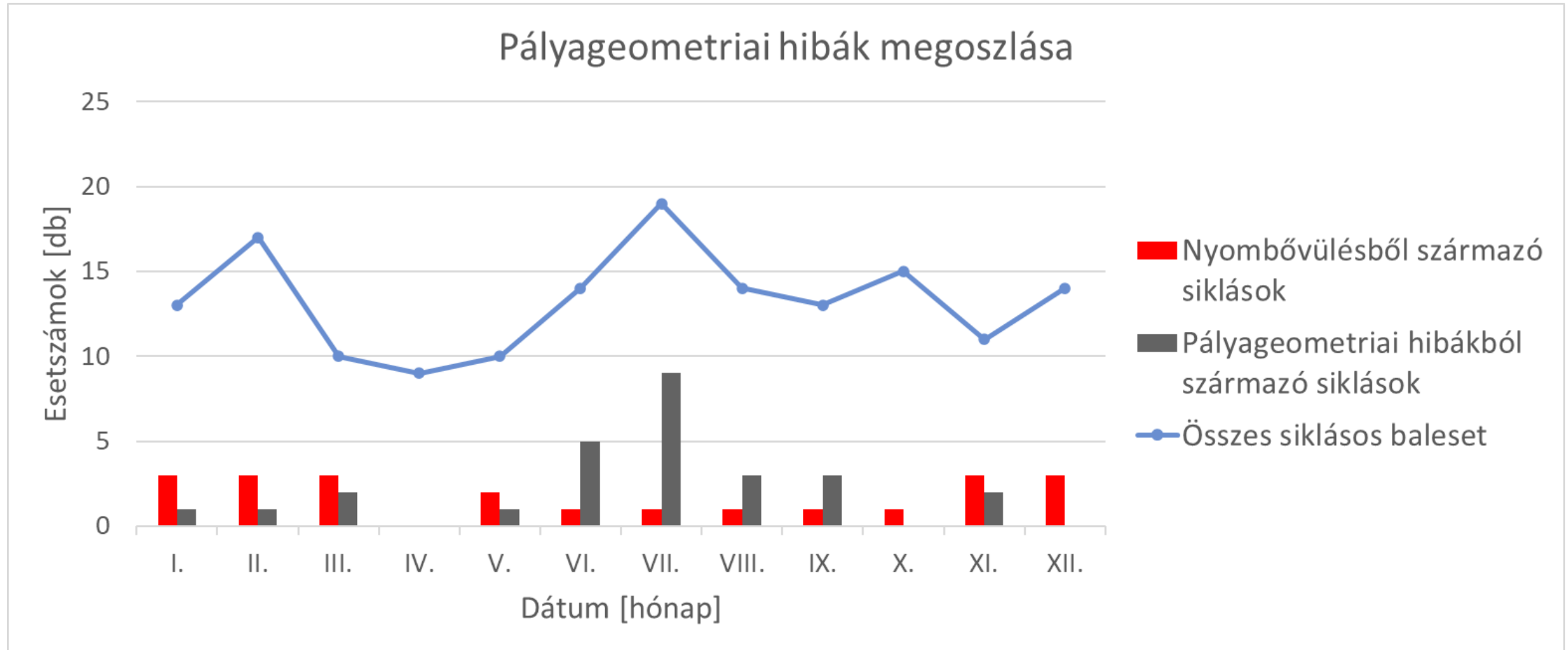


## Ideiglenesen is telepíthető sínkenők



Qhi Rail – Lubricurves P50<sup>[35]</sup>

**Súrlódási tényező mérése után megfelelő helyre telepített sínkenővel csökkenthető a kerék felkapásának valószínűsége!**

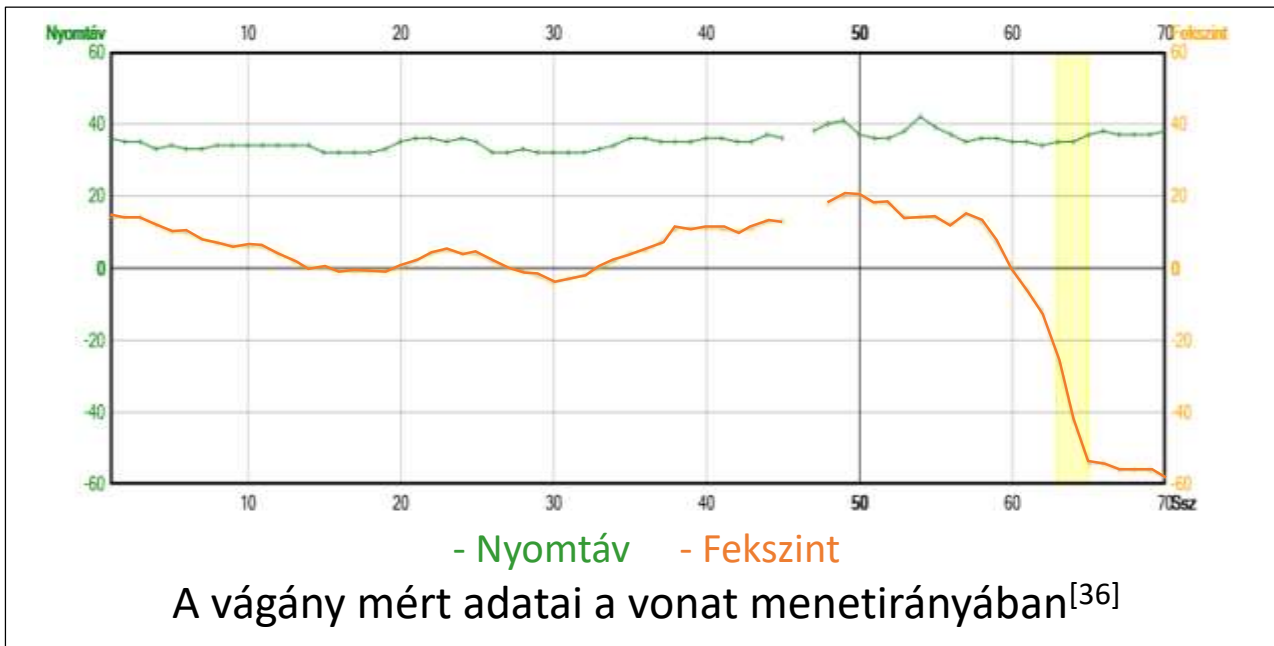




## Eset: Budakalász, 2020.11.14. (2020-1144-5)<sup>[36]</sup>

Korábbi pályafenntartási munka folyamatoként kialakuló, vágánylezárási mérethatáron felüli síktorzulás miatt a közlekedő jármű kisiklott.

A hibát nem észlelték, mert a munkákat követő ellenőrző mérés nem terjedt ki az érintett vágányszakaszra (és ez nincs is előírva).



A kitérő vezetősíjnén lévő ütés- és felfutásnyom<sup>[36]</sup>

# Megelőzhető lett volna?

Tolható digitális vágánymérő készülék a gyors, pontos aljankénti beméréshez.



DIVA 700-T okoseszközzel



DIVA 700-T a pályában

***A nyomtávolságot és vagy túlemelést befolyásoló lokális javítások környezetében is szükséges ezen paraméterek mérése!***

**Eset: Gödöllő-Aszód, 2012.05.12.**  
(2012-315-5)

Vágányszabályozást követően (05.03) a pályában irányhiba maradt. A felmelegedés és sebességcsökkentés elrendelésének hiánya következtében az irányhiba fokozatosan emelkedett.

Május 11-én elrendelt lassúmenet helye és mértéke nem volt megfelelő. A pálya állapota tovább romlott, majd 05.12-én vonat érkezése előtt a pálya kivetődött.



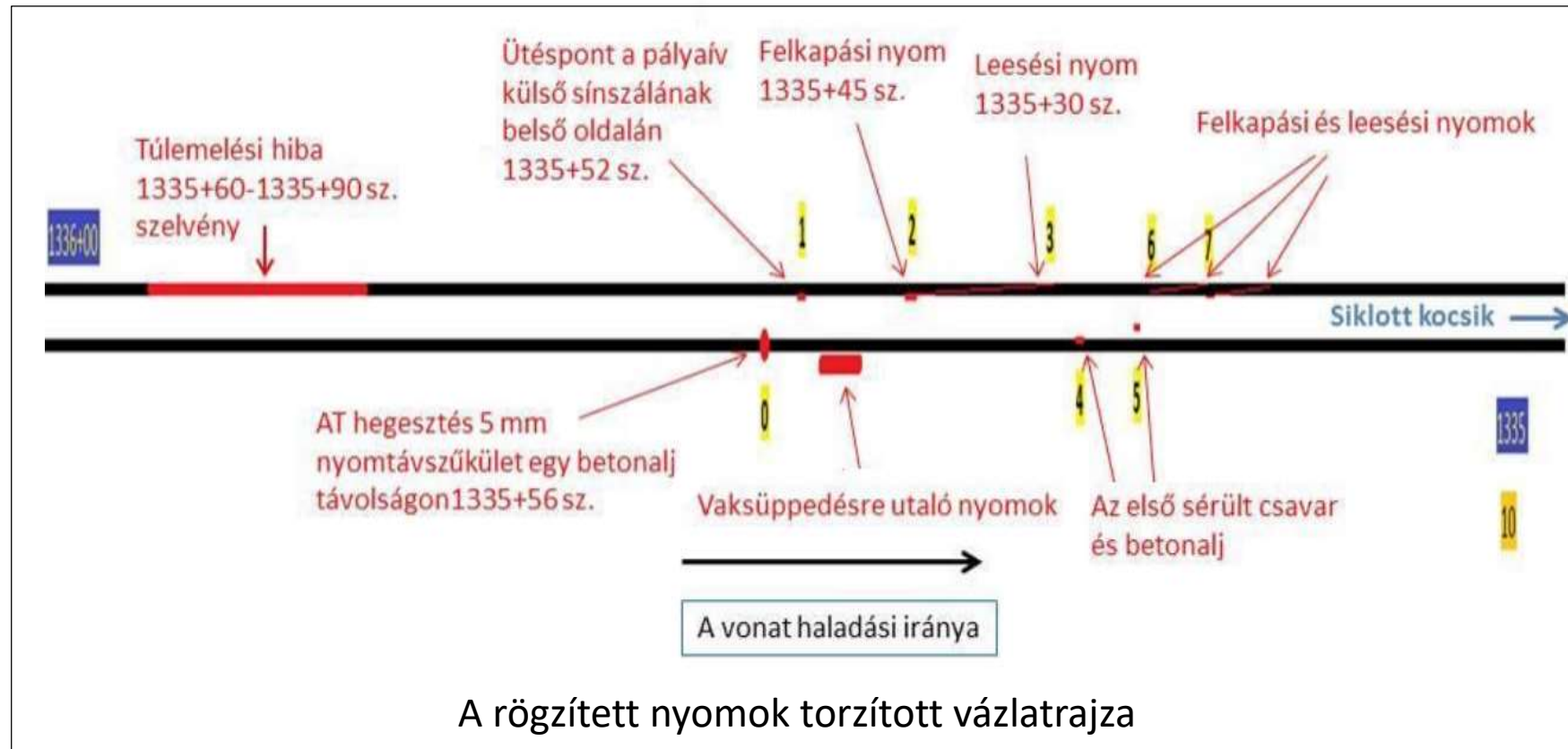
## Eset: Szakály-Hőgyész - Kurd 2020.08.16 (2020-0797-5)

A közlekedő tehervonat utolsó 3 rakott kocsija kisiklott.

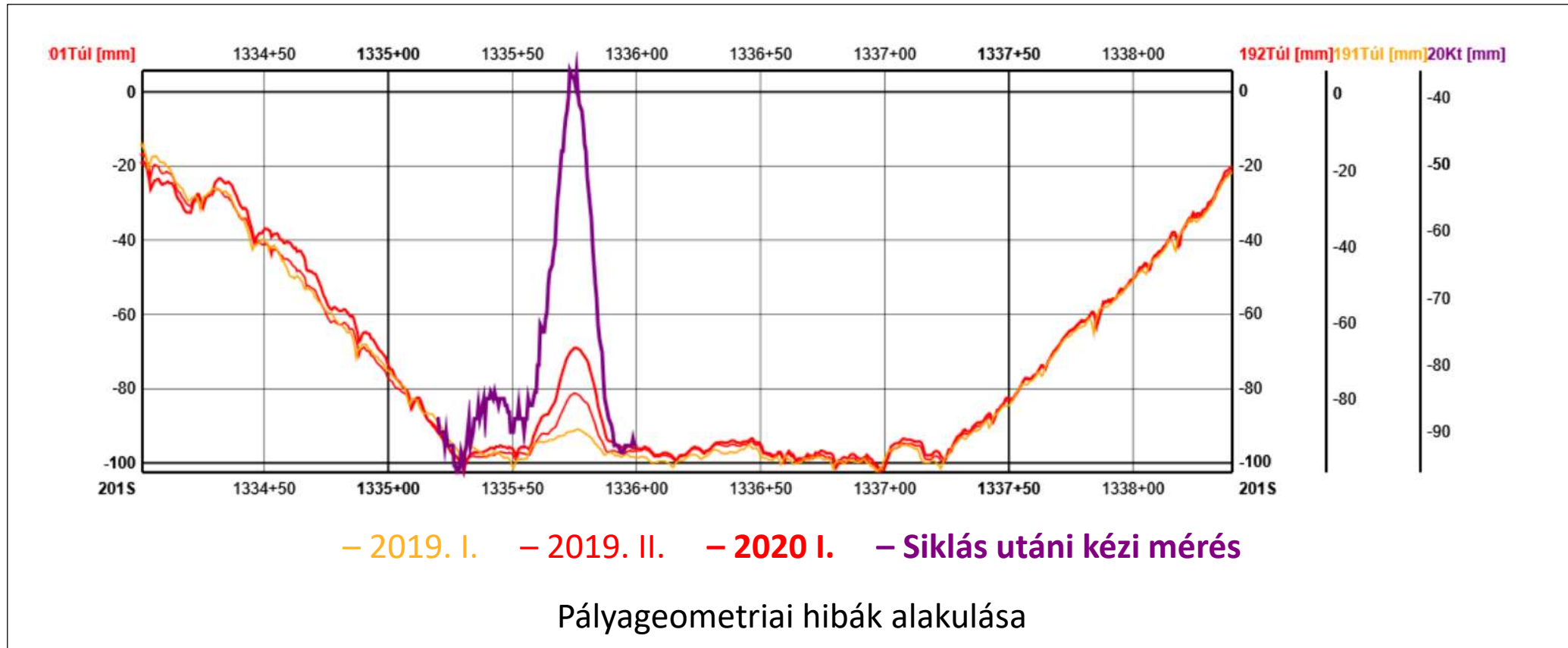
A pályageometriai mérések eredménye a korábbiakkal nem lettek összevetve. Rövid pályaszakaszon egymástól függetlenül több pályageometriai hiba alakult ki.



## Eset: Szakály-Hőgyész - Kurd 2020.08.16 (2020-0797-5)



## Eset: Szakály-Hőgyész - Kurd 2020.08.16 (2020-0797-5)

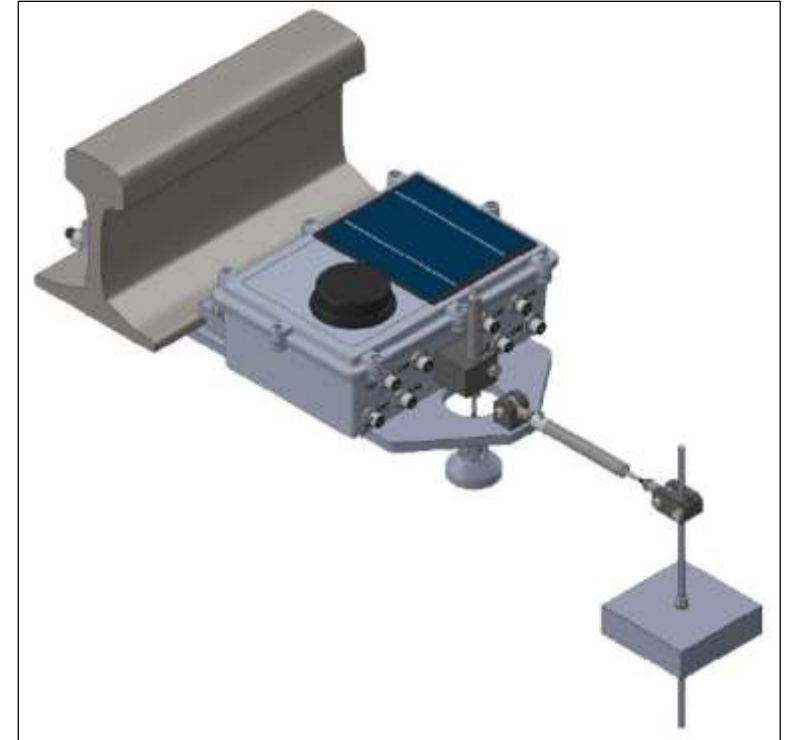




**VoidMate Track Void Monitor**<sup>[39]</sup>  
Függőleges elmozdulás mérése



**RailSense VoidSense (RTVMD)**<sup>[40]</sup>  
Függőleges elmozdulás mérése  
Sínhőmérséklet mérése



**TrackMonitor**  
Függőleges elmozdulás mérése  
Sínhőmérséklet mérése  
Oldalirányú elmozdulás mérése

***Felismert pályageometriai hibák növekedése nyomon követhető e hibákhoz telepített monitoring eszközökkel:***

- Felismerés;
- Mérési helyek kijelölése;
- Telepítés;
- Riasztási szint beállítása.



Eset: Nyékládháza és Miskolc-Rendező, 2022.08.25



Vágánygeometriai hiba a jobb vágányban

Eset: Karcag-Püspökladány, 2022.08.30



Vágánygeometriai hiba a kisiklás helyét megelőzően

Belesek, melyekről még nem készültek zárójelentések.

- [1] Közlekedésbiztonsági Szervezet, „A KBSZ feladata” <http://www.kbsz.hu/j25/hu/szervezetuenk/a-kbsz-feladata>
- [2] KBSZ, „Vasúti közlekedés - Vizsgált események” <http://www.kbsz.hu/j25/hu/vasuti-koezlekedes/vizsgalt-esemenyek>
- [3] KBSZ, „Zárójelentés 2011-425-5, 2010-563-5, 2010-576-5 vasúti baleset, Debrecen, Soroksár rendező, Hódmezővásárhely [...]”, Budapest, 2012. <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2011-425-5.pdf>
- [4] KBSZ, „Zárójelentés 2010-493-5 vasúti baleset Fényeslitke állomás [...]”, Budapest, 2012. <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2010-493-5zj.pdf>
- [5] Index (fórum) „Balesetek a magyar vasút történelmében, 18772 bejegyzés, Kál-Kápolnai siklás [...]”, 2011. <https://forum.index.hu/Article/showArticle?go=109863976&t=9121587>
- [6] KBSZ – 2017-0033-5 zárójelentés <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2017-0033.pdf>
- [7] Aldon Company, INC. „Single Railroad Wheel Chock w/ Flag (Exposed Rail)”, Waukegan, IL, 2023. <https://www.aldonco.com/product/68-single-chock-with-flag-exposed-rail/>
- [8] MÁV Zrt., „51. fejezet - A vágányok építésénél és üzemeltetésénél alkalmazandó mérethatárok - Nyomtávolság-változás paraméter mérethatárai”, D.54. sz. utasítás - Építési és pályafenntartási műszaki adatok, előírások I., Budapest, 2014.
- [9] KBSZ, „Zárójelentés, 2020-0515-5 (HU-6275), Vasúti baleset / Kisiklás, Hatvan [...]”, Budapest, 2021. <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2020-0515-5.pdf>
- [10] MÁV Zrt. „Pályafenntartási és építési műszaki útmutató [...], Rugalmas kihajlás és síndőlés javítása, rugalmas kihajlás”, D. 18. sz. utasítás, Budapest, 1957
- [11] MÁV Zrt. „Hézag nélküli felépítmény építése, karbantartása és felügyelete, 3.5.2 Zúzottkő ágyazat nélküli vágány”, D. 12/H. sz. utasítás, Budapest, 2009
- [12] KBSZ, „Zárójelentés 2018-0317-5 Vasúti baleset / Kisiklás, Soroksári út rendező [...]”, Budapest, 2019. [http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2018-0317-5\\_zj\\_alairt.pdf](http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2018-0317-5_zj_alairt.pdf)
- [10] MÁV Zrt. „Pályafenntartási és építési műszaki útmutató [...], Rugalmas kihajlás és síndőlés javítása, rugalmas kihajlás”, D. 18. sz. utasítás, Budapest, 1957
- [13] Metalelektro Méréstechnika Kft., „SpreadScan - Terhelés alatti nyomtáv-változást mérő műszer kezelési kézikönyv”, Budapest, 2021.
- [14] Gonda Evelyn, „Vasúti pályák terhelés alatti nyomtáv-változás mérése”, Budapest, 2021.
- [15] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2015-0056-5 vasúti baleset, vonat kisiklása Szolnok [...]”, Budapest, 2015. <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2015-0056.pdf>
- [16] MÁV Zrt. „Pályafenntartási és építési műszaki útmutató [...], Talpfavizsgálat”, D. 18. sz. utasítás, Budapest, 1957
- [17] KBSZ „ZÁRÓJELENTÉS 2017-0661-5 Vasúti baleset / Kisiklás Ács [...]”, Budapest, 2019. [http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2017-0661-5\\_ZJ\\_alairva.pdf](http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2017-0661-5_ZJ_alairva.pdf)
- [18] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2016-0363-5 Vasúti baleset / Kisiklás Fővám tér [...]”, Budapest, 2017. <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2016-0363.pdf>
- [19] MÁV Zrt. „Pályafenntartási és építési műszaki útmutató [...], Talpfacserélés végrehajtása”, D. 18. sz. utasítás, Budapest, 1957
- [20] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2015-1269-5 Vasúti baleset / Kisiklás Hárshegy - Húvösvölgy [...] 2015-1279-5 Vasúti baleset / Kisiklás Miskolc Gömöri pu.”, Budapest, 2017. <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2015-1269.pdf>
- [21] MÁV Zrt. „A használt felépítményi anyagok minőségének biztosítására, 2.3 Vasbetonaljak furatainak vizsgálata”, D. 21. sz. utasítás, Budapest, 2021
- [22] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2016-0210-5 Vasúti baleset / Kisiklás Rajka [...]”, Budapest, 2017 <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2016-0210.pdf>
- [23] A. Berry, Writer, Gage Restraint Measurement System (GRMS) Inspection and Surveys. Holland Company. [http://railtec.illinois.edu/wp/wp-content/uploads/pdf-archive/6.2\\_Track-Gage-Restraint-Testing-Identifying-Compromised-Lateral-Strength-Under-Load.pdf](http://railtec.illinois.edu/wp/wp-content/uploads/pdf-archive/6.2_Track-Gage-Restraint-Testing-Identifying-Compromised-Lateral-Strength-Under-Load.pdf)
- [24] Railroad Tools and Solutions Inc. <https://rrtools.com>
- [25] Office of the Federal Register, „49 Code of Federal Regulations § 213.110 – Gage restraint measurement systems.” [https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/213.110#fn1\\_tbl1](https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/213.110#fn1_tbl1).
- [26] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2014-186-5 VASÚTI BALESET Hatvan [...]”, Budapest, 2015. <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2014-0186.pdf>
- [27] MÁV Zrt. „Pályafenntartási és építési műszaki útmutató [...], Kettős tolókamérték”, D. 18. sz. utasítás, Budapest, 1957
- [28] Railroad Tools and Solutions (LLC), „Dynamic track analyzer,” Cincinnati, OH, 2023. <https://rrtools.com/product/dynamic-track-analyzer/>
- [29] INDUSTRY-RAILWAY SUPPLIERS, „Dynamic Track Gauge Analyzer LA023,” Elmhurst.
- [30] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2017-1162-5 Súlyos vasúti baleset / Kisiklás Vép [...]”, Budapest, 2020. [http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2017-1162-5\\_zj\\_alairva.pdf](http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2017-1162-5_zj_alairva.pdf)
- [31] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2021-1067-5 (HU-10291) Vasúti baleset / Kisiklás Szeged-Rókus [...]”, Budapest, 2022. [http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2021-1067-5\\_zj\\_alairt.pdf](http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2021-1067-5_zj_alairt.pdf)
- [32] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2021-0616-5 (HU-10198) Vasúti baleset / Kisiklás Eplény – Zirc [...]”, Budapest, 2022. [http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2021-0616-5\\_zj\\_alairt.pdf](http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2021-0616-5_zj_alairt.pdf)
- [33] SAI Global Limited „AS 7641:2018 Rail gauge corner lubrication management – For friction levels and measurement”, Spring Hill QLD, Australia, 2018.
- [34] Asset Standards Authority „Rail Lubrication Standard – T HR TR 00111 ST”, AU, 2015
- [35] Qhi Rail, „Lubricators CATALOGUE – LubriCurve PD50”, Harpenden, UK, 2010.
- [36] KBSZ, „ZÁRÓJELENTÉS 2020-1144-5 (HU-6373) Vasúti baleset / Kisiklás Budakalász”, Budapest, 2021. <http://www.kbsz.hu/j25/dokumentumok/2020-1144-5.pdf>
- [39] Sunbelt Rentals Ltd. „VoidMate Track Void Monitor”, Sutton-in-Ashfield, UK, 2023. <https://www.sunbeltsales.co.uk/voidmate-track-void-monitor>
- [40] Sunbelt Rentals Ltd. „RailSense VoidSense (RTVMD)”, Sutton-in-Ashfield, UK, 2023. <https://www.sunbeltsales.co.uk/railsense-voidsense-rtvmd>
- [41] KBSZ, „Vasúti közlekedés – Hírek, Kisiklás Nyékládháza és Miskolc-Rendező között”, Budapest, 2022. <http://www.kbsz.hu/j25/hu/vasuti-koezlekedes/hirek/2434>
- [42] KBSZ, „Vasúti közlekedés – Hírek, Kisiklás Karcag és Püspökladány között”, Budapest, 2022. <http://www.kbsz.hu/j25/hu/vasuti-koezlekedes/hirek/2435>

Az előadó köszönetet mond:

Chikán Gábor és Gula Flórián balesetvizsgálóknak (KBSZ) és  
Gonda Evelyn fejlesztőmérnöknek (Metalelektro Méréstechnika Kft.),  
az előadáshoz nyújtott segítségükért, valamint

**a hallgatóságnak, a figyelmükért!**