



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM
KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI SZERVEZET

ZÁRÓJELENTÉS



2020-0789-5
(HU-6321)

Vasúti baleset / Tűzeset gördülő állományban
Biatorbágy, 2020. augusztus 14.

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 volna¹.

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 balesetokről 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 üzemeltetői 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, valamint a munkáltatói jogkört gyakorlóik által kezdeményezett eljárásoktól.

Szerzői jogok

A zárójelentést kiadta:

Innovációs és Technológiai Minisztérium, Közlekedésbiztonsági Szervezet

1103 Budapest, Kőér u. 2/A.

www.kbsz.hu

kbszvasut@itm.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.

¹ a 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

1116 048	az A-ÖBB 91 81 1116 048-0 psz. villamosmozdony
ERAIL	Az Európai Unió Vasúti Ügynökségének baleseti adatbázisa
GTO	kikapcsolható tirisztor (Gate Turn-Off)
KBSZ	Közlekedésbiztonsági Szervezet
Kbvt.	A légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény
MÁV Zrt.	Magyar Államvasutak Zrt.
MÁV-Start Zrt.	MÁV-Start Vasúti Személyszállító Zrt.
ÖBB TS	ÖBB Technische Services GmbH
psz.	pályaszám
SR2	Áramirányító egység (Stromrichter), melyből a mozdonyban kettő található, az eset a 2. sz. egységgel függ össze
Vb	Vizsgálóbizottság
VTK	vonatterhelési kimutatás (vonatösszeállítási adatokat tartalmazó dokumentum)
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (a német elektronikus ipar reprezentatív szövetsége)

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	7
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	15
4.1	Személyek és szervezetek feladatai.....	15
4.2	A járművek és a műszaki berendezések	15
4.3	Emberi tényezők	18
4.4	Biztonsági eljárások	19
4.5	Összefüggésbe hozható korábbi események	19
5.	KÖVETKEZTETÉSEK.....	21
5.1	Összefoglalás.....	21
5.2	Megtett intézkedések	21
5.3	További észrevételek	21
5.4	Jól működő eljárások, gyakorlatok.....	22
5.5	Tanulságok	22
6.	BIZTONSÁGI AJÁNLÁS.....	23
7.	ELTÉRŐ VÉLEMÉNYEK.....	23
	MELLÉKLETEK.....	24
1. melléklet	A kondenzátorban felhasznált anyagok és bomlástermékeik.....	24
2. melléklet	A vizsgált során kiadott rendelkezés	25
3. melléklet	Kondenzátorok megbontásos vizsgálata	26

1. ÖSSZEFOGLALÁS

2020. augusztus 14-én a Győrből Ferencvárosba tartó 92905 sz. tehervonat 1116 048 psz. mozdonyán Biatorbágy állomás előtt üzemzavarok jelentkeztek, amelyek azonban a vonat továbbítását nem tették lehetetlenné. Az állomáson való áthaladás után a mozdony gépterében robbanás keletkezett, amely leszakította a mozdony tetejét is. A leszakadt darabok a másik vágány úrszelvényébe kerültek, az ott közlekedő 910 sz. InterCity vonat nekiütközött, a járművei külső sérüléseket szereztek.

A vizsgálat során a Vb, a mozdony karbantartásával megbízott szervezettel együttműködve feltárta, hogy a robbanás egy kondenzátor meghibásodására vezethető vissza. Más országokban történt, korábbi hasonló események kutatása és a kondenzátor megbontásos vizsgálata magyarázatot adott az esemény pontos lefolyására.

A kondenzátorban annak felépítése, anyagai miatt túlmelegedés esetén éghető gázok keletkeztek, amelyek kiszabadulva a villamosmozdonyban jelenlévő gyújtóforrások miatt felrobbantak. A túlmelegedés okaként közelebbről nem behatárolt gyártási hiba, esetleg üzemeltetési körülmény feltételezhető.

Hozzájárult az eseményhez, hogy a mozdonyvezető a robbanás előtt kb. 2 perccel tűzjelzést kapott, de azt hamisnak vélte (tényleges tűz valóban nem is volt), nem tette meg a tőle elvárható intézkedéseket – noha nem zárható ki, hogy akkor már nem volt elkerülhető a későbbi robbanás.

Az esetet követően a mozdony karbantartásával megbízott szervezet eltérő felépítésű kondenzátorok alkalmazására és azok sűrűbb ellenőrzésére tért át, valamint intézkedések születtek a tűzjelzések szigorúbb kezelésére.

2. A VIZSGÁLAT FOLYAMATA ÉS ÖSSZEFÜGGÉSEI

2.1 A vizsgálat megindítása

A KBSZ ügyeletére az esetet 2020. augusztus 14-én, 06 óra 48 perckor (a bekövetkezés után 12 perccel) jelentette a MÁV Zrt. rendkívüli helyzetek irányítója.

A KBSZ készenlétes vezetője azonnali helyszíni szemlét rendelt el. A szemle tapasztalatai alapján a KBSZ vezetője szakmai vizsgálat megindításáról döntött.

2.2 A vizsgálat megindításának oka

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

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

A jelen vizsgálat megindítására a fenti 2. c) pont alapján került sor (összhangban a vasútbiztonsági irányelv 20. cikk (2) c. pontjával is), mert

- az esemény során a mozdony is súlyosan megsérült, és az esemény következményei más vonatra is súlyos baleseti kockázatot jelentettek; továbbá
- ez a mozdonytípus több európai országban is nagy számban üzemel, ezért az okok feltárásával és a tanulságok levonásával nemzetközi szinten is lehetőség nyílik az ilyen baleseti kockázatok mérséklésére.

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 a közvetett okok meghatározása, a levonható tanulságok bemutatása és végül a megelőzés érdekében hozott intézkedések bemutatása, valamint szükség esetén biztonsági ajánlások megfogalmazása.

A jelen vizsgálat kiterjedt a mozdonyvezető cselekvéseire, a meghibásodott alkatrész működésére, konkrét hibájára is.

2.4 A vizsgálóbizottság

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

vezetője	Chikán Gábor	balesetvizsgáló
tagja	Kapocsi József	balesetvizsgáló
	Mokri István	balesetvizsgáló

A KBSZ vezetője által kijelölt Vb a vizsgálat elvégzéséhez szükséges szakmai ismeretekkel, kompetenciákkal rendelkezett, a meghibásodott kondenzátor részletes vizsgálatára azonban szakértő bevonására volt szükség. Ezt a feladatot a vizsgálatban együttműködő ÖBB TS megrendelésére a Vishay Interotechnology üzeme végezte Landshut (Németország) városában.

2.5 Kommunikációs és konzultációs folyamatok

A Vb a helyszínen - hangfelvétel készítésével - meghallgatta a mozdonyvezetőket, valamint a tehervonat esetében beszerezte a vasúti társaság által végzett meghallgatás jegyzőkönyvét is.

A vizsgálat során folyamatos volt a kapcsolattartás az üzembentartó ÖBB TS linzi műhelyének szakembereivel, egyes vizsgálati lépések elvégzésére az ő telephelyükön, illetve közösen került sor.

A Vb konzultált a Rendőrség Tűzszerész Szolgálatával is, a robbanás lefolyásának megállapítása érdekében.

A KBSZ a zárójelentés tervezetét megküldte az

- ITM Vasúti Hatósági Főosztály
- Ausztria nemzeti balesetvizsgáló szerve
(BmVIT Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes)
- MÁV Magyar Államvasutak Zrt.
- MÁV-Start Zrt.
- Rail Cargo Hungaria Zrt.
- ÖBB TS

részére.

A zárójelentés tervezetre írásban válaszolt, vagy észrevételt, kiegészítést, javaslatot tett a

- ITM Vasúti Hatósági Főosztály
- Ausztria nemzeti balesetvizsgáló szerve
(BmVIT Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes)
- MÁV Magyar Államvasutak Zrt.
- ÖBB TS

Az észrevételek a zárójelentésben megfogalmazott levezetéseket, következtetéseket nem érintették, a biztonsági ajánlással egyetértettek.

A KBSZ a megküldött észrevételek egyeztetése céljából 2021. június 1-én záró megbeszélést tartott, melyen a

- ITM Vasúti Hatósági Főosztály
- MÁV Magyar Államvasutak Zrt.
- MÁV-Start Zrt.

képviseltette magát.

2.6 Együttműködés

A vizsgálat során sor került a mozdony műhelyi megbontására az ÖBB TS linzi járműjavítójában, ahol a vizsgálaton részt vett a Vb mellett az üzembentartó és az osztrák balesetvizsgáló szerv is.

A Vb kérésére a meghibásodott kondenzátor gyártója is hasznos adatokat szolgáltatott annak felépítéséről, a benne használt anyagokról, meghibásodási lehetőségekről és az esetleges gázképződésről.

2.7 Vizsgálati módszerek

A vizsgálathoz a Vb felhasználta

- a 2020. augusztus 14-én végzett helyszíni szemle majd az augusztus 25-i linzi szemle tapasztalatait;
- a felsővezeteki alállomás rögzített adatait;
- a mozdony különböző adatrögzítőit;
- a mozdony gépterében vizsgált, rögzített sérüléseket;
- a 2.5 fejezetben is hivatkozott meghallgatásokat;
- korábbi hasonló események tapasztalatait (4.5).

Az ÖBB TS – a Vb egyetértésével – megbízta a Vishay Intertechnology németországi üzemét a mozdony sérült, és még további három kondenzátorának vizsgálatával (3. melléklet).

2.8 A vizsgálat nehézségei

A mozdony sérülése miatt megsemmisültek a hibás áramirányítóban rögzített műszaki adatok, amelyek nagyban segíthették volna a robbanáshoz vezető hiba pontos behatárolását.

A mozdony hibájának pontosabb behatárolása, esetleges tranziensek keresése érdekében a Vb megkísérelte a mozdony áramfelvételének meghatározását, de a rendelkezésre álló adatokból nem lehetett kellő pontosságú képet alkotni (4.2.3).

A sérült kondenzátor környezetében vett koromminta előzetes értékelése a Rendőrség Tűzszerész Szolgálatával segítségével nem mutatott ki olyan anyagokat, amelyek a vizsgálatot segítették volna, míg a részletesebb és költségesebb anyagvizsgálattól sem volt várható új információ. Időközben a sérült kondenzátor belső elemzése megerősítette az esemény valószínűsíthető lefolyását, így az égéstermék kémiai elemzése szükségtelenné vált.

2.9 Kapcsolattartás az igazságügyi hatóságokkal

A Rendőrség Tűzszerész Szolgálatával a vizsgálathoz segítséget nyújtott, a Katasztrófavédelem a KBSZ-től információkat kért és kapott.

Az igazságügyi hatósági feladatokkal összefüggésben más kapcsolattartás nem volt szükséges.

3. AZ ESEMÉNY ISMERTETÉSE

3.1 Az esemény leírása

2020. augusztus 14-én a Győrből Ferencvárosba tartó 92905 sz. tehervonat 1116 048 psz. mozdonyán – korábbi meghibásodás miatt – a négyből csak 3 vontatómotor volt üzemben.

6 óra 34 perctől, még Biatorbágy állomás előtt a mozdonyon különböző üzemzavarok jelentkeztek – köztük tűzjelzés –, amelyek azonban a vonat továbbítását nem tették lehetetlenné, de ezek után a négyből – automatikus lekapcsolás nyomán – már csak két vontatómotor maradt üzemben. Az állomáson való áthaladás után 6 óra 36 perckor a mozdony gépterében robbanás keletkezett, amely leszakította a mozdony tetejét is.

A leszakadt darabok a másik vágány ürszelvényébe kerültek, az egyiknek az ellenirányban közlekedő 910 sz. InterCity vonat nekiütközött, és a járművei külső sérüléseket szenvedtek.

3.1.1 Az esemény típusa

Az esemény típusa: **Jelentős vasúti baleset**

Az esemény jellege: **Tűzeset gördülő állományban**

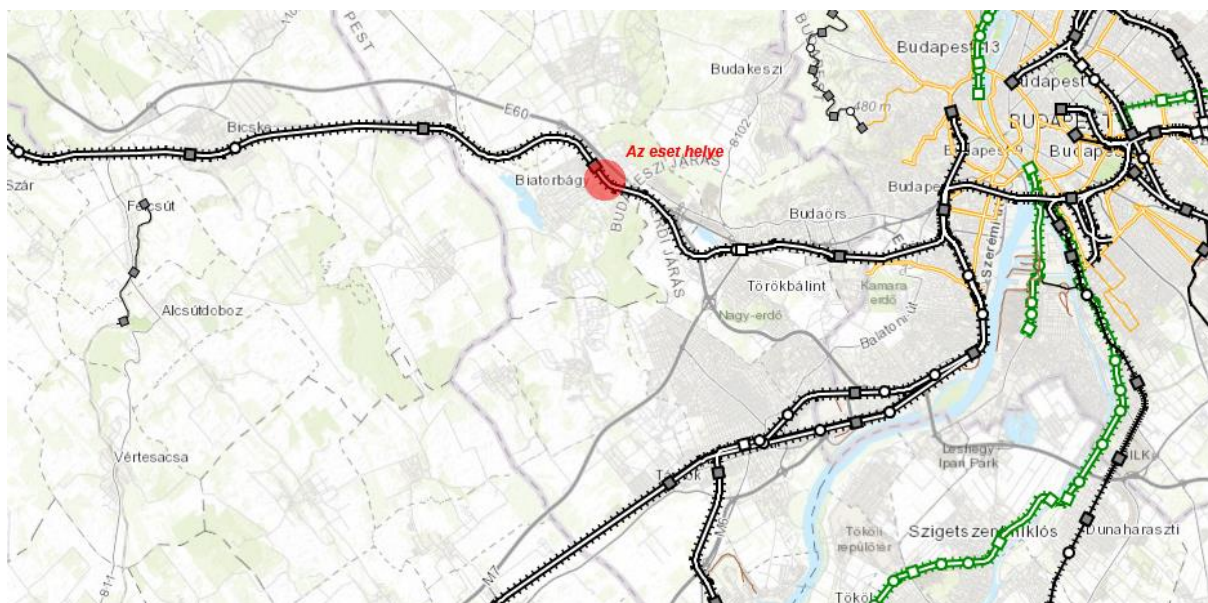
Egyéb információ: A tűzeset gördülő állományban fogalom magában foglalja azt az esetet is, amikor robbanás keletkezik, akár tűz nélkül is.

Az esemény folyamánként a másik vágányon haladó vonat „ütközés tárggyal” jellegű balesetet szenvedett. A vizsgálat célja azonban a robbanás okainak feltárása volt, az ütközést annak következményeként értékelte a Vb.

3.1.2 Az esemény időpontja és helye

Az esemény időpontja: **2020. augusztus 14., 06 óra 36 perc**

Helye: **országos vasúti pályahálózat,
1 sz., Budapest – Hegyeshalom vasútvonal,
Biatorbágy állomás**



1. ábra: az esemény helye (térkép: ArcGIS WorldTopoMap)

3.1.3 Az esemény helyszíne

Biatorbágy állomás a Budapest – Hegyeshalom oh. kétvágányos, belföldi szakaszán 25kV 50 Hz rendszerrel villamosított vasútvonal középállomása, az esemény az állomás kezdőpont felőli végén, a váltóköri és a bejárat jelző között történt. A vasúti pálya itt bevágásban vezet, a pályára megengedett sebesség 140 km/h.

3.1.4 Következmények

Személyi sérülés

Sérülés	Személyzet	Utas	Útátjáró használó	Idegen	Egyéb
Halálos	-	-	-	-	-
Súlyos	-	-	-	-	-
Könnyű	-	-	-	-	-
Nem sérült	1+2	0+42	-	-	-

A személyzetből 1 fő a 92905 sz. tehervonat mozdonyvezetője, 2 fő a 910 sz. vonat mozdonyvezetője és vezető jegyzője.

Anyagi károk

A mozdonyról kárösszeget a vasúti társaság a zárójelentés tervezet elkészítéséig nem adott meg, a Vb becslése szerint azonban a kár néhány száz millió Ft lehet.

A vasúti pályában kár nem keletkezett. A felsővezetékben egy Y sodrony szakadás és két oldalkar sérülés történt, melyek helyreállítási költsége 111 913 Ft volt.

A személyszállító vonatban 3,5 MFt kár keletkezett, emellett a személyszállító vasúti társaság kára további 350 eFt balesetelhárítási költség, összesen 3,85 MFt.

Környezeti károk

Környezeti kár nem keletkezett.

3.1.5 Egyéb következmények

Budaörs és Biatorbágy állomások között az esemény bekövetkeztétől (6 óra 36 perc) 9 óra 51 percig mindkét vágány ki volt zárva a forgalomból, ezután a jobb vágányon megindult a forgalom, de a 291-294. szelvények között 20 km/h sebességhatárolással, 10 óra 10 perctől 40 km/h sebességhatárolással, 10 óra 50 perctől pedig sebességhatárolás nélkül.

A bal vágány felszabadulása után a felsővezeték helyreállítása 11 óra 38 percig tartott, majd a vágány a forgalom részére korlátozás nélkül vissza lett adva 11 óra 41 perckor.

A korlátozások miatt

- teljes útvonalon elmaradt 5 személyszállító vonat;
- egy kerülő útirányon át közlekedett;
- részlegesen elmaradt 27 személyszállító vonat;
- 36 személyszállító vonat összesen 704 percet késett;
- és két tehervonat 561 percet késett.

Az elmaradt vonatok miatt 9 vonatpótló autóbust állítottak be az utasok elszállítására.

3.1.6 Érintett szervezetek és személyek

A vasúti pályahálózat működtetője a MÁV Magyar Államvasutak Zrt.

Az 92905 sz. vonatot az Rail Cargo Hungaria Zrt., a 910 sz. vonatot az MÁV-Start Zrt. közlekedtette.

Az érintett 1116 048 psz. mozdony magyarországi üzemeltetője az RCH Zrt., karbantartással megbízott szervezete az ÖBB TS.

3.1.7 A vonatok

Az eseményben érintett volt a Győrből Ferencvárosba közlekedő, 1116 048 psz. mozdonnal továbbított 92905 sz. tehervonat:

kocsiszám:	21 db
hossz:	308 m
elegtömeg:	874 t

valamint a Budapestről Szombathelyre közlekedő 0470 008 psz. mozdonnal továbbított 910 sz. távolsági személyszállító vonat (InterCity):

kocsiszám:	3 db
hossz:	100 m
elegtömeg:	240 t

3.1.8 Az infrastruktúra

A vasúti infrastruktúra részletesebb leírása – a 3.1.3 fejezetben írt jellemzőkön túl – az eseményben érdektelen.

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

A mozdony erősáramú, vontatási áramkörében lévő kondenzátorai üzem közben folyamatosan veszítettek kapacitásukból.

2016-2020. A kapacitáscsökkenés felgyorsult.

2020.07.17-től A mozdony egy GTO egység hibája miatt 3 vontatómotorral üzemelt.

3.2.2 Az esemény lefolyása

92905
tehervonat

(bal vágányon, kezdőpont felé)

910
személyszállító vonat

(jobb vágányon, végpont felé)

Az SR2 áramirányító szekrényben a C2 jelű kondenzátor túlmelegedett, ennek következtében a felépítésében használt polipropilén éghető gázokra bomlott, a belső szerkezete elszénesedett.

6:34:27 A kondenzátorból füst és mellette éghető gáz fújt ki, ennek nyomán a vezetőálláson tűzjelzés jelent meg.

Az áramirányító szekrényben lévő tűzjelző működési elve optikai, így a légtérben lévő füst vagy korom kiváltja a jelzését. Mivel a kondenzátor mellett az áramirányító szekrényben nagyobb koromfolt is látható volt, a Vb azt valószínűsíti, hogy ekkor már legalább füstszivárgást okozott a kondenzátor tönkremenetele.

A mozdonyvezető betekintett a géptérbe, de tüzet, füstöt nem látott, ezért az aktív tűzjelzés mellett továbbhaladt.

Mivel a füstszivárgás egy zárt szekrényen történt, a mozdony gépterébe – ahová a mozdonyvezető betekintett – már nem jutott ki.

Az áramirányító belső levegő-keringetéssel rendelkezik, amely így az éghető gázt a rendelkezésre álló térben el tudta oszlatni.

6:34:59 Az áramirányítóban érzékelt zárlat – amely szinte biztosan a kondenzátorból eredt – miatt a

92905
tehervonat

(bal vágányon, kezdőpont felé)

főmegszakító átmenetileg kikapcsolt, és a későbbiekben az SR2 áramirányító már nem is kapcsolt vissza.

A mozdony földzárlat jelzést adott, amit a műszaki adatrögzítő tartalma is megerősít. A meghibásodás jellegéből, és abból, hogy az SR2 ezután már nem működött, arra lehet következtetni, hogy a hiba ezen belül keletkezett, és a talált hibás alkatrész, a kondenzátor volt az oka. Az SR2 áramirányítót a mozdony vezérlése önműködően selejtezte le.

6:35:26 A mozdonyvezető első visszakapcsolási kísérlete után előtöltő/kisütő védelem probléma miatt ismét kikapcsolt a főmegszakító, de 5 mp-cel később a mozdonyt újra üzembe tudta helyezni – immár az SR2 áramirányító és a hozzá tartozó két vontatómotor nélkül.

6:36:40

A másik vágányon haladó vonat kb. ekkor haladt át a fázishatár alatt.

A mozdonyvezető ezután visszakapcsolta a főmegszakítót.

6:36:44 A kondenzátorból kikerült éghető gáz időközben levegővel keveredett, és meggyulladt.

Konkrét gyújtóforrást a Vb nem azonosított, azonban a villamos-mozdonyban számos olyan alkatrész van, amelyben szikraképződés üzemszerűen lehetséges.

Az áramirányító szekrényben ezáltal robbanás (igen gyors égés) történt, amely súlyosan megrongálta a mozdony gépterét, a járműszekrényt, és ennek következtében két tetőelem leszakadt a mozdonyról.

6:36:54

A vonat mozdonyvezetője észlelte a tehervonatról lehullott alkatrészeket, vészfékezett.

6:36:59

A 910 sz. vonat ütközött az egyik lehullott tetőelemmel.

A két tetőelem közül a korábban leesett példány sarka volt abban a magasságban,

910
személyszállító vonat

(jobb vágányon, végpont felé)

92905 tehervonat (bal vágányon, kezdőpont felé)	910 személyszállító vonat (jobb vágányon, végpont felé)
--	--

ahol a személyszállító vonat rongálódott.

6:37:07 A tehervonat megállt.

Az adatrögzítő a rongálódása miatt már nem rögzítette a megállást. A megállás időpontja ezért a robbanás és megállás helye közti távolság, valamint a robbanáskori sebesség alapján becsült érték.

6:37:22 A személyszállító vonat megállt az állomás váltóköri területén.

3.2.3 Az eseményt követő történések

A 910 sz. személyszállító vonat mozdonyvezetője a tehervonathoz sietett, és megállapította, hogy annak mozdonyvezetője nem sérült meg a balesetben.

A tehervonat mozdonyvezetője a géptérben lévő roncsok miatt nem tudta a vezetőállást az üzemszerű útvonalon át elhagyni, ezért a vezetőállás menekülőajtóját használta.

09:38 A lehullott roncsdarabokat eltávolították az úrszelvényből.

09:51 A jobb vágányon 20 km/h-val megindult a közlekedés.

10:04 A Katasztrófavédelem tűzvizsgálója a helyszínre érkezett, de a 1116 048 psz. mozdonyt csak később, a ferencvárosi gépészeti telephelyen vizsgálta meg.

10:10 A jobb vágányon 40 km/h-ra emelték a megengedett sebességet.

10:38 - 11:06 A sérült tehervonatot segélymozdony vontatta be Budaörs állomásra.

10:50 A jobb vágányon megszüntették a sebességkorlátozást.

11:41 A felsővezeték helyreállításának befejezése (11:38) után a forgalom mindkét vágányon helyreállt.

4. AZ ESEMÉNY ELEMZÉSE

4.1 Személyek és szervezetek feladatai

4.1.1 Karbantartás

A mozdony karbantartással megbízott szervezete az ÖBB TS, a tényleges javítási beavatkozásokat több műhely végezte.

A fenntartás során már 2017-ben felismerték, hogy a balesetben részes mozdonytípusba épített kondenzátorok kapacitásának csökkenése – a gyártó által megadott élettartamuk vége előtt – gyakoribbá vált, emiatt a kapacitások mérésének gyakoriságát 2 millió km-ről 400 ezer km-es gyakoriságra sűrítették.

Az eseményben érintett mozdonynál 2016 júniusában és 2019 augusztusában volt mérés, a kérdéses kondenzátornál mindkét esetben megfelelő volt, de a két mérés között kb. 5%-ot romló értékeket mértek. (Az esetben nem érintett áramkörben egy kondenzátorpár kapacitása kb. felére csökkent, a hibát azok cseréjével kijavították.) A 2019-ben végzett méréstől a balesetig a mozdony 201 313 km-t futott.

A balesetet okozó hibás kondenzátor részletes vizsgálata (3. melléklet) alátámasztotta, hogy annak meghibásodása együtt járt a kapacitás előzetes csökkenésével is, tehát a kapacitás figyelemmel kísérése – a szolgálatképtelenségek elkerülésén túl – e biztonsági kockázat csökkentését is magával hozza. Arra a kondenzátor vizsgálata nem adott választ, hogy a meghibásodásnak indult kondenzátornál a tönkremenetel folyamata milyen gyors, ám az biztosan állítható, hogy sűrűbb ellenőrzéssel nagyobb az esélye a kritikus kondenzátorok kiszűrésének.

Ezzel összefüggésben az eset után a karbantartás területén az alábbi intézkedéseket hozták:

- soron kívüli ellenőrzés minden mozdonyon,
- a továbbiakban az időszakos mérésekre 100 ezer km-enként kerül sor,
- hiba esetén a kondenzátorokat párban cserélik (mivel a szükséges kondenzátor-kapacitást a mozdonyban azzal érik el, hogy két kondenzátor párhuzamosan van kapcsolva),
- a cserék során egy más konstrukciójú kondenzátort építenek be.

4.2 A járművek és a műszaki berendezések

4.2.1 Az áramirányító kondenzátorai

4.2.1.1 A kondenzátor hibája

Az esemény az SR2 áramirányító C2 jelű ún. közbenső köri, Epcos gyártmányú B25650D2208A064 típusú kondenzátorára vezethető vissza.

Ezen kondenzátorok felépítése olyan, hogy ha a dielektrikum szigetelőképességének romlása miatt a fegyverzetei között kisebb átütés keletkezik, akkor képes ún. öngyógyításra, miáltal a kondenzátor a hiba ellenére használható marad, de kapacitása csökken. Ha azonban az öngyógyítási folyamat túl gyakran megy végbe, akkor az káros túlmelegedéshez vezet.

A kondenzátor vizsgálata során sok ilyen öngyógyító folyamat nyomait sikerült felfedezni (3. melléklet), ami a vizsgálatot végző szerint sokkal több volt, mint ami egy ilyen kondenzátorban üzemszerű lenne.

A kondenzátor dielektrikumát polipropilén film képezi, amely túlmelegedés esetén éghető gázokra bomlik (1. melléklet). A kondenzátor felbontása után egyértelműen látható volt, hogy a túlmelegedés létrejött, vagyis az éghető gázok jelenléte is fennállt.



2. ábra: a kondenzátor belseje

Ez a kialakítás, anyaghasználat magában hordozza a robbanásveszélyt, ahogy a világban bekövetkezett hasonló események is mutatják (4.5).

Az ilyen típusú kondenzátorok nem tartalmazzak megoldást arra, hogy

- a túlmelegedést érzékeljék,
- a felgyülemelő, belső nyomást okozó gázt érzékeljék, és/vagy
- a kiszabaduló gázok kiszellőzzenek, annak érdekében, hogy ne érhessek el a robbanáshoz szükséges mennyiséget.

A kondenzátor gyártójának tájékoztatásai szerint

- A kondenzátor gyártása idején ez a használt technológia volt a legkorszerűbb módszer, de azóta már létezik olyan technológia, ami jelentősen csökkenti az ilyen típusú hibák valószínűségét. A tapasztalatok azt mutatják, hogy az új technológia alkalmazásakor a gázok keletkezése a túlmelegedés/megolvadás során sokkal kevésbé valószínű. A vasúti vontatásban érdekelt vevők már az új típust vásárolják.
- teljesítménykondenzátorok használatakor a ZVEI szövetség és a gyártó is ajánlja² olyan védelmi berendezések beépítését, mint a túlnyomás relé.

² <https://www.tdk-electronics.tdk.com/download/530870/f013854d18c20c0542b7ba8947154721/pdf-zvei-general-safety-power-capacitors.pdf>

Az esemény során az SR2 áramirányító szekrényt a mozdony automatikája lekapcsolta a robbanás előtt 105 másodperccel. Noha ettől kezdve a kondenzátor káros folyamatai már nem kaptak külső energiaellátást, a kondenzátorban még volt, a már megindult folyamatot fenntartó energia, hiszen maga is egy energiatároló. A gyártója is úgy fogalmazott, hogy „a rendelkezésünkre álló információk alapján azt mondhatjuk, hogy amint a kondenzátor leválasztásra kerül, vagy az inverter megállításra kerül, az energia hiányának következtében a megolvadási folyamat lelassul, majd megáll.”

A lassulva folytatódó folyamat viszont még további gázt termel, és a már korábban keletkezett gáz szétterjedése miatt is az volt igazolható, hogy a robbanás csak a lekapcsolás után történt meg.

4.2.1.2 Élettartam

Adatlapja szerint a kondenzátor várható élettartama 180 ezer óra (ez kb. 20 év). A konkrét kondenzátor 2003-ban készült, és az ÖBB TS tájékoztatása szerint abban az évben lett beépítve a mozdonyba. Az eltelt 17 év közel van a megadott élettartamhoz, de a tapasztalatok azt mutatják, hogy a tényleges élettartam ennél rövidebb (4.1.1).

Az áramirányító nem sérült kondenzátor-párjának ismert kapacitásértékei az alábbi változást mutatják:

2003.	4140 μF ³
2016.06.21.	4020 μF
2019.08.27.	3700 μF
2020.10.13.	2501 μF

Látható, hogy az érdemi kapacitáscsökkenés 2016-2019 között indult meg, majd ezután már erősen fel is gyorsult.

A kondenzátor vizsgálói megállapították, hogy üzemidejükhöz képest aránytalanul sok a kondenzátorokban az öngyógyulási nyom, ami legvalószínűbben gyártási hibára, vagy esetleg üzemeltetési körülményekre (pl. túlfeszültség) vezethető vissza (3. melléklet).

Az üzemben tartó is tapasztalta, hogy az ilyen típusú kondenzátorok kapacitáscsökkenése sorozatos probléma (4.1.1), ezért az eseményt követően a társaság mozdonyain megkezdtek az ilyen típusú kondenzátorok cseréjét. A kondenzátorok meghibásodása, és a mozdony jellemző üzemmódja (tehervonati, személyvonati) közötti összefüggésre azonban nem utaltak az eredmények.

4.2.2 Tűzjelzés

Az esemény első jele egy tűzjelzés volt a robbanás előtt 137 másodperccel. A mozdonyvezető ennek nyomán a géptérbe betekintett, de égést, füstöt nem látván, azt nem tekintette valós vészhelyzetnek.

A vasúti társaság tájékoztatása szerint a tűzjelzés megszólalása

- előfordul a légsűrítő sajátossága miatt (évente több alkalommal kapnak bejelentést, általában telefonon); és
- ritkább az áramirányító szekrényből, érzékelő hiba miatt.

A légsűrítő olajsintjének üzemileg állapotban kell a jelzett min és max értékek között lennie. Hideg légsűrítőnél tehát a min érték alatt is lehet, ilyenkor a tapasztalatlan személyzet kezdeményezi a feltöltést. A felesleges olajat viszont a kompresszor kidolgozza magából, előbb-utóbb az olajleválasztó is telítődik, és a levegős hálózatba olaj kerül. A kompresszor környezetében kerültek

³ beépítéskori mérési adat hiányában a névleges érték

elhelyezésre a vonatbefolyásolók és az éberségi berendezés szelepei, amelyek a berendezések megszólalása esetén nagy keresztmetszeten engedik a szabadba a fővezeték nyomását. Ekkor a rendszerben található olajat is beporlasztják ebbe a térbe: az olajköd hatására pedig megszólalhat az optikai elvű tűzjelzés a géptérben.

A hamis tűzjelzések alkalmasak arra, hogy a mozdony személyzet a jelzést ne tekintse súlyos, veszélyes állapotnak, különösen, ha a géptérbe való betekintés során sem lát füstöt vagy lángot. A zárt szekrényekkel felépített géptér miatt azonban lehetséges – mint ez esetben is –, hogy a tűz vagy füst nem jut ki a mozdonyvezető által áttekinthető, ellenőrizhető térbe.

Lásd még a 4.3.1 fejezetet.

4.2.3 A mozdony áramfelvétele

A mozdony hibájának pontosabb behatárolása, esetleges tranziensek keresése érdekében a Vb megkísérelte a mozdony áramfelvételének meghatározását. Mivel a mozdony erre vonatkozó adatrögzítővel nem rendelkezik (csak 1 perces átlagokkal), a vizsgálat alapja a felsővezeteki táplálás árama volt.

A táplálási szakaszban közlekedő három ismert másik vonat közül azonban csak az egyiknél lehetett megbízható képet kapni az áramfelvételtől, így ez a vizsgálati irány nem járt kellően pontos eredménnyel.

4.3 Emberi tényezők

4.3.1 A tűzjelzés kezelése

A mozdonyvezető a folyamat kezdetét jelző tűzjelzést nem tekintette valós vészhelyzetnek. Ez a magatartás létrejöhet, ha

- a) előfordulnak a hamis jelzések, így a látható jelenségek nélkül ezúttal is hamisságot feltételez (hiba normalizálása);
- b) nincs kellően tisztában azzal, hogy a zárt szekrényes felépítés miatt a bennük folyó égés nem feltétlenül látható az általa áttekinthető térben (elmélet ismeret, illetve üzemeltetési tapasztalat hiánya);
- c) erős a külső vagy belső készletelés a vonat leközlekedtetésére, amit nem szeretne – később esetleg szükségtelennek bizonyuló – rendkívüli megállással akadályozni (célkonfliktus).

A korábban Ausztráliában történt hasonló eseményt (4.5.2) is megelőzte a védelmek többszöri visszaállítása, azaz a lehetséges kockázatok figyelmen kívül hagyása.

Ennek ellenszere

- a megfelelő oktatás, különösen a b) pont tudatosításával;
- olyan munkakultúra kialakítása, amelyben a mozdonyvezető nem érzi kellemetlennek (nem éreztetnek vele ilyet), ha az utóbb indokolatlannak bizonyuló tűzjelzés (és más védelmek megszólalása) esetén a vonat leközlekedtetése késést szenved.

4.3.2 Egyéb

A lefolyás azt mutatja, hogy a hibás áramkör lekapcsolása után közel 2 perccel következett be a robbanás, de szinte biztos, hogy a lekapcsoláskor az éghető gáz már jelen volt az áramirányító terében; tehát ekkor már a közvetlen robbanásveszély fennállt.

Ezért nem jelenthető, ki, hogy amennyiben a mozdonyvezető a vonatot a tűzjelzésre vagy zárlatjelzésre megállítja, a robbanás biztosan elkerülhető lett volna, bár a valószínűsége minden bizonnyal kisebb.

Ellenben a mozdonyvezető számára életveszéllyel járt volna a mozdony gépterébe belépni akár hibakeresés, akár a mozdony elhagyása céljából. (A mozdony kialakítása miatt a vezetőállás üzemszerűen a géptéren keresztül hagyható el).

4.4 Biztonsági eljárások

A kondenzátor gyártója szerint „nincs biztos módszer a túlmelegedési/megolvadási meghibásodás előrejelzésére. Egy lehetséges indikátor (de csak egy bizonyos valószínűség mellett) a kúszóáram növekedése lehet, nem a kapacitásvesztés. Ez a növekedés azonban tíz milliampere nagyságrendű egyenáram növekedést jelent, ami a normál működés alatti százszáz nagyságrendű áramszám mellett véleményünk szerint extrém módon nehezíti, ha nem lehetetlenné teszi, ennek a növekedésnek az észlelését a helyszínen.”

A hibás kondenzátorok vizsgálata ezzel szemben azt támasztja alá, hogy a kapacitás csökkenése összefüggésben van a végbement öngyógyítási folyamatokkal, ez utóbbiak pedig a túlmelegedés, gázképződés veszélyével.

A kondenzátorok kapacitásának figyelemmel kísérése ezért nagy valószínűséggel csökkenti az ilyen meghibásodás kockázatát, különösen, ha gyakrabban történik. A karbantartási rendszerben ennek megfelelően az eset után tovább sűrítették a méréseket (4.1.1).

4.5 Összefüggésbe hozható korábbi események

A Vb több hasonló, Nagy-Britanniában és Ausztráliában történt esemény jelentését is összegyűjtötte és áttekintette.

4.5.1 2017. július 7., Guildford (Nagy-Britannia)

Egy korábban egyenáramú hajtású villamos motorvonatot korszerűsítettek háromfázisú hajtással, amelynek keretében abba 11 mF-os⁴ kondenzátorokat is beépítettek.

Az eset napján egy ilyen motorvonatban robbanás történt, ami személyi sérülést nem okozott, de kisebb roncsdarabok a járműtől 70 méterre is okoztak károkat.

A brit balesetvizsgáló szervezet (RAIB) megállapította, hogy a kondenzátor gyártási hibája miatt abban belső zárlat és túlmelegedés következett be, ennek következtében anyagaiból éghető gáz keletkezett. A gáz túlnyomása felszakította a kondenzátor házát, és kiszabadulva meggyulladt.

A vizsgálat nyomán a kondenzátor gyártója (nem azonos a jelen eseményben érintettel) módosította a gyártástechnológiát, valamint nyomáskapcsolók beépítésével alkottak védelmet a kondenzátorházban felhalmozódó gázokkal szemben.

4.5.2 2017. március 20., Burwood (Ausztrália)

Sydney egyik elővárosi vasútvonalán, egy 1500 V egyenáramú felsővezeték hálózatról táplált háromfázisú hajtású villamos motorvonat harmadik kocsijában robbanás történt.

⁴ 11 000 µF

A robbanás következtében az utastérben egy kapaszkodó deformálódott, ami egy utasnak könnyű sérülést okozott, a motorkocsiról roncsdarabok váltak le (4db tetőfedél) és a peronra estek.

Az Ausztrál Közlekedésbiztonsági Vizsgálatok Hivatala (OTSI) megállapította, hogy a vontatási invertert eredetileg úgy tervezték, hogy a kocsik aljára telepítik, de ez a vonat emeletes kialakítása miatt nem volt lehetséges, ezért a tetőre kerültek, de szigetelési osztályát nem változtatták meg, így a csapadékvíz bejutott az egységbe.

Továbbá a kondenzátorok gyártási hibái miatt belső zárlat és túlmelegedés jött létre.

Mindkét hiba fennállása miatt savak és éghető gázok, szintézis gáz fejlődött. A kondenzátorokból a felgyülemlett gázok a szabadba jutottak, ahol villamos ív hatására meggyulladtak.

Az eseményt megelőző napon, a balesetben részes motorkocsin többször jelentkezett a kondenzátor túlfeszültség hiba, kettő járművezető szolgálati ideje alatt is. Ennek következtében a vontatási inverter modult a védelem kikapcsolta, de később automatikusan vissza is kapcsolta. Mivel a motorvonatnál viszonylag gyakoriak a keréktapadás problémák, ezért a vontatási inverter modul kikapcsolása és visszakapcsolása megszokott, normál állapotként kezelték a járművezetők.

Az esemény kapcsán, az üzemeltető, ezen típusú villamos motorvonatok összes szűrőkondenzátorát cseréltette. A vontatási inverter modul szoftverét frissítették, amely tartalmaz egy reteszelő funkciót a védelem visszaállításának megakadályozására, és tartalmazza továbbá a szűrőkondenzátorok túlfeszültség védelmét is.

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 mozdony egyik kondenzátora túlmelegedett, abból éghető gáz keletkezett és meggyulladt (4.2.1), mivel
 - a kondenzátor anyagai hő hatására éghető gázokra bomlanak (4.2.1); és
 - nem biztosított a gázok érzékelése, kiszellőzése (4.2.1);
- b) a meghibásodás a kondenzátor gyártási hibájára, esetleg túlfeszültségre vezethető vissza (4.2.1).

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 nem akadályozta volna meg az esemény bekövetkezését:

- a) a mozdonyvezető nem reagált megfelelően a megjelent tűzjelzésre (4.3), előfordul a hamis tűzjelzés (4.2.2).

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 kondenzátorok meghibásodása ismert jelenség volt, de annak közlekedésbiztonsági kockázatait alulbecsülték (4.1.1).

5.2 Megtett intézkedések

Az ÖBB az alábbi intézkedéseket tette a vizsgálat idején:

- a mozdonyvezetők részére rendelkeztek a hibajelzések szigorú kezeléséről (2. melléklet);
- azonnali kapacitásmérést rendeltek el az összes (332 db) mozdony esetében;
- átdolgozták a kondenzátorok időszakos ellenőrzéséről szóló szabályokat, sűrűbb mérés mellett szigorúbban kezelik a hibákat (4.1.1);
- a mozdonyok hasonló kondenzátorait kicserélik egy másik gyártó, olajtöltésű termékeire.

5.3 További észrevételek

Az eset bekövetkezésével összefüggésbe nem hozható, de kockázatonövelő tényezőket a Vb nem azonosított.

5.4 Jól működő eljárások, gyakorlatok

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

5.5 Tanulságok

Az esemény során egy nagy példányszámban, közel 20 éven át jól működő alkatrész (kondenzátor) meghibásodása okozott jelentős kárral járó balesetet, magában hordozva a súlyos kimenetel lehetőségét is. A kondenzátor az élettartamának végére utaló jelenségeket mutatott, a gyártó által megadott várható élettartama előtt (4.2.1.2). Ilyen, a megadott adatokkal ellentétes tapasztalat esetén az üzemeltető is tehet megelőző intézkedéseket.

Ezek, az eset előtt néhány évvel már felismert sorozatos meghibásodások közlekedésbiztonsági kockázatot is hordoztak a kondenzátor konstrukciója miatt (éghető gázok keletkezése).

Az ilyen esemény megelőzhető eltérő felépítésű kondenzátorral, a kondenzátorok állapotának aktívabb figyelemmel kísérése által, és hibáik közlekedésbiztonsági jelentőségének felismerésével.

Emellett csökkenthető a kockázat azzal, hogy a mozdonyvezető a védelem jelzése (ezúttal tűzjelzés) esetén megteszi a tőle elvárható intézkedéseket (4.3.2).

6. BIZTONSÁGI AJÁNLÁS

Az ilyen esetek valószínűsége a megtett intézkedésekkel jelentősen csökkent, ezért a Vb biztonsági ajánlás kiadását nem tartja indokoltnak.

7. ELTÉRŐ VÉLEMÉNYEK

A Vb tagjai különvéleményt nem fogalmaztak meg. A zárójelentéshez eltérő vélemény nem érkezett.

Budapest, 2021. június 1.



Chikán Gábor
Vb vezetője



Kapocsi József
Vb tagja



Mokri István
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 kondenzátorban felhasznált anyagok és bomlástermékeik**

A kondenzátor gyártója által megadott adatlap Vb általi fordítása – a kinézete megtartása mellett – a következő:

MKK-DC kondenzátor B25650-D2208-K064

A kondenzátor a következő anyagokat tartalmazza,

Fémek,

- Rozsdamentes acél a tokhoz
- Réz a kivezetésekhez
- Ón-ólom ötvözet (40% ónt tartalmaz) villamos csatlakozások forrasztásához
- Cink a film fémezéséhez és a film villamos csatlakozásához

Műanyagok,

- Polipropilén a filmhez, belső szigetelőkhöz és töltőanyaghoz.
- Epoxi a kivezetésekhez (külső részek), lemezekhez, rugókhoz.
- Poliészter a kivezetésekhez (belső rész)

A kondenzátor meghibásodása esetén gyúlékony gázok és egyéb anyagok keletkezhetnek. A következő gázok azonosítottak.

Gáz	Tartalom (%)
Nitrogén	51,84%
Metán	9,86%
Etán	5,04%
CO ₂	1,17%
Propán	8,71%
Propilén	19,32%
I-Bután	0,27%
N-Bután	0,33%
I-Butén	2,76%
C-2 Butén	0,70%
T-2 Butén	
I-Pentán	

További meghatározatlan mennyiségű hidrogén és acetilén szintén lehetséges

2. melléklet A vizsgálat során kiadott rendelkezés

A vasúti társaság az alábbi rendelkezést adta ki, valamint hasonló tartalmú rendelkezések születtek a cégcsoport más társaságainál is.

Iktatósz. 2020-92-A

Utasítás az ES64U2 típusú mozdonyokon való tennivalókról egyes, a displayen megjelenő hibaüzenetek esetén.

Érvényesség kezdete: a kiadás napja

Az ES64U2 típusú mozdonyokon az alább felsorolt hibajelzések esetén feltétlenül a jelen utasításban megadottak szerint kell eljárni, különben a mozdony igen súlyos sérülést szenvedhet.

1. Tűz- vagy füstjelzés a kijelzőn

Példa:

0371 sz. hibajelzés: tűz az áramirányítóban („Brandalarm Stromrichter“)

A főmegszakítót azonnal ki kell kapcsolni és az áramszedőt le kell engedni. A vonatot pl. alagútban lendületből kell továbbítani, majd a legközelebbi alkalmas helyen meg kell állítani. A kijelzőn megjelenő utasításokat követni kell.

A főmegszakítót semmilyen körülmények között nem szabad visszakapcsolni még abban az esetben sem, ha a géptérben nem tapasztalható tűz vagy füst, illetve ha a kijelzőn a tűzjelzés eltűnik. Ez alól kivételt képez az az eset, ha a vonat az alagútban megállna. Ebben az esetben a vonat felgyorsítása érdekében az áramszedőt fel kell engedni és a főmegszakítót vissza kell kapcsolni, majd a vonatot a megfelelő sebességre fel kell gyorsítani. A megfelelő sebesség elérésekor a főmegszakítót ki kell kapcsolni és az áramszedőt le kell engedni. Az alagútból való kihaladást követően a vonatot meg kell állítani.

2. Azon hibajelzések, amelyek az áramirányító hibájára („gestörte Stromrichter“) utalnak:

Példák:

0026 sz. hibajelzés: 100 Hz felügyelet („100Hz Überwachung“)

0465 sz. hibajelzés: 1. áramirányító előtöltés- és kisütésfelügyelet („Vorlade-/Entladeüberwachung SR1“)

0466 sz. hibajelzés: 2. áramirányító előtöltés- és kisütésfelügyelet („Vorlade-/Entladeüberwachung SR1“)

A vonatot a végállomásig szabad továbbítani, majd a mozdonyt az áramirányító vizsgálatára műhelybe kell állítani.

A mozdonyt az irányító akkor is köteles a legközelebbi műhelybe utalni, ha a kijelzőn a „Továbbhaladás” („Weiterfahrt“) üzenet látható.

A fenti eljárással kívánjuk megakadályozni, hogy az 1116.048 psz. mozdony Magyarországon történt balesete megismétlődjön.

3. melléklet **Kondenzátorok megbontásos vizsgálata**

Az ÖBB TS – a Vb egyetértésével – megbízta a Vishay Intertechnology németországi üzemét a sérült, valamint további három, a sérült mozdonyból kibontott kondenzátor vizsgálatával. A vizsgálati jelentés főbb megállapításai (az üzembentartó fordítását felhasználva), a Vb által kivonatoltan:

A beszállított négy közbensőköri kondenzátor nem sérült kondenzátorainak kapacitása is a névleges (2070 μF) alatt volt:

- C1 455,68 μF
- C2 sérült
- C3 924,84 μF
- C4 1576,35 μF

A kondenzátor felépítése

A kondenzátorok 32 fémbevonatú lapos menetből állnak, amelyek két 16-16 menetből álló oszlopba vannak egymás mellé rendezve. Az egyes menetek fémszórással kezelt felületeit egy részből álló kapcsolósínek kötik össze, így a 32 menet egymással párhuzamosan van kapcsolva. A menetsomagok mindkét oldalukon 2 réteg műanyaggal vannak szigetelve. A kondenzátorok SF_6 gázzal vannak feltöltve.

C1 vizsgálat

Kívülről a C1 jó állapotban volt, de rendkívül magas kapacitáscsökkenést mutatott. [...] A vizsgálat nem talált problémát vagy sérülést a szigetelésben vagy a belső szerkezetben, és az SF_6 gáz a kondenzátorban megvolt.

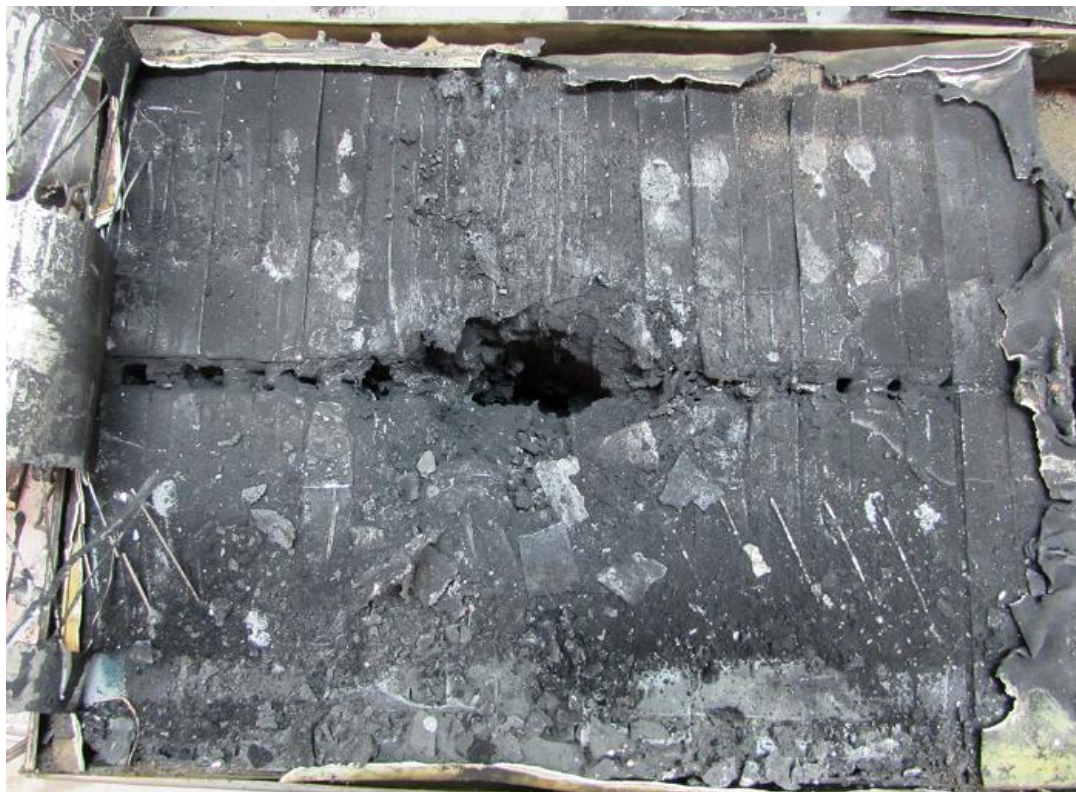
A tekercsek kapacitásai $\sim 2 \text{ nF}$ és $59 \mu\text{F}$ közötti értékeket mutattak, az eloszlás azonban nem volt egyenletes: a legtöbb egység vagy a felső (40 - 60 μF), vagy az alsó területen volt (2 - 40 nF). Egy tekercs több helyen enyhén megolvadt, és már nem volt mérhető.

Az összes tekercsben nagy számú gyógyulás volt, amelyek közül néhány nagyon nagy volt. Az alacsony kapacitású tekercsekben a gyógyulások többsége meglehetősen nagy volt, számos nagy gyógyulás volt az olvadt tekercsben, amely több filmréteget átütött. A gyógyulások aszimmetrikusan, a film egyik oldalán voltak sűrűbbek.

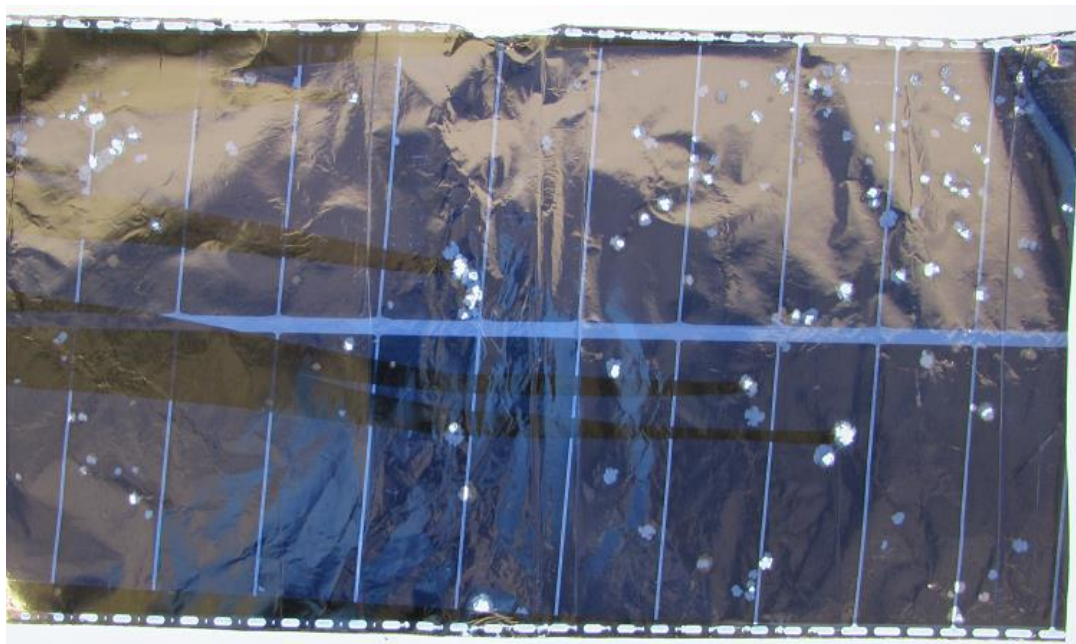
C2 vizsgálata

A C2 kondenzátor több helyen deformálódott, horpadt, de a kondenzátortest nem nyílt ki. A tekercsek és a ház közötti szigetelés több helyen megolvadt, és részben el is szenesedett. A középen lévő néhány tekercs megolvadt, és egy nagy lyuk keletkezett.

A C2 tekercselésből származó film sok, nagy gyógyulást mutat mind a lapos, mind a kerek területen. A gyógyulások mindkét sorban jelen voltak, de az egyik oldalán sokkal több, mint a másikon, a sérültebb oldalon a szegmentálás csaknem minden biztonsági eleme kiolvadt.



3. ábra: a C2 kondenzátor állapota



4. ábra: kondenzátorfilm öngyógyulások nyomaival

C3 és C4 vizsgálata

A C3 és C4 kívül és belül egyaránt jó állapotban voltak. [...] Az egyes tekercseken végzett mérések hasonló értékeket mutattak, mint a C1-nél, összességében azonban kevesebb egység volt a nF kapacitás-tartományban. Az összes tekercsben sok gyógyulás volt.

Összefoglalás

Az éghető gázok a C2 polipropilén részeinek olvadásakor szabadultak fel. A vizsgált esetben becslés szerint 325 cm^3 -nyi, kb. 307 g polipropilén olvadt meg, ebből pedig az elméleti számítások szerint kb. 15 dm^3 gáz keletkezhetett.

A kondenzátor meneteinek olvadását a különösen nagy számú gyógyulás miatti feszültségemelkedés és a szegmentálás biztonsági funkciójának megszűnése okozhatta. Azon részeken, ahol több lyukadás volt tapasztalható, a belső soros kapcsolás miatt a lavinaeffektussal lehet számolni. Ennek oka, hogy amikor egy soros kapacitás értéke hirtelen lecsökken, akkor azon a feszültség megemelkedik. A magasabb feszültség miatt újabb lyukak keletkeznek, ezek okán pedig a feszültség tovább emelkedik. Ez a folyamat valamennyi nF-os kapacitású tartományba tartozó menet esetében teljes mértékben lejátszódott. Ennek következtében pedig a soros kapacitásokon a teljes feszültség hosszabb időn keresztül megjelent, ami pedig a tervezett feszültség-terhelés kétszeresének felel meg.

Az egyes menetekben a kétszeres feszültség, illetve nagyenergiájú térerő megjelenésekor a perforáció előrehaladása olyan mértékű volt, hogy az egyik meneten lyukadási folyamat még le sem zárult, amikor az már a következő menet filmrétegén is megkezdődött. Mindez a polipropilén szigetelés olvadásához vezetett, amelyet már a szegmentált kialakítás sem tudott megakadályozni, a szegmentálás nagy valószínűséggel nem volt képes a feladatát ellátni.

A tapasztalatok szerint a perforáció a fémszórásos rétegekondenzátoroknál normál üzemi körülmények között 15-20 év alatt is csak kismértékben alakul ki, ezért az ebben az esetben történt nagymértékű kialakulására nem találtak kielégítő választ. Megfigyelések szerint a perforáció nagyobb mértékben az élettartam végén jelentkezik, ugyanakkor a vizsgált kondenzátorok az adatlap szerint még közel sem érték el az élettartamuk végét. A tönkremenetelt ezért más probléma okozhatta. Feltételezés szerint az ok(ok) a következők lehetnek:

- a kondenzátorba épített fémfilm-réteg rossz minősége,
- a gyártás során a kondenzátor szárítására, temperálására vagy
- a kondenzátorbetét tekercselésére alkalmazott technológia nem megfelelő,
- esetleg a kondenzátor az üzemi körülmények (túlfeszültség) miatt túl volt terhelve.

Tekintettel arra, hogy a gyártó által ugyanabban az időszakban gyártott, de a vizsgált kondenzátorok esetében alkalmazott filmrétegtől eltérő filmréteggel ellátott kondenzátorokban egy másik, hasonló esetben ugyanilyen mértékű perforációt és a kapacitás hasonló mértékű csökkenését tapasztalták, a hiba nagy valószínűséggel az akkor alkalmazott gyártási technológiában rejlik.