

NEMZETI FEJLESZTÉSI
MINISZTERIUM
KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI
SZERVEZET

ZÁRÓJELENTÉS

2016-0363-5
Vasúti baleset / Kisiklás

Fővám tér
2016. március 31.

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.

Jelen vizsgálatot

- a légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény (a továbbiakban: Kbt.),
- a súlyos vasúti balesetek, a vasúti balesetek és a váratlan vasúti események szakmai vizsgálatának, valamint az üzemeltetői vizsgálat részletes szabályairól szóló 24/2012. (V.8.) NFM rendelet,
- illetve a Kbt. eltérő rendelkezéseinek hiányában a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól szóló 2004. évi CXL. törvény rendelkezéseinek megfelelő alkalmazásával folytatta le a Közlekedésbiztonsági Szervezet.

A Kbt. és a 24/2012. (V.8.) NFM rendelet együttesen az Európai Parlament és a Tanács 2004/49/EK irányelve (2004. április 29.) a közösségi vasutak biztonságáról valamint a vasúttársaságok engedélyezéséről szóló 95/18/EK tanácsi irányelv és a vasúti infrastruktúrapapacitás elosztásáról, továbbá a vasúti infrastruktúra használati díjának felszámításáról és a biztonsági tanúsítványról szóló 2001/14/EK irányelv módosításáról (vasútbiztonsági irányelv) szóló uniós jogi aktusoknak való megfelelést szolgálják.

A Közlekedésbiztonsági Szervezet illetékessége a 278/2006. (XII. 23.) Korm. rendeleten, valamint 2016. szeptember 1-étől a közlekedésbiztonsági szerv kijelöléséről, valamint a Közlekedésbiztonsági Szervezet jogutódlással való megszűnéséről szóló 230/2016. (VII. 29.) Korm. rendeleten alapul.

Fenti szabályok szerint

- A Közlekedésbiztonsági Szervezetnek a súlyos vasúti balesetet ki kell vizsgálnia.
- A Közlekedésbiztonsági Szervezet mérlegelési jogkörében eljárva kivizsgálhatja azokat a vasúti baleseteket, illetve váratlan vasúti eseményeket, amelyek megítélése szerint más körülmények között súlyosabb következményű balesethez vezethettek volna.
- A szakmai vizsgálat független a közlekedési baleset, illetve az egyéb közlekedési esemény kapcsán indult más közigazgatási hatósági, szabálysértési, illetve büntetőeljárástól.
- Jelen Zárójelentés kötelező erővel nem bír, ellene jogorvoslati eljárás nem kezdeményezhető.

A Vizsgálóbizottság tagjaival szemben összeférhetlenség nem merült fel. A szakmai vizsgálatban résztvevő személyek az adott ügyben indított más eljárásban szakértőként nem járhatnak el.

A Vb 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.

Jelen zárójelentés

alapjául a Vb által készített és az észrevételek megtétele céljából – jogszabályban meghatározott – érintettek számára megküldött zárójelentés-tervezet szolgált. A tervezet megküldésével egyidejűleg a KBSZ főigazgatója értesítette az érintetteket a záró megbeszélés időpontjáról, arra meghívta az érintett személyeket, szervezeteket.

A zárójelentéshez az érintettek észrevételt tettek, amelyet a Vb figyelembe vett a végleges zárójelentés elkészítéséhez.

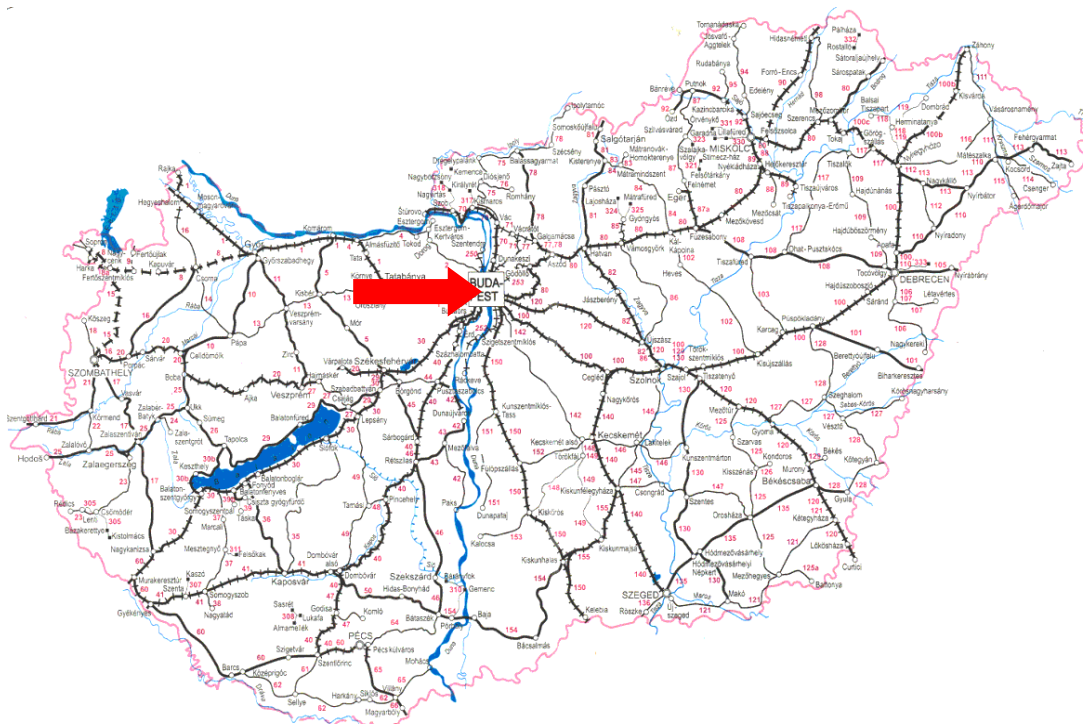
MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

BKV	Budapesti Közlekedési Zrt.
KBSZ	Közlekedésbiztonsági Szervezet
Kbvt.	A légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény
psz.	pályaszám
Vb	Vizsgálóbizottság

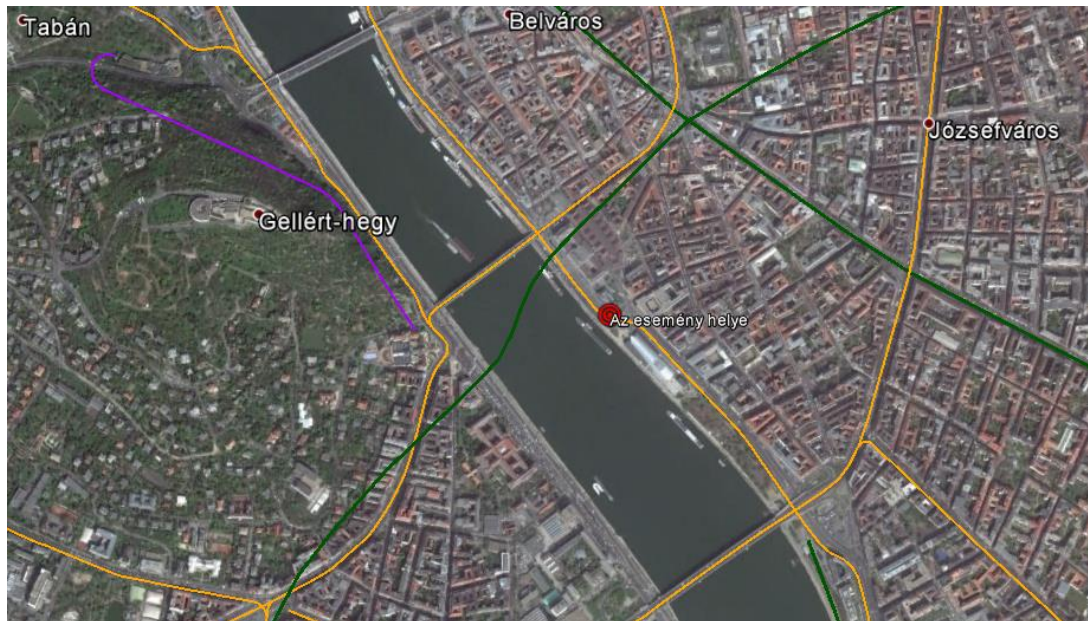
AZ ESET ÖSSZEFOGLALÁSA

Eseményszám:	2016-0363-5
ERA azonosító:	HU-5071
Az eset kategóriája	Vasúti baleset
Az eset jellege	Kisiklás
Az eset időpontja	2016. március 31.14:28
Az eset helye	Budapest, Fővám tér
Vasúti rendszer típusa	helyi / villamos
Mozgás típusa	villamos
Az eset kapcsán elhunytak / súlyosan sérültek száma	0 / 0
Pályahálózat működtető	Budapesti Közlekedési Zrt.
Üzembentartó	Budapesti Közlekedési Zrt.
Rongálódás mértéke	jelentéktelen
Nyilvántartó állam	Magyarország

Az eset helye



1. ábra: az esemény helye Magyarországon vasúthálózatán



2. ábra: az esemény közelebbi helye

Bejelentések, értesítések

A KBSZ ügyeletére az esetet 2016. március 31-én, 14:51-kor (a bekövetkezés után 23 perccel) jelentette a BKV Zrt. fődiszpécser.

Vizsgálóbizottság

A KBSZ főigazgatója a vasúti közlekedési esemény vizsgálatára 2016. március 31-én az alábbi Vizsgálóbizottságot jelölte ki:

vezetője	Chikán Gábor	balesetvizsgáló
tagja	Demjén Péter	balesetvizsgáló
	Kovács József	balesetvizsgáló

Az eseményvizsgálat áttekintése

A vizsgálat során a Vb

- 2016. március 31-én helyszíni szemlét tartott;
- meghallgatta a járművezetőt;
- tájékozódott az infrastruktúra fenntartását végző szervezeti egységnél;
- megmérte a vasúti pálya főbb adatait és elvégeztette a jármű kerékmérését;
- bekérte, megvizsgálta a vasúti pálya tervdokumentációját, a technológiai utasításokat;
- méréseket végzett a járművek oldalirányú erőhatásainak vizsgálatára.

Az eset rövid áttekintése

A Boráros tér felől érkező villamos a Fővám tér mh. előtt lévő alagút lejárataiban öt tengellyel kisiklott. A kisiklott kerekek egy tengely kivételével a vágányra visszaléptek.

A Vb megállapította, hogy a kisiklás azért következett be, mert a sínleerősítések rögzítőcsavarjai korábban eltörték, emiatt a jármű a síneket szétnyomta, és a kerekek a sínszálak közé estek.

A csavarok töréséhez hozzájárulhatott a sínleerősítés konstrukciója, az eset helye előtti irányhiba dinamikus hatásai, elektrokorrozó, és a jármű kerekeinek aszimmetrikus kopása.

Az üzemeltető a pályahibát a kisiklást megelőzően már felismerte, intézkedett sebességkorlátozásról és javításról, ez utóbbi azonban a baleset utáni időszakra volt tervezve.

A Vb biztonsági ajánlást ad ki a sínleerősítés konstrukciójára vonatkozóan.

1. TÉNYEK

1.1 Az esemény lefolyása

A Boráros tér felől érkező villamos a Fővám tér mh. előtt lévő alagút lejárataiban öt tengellyel kisiklott, közülük az első tengely kivételével a többi később ismét a vágányra került. A 7. tengelye már röviddel a kisiklási pont előtt állt meg (3. ábra).



3. ábra: a 7. tengely belső sínszálon futó kereke

1.2 Személyi sérülés

Sérülés	Személyzet	Utazó	Útátjáró használó	Idegen	Egyéb
Halálos	-	-	-	-	-
Súlyos	-	-	-	-	-
Könnyű	-	-	-	-	-
Nem sérült	1	kb. 180	-	-	-

1.3 Vasúti járművek sérülése

A villamos a kisiklás következtében jelentéktelen sérülést szenvedett.

1.4 Infrastruktúrában keletkezett kár

A vasúti pályában a sínleerősítések eltörték, ennek következtében a vágány az ideiglenes helyreállításig nem tartotta meg a nyomtávot.

1.5 Egyéb kár

Az esemény következtében az érintett vonalszakaszon 240 percig szünetelt a villamosközlekedés, az utasok elszállítását pótlóbuszokkal biztosították.

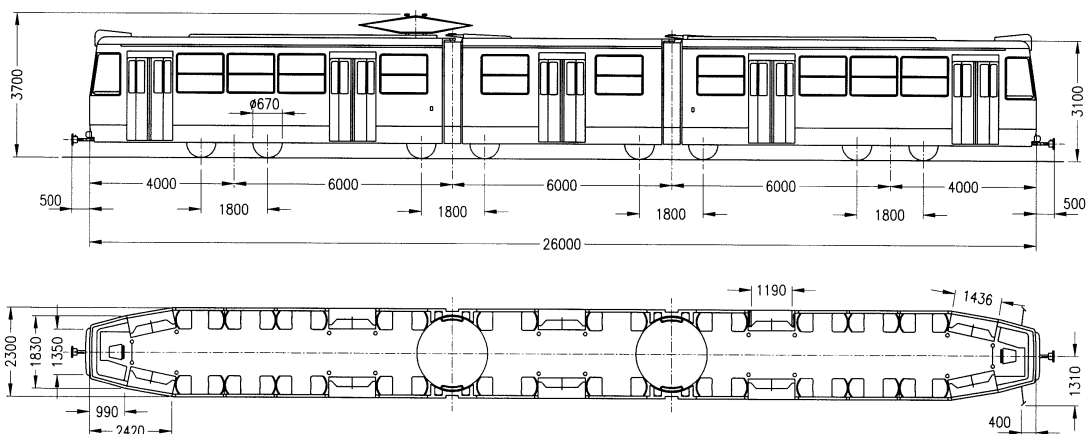
1.6 Az érintett személyek adatai

1.6.1 A járművezető

Kora:	43 év
Neme:	férfi
Alapvizsga:	érvényes
Vonalismeret:	érvényes
Típusismeret:	érvényes
Orvosi alkalmasság:	érvényes
Szolgálat megkezdése:	aznap 9 óra 49 perc
Előző szolgálat vége:	előző nap 19 óra 00 perc

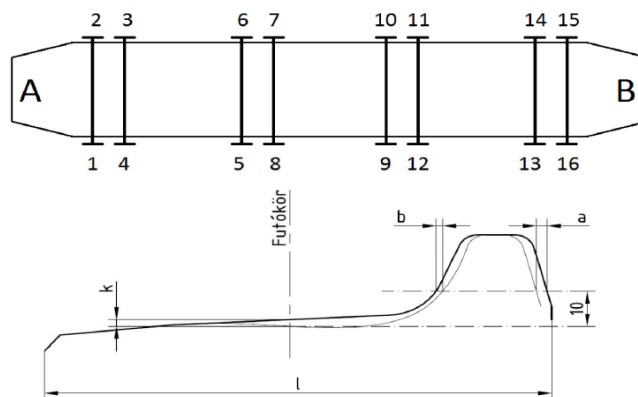
1.7 A jármű jellemzői

Viszonylatszám:	2
Mozgástípus:	villamos
Jármű:	ICs 1362
Hossz:	27 m



4. ábra: a jármű jellegrajza a fő méretekkel

A jármű 13-16 csapszámú, kisiklott forgóvázán a kerekek kopásait az üzembentartó az eseményt követően megmérte (5. ábra).



Kerék	Mért érték				Hátlap táv	Értékelés
	a	b	k	l		
13	1,0 mm	1,8 mm	2,4 mm	131,0 mm	1364,2 mm	2-es állapot
14	1,0 mm	1,2 mm	2,2 mm	130,6 mm		2-es állapot
15	1,8 mm	3,2 mm	2,2 mm	130,4 mm	1364,0 mm	3-as állapot
16	1,6 mm	1,2 mm	2,0 mm	130,6 mm		2-es állapot

5. ábra: a kisiklott forgóvázon mért kerék-kopások

1.8 Az infrastruktúra leírása

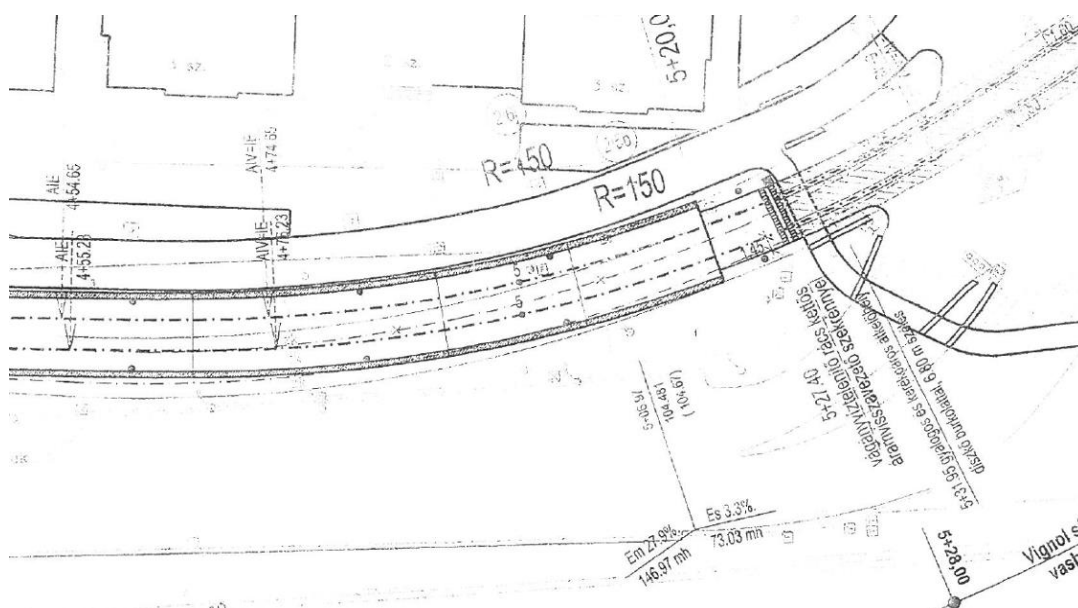
A vágány jellemzői:

Ágyazat:	nincs (vasbeton lemez)
Aljak:	nincs (vasbeton lemez)
Sínleerősítés:	ICOSIT aláöntéses Sk12 szorítórugós
Sínek:	49E
Megengedett sebesség:	30 km/h (pályasebesség), de 15 km/h (kitűzött sebességkorlátozás)

1.8.1 Megvalósítás

A vágányt 2009-ben adták át a 6. ábra szerinti rajznak megfelelően, azóta a balesetig eredeti állapotában volt. A pályában alkalmazott konstrukciókat, így a sínleerősítések módját is, a pálya tervezője választotta meg, egyeztetve a pálya majdani üzemeltetőjével.

Ugyanilyen sínleerősítés több helyen előfordul a budapesti villamoshálózaton: pl. 14-es vonalon, a pesti Lánchíd aluljáróban.

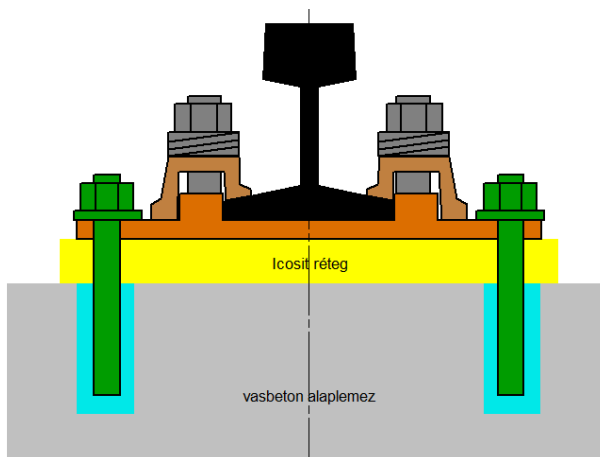


6. ábra: a pálya kiviteli terv az esemény helyén

A pálya átadásával a BKV Zrt. megkapta annak dokumentációját, mely tartalmazott teljeskörű vágánymérési jegyzőkönyvet, kivitelezői szabványossági nyilatkozatokat, a beépített termékek megfelelőségi nyilatkozatát, megvalósulási tervdokumentációt. Műszaki rajzokkal, karbantartási, ellenőrzési előírásokkal a BKV Zrt. már rendelkezett e vágánymegoldáshoz. (A BKV Zrt. azt a gyártói ajánlások alapján készítette el.)

1.8.2 Konstrukció

A sínleerősítésben (7. ábra) az alátétlemez és a vasbeton alaplemez között egy – zaj és rezgéscsökkentési célú – rugalmas, ún. ICOSIT réteg van beépítve. Ennek vastagsága a vasúti pálya szintezését is biztosítja, az alkalmazható legnagyobb vastagságára a technológiai utasításban nem sikerült adatot találni, a megoldás megfelelőségi igazolása 20-50 mm-ben jelöli meg.



7. ábra: a sínleerősítés konstrukciója

Az alátétlemezeket a technológiai utasítás szerint két, átlósan elhelyezett csavarral kell lekötni. Ez a technológiai utasítás nem tér ki arra, hogy különbséget kellene tenni az egyenes és íves pályaszakaszokon a lekötéseknél.

Az alkalmazható ívsugár, sebesség vonatkozásában ez a konstrukció nem tér el a villamospályák általános előírásaitól.

Ezzel a pályakonstrukcióval hasonló hibát tapasztalt a pályahálózat működtetője az 1-es és 14-es villamos vonalán is. Üzembentartói szakmai vélemény szerint nem reális, hogy ennyi legyen az élettartama a pályaszerkezetnek.

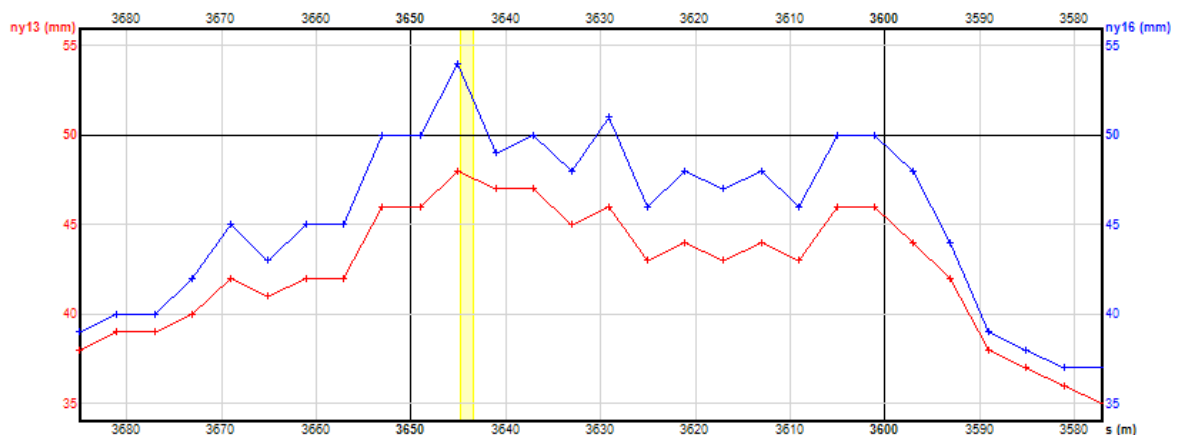
1.8.3 Biztonsági intézkedések az esemény előtt

2016. március 2-i dátummal keletkezett rendelet alapján az érintett szakaszon töcsavar törések miatt a korábbi 30 km/h engedélyezett sebességet 15 km/h-ra korlátozták.

A 15 km/h sebességkorlátozás a kisiklott villamos megállásának helye (jármű homlokfala) előtt 26 m-rel volt kitűzve.

1.8.4 Pályafelügyelet

A pályafelügyeleti vágánymérések 2013. és 2016. évi adatait a 8. ábra foglalja össze.



**8. ábra: pályafelügyeleti vágánymérések nyomtáv adatai a villamos haladási irányában
vörös: 2013, kék: 2016, kiemelés: a közéesés helye**

A rendszeres vonalbejárások során 2016. március 2-án a vonalbejáró észlelte a sínleerősítések töcsavarjainak törését.

1.8.5 A helyszín egyéb jellemzői

A kisiklás helye előtt 12 m-rel még burkolt vágányszakaszon a bal sínszámban irányhibás hegesztés volt (9. ábra).



9. ábra: irányhiba a bal sínszálban

A bal sínszál (az ív külső sínszála) leerősítéseinek csavarjai több aljon törtek voltak (10. ábra), a leerősítésből kézzel kihúzhatóan. A beszakadt csavarvégek a vasbeton lemez felső síkja alatt voltak, az alátétlemezek a sínekkel együtt oldalra tolódtak (11. ábra). Friss, fényes törési felületet a Vb nem talált.

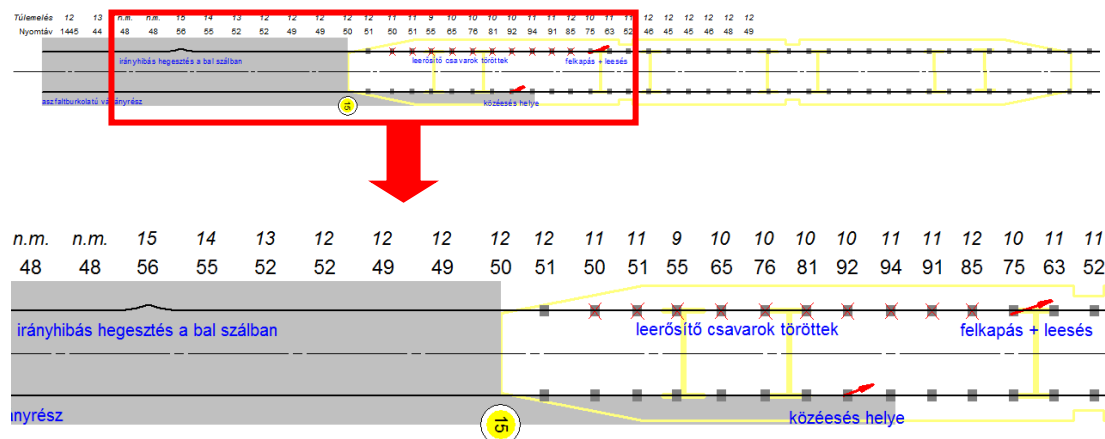


10. ábra: törött csavar



11. ábra: oldalra tolódott leerősítés és beszakadt csavar a burkolt szakasz utáni 10. leerősítésnél

A vágány esemény után megfigyelt és mért jellemzőit összefoglalja a 12. ábra.



12. ábra: a vágány jellemzői a baleset után (menetirány: jobbra, számok: tülemelés / nyomtáv)

1.9 Állomási adatok

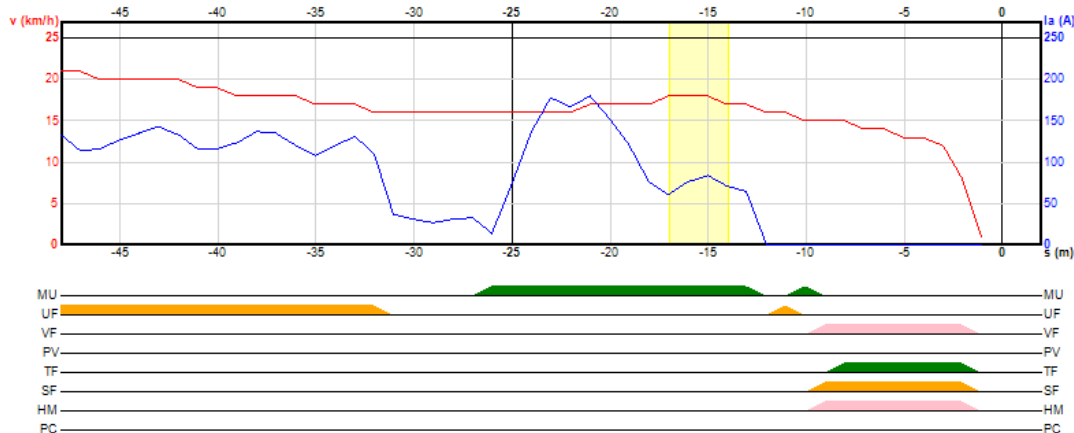
Az állomások elhelyezkedésének, elrendezésének, funkciójának az eseményben nem volt jelentősége.

1.10 A vasúti járművek adatrögzítői

A villamoson rögzített sebességadatokat a 13. ábra mutatja. Az adatrögzítő tartalmazza még többek között a

- motoráramot,
- szaggató kitöltést,
- menet üzem (MU),

- üzemi fék (UF), vészfék (VF), pótvészfék (PV), villamos fék (EF), tárcsafék (TF), sínfék (SF),
- homok (HM), csúszás (PC) jeleit is.



**13. ábra: az utolsó 50 méter adatai, sebességgel (v), motorárammal (Ia) és a lényeges digitális jelekkel
kiemelés: az első tengely közéesett haladásának szakasza**

1.11 Kommunikációs eszközök

A kommunikációs eszközöknek az eseményben nem volt szerepük.

1.12 Meteorológiai adatok

Az eset napján derült, száraz, meleg tavaszi idő volt; az élénk szélről eltekintve eseménytelen időjárással.

A városban a levegő 23°C körülre melegedett fel (az esemény a napi csúcstérték beállása idején történt), ami az év ezen időszakában - egy héttel a tavaszi napjegylenlőség után - a megszokottnál melegebb. Ugyanakkor a megelőző hétvégén még Budapesten is voltak talajmenti fagyok, s a levegő nappali felmelegedése alig haladta meg 10°C-ot (igaz, felhős idők mellett) - ez melegedett fel 20°C fölé, mindössze 3 nap alatt.

Számszerű adatokat a városi sín és betonalj hőmérsékletekről a vasúti pályahálózat működtetője nem mér.

1.13 A túlélés lehetősége

Az érintett vágányszakaszon érvényben lévő 15 km/h sebességkorlátozás miatt a villamos alacsony sebességgel haladt, így a kisiklás is alacsony sebességgel történt, ezért közvetlen életveszély nem alakult ki.

1.14 Próbák és kísérletek

1.14.1 Közéesés

A helyreállítás során szükséges járműmozgáskor a jármű 7. tengelye is közéesett, megközelítőleg a balesetkori közéeséssel azonos helyen (14. ábra). A nyomtáv ekkor mérési pontatlansággal terhelve kb. 1525 mm volt.



14. ábra: a helyreállításkor közéesett kerék

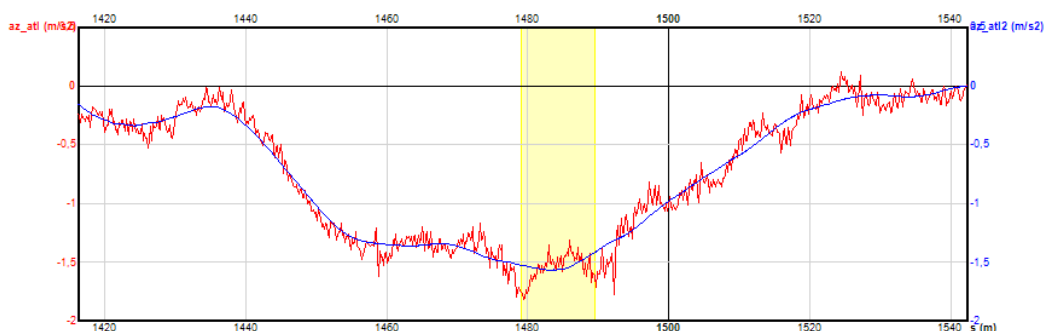
1.14.2 Járműdinamika irányhibán

Az eset után a Vb egy azonos típusú villamossal méréseket végzett, hogy egy közel azonos sugarú ívben lévő irányhiba hogyan hat a jármű oldalirányú mozgásaira. A mérésre 2016. augusztus 31-én hajnalban került sor, a baleset helyszínének gyors helyreállítása (1.17) miatt a hálózat két másik pontján, a 6-os és 17-es villamos vonalán.

A próba helyszínén az ív kialakítása:

- 25 m hosszú átmenetiív;
- 36 m tiszta ív $R=145$ m, ennek kb. 60%-ánál irányhiba;
- 25 m hosszú átmeneti ív.

A mérés során a KBSZ munkatársai által készített gyorsulásmérőt az első forgóvázra rögzítve annak oldalgyorsulásai lettek mérve, a kiértékelés szintén a Vb által készített megjelenítő programmal történt (15. ábra).



15. ábra: oldalgyorsulás 47 km/h-nál
a zajok kétféle mozgóátlagolással való kiszűrése után

1.14.3 Sínleerősítés elmozdulás

A helyreállítást követően a Vb mozgóképfelvételt készített a sínleerősítésről, amint azon villamos halad. A felvételen látható, hogy az alátétlemezek terhelésre kifelé és lefelé mozdul változóan 1-2 mm-t, a leerősítő csavar azonban mozdulatlan.

1.15 Érintett szervezetek / a munkaszervezés jellemzése

1.15.1 Pályafelügyelet

Napi (vonalbejáró) és heti (pályamester) rendszerességű bejárások vannak. A vonalbejáró írásban jelzi a talált hibákat a pályamesternek, ha az befolyásolja a villamosforgalom lebonyolíthatóságát. A pályamester intézkedik a javításról, amennyiben saját kapacitásból elvégezhető. Más esetben tovább jelenti a hibát az üzemvezető felé.

A pályamester rendelkezik egyműszakos személyi állománnyal, alapvető hibaelhárításhoz szükséges szerszámokkal, mérőeszközökkel; alkatrészekkel az emberi erőbe beleférő javításokhoz. 2013-ban és 2016-ban pályamester által végzett kézi nyomtáv és fekszint mérés adatai rendelkezésre állnak.

1.15.2 Helyreállítás szervezése

A konkrét helyen a csavarok kezdődő, szórványos törését a vonalbejáró március 2-án észlelte, ennek nyomán

- attól kezdve fokozott ellenőrzést, és
- 15 km/h sebességkorlátozást

vezettek be, továbbá elkezdtek szervezni a helyreállítást. Ennek során a sérült pályarész közvetlen helyreállításán túlmenően a kisiklás környezetében a nem sérült pályarészek megerősítését is betervezték.

Az eredetileg remélt március 31-ig történő helyreállítást kivitelezői kapacitáshiány miatt nem sikerült megoldani, arra csak a balesetet követően, április 20-24, között került sor.

1.16 Szabályok és szabályzatok

A „Közúti vasúti pályaépítési és fenntartási műszaki adatok és előírások” c. utasítás tartalmazza a villamosvasúti járművek kerékpárjának jellemző méretei és tűréseit:

Jel	Méret megnevezése	Névleges-érték (mm)	Méret min (mm)	Méret max. (mm)	Tűrés (mm)
k	Kerék- (felsajtolási-) távolság	1366			+0,-2
s	Futókör távolság	1500			
vt	Vezetéstávolság	1394,4	1391	1397	
t	Nyomszélesség	1423			+0,-2
a	Abroncs szélesség	130*			+2,-0
m	Nyomkarima magasság	24,2	23	27	
na	Nyomkarima vastagság (10 mm-nél)	26,9	19,9	26,9	

1.17 Kiegészítő adatok

A baleset után sor került a vasúti pálya helyreállítására április 20-24. között, vágányzárban. A helyreállításkor alkalmazott megoldás:

- a technológiai utasításban foglalt 2 helyett 4 csavaros megoldásra tértek át,

- részben új leerősítések lettek beépítve a meglévők közé,
- kopott sínzsalakat cseréltek

a közelben más, az esetben nem érintett vágányszakaszon is.

1.18 Korábbi hasonló esemény

Hasonló eseményeket országos vasúti pályahálózaton több esetben vizsgált a KBSZ.

1.18.1 2012. október 19. Aszód (2012-0705-5)

Az Aszód állomás VII., nem átmenő fővágányára bejáró tehervonat két kocsija a váltóközvetben a 17. váltón kisiklott, majd a siklott kocsik kb. 300 m hosszban megrongálták a vonatfogadó vágányt.

Az érintett pályaszakaszon sebességkorlátozás volt érvényben, melyet a vonat túllépett, azonban az kitűzve sem volt.

A Vb megállapította, hogy a 17. kitérő avult műszaki állapota alkalmas volt a kisiklás előidézésére, amelyhez hozzájárult, hogy a kisiklott teherkocsi kerekének nyomkarima vastagsága a megengedett tartomány alsó határán volt.

A pályafenntartás rendszerének vizsgálata azt mutatta, hogy a konkrét kitérőben nem volt feltárva a balesethez vezető avult alj-állapot, és nincsenek biztosítva a szükséges erőforrások, anyagok a megfelelő pályafenntartáshoz; a fenntartási feladatok végrehajtását bonyolult, lassú döntési folyamatok nehezítik.

A KBSZ biztonsági ajánlást adott ki a kitérők méretelőírásainak pontosítására.

1.18.2 2013. június 19. Devecser (2013-0458-5)

Egy tehervonat három kocsija Devecser állomás V. vágányára való behaladás közben a 16 sz. átszelési kitérőn kisiklott. Az esemény következtében megrongálódott a kisiklásban érintett átszelési kitérő és kisebb mértékben a kisiklott teherkocsik.

A Vb az előző esettel azonos megállapításokat tett, fenntartotta a korábbi biztonsági ajánlását is; továbbá újabb ajánlást adott ki a biztonságirányítási rendszer működésének ellenőrzésére.

1.18.3 2013. november 4. Hatvan-Rendező (2013-0938-5)

Hatvan-Rendező VII. vágányról Tura állomás irányába vágányra kihaladó tehervonatból az egyik kitérőn nyolc kocsi kisiklott. A kisiklott járműveket e következő váltó visszavezette a pályára. A vonat – tekintettel arra, hogy a mozdonyvezető a kisiklást nem észlelte – az esetet követően nem állt meg, hanem tovább közlekedett Ferencváros állomásig.

A kisiklás környezetében a vasúti pálya a közlekedő vonat hatására rá nehezedő terhelést nem volt képes elviselni és szétnyomódott.

A kocsik vizsgálata azt mutatta, hogy a nyolc kisiklott kocsi mindegyikénél az üresen mért kerékterhelés-értékek a megengedhető eltérésértéket jelentős mértékben meghaladták. Kettő esetében a kocsik nyomkarima-profilja sem felelt meg az elvártnak.

2. ELEMZÉS

2.1 Az esemény tényleges lefolyása

Az 1. fejezetben rögzített tényadatokból, azok összefüggéseit, számításokat felhasználva az esemény tényleges lefolyása a következők szerint állítható össze:

2.1.1 Az esemény előtti történések

A vágányt 2009-ben megépítették.

Az üzemelés során a kisiklási pont környezetében 10 db aljon az ív külső sínszálát rögzítő csavarok a 2.2.2 fejezetben tárgyalt lehetséges okok miatt elfáradtak, eltörték, a vágány ettől kezdve nem tartotta meg a nyomtávot.

A pályafenntartási szakszolgálat munkatársai a pályahibát – szórványos csavartörésként – 2016. március 2-án észlelték, ezért ott még aznap 15 km/h sebességkorlátozást rendeltek el (1.8.3).

pályafelügyeleti jelentés alapján ekkor már 12 aljon voltak a csavarok töröttek. Friss törést a Vb sem talált (0), ami utal arra, hogy legalább az utolsó néhány napban már valóban nem volt ép csavar az érintett pályaszakaszban.

2.1.2 Az esemény lefolyása

Az útdatok nullpontja a kisiklás utáni megállási hely (ami az adatrögzítő -2 m-es regisztrált pontjának felel meg).

Az adatrögzítő ezen a ponton azonos időadattal többszöri megállást-elindulást regisztrált. A következő rögzített mozgásadat már 2 perccel későbbi.

A további adatok elsősorban a helyszíni nyomokból (1.8) és a jármű rögzített menetadataiból (1.10) következtethetők ki.

- 340 m A villamos (az adatrögzítő órája szerint) 62 másodperc állásidő után 13:28:32-kor elindult az előző megállóhelyről, és felgyorsult 43 km/h sebességre.
- 98 m Lelassult 15 km/h-ra, majd újra felgyorsult 23 km/h-ig.
- 30 m Ismét lelassult, 16 km/h-ra.
- 26 m A jármű eleje elhaladt a kitzűzött 15 km/h sebességkorlátozás mellett 16 km/h-val.
- 17 m A burkolt vágányt követő szakaszon a bal sínszál a törött kapcsolószerkezetek miatt oldalra tolódott, emiatt a burkolt vágány után 6 méterre a villamos első tengelyének jobb kereke a sínek közé esett 17 km/h sebességnél (kisiklási pont).
- 14 m Egy olyan sínleerősítésnél, amely már nem volt törött, a bal kerék felkapott a sínre, és annak külső oldalán leesett 18 km/h sebességnél. Ezt követően a sebesség újra csökken.
- 11 m A villamosvezető menetről fékre kapcsolt. A fékezés villamos fék nélkül működött, így csak 0,56 m/s² lassulás jött létre.
Az adatrögzítő ezen a szakaszon 0 A motoráramot regisztrált, ami utal arra, hogy villamos fék nem volt, így magyarázza is a vészhelyzetben szokatlanul kicsi lassulást.
- 1 m A sebesség 12 km/h-ra csökkent.
- 0 m A villamos 13:29:24-kor megállt.

Az utolsó méteren érzékelt jelentős lassulás feltehetően a kisiklott tengelynek a pályában való megakadása miatt jött létre.

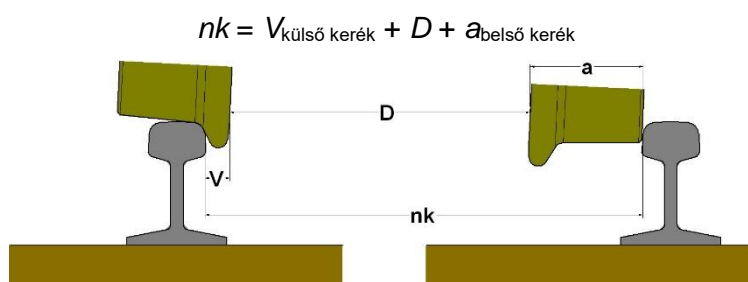
2.2 A balesethez vezető körülmények a folyamatban

2.2.1 A jármű műszaki állapota

A villamos kerekeinek méreteit, kopásait (1.7) összevetve az előírásokkal (1.16) megállapítható, hogy valamennyi vizsgált méret az előírt határokon belül van.

2.2.1.1 A pálya-jármű kapcsolat közéeséskor

A több eseménynél is tárgyalt elvi kritikus nyomtáv méret¹ (16. ábra) a villamosnál, névleges kerékméretek esetén 1523 mm.



16. ábra: közéesés nyombővült pályán

A helyreállításkor kisiklott keréknél (1.14) a V_b közéesett állapotban 1525 mm nyomtávot mért, ami tekintettel a mérés pontatlanságára is, ennek jól megfelel. (Ezen kerék tényleges adatai nem állnak rendelkezésre.)

Az elsőként kisiklott tengely (1.7)

- hátlap távolsága a névlegesnél 2 mm-rel kisebb (tűréshatáron),
- nyomkarima kopottsága 3,2 mm (tűréshatáron belül),
- abroncsszélessége 0,6 mm-rel nagyobb (tűréshatáron belül).

Az elvi kritikus nyomtáv méret tehát kb. 4,5 mm-rel kisebb a névlegesnél.

2.2.1.2 Aszimmetria

A nyomkarimák vezető oldali kopottsága a 13-14. csapszámú tengely kerekeinél csak 0,6 mm-t térnek el, a kisiklott (15-16. csapszám) tengelynél 2 mm-t, méghozzá a közéesett 16. keréknél nagyobb.

A hasonló események (1.18) is azt mutatják, hogy az ilyen típusú eseményeknél a közéesett tengelyen majdnem mindig aszimmetrikus kopás mutatható ki, az ilyen tengelyek érzékenyebbek a pályahibákra.

¹ ezen geometriai jellemzőt a 2012. október 19-én Aszódon történt kisiklás (2017-0705-5) zárójelentése tárgyalja részletesebben, annak 2.2.2 fejezetében

2.2.2 A vágány hibája

A sínleerősítéseket az oldalirányú erők ellen rögzítő csavarokat a Vb 10 db egymást követő aljon törötten találta. A csavarok

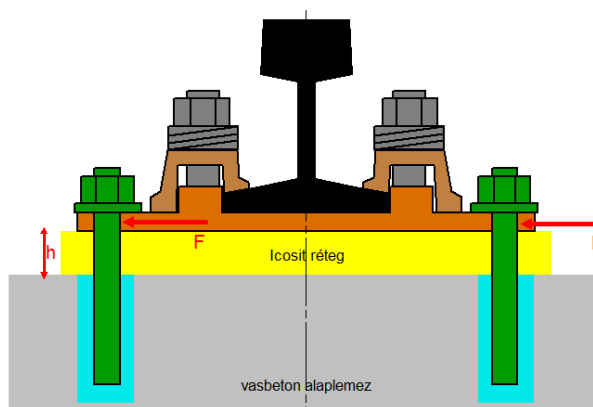
- a betonlemez síkja alatt kevéssel törtek el,
- a törési felület rozsdás, kopott, több csavarnál is kb. felerészben vízszintes, felerészben ferde,
- változó mértékben az alátétlemez magasságában is megkopottak.

A tönkremenetel lehetséges okait a következő fejezetek mutatják be.



2.2.2.1 Konstruktív

A sínleerősítés két csavarja az ívben haladó jármű esetén keletkező terelőerőt a 17. ábra szerint kapja meg.



17. ábra: erőhatások a sínleerősítésben

A csavarokat csak a betonba való befogásuk tartja meg, az ICOSIT réteg vastagságától függő h magassággal lejjebb. Emiatt a csavarokat $M=Fh$ hajlítónyomaték terheli, ami a járművek áthaladása során lüktető terhelésként jelentkezik. Ez a beton felső síkja közelében adja a legjelentősebb fárasztó hatást. A baleset előtt eltört csavarok törése is itt következett be.

A h magasság a konstrukció megfelelőségi igazolása alapján 20-50 mm között lehet.

(Az eset utáni helyreállítás és megerősítés során 4 csavaros rögzítésre tértek át (1.17), ami csökkenti az egy csavarra jutó terhelést, így hosszabb élettartamot eredményez.)

2.2.2.2 Irányhiba

A kisiklási pont előtti, burkolt vágányszakaszon a külső sínszámban irányhiba található. Az ilyen hiba oldalirányú ütést mér a kerekekre, ami átadódik a forgóvázra és a járműszerényre. Az irányhibáról készült képen (9. ábra) az is jól megfigyelhető, hogy mellette aszfaltjavítási nyom van, tehát az itt jelentkező erőhatások korábban már az útburkolatban is kárt tettek.

Az irányhibán jelentkező oldalirányú erőhatásokkal kapcsolatban a KBSZ méréseket is végzett (1.14.2).

A felhasználható 30-50 km/h tartományban végzett eredményeket adó mérések egybehangzóan olyan képet mutatnak, hogy

- az oldalgyorsulás értéke 0 környékén ingadozó értékről kb. 18-26 méteren felfut egy sebességtől függően változó értékre,
- további kb. 20 m után hirtelen megnövekszik,
- változóan kb. 8-22 méterrel később egy újabb csúcspont látható,
- utána lefut, és a továbbiakban 0 környékén ingadozik.

A 15 km/h sebességű méréseknél a fenti jelenségek már nem figyelhetők meg, elvesznek a jelek zajában.

A fenti adatok a jármű rezgései, kigyózó mozgása okozta zajok miatt nem olvashatók le pontosan, csak értéktartományként. Ugyanakkor összhangban vannak az ív adataival (1.14.2), ami arra utal, hogy a mérés alkalmas helyes következtetések levonására.

A fentiekből arra lehet következtetni, hogy az irányhibára futó jármű irányhibán kapott oldalirányú ütés után oldalirányú lengésbe jön, a csillapodás szakaszán pedig 10-20 méterrel később visszaüt a sínre.

A konkrét esemény helyén ez a visszaütés a kisiklás környezetére, illetve a hibás vágányszakaszra esik, hozzájárulva a kapcsolószerkezet terhelő és tönkremenetelt okozó oldalirányú erőkhöz.

Alacsony sebességnél, a bevezetett 15 km/h sebességkorlátozásnál ez a jelenség már nem mutatható ki.

2.2.2.3 Szerkezetváltás

A kisiklási pont előtt a burkolt vágányszerkezet változik nyílt, vasbeton lemezes szerkezetre. Általános tapasztalat a vasutakon, hogy a felépítményi szerkezet változásának helye a pályahibák szempontjából fokozottan kockázatos. A jelen helyszín teljes mértékben megfelel ennek a tapasztalatnak, a tönkrement leerősítések közvetlenül a váltás helye utáni aljakon voltak, attól távolabb a Vb nem talált már törött leerősítést.

2.2.2.4 Elektromos hatások

A villamos energiaellátás áram-visszavezetése a síneken kívül változó mértékben az alátámasztó szerkezetben, földben is folyhat. Az egyenáramú vontatás ismert mellékhatásaként ez nedves körülmények között a villamosvágány közelében fokozott korróziót okozhat.

Mivel a sínek és betonszerkezet közötti ICOSIT réteg szigetelő, az áram a leerősítő csavarokon át folyik, annak érintkezési felületein okozva ezt a jelenséget.

2.2.3 Időjárási hatások

Az időjárási előzmények miatt (1.12 fejezet: 3 nappal korábban még talajmenti fagyok voltak, az eset napján már 20 °C felett) valószínű, hogy a sínszálak nappali felmelegedése egyáltalán nem volt összhangban az alagút lejáratának betonlemezével.

A nagy méretű, tetemes hőelnyelő képességű és rossz hővezető beton a téli rövid és hideg napok után csak sok napos (akár több hónapos) késéssel követi a levegő felmelegedését. A jóval kisebb tömegű, jó hőfelvevő képességű és azt gyorsan vezető sínszálak hamar felmelegednek a külső sugárzástól, ill. könnyebben

felveszik a környező levegő hőmérsékletét is. Végül pedig a magánaljak és a sín rögzítése közötti gumilapok hőszigetelést képeznek a beton és a sínszálak között.

Tehát a levegő hirtelen felmelegedése, a felhős idők után kisütött Nap, ugyanakkor a nemrég még fagyos földfelszín következtében a sínszálak és az alagútlejárat betonja között jelentős felmelegedési különbségek alakulhattak ki.

2.2.4 A biztonsági kockázatok kezelése

A pálya állapotában rejlő biztonsági kockázatokat a pályahálózat működtetője a pályafelügyeleti folyamatában észlelte (1.8.4), amelynek nyomán több intézkedést hozott (1.15.1).

2.2.4.1 A sebességkorlátozás

A sebességkorlátozó intézkedés (15 km/h)

- csökkenti az ívben az oldalirányú erőket, ezzel csökkenti a kisiklás létrejöttének esélyét is (mivel a meglazult rögzítésű pálya tönkremenetele folytatódik, ez csak átmeneti, egy gyors helyreállításig működő megoldás);
- enyhíti a mégis bekövetkező kisiklás következményeit mind a személyi sérülések, mind a vagyoni károk terén (a konkrét és más hasonló események is igazolják, hogy e sebességnél az érdemi károk ritkák).

A tett intézkedés alkalmas a kockázat kezelésére, ha a helyreállítás belátható időn belül megvalósul, és nem annak helyettesítését szolgálja.

2.2.4.2 Javítás, helyreállítás

A pályahiba felfedezése utáni vágányjavítás szervezése során néhány héten belüli helyreállítást terveztek, ami utal arra, hogy a szervezet képes volt a kockázatos hiba viszonylag gyors felismerésére.

A bevezetett sebességkorlátozás a lehetséges (és végül be is következett) kisiklás következményeit olyan mértékben csökkentette, hogy összességében a kockázatot valóban minimalizálta (*bekövetkezés valószínűsége × várható kár*).

A tervezett, majd a baleset után végrehajtott helyreállítás nem csak a kisiklásban érintett, és hibás leerősítések kijavítására terjedt ki, hanem hosszabb szakaszon is cserélték a kopott sínszálakat, kijavították a leerősítéseket (1.17, 1.15.2). Ezt azt mutatja, hogy a szervezet működése nem csak hibaelhárító szinten valósult meg, hanem előremutató, megelőző folyamatok is történtek.

2.3 Egyéb észrevételek

2.3.1 Az alkalmazott sebesség

A kisiklás kezdetekor a megengedett 15 km/h sebesség helyett 17 km/h-val haladt a villamos. Ez a megengedettnél kis mértékben több, de még azon a határon belül, amit a járművezetői sebességszabályozási lehetőségek megadnak, tekintettel a regisztráló berendezés felbontásából adódó legalább ± 1 km/h lehetséges mérési hibára is.

A konkrét kisiklás alapját – a külső sínszál kinyomódását – a sebesség négyzetesen befolyásolja. Lehetséges ezért, hogy kisebb, 15 km/h sebességnél (és ezáltal 30%-kal kisebb terelőerőnél) ez a kisiklás nem következik be, de a sínek veszélyes rögzítetlensége (2.2.2) miatt ez csak elodázta volna az eseményt néhány járattal későbbre.

Azért sem tekinthető e minimális sebességtúllépés az eset okának, mert a pályára meghatározott sebességben (sebességkorlátozásban) kell legyen a szokásos üzemenetet eltűrő biztonsági tartalék is.

2.3.2 Villamos fék

A villamoson a kisiklás utáni megálláskor nem jött létre a villamos féküzem.

Az üzembentartó tájékoztatása szerint a konkrét típusnak jellemzője, hogy a hajtásvezérlő (mely a hajtásrendszeri fékezést is vezérli) gyakran válik rövid időre működésképtelenné. Ilyen eset az is, ha a negatív visszavezetésben zavarok lépnek fel, ami a kisikláskor is lehetséges.

E típushiba elhárítása érdekében a járművek esedékes felújítása során várhatóan cserélik a hajtásvezérlést. Mivel a konkrét esemény létrejöttével a hiba nem hozható összefüggésbe, a Vb mélyebben ezt nem vizsgálta.

3. KÖVETKEZTETÉSEK

3.1 Az eset bekövetkezésével közvetlen összefüggésbe hozható ténybeli megállapítások

A vasúti pályán a sínleerősítések rögzítőcsavarjai töröttek voltak (2.2.2), emiatt a vágány megnyílhatott a jármű alatt, kerekeinek közéesését okozva.

3.2 Az eset bekövetkezésével közvetetten összefüggésbe hozható ténybeli megállapítások

A villamos kisiklott kerékpárján a kerekek kis mértékben aszimmetrikusan kopottak (2.2.1).

A sínleerősítés konstrukciója miatt a rögzítőcsavarok tövét jelentős hajlítónyomaték terheli (2.2.2.1).

A vágányban a kisiklást megelőzően irányhiba volt, amelynek következtében a haladó jármű az irányhibán kapott oldalirányú lengés miatt később visszaüt a sínre, a megszokottól nagyobbra növelve annak oldalirányú igénybevételét (2.2.2.2).

3.3 Az eset bekövetkezésével összefüggésbe nem hozható, kockázatnövelő tényezők

A jármű hajtásvezérlője időnként rövid időre üzemképtelenné válik, ami a villamos fék működésképtelenné válásával is jár (2.3.2).

4. BIZTONSÁGI AJÁNLÁS

A balesetet megelőzően a pályahálózat működtetője a hibát felismerte, intézkedett a kijavításról, továbbá más, előremutató, megelőző vágányjavításokról. Emellett megfelelő sebességkorlátozás bevezetésével biztosították azt is, hogy a – helyreállítás előtt végül mégis bekövetkező – kisiklás következményei jelentéktelenek legyenek.

Biztonsági ajánlás kiadása ezért nem szükséges.

Budapest, 2017. május 30.



Demjén Péter
Vb vezetője



Chikán Gábor
Vb tagja