



ÉPÍTÉSI ÉS KÖZLEKEDÉSI
MINISZTERIUM
KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI SZERVEZET

ZÁRÓJELENTÉS



2022-0940-5
(HU-10296)

Vasúti baleset / Kisiklás
Karcag - Püspökladány, 2022. augusztus 30.

A szakmai vizsgálat alapelvei

A szakmai vizsgálat célja a súlyos vasúti balesetek, a vasúti balesetek és a váratlan vasúti események okainak, körülményeinek feltárása, és a hasonló esetek megelőzése érdekében szükséges szakmai intézkedések kezdeményezése, valamint javaslatok megtétele. A szakmai vizsgálatnak semmilyen formában nem célja a vétkesség vagy a felelősség vizsgálata és megállapítása.

A vizsgálat megállapításai az annak folyamán elérhető és beszerzett bizonyítékok KBSZ által történő értékelésén alapulnak, figyelembe véve a tisztességes és elfogulatlan eljárás elveit. A balesetben érintett személyeket a zárójelentés csak az esemény idején betöltött munkakörük, feladatuk szerint nevezi meg.

A KBSZ köteles megőrizni és más hatóság számára nem köteles hozzáférhetővé tenni a szakmai vizsgálat során tudomására jutott adatot, amely tekintetében az adat birtokosa az adatközlést jogszabály alapján megtagadhatta volna.¹

A Zárójelentés kötelező erővel nem bír, ellene jogorvoslati eljárás nem kezdeményezhető.

A Közlekedésbiztonsági Szervezet a vizsgálatot

- a légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény (a továbbiakban: Kbt.);
- a Bizottság (EU) 2020/572 végrehajtási rendelete (2020. április 24.) a vasúti balesetkről és váratlan eseményekről szóló vizsgálati jelentések esetében követendő jelentéstételi struktúráról;
- a súlyos vasúti balesetek, a vasúti balesetek és a váratlan vasúti események szakmai vizsgálatának, valamint az üzembentartói vizsgálat részletes szabályairól szóló 24/2012. (V.8.) NFM rendelet;
- illetve a Kbt. eltérő rendelkezéseinek hiányában az általános közigazgatási rendtartásról szóló 2016. évi CL. törvény

rendelkezéseinek megfelelő alkalmazásával folytatta le.

A Kbt. és a 24/2012. (V.8.) NFM rendelet együttesen az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/798 irányelve (2016. május 11.) a vasútbiztonságról szóló (a továbbiakban: vasútbiztonsági irányelv) uniós jogi aktusnak való megfelelést szolgálják.

A Közlekedésbiztonsági Szervezet illetékessége a közlekedésbiztonsági szerv kijelöléséről, valamint a Közlekedésbiztonsági Szervezet jogutódlással való megszűnéséről szóló 230/2016. (VII. 29.) Korm. rendeleten alapul.

A szakmai vizsgálat független a közlekedési baleset, illetve az egyéb közlekedési esemény kapcsán indult más közigazgatási hatósági, szabálysértési, illetve büntetőeljárástól.

Szerzői jogok

A zárójelentést kiadta:

Építési és Közlekedési Minisztérium, Közlekedésbiztonsági Szervezet

1103 Budapest, Kőér u. 2/A.

www.kbsz.hu

kbszvasut@ekm.gov.hu

A zárójelentés vagy annak részei bármely formában, jogszabályban meghatározott kivételek figyelembevételével felhasználhatók, ha a részletek a tartalmi összefüggéseiket megtartják és a forrást pontosan megjelölik.

¹A légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény 18.§ (1) és (6) bekezdése alapján

MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

ÉKM	Építési és Közlekedési Minisztérium
ERAIL	Az Európai Unió Vasúti Ügynökségének baleseti adatbázisa (az eset ERAIL azonosítója a borítón, zárójelben feltüntetett szám)
KBSZ	Építési és Közlekedési Minisztérium, Közlekedésbiztonsági Szervezet
Kbvt.	A légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény
MÁV	Magyar Államvasutak Zrt.
oh.	országhatár
pft.	a MÁV Zrt. területileg illetékes pályafenntartási szakasza
PSŽ	Prvá Slovenská Železničná a.s.
psz.	pályaszám
UIC	Nemzetközi Vasútegylet (franciául: Union Internationale des Chemins de fer)
VHF	Építési és Közlekedési Minisztérium, Vasúti Hatósági Főosztály
Vb	Vizsgálóbizottság
vtk.	vonatterhelési kimutatás (vonatösszeállítási adatokat tartalmazó dokumentum)

TARTALOM

1.	ÖSSZEFOGLALÁS	5
2.	A VIZSGÁLAT FOLYAMATA ÉS ÖSSZEFÜGGÉSEI	6
2.1	A vizsgálat megindítása	6
2.2	A vizsgálat megindításának oka	6
2.3	A vizsgálat terjedelme és korlátai	6
2.4	A vizsgálóbizottság	6
2.5	Kommunikációs és konzultációs folyamatok.....	7
2.6	Együttműködés	8
2.7	Vizsgálati módszerek	8
2.8	A vizsgálat nehézségei.....	8
2.9	Kapcsolattartás az igazságügyi hatóságokkal	8
3.	AZ ESEMÉNY ISMERTETÉSE	9
3.1	Az esemény leírása.....	9
3.2	Az esemény időrendje.....	12
4.	AZ ESEMÉNY ELEMZÉSE	14
4.1	Személyek és szervezetek feladatai.....	14
4.2	A járművek és a műszaki berendezések	14
4.3	Emberi és szervezeti tényezők.....	21
4.4	Biztonsági eljárások	24
4.5	Korábbi hasonló események	26
5.	KÖVETKEZTETÉSEK.....	28
5.1	Összefoglalás.....	28
5.2	Megtett intézkedések	28
5.3	További észrevételek	28
5.4	Jól működő eljárások, gyakorlatok.....	29
5.5	Tanulságok	29
6.	BIZTONSÁGI AJÁNLÁS.....	29
7.	ELTÉRŐ VÉLEMÉNYEK.....	29
7.1	A MÁV Zrt. észrevételei.....	29
7.2	A PSZ észrevételei.....	35
	MELLÉKLETEK.....	37
1. melléklet	A vágány mért adatai (kisiklás utáni állapot).....	37
2. melléklet	Mérővonati grafikonok (kisiklás előtti állapot)	38
3. melléklet	Alkalmazott pályaminősítési számítási eljárások.....	39
4. melléklet	SAD minősítő szám képzése és mérethatárai	40
5. melléklet	Kerékterhelés mérés (2022.09.30.)	41

1. ÖSSZEFOGLALÁS

2022. augusztus 30-án, 15 óra 5 perckor a 100 sz. vasútvonalon, Karcag és Püspökladány állomások között a jobb vágányon 80 km/h sebességgel közlekedő 45499-2 sz. vonat 22. kocsijának menetirány szerinti első forgóváza az 1674+36 sz. szelvényben kisiklott. A vonat az 1689+17 sz. szelvényben megállt. A megállás helyéig a vasúti pálya kb. 1,2 kilométer hosszban jelentősen megrongálódott. A baleset során személyi sérülés nem történt.

A vizsgálat megállapította, hogy az eset helyén olyan pályahiba volt, amely – figyelembe véve a tervezési értéknél ($0,65 \text{ m/s}^2$) megengedőbb és a gyakorlatban különleges esetekben alkalmazható oldalgyorsulás érték (1 m/s^2) alapján számított, a hibahelyen fizikailag alkalmazható sebességet (98-103 km/h) – statikusan nem magyarázza meg a kisiklás létrejöttét. A kisiklott teherkocsi műszaki hibája azonban a szokásos műszaki állapothoz képest érzékenyebbé tette a járművet a pályahibákra. Míg más kocsik (így a vonatba sorozott első 21 kocsi is) a számukra megengedett túréseket kihasználva, az érintett pályahibát „kezelték”, ez a kocsi kisiklott rajta.

Ennek megfelelően a baleset bekövetkezésének oka volt egyrészt, hogy a

- kisiklott kocsi egyik kerekénél a súrlódásos lengéscsillapító „gombája” korábban – közelebbről nem meghatározható időpontban – a csapágyvezeték mangánbetétes súrlódó lapjához hegedt, másrészt hogy
- az eset helyén a pályában egyidejűleg irány- és fekszinthiba volt.

A pályahibák együttes dinamikus hatásai révén az adott helyen megnőtt a kisiklás veszélye, a kocsi meglévő műszaki hibájának hatására pedig az adott kerék rugózása megszűnt, és mivel a kerékpár ily módon elvesztette a „terepjáró” képességét, a jármű az érintett hibahelyre érve kisiklott.

Rendszerszintű tényezőként volt azonosítható, hogy a pályahálózat-működtető pályafelügyeleti rendszere a pályahibákat legtöbbször külön-külön értékeli, és a hibák együttes előfordulását értékelő eljárások a hiba kialakulási gyorsaságához képest ritkák (gépi, dinamikai mérések) vagy szubjektívek (vonalbejárás, vonalbeutazás). Mivel azonban a hibák együttes értékelésével a hasonló esetek bekövetkezésének valószínűsége a pályafenntartás oldalán is hatásosan csökkenthető, a KBSZ tanulságként fogalmazta meg, hogy az olyan esetekben, amikor azonos helyen különböző hibák halmozódnak, a megfelelő értékelésére különös gondot kell fordítani az alkalmazott módszertől, eljárástól függetlenül.

Tekintettel arra, hogy a kisiklott teherkocsi műszaki hibájának pontos keletkezési körülményei nem voltak megállapíthatók, jelen esemény kapcsán a KBSZ nem ad ki biztonsági ajánlást.

2. A VIZSGÁLAT FOLYAMATA ÉS ÖSSZEFÜGGÉSEI

2.1 A vizsgálat megindítása

A KBSZ ügyeletére az esetet 2022. augusztus 30-án, 15 óra 30 perckor (a bekövetkezés után 25 perccel) jelentette a MÁV Zrt. hálózati főirányítója.

A KBSZ készenlétes vezetője azonnali helyszíni szemlét rendelt el.

A szemle tapasztalatai alapján a KBSZ vezetője 2022. augusztus 31-én, KBSZ/26388/2022-TIM iktatószámom szakmai vizsgálat megindításáról döntött.

2.2 A vizsgálat megindításának oka

A Közlekedésbiztonsági Szervezet a Kbt. 7.§ (1) bekezdése alapján:

1. *kivizsgálja a súlyos vasúti baleseteket;*
2. *kivizsgálhatja azokat a vasúti baleseteket és váratlan vasúti eseményeket, amelyek megítélése szerint kissé más körülmények között súlyos balesetekhez vezethettek volna, mérlegelve*
 - a) *a baleset vagy váratlan vasúti esemény súlyosságát,*
 - b) *hogy a rendszer egésze szempontjából jelentőséggel bíró eseménysorozat részét képezi-e,*
 - c) *a vasútbiztonságra gyakorolt hatást,*
 - d) *a pályahálózat működtetőit, a vasúti társaságok, a nemzeti biztonsági hatóságok, vagy a tagállamok megkereséseit;*
 - e) *hogy a vizsgálat a biztonsággal kapcsolatos tanulságokkal szolgálhat-e.*

A jelen vizsgálat megindítására a fenti 2. a) pont alapján került sor, összhangban az (EU) 2016/798 vasútbiztonsági irányelv 20. cikk (2) a. pontjával is, mert:

- bár az esemény során személyi sérülés nem történt, de egy közlekedő vonat kisiklása annak magas kockázatát hordozza, illetve
- ugyan az esemény során keletkezett károk összege nem érte el a „súlyos vasúti baleset” minősítéshez szükséges, az EU irányelvben és a hazai jogszabályban (Kbt.) meghatározott értéket, de egy relatív nagy sebességgel történő kisiklás esetén ennek a lehetősége adott.

A vizsgálatlaltal és a tanulságok levonásával lehetőség nyílik mérsékelni a vasúti közlekedés baleseti kockázatát.

2.3 A vizsgálat terjedelme és korlátai

A vizsgálat célja volt az esemény lefolyásának időrendi feltárása, a személyek tevékenységét és a műszaki berendezések működését befolyásoló emberi, szervezeti és műszaki tényezők feltárása, a közvetlen és közvetett okok meghatározása, végül a szükséges tanulságok bemutatása.

A jelen vizsgálat kiterjedt a vasúti pályának a fenntartási szervezet általi minősítésére és a ténylegesen elvégzett pályafenntartási tevékenységére, valamint a vasúti jármű műszaki hibájának keletkezési idejére és körülményeire.

2.4 A vizsgálóbizottság

A KBSZ vezetője a vasúti közlekedési esemény vizsgálatára az alábbi Vizsgálóbizottságot jelölte ki:

vezetője	Duli Ádám	balesetvizsgáló
tagja	Kapocsi József	balesetvizsgáló

Kapocsi József és Duli Ádám balesetvizsgálók kormányzati szolgálati jogviszonya a vizsgálat idején megszűnt, helyettük a bizottságba Chikán Gábor és Demjén Péter balesetvizsgálók lettek kijelölve.

A KBSZ vezetője által kijelölt Vb a vizsgálat elvégzéséhez szükséges szakmai ismeretekkel, kompetenciákkal rendelkezett, ezért külső szakértő bevonására nem volt szükség.

2.5 Kommunikációs és konzultációs folyamatok

A Vb a helyszínen meghallgatta a mozdonyszemélyzetet.

Az eseményt követően a Vb meghallgatta a MÁV Zrt. illetékes pályafenntartási szakaszának és szakaszmérnökségének dolgozóit.

A Vb a kisiklott kocsi műhelyi vizsgálatainak keretén belül több ízben konzultált a vállalkozó vasúti társaság képviselőivel.

Zárójelentés-tervezet

A KBSZ a zárójelentés tervezetét megküldte az

- ÉKM Vasúti Hatósági Főosztály,
- MÁV Magyar Államvasutak Zrt.,
- Prvá Slovenská Železničná a.s.

részére.

A zárójelentés tervezetre írásban válaszolt a MÁV Magyar Államvasutak Zrt., aki kisebb pontosítások mellett több érdemi észrevételt is tett és a tervezetben foglalt több megállapítással sem értett egyet.

A KBSZ az észrevételek egyeztetése céljából 2023. december 5-én záró megbeszélést tartott, melyen a MÁV Magyar Államvasutak Zrt. szakértőkkel képviseltette magát.

A megbeszélés eredménye alapján a KBSZ az esemény vizsgálatát nem zárta le, újabb egyeztetéseket tartott a MÁV Zrt. pályafenntartási szervezetével, az újonnan kapott információk alapján módosította a zárójelentés tervezetét, majd azt ismét megküldte az

- ÉKM Vasúti Hatósági Főosztály,
- MÁV Magyar Államvasutak Zrt.,
- Prvá Slovenská Železničná a.s.

részére.

Az ismételten megküldött zárójelentés tervezetre írásban válaszolt

- a MÁV Magyar Államvasutak Zrt.:
 - kisebb hibajavítások mellett
 - úgy látja, hogy a vasúti pályahibával kapcsolatban minden utasításokban előírt intézkedést megtettek, a pályaadatokat az utasításoknak megfelelően mérték és értékelték, a pálya a megengedett 80 km/h-ra megfelelő volt;
 - a tapasztalt pályaállapot legalább részben a kisiklás következménye;
 - a kisiklott kocsinak üzemveszélyes hibái voltak, különös tekintettel az oldaltám-rugó törésére;
 - hiányolta a kocsi nem megfelelő állapotáért felelős szervezet vizsgálatát;
 - a pályahibák együttes/külön értékelésére vonatkozó megállapítással nem ért egyet;

- továbbá több olyan fejezethet is tett észrevételt, amelyet az első zárójelentés-tervezetben nem vitatott.
- az ÉKM Vasúti Hatósági Főosztály, de észrevételt nem tett.
- Prvá Slovenská Železničná a.s.:
 - hiányolta a pályafelügyeletre vonatkozó Biztonsági Ajánlást;
 - véleménye szerint az oldaltám-rugó törése nem függ össze az eseménnyel;
 - a vonat sebességtúllépése pedig jelentéktelen.

A KBSZ a megküldött észrevételek egyeztetése céljából 2024. május 13-án záró megbeszélést tartott, melyen a

- ÉKM Vasúti Hatósági Főosztály,
- MÁV Magyar Államvasutak Zrt.,
- Prvá Slovenská Železničná a.s.

képviseltette magát.

Az észrevételeket a Vb megfontolta, a zárójelentésbe végül nem beépített észrevételeket a zárójelentés 7. ELTÉRŐ VÉLEMÉNYEK fejezete tartalmazza.

2.6 Együttműködés

A MÁV Zrt. és a PSŽ a.s. a vizsgálat során biztosította a betekintést az irataiba, a Vb által kért adatokat, dokumentumokat rendelkezésre bocsátotta, továbbá a PSŽ a.s. a kisiklott kocsi műhelyi vizsgálatának megszervezésében aktívan közreműködött.

2.7 Vizsgálati módszerek

A vizsgálatához a Vb felhasználta

- a 2022. augusztus 30-án végzett helyszíni szemle tapasztalatait, köztük a vágány mért adataival a kisiklás helyét megelőző kb. 200 méter hosszan;
- a kisiklott kocsi 2022. szeptember 30-án és 2022. október 17-én elvégzett műhelyi vizsgálatának tapasztalatait, köztük az elvégzett kerékmérések adataival, valamint a kocsiszekrény 2023. január 11-én elvégzett külső-belső szemrevételezésének tapasztalatait;
- a vonatot továbbító mozdony adatrögzítőjének adatait;
- a vonat által érintett dinamikus kerékterhelésmérő berendezések adatait;
- a kisiklott kocsi karbantartási előzményeit tartalmazó dokumentumokat;
- a kisiklott kocsinak a MÁV Zrt. dinamikus kerékterhelésmérő berendezései által rögzített üresfutási adatait a balesetet megelőző fél évből;
- a pft. vonalbeutazási könyvét és sínhőmérsékleti kimutatását;
- a vasúti pálya mérővonati grafikonjait a balesetet megelőző 10 évből;
- a 2.5 fejezetben is hivatkozott meghallgatásokat és konzultációkat;
- a 2022-0917-5 számon nyilvántartott, Nyékládháza és Miskolc között történt hasonló kisiklás vizsgálatában végzett számításokat.

2.8 A vizsgálat nehézségei

A vizsgálat során különös nehézséget jelentő feladattal a Vb nem szembesült.

2.9 Kapcsolattartás az igazságügyi hatóságokkal

A vizsgálat során az igazságügyi hatóságokkal kapcsolattartás nem volt szükséges.

3. AZ ESEMÉNY ISMERTETÉSE

3.1 Az esemény leírása

2022. augusztus 30-án, 15 óra 5 perckor a 100 sz. vasútvonalon, Karcag és Püspökladány állomások között a jobb vágányon közlekedő 45499-2 sz. vonat 22. kocsijának menetirány szerinti első forgóváza az 1674+36 sz. szelvényben kisiklott. A vonat az 1689+17 sz. szelvényben megállt. A megállás helyéig a vasúti pálya kb. 1,2 kilométer hosszban jelentősen megrongálódott. A baleset során személyi sérülés nem történt.

3.1.1 Az esemény típusa

Az esemény típusa: **Jelentős vasúti baleset**

Az esemény jellege: **Kisiklás**

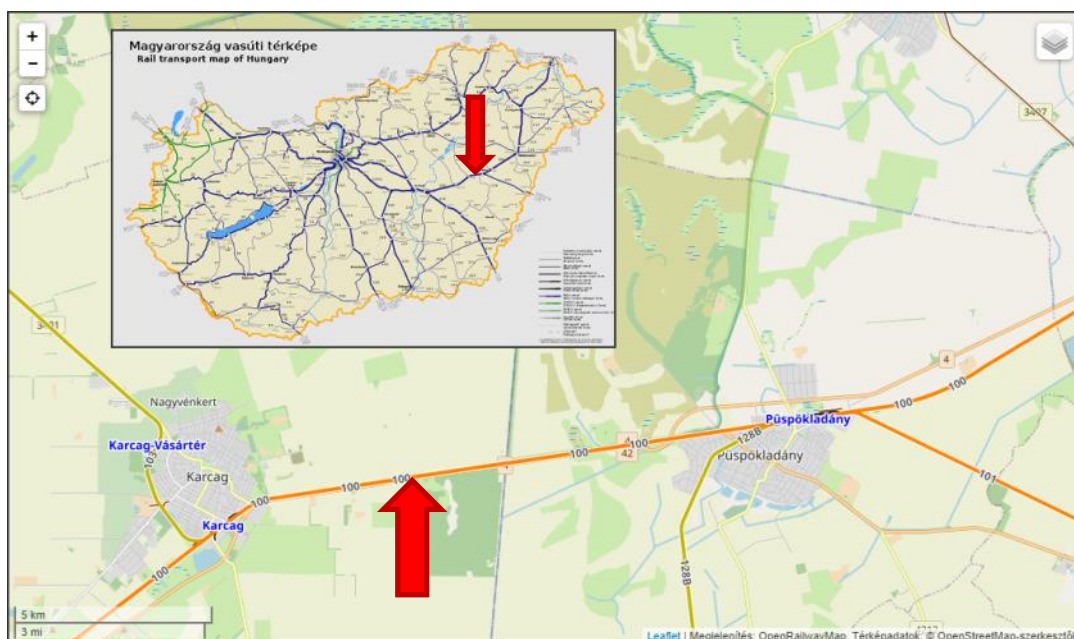
A baleset a keletkezett károk értéke okán minősül jelentős balesetnek.

3.1.2 Az esemény időpontja és helye

Az esemény időpontja: **2022. augusztus 30. (kedd), 15 óra 5 perc**

Helye: **országos vasúti pályahálózat
100 sz. vasútvonal**

Karcag – Püspökladány (1674+36 sz. szelvény)



1. ábra: az esemény helye (térkép: openrailwaymap.org és wikipedia.org)

3.1.3 Az esemény helyszíne, körülményei

Az eseményben érintett Karcag – Püspökladány állomásköz a jelentős belföldi és nemzetközi teher- és személyforgalmat bonyolító 100 sz. Budapest – Szolnok – Záhony oh. vasútvonalon fekszik. A baleset helyén a pálya kétvágányú, villamosított. Az eset helyén a vasúti pálya vonalvezetése egyenes, hosszszelvénye megközelítőleg sík (az emelkedés a végpont felé kisebb, mint 1‰).

Meteorológiai adatok

Az eset idején csapadékmentes, csendes, derült időjárás volt. A levegő hőmérséklete kb. 30°C volt. A távolbalátás erős napsütésben, nappali fényviszonyok mellett nem volt korlátozott.

3.1.4 Következmények

Személyi sérülés

A 45499-2 sz. vonatot továbbító mozdonyon 1 fő mozdonyvezető teljesített szolgálatot, aki a baleset során nem szenvedett személyi sérülést.

Anyagi károk

Az érintett szervezetek tájékoztatása alapján a baleset során kb. 326 millió Ft anyagi kár keletkezett.

A vasúti pályában keletkezett károk:

- A vasúti pálya a kisiklás helye és a megállás helye között (az 1674-1686. szelvények között) kb. 1,2 kilométer hosszban megrongálódott, a jobb vágányban kb. 2000 db betonalj összetört és az 1674+77 sz. szelvényben lévő útátjáró STRAIL elemei megrongálódtak.

A pályában keletkezett károk becsült összege kb. 313 millió Ft.

A vasúti járművekben keletkezett károk:

- A kisiklott 33 80 6667 932-9 psz. kocsiban balesetben érintett forgóvázának kerekei, rugói, lengéscsillapítója megrongálódott, a kocsinál a forgóváz cseréje vált szükségessé.

A vonatot közlekedtető vállalkozó vasúti társaság és a kocsitulajdonos káráinak becsült összege 34.200 EUR, azaz megközelítőleg 13 millió Ft.



2. ábra: a megrongálódott vasúti pálya a megállás helyétől visszafelé nézve



3. ábra: a 22. kocsi menetirány szerinti első forgóváza 2 tengellyel siklott

Környezeti károk

A baleset során környezeti kár nem keletkezett.

3.1.5 Egyéb következmények

Az esemény bekövetkezése után a Karcag – Püspökladány állomásközből csak a bal vágányon volt lehetséges a közlekedés. A kb. 1,2 kilométeren megrongálódott jobb vágány helyreállítása közel egy hónapot vett igénybe, azt a forgalomnak 2022. szeptember 28-án, 16 órakor adták vissza.

3.1.6 Érintett szervezetek és személyek

Az eset helyén a vasúti pályahálózat-működtető a MÁV Magyar Államvasutak Zrt.

Az 45499-2 sz. vonatot saját vontatójárművel és személyzettel a Prvá Slovenská Železničná a.s. közlekedtette.

A 33 80 6667 932-9 psz. teherkocsi tulajdonosa a Vagon Komerc Speed s.r.o.

3.1.7 A vonat

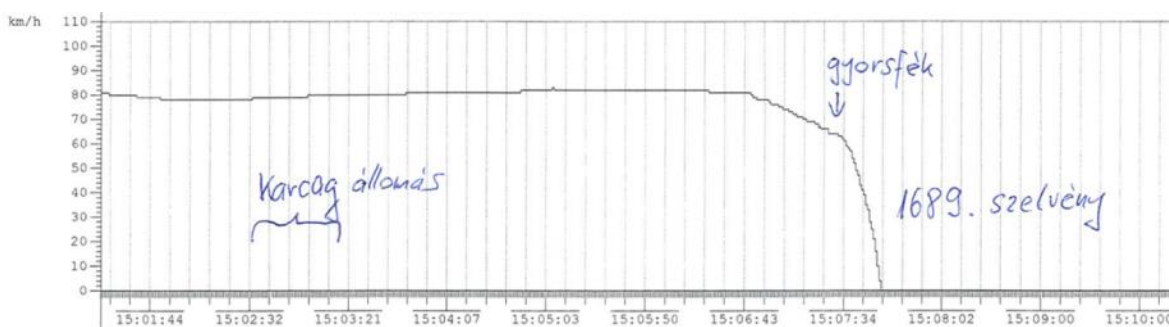
Az eseményben érintett vonat a Dunai Finomító – Nyírábrány oh. – Valea lui Mihai (Érmihályfalva) között közlekedő, 91 54 7242 282-2 psz. villamosmozdonyal továbbított, ömlesztett árut (petrolkocsz) szállító 45499-2 sz. tehervonat:

kocsiszám: 24 db
hossz: 324 m
elegytömeg: 1790 t

A kisiklott 33 80 6667 932-9 psz. Fals sorozatú különleges építésű, nyitott, önürítős teherkocsi a vonatba 22. kocsiként volt besorozva.

A vonómozdony legnagyobb engedélyezett sebessége 120 km/h, a vonatba sorozott teherkocsik legnagyobb engedélyezett sebessége (rakottan) 100 km/h, a vonat menetrendileg előírt sebessége a teljes útvonalán 70 km/h.

A vonat megfékezetsége a vtk. szerint megfelelő volt.



4. ábra: a vonat sebességmérő regisztrátuma

3.1.8 Az infrastruktúra

Vasúti pálya

Az eset helyén a vasúti pálya hézagnélküli, 60 kg/m tömegű sínekkel kialakított, rugalmas leerősítéssel vasbeton aljakra és zúzottkő ágyazatba fektetett, 160 km/h kiépítési sebességű, melynek építése 2012 februárja és 2015 novembere között, teljesszerű rekonstrukció keretében történt.

A pályára engedélyezett sebesség 120 km/h, azonban az eset idején a jobb vágányban az 1671+00 és 1675+00 sz. szelvények között (az esemény helyszínét is magában foglalóan) 80 km/h lassúmenet volt érvényben.

Biztosítóberendezés, vonatbefolyásolás

Az eset helyén önműködő biztosított térközjelzőkkel, nyílt vonali önműködő térközbiztosító berendezés üzemel. A vasúti pályában a 75 Hz-es jelfeladás a vonatbefolyásolás számára ki van építve. A vonatot továbbító mozdony vonatbefolyásoló berendezéssel fel volt szerelve. Az eset idején mindezek üzemszerűen működtek, a baleset bekövetkezésében szerepet nem játszottak.

3.2 Az esemény időrendje

A beszerzett bizonyítékok alapján az esemény tényleges lefolyása az alábbiak szerint állítható össze:

3.2.1 Az esemény előtti történések

<u>Pálya (siklás helye)</u>	<u>Jármű (siklott kocsi)</u>
2012-2015 A Szajol – Püspökladány vonalszakaszon (az eseményben érintett szakaszt is magában foglalóan) teljeskörű rekonstrukció keretében 160 km/h kiépítési sebességnek megfelelően újjáépítették a vasúti pályát, amit átadásakor 120 km/h sebességre engedélyeztek.	
2017.02.01.	Az érintett kocsi legutolsó fővizsgálatát elvégezték Burgaszban (Bulgáriában).
2018-2021	Az érintett kocsi a fővizsgálatot követő években hatszor járt futójavításon Ostravában (Csehországban).
2021.10.19. Az eseményben érintett szakaszt is magában foglalóan a Karcag – Püspökladány állomásközben az 1671+00 – 1675+00 sz. szelvények között 100 km/h sebességkorlátozást vezettek be.	
2021.12.13. Az eseményben érintett szakaszt is magában foglalóan a Karcag – Püspökladány állomásközben az 1671+00 – 1675+00 sz. szelvények között 80 km/h sebességkorlátozást vezettek be, majd 2022. áprilisától központilag a hibahelyet alépitményhibásként tartották nyilván.	
2022.02.28.	Az érintett kocsi legutolsó futójavítását (a kormány szelepeinek cseréjét és a kocsiszekrényének javítását) elvégezték Nagysurányban (Szlovákiában).
2022.08.23. Mérővonati mérést végeztek az eseményben érintett vágányszakaszon, aminek az eredményét a pályafenntartási szakasz és a mérnökség is megkapta, akik ezt követően megkezdték azok feldolgozását és a munkák tervezését.	↑ A legutolsó futójavítást követően, közelebbről nem meghatározható időpontban, az érintett kocsi 1R jelű kerekénél a súrlódásos lengéscsillapító „gombája” összehegedt az ágytokon lévő mangánbetétes kopólemezzel. ↓
2022.08.25.	Az érintett kocsi üresen megérkezett rakodásra Dunai Finomítóba.
2022.08.29. A főpályamester és a vezető mérnök is vonalbeutazást tartott az eseményben érintett szakaszon, akik nem ítélték úgy, hogy beavatkozás lenne szükséges.	
2022.08.30. A szakaszmérnök vonalbeutazást tartott az eseményben érintett szakaszon, aki nem ítélte úgy, hogy beavatkozás lenne szükséges.	

3.2.2 Az esemény lefolyása (2022.08.30.)

- 11:33** A 45499-2 sz. vonat elindult Dunai Finomítóból (az indulást megelőző műszaki kocsvizsgálat során a kocsvizsgáló hiányosságot nem tapasztalt).
- 12:12** A 45499-2 sz. vonat áthaladt a Kelenföld – Ferencváros állomásközbe telepített dinamikus kerékterhelésmérő berendezésen, ami regisztrálta annak adatait.
- 14:15** A 45499-2 sz. vonat áthaladt a Szolnok – Szajol állomásközbe telepített dinamikus kerékterhelésmérő berendezésen, ami regisztrálta annak adatait.
- 15:05** Az 1673+95 – 1674+33 sz. szelvények között lévő vágánygeometriai hibán áthaladva a 45499-2 sz. vonat 22. kocsjának menetirány szerinti első forgóváza az 1674+36 sz. szelvényben kb. 80 km/h sebességgel kisiklott – a kocsik menetirány szerinti első forgóvázának első tengelyén bal oldalt lévő kerék fölkapott a bal sínszárla, majd átlépte azt, a jobb oldali kerék pedig a jobb sínszárláról beesett a vágánytengelybe.



5. ábra: a kisiklás helyét megelőző vágánygeometriai hiba

A kisiklást követően a vonat sebessége a megnövekedő menetellenállás okán csökkenni kezdett. Ezt észelve a mozdonyvezető a vontatást megszüntette, ellenőrizte a fővezeték nyomását, majd amikor a műszerek alapján nem tudta megállapítani a rendellenes mértékű sebességcsökkenésnek az okát, az oldalablakot lehúzva hátra tekintett és észlelte a siklott kocsi keltette porfelhőt. A mozdonyvezető ekkor azonnal – a rendellenes sebességcsökkenést követően mintegy 44 másodperccel – 64 km/h sebességről gyorsfékezést kezdeményezett. A gyorsfékezést követően 24 másodperccel a vonat megállt az 1689+17 sz. szelvényben.

3.2.3 Az eseményt követő történések

- 17:00** A Vb megkezdte a változatlanul hagyott helyszín szemlélését, közben az érintett állomásközben a másik (bal) vágányon a forgalom fenntartható volt.
- 20:00** A Vb befejezte a helyszíni szemlét, megkezdődhetnek a helyreállítási munkálatok.
- 2022.09.28.** A balesetben érintett vágányszakaszon a helyreállítás befejeződött, azt délután 16 órakor a forgalomnak visszaadták.

4. AZ ESEMÉNY ELEMZÉSE

A vizsgálat során megállapítható volt, hogy a vonat a pálya (4.2.2) és a jármű (4.2.1) kedvezőtlen kölcsönhatásának következtében siklott ki. A kisiklást lehetővé tevő műszaki tényezőket részletesen a 4.2 fejezet hivatkozott alfejezetei elemzik.

4.1 Személyek és szervezetek feladatai

Az eset megelőzésével kapcsolatban az alábbiak szerint merültek fel feladatok:

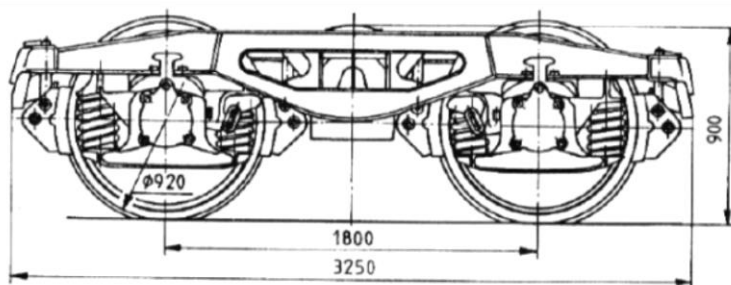
- A pálya forgalombiztos állapotban tartásáról a pályahálózat-működtető vasúti társaság pályafenntartási szervezeti egységeinek kellett gondoskodni, aminek megfelelően ők különböző intézkedéseket tettek, de a baleset bekövetkezése azt mutatja, hogy az elkerüléshez ez nem volt elegendő. Ezen szervezeti tényezőket részletesen a 4.3.2 fejezet elemzi.
- A járművek forgalombiztos állapotban történő közlekedéséért a vállalkozó vasúti társaság felel, aki ez esetben bérleti konstrukcióban üzemeltette a járművet, de e mellett a kocsitulajdonos – karbantartásért felelős szervezatként – a forgalombiztos állapot megőrzéséért felelt. A baleset bekövetkezése azt mutatja, hogy e tevékenységek a balesetet megelőzni nem tudták, azonban tekintettel arra, hogy a kocsi műszaki hibájának keletkezési ideje és körülményei nem voltak pontosan megállapíthatók (lásd 4.2.1 fejezet), a karbantartással és üzemletéssel kapcsolatos szervezeti feladatok megfelelőségét a jelentés részletesen nem elemzi.

A baleset bekövetkezésére ezeken felül a vonat mozdonyvezetőjének tevékenysége hatott, akinek a sebesség megválasztásával volt a folyamatra hatása. A baleset bekövetkezése után a következmények minimalizálására szintén a mozdonyvezetőnek volt lehetősége, aki ennek megfelelően cselekedett. Ezen emberi tényezőket részletesen a 4.3.1 fejezet elemzi.

4.2 A járművek és a műszaki berendezések

4.2.1 A kisiklott teherkocsi

A kisiklott teherkocsi 6667 sorozatú (Fals típusú) négytengelyes, különleges építésű, (gravitációs önürítős, nyitott) teherkocsi. A kocsi alá Y25 típusú forgóvázak voltak bekötve. A kocsi engedélyezett sebessége üresen 120 km/h, rakottan 100 km/h.



6. ábra: Y25 típusú teherkocsi forgóváz
(Zobory I., Gáti B., Kádár L., Hadházi D.: Járművek és mobil gépek I.)

A kocsi műhelyi körülmények közötti vizsgálatára 2022. szeptember 30-án, Békéscsabán, a MÁV-START Zrt. kocsijavító műhelyében került sor. A mérésekre rendhagyó módon a kocsi eredeti, rakott állapotában került sor, mert a kocsi

átrakása nem volt megoldható, a célállomás előtt történő leürítéssel pedig a rakomány szennyeződött és elértéktelenedett volna.

A műhelyi vizsgálat során kerékterhelés mérésre, a kerékpárok geometriai mérésére, valamint a hordmú és kapcsolati elemeinek ellenőrzésére, minősítésére került sor.

Mérlegelés

A kerékpárok tengelyeinek engedélyezett terhelése 23,5 t. A mért tengelyterhelések (5. melléklet) ezen érték alatt voltak, ami a pályán alkalmazható tengelyterhelésnek (21 t) is megfelelt, tehát a kocsi nem volt túlterhelt.

A kerékterhelés mérés során az egyes tengelyeken a kerékterhelés eltérések („A” értékek), a forgóvázon belüli tengelyterhelés eltérések („B” értékek) és a forgóvázak közötti terhelés eltérés („C” értékek) rendben voltak. Ez összhangban van azzal, hogy a helyszíni szemlén a Vb szemrevételezése szerint az ömlesztett áru a raktérben egyenletesen helyezkedett el.

A kétoldali terhelés eltérés (D értékek) nem volt megfelelő, az a megengedett 5% helyett 5,3% értékű volt. Mivel a kiértékelés alapját képező vállalati szabvány (MÁVSZ 2894:1996) a vontatott járművek fővizsgálója és főjavítása után, terheletlen állapotban határozza meg a megengedhető eltéréseket, mindez a tengelyek kisiklás utáni állapotban történő vizsgálatánál csak iránymutató lehet.

A kétoldali eltérésre rakott állapotban az UIC Rakodási Szabályok I. kötetének 3. fejezete mérvadó. E szerint az egyazon kerékpárhoz tartozó kerekek terhelése közötti arány 1,25:1 lehet. Ennek a kocsi megfelelt, mert bár a legnagyobb eltérés a siklott tengelyen volt mérhető, ahol a jobb oldali kerékre nagyobb terhelés jutott, mint a bal oldali kerékre, de az arányszám ott is csak 1,22:1 volt. Ez összhangban van azzal, hogy a kisiklást megelőzően a vonat kétszer is áthaladt dinamikus kerékterhelésmérő berendezéseken, ahol a mérések alapján a később kisiklott tengelyen a kétoldali eltérés arányai 1,18:1 és 1,24:1 voltak, ennek megfelelően pedig a berendezések riasztási küszöbérték alatt regisztrálták a kocsi adatait.

Fentiekből tehát nem állapítható meg egyértelműen a jármű nem megfelelőisége, viszont látható, hogy a kocsi futása bár határértékeken belül, de féloldalas (a menetirány szerinti első tengelyen jobb oldalra terhelt) volt, amit azonban nem a rakomány elhelyezkedése okozott (7. ábra). A kocsinak azonban volt más, a kerékterhelést befolyásoló hibája, lásd lejjebb.



7. ábra: a teherkocsi sínen maradt forgóvázának 4L csapja (balra) és a siklott forgóvázának 1R csapja (jobbra) a kocsi alól kisserelve: látható, hogy a kisiklott 1R kerék terheletlen állapotban sem volt képes kirugózni

Futómű, hordmú vizsgálata

A vizsgálat során a siklott forgóváz kerekeinek geometriai méretei rendben voltak.

A forgóvázak kiszerelésével a hordmú vizsgálatánál megállapítható volt, hogy a siklott forgóvázon a 2R, 3L és 4R jelű kerékcsapok felől az oldaltám rugók töröttek voltak (8. ábra).

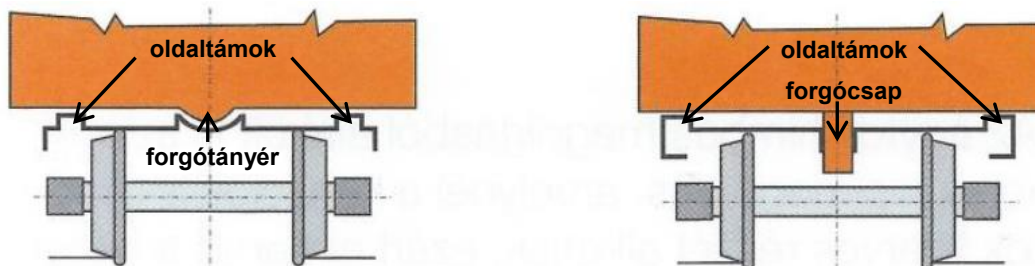


8. ábra: kiszerelt csúszótám a törött rugóival

A törési felületek vizsgálatával nem volt egyértelműen megállapítható, hogy azok a balesetet megelőzően vagy a baleset következményeként törtek el.

Elképzeltető, hogy az a balesetet megelőzően történt, mert az oldaltám rugókat az ilyen típusú kocsiknál a kocsvizsgálók a vonatvizsgálatkor a kocsiszekrény kialakítása miatt nem tudják megvizsgálni, így egy törött oldaltám rugó hosszabb ideig is rejtve maradhat.

Amennyiben azonban korábban törtek el, a baleset bekövetkezéséhez a törött oldaltám rugók akkor sem járulhattak hozzá, mivel az Y25 típusú forgóváz kis súrlódó nyomatékú, ahol a kocsiszekrény a forgótányérra támaszkodik és az oldalsó csúszótámok hézaggal illeszkednek (9. ábrán balra), azok a kocsi súlyához képest jelentéktelen rugómerevségüknél fogva a forgóváz ívbe való beállítását nem akadályozhatták.



9. ábra: kis (balra) és nagy (jobbra) súrlódó nyomatékú forgóváz-szekrény kapcsolat (Dr. Zvikli Sándor: Vasúti járművek, járműszerkezetek)

Futásbiztonságot befolyásoló hiba

A siklott tengelyen a jobb és baloldali kerékterhelés eltérés okának feltárására 2022. október 17-én, a MÁV-START Zrt. békéscsabai műhelyében egy újabb vizsgálat keretében a kerékpárok a forgóvázakból kikötésre kerültek.

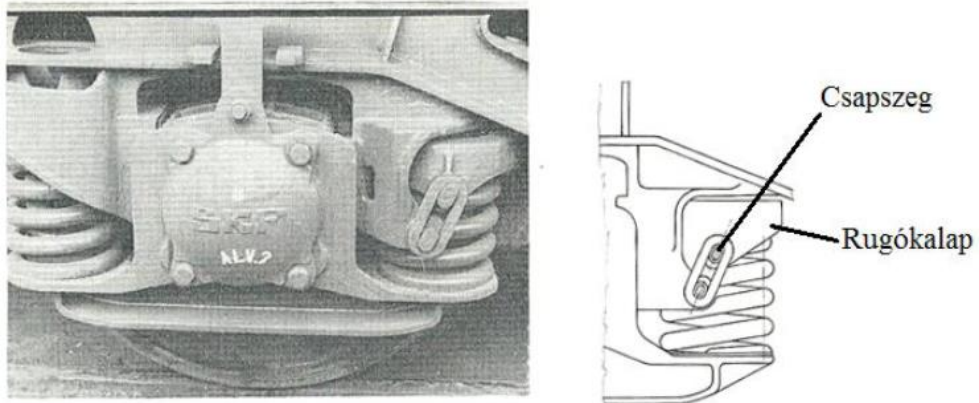
A siklott kerékpár szétszerelése során megállapítható volt, hogy az 1R jelű kerékcsapnál, a súrlódásos lengéscsillapító „gombája” a csapágyvezetéken lévő

mangánbetétes súrlódó laphoz volt hegedve (10. ábra), ezért a külső és belső hordrugók – a 7. ábrán is látható módon – folyamatosan összenyomott, berugózott állapotban voltak.

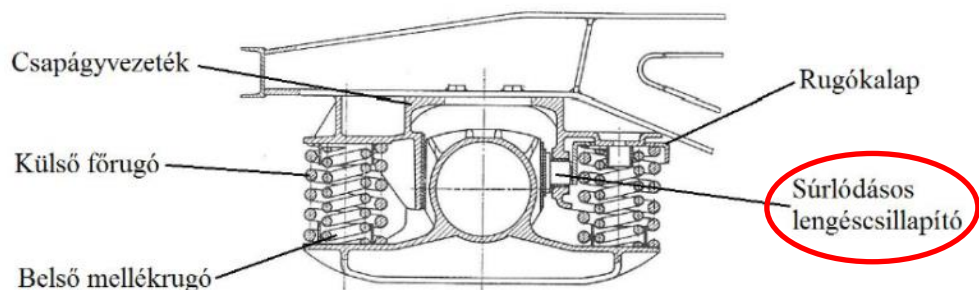


10. ábra: az összehegedés nyomai

A szekunder rugózás ennél a típusú forgóváznál nincs jelen, a futómű lengéscsillapítását a csapágyvezetékek belső oldalán elhelyezett súrlódásos lengéscsillapítók végzik. A lengéscsillapító vezetőcsapja a 11. ábrán látható módon, ferdén elhelyezett láncszemekre van felfüggesztve. A ferde felfüggesztésből adódó vízszintes erőkomponens a lengéscsillapító súrlódó lapját a csapágytok vezetőfelületének nyomja, létrehozva a függőleges csillapítóerőt.



11. ábra: ferdeláncszemes felfüggesztés
(Dr. Zvikli Sándor: Vasúti járművek, járműszerkezetek)



12. ábra: csapágyvezeték beépített lengéscsillapítóval és rugókkal
(Dr. Zvikli Sándor: Vasúti járművek, járműszerkezetek)

A lengéscsillapító „gombának” a kopólemezhöz való hegedése hatására az 1R csapágytok rugózása megszűnt, az 1L jelű kerék terhelése lecsökkent, a kerékpár pedig jelentősen veszített a „terepjáró” képességéből.

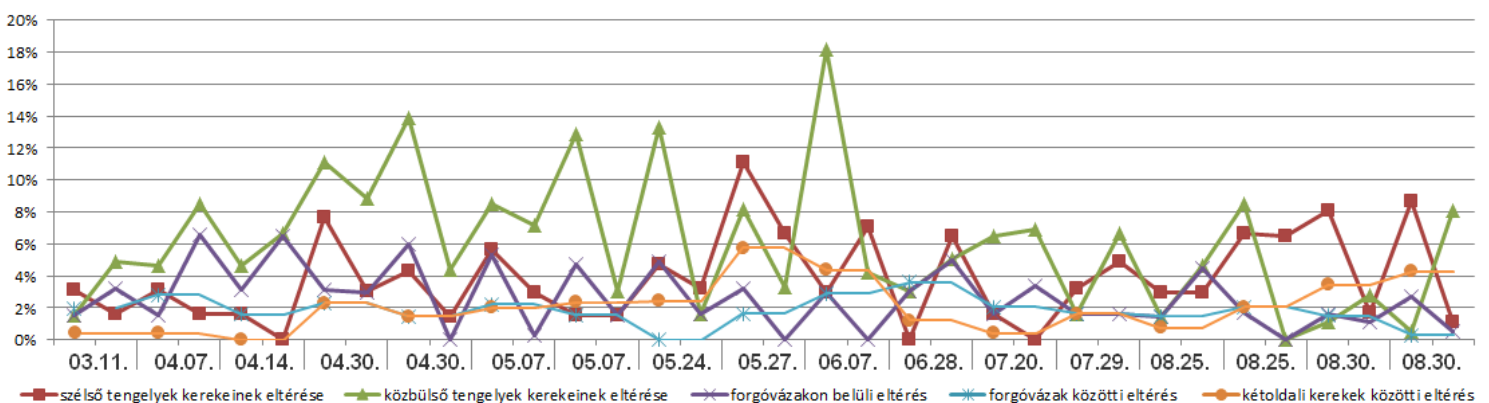
Ezen felül, mivel az Y25 típusú forgóváz csapágyvezetésére jellemző, hogy a csapágyvezeték nyílásokban hosszirányban szinte semmit, kereszt irányban 10-10 mm-t mozdulhatnak el, így a kerékpár önbeálló képessége is csökkent.

Fentiek miatt a forgóváz a pálya egyenetlenségeit nem volt képes követni, a hibákat tolerálni, ezért egy kellően nagy pályageometriai deformáción kisiklott.

A hiba keletkezése

Mivel a megállapított hiba a jellege alapján üresfutáskor a tengelyterhelést jelentősen befolyásolhatta, a Vb a hiba keletkezésének idejét a kocsin futása szerint, a balesetet megelőző fél évből, a MÁV Zrt. hálózatán telepített dinamikus tengelyterhelés mérő berendezések rögzített adatainak összevetésével megpróbálta beazonosítani.

Az érintett vasúttársaságok adatszolgáltatása szerint 17 olyan alkalmat sikerült azonosítani, ahol az ország különböző pontjain a később kisiklott kocsin üresen áthaladt ilyen mérőeszközzel. Valamennyi kiértékelhető tengelyterhelés mérést felhasználva a Vb elkészítette a kerékterhelés eltérések változásának grafikonjait (13. ábra), azonban az összesített adatok alapján nem volt azonosítható olyan időintervallum, ahol a releváns adatokban szignifikáns változás következett volna be. Egyedül a közbülső tengelyek kerekeinek kerékterhelés eltérése (zöld vonal) volt azonosítható 2022. június elején egy határozott csökkenés, de mivel a siklott tengely (a menetirány szerinti első) a négytengelyes kocsin egy szélső tengely, ezért ez nem releváns a feltárt hiba szempontjából. A Vb azonban nem tartja valószínűnek, hogy egy ilyen jellegű, a futásbiztonságot közvetlenül befolyásoló hibával a kocsin régóta közlekedhetett.



13. ábra: a MÁV Zrt. hálózatán a pályába épített dinamikus kerékterhelésmérő berendezések által mért kerékterhelés adatai a később kisiklott teherkocsinak a balesetet megelőző fél évből

A hiba keletkezési idejének meghatározhatatlansága miatt a keletkezés körülményei sem voltak feltárhatóak, azonban az a műhelyi vizsgálatok során észlelt nyomokból valószínűsíthető, hogy az összehegedés egy, az érintett futóműalkatrészen keresztül bekövetkező rendkívül nagy áramerősségű elektromos kisülés következménye volt (ilyet okozhat akár villámcsapás, felsővezetékszakadás, helytelen technológiájú hegesztés stb.).

Korábban a műhelyi vizsgálatok során az 1R keréknél lévő csapágy is megbontásra került, amin rendellenesség és áramjegy nem volt tapasztalható, valamint a forgóváz és a kocsiszekrény közötti földelősodrony és bekötései is sértetlenek voltak, ezért a vizsgálatok után forgóvázcserén átesett, majd a

rendeltetési helyén leürített kocsit a Vb 2023. január 11-én, Ferencváros állomáson ismételten megvizsgálta, hogy a kocsiszekrény külsején és belsejében áramnyomokat keressen. A vizsgálat során a Vb nem találta meg a kisülés bemenetét/kimenetét, így az összehegedés okára vonatkozóan további következtetések nem vonhatók le.

4.2.2 A vasúti pálya

Az eset helyén a pályában geometriai hiba volt (5. ábra), egyidejűleg 30 mm irány- és 37 mm fekszinhibával (lásd 1. melléklet).

Az irányhiba

A D.54. sz. Építési és pályafenntartási műszaki adatok, előírások I. 51. fejezetének 7. táblázata (14. ábra) szerint:

- a 80 km/h sebességűre korlátozott pályán 26 mm lenne az azonnali intézkedést kívánó (C3) mérethatár (kék),
- míg a tényleges 30 mm ívmagasságú irányhiba a táblázat alapján legfeljebb 70 km/h sebességig megfelelő (narancssárga).

7. Irány paraméter mérethatárai kézi mérésnél

Sebesség	Ívmagasság eltérés a névleges értéktől a húr közepén						Ívmagasság eltérés egymástól fél hűrtávolságban mérve a húr közepén					
	y - y _{névleges}						Y ₁ - Y ₂					
	A1	A2	B	C1	C2	C3	A1	A2	B	C1	C2	C3
új	használt	új					használt					
(km/h)	(mm)											
R ≥ 300 m sugárnál 20 m hosszú húron												
≤ 40	20	25	32	43	48	53	30	37	48	65	72	80
41 - 50	17	20	26	35	39	44	25	31	40	54	60	67
51 - 60	13	16	21	28	31	35	20	25	32	43	48	53
61 - 70	11	14	18	25	28	31	17	21	28	37	42	46
71 - 80	10	12	16	21	24	26	15	18	24	32	36	40
81 - 90	9	11	14	19	21	24	13	16	21	29	32	36

14. ábra: MÁV Zrt. D.54. sz. Építési és pályafenntartási műszaki adatok, előírások I. 51. fejezet

A siklás előtt egy héttel (2022.08.23-án) az FMK-007 mérővonattal történt mérési eredmények a vizsgált szakaszon max. 5 mm irányeltérést mutattak, ami a pályaszakaszon akkor érvényben lévő 80 km/h sebességkorlátozás mellett a beavatkozási mérethatáron belül volt. A 80 km/h-hoz tartozó C3 mérethatárt meghaladó mértékű hiba kialakulásának időpontja pontosan nem ismert, azonban a környező napokban délutánonként 40-50°C közötti sínhőmérsékleteket mértek, ami a hézagnélküli vágányokban irányhiba (súlyosabb esetben kinyomódás, kivetődés) kialakulását okozhatja a sínekben megjelenő nagymértékű dilatációs nyomóerő által, ami meleg időjárás esetén a napi hőingás okozta hőtágulásra vezethető vissza.

A síktorzulás

A felkapás előtt a kocsi 11 mm legnagyobb értékről fokozatosan csökkenő síktorzulásban futott.

Ez a síktorzulás önmagában a tengelytávnak megfelelő 1,8 m-es bázishosszra vonatkozó szabályozás hiányában az előírásokkal nem vethető össze, azonban

ugyanezen a pályaszakaszon a más bázishosszra számított értéke sem éri el az azonnali beavatkozás határát:

A forgóváz tengelytávjára vetített síktorzulás 1:163 (az 1,8 méteres tengelytávhoz közeli 2,5 méteres bázisnál 1:160 a C3-as mérethatár), míg a forgócsap-távolságra vetített síktorzulás 1:681 (a 7,5 méteres forgócsap-távolsághoz közeli 8 méteres bázisnál 1:248 a C3-as mérethatár).

Ugyan a hiba a beavatkozási mérethatárt nem érte el, de a jelenléte a felépítmény romlására utal, ami az adott helyen fennálló, a pályahálózat-működtető nyilvántartása szerint igazolt alépítményi hiba következménye is lehet (lásd 4.3.2).

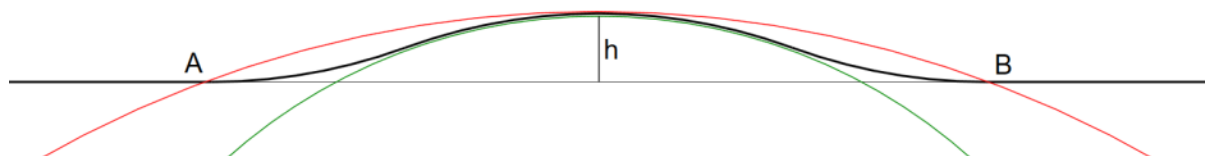
Együttes hatás (statikusan)

Az ívek vizsgálatánál a pályafenntartási szervezetek által általánosan alkalmazott módszer szerinti, a hiba teljes, AB húrjával számolt húrmérés pontatlan és veszélyes irányban tévedő becslést ad, mert az az irányhibán a 15. ábra piros színű vonala szerinti jóval nagyobb – így az alkalmazható sebesség szempontjából megengedőbb – kb. 1500 m sugarú ívet számítja ki (a problémakört részletesen lásd a 4.4.1 fejezetben).

Ezzel szemben a V_b számításai alapján, a kisiklás helyén kimért irányhiba geometriáját a 15. ábra zöld színű vonala szerint számítva, egymást követő ívekkel közelítve, az irányhibát közelítő ív sugara 1000-1100 méter közé becsülhető (a részletes számítási eljárást lásd a 1. mellékletben).

Ilyen ívsugarban 120 km/h sebességhez tartozna az üzemszerűen megtűrt $1,08 \text{ m/s}^2$ oldalgyorsulás (C3 hiba), míg a fekszinthiba okozta többletet ($0,25 \text{ m/s}^2$) is figyelembe véve (lásd 1. melléklet) az kb. 105 km/h-hoz tartozik.

A kitűzött sebességkorlátozás (80 km/h) és a vonat sebessége (80-82 km/h) ezen értékeken belül van, ezért ezek a sebességek a statikus számítási mód szerint még nem magyarázzák meg a kisiklás létrejöttét.



15. ábra: egy irányhiba közelítése ívekkel (fekete: az irányhiba, piros: az általánosan számolt pontatlanabb ív, zöld: a pontosabb közelítő ív)

Dinamikus hatások

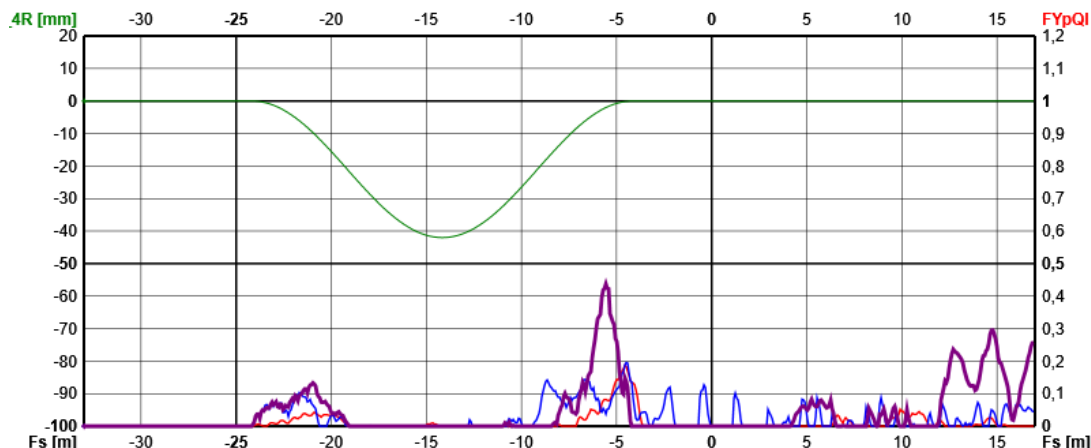
A KBSZ balesetvizsgálói a 2022. augusztus 25-én Miskolc-Rendező és Nyékládháza állomások között bekövetkezett, a KBSZ által 2022-0917-5 számon vizsgált esemény (4.5.1) kapcsán szimulációs úton vizsgálták a különböző pályahibák együttes jelenlétének hatását a járművekre. Mivel a hivatkozott eset helyén kimért pályahiba jellege a tárgyi esemény helyén kimért pályahiba jellegével megegyezik, ezért a V_b a szimuláció eredményét a vizsgált esetre is érvényesnek tekinti és az alábbiakban röviden ismerteti².

A dinamikai szimuláció kimenete a kisiklás veszélyére vonatkozó terelőerő/kerékterhelés (azaz Y/Q) arány volt. Minél magasabb ez az érték (minél nagyobb a kerekekre ható oldalirányú erő aránya a függőleges irányú terhelő erővel szemben), annál nagyobb az esélye, hogy a kerék – a sínszálat átlépve – kisiklik.

² A 2022-0917-5 sz. esemény kapcsán elvégzett dinamikai szimuláció részletes leírása és eredménye elérhető a KBSZ honlapján a hivatkozott esemény zárójelentésében

A szimuláció (16. ábra) azt mutatta, hogy:

- a pályahibába való belépéskor az Y/Q érték kis mértékben felugrik;
- majd legközelebb a pályahiba végén, ám ott kiugróan magas értékkel jelenik meg (ez összhangban van azzal a ténnyel, hogy a vizsgált balesetekben is a pályahiba végén következett be a kisiklás);
- bármelyik hiba önmagában (akár irányhiba, akár fekszínhiba) hasonló jelenségeket okoz, de a hibahely végén lényegesen kisebb Y/Q értékekkel;
- a sebesség növelése növeli az Y/Q értéket is, különösen a két hiba együttes fennállása esetén.



16. ábra: a kisiklás veszélyét leíró Y/Q arányszám szimulált értéke a különböző pályahibákon adott, egyenletes sebességgel történő áthaladáskor (zöld: pályahiba helye, piros: Y/Q értéke csak fekszínhiba esetén, kék: Y/Q értéke csak irányhiba esetén, lila: Y/Q értéke irány- és fekszínhiba együttes jelenléte esetén)

Összességében a modellezés azt mutatja, hogy a két hiba együttes fennállása jelentősen megváltoztatja a futásbiztonságot, tehát az azonos helyen egyidejűleg fennálló hibák külön-külön kiértékelése nem elegendő a biztonságos közlekedés paramétereinek meghatározásához.

4.3 Emberi és szervezeti tényezők

4.3.1 A munkakörhöz kapcsolódó tényezők

A mozdonyvezető tevékenysége

A mozdonyvezetőknek mindenkor az adott helyen és időben érvényes legkorlátozóbb sebességgel kell továbbítaniuk a vonatukat. A 3.2.2 fejezetben ismertetettek szerint a 45499-2 sz. vonat mozdonyvezetője a balesetet megelőzően 80-82 km/h sebességgel továbbította a vonatot. A mozdonyvezető így az adott helyen legkorlátozóbb, a vonatra menetrendileg előírt 70 km/h sebességhez képest kb. 15%-os sebességtúllépéssel közlekedett.

Az alkalmazott sebesség tehát:

- a vonat menetrendileg előírt sebességét (70 km/h) túllépi (3.1.7) – aminek a műszaki forgalombiztonsági vonatkozásáról a 4.4.2 fejezet értekezik,
- de a vonatba sorozott járművek legkorlátozóbb engedélyezett sebességének (100 km/h) és a vasúti pályára engedélyezett sebességnek (80 km/h) is megfelel (3.1.7 és 3.1.8).

Mivel a 70 km/h engedélyezett sebességnek nem futásbiztonsági műszaki oka volt, a Vb az alkalmazott 80 km/h sebesség nem hozza összefüggésbe a kisiklással.

A baleset bekövetkezését követően a mozdonyvezető amint észlelte a sebesség csökkenését, elkezdte keresni annak az okát, amit a műszerek ellenőrzése után második lépésben, az ablakon keresztül hátrafelé kitekintve meg is talált. Ez alatt az idő alatt a vonata $-0,1 \text{ m/s}^2$ átlagos lassulás mellett 80 km/h-ról 64 km/h-ra lassult, közben mintegy 865 métert megtéve. Miután tudatosult benne, hogy a vonata kisiklott, haladéktalanul gyorsfékezéssel megállt. A gyorsfékezést a mozdonyvezető 64 km/h sebességről kezdte meg, és $-0,74 \text{ m/s}^2$ átlagos lassulás mellett, 255 méter fékúton állt meg a vonattal, összesen tehát kb. 1,2 km-t tett meg a kisiklást követően.

Amennyiben a mozdonyvezető a lassulás érzékelésekor rögtön kisiklásra gyanakodott volna, egyúttal a kisiklást követő másodpercekben azonnal gyorsfékezett volna, a baleset után eredetileg befutott kb. 1,2 km útnak nagyjából a harmadán meg tudott volna állni. Ennek az elvárása azonban nem életszerű. Ugyan az érzékelt lassulás mértékéből valóban valamiféle rendellenességre lehet gyanakodni, de még egy visszapillantó tükrökkel (vagy kamerákkal) rendelkező vontatójárművön is ösztönszerűleg, egy visszapillantó tükrök (vagy kamerák) nélküli vontatójárművön – mint az eseményben érintett mozdonyon – pedig természetszerűleg a mozdonyvezetők először a műszereket ellenőrzik.

A mozdonyvezető baleset utáni reakciója, tehát ha nem is a leggyorsabb, de a tevékenységével szemben támasztható reális elvárásoknak megfelelő volt.



17. ábra: a vonatot továbbító mozdonyon nem volt visszapillantó tükör

4.3.2 Szervezeti tényezők és feladatok

A helyi pályafenntartási szervezeti egység tevékenysége

A vasúti pályahálózat működtetőjének pályafenntartási szervezete a vasúti pályafelügyeleti tevékenysége során ellenőrzi a pálya állapotát, és a szükséges karbantartások elvégzésével (melyek lehetnek hiba- és zavarelhárítási

tevékenységek, valamint tervezett megelőző karbantartások) és/vagy korlátozások bevezetésével biztosítja a biztonságos közlekedés feltételeit.

A fenntartási tevékenység alapja, hogy a pályahálózat-működtető egy felépítménymérő vasúti járművel évente legalább két alkalommal megméri a vasúti pálya paramétereit. A mérővonat mérési adatait a területileg illetékes főnökségen a mérnök kiértékeli, hibajegyzéket készít és elküldi a pályafenntartási szakaszra, ahol a főpályamester dönt a szükséges beavatkozásokról és azok üteméről, hogy ezt követően a pályamester(ek) gondoskodhassanak a szükséges anyagok beszerzéséről és megszervezhessék a munkáltatást.

Az eset helyén az előbbieken röviden összefoglalt szükséges pályafelügyeleti tevékenységeket a Vb részére bemutatott nyilvántartások szerint a pft. elvégezte.

A mérővonati grafikonok tanúsága szerint (2. melléklet) 2021-ben kezdett el romlani a felépítmény állapota, 2022 tavaszára pedig már előrehaladott romlási állapotban volt. A legutolsó mérővonati mérésre 1 héttel a kisiklást megelőzően került sor, aminek az eredményét a pályafenntartási szakasz és a mérnökség is megkapta, majd az eredmények gyors kiértékelését követően néhány napon belül a pályafenntartási szakasz számára már az összesítő hibalista is rendelkezésre állt. E szerint a pálya állapota tovább romlott és a kisiklás helye környezetében a vágányban „C3” kategóriába tartozó síktorzulás volt.

A D.54. sz. utasítás szerint a C3-as kategória *„azonnali tevékenységvégzési mérethatár kategória, amely túllépése esetén intézkedés szükséges: sebesség korlátozás bevezetése maximum három napon belül, ezt követően a sebességkorlátozás megszüntetése érdekében a pálya geometriai állapotának javító karbantartását el kell végezni”*.

Annak érdekében, hogy a mérővonati grafikonok kiértékelése alapján keletkezett feladataik között priorizálni tudjanak, a pályafenntartási szervezet illetékes munkatársai vonalbeutazások keretében állapították meg, hol szükséges az azonnali beavatkozás és hol nem. Az eseményt megelőző napokban a főpályamester, a szakaszmérnök és a vezetőmérnök is vonalbeutazást tartott, azonban egyikük sem ítélte meg úgy, hogy a baleset helyén halaszthatatlanul karbantartás elvégzése, vagy esetleg szigorúbb, a 80 km/h-nál alacsonyabb értékű sebességkorlátozás bevezetése lenne szükséges.

A baleset bekövetkezése azt mutatja, hogy annak elkerüléséhez ez nem volt elegendő, mert bár a jármű meglévő műszaki hibája miatt (4.2.1) biztosan nem állítható, hogy adekvátabb pályafenntartási intézkedésekkel a kisiklás elkerülhető lett volna, de annak valószínűsége mindenképpen csökkenthető lett volna.

A pályafenntartás irányítási szervezetének tevékenysége

A 2012-2015 között zajló teljes rekonstrukciót követően (melyet alépítményjavító és felépítménycserélő géplánc végzett) a MÁV Zrt. kivitelezői jótállás keretében több alkalommal garanciális javításokat érvényesített az érintett pályaszakaszon: 2016-ban, 2017-ben és 2019-ben nagygépes vágányszabályozás történt az 1672-1676 sz. szelvények között.

2018. és 2019. évben georadaros vizsgálat készült, ahol megállapították, hogy az eredmények alapján a jobb vágányban az 1674+05 – 1674+30 szelvények között a bal aljvégen 10 cm-rel kevesebb „SZK” (kvázi vízzáró szemcsés keverék) réteg épült be, mint a tervezett 40 cm, ezért itt süppedés és irányhibák könnyebben kialakulhatnak.

Ezt követően 2022. áprilisában a padka szélén észlelhető lefolyások, a már kialakult fekszinhiba és időszakos belvizek hatására az eseményben érintett hibahelyet alépítményhibásként felvették az egyes Pályavasúti Területi

Igazgatóságok által vezetett, és a Pályalétesítmenyi Igazgatóság részére is megküldött alépitményi hibahelyek központi kimutatásába.

A MÁV Zrt. Pályalétesítmenyi Igazgatóság tájékoztatása szerint 2023-ban további georadaros vizsgálatok, a későbbiekben a rézsű pótlása tervezett.

4.4 Biztonsági eljárások

4.4.1 A pályahibák együttes minősítése

A pályafenntartási szakszolgálat a kisiklás után a vágány mért adatai alapján számítással megállapította az irányhibán alkalmazható sebességet. A számítás elve a körívek sugarát meghatározó húrmérés volt az irányhiba hosszát és magasságát figyelembe véve.

Ez a számítási eljárás egyrészt – ha a teljes irányhibát magában foglalja – a korábbi 15. ábrán pirossal jelölt ívet becsüli meg, amelynek sugara lényegesen nagyobb, mint az irányhiba íve, ezért ez a becslés a veszélyes irányban téved.

A sebesség meghatározása másrészt oldalgyorsulás alapján történt, amely nem vette figyelembe az egyidejű fekszinhiba okozta szabad oldalgyorsulást sem, ez további, veszélyes irányban való tévedés.

Az elvégzett három ellenőrző mérés és számítás 89-129 km/h közötti értékeket határozott meg, ez utóbbi a Vb hasonló (ívsugar és oldalgyorsulás alapú) számításában a megállapítottnál (lásd 4.2.2) nagyobb, a négyzetes függés miatt pedig az oldalgyorsulásban a terelőerő jóval több.

Belátható tehát, hogy ez a módszer nem alkalmas az ugyanazon hibahelyen egyidejűleg előforduló, de különböző jellegű pályahibák együttes hatásának megfelelő értékelésére.

SAD szám

Az érvényben lévő pályafenntartási utasítások szerint a pályahálózat-működtető a különböző pályahibák együttes jelenlétét az úgynevezett SAD számmal írja le. Ez a SAD szám egy meghatározott képlet alapján képez egy súlyozottan összegzett mérőszámot a süppedés, irányhiba és síktorzulás értékeiből, amelyekre a D.54. sz. utasítás ugyan külön-külön is, de az összegzett minősítő számként szintén ad meg határértéket (4. melléklet).

A SAD számot 200 m-es (vagy 500 m-es) pályaszakaszokra összevontan képezik, így értékét nem befolyásolja, hogy ezen a szakaszon belül a különböző hibák (süppedés, irányhiba, síktorzulás) hol helyezkednek el, azok egymásra esnek-e.

FMK007_D1		2011/1	2011/2	2012/2	2013/1	2013/2	2014/1	2014/2	2015/1	2015/3	2015/2	2016/1	2016/2	2017/1	2017/2	2018/1	2018/2	2019/1	2019/2	2020/1	2020/2	2021/1	2021/2	2021/3	2022/1	2022/2(ismételt)
KSZ	VSZ	07.25/26	11.21/23	09.24/27	04.22/25	11.11/13	05.05/08	10.27/29	06.01	09.15	11.11/12	05.03	10.05	04.26-27	11.03	04.10	10.01	04.30	11.05	03.16	11.10-12	03.16	08.02	12.08	04.11	08.23
JOBB 167.000	167.200	26	22	31	20	15	15	15	15	16	16	16	19	18	18	15	27	27	54	19	16	14	29	46	35	74
JOBB 167.200	167.400	30	25	50	23	17	18	17	17	23	21	19	26	15	18	20	28	25	41	19	15	18	21	37	34	64
JOBB 167.400	167.600	31	28	39	24	21	22	22	23	22	22	23	23	22	24	23	27	28	38	18	19	19	25	45	41	76

átépítés előtt

átépítés után

nagygépes szabályozások

jelentős állagromlás

18. ábra: SAD pályaminősítő számok alakulása 2011-2022 között a kisiklás helye környékén, az 1670+00 – 1676+00 sz. szelvények között (zöld: építési minősítési kategóriák, sárga-narancssárga: munkáltatási és felülvizsgálati kategóriák)

A SAD ezért mutatószámot bár többféle hiba együttes jelenléte befolyásolja, azt nem mutatja meg, ha a külön-külön még elfogadható hibák együttes hatása már veszélyes lenne, gyakorlati jelentősége csupán, hogy a vasúti pálya aktuális általános állapota és az állapotváltozásai jól szemléltethetők vele.

Dinamikai mérések

A SAD számokkal történő, objektív geometria adatok felhasználásán alapuló utólagos értékelésen túl egy közvetlen módon objektív eszköz is létezik a hibák együttes hatásának vizsgálatára, ez a mérővonati dinamikai mérés. Ezen mérési eljárás keretében az időszakosan (évente jellemzően két-három alkalommal) végzett mérővonati vágánymérések során a járműre szerelt gyorsulásmérőkkel biztonsági, pálya-igénybevételi, és komfortparamétereket határoznak meg a vasúthálózatnak kb. 4400 kilométernyi részén (ott, ahol az FMK 007 mérőkocsi jár, mivel erre a mérésre csak az alkalmas). Ezen paraméterek – a pályageometriai adatokhoz hasonlóan – mérhetőek szerint kiértékelhetők.

Jelen esetben a kritikus pályahiba néhány óra, maximum néhány nap alatt jött létre, ezalatt relatív rövid időn belül jelentősen megváltozott a korábbi pályageometria. Az egy héttel korábbi vágánymérési eredmények ezért már nem írták le a pálya aktuális állapotát (lásd: 4.2.2), azok többé már nem voltak alkalmasak a pályahiba értékelésére.

A dinamikai hatások értékelésére létező pályadiagnosztikai eljárás tehát csak a hálózat egy részén valósul meg és nem alkalmas a két mérési alkalom között, rövid időn belül veszélyes mértékűre kialakuló hibák forgalombiztonsági értékelésére (legfeljebb akkor, ha szerencsés módon egy ilyen hiba kialakulását követően, de még a helyreállítás előtt kerül sor a mérésre).

Vonalbeutazások

A mérővonati dinamikai méréseknél lényegesen sűrűbb gyakoriságú pályafelügyeleti tevékenység a vonalbeutazás. A vonalbeutazást a pályamester alapesetben hetente végzi, fokozott felügyelet esetén – amikor például időjárási okokból gyors állapotváltozás feltételezhető – naponta (valamint ezeknél ritkábban a pályafenntartási szervezet más vezetői is végeznek vonalbeutazásokat).

A vonalbeutazás elsődleges célja a vasúti jármű futása alapján a pálya geometriai torzulásának forgalombiztonsági szempontból történő minősítése, az idővel forgalomveszélyessé fejlődő pályahibák kiszűrése, a pálya általános állapotának és állapotváltozásának figyelemmel kísérése. A módszer a gyorsan kialakuló és azonos helyen lévő különböző hibák követésére is alkalmas, ellenben nem egzakt mért adatokon, hanem a pályamester tapasztalatán, szubjektív megítélésén alapul. Mindezt továbbá nagyban befolyásolja a vonalbeutazás során használt jármű futásminősége és sebessége is.

4.4.2 A menetrendi sebességcsoport meghatározása

A 3.1.7 fejezetben ismertetettek szerint a vonat menetrendileg előírt sebessége a teljes útvonalán 70 km/h volt. Ezt két tényező befolyásolta.

Egyrészt a vállalkozó vasúti társaság tájékoztatása szerint a rakott kocsizvonatainak mindig ekkora sebességcsoportú menetvonalat igényelnek a teljes útvonalra. Ez értékelhető egyfajta megelőző jellegű szervezeti biztonsági intézkedésként, mert figyelembe veszi a jelentős árutömeget és az annak mozgásával járó kockázatokat.

Másrészt a menetrendi sebességcsoport meghatározását műszaki jellegű szükségszerűség befolyásolja, ami a vonat megfékezhettségének biztosítása a teljes útvonalon. A vonat elvárt megfékezhettségét (előírt féksúlyszázalékát) az útvonalán legnagyobb (mértékadó) lejtő határozza meg, a vonat fékteljesítményének (tényleges féksúlyszázalékának) ennek kell megfelelnie.

A MÁV Zrt. Menetrendi Segédkönyv 4. fejezete (A vonalakon alkalmazandó féksúlyszázalékok) szerint a 45499-2 sz. vonat útvonalán Ferencváros – Kőbánya-Kispest szakaszon volt a legnagyobb mértékű a féksúlyszázalék megállapítására mért

lejtő, ami 8‰ volt. Mivel a 45499-2 sz. vonat tényleges féksúlyszázaléka lassú működésű fék mellett 67% volt a vtk. szerint, a 19. ábra táblázata alapján az adott szakaszon a vonat legfeljebb 75 km/h sebességről biztonságosan megállítható lett volna az általános fékúttávolságon belül. Tekintettel arra, hogy 5-re végződő sebességcsoportot a vonatoknak ritkán határoznak meg, így a menetvonal kiutalásakor végül 70 km/h-ban határozták meg a vonat a menetrendileg megengedett legnagyobb sebességét (ami a fentiek szerint egybevágott a vasúttársaság igényével is).

Vonal	Fék-út	Leg-nagyobb lejtő	A féksúlyszázalék megállapítására mért lejtő	Állvartartási féksúlyszázalék	A teljes vonattömegből fékezendő százalék												
					20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	110	120
					km/h sebességi csoportba tartozó vonatoknál												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ferencváros – Kőbánya-Kispest	700	8	8	⑤	20	20	20	20	20	26	38	55	82				
							20	20	21	31	44	51	58				

19. ábra: Menetrendi Segédkönyv I.

Az eset helyén (Szolnok – Debrecen között) azonban a féksúlyszázalék megállapítására mért lejtő 2‰ volt. A 45499-2 sz. vonat tényleges féksúlyszázalékát figyelembe véve (67%), a 20. ábra táblázata alapján az adott szakaszon a vonat 90 km/h sebességről még biztonságosan megállítható lett volna az általános fékúttávolságon belül.

Vonal	Fék-út	Leg-nagyobb lejtő	A féksúlyszázalék megállapítására mért lejtő	Állvartartási féksúlyszázalék	A teljes vonattömegből fékezendő százalék												
					20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	110	120
					km/h sebességi csoportba tartozó vonatoknál												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Szolnok – Debrecen	1000	2,5	2	②	20	20	20	20	20	20	30	36	45	49	70		
							20	20	20	20	24	29	34	47	61	76	94

20. ábra: Menetrendi Segédkönyv II.

Ez azt jelenti, hogy a vasúttársaság megrendelhetette volna a menetvonalat úgy is, hogy a vonat az útvonal különböző szakaszain különböző sebességcsoportokba, így például az eset helyén a 90 km/h-s sebességcsoportba kerüljön, ekkor pedig a mozdonyvezető a pályán érvényben lévő lassúmenet szerint legfeljebb 80 km/h sebességgel is közlekedhetett volna.

4.5 Korábbi hasonló események

4.5.1 2022. aug. 25. Miskolc-Rendező – Nyékládháza (2022-0917-5)

Miskolc-Rendező és Nyékládháza állomások között a nyílt vonalon a 48205 sz. tehervonat egyik kocsija egy forgóvázal kisklott, majd kb. 5 km-rel később, Nyékládháza állomás 9. sz. váltóján visszakerült a sínre. A vonat ez alatt kb. 9000 db betonlapot, 2 fénsorompót és 1 váltót megrongált. Az eset során személyi sérülés nem történt, jelentős anyagi kár keletkezett.

A jelen vizsgált eseményhez hasonló módon a kisklás helyén a vasúti pályában egyazon helyen irány- és fekszinthiba is volt, amelyeket a pályafelügyeleti eljárások során korábban felfedeztek és emiatt korlátozásokat vezettek be. A vizsgálat megállapította, hogy a mozdonyvezető a pályahibán túllépte a megengedett sebességet, ezért a túlságosan megnövekedett dinamikus terhelés hatására az azonos helyen lévő különböző pályahibákon áthaladva a vonat 13. teherkocsija kisklott.

A vizsgálat megállapította azonban azt is, hogy a pályafelügyeleti eljárások a hibákat legtöbbször külön-külön kezelik és értékelik, a hibák együttes előfordulását

értékelő eljárások a hiba kialakulási gyorsaságához képest ritkák, vagy szubjektívek, miközben a hibák együttes jelenléte a dinamikus hatásokon keresztül fokozott veszélyeket rejt. Fentiek miatt előfordulhat, hogy a pályafelügyeleti szervezet nem mindig tudhat megfelelő megelőző intézkedéseket tenni, miközben a hasonló esetek bekövetkezésének valószínűsége a pályafenntartás oldalán is hatásosan csökkenthető.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

5.1 Összefoglalás

5.1.1 Ok-okozati tényezők

Cselekmények, hibák, események vagy feltételek, illetve ezek kombinációi, amelynek javítása, elhárítása vagy elkerülése esetén minden valószínűség szerint meg lehetett volna előzni a baleset vagy a váratlan esemény bekövetkezését:

- a) a vonatba sorozott 22. kocsi „1R” kerekénél a súrlódásos lengéscsillapító „gombája” az ágyvezeték súrlódó lapjához volt hegedve (4.2.1);
- b) az eset helyén a pályában egyidejűleg 25 m hullámhosszon 30 mm irány- és 37 mm fekszinthiba volt (4.2.2).

A pályahibák együttes dinamikus hatásai révén az adott helyen megnőtt a kisiklás veszélye, a kocsi meglévő műszaki hibájának hatására pedig, mivel az adott kerék rugózási és ágyvezetési képességei lecsökkentek, a kerékpár ily módon veszített a „terepjáró” és „önbeálló” képességéből, és a jármű az érintett hibahelyre érve kisiklott.

5.1.2 Hozzájáruló tényezők

Cselekmények, hibák, események vagy feltételek, amelyek azáltal befolyásolták az eseményt, hogy növelték a bekövetkezés valószínűségét, felgyorsították a hatásokat, vagy fokozták a következmények súlyosságát, de kiiktatásuk önmagában nem akadályozta volna meg az esemény bekövetkezését: a Vb ilyen tényezőt nem állapított meg.

5.1.3 Rendszerszintű tényező

Szervezeti, vezetési, társadalmi vagy szabályozási jellegű ok-okozati vagy hozzájáruló tényezők, amelyek a jövőben valószínűleg hatással lehetnek hasonló és kapcsolódó eseményekre, különösen ideértve a szabályozási keretfeltételeket, a biztonságirányítási rendszer kialakítását és alkalmazását, a személyzet készségeit, az eljárásokat és a karbantartást:

- a) a pályahálózat-működtető pályafelügyeleti rendszere a pályahibákat legtöbbször külön-külön értékeli, a hibák együttes előfordulását értékelő eljárások sok esetben a hiba kialakulási gyorsaságához képest ritkák, vagy szubjektívek (4.4.1).

5.2 Megtett intézkedések

Az eset kapcsán megtett, a vasúti közlekedés általános biztonságát javító intézkedésekről a Vb nem szerzett tudomást.

5.3 További észrevételek

Az eset bekövetkezésével közvetlenül összefüggésbe nem hozható, de kockázatonövelő tényezők:

- a) az ilyen típusú kocsiknál a jármű kialakítása miatt a kocsivizsgálók az oldaltám rugókat nem tudják megvizsgálni – ezért az indulás előtti vonatvizsgálatkor ez esetben hibát nem állapítottak meg (4.2.1);
- b) a mozdonyvezető a vonatra menetrendileg előírt sebességhez képest kb. 15%-os sebességtúllépéssel közlekedett (4.3.1).

5.4 Jól működő eljárások, gyakorlatok

Az eset következményeinek csökkentését, súlyosabb kimenetel elkerülését szolgáló tényezőt a Vb nem azonosított.

5.5 Tanulságok

Az esemény elsősorban arra mutat rá, hogy a pályahibák statikus értékelése egyes esetekben elégtelen azok valós veszélyének felismerésére, miközben az üzemeltetett vonalszakaszon tapasztalt állagromlás üteme azt mutatja, hogy idővel jelentősen megnő a valószínűsége a különböző hibák egymásra halmozódásának is, ezért az ilyen hibák együttes értékelése mindenkor különös gonddal kezelendő, hiszen a hasonló esetek bekövetkezésének valószínűsége a pályafenntartás oldalán is csökkenthető. (4.4.1).

Ezen felül a mozdonyvezetők tekintetében az esemény tanulságul szolgál arra, hogy biztonság tudatos magatartással (például a sebességkorlátozások betartásával) általánosan csökkenthető lenne a balesetveszély, továbbá hogy figyelmes munkavégzéssel (időbeni gyorsfékezéssel) a már bekövetkezett eseményeknek a következményei mérsékelhetők (4.3.1).

6. BIZTONSÁGI AJÁNLÁS

Tekintettel arra, hogy a kisiklott teherkocsi műszaki hibájának pontos keletkezési körülményei nem voltak megállapíthatók (4.2.1), jelen esemény kapcsán a Vb biztonsági ajánlást kiadását nem javasolta.

7. ELTÉRŐ VÉLEMÉNYEK

A Vb tagjai különvéleményt nem fogalmaztak meg.

A zárójelentés tervezetéhez érkezett, a Vb által a zárójelentésbe be nem épített észrevételek a következők:

7.1 A MÁV Zrt. észrevételei

2. Észrevétel: 4.1 ponthoz (14. oldal):

- „A pálya forgalombiztos állapotban tartásáról a pályahálózat-működtető vasúti társaság pályafenntartási szervezeti egységeinek kellett gondoskodni, aminek megfelelően ők különböző intézkedéseket tettek, de a baleset bekövetkezése azt mutatja, hogy az elkerüléshez ez nem volt elegendő.” állásfoglalást nem fogadjuk el. Ez a megállapítás azt sugallja, hogy további intézkedések maradtak el, ami nem megfelelő pályafelügyeleti tevékenységet sejtet. Kérjük törölni az alábbi részt: „de a baleset bekövetkezése azt mutatja, hogy az elkerüléshez ez nem volt elegendő”. A tett intézkedések a vonatkozó utasításoknak megfelelőek voltak.
- Azon állásfoglalást, mely szerint: „a kocsi műszaki hibájának keletkezési ideje és körülményei nem voltak pontosan megállapíthatók (lásd 4.2.1 fejezet), a karbantartással és üzemeltetéssel kapcsolatos szervezeti feladatok megfelelőségét a jelentés részletesen nem elemzi.” nem fogadjuk el. Tudomásul vesszük, hogy a kocsi aktuális műszaki állapotának nem megfelelőségéért felelős szervezetet nem vizsgálta a KBSZ.

3. Észrevétel: 4.2.1 ponthoz (15. oldal):

A Mérlegelés részben a kerékterhelésre vonatkozó azon megállapítással, hogy „Fentiekből tehát nem állapítható meg egyértelműen a jármű nem megfelelősége, viszont látható, hogy a kocsi futása bár határértékeken belül, de féloldalas (a menetirány szerinti első tengelyen jobb oldalra terhelt) volt, amit azonban nem a rakomány elhelyezkedése okozott” nem értük egyet.

Álláspontunk szerint az alábbiak alapján egyértelműen megállapítható a kocsi nem megfelelősége:

- a kisiklott forgóváz első tengelyén a közel 25 %-kal magasabb terhelésű kerék nem volt képes rugózásra, a lengéscsillapító „gomba” súrlódó laphoz hegedése miatt,
- 3 db oldaltám rúgó törött,
- a KBSZ ugyan nem vizsgálta, de a területi balesetvizsgáló bizottság mérései alapján a kocsi menetirány szerinti első ütközőinek magasságai 35 mm-es különbséget mutattak.

4. Észrevétel: 4.2.2. ponthoz (19-21. oldal):

- Az **irányhiba** (1. sz. melléklet alapján) a húrmérés során nem a D.54. sz. Utasítás 51. fejezetében lévő 7. sz. táblázatnak megfelelő módon lett mérve, így az abban feltüntetett mérethatárok nem alkalmazhatóak a mérési adatok értékeléséhez.
- A D.54. sz. Építési és pályafenntartási műszaki adatok, előírások I. 51. fejezetének 7. táblázata (14. ábra) szerint:
 - a) a 80 km/h sebességre korlátozott pályán 26 mm lenne az azonnali intézkedést kívánó (C3) mérethatár (kék),
 - b) míg a tényleges 30 mm ívmagasságú irányhiba a táblázat alapján legfeljebb 70 km/h sebességig megfelelő (narancssárga).

7. Irány paraméter mérethatárai kézi mérésnél

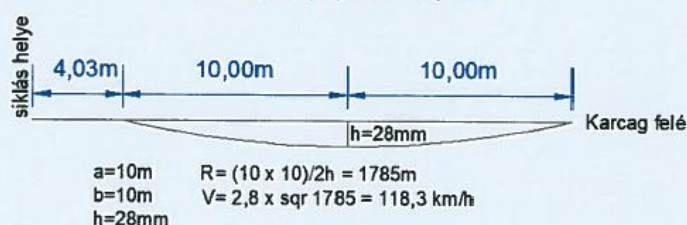
Sebesség	Ívmagasság eltérés a névleges értéktől a húr közepén						Ívmagasság eltérés egyenestől fel húr távolságtól mérve a húr közepén					
	y = y _{kerék}						y ₁ = y ₂					
	A1	A2	B	C1	C2	C3	A1	A2	B	C1	C2	C3
(km/h)	(mm)											
R ≥ 300 m sugárnál 20 m hosszú húr												
< 40	20	25	32	43	48	53	30	37	48	65	72	80
41 - 50	17	20	26	35	39	44	25	31	40	54	60	67
51 - 60	13	16	21	28	31	35	20	25	32	43	48	53
61 - 70	11	14	18	25	28	31	17	21	28	37	42	46
71 - 80	10	12	16	21	24	26	15	18	24	32	36	40
81 - 90	9	11	14	19	21	24	13	16	21	29	32	36

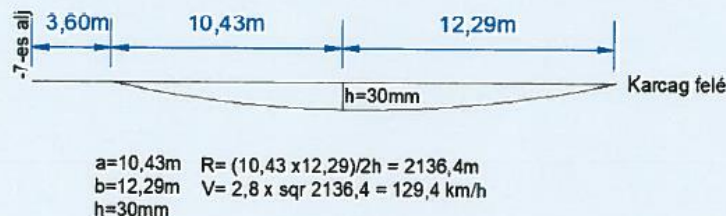
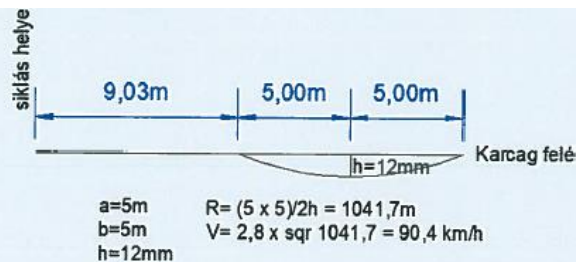
14. ábra: MÁV Zrt. D.54. sz. Építési és pályafenntartási műszaki adatok, előírások I. 51. fejezet

A tervezetben idézett D.54 húrmagasságtáblázat 20m-es húr közepén mért értékre vonatkozik, míg a vizsgálóbizottság a 30mm értéket a 10,43+12,29 = 22,72 húr hosszban mérte.

A D.54. 30. fejezetében még megtalálható a szabad oldalgyorsulás képlete, amiből kiszámolható az alkalmazható sebesség.

$$a_0 = V^2 / 3,6^2 R - m / 153$$





Véleményünk szerint vasúti pálya elemzéséhez a kézi vágánymérés és a mérővonal mérési adatai is hasznosak segítséget nyújthatnak.

- A vágánymérés dátuma tévesen szerepel az anyagban: 2023.08.23. helyett 2022.08.23. Az eltérő véleményeknél is 2023. szerepel tévesen a mérővonalati mérések időpontjaként.
- Kérjük beemelni a 4.2.2. pontba: „Mivel az időjárási adatok egész augusztusban azonosan magas hőmérsékletet mutattak, a vágányszerkezet nem változott, munkáltatás az adott szakaszon nem történt, a gyalogbejárás, vonalbeutazások alkalmával káros mozgások nem voltak megfigyelhetők, így további intézkedések megtétele nem volt indokolt.”
- „A fekszinhiba” cím helyett a tartalom alapján „A síktorzulás hiba”-t javasoljuk.
 - nem került feltüntetésre, hogy az „ilyen” bázis helyett javasoljuk alkalmazni a lentebb feltüntetett tengelytávok méreteit, amennyiben ezt értik alatta.

- Az MSZ EN 13848-5 szabványban a síktorzulás mérethatárok fajlagos értékekkel vannak feltüntetve, melyből bármely bázishosszra számíthatók az értékek. (Ehhez képest a D.54. sz. Utasítás 51. fejezetében szereplő azonnali intézkedéshez tartozó mérethatárok a szabványnál jóval szigorúbbak 6 m és 8 m bázishosszon számított síktorzulás esetén. A szabványban feltüntetett IAL (C3) mérethatár érték a MÁV Zrt.-nél már a D mérethatár értékének felel meg, ami azonnali kizárást von maga után. A pályafelügyeleti mérések során így a síktorzulás hibák a biztonság javára szigorúbb mérethatárok szerint kerülnek megítélésre.)
- Továbbá fontos megjegyezni, hogy az azonnali intézkedési mérethatár meghaladása esetén 3 napon belül kell intézkedni, az azonnali kizárást a D mérethatár jelenti, mely sebességfüggetlen.
- „Együttes hatás (statikusan)” és „Dinamikus hatások” résszel a MÁV Zrt nem ért egyet, mert szakmailag megalapozatlan. Kérjük törölni.

5. Észrevétel: 4.3.2. ponthoz (23. oldal):

- Azon megállapítást, hogy „a pálya állapota tovább romlott és a kisiklás helye környezetében a vágányban „C3” kategóriába tartozó síktorzulás volt” **nem fogadjuk el.** Az irodai feldolgozó program által 80km/h kiértékelési sebességgel elkészített hibajegyzék tartalmaz ugyan C3 kategóriás hibákat, de ezek már a **kisiklás helye (1674+38,80.) után** voltak. A 80 km/h sebességhez tartozó C2-es hibakategóriát a pályageometriai mértek a következő szerint érik el:

Az Irodai feldolgozó program által 80km/h kiértékelési sebességgel elkészített hibajegyzék tartalma: ugyan C3-kategóriás hibákat, de ezek már a kisiklás helye(1674+38,80) után voltak. Mellékelem a hibajegyzéket.

Értékelési mód	Jellemző	Szahény kezdő zóna km	vég	Hiba m	hossz Maximum hely zóna km	érték	Mérethatár és	C2		túllépés _L_V	Extra	Hely mérethatár	Jellege	
								sebess. Határérték mm	tarárérték mm					
0-C3	Nyomtávolság változás	2	167208	2	167208	0,25	2	167208	7,941406	C2_80	7	0,94140625	40	E
0-C3	Nyomtávolság változás	2	167209	2	167209	0,25	2	167209	-7,75293	C2_80	-7	-0,752929688	40	E
0-C3	Síktorzulás 2,5 m	2	167330	2	167331	0,75	2	167330	-13,0853	C2_80	-12,9	-0,185279846	70	E
0-C3	Tülemelés	2	167454	2	167460	6	2	167458	22,69159	C2_80	17	5,691585541	---	C3
0-C3	Síktorzulás 2,5 m	2	167461	2	167463	2,5	2	167462	-15,8709	C2_80	-12,9	-2,970933914	---	C3
0-C3	Síktorzulás 6.0 m	2	167460	2	167463	3,5	2	167462	-28,2778	C2_80	-23,4	-4,877776192	---	C3

- Azon megállapítással, hogy a D.54. 51. fejezete szerint a C3-as kategória „**azonnali tevékenységvégzési mérethatár kategória, amely túllépése esetén intézkedés szükséges: sebesség korlátozás bevezetése maximum három napon belül, ezt követően a sebességkorlátozás megszüntetése érdekében a pálya geometriai állapotának javító karbantartását el kell végezni. Annak érdekében, hogy a mérővonati grafikonok kiértékelése alapján keletkezett feladataik között priorizálni tudjanak, a pályafenntartási szervezet illetékes munkatársai vonalbeutazások keretében állapították meg, hol szükséges az azonnali beavatkozás és hol nem. Az eseményt megelőző napokban a főpályamester, a szakaszmérnök és a vezetőmérnök is vonalbeutazást tartott, azonban egyikük sem ítélte meg úgy, hogy a baleset helyén halaszthatatlanul karbantartás elvégzése, vagy esetleg szigorúbb, a 80 km/h-nál alacsonyabb értékű sebességkorlátozás bevezetése lenne szükséges. A baleset bekövetkezése azt mutatja, hogy annak elkerüléséhez ez nem volt elegendő**” nem értünk egyet.

A megtartott vonalbeutazások megerősítették a 2022.08.23-i mérővonati mérésen mért adatokat, azonnali beavatkozási igényt (a C3-as mérethatárt meghaladó hibák) nem állapítottak meg. A C2-es mérethatárt túllépő hibák miatt gépláncos szabályozás volt tervezve 2022. 09. hó végétől kezdve a Szajol-Püspökladány közti vonalszakaszon, beleértve a balesettel is érintett szakaszt.

A C3-as mérethatárok túllépése (80km/h kiértékelési sebesség esetén) viszont nem volt.

- „A baleset bekövetkezése azt mutatja, hogy annak elkerüléséhez ez nem volt elegendő, mert bár a jármű meglévő műszaki hibája miatt (4.2.1) biztosan nem állítható, hogy adekváltabb

pályafenntartási intézkedésekkel a kisiklás elkerülhető lett volna, de annak valószínűsége mindenképpen csökkenthető lett volna.”

Megjegyzés: A pályafelügyeletet ellátó szakemberek az érvényben lévő előírásoknak megfelelő vizsgálatokat elvégezték, a pálya objektív mérési eredményei, valamint a pályafelügyeleti vizsgálatok alapján a 80 km/h sebességkorlátozásnak megfelelő mérethatár követelményeket kielégítette, azonban a 4.2.1 fejezetben leírt 25%-os kerékterhelés eltéréssel, valamint az összehegedt lengéscsillapító miatt a rugózási képességét elvesztett, 3 db törött oldaltám rugóval közlekedő kocsik kisiklottak. A D.54.51. mérethatárok csak a legalább közepes futási tulajdonságokkal rendelkező járművek biztonságos közlekedtetésével számolnak, rossz műszaki állapotú járművekre nem lehet gazdaságosan felkészülni.

6. Észrevétel: 4.4.1. ponthoz (24-25. oldal):

- A fejezetben leírt pályageometriai hibával terhelt pályaszakaszokon a geometriai hibákon számított oldalgyorsulás alapján levezetett alkalmazható sebességre történő minősítés hibás, hiszen az alapul vett oldalgyorsulás értékek az utazási komfortra vonatkoznak, azok a kisiklásbiztonság szempontjából nem vehetők figyelembe.
- A dinamikai mérések részénél azon állásfoglalással, hogy *„a kritikus pályahiba néhány óra, maximum néhány nap alatt jött létre, ezalatt relatív rövid időn belül jelentősen megváltozott a korábbi pályageometria. Az egy héttel korábbi vágánymérési eredmények ezért már nem írták le a pálya aktuális állapotát (lásd: 4.2.2), azok többé már nem voltak alkalmasak a pályahiba értékelésére”* nem értünk egyet.

Az érintett pályaszakaszon a hézag nélküli vágány építési dokumentációja, valamint a pálya üzemeltetési, felügyeleti vizsgálatok alapján is állítható, hogy a vágány hőmérsékleti erővel szembeni állékonysága nem volt kifogásolható.

A baleset előtti időszakban végig hasonlóan magas hőmérséklet volt, állékonysági problémát a naponta végzett fokozott felügyeleti vizsgálatok nem állapítottak meg.

Álláspontunk szerint a baleset után a törött betonlapok miatt megszűnt keretmerekesség, és a kisiklott kerék által szétdúlt ágyazat miatt lecsökkent ágyazatellenállás vezetett a pályaszakasz hőmérsékleti erővel szembeni állékonyságának elvesztéséhez.

Mivel a hézag nélküli vágány folytonossága nem szűnt meg, illetve az 1674+77 szelvényben lévő útátjáró fix, elmozdíthatatlan pontként viselkedett, a baleset miatt állékonyságát veszített vágány kereszt irányban, vízszintes hullámok formájában mozdult el, így egyenlítve ki a hőmérsékleti feszültségből származó nyomóerőt.

A fenti elmozdulás miatt a kisiklás helye előtt lélegző szakasz alakult ki, ami kb 30-50 m hosszon további hossz, és keresztirányú mozgásokat okozott a vágányban. Ennek mértéke pontosan nem számítható, de vágánymozgás bizonyosan állítható.

Ezzel pedig az is, hogy fenti bizonytalan irányú és mértékű mozgás miatt a lélegző szakaszon a baleset után mért értékek nem tekinthetők a baleset előtti állapotoknak.

A számítás alapját képező húrmérési adatok nem a D.54. 51. fejezetében szereplő elven kerültek felmérésre, így ezen adatok további felhasználása nem szakszerű. A húrmérést 20 m hosszú húr közepén kell végezni, nem egy fixen kifeszített húron aljanként.

Ezért ezen méretek nem képezhetik a balesetvizsgálat alapját.

- A „SAD szám” részhez megjegyzés: Igen, a romlás jelentős. Viszont az „M6 – Sebességkorlátozás mérlegelési kategória” – ami sebességkorlátozás mérlegelést ír elő, nem azonnali kötelező érvényű sebességkorlátozás bevezetést – mérethatár alapján még 90 km/h sebességre is megfelelt. A bevezetett sebességkorlátozás mértéke ez alapján is megfelelő.

7. Észrevétel: 4.5.1. ponthoz (27. oldal):

A zárójelentés tervezetben szerepel, hogy a hibák együttes jelenléte a dinamikus hatásokon keresztül fokozott veszélyeket rejt, azonban nem emeli ki, hogy emiatt járműdinamikai mérések is történnek, melyeket a pályafenntartás oldalán az intézkedések meghozatalakor figyelembe is veszünk.

(Amennyiben a 4.5.1 fejezet utolsó bekezdése nem törölhető, kérjük az alábbi kiegészítést belefoglalni:

„A pályafenntartási szakszolgálat a nemzetközi szabályozásokkal megegyező, a legtöbb esetben annál szigorúbb mérethatárokat vesz figyelembe, melyek már a biztonság javára szolgálnak.”

8. Észrevétel: 5.1 ponthoz (28. oldal):

Azzal az állásfoglalással, hogy: „Az eset helyén olyan pályahiba volt, amely figyelembe véve a gyakorlatban különleges esetekben alkalmazható oldalgyorsulás értékek alapján számított, azon fizikailag alkalmazható sebességet, statikusan nem magyarázza meg a kisiklás létrejöttét.” A pályahiba megállapítással nem értünk egyet. Helyette kérjük szerepeltetni a következőket:

„Az eset helyén kialakult, majd a siklás következtében súlyosbodott pályahiba nem magyarázza a kisiklás létrejöttét.”

Álláspontunk szerint a pálya az objektív mérési eredmények, valamint a pályafelügyeleti vizsgálatok alapján a 80 km/h sebességkorlátozásnak megfelelő mérethatár követelményeket kielégítette. Vagyis a pályaszakasz az alkalmazható sebességre megfelelő állapotban volt, ami azt jelenti, hogy a pályában nem volt olyan hiba, ami további beavatkozást igényelt volna. (Ezt a KBSZ számítások is alátámasztják.)

Azonban a 4.2.1 fejezetben leírt 25%-os kerékterhelés eltéréssel, valamint az összehegedt lengéscsillapító miatt a rugózási képességét elvesztett, 3 db törött oldaltám rugóval közlekedő kocsik a 80 km/h sebességre meghatározott mérethatáron belüli pályán kisiklott.

Emiatt kérjük kiegészíteni a kocsik műszaki állapotára vonatkozó részt az alábbira:

„A kisiklott teherkocsi a 25%-os kerékterhelés eltéréssel valamint a műszaki állapotával (összehegedt lengéscsillapító miatt a rugózási képességét elvesztette, továbbá 3 db törött oldaltám rugóval) azonban a szokásos műszaki állapothoz képest érzékenyebbé tette azt a pályahibákra. Míg más kocsik (így a vonatba sorozott első 21 kocsik is) az utasítások szerint megengedett tűréseket kihasználva, az érintett pályahibán rendkívüli események nélkül áthaladtak, a sérült kocsik kisiklott rajta.”

9. Észrevétel: 5.1.1 ponthoz (28. oldal):

Azon állásfoglalással, hogy „az eset helyén a pályában egyidejűleg 25 m hosszon 30 mm irány- és 37 mm fekszinhibák voltak „nem értünk egyet.”

Ezen értékek a baleset következtében a pálya elmozdulása után kerültek rögzítésre, melyet nem lehet alapul venni a baleset okának vizsgálatánál.

Álláspontunk szerint a baleset vizsgálatánál a 2022.08.23-i mérővonati pálya geometriai értékeket kell alapul venni.

11. Észrevétel: 5.1.3 ponthoz (28. oldal):

Azon megállapítással, hogy „a pályahálózat-működtető pályafelügyeleti rendszere a pályahibákat legtöbbször külön-külön értékeli, a hibák együttes előfordulását értékelő eljárások sok esetben a hiba kialakulási gyorsaságához képest ritkák, vagy szubjektívek „nem értünk egyet, kérjük törölni.

A pályahibák együttes előfordulását hetente vonalbeutazással vizsgáljuk. A vizsgálat ugyan szubjektív, de a gyakoriságából adódóan nagy pontossággal és biztonsággal meg tudják az illetékes szakemberek ítélni a pálya állapotát.

Ennek megfelelőségét az évente minimum 2 alkalommal elvégzett objektív dinamikai mérési eredmények is visszaigazolják, ezek komplexen – nem külön-külön – értékelik a pályahibákat.

12. Észrevétel: 5.3. ponthoz (29. oldal):

Az, hogy sérült kocsik közlekedhetnek a hálózaton, ha nem is közvetlen okai a balesetnek, de nagy valószínűséggel hozzájárultak a baleset bekövetkezéséhez. Kérjük nem további észrevételként, hanem rendszerszintű tényezőként megjeleníteni.

13. Észrevétel: 6. ponthoz (29. oldal):

Javasoljuk egy olyan eljárás kidolgozását, amely lehetővé teszi a kocsivizsgálat során a járművön elhelyezett kalibrált mérőeszközök segítségével a sérült járművek kiszűrését a forgalomból.

7.2 A PSZ észrevételei

„1.

Már az eredeti, 2023. szeptember 22-n kiküldött első verziójú 2022-0940-5 számú Zárójelentés-tervezet sem tartalmazott Biztonsági ajánlást, viszont hivatkozott a 2022-0917-5 számú esemény (2022. augusztus 25-n Nyékládháza – Miskolc-Rendező állomások között bekövetkezett vasúti baleset) kapcsán készült Zárójelentés-tervezet biztonsági ajánlására. A 2022-0940-5 számú módosított Zárójelentés-tervezet 6. pontjából a másik (2022-0917-5 számú) esemény kapcsán tett biztonsági ajánlásra történő hivatkozást kitörölték, ugyanakkor a 2022-0917-5 számú Zárójelentés-tervezetből pedig magát a Biztonsági ajánlást távolították el.

Megjegyezzük, hogy társaságunk, Prvá Slovenská železničná, a.s. balesetvizsgálója jelen esemény kapcsán már 2023. márciusában adott ki biztonsági ajánlást a MÁV Zrt. számára, amelyet legjobb tudomásunk szerint a MÁV Zrt. ignorált.

Társaságuk álláspontja szerint az ilyen és ehhez hasonló vasúti balesetek, események vizsgálatának a legfontosabb célja az esetleges későbbi hasonló események elkerülése, ezért fontosnak tartjuk a megelőzést szolgáló végkövetkeztetések vizsgáló bizottság általi akkurátus megfogalmazását és az érintett üzemben tartók tudomására hozását, például minimum Biztonsági ajánlás kiadásával. Kifogásoljuk, hogy a Zárójelentés-tervezet nem tartalmaz biztonsági ajánlást, ami a balesetvizsgálat legfőbb céljának elérését hátráltatja.

Kérjük a Tisztelt Közlekedésbiztonsági Szervezetet, hogy a 2022-0940-5 számú esemény kapcsán adjon ki Biztonsági ajánlást, akár az eredetileg a 2022-0917-5 számú esemény kapcsán megfogalmazott ajánlás szövegének átvételével.

2.

A 2022-0940-5 számú módosított Zárójelentés-tervezet 5.3. pontja kockázatonövelő tényezőként említi, hogy a siklott kocsi egy – eseményt nem befolyásoló – hibáját annak szerkezeti kialakítása miatt előzőleg megállapítani nem tudták, így a kocsi nem került kisorozására és ezáltal a kocsi másik – szintén szerkezeti kialakítás miatt nem feltárható – hibája rejtve maradt.

Álláspontunk szerint nincsen összefüggés az oldaltám rugó törött állapotának és az ágytok feszülésének megállapíthatósága között. Még közvetetten sem áll fent kötelék a kétfajta hiba felfedezhetőségét illetően, így a vázolt „összefüggést” leginkább szerencsefaktornak tekinthetjük, nem pedig kockázatonövelő tényezőnek.

Kérjük a Tisztelt Közlekedésbiztonsági Szervezetet, hogy a 2022-0940-5 számú esemény Zárójelentéséből vagy törölje az 5.3. pontban leírt megállapítást, vagy tegyen utalást arra, hogy a kocsi másik rejtett hibájának – az ágytok feszülésének – az ilyen módon történő feltárása csak a szerencsének lett volna köszönhető.

3.

A balesetet szenvedett vonat menetvonalát a PSZ sajátos okból 70 km/h-val rendelte meg a teljes útvonalra, annak ellenére, hogy a vonat sebessége több vonalszakaszon nagyobb lehetett volna. Tekintettel ugyanis a pálya, a járművek, a vonat tömege és a fékezhetőség megfelelőségére a baleset színhelyén is a vonat

sebesség 80 km/h is lehetett volna. A pályára engedélyezett sebesség (lassújel) a fennálló pályahiba miatt 80 km/h volt. Ezt a sebességet 1-2 km/h-val lépte túl a mozdonyvezető, ami a megengedhető hibahatáron belül van. A sebességmérő rendszere a megengedett határértéken belül van.

Nem bizonyított, hogy a sebesség ilyen csekély értékű túllépése hogyan növeli a jármű pályára gyakorolt dinamikus igénybevételét. Ezt csak konkrét erőméréssel lehetne bizonyítani. A jelenlegi gyakorlat szerint külön minősítik a pályát és külön a járművet. A kettőt együtt lenne célszerű minősíteni, vizsgálva a haladási sebesség hatásait. A megállapított sebességtúllépés (1-2 km/h) vélhetően nem okozhatott oly mértékű dinamikus igénybevétel növekedést, ami a baleset bekövetkezéséhez vezetett volna.”

Budapest, 2024. május 16.



Chikán Gábor
Vb vezetője



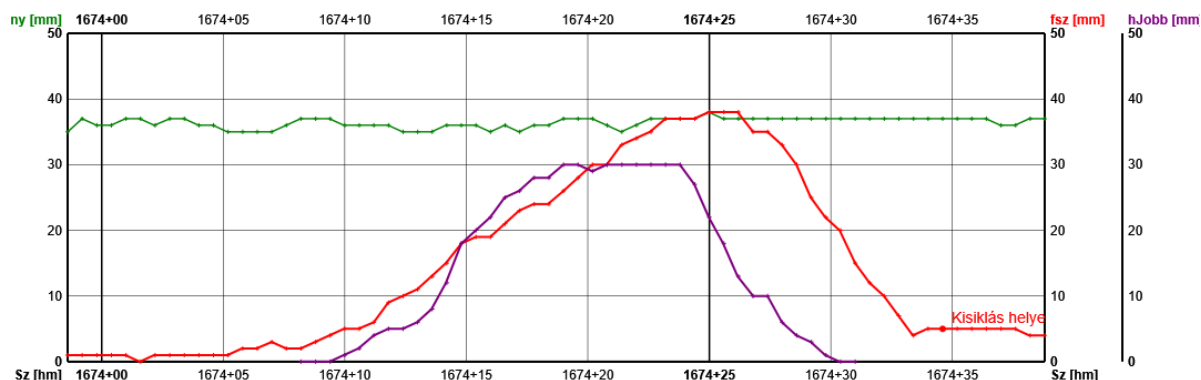
Demjén Péter
Vb tagja

MELLÉKLETEK

Azon tényadatok, amelyek az eseményre és/vagy annak vizsgálatára lényeges befolyással bírtak, és a zárójelentésben más formában nem lettek ismertetve.

1. melléklet A vágány mért adatai (kisiklás utáni állapot)

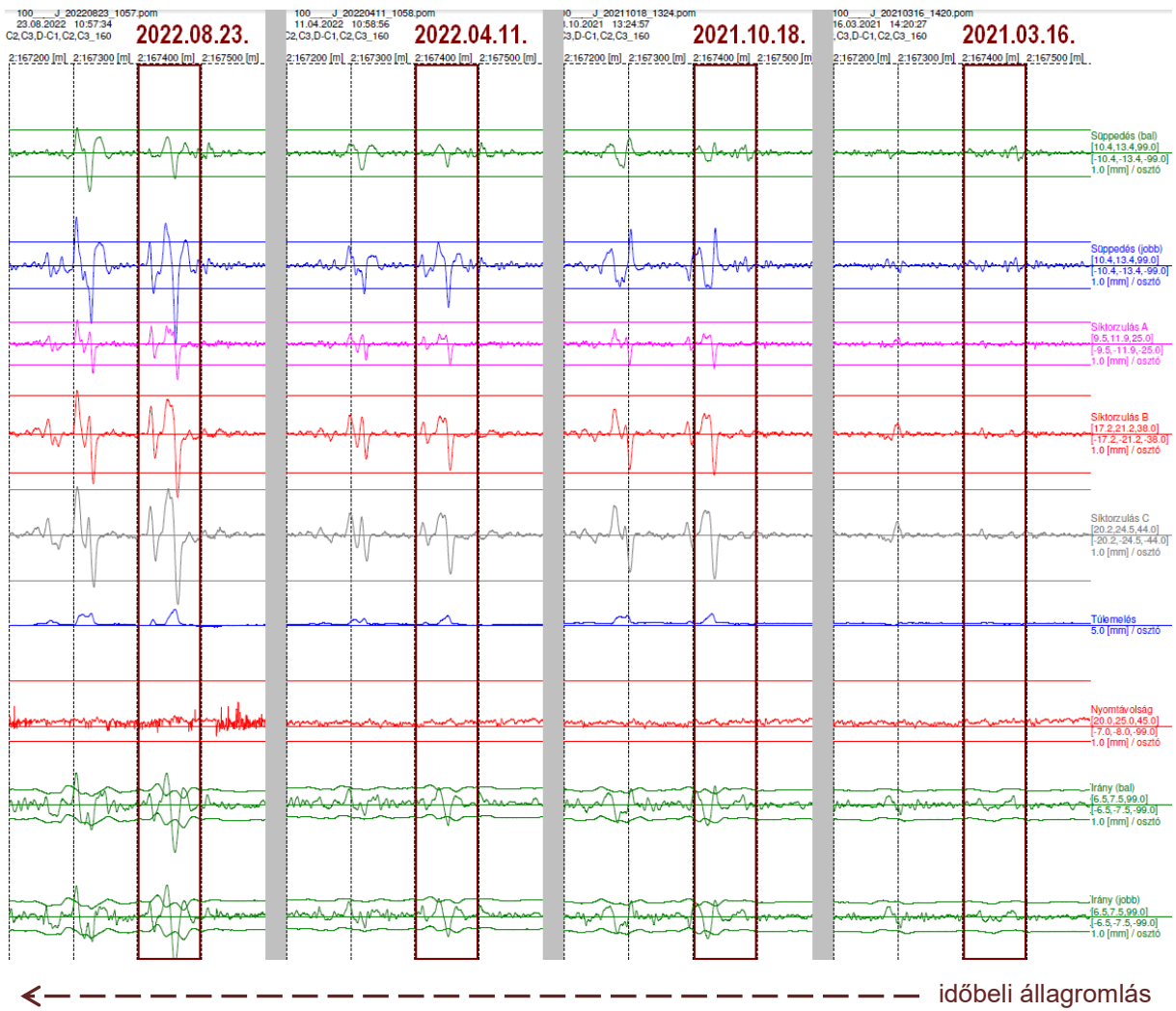
A kisiklást megelőző pályaszakaszon a vasúti pálya mért adatai a lenti táblázatban (mérési jegyzőkönyv) és az adatokat ábrázoló diagramon* láthatók. A nyomtáv- és fekszintmérés kézi vágánymérővel, aljanként történt. A fekszinthibában a jobb sínszál volt alacsonyabban, mint a bal. Az irányhiba pontos alakjának meghatározása a hibát átfedő fix húrhoz képest, aljankénti húrméréssel történt.



*zölddel a nyomtáv, pirossal a fekszint(különbség) és lilával az irányhiba (jobb húrmagasság)

alj sorsz.	nyomtáv (mm)	fekszintkül. (mm)	bal húrmag. (mm)	jobb húrmag. (mm)	alj sorsz.	nyomtáv (mm)	fekszintkül. (mm)	bal húrmag. (mm)	jobb húrmag. (mm)
-63	1436	3			-29	1436	24	28	28
-62	1435	1			-28	1437	26	29	30
-61	1437	1			-27	1437	28	30	30
-60	1436	1			-26	1437	30	30	29
-59	1436	1			-25	1436	30	30	30
-58	1437	1			-24	1435	33	30	30
-57	1437	0			-23	1436	34	30	30
-56	1436	1			-22	1437	35	28	30
-55	1437	1			-21	1437	37	28	30
-54	1437	1			-20	1437	37	24	30
-53	1436	1			-19	1437	37	21	27
-52	1436	1			-18	1438	38	18	22
-51	1435	1			-17	1437	38	11	18
-50	1435	2			-16	1437	38	10	13
-49	1435	2			-15	1437	35	7	10
-48	1435	3			-14	1437	35	5	10
-47	1436	2			-13	1437	33	5	6
-46	1437	2	0	0	-12	1437	30	2	4
-45	1437	3	0	0	-11	1437	25	1	3
-44	1437	4	0	0	-10	1437	22	0	1
-43	1436	5	0	1	-9	1437	20	0	0
-42	1436	5	1	2	-8	1437	15	0	0
-41	1436	6	2	4	-7	1437	12		
-40	1436	9	3	5	-6	1437	10		
-39	1435	10	4	5	-5	1437	7		
-38	1435	11	4	6	-4	1437	4		
-37	1435	13	6	8	-3	1437	5		
-36	1436	15	9	12	-2	1437	5		
-35	1436	18	15	18	-1	1437	5		
-34	1436	19	19	20	0	1437	5		
-33	1435	19	20	22	1	1437	5		
-32	1436	21	23	25	2	1436	5		
-31	1435	23	25	26	3	1436	5		
-30	1436	24	27	28	4	1437	4		

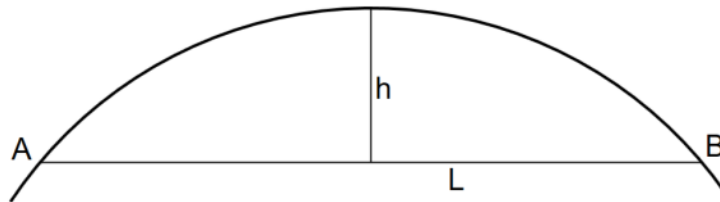
2. melléklet Mérővonati grafikonok (kisiklás előtti állapot)



3. melléklet Alkalmazott pályaminősítési számítási eljárások

Ívsugár meghatározása

Egy körív sugara meghatározható oly módon, hogy megmérjük a körívnek az AB pontok között kifeszített húrtól való távolságát, majd a húr hosszából és a h (húrmagasság) értékéből az ívsugár a lenti képlettel³ már kiszámítható.



Az ívsugár meghatározása húrméréssel:

$$R = \frac{l^2}{8h}$$

ahol

R	a pályáív sugara
l	a húr hossza
h	húrmagasság

Például az kérdéses irányhibát az

$A=1674+13,6$ és $B=1674+26,8$ szelvények közti $l=13,2$ m húrral kimérve

$h=21$ mm húrmagasság adódik,

így ezen a részen a hiba egy $R=1037$ m sugarú ívvel közelíthető.

Menetsebesség ívben

Az ívben v sebességgel haladó vonat oldalgyorsulása:

$$a = \frac{v^2}{R}$$

ahol

a	az oldalgyorsulás
v	sebesség
R	ívsugár

A MÁV Zrt. D.54. sz. Építési és pályafenntartási műszaki adatok, előírások I. kötet 51. fejezetének 18. táblázata szerint (Határértékek a lokális hibák járműdinamikai alapú megítéléséhez) adott, hogy mekkora a szabad oldalgyorsulást veszünk figyelembe „C3” mérethatár esetén ($1,08 \text{ m/s}^2$ -t). Ekkor a

$$v = \sqrt{aR}$$

képlet adja meg a megengedhető sebességet egy túlemelés nélküli pályán.

Túlemelés (vagy fekszinthiba) esetén viszont az értéket korrigálni kell az

$$a_{\text{korrr}} = g \frac{t}{n}$$

értékkel, ahol

a_{korrr}	az oldalgyorsulás
g	gravitációs gyorsulás
t	túlemelés
n	nyomtáv

³ A képlet matematikai elhanyagolást tartalmaz, de az esetben érdekes 1000 m nagyságrendű ívsugarakat ez csupán néhány mm mértékben módosítja

4. melléklet SAD minősítő szám képzése és mérethatárai

MÁV Zrt. D.54. sz. Építési és pályafenntartási műszaki adatok, előírások I. 51. fejezet (A vágányok építésénél és üzemeltetésénél alkalmazandó mérethatárok):

SAD minősítő szám képzése:

a süppedés mérőszám a területi elven, sinszálanként számított mérőszám értékek összege	$SÜPP = SÜPP_{jobb} + SÜPP_{bal}$
az irány mérőszám a területi elven, sinszálanként számított mérőszám értékek összege	$IR = IR_{jobb} + IR_{bal}$
a síktorzulás mérőszám a területi elven számított, a 2,5 méteres és a 6,0 méteres bázisú mérőszám értékek összege	$SIKT = SIKT_{2,5} + SIKT_{6,0}$
$SAD = \frac{SÜPP + IR + SIKT}{3}$	

SAD minősítő szám mérethatárai 200 méteres minősítési hosszon:

4. SAD vágánygeometriai területi elvű általános minősítő szám mérethatárai												SAD_200_D1	
200 méteres minősítési hosszon D1 (3-25 m) hullámhossz tartományú mérés esetén													
Sebes- ség	HÉZAGNÉLKÜLI VÁGÁNY						HAGYOMÁNYOS VÁGÁNY						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
(km/h)	15%	30%	50%	75%	85%	95%	15%	30%	50%	75%	85%	95%	
40	46,9	59,5	74,5	98,1	113,3	143,7	58,3	72,3	89,6	117,1	134,8	170,2	
50	41,2	52,3	65,2	85,0	97,4	121,7	54,4	67,5	83,5	108,6	124,6	156,5	
60	36,8	46,6	58,0	75,1	85,5	105,7	51,1	63,4	78,2	101,3	116,0	144,9	
70	33,2	42,1	52,2	67,2	76,3	93,5	48,3	59,8	73,6	95,0	108,5	135,0	
80	30,3	38,4	47,5	60,9	68,9	83,8	45,7	56,6	69,6	89,5	102,0	126,5	
90	27,9	35,2	43,6	55,6	62,8	76,0	43,4	53,7	65,9	84,6	96,3	119,0	
100	25,8	32,6	40,2	51,2	57,7	69,6	41,4	51,2	62,7	80,3	91,2	112,4	
110	24,0	30,3	37,4	47,4	53,3	64,1							
120	22,4	28,4	34,9	44,2	49,6	59,5							

A vágánygeometria általános minősítési kategóriái:

- M1: építési minősítési kategória I. (új anyagból épített pálya esetén)
- M2: építési minősítési kategória II. (használt anyagból épített pálya esetén)
- M3: fenntartási minősítési kategória (a karbantartásokkal elért minősítő számok ezt nem haladhatják meg a munka elvégzését követő 90 napig)
- M4: munkáltatási intézkedési kategória (vágányszabályozás elvégzése indokolt)
- M5: felülvizsgálati intézkedési kategória (a pályaromlás ütemének felülvizsgálata és az M6 kategória elérési időpontjának megbecslése szükséges)
- M6: sebességkorlátozás mérlegelési intézkedési kategória (túllépése esetén lassúmenet bevezetésének szükségességéről kell dönten)

5. melléklet Kerékterhelés mérés (2022.09.30.)

Kerékterhelés eltérések:

$$A_1 = \frac{m_1 - m_8}{m_1 + m_8} \cdot 100 = \frac{\quad}{\quad} \cdot 100 = \quad \%$$

Forgóvázon belüli tengelyterhelés eltérések:

$$B_1 = \frac{(m_1 + m_8) - (m_2 + m_7)}{\frac{1}{2}(m_1 + m_8 + m_2 + m_7)} \cdot 100 = \frac{\quad}{\quad} \cdot 100 = \quad \%$$

Forgóvázak közötti terhelés eltérés:

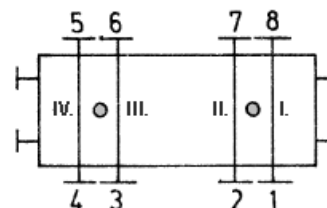
$$C = \frac{(m_1 + m_2 + m_7 + m_8) - (m_3 + m_4 + m_5 + m_6)}{\sum_{i=1}^{n=8} m_i} \cdot 100 = \frac{\quad}{\quad} \cdot 100 = \quad \%$$

Kétoldali terhelés eltérés:

$$D = \frac{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4) - (m_5 + m_6 + m_7 + m_8)}{\sum_{i=1}^{n=8} m_i} \cdot 100 = \frac{\quad}{\quad} \cdot 100 = \quad \%$$

Jármű engedélyezett sebessége [km/h]	Megengedhető terhelés eltérések [%]				
	A	B	C		D
			(1)	(2)	
160 ≤ v	5	5	4	5	4
100 < v < 160	8	5	5	8	5
v ≤ 100	10	8	5	10	5

A „C” eltérésnél az (1) jelű oszlop az étkező- és poggyászkocsokra vonatkozik.



Értékelés megnevezése		M.e.	A számolt adatok és azok értékelése			
			1. Forgóváz		2. Forgóváz	
			1. Tengely	2. Tengely	3. Tengely	4. Tengely
Jobb oldali mérések átlaga		kg	10337	10304	10023	8907
Bal oldali mérések átlaga		kg	8445	9040	8599	9481
Jobb oldal Összesen		kg	35565			
Bal oldal Összesen		kg	39571			
Kerékterhelés eltérés (A) kerékpáron belül		kg	1892	1264	1424	574
		%	22,4%	14%	16,6%	6,1%
Értékelés (Megfelelt/Nem felelt meg)			MEGFELELT	MEGFELELT	MEGFELELT	MEGFELELT
Tengelyterhelések átlaga		kg	18782	19344	18622	18388
Tengelyterhelések Összesen		kg	75136			
Tengelyterhelés eltérés (B) forgóvázon belül		kg	562		{TTE_F2_K} 234	
		%	-234 1,5%		{TTE_F2_S} 0,6%	
Értékelés: (Megfelelt/Nem felelt meg)			-1,5% megf.		{TTE_F2_E} megf.	
Forgóváz terhelések átlaga		kg	19063		18505	
Forgóvázak közötti terhelés eltérés (C)		kg	{FKTE_FP1_K} 558			
		%	{FKTE_FP1_S} 0,7%			
Értékelés: (Megfelelt/Nem felelt meg)			{FKTE_FP1_E} megf.			
Jobb-Bal oldal eltérése (D)		kg	4006			
		%	5,3%			
Értékelés: (Megfelelt/Nem felelt meg)			NEM FELELT MEG			
Kocsi mérlegelt össz tömege:		kg	75136			
A kocsi a kerékterhelési előírásoknak:			NEM FELELT MEG			