

AVIZ

În conformitate cu prevederile *Regulamentului de investigare a accidentelor și a incidentelor, de dezvoltare și îmbunătățire a siguranței feroviare pe căile ferate și pe rețeaua de transport cu metroul din România* aprobat prin HG nr.117/2010, Agenția de Investigare Feroviară Română – AGIFER a desfășurat o acțiune de investigare în cazul incidentului produs la data de 29.03.2021, ora 15:26, pe rețeaua de transport cu metroul din București, magistrala M2, între stațiile Piața Victoriei 1 și Aviatorilor, în circulația trenului de metrou nr.18, trasa 15, format din trenul electric de metrou (TEM) nr.1324-2324, incident ce a constat în ruperea barei de torsiune și a captatorului situate pe partea stângă, în sensul de mers, a boghiului nr.1 de la vagonul M2 al semitrenului nr.2324 și lovirea de către acestea a instalațiilor din tunel.

Prin acțiunea de investigare desfășurată, au fost strânse și analizate informații în legătură cu producerea incidentului în cauză, determinate condițiile, au fost stabiliți factorii cauzali, contributivi, sistemici și a fost argumentată decizia de a nu emite recomandări de siguranță.

Acțiunea Agenției de Investigare Feroviară Română nu a avut ca scop stabilirea vinovăției sau a răspunderii în acest caz.

București 22 februarie 2022

Avizez favorabil

Director General
Mircea NICOLESCU

***Constat respectarea prevederilor legale
privind desfășurarea acțiunii de investigare și
întocmirea prezentului Raport de investigare
pe care îl propun spre avizare***

Director General Adjunct
Eugen ISPAS

Prezentul Aviz face parte integrantă din Raportul de investigare al incidentului produs la data de 29.03.2021, ora 15:26, pe rețeaua de transport cu metroul din București, magistrala M2, între stațiile Piața Victoriei 1 și Aviatorilor, în circulația trenului de metrou nr.18, trasa 15, format din trenul electric de metrou (TEM) nr.1324-2324.

AVERTISMENT

Acest RAPORT DE INVESTIGARE prezintă date, analize, concluzii și, dacă este cazul, recomandări privind siguranța feroviară, rezultate în urma activității de investigare desfășurată de comisia numită de către Directorul General al Agenției de Investigare Feroviară Română – AGIFER, în scopul stabilirii circumstanțelor, identificării factorilor cauzali, contributivi și sistemici ce au determinat producerea acestui incident feroviar.

Concluziile cuprinse în acest raport s-au bazat pe constatările efectuate de comisia de investigare și informațiile furnizate de personalul părților implicate și de martori. AGIFER nu își asumă răspunderea în cazul omisiunilor sau informațiilor incomplete furnizate de aceștia.

Redactarea raportului de investigare s-a efectuat în conformitate cu prevederile Regulamentului de punere în aplicare (UE) 2020/572.

Obiectivul investigației îl constituie îmbunătățirea siguranței feroviare și prevenirea accidentelor și incidentelor.

Investigația a fost efectuată în conformitate cu prevederile *Regulamentului de investigare a accidentelor și a incidentelor, de dezvoltare și îmbunătățire a siguranței feroviare pe căile ferate și pe rețeaua de transport cu metroul din România*, aprobat prin Hotărârea Guvernului nr.117/2010.

Investigația a fost realizată independent de orice anchetă judiciară și nu s-a ocupat în niciun caz cu stabilirea vinovăției sau a răspunderii civile, penale sau patrimoniale, responsabilității individuale sau colective.

În organizarea și luarea deciziilor, AGIFER este independentă față de orice structură juridică, autoritate de reglementare sau de siguranță feroviară, administrator de infrastructură de transport feroviar, precum și față de orice parte ale cărei interese ar intra în conflict cu sarcinile încredințate.

Utilizarea Raportului de investigare sau a unor fragmente ale acestuia în alte scopuri decât cele referitoare la prevenirea producerii incidentelor sau accidentelor feroviare și îmbunătățirea siguranței feroviare este inadecvat și poate conduce la interpretări eronate, care nu corespund scopului prezentului document.



RAPORT DE INVESTIGARE

**al incidentului produs la data de 29.03.2021
pe rețeaua de transport cu metroul din București,
magistrala M2, între stațiile Piața Victoriei 1 și Aviatorilor,
în circulația trenului de metrou nr.18, trasa 15**



*Raport Final
februarie 2022*

Definiții și abrevieri

AFER	- Autoritatea Feroviară Română
AGIFER	- Agenția de Investigare Feroviară Română
ALA	- sistem de protecție civilă din subteran
ALSTOM	- ALSTOM TRANSPORT SA - persoana juridică care asigură, pe bază de contract încheiat cu METROREX, servicii de mentenanță pentru ramele electrice de metrou și vehicule feroviare specifice infrastructurii de metrou
ASFR	- Autoritatea de Siguranță Feroviară Română
ATP	- automatic train protection – protecție automată a trenului - instalația de siguranță de pe trenul de metrou
ATO	- automatic train operation – operare automată a trenului
CAF	- CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE FERROCARRILES SA producătorul trenului electric de metrou implicat
EVR	- aparat de înregistrare a evenimentelor montat pe TEM
Factor cauzal	- orice acțiune, omisiune, eveniment sau condiție ori o combinație a acestora care, dacă ar fi fost corectat(ă), eliminat(ă) sau evitat(ă), ar fi putut împiedica producerea accidentului sau incidentului, după toate probabilitățile (<i>Regulament (UE) nr.572/2020</i>)
Factor contributiv	- orice acțiune, omisiune, eveniment sau condiție care afectează un accident sau incident prin creșterea probabilității de producere a acestuia, prin accelerarea efectului în timp sau prin sporirea gravității consecințelor, însă a cărui eliminare nu ar fi împiedicat producerea accidentului sau incidentului (<i>Regulament (UE) nr.572/2020</i>)
Factor sistemic	- orice factor cauzal sau contributiv de natură organizațională, managerială, societală sau de reglementare care ar putea afecta accidente sau incidente similare și conexe în viitor, incluzând, mai ales, condițiile cadrului de reglementare, proiectarea și aplicarea sistemului de management al siguranței, competențele personalului, procedurile și întreținerea (<i>Regulament (UE) nr.572/2020</i>)
HSCB	- întrerupător automat al TEM
METROREX	- SC TMB METROREX SA - persoana juridică care asigură activități de transport de persoane cu metroul pe rețeaua de căi ferate subterane și supraterane din București
MT	- Ministerul Transporturilor
OLFR	- Organismul de Licențe Feroviare Român - este autoritatea responsabilă cu acordarea licențelor de transport feroviar din România
OUG	- ordonanța de urgență a guvernului
Regulament	- Regulamentul de investigare a accidentelor și a incidentelor, de dezvoltare și îmbunătățire a siguranței feroviare pe căile ferate și pe rețeaua de transport cu metroul din România, aprobat prin Hotărârea Guvernului nr.117/2010
RC	- regulatorul de circulație al rețelei de metrou
REM	- ramă electrică de metrou
SCB	- instalații de semnalizare, centralizare și bloc
SPSC	- sistem propriu de siguranța circulației siguranței – reprezintă organizarea și aranjamentele stabilite de un operator economic licențiat pentru efectuarea transportului urban de călători cu metroul, pentru a asigura administrarea și exploatarea sigură a operațiunilor sale (<i>art. 2, alin. (2) din Anexa nr.1 la Ordinul MT nr. 1572/2018 privind Procedura de acordare a autorizației de siguranță de exploatare a liniilor de metrou pentru transportul de călători</i>)

TEM	- tren electric de metrou
TELOC	- aparat de înregistrare, montat pe TEM tip BM3-CAF, utilizat pentru a explora, supraveghea și înregistra semnalele trenului și pentru a calcula distanța acoperită și viteza reală

CUPRINS

	pag.
1.REZUMAT.....	6
2. INVESTIGAȚIA ȘI CONTEXTUL ACESTEIA.....	8
2.1. Decizia, motivarea deciziei, domeniul de aplicare a investigației	8
2.2. Resursele tehnice și umane utilizate.....	9
2.3. Comunicare și consultare.....	10
2.4. Nivel de cooperare	10
2.5. Metode și tehnici de investigare. Metode de analiză pentru a stabili faptele și constatările	10
2.6. Dificultăți și provocări	10
2.7. Interacțiuni cu autoritățile judiciare	10
2.8. Alte informații relevante	10
3. DESCRIEREA INCIDENTULUI	10
3.a. Producerea incidentului și informații de context	10
<i>3.a.1. Descrierea incidentului</i>	<i>10</i>
<i>3.a.2. Victime, daune materiale și alte consecințe</i>	<i>12</i>
<i>3.a.3. Funcții și entități implicate</i>	<i>12</i>
<i>3.a.4. Compunerea și echipamentele trenului</i>	<i>13</i>
<i>3.a.5. Infrastructura feroviară</i>	<i>21</i>
3.b. Descrierea faptică a evenimentelor.....	23
<i>3.b.1. Lanțul evenimentelor care au dus la producerea incidentului</i>	<i>23</i>
<i>3.b.2. Lanțul evenimentelor de la producerea incidentului până la sfârșitul acțiunilor serviciilor de salvare</i>	<i>24</i>
4. ANALIZA INCIDENTULUI	24
4.a. Roluri și sarcini	24
4.b. Material rulant, infrastructură și instalații tehnice.....	26
4.c. Factori umani	26
4.d. Mecanisme de feedback și de control.....	26
4.e. Incidente anterioare cu caracter similar	27
5. CONCLUZII.....	28
5.a. Rezumatul analizei și concluzii	28
5.b. Măsurile luate de la producerea incidentului.....	29
6. RECOMANDĂRI PRIVIND SIGURANȚA	29

1. SUMMARY

On the 29th March 2021, at 15:26 o'clock, on the metro network București, main line M2, between the metro stations Piața Victoriei 1 and Aviatorilor, on the track 1, at about 190 m after it left the metro station Piața Victoriei 1, in the running of metro train set no.18, path 15, the train consisting in the electric train set (TEM) no.1324-2324, the torque rod and the left current collector broke, in the running direction, from the bogie no.1 of the unit M2 of the half-train no.2324 and they hit the tunnel installations.

After the train stop in the tunnel and notification of the Traffic Controller Operator, the driver received a verbal running order through which one disposed the train routing to the station Aviatorilor and the passengers detraining in this station. The driver put, then, the train in motion, stopped in the station Aviatorilor and, after their safety detraining, the train ran empty up to the station Pipera (last station on the main line). After the train arrived in the station Pipera, it was parked on the line R1 for additional checkings.

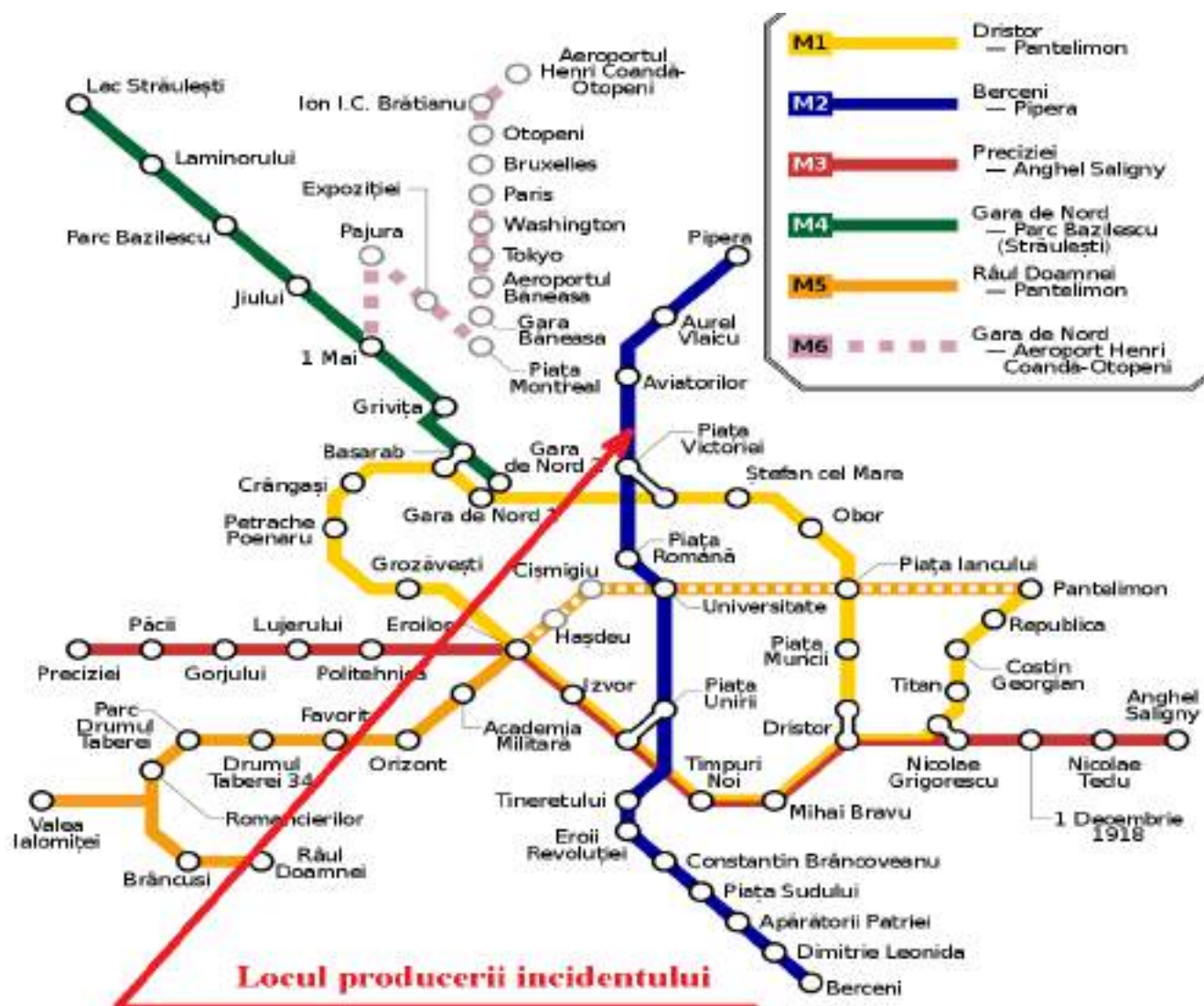


Figure no.1 Incident site

Consequences:

Track superstructure

Following this incident, the track superstructure was not affected.

Rolling stock

There were the next damages at the electric metro train set (TEM) no.1324-2324:

- the torque rod of the bogie no.1 from the unit M2 of the half-train no.2324 was broken at the end situated on the left side, in the running direction;

- the current collector afferent to the same part (left side in the train running direction) was mechanically deteriorated and thermically affected;
- the support of the current collector involved was bent;
- the bogie frame no.1 of the unit M2 from the half-train no.2324 had hit traces;
- the axle box from the same side was hit in the area to the current collector with traces of hit and thermically affecting.

Tunnel installations

The thresholds of the doors ALA (underground civil protection system) situated in the stations Aviatorilor, Aurel Vlaicu and Pipera were hit, without material detachments.

Between the stations Aurel Vlaicu and Pipera, on the track I, between km 15+309 ÷ 15+588, 9 clips for the fastening of the insulators from the rail 3rd were hit and moved.

Between the stations Aurel Vlaicu and Pipera, on the track I, between km 15+309 ÷ 15+588, 15+692 ÷ 16+035, 16+222 ÷ 16+370 and 16+391 ÷ 16+531, 263 protection covers of the insulators from the rail 3rd were hit and damaged, being necessary their replacement.

injuries

There were no victims.

Metro traffic interruptions

Following this incident, there were exceeding of the traffic interval time of 4 minutes between the stations Piața Victoriei 1 and Pipera, on the track I, between the hours 15:28 ÷ 15:38 and on the track II between the hours 15:34 ÷ 15:44.

Considering the findings and measurements made after the incident, at the track infrastructure and rolling stock involved, as well as the results of the laboratory tests and checkings, one can state that the incident was caused by the breakage of the torque rod fitted on the bogie no.1 from the unit M2 of half-train no.2324, this breakage was generated by the quality problems identified at this rod.

Causal factor

Breakage of the torque rod from the bogie no.1 of the unit M2 of the half-train no.2324, this breakage being determined by the wrong application of the shot blasting, when this rod was manufactured.

Contributing factors

None.

Systemic factors

None.

Safety recommendations

The incident happened on the 29th March 202, on the metro network București, main line M2, between the station Piața Victoriei 1 and Aviatorilor was caused by the breakage of the torque rod from the bogie no.1 of the unit M2 of the half-train no.2324.

For the establishment of the conditions where the incident happened, as well as the setting up of the causes of the its breakage, AGIFER asked CAF to perform a technical expertise/laboratory analysis on the torque rod involved. Following this expertise, one found that the breakage of the torque rod was determined by the wrong application of the shot blasting, within the manufacturing of this rod.

Before the incident above mentioned, in the running of the metro train set type BM3-CAF there were 3 other similar cases (breakage of the torque rod, part of the unit anti-rolling rod).

After the occurrence of the first case, CAF performed an expertise on the rod broken, upon which it was established that "the breakage of the torque bar happened following a quality problem appeared during the shot blasting, this process being performed wrong".

During the same period of time there was a non-destructive control campaign (with ultrasound) of the torque rods equipping the train sets type BM3-CAF, in order to detect the incipient cracks. Following this campaign there were detected 7 rods, removed from the vehicles, because of presence of the surface failure indications. These rods were sent to CAF laboratory in order to determine the nature of the indications detected. According to the tests performed it was established that, the quality problem above mentioned affected only three lots.

Following the laboratory checkings, CAF undertook to replace completely all the torque rods that were part of the lots affected, that is 49 ones, this action being completed within 2020. We stipulate that, the rod broken in the incident investigated was not from those 49 ones replaced.

Also, in December 2018, CAF ran out a campaign of checking with ultrasounds, for checking all the torque rods from the bogies of the last 8 train sets type BM3-CAF provided to METROREX (train sets no.1317-2317 ÷ 1324-2324). Following these checkings there were not found failures at the rods controlled. We mention that within this checking campaign from the 4th December 2018, there was controlled also the torque bar broken in the last incident (happened on the 29th March 2021).

Because, following the expertise of the torque rod involved in the last incident, the result was that the causes of its breakage were the same (wrong application of the shot blasting, during the manufacturing of this rod), the manufacturer of the train involved notified AGIFER that, in order to remove all risks of future incident, caused by the quality problems above mentioned, it shall take measures for the replacement of the torque rods equipping the last 8 train sets provided to METROREX, being in operation, that were not replaced following the incidents happened previously the investigated one.

Considering the measures for the replacement of the torque rods that are parts of the lots with quality problems, planned by the manufacturer of the train set, AGIFER considers that it is not necessary to issue some safety recommendations.

2. INVESTIGAȚIA ȘI CONTEXTUL ACESTEIA

2.1. Decizia de investigare, motivarea acesteia și domeniul de aplicare al investigației

AGIFER, desfășoară acțiuni de investigare în conformitate cu prevederile *OUG nr.73/2019 privind siguranța feroviară*, a Hotărârii Guvernului României nr.716/02.09.2015 privind organizarea și funcționarea AGIFER, precum și a *Regulamentului de investigare a accidentelor și a incidentelor, de dezvoltare și îmbunătățire a siguranței feroviare pe căile ferate și pe rețeaua de transport cu metroul din România*, aprobat prin Hotărârea Guvernului nr.117/2010, denumit în continuare *Regulament*.

Investigația este realizată independent de orice anchetă judiciară și nu se ocupă în nici un caz cu stabilirea vinovăției sau a răspunderii.

În conformitate cu legislația națională AGIFER are ca obligație investigarea tuturor incidentelor produse în circulația trenurilor, inclusiv a celor produse pe rețeaua de transport cu metroul.

În temeiul art.22, alin.(7) din OUG nr.73/2019 privind siguranța feroviară, coroborat cu art.1, alin.(2) din HG nr.716/02.09.2015 și cu art.49 din Regulament, AGIFER, în cazul producerii unor incidente feroviare, poate deschide acțiuni de investigare și de a constitui comisii pentru strângerea și analizarea informațiilor cu caracter tehnic, stabilirea condițiilor de producere, inclusiv determinarea factorilor cauzali, contributivi și sistemicii, dacă este cazul, emiterea unor recomandări de siguranță în scopul prevenirii unor incidente similare și pentru îmbunătățirea siguranței feroviare.

AGIFER a fost avizată la data de 29.03.2021, de către dispecerul central de serviciu de la Dispeceratul Central al METROREX, despre faptul că, pe magistrala M2, între stațiile de metrou Piața Victoriei 1 și Aviatorilor, pe fir 1 de circulație, în circulația trenului de metrou nr.18, trasa 15, format din TEM nr.1324-2324 s-a produs ruperea barei de torsiune și a captatorului situate pe partea stângă, în sensul de mers, a boghiului nr.1 de la vagonul M2 al semitrenului nr.2324 și lovirea de către acestea a instalațiilor din tunel.

Incidentul era similar cu incidentele feroviare produse pe rețeaua de transport cu metroul, în circulația trenurilor de metrou, la datele de 04.05.2018 (TEM CAF nr.1317-2317), 23.07.2018 (TEM CAF nr.1320-2320) și 26.04.2020 (TEM CAF nr.1320-2320). Cele trei incidente feroviare menționate au fost încadrate la art.8, Grupa A pct. 1.10 din *Regulament* și au constatat în ruperea unei bare de torsiune (antirului). Urmare a celor trei investigații efectuate și a încercărilor de laborator realizate de producător s-a concluzionat că:

- ruperea barei de torsiune s-a produs ca urmare a unei probleme de calitate în timpul procesului de sablare cu alicie metalice, proces executat incorect;
- conform probelor efectuate problema de calitate a barelor de torsiune a afectat numai trei loturi.

Conform Raportului final „*Raport de bară anti-rulare ruptă, Metroul București*”, cod C.G5REP010718, ediția D, întocmit de CAF Spania, prin intermediul unei campanii de verificare cu ultrasunete efectuată în luna decembrie 2018, s-a asigurat că flota funcționează fără bare fisurate.

Analizând împrejurările în care s-a produs incidentul din data de 29.03.2021, s-a constatat faptul că, deși evenimentul nu a avut consecințe majore în activitatea de exploatare al rețelei de transport cu metroul, în condiții ușor diferite, ar fi putut duce la producerea unui accident grav.

Pentru atingerea obiectivului general, acela de îmbunătățire a siguranței feroviare în sistemul de transport cu metroul în România, Directorul General AGIFER a decis deschiderea unei acțiuni de investigare. Astfel, prin Decizia nr.380, din data de 31.03.2021, a fost numită comisia de investigare a acestui incident feroviar, comisie compusă din personal aparținând AGIFER. Componenta comisiei a fost modificată la data 01.10.2021, prin Nota nr.1110/483/2021și, apoi, la data de 22.10.2021, prin Nota nr.1110/ 499 /2021.

Cu ocazia investigării acestui incident feroviar s-au determinat factorii producerii evenimentului și s-a argumentat decizia de a nu emite recomandări de siguranță.

Obiectivul acțiunii de investigare a AGIFER este îmbunătățirea siguranței feroviare și prevenirea accidentelor sau incidentelor feroviare.

Domeniile care au fost aprofundate în cadrul acestei investigații au fost următoarele:

- conformitatea și modul de realizare a mentenanței materialului rulant implicat în incident;
- modul de fabricare și calitatea barei de torsiune implicate;
- conformitatea și modul de realizare a mentenanței infrastructurii feroviare.

Comisia de investigare (AGIFER) a stabilit ca scop și limite ale investigației, următoarele:

- stabilirea succesiunii evenimentelor care au dus la producerea incidentului;
- determinarea condițiilor în care s-a produs incidentul;
- determinarea prin expertize tehnice / analize de laborator a cauzei ruperii barei de torsiune;
- stabilirea factorilor critici de siguranță și, pe baza acestora, a factorilor cauzali și contributivi care au condus la producerea incidentului;
- verificarea aspectelor relevante din SPSC, în raport cu factorii cauzali și contributivi ai incidentului și determinarea eventualilor factori sistemici care, dacă nu sunt eliminați, ar putea afecta accidente sau incidente similare și conexe pe viitor.

2.2. Resursele tehnice și umane utilizate

Comisia de investigare a avut în componență numai specialiști din cadrul AGIFER (din domeniul infrastructurii feroviare, managementul traficului și al materialului rulant).

La constatăările tehnice făcute TEM implicat în incident au participat și specialiști din cadrul METROREX, ALSTOM și CAF.

De asemenea, CAF a efectuat a o expertiză tehnică și analize de laborator pentru determinarea cauzelor ruperii barei de torsiune implicate.

2.3. Comunicare și consultare

În cadrul investigației efectuate fluxul informațional și procesul de consultare instituit cu entitățile și personalul implicat în producerea incidentului feroviar a fost eficient. AGIFER a solicitat părților (entităților) implicate, documente și puncte de vedere. Toate constatările efectuate au fost înscrise în documente (proces verbale) înregistrate și s-au efectuat în prezența părților implicate.

Investigația s-a desfășurat în mod transparent, iar proiectul raportului de investigare a fost transmis părților implicate pentru consultare.

2.4. Nivelul de cooperare

Nu au fost identificate bariere în cooperarea cu actorii implicați în producerea incidentului. Mecanismele de cooperare au funcționat corespunzător și au facilitat obținerea rapidă și eficientă de date și informații.

2.5. Metode și tehnici de investigare. Metode de analiză pentru a stabili faptele și constatările

Pentru stabilirea dinamicii producerii incidentului și a factorilor critici de siguranță, au fost utilizate metode de analiză logică a datelor și informațiilor constituite ca date de intrare.

Au fost parcurse următoarele etape:

- efectuarea de fotografii la locul producerii incidentului feroviar, la infrastructura feroviară și la materialul rulant implicat și analiza ulterioară a acestora;
- efectuare de constatări tehnice la materialul rulant implicat și instalațiile din tunel;
- culegerea și analizarea datelor referitoare la infrastructura feroviară și materialul rulant implicat;
- chestionarea personalului implicat în producerea incidentului și analiza ulterioară a datelor furnizate de către aceștia;
- efectuarea de analize de laborator și expertizarea tehnică a barei de torsiune implicate în incident;
- analizarea procedurilor și a altor documente SPSC relevante în raport cu factorii critici implicați în producerea incidentului.

2.6. Dificultăți și provocări

Implementarea la nivel național unor măsuri și practici specifice de lucru pe timpul pandemiei, care să limiteze transmiterea virusului SARS-COV2, au îngreunat modul de organizare și conducere a activităților specifice investigației unui incident feroviar fără a afecta termenul de întocmire al raportului de investigare.

2.7. Interacțiuni cu autoritățile judiciare

Nu se aplică.

2.8. Alte informații relevante

Nu se aplică.

3. DESCRIEREA INCIDENTULUI FEROVIAR

3.a. Producerea incidentului și informații de context

3.a.1. Descrierea incidentului

La data de 29.03.2021, ora 15:03, trenul de metrou nr.18, trasa 15, compus din TEM tip BM3 CAF nr.1324-2324, condus din semitrenul 2324 a fost expedit pe magistrala de metrou M2 din stația terminus Berceni, pe firul I de circulație în direcția Pipera.

Trenul a circulat fără probleme de siguranță până la stația Piața Victoriei 1 unde a ajuns la ora 15:23.

După plecarea din stația Piața Victoriei 1 și parcurgerea a circa 190 de metri în direcția stației Aviatorilor, la km 12+025, în jurul orei 15:26, mecanicul trenului a auzit un zgomot puternic, iar trenul s-a oprit. După oprirea trenului, mecanicul a constatat că pe sistemul de control și monitorizare al vehiculului (TCMS) pictogramele de stare și-au schimbat culorile din verde în roșu și că trenul nu mai era alimentat cu energie electrică.

Întrucât nu avea îndeplinite condițiile de mers a luat legătura cu operatorul de mișcare de la RC. În urma discuției purtate cu operatorul de mișcare, acesta din urmă a emis un ordin de circulație verbal prin care s-a dispus îndrumarea trenului la stația Aviatorilor și debarcarea călătorilor în această stație.

La circa 7 minute de la oprirea în tunel, mecanicul a izolat instalația de siguranță feroviară ATP și a pus, trenul în mișcare, a oprit apoi în stația Aviatorilor și, după debarcarea în siguranță a călătorilor, a circulat cu trenul în stare goală până la stația Pipera (ultima stație de pe această magistrală) unde a ajuns la ora 15:40.

După sosirea în stația Pipera, la ora 15:45, trenul a fost manevrat pe linia R1 pentru verificări suplimentare.

În urma verificărilor efectuate la TEM 1324-2324 s-au constatat următoarele:

- bara de torsiune a boghiului nr.1 de la vagonul M2 al semitrenului nr.2324 era ruptă la capătul situat pe partea stângă, în sensul de mers;
- captatorul de pe partea stângă (în sensul de mers al trenului) a aceluiasi boghiu era deteriorat mecanic și afectat termic;
- suportul captatorului implicat era îndoit;
- cadrul boghiului nr.1 de la vagonul M2 al semitrenului nr.2324 avea urme de lovire;
- cutia de osie de pe aceeași parte era afectată termic.

Magistrala M2 de metrou asigură legătura între zona de nord și zona de sud a municipiului București și este cuprinsă între stațiile de metrou Berceni și Pipera.

Magistrala este dotată cu linie ferată de tunel dublă, electrificată, alimentare cu energie electrică prin șina a III-a.

Zona de producere a incidentului feroviar este cuprinsă între stațiile Piața Victoriei 1 (ax stație km 11+835) – Aviatorilor(ax stație km 13+301), pe firul I de circulație.



pct.1.10, respectiv „lovirea lucrărilor de artă, construcțiilor, *instalațiilor* sau a altor vehicule feroviare de către transporturi cu gabarit depășit, de către vagoane cu încărcătura deplasată ori cu părțile mobile neasigurate sau neînchise, respectiv *de către piese ori subansambluri ale vehiculelor feroviare* sau ale încărcăturii acestora, în urma cărora nu au fost înregistrate deraieri de vehicule feroviare”.

3.a.2. Victime, daune materiale și alte consecințe

Pierderi de vieți omenești

În urma producerii incidentului feroviar nu s-au înregistrat pierderi de vieți omenești sau răniți.

Încărcătură, bagaje și alte bunuri

În urma incidentului nu s-au înregistrat avarieri sau pierderi de bagaje sau alte bunuri.

Pagube materiale

material rulant

La trenul implicat TEM nr.1324-2324 s-au constatat avarii la boghiul nr.1 de la vagonul M2 al semitrenului nr.2324 (bara de torsiune ruptă la capătul situat pe partea stângă, în sensul de mers, captatorul și suportul captatorului aferent aceleiași părții deteriorat mecanic și afectat termic, cadrul boghiului lovit, cutia de osie de pe aceeași parte lovită în zona dinspre și afectată termic).

infrastructură

Suprastructura căii nu a fost afectată.

instalații feroviare

Pragurile porților ALA (sistem de protecție civilă din subteran) situate în stațiile Aviatorilor, Aurel Vlaicu și Pipera au fost lovite, fără desprinderi de material.

Între stațiile Aurel Vlaicu și Pipera, pe firul I de circulație, pe distanța km 15+309 ÷ 15+588 au fost lovite și deplasate 9 cleme de fixare a izolatoarelor de la șina a 3-a.

Între stațiile Aurel Vlaicu și Pipera, pe firul I de circulație, pe distanțele km 15+309 ÷ 15+588, 15+692 ÷ 16+035, 16+222 ÷ 16+370 și 16+391 ÷ 16+531, au fost lovite și deteriorate 263 de capace de protecție al izolatoarelor de la șina a 3-a, necesitând înlocuirea.

mediul

Incidentul feroviar nu a avut impact negativ asupra mediului înconjurător.

Până la finalizarea raportului de investigare, pagubele estimative comunicate de părțile implicate sunt în valoare totală de 4259,30 lei fără TVA. Responsabilitatea stabilirii valorilor pagubelor este a părților implicate, iar AGIFER nu poate fi atrasă în nicio acțiune legată de recuperarea prejudiciului.

Alte consecințe

Ca urmare a producerii acestui incident au fost înregistrate depășiri ale intervalului de circulație de 4 minute între stațiile Piața Victoriei 1 și Pipera, pe firul I de circulație între orele 15:28 ÷ 15:38 și pe firul II de circulație între orele 15:34 ÷ 15:44.

3.a.3. Funcțiile și entitățile implicate

METROREX - persoana juridică care asigură activități de transport de persoane cu metroul pe rețeaua de căi ferate subterane și supraterane din București.

Pentru realizarea obiectului sau de activitate METROREX asigura exploatarea, întreținerea și repararea materialului rulant și a rețelei de căi ferate proprii, a instalațiilor fixe de cale, a instalațiilor electroenergetice, de automatizări și telecomunicații, semnalizare, centralizare, bloc de linii automat, dispecer, a instalațiilor de ventilație, încălzire, tehnico-sanitare, de alimentare cu apă și canalizare, a escalatoarelor, căilor de rulare, casetelor și tunelelor, stațiilor și construcțiilor speciale de metrou, instalațiilor de protecție civilă, a spațiilor tehnologice și netehnologice și a altor instalații specific.

METROREX are implementat sistemul propriu de management al siguranței feroviare (SPSC), deținând Autorizație de Siguranță de exploatare a liniilor de metrou pentru transportul de călători conform emisă în conformitate cu prevederile Ordinului MT nr.1572/2018, eliberată de către ASFR la data de 10.01.2019 cu termen de valabilitate până la data de 10.01.2024.

METROREX este organizat pe două nivele și anume: nivel central al companiei și subunități de bază.

Locul pe care s-a produs incidentul feroviar este situat pe magistral M2, suprastructura feroviară de pe această magistrală aflându-se în întreținerea Secția Linii-Tunele 2. De asemenea, instalațiile de siguranță și automatizare a traficului de pe această magistrală sunt întreținute de către Secția SCB.

Materialul rulant utilizat de către METROREX trebuie să corespundă din punct de vedere a siguranței feroviare și să i se asigure reviziile și întreținerea cu personal autorizat respectiv cu entități autorizate ca furnizori feroviari care asigură revizia, repararea și întreținerea vehiculelor de transport cu metroul cu care se execută serviciul de transport urban de călători.

Funcția implicată, din partea METROREX, în acest incident este mecanicul de locomotivă și REM.

ALSTOM - persoana juridică care asigură, pe bază de contract încheiat cu METROREX, servicii de mentenanță pentru ramele electrice de metrou și vehicule feroviare specifice infrastructurii de metrou. ALSTOM este autorizat ca furnizor feroviar deținând Autorizație de Furnizor Feroviar eliberată de către AFER la data de 19.01.2021 cu termen de valabilitate până la data de 31.01.2024 și Acord Tehnic Feroviar pentru serviciile furnizate eliberat la data de 07.10.2021 cu termen de valabilitate până la data de 06.10.2023.

CAF - persoana juridică care a fabricat și furnizat TEM implicat în incidentul investigat. CAF deține pentru TEM de acest tip (BM 3-CAF) livrate METROREX Acord Tehnic Feroviar eliberat de către AFER la data de 04.03.2016.

3.a.4. Compunerea și echipamentele trenului

Incidentul feroviar s-a produs în circulația trenul de metrou nr.18, trasa 15.

Trenul a fost compus din TEM tip BM3 CAF 1324-2324 fiind poziționat astfel:

- semitrenul nr.2324 spre stația Pipera;
- semitrenul nr.1324 spre stația Berceni.

Date constatate cu privire la TEM implicat:

- a fost fabricat în anul 2015 de către CAF – Spania;
- a fost pus în funcțiune la data de 29.06.2016;
- conform contractului de achiziție, termenul de garanție al acestui tren este de 4 ani;
- până la data producerii incidentului, TEM nr. 1324 – 2324 a parcurs 542.475 km;
- conform documentelor puse la dispoziție de către METROREX ultimele lucrări de mentenanță la acest TEM au fost efectuate după cum urmează:
 - 3 inspecții de siguranță de tip S – revizii la 30 de zile au fost efectuate la următoarele date:
 - 31.12.2020 la 511.738 km,
 - 31.01.2021 la 520.259 km,
 - 28.02.2021 la 530.304 km;
 - inspecție de tip V - revizia la 30.000 km a fost efectuată la data de 16.01.2021 (516.450 km);
 - inspecție pe module tip B - revizia la 110.000 km a fost efectuată la data de 12.07.2021 (452.720 km);
 - în cadrul acestor revizii au fost efectuate un număr de 2 strunjiri, după cum urmează:
 - la data de 16.07.2020 în cadrul reviziei de 110.000 km;
 - la data de 18.01.2021 în cadrul reviziei de 30.000 km

Toate aceste inspecții au fost efectuate în cadrul Depoului Berceni de către ALSTOM, fiind executate la termenele stabilite prin Planul de Mentenanță întocmit de către producător și avizat de METROREX. Menționăm că, cu ocazia acestor revizii, nu s-au constatat probleme la suspensia primară sau cea secundară aferentă boghiului nr.1 de la vagonul M2 al semitrenului nr.2324.

De asemenea, menționăm faptul că, în cadrul lucrărilor de mentenanță enumerate mai sus nu se execută demontarea ansamblului antiruliu din clemele care asigură fixarea pe boghiu a acestuia și, ca atare, nu se poate verifica vizual porțiunea din bara de torsiune unde s-a produs ruperea analizată.

Date înregistrate de instalațiile de pe TEM nr.1324 – 2324:

Din interpretarea datelor descărcate din instalația TELOC, interpretare care se face în baza semnalelor înregistrate și a datelor EVR (precizăm că se notează de la 1 la 12 stațiile de metrou unde trenul a fost staționat și ușile au fost deschise, începând de la stația Berceni notată cu 1), s-au constatat următoarele:

- între stațiile 1-11 (Berceni – Piața Victoriei 1) trenul a circulat normal în modul ATO (conducere automată a trenului);
- la plecarea din stația Piața Victoriei 1, pe firul 1 de circulație, sensul de mers Berceni - Pipera, trenul nr.18 trasa 15, format din TEM 1324-2324 a fost frânat necomandat la viteza de 30km/h;
- la ora 15:26:33, la 196 de metri de la plecarea din stația Piața Victoriei 1 întrerupătoarele automate (HSCB) au deconectat tracțiunea la vagoanele M1, MP1 și MP2;
- la aceeași oră pe TCMS (sistemul de control și monitorizare al trenului) a fost afișat mesajul „Stare degradată în frână electrodinamică” conform datelor EVR și TEM a fost frânat;
- la viteză diferită de zero km/h trenul este comutat în modul ATP (protecție automată a trenului).
- TEM a oprit complet la ora 15:26:57 la o distanță de 336 metri de la plecarea din stația Piața Victoriei 1;
- TEM staționează între cele două stații de la ora 15:26 până la ora 15:30;
- după oprire mecanicul acționează comutatorul tracțiune - frână, iar apoi, la ora 15:32 a acționat comutatorul izolare a ATP;
- la ora 15:33 întrerupătoarele automate sunt deconectate la vagoanele M2, M1 și MP1;
- în continuare trenul se deplasează cu viteza maximă de 60km/h, prin inerție până la prima stație (12 – Aviatorilor);
- în stația Aviatorilor trenul staționează de la ora 15:33:47 până la ora 15:34:2, unde sunt debarcați călătorii;
- trenul a demarat din stația Aviatorilor la ora 15:34:24;
- între stațiile Aviatorilor și Aurel Vlaicu, la orele 15:34:42, 15:37:05, 15:37:54, 15:39:09 a deconectat HSCB (doar vagonul MP2),
- la ora 15:40:06 au deconectat toate întrerupătoarele automate (HSCB) la vagoanele M2, M1, MP2, MP1.

Date referitoare la TEM de tip BM3-CAF:

- TEM tip BM3-CAF este un tren alimentat electric ce este destinat transportului public;
- METROREX are în proprietate un număr de 24 de TEM tip BM3-CAF, identificate cu numere de la 1301-2301 până la 1324-2324, achiziționate în două loturi, al doilea lot fiind cel cu numerele de identificare 1317 -2317 la 1324-2324.
- este compus din două vehicule identice (semitrenuri) cuplate spate-spate, formate fiecare din trei vagoane diferite, dotate cu câte 2 boghiuri, care a fost conceput să ofere servicii de transport pe liniile M1, M2 și M3 ale rețelei de metrou din București.
- are următoarea alcătuire (fig. nr. 3):

$$> R1 - MP1 - M1 - M2 - MP2 - R2 <$$
, unde:

- **R1** și **R2** sunt vagoane purtătoare, cu cabină de comandă;
- **MP1** și **MP2** sunt vagoane motoare cu pantograf;
- **M1** și **M2** sunt vagoane motoare;
- – sunt cuple semi-permanente;
- < sunt cuple semi-automate.

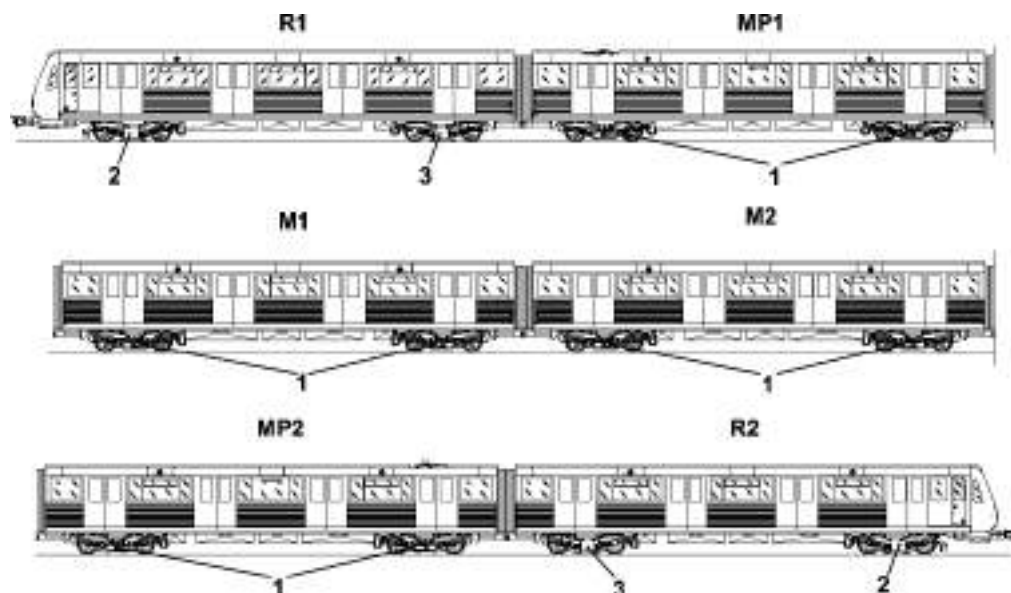


Fig. nr. 3 - Prezentare generală a TEM tip BM3-CAF (1- boghiuri motoare, 2-boghiuri purtătoare conducătoare, 3-boghiuri purtătoare centrale)

- cele două semitrenuri dispun fiecare de un sistem de propulsie și frânare comandate și controlate de către un sistem de control și monitorizare al vehiculului (TCMS).

Caracteristici tehnice generale:

- lungimea trenului (peste capetele cuplelor) 113.610 mm
- lungimea unui vagon (între fețele cuplelor):
 - vagoane R 19.889 mm
 - vagoane MP – M 18.458 mm
- ampatament vagon 12.160 mm
- ampatament boghiu 2.200 mm
- lățime exterioară (caroserie) 3.100 mm
- lățime exterioară (inclusiv uși) 3.200 mm
- înălțimea maximă a caroseriei 3.550 mm
- diametrul roții noi/uzate 880/830 mm
- tară tren 172 539 kg
- tară vagoane R1 și R2 28 040 kg
- tară vagoane MP1 și MP2 29 486 kg
- tară vagoane M1 și M2 28 745 kg
- sarcină maximă pe osie 14 tone/osie
- alimentare cu energie 750 V cc (525~950 V cc)
 - pe liniile principale prin șina a treia, contact de fund
 - în ateliere fir aerian
- viteză maximă
 - de exploatare 80 km/h
 - de exploatare cu ATP deconectată 60 km/h

Caracteristici tehnice boghiuri:

Dimensiuni:

- distanța dintre osii (ampatament) 2200 mm
- Distanța dintre suporturile suspensiei secundare 1500 mm

Sistem de frânare pneumatică:

- tip de frână disc
- Număr de timonerie per boghiu 2
- Număr de discuri per boghiu 2
- Diametrul discului de frână 640 mm
- Tip roată monobloc

Diametrul capetelor de osie	110 mm
Suspensia primară	arcuri metal-cauciuc
Suspensia secundară	pernă de aer
Viteză:	
▪ viteză maximă proiectare	90 km/h
▪ viteză maximă exploatare	80 km/h
Durată de viață	30 ani
Masa boghiului:	
▪ boghiu motor	6314 kg
▪ boghiu purtător conducător	4863 kg
▪ boghiu purtător central	4773 kg

Suspensia secundară:

- Suspensia secundară (fig. nr. 4) este formată dintr-un set de elemente elastice, amortizoare și componente asociate, care fac legătura dintre cadru și caroserie. Această suspensie are rolul de a transmite forțele statice și dinamice, precum și de a le amortiza pe cele dinamice.

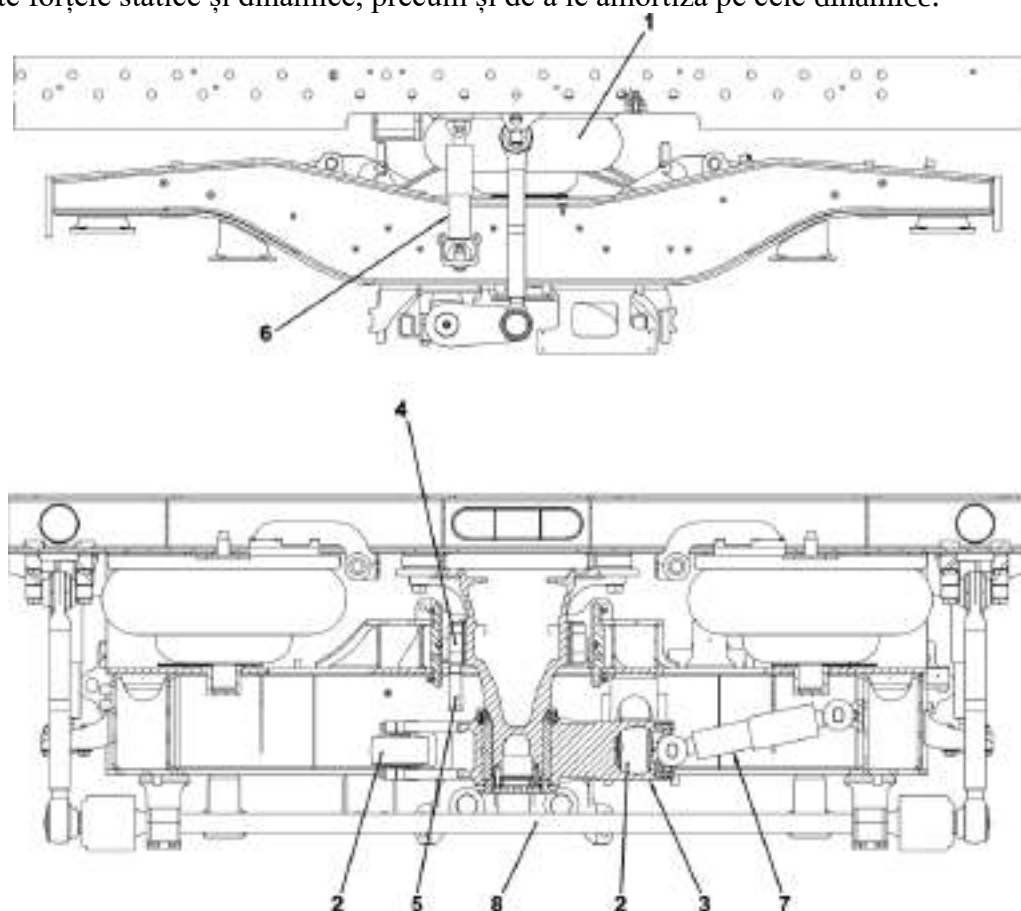


Fig. nr. 4 - Suspensia secundară a boghiului motor

- este o suspensie pneumatică formată din două perne de aer (1) aranjate în serie și localizate de o parte și de alta a boghiului. Presiunea se reglează în mod continuu, în funcție de sarcină, prin intermediul supapelor de egalizare corespunzătoare, pentru a menține caroseria la o înălțime constantă. Acest tip de elemente elastice de masă redusă, realizează izolarea zgomotelor și a vibrațiilor și are capacitatea de a menține o înălțime de rulare constantă în diferite condiții de încărcare a vehiculului. În plus, flexibilitatea permite boghiului să oscileze față de sarcină în curbe;
- pernele de aer sunt aranjate în serie cu un arc de cauciuc, pentru menținerea într-o anumită măsură a conformității suspensiei în cazul ruperii membranelor de cauciuc sau în cazul unei presiuni insuficiente a aerului. Arcul conic de pe fiecare pernă permite continuarea deplasării în condiții de avarie;
- transmiterea forțelor se realizează cu ajutorul a două bare de tracțiune (2) paralele fixate longitudinal, câte una la fiecare capăt al ansamblului pivotului cu bilă (3). Acest sistem garantează transmiterea forțelor longitudinale (de tracțiune și de frânare);

- forțele care apar lateral sunt reduse prin intermediul a două opritoare laterale (4) localizate între cadrul boghiului și centru, acestea determinând o creștere lină și treptată a rigidității, până la atingerea limitei de deplasare. În plus, două șuruburi de reglare (5) sunt fixate pe cadrul boghiului, permițând unității să se ridice, cu boghiul suspendat;
- două amortizoare verticale (6) ale suspensiei secundare și un amortizor transversal (7) amortizează mișcarea relativă dintre caroserie și boghiu. Ambele tipuri de amortizor sunt hidraulice și au atașate tampoane de cauciuc;
- ansamblul barei antiruliu (8) are rolul de a spori rigiditatea la ruluu și de a atenua vibrațiile și șocurile, evitând înclinarea excesivă a caroseriei, în special în curbe;
- la rândul său ansamblul barei antiruliu (fig. nr. 5) este alcătuit din: bară de torsiune (1), două brațe (2) și două bare verticale (3);
- bara de torsiune (1) este fixată pe suporturi (4) prin intermediul unor articulații de cauciuc, iar aceste suporturi sunt prinse la rândul lor pe cadrul boghiului. Cele două brațe (2) sunt conectate la cadrul caroseriei prin două bare verticale (3).

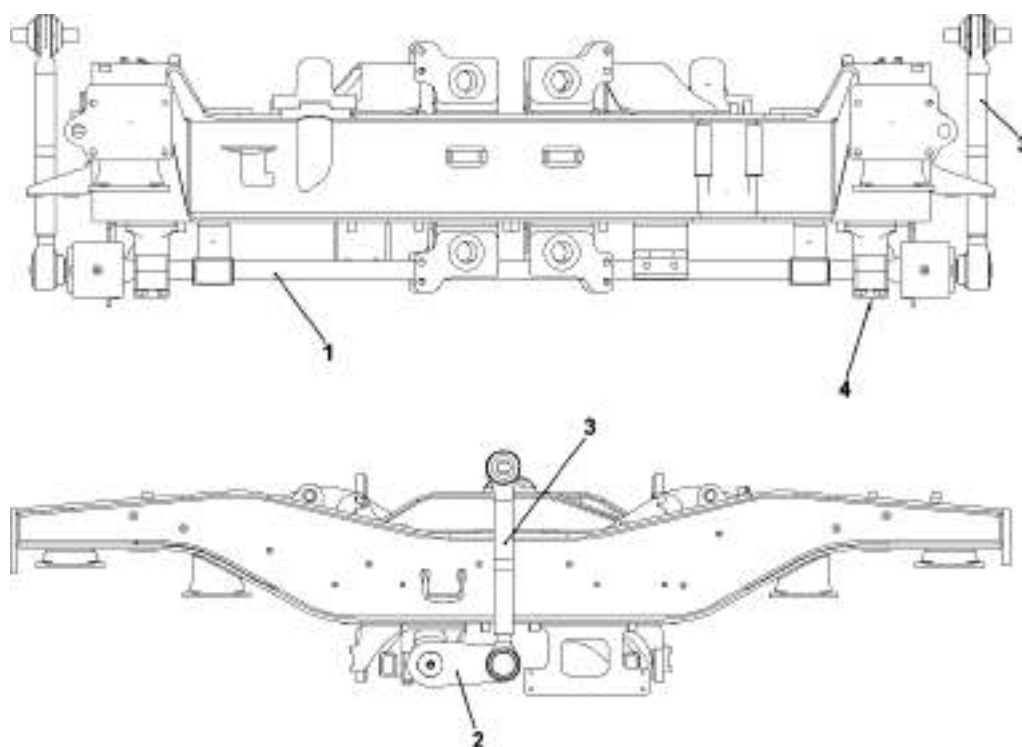


Fig. nr. 5 - Ansamblul barei antiruliu

- bara de torsiune are o greutate de 39.9 kg, o lungime de 2202 ± 2 mm și este fabricată din oțel de tip 52CrMoV4, conform standardului EN 10089.

Constatări efectuate la TEM și bara de torsiune implicată

Constatări efectuate în Depoul Exploatare TEM Berceni la data de 12.04.2021:

- la boghiul 1 de la vagonul M2, pe partea stângă în sensul de mers al trenului (nr. boghiu M-190):
 - ansamblul barei antiruliu (cu bara de torsiune ruptă) și captatorul de curent aferent erau demontate din ziua producerii incidentului;
 - suport captator de curent îndoit la partea dinspre osia 2 și fără urme de fisuri (conform constatării efectuate de către ALSTOM);
 - lonjeronul boghiului de pe aceeași parte avea urme de lovire la partea inferioară, în zona captatorului de curent;
 - cutia de osie de pe aceeași parte era lovită în zona dinspre captatorul de curent cu urme pronunțate de arc electric;
 - suport inferior (de pe lonjeronul boghiului) al amortizorului vertical de pe aceeași parte avea urme de lovire la partea inferioară;
- la ansamblul barei antiruliu și captatorului de curent implicate în incident (demontate de către ALSTOM), s-au constatat următoarele:

- bara de torsiune ruptă are următoarele inscripții: MG 606036 N 293;
- această bară de torsiune nu face parte din loturile de bare care, conform verificărilor efectuate anterior de către CAF, au fost afectate (numerele de serie de la 217 la 266);
- bara de torsiune era ruptă în zona suportului de pe partea stângă, în sensul de mers, la circa 200 mm de capătul din stânga (ruperea începe la circa 190 mm și se termină la circa 210 mm de acest capăt, planul secțiunii de rupere fiind înclinat la circa 40° față de axa longitudinală a barei);
- pe capetele de fixare ale barei, în brațele ansamblului s-au constatat marcajele de control (vopsea de culoare albă și roșie) nedecalate;



Foto nr. 1 - Marcajele de control de pe brațul ansamblului antiruli

- diametrul barei de torsiune este de circa 50 mm (conform documentației CAF);
- aspectul suprafețelor de rupere este similar unei ruperi la oboseală;
- cele două suprafețe de rupere prezintă un aspect lucios pe circa 60% din suprafață și un aspect de rupere fragilă (mai rugos), pe circa 40% din suprafață;



Foto nr. 2 – Suprafața de rupere a barei de torsiune

- capătul dinspre suportul din partea stângă prezintă pe marginile secțiunii de rupere urme de lovituri produse ca urmare a lovirii acestuia, după rupere, de elementele boghiului și captatorului de curent;
- nu s-au putut identifica alte urme sau defecte de suprafață;
- s-a demontat ansamblul de cleme care asigura fixarea pe boghiu în zona căruia s-a produs ruperea barei de torsiune, fără a fi constatate defecte vizibile nici pe suprafețele circulare ale celor două cleme și nici pe îmbinarea de cauciuc care era fixată între cele două cleme;



Foto nr. 3 Clemele de fixare ale barei de torsiune pe boghiu și elementul de cauciuc

- pe suportul patinei captatorului de curent – urme de arc electric;
- urme de lovituri puternice și deformare pe brațul captatorului de curent;
- sistemul de prindere pe boghiu al captatorului de curent – îndoit spre cutia osiei 2.

Constatări rezultate în urma expertizei efectuate de CAF pe bara de torsiune implicată:

În urma solicitării AGIFER, CAF a efectuat a o expertiză tehnică pentru determinarea cauzelor ruperii barei de torsiune, în urma căreia a transmis Nota Tehnică nr. C.G5REP300921 însoțită de analiza de laborator a barei. Din aceste documente reies următoarele:

- bara a fost fabricată în conformitate cu schița CAF M.G6.06.036;
- asupra barelor s-au efectuat următoarele analize:
 - inspecție vizuală;
 - analiză fractografică;
 - analiză chimică;
 - teste mecanice de tracțiune și rezistență;
 - analiză microstructurală;
 - teste de duritate;
 - analiză micrografică: conținutul de microincluziuni conform standard ISO4967, determinarea microstructurii (inclusiv identificarea posibilei analize de decarburare).
- în urma acestor analize a rezultat că:
 - morfologia suprafeței de rupere corespunde unei fisuri a cărei creșteri a fost generată de oboseala materialului. Fisura s-a mărit până la aproximativ 65% din secțiunea barei, ducând ulterior la o ruptură totală;



Figura nr. 6 - Morfologia suprafeței de rupere

- fisura își are originea într-un semn rezultat în urma procedurii de sablare cu alice metalice ușor mai adânc decât celelalte din proximitatea sa. La originea fisurii nu sunt prezente micro-incluziuni nemetalice sau eterogenități microstructurale relevante;
- a fost identificată o neregularitate a semnelor rezultate în urma procedurii de sablare cu alice metalice. Adâncimea semnelor nu este la fel de omogenă precum ar fi de așteptat în cazul efectuării corespunzătoare a procedurii de sablare cu alice metalice;

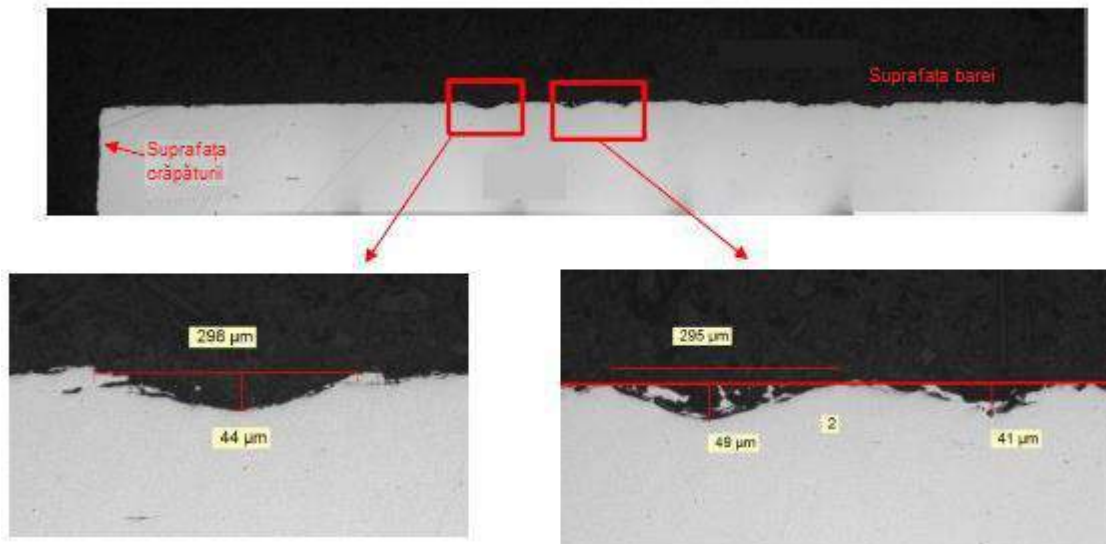


Figura nr. 7 - Nereguli de suprafață pe suprafața barei rupte

- compoziția chimică a materialului din care a fost confecționată bara se încadrează în limitele stabilite prin documentul de referință;
 - în urma testelor de tracțiune, de rezistență și de duritate au rezultat valori ce se încadrează în cele stabilite prin documentele de referință;
 - oțelul din care este fabricată bara trebuie considerat foarte curat, luând în considerare nivelul redus al conținutului de incluziuni măsurate;
 - pe suprafața barei nu era prezentă decarburarea, parțială sau totală;
 - nu sunt prezente eterogenități superficiale și microstructurale relevante în punctul de origine al crăpăturii, cu excepția celor generate în urma procesului de sablare cu alice metalice. Aceste semne rezultate în urma procesului de sablare cu alice metalice nu sunt omogene. Se pot detecta adâncimi și morfologii diferite semnificative (diferențele fiind mai mari decât cele așteptate în cazul efectuării corespunzătoare a procesului de sablare cu alice metalice).
- s-a confirmat, din nou, faptul că fractura a apărut din cauza oboselii materialului. Punctul de inițiere al crăpăturii, zona de creștere și ruptura ireversibilă finală pot fi identificate pe suprafața rupturii;
 - după cum s-a indicat deja în analiza cazurilor anterioare, suprafața barei prezintă nereguli superficiale apărute din cauza unei aplicări incorecte a procesului de sablare cu alice metalice, ce trebuie aplicat piesei după tratamentul termic și procesele finale de prelucrare;
 - acest tip de adâncituri pot explica dezvoltarea fisurilor în timpul funcționării, deoarece acestea pot duce la fenomenul de concentrare a eforturilor. În plus, un proces de sablare executat greșit nu contribuie la îmbunătățirea comportamentului la oboseală al piesei, așa cum ar trebui;
 - poziția fisurilor coincide cu poziția unde sunt concentrate eforturile maxime;
 - acest fenomen explică de ce nu sunt identificate fisuri în timpul inspecției de calitate efectuate în cadrul procesului de producție, și de ce acestea apar ulterior, în timpul funcționării;
 - această bară a fost examinată cu ultrasunete după ce au avut loc cazuri anterioare de rupere și, cu ocazia acestui control nu a prezentat fisuri, deci inițierea acestui fenomen a avut loc atunci când piesa a acumulat un număr mai mare de cicluri de încărcare;
 - această rupere poate fi considerată identică cu celelalte cazuri detectate în alte loturi. În acest caz, bara de torsiune aparține uneia dintre ultimele serii livrate de către furnizorul acestor bare;

- faptul că nu au fost identificate probleme în loturile ce cuprind barele cu numerele 267 ÷ 289 și nici la barele instalate pe primele 16 TEM livrate, indică că problema analizată în prezent pare a fi prezentă în lotul ce cuprinde barele cu numerele 290 ÷ 296;
- celelalte bare care au fost livrate anterior ar fi trebuit să prezinte rupturi mai devreme, deoarece defecțiunile cauzate de oboseala materialului apar odată cu acumularea ciclurilor de sarcină, așadar se poate considera că alte loturi nu au această problemă;
- ca și în cazurile anterioare, problema principală în ruperea barelor de torsiune poate fi atribuită unei probleme de calitate survenită în urma unui proces de sablare cu alicie metalice executat greșit;
- ruperea s-a produs în cazul unei bare din unul dintre ultimele loturi furnizate de către producător. Faptul că există bare din loturi anterioare, cu un număr mai mare de kilometri de funcționare (mai multe cicluri de sarcină), fără problemele detectate, sugerează că acest ultim lot ar avea potențiale probleme de calitate, celelalte fiind, în aparență, în regulă.

3.a.5. Infrastructura feroviară

Linii

Incidentul s-a produs pe magistrala M2 de metrou, între stațiile de metrou Piața Victoriei 1 și Aviatorilor, pe firul I de circulație.

Magistrala este dotată cu linie ferată de tunel dublă, electrificată, alimentare cu energie electrică prin șina a III-a.

Zona de producere a incidentului feroviar este cuprinsă între stațiile de metrou Piața Victoriei 1 (ax stație km 11+835) și Aviatorilor(ax stație km 13+301), pe firul I de circulație, la km 12+025, pe o zonă de aliniament.

Suprastructura căii este alcătuită din șina tip 60 refacționată în anul 2019, cale fără joante, traverse bibloc tip 2B60 cu rezemare pe beton, poza traverselor 1.334 buc./km, prindere indirectă tip K, iar pe zona schimbătoarelor de cale, traverse lemn speciale înglobate în prisma de piatră spartă.

În profilul longitudinal zona cuprinsă între stațiile de metrou Piața Victoriei 1 și Aviatorilor, firul I de circulație traseul căii ferate, are următoarea configurație:

- $i_1 = 3,10 \text{ ‰}$ rampă de la km 11+835 până la km 12+100;
- $i_2 = 7,83 \text{ ‰}$ rampă de la km 12+100 până la km 12+375;
- $i_3 = 7,65 \text{ ‰}$ rampă de la km 12+375 până la km 12+700;
- $i_4 = 2,24 \text{ ‰}$ rampă de la km 12+700 până la km 12+725;
- $i_5 = 2,94 \text{ ‰}$ pantă de la km 12+725 până la km 13+025;
- $i_6 = 2,79 \text{ ‰}$ pantă de la km 13+025 până la km 13+250;
- $i_7 = 2,47 \text{ ‰}$ rampă de la km 13+250 până la km 13+301.

Curbele de pe această distanță au următoarele elemente geometrice:

Nr. Crt.	Interstația	Poziția km	Nr. Curbă	Sens curbă	Lungime 1 (m)	Lungime 2 (m)	Lungime totală	Raza (m)	Viteză (km/h)	h (mm)	S (mm)	f.ef (mm)	i1-i2	Tip Traverse	Tip șină
1	Stația Piața Victoriei 1	11+797÷11+886	V41	Dr.	-	-	89	599,9	70	-	0	83,3	-	L	60
2	Stația Piața Victoriei 1	11+888÷11+965	V42	Dr.	38.92	38.92	78	165	50	95	6	75,7	-	L	60
3	Piața Victoriei 1 ÷ Aviatorilor	12+070÷12+121	V43	St.	-	-	51	1300	80	-	0	38,5	-	B	60
4	Piața Victoriei 1 ÷ Aviatorilor	12+495÷12+647	V44	Dr.	-	-	179	5000	80	-	0	10	-	B	60
5	Piața Victoriei 1 ÷ Aviatorilor	12+981÷13+113	V45	St.	-	-	132	2000	80	-	0	25	-	B	60
6	Piața Victoriei 1 ÷ Aviatorilor	13+144-13+250	V46	Dr.	-	-	106	800	80	-	0	62,5	-	B	60

La data și locul producerii incidentului feroviar, viteza maximă de circulație a trenurilor era de 80 km/h, sarcina maximă admisă pe osie 14 t/osie.

Întreținerea suprastructurii și infrastructurii căii este realizată de Districtul de linii 3 Pipera din cadrul Secției Linii și Tuneluri 2.

Zona de responsabilitate a acestui district de linii este cuprins între stațiile de metrou Tineretului (km 7+270) și Pipera (km 16+920), având în întreținere 9,650 km cale dublă. Distanța cuprinsă între stațiile Piața Victoriei 1 și Aviatorilor (interstația), firul I de circulație este în responsabilitatea echipei nr.9 care are în întreținere 3,200 km cale dublă (între km 10+500 și km 13+700).

Instalații feroviare

Magistrala de metrou M2 Pipera - Berceni este dotată cu instalații de siguranță și automatizare a traficului de tip "Distance to Go" CITYFLO 350 produse de firma Bombardier. Lucrările de instalare a acestor instalații au fost finalizate în anul 2005.

Sistemul se bazează pe Ebilock 950, un sistem de interlocking bazat pe computer și dispeceratul central EbiScreen. Acest sistem de interlocking generează telegramele necesare pentru funcționarea bi-direcțională a sistemului ATP.

Sistemul de control centralizat al traficului include un sistem EbiScreen, cu o stație de lucru de control local EbiScreen furnizată pentru fiecare sistem interlocking, pe care operatorul o poate utiliza ca o alternativă la sistemul de control central. În total, cinci noi sisteme interlocking electronice Ebilock 950 (montate în stațiile de metrou Pipera, Piața Victoriei 1, Piața Unirii 2, Brâncoveanu, Berceni) sunt furnizate într-o dispunere distribuită pe toată lungimea de 18 km a infrastructurii magistralei M2, incluzând în total 14 stații.

Traficul feroviar este condus în întregime de operatorii din sala dispeceratului de trafic.

Toate trenurile ce circulă pe magistrala M2 de metrou sunt echipate identic cu instalații de tip ATC îmbarcată.

Sistemul de siguranță și automatizarea traficului interlocking Ebilock corespunde Nivelului de Integritate al Siguranței 4 (SIL4).

Comunicarea între mecanicul de locomotivă și REM și dispeceratul de trafic, a fost asigurată prin instalația de radiocomunicații cu înregistrare.

Date constatate cu privire la linie

Date constatate la linie la locul incidentului

După avizarea producerii incidentului feroviar, primul TEM în circulație pe distanța Piața Victoriei 1 și Aviatorilor, firul I de circulație a fost însoțit de specialist autorizat linii tunele (LT). În urma acestei verificări nu au constatate probleme la calea de rulare și gabarit în legătură cu siguranța circulației.

La data de 29/30.03.202, după oprirea circulației, pe firul I de circulație s-a efectuat revizia amănunțită a liniei, instalațiilor și tunelului constatându-se următoarele:

- lovirea pragurilor porților ALA, fără desprinderi de material, în stația de metrou Aviatorilor cap X și cap Y;
- lovirea pragurilor porților ALA, fără desprinderi semnificative de material, în stația de metrou Aurel Vlaicu cap X și cap Y;
- lovirea pragurilor porților ALA, fără desprinderi de material, în stația de metrou Pipera cap X;
- pe firul I, în cuprinsul curbilor V31, V32, V33 și V 34, între stațiile Aurel Vlaicu și Pipera, aproximativ 85% din capacele de protecție a izolatorilor de șina a 3-a (dintr-un total de 263 izolatori) au fost lovite și deteriorate;
- în cuprinsul curbei V31, un număr de 9 cleme de fixare a izolatorilor au fost lovite și deplasate de pe poziție, acestea fiind repositionate de către echipele de revizie.

Totodată, a fost verificată întreaga magistrală M2, verificare în urma căreia nu au fost constatate alte probleme și nu au fost găsite piese desprinse de la TEM-uri.

Date referitoare la mentenanța liniei în zona producerii incidentului feroviar

În anul 2019 au avut loc lucrări de refacție șină tip 60 lungime de 120 metri liniari, producție Austria.

Până în luna martie 2021 nu au avut loc ruperi de șină, iar în urma ultimei măsurători cu defectoscopul ultrasonic, efectuată la data de 24/25.03.2021, nu au fost depistate șine defecte.

La rețeaua de transport cu metroul din București, revizia căii și tunelului se efectuează în fiecare noapte în intervalul orar 23.00 ÷ 5.00. Ultima revizie a căii și tunelului a avut loc la data de 28/29.03.2021, ocazie cu care nu au fost consemnate neconformități.

În conformitate cu prevederile art.55 din *Instrucția privind fixarea termenelor și a ordinii în care trebuie efectuate reviziile căii nr.305 M/2002*, ultimul recensământ al traverselor din cale a fost efectuat în luna septembrie a anului 2020. Cu această ocazie, pe zona analizată, nu au fost recenzate traverse necorespunzătoare.

Ultimul controlul amănunțit al curbelor, anterior producerii acestui incident a fost efectuat la data 15.03.2021 de către șeful de district linii, în conformitate cu prevederile art.52 din *Instrucția privind fixarea termenelor și a ordinii în care trebuie efectuate reviziile căii nr.305 M/2002*. Cu această ocazie nu s-au depistat neconformități pe zona acestor curbe.

Ultima verificare cu căruciorul de măsurat calea, a fost efectuată în luna martie 2021, iar în urma descifrării benzii de la acest dispozitiv nu au fost depistate defecte mai mari de gradul II.

În conformitate cu prevederile art.56 din *Instrucția privind fixarea termenelor și a ordinii în care trebuie efectuate reviziile căii nr.305 M/2002* ultima verificare a geometriei șinei de contact (șina a 3-a) la fiecare consolă în parte s-a efectuat în luna mai 2020, de către șeful de district linii, fără a fi depistate neconformități.

3.b. Descrierea faptică a evenimentelor

3.b.1. Lanțul evenimentelor care au dus la producerea incidentului

La data de 29.03.2021, ora 15:03, trenul de metrou nr.18, trasa 15, compus din TEM tip BM3 CAF nr.1324-2324, condus din semitrenul 2324 a fost expedit pe magistrala de metrou M2 din stația terminus Berceni, pe firul I de circulație în direcția Pipera.

Din analiza constatărilor efectuate la locul producerii incidentului și la TEM implicat, a probelor ridicate de către comisia de investigare (documente, fotografii, interpretarea datelor stocate de instalația TELOC de pe TEM, etc.), precum și a probelor și analizelor de laborator efectuate, atât pe bara de torsiune implicată, cât și pe barele de torsiune rupte anterior, se poate concluziona că, lanțul evenimentelor care au dus la producerea incidentului a fost următorul:

- după expedierea din stația Berceni, trenul a circulat normal în modul ATO (conducere automată a trenului) până la stația Piața Victoriei 1, unde a ajuns la ora 15:23;
- în compunerea TEM se afla și vagonul M2 al semitrenului nr.2324, vagon care, la boghiul nr.1 avea montată bara de torsiune cu nr. 293, bară la care existau probleme de calitate cauzate de executarea greșită a procesului de sablare cu alice metalice;
- urmare a problemelor de calitate existente la această bară de torsiune, în circulația TEM nr.1324-2324 (nereguli superficiale apărute din cauza unei aplicări incorecte a procesului de sablare cu alice metalice), anterior datei producerii incidentului, în zona unde se montează ansamblul de cleme care asigură fixarea barei de torsiune pe boghiu de pe partea stângă (în sensul de mers al trenului) s-au dezvoltat în timp microfisuri. Aceste microfisuri au condus la apariția unei fisuri a cărei creștere a fost generată de oboseala materialului. Fisura în cauză s-a dezvoltat, ajungând ca, la data incidentului, să reprezinte aproximativ 65% din secțiunea barei;
- în aceste condiții, după plecarea trenului din stația Piața Victoriei 1, pe firul I de circulație, bara de torsiune de la boghiul nr.1 al vagonul M2 s-a rupt la capătul situat pe partea stângă în sensul de mers, fapt ce a condus imediat la rotirea brațului ansamblului antiruliu, situat pe această parte, împreună cu bucata de bară ruptă în articulația barei verticale și apoi la ieșirea acestui braț din gabaritul TEM;
- acest lucru a condus la lovirea elementelor de fixare de la șina a 3-a și, apoi, la lovirea captatorului de curent de pe acest boghiu;

- loviturile primite de către captatorul de curent au condus la îndoirea suportului acestuia, urmată de ruperea și deformarea elementelor de fixare a acestuia pe suportul săi, fapt ce a făcut ca acest captator să atingă cutia de osie de osia nr.2 situată pe partea stângă sens de mers și să pună în legătură electrică șina a 3-a cu această cutie de osie;
- în aceste condiții, la ora 15:26:33, la 196 de metri de la plecarea din stația Piața Victoriei 1 întrerupătoarele automate au deconectat tracțiunea la vagoanele M1, MP1 și MP2 din compunerea TEM. Totodată, la aceeași oră, pe TCMS (sistemul de control și monitorizare al trenului) a fost afișat mesajul „Stare degradată în frână electrodinamică” și TEM a fost frânat.

Având în vedere cele prezentate, comisia de investigare concluzionează că, în regim dinamic, problemele de calitate existente la bara de torsiune cu nr. 293, montată la boghiul nr.1 al vagonul M2 de la semitrenului nr.2324 au condus la ruperea acesteia și, apoi, la lovirea de către brațul ansamblului antiruliu acesteia a instalațiilor din tunel, așa cum este descris mai sus.

3.b.2. Lanțul evenimentelor de la producerea incidentului până la sfârșitul acțiunilor serviciilor de salvare

După oprirea trenului, mecanicul a constatat că pe sistemul de control și monitorizare al vehiculului (TCMS) pictogramele de stare și-au schimbat culorile din verde în roșu și că trenul nu mai era alimentat cu energie electrică.

Întrucât nu avea îndeplinite condițiile de mers a luat legătura cu operatorul de mișcare de la RC. În urma discuției purtate cu operatorul de mișcare, acesta din urmă a emis un ordin de circulație verbal prin care s-a dispus îndrumarea trenului la stația Aviatorilor și debarcarea călătorilor în această stație.

La circa 7 minute de la oprirea în tunel, mecanicul a izolat instalația de siguranță feroviară ATP și a pus, trenul în mișcare, a oprit apoi în stația Aviatorilor și, după debarcarea în siguranță a acestora, a circulat cu trenul în stare goală până la stația Pipera (ultima stație de pe această magistrală) unde a ajuns la ora 15:40.

După sosirea în stația Pipera, la ora 15:45, trenul a fost manevrat pe linia R1 pentru verificări suplimentare.

Imediat după producerea incidentului feroviar, declanșarea planului de intervenție pentru înlăturarea pagubelor și restabilirea circulației trenurilor de metrou s-a realizat prin circuitul informațiilor precizat în *Regulamentul de investigare*, în urma cărora la fața locului s-au prezentat reprezentanți ai AGIFER, METROREX și ai ALSTOM.

4. ANALIZA INCIDENTULUI

4.a. Roluri și sarcini

METROREX

În conformitate cu prevederile HG nr.482/1999 privind înființarea SC TMB METROREX SA, această companie are printre activitățile principale asigurarea exploatarei, întreținerii și reparării materialului rulant și a rețelei de căi ferate proprii, a instalațiilor fixe de cale, a instalațiilor electroenergetice, de automatizări și telecomunicații, semnalizare, centralizare, bloc de linii automat, dispecer, a instalațiilor de ventilație, încălzire, tehnico-sanitare, de alimentare cu apă și canalizare, a escalatoarelor, căilor de rulare, casetelor și tunelelor, stațiilor și construcțiilor speciale de metrou, instalațiilor de protecție civilă, a spațiilor tehnologice și netehnologice și a altor instalații specifice.

Compania deține, la momentul producerii incidentului feroviar, Licența pentru transport urban cu metrourul seria LTM nr.01 valabilă până la data de 22.10.2022, document acordat de către OLFR prin care acesta recunoaște capacitatea acestei companii de a efectua servicii de transport urban cu metrourul.

Totodată, METROREX, avea implementat sistemul propriu de management al siguranței feroviare (SPSC), deținând Autorizație de Siguranță de exploatare a liniilor de metrou pentru transportul de călători emisă în conformitate cu prevederile Ordinului MT nr.1572/2018 de către ASFR la data de 10.01.2019, cu termen de valabilitate până la data de 10.01.2024.

În conformitate cu prevederile Ordinului MT nr.1572/2018 rolul unui operator economic licențiat pentru efectuarea transportului urban de călători cu metroul este ca, prin sistemul propriu de management al siguranței feroviare (SPSC), să se organizeze și să stabilească aranjamente pentru a asigura administrarea și exploatarea sigură a operațiunilor sale.

METROREX este organizat pe două nivele și anume: nivel central al companiei și subunități de bază.

Materialul rulant utilizat de către METROREX trebuie să corespundă din punct de vedere a siguranței feroviare și să i se asigure reviziile și întreținerea cu personal autorizat respectiv cu entități autorizate ca furnizori feroviar care asigură revizia, repararea și întreținerea vehiculelor de transport cu metroul cu care se execută serviciul de transport urban de călători.

Întrucât, în urma constatărilor efectuate, nu au fost identificate neconformități legate de starea tehnică a infrastructurii feroviare proprii, a instalațiilor de siguranță și automatizare a traficului sau a materialului rulant (care să poată fi sub controlul METROREX), comisia de investigare consideră că acest operator economic nu a fost implicat într-un mod critic din punct de vedere al siguranței în producerea acestui incident.

Funcția implicată, din partea METROREX, în acest incident este mecanicul de locomotivă și REM.

ALSTOM

ALSTOM TRANSPORT SA este persoana juridică care asigură, pe bază de contract încheiat cu METROREX, servicii de mentenanță pentru ramele electrice de metrou și vehicule feroviare specifice infrastructurii de metrou.

Această firmă este autorizată ca furnizor feroviar deținând Autorizație de Furnizor Feroviar eliberată de către AFER la data de 19.01.2021, cu termen de valabilitate până la data de 31.01.2024 și Acord Tehnic Feroviar pentru serviciile furnizate eliberat la data de 07.10.2021, cu termen de valabilitate până la data de 06.10.2023. Prin acest acord tehnic feroviar, AFER a atestat faptul că, serviciul feroviar critic „Mentenanță preventivă și corectivă pentru trenurile de metrou tip BM3 – fabricate de CAF” furnizat de această firmă îndeplinește condițiile pentru utilizare în domeniul transportului cu metroul.

Întrucât, în urma constatărilor efectuate, nu au fost identificate neconformități legate de lucrările de mentenanță efectuate de către ALSTOM la TEM nr.1324-2324, comisia de investigare consideră că acest operator economic nu a fost implicat într-un mod critic din punct de vedere al siguranței în producerea acestui incident.

CAF

CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE FERROCARRILES SA - persoana juridică care a fabricat și furnizat TEM implicat în incidentul investigat.

CAF deține pentru TEM de acest tip (BM 3-CAF) livrate METROREX Acord Tehnic Feroviar eliberat de către AFER la data de 04.03.2016. Prin acest acord tehnic feroviar, AFER a atestat faptul că, produsul feroviar critic „Ramă electrică de metrou tip BM3” furnizat de această firmă îndeplinește condițiile pentru utilizare în domeniul transportului cu metroul.

Întrucât, în urma constatărilor efectuate asupra barei de torsiune rupte și a analizelor de laborator efectuate, au rezultat neconformități legate de modul de fabricare a acestei bare, comisia de investigare a identificat că, în producerea acestui incident, **CAF a fost implicat, în mod critic, din punct de vedere al siguranței, prin rolul său în identificarea și controlul riscurilor pentru siguranță generate de activitățile furnizorului acestor piese.**

4.b. Materialul rulant, infrastructura și instalațiile tehnice

Materialul rulant

Având în vedere constatările și verificările efectuate la materialul rulant implicat în incident, după producerea acestuia precum și rezultatele analizelor de laborator, prezentate în prezentul raport, se poate afirma că starea tehnică a materialului rulant a favorizat producerea acestui incident.

Această concluzie este argumentată de următoarele considerente:

- ruperea barei de torsiune de la boghiul nr.1 al vagonul M2 la capătul situat pe partea stângă în sensul de mers este elementul care a condus la rotirea brațului ansamblului antiruliu, situat pe această parte, împreună cu bucata de bară ruptă în articulația barei verticale și apoi la ieșirea acestui braț din gabaritul TEM;
- acest lucru a condus la lovirea de către această piesă a instalațiilor din tunel (elementelor de fixare de la șina a 3-a);
- în urma analizelor de laborator efectuate pe suprafața barei de torsiune implicate s-au constatat nereguli superficiale apărute din cauza unei aplicări incorecte a procesului de sablare cu alicie metalice, ce trebuie aplicat piesei după tratamentul termic și procesele finale de prelucrare;
- ruperea barei de torsiune s-a produs pe fondul oboselii materialului, oboseală ce a fost determinată de problemele de calitate survenite în urma executării greșite a procesului de sablare cu alicie metalice.

Având în vedere cele descrise mai sus se poate conchide că, **defectul existent la bara de torsiune** de la boghiul nr.1 al vagonul M2 din semitrenul nr.2324 (**nereguli superficiale apărute din cauza unei aplicări incorecte a procesului de sablare cu alicie metalice**) a făcut ca, în zona unde se montează ansamblul de cleme care asigură fixarea barei de torsiune pe boghiu de pe partea stângă (în sensul de mers al trenului), să se dezvolte în timp microfisuri. Aceste microfisuri au condus la apariția unei fisuri, fisură ce a generat, în final, ruperea acestei bare și, astfel, a condus la producerea incidentului.

În concluzie, **defectul existent la această bara de torsiune (nereguli superficiale pe suprafață)** a reprezentat un **factor critic** al producerii acestui incident. Întrucât acest factor reprezintă o condiție care, după toate probabilitățile, dacă ar fi fost eliminată, ar fi putut împiedica producerea incidentului, comisia de investigare consideră că acesta reprezintă **factorul cauzal** al incidentului produs.

Infrastructura

Având în vedere constatările și măsurătorile efectuate la infrastructura feroviară după producerea incidentului, prezentate în raport, se poate afirma că starea tehnică a acesteia nu a favorizat producerea incidentului feroviar.

Instalații tehnice

Având în vedere constatările și verificările efectuate la instalațiile tehnice de siguranță feroviară, prezentate în prezentul raport, se poate afirma că acestea nu au favorizat producerea incidentului feroviar.

4.c. Factorii umani

Întrucât, din declarațiile personalului implicat, precum și din interpretarea datelor descărcate din instalația TELOC nu au rezultat neconformități în conducerea TEM sau alte acțiuni / omisiuni ale acestui personal care să influențeze modul de producere a incidentului, comisia de investigare consideră că factorii care au condus la producerea acestui incident nu sunt legați de acțiuni umane și, ca atare, nu este necesară aprofundarea elementelor legate de factorul uman.

4.d. Mecanisme de feedback și de control, inclusiv gestionarea riscurilor și managementul siguranței, precum și procese de monitorizare

METROREX

Compania avea implementat sistemul propriu de management al siguranței feroviare (SPSC), deținând *Autorizație de Siguranță de exploatare a liniilor de metrou pentru transportul de călători* emisă, în conformitate cu prevederile Ordinului MT nr.1572/2018, de către ASFR.

În conformitate cu prevederile actului normativ mai sus amintit rolul unui operator economic licențiat pentru efectuarea transportului urban de călători cu metroul este ca, prin sistemul propriu de management al siguranței feroviare (SPSC), să se organizeze și să stabilească aranjamente pentru a asigura administrarea și exploatarea sigură a operațiunilor sale.

Comisia de investigare a constatat că, la data producerii incidentului feroviar, SPSC de la nivelul METROREX este unul dezvoltat și implementat împreună cu sistemul de management al calității (SMC) și cuprindea, în principal:

- angajamentul conducerii privind managementul calității;
- declarația privind politica în domeniul calității;
- manualul calității;
- obiectivele generale ale calității;
- obiectivele calității pentru anul 2021;
- procedurile de sistem/operationale și instrucțiuni de lucru elaborate/actualizate în conformitate cu prevederile SR EN ISO 9001:2015.

Printre procedurile elaborate la nivelul METROREX este și procedura de sistem cod PS-1.2.2.1.14 „Managementul Riscului”, procedură prin care s-a stabilit la nivelul organizației modul de identificare, evaluare și gestionare/tratare a riscurilor.

În baza procesului stabilit prin această procedură s-au identificat și analizat riscurile din cadrul companiei, fiind întocmite registre de riscuri la nivelul fiecărei unități organizaționale, registre ce conțin toate riscurile identificate la nivelul acestor unități. Pe baza acestor registre a fost întocmit registrul de riscuri la nivelul METROREX, registru ce include (pentru o gestionare mai eficientă) numai riscurile semnificative (cele ce pot avea un impact substanțial și o probabilitate ridicată de manifestare și care vizează organizația în întregime ei).

După completarea registrului de riscuri, la nivelul centralului organizației, pe baza profilului de risc și a tipului de strategie adoptată, comisia de monitorizare a stabilit, la finele fiecărui an, un plan de măsuri, plan ce cuprinde pentru fiecare risc semnificativ măsurile sau instrumentele de control, termenele de implementare și responsabilii cu implementarea acestora.

Din analiza registrului de riscuri semnificative, întocmit la nivelul centralului organizației, la finalul anului 2020 (valabil la data producerii incidentului investigat) a reieșit faptul că, la nivelul Direcției Exploatare (unitate organizațională care are printre responsabilități și exploatarea flotei de TEM) nu au fost identificate ca riscuri semnificative, niciun risc legat de starea tehnică a materialului rulant utilizat în activitatea de transport (flota de TEM).

4.e. Accidente sau incidente anterioare cu caracter similar

Anterior producerii acestui incident, în circulația trenurilor de metrou tip BM 3 – CAF, s-au mai produs incidente ce au fost cauzate de ruperea barelor de torsiune de la ansamblul antiruliu al boghiului, după cum urmează:

- la data de 04.05.2018, în jurul orei 18:33, pe magistrala de metrou M2, în stația Piața Victoriei 1, pe firul 1 de circulație, trenul de metrou cu călători de tip BM3 CAF nr.1317-2317 a lovit lucrările de artă din tunel ca urmare a ruperii barei de torsiune de la al doilea boghiu în sensul de mers al vagonului R din compunerea semitrenul 1317;
- la data de 23.07.2018, în jurul orei 08:10, pe magistrala de metrou M2, în stația Aurel Vlaicu, pe firul 1 de circulație, trenul de metrou cu călători de tip BM3 CAF nr.1320-2320 a lovit lucrările de artă din tunel ca urmare a ruperii barei de torsiune de la al doilea boghiu în sensul de mers al vagonului R din compunerea semitrenul 1320;
- la data de 26.04.2018, în jurul orei 18:00, pe magistrala de metrou M2, între stațiile Constantin Brâncoveanu și Eroii Revoluției, pe firul 1 de circulație, trenul de metrou cu călători de tip BM3 CAF nr.1320-2320 a lovit lucrările de artă din tunel ca urmare a ruperii barei de torsiune de la al doilea boghiu în sensul de mers al vagonului M2 din compunerea semitrenul 2320.

După producerea primului caz CAF a efectuat o expertiză asupra barei rupte, în urma căreia s-a stabilit că „ruperea barei de torsiune s-a produs ca urmare a unei probleme de calitate apărute în timpul procesului de sablare cu alicie metalice, proces executat incorect”.

În aceeași perioadă a avut loc și o campanie de control nedistructiv (cu ultrasunete) a barelor de torsiune care au echipat flota de trenuri tip BM3-CAF, pentru a detecta fisurile incipiente. În urma acestei campanii au fost detectate un număr total de 7 bare care au fost demontate de pe vehicule din cauza prezenței indicațiilor de defecte de suprafață. Aceste bare au fost trimise la laboratorul CAF pentru a determina natura indicațiilor detectate. Conform probelor efectuate s-a stabilit faptul că, problema de calitate mai sus amintită a afectat numai trei loturi.

Urmare a verificărilor de laborator efectuate, CAF s-a angajat să înlocuiască complet toate barele de torsiune ce făceau parte din loturile afectate, în număr de 49, acțiune ce a fost finalizată în cursul anului 2020. Precizăm faptul că, bara ruptă în incidentul investigat nu a făcut parte din cele 49 bare înlocuite.

De asemenea, în luna decembrie 2018, CAF a desfășurat o campanie de verificare cu ultrasunete, prin care a verificat toate barele de torsiune de la boghiurile ultimelor 8 trenuri de tip BM3-CAF livrate METROREX (trenurile cu nr.1317-2317 ÷ 1321-2324). În urma acestor verificări nu au fost depistate defecte la barele controlate. Menționăm că, în cadrul acestei campanii de verificare, la data de 04.12.2018, a fost controlată și bara de torsiune ruptă în cazul ultimului incident (produs la data de 29.03.2021).

5. CONCLUSIONS

5.a. Summary of the analysis and conclusions on the incident causes

During the manufacturing of the torque rod no. 293, fitted on the bogie no. 293 from the bogie no.1 of the unit M2 of the half-train no.2324 the shot blasting (that has to be applied after the thermally treatment and final processings) was applied wrong, it generating superficial irregularities on the rod surface.

In the operation of TEM involved, the superficial irregularities from the surface of the torque rod led to the appearance of toad-skin cracks in the fastening area of the clips that were ensuring the fastening of the torque rod on the left bogie (in the direction of the train running). These toad-skin cracks led to the appearance of a crack whose growth was generated by the material fatigue. This crack grew on time, so, when the incident happened, represent about 65% from the breakage section of the rod.

In these conditions, on the 29th March 2020, at 15:26 o'clock, after the train set left the station Piața Victoriei 1 to Aviatorilor, these torque rod broke at the end situated on the left side to the running direction, it leading soon at the turn of the anti-rolling unit lever, situated on this side, together with the rod part broken in the joint of the vertical rod and then the hit of the fastening elements from the rail 3rd.

Considering the findings and the measurements made, after the incident, at the track infrastructure and rolling-stock involved, as well as the results of the laboratory tests and checkings, one can state that the incident was caused by the breakage of the torque rod fitted on the bogie no.1 from the unit M2 of the half-train no.2324, the breakage was generated by the quality problems identified at that rod.

Analysing the findings, laboratory analyses and tests made at the track superstructure and rolling stock, after the incident, the documents submitted, the investigation commission established, within the chapter 4 "Incident analysis", the next causal factor:

Causal factor

Breakage of the torque rod from the bogie no.1 of the unit M2 of the half-train no.2324, this breakage being determined by the wrong application of the shot blasting, when this rod was manufactured.

Contributing factors

None.

Systemic factors

None.

5.b. Measures taken

Considering the quality problems resulted from the shot blasting of the torque rods and that this quality problem exists only at the last 8 train sets provided to METROREX (train sets no.1317-2317 ÷ 1324-2324), in order to remove any risk of future incidents, generated by the problems of quality above mentioned, on the 19th January 2022, CAF informed AGIFER that, following the result of the laboratory analysis and internal assessments, it took the next measures:

- placing of a purchasing order for torque rods for the replacement of the lot of 7 pieces, from which the torque rod, fitted on the bogie no.1 of the unit M2 of the half-train no.2324, was part, it generating the incident from the 29th March 2021;
- then, the replacement of the rest of torque rods fitted on the last 8 train sets type BM3-CAF, supplied to METROREX (train sets no.1317-2317 ÷ 1324-2324) and that were not replaced following the incidents happened previously this investigated by AGIFER.

5.c. Additional remarks

None

6. SAFETY RECOMMENDATIONS

The incident happened on the 29th March 2021, on the metro network București, main line M2, between the station Piața Victoriei 1 and Aviatorilor was caused by the breakage of the torque rod from the bogie no.1 of the unit M2 of the half-train no.2324.

For the establishment of the conditions where the incident happened, as well as the setting up of the causes of the its breakage, AGIFER asked CAF to perform a technical expertise/laboratory analysis on the torque rod involved. Following this expertise, one found that the breakage of the torque rod was determined by the wrong application of the shot blasting, within the manufacturing of this rod.

Before the incident above mentioned, in the running of the metro train set type BM3-CAF there were 3 other similar cases (breakage of the torque rod, part of the unit anti-rolling rod).

After the occurrence of the first case, CAF performed an expertise on the rod broken, upon which it was established that "the breakage of the torque bar happened following a quality problem appeared during the shot blasting, this process being performed wrong".

During the same period of time there was a non-destructive control campaign (with ultrasound) of the torque rods equipping the train sets type BM3-CAF, in order to detect the incipient cracks. Following this campaign there were detected 7 rods, removed from the vehicles, because of presence of the surface failure indications. These rods were sent to CAF laboratory in order to determine the nature of the indications detected. According to the tests performed it was established that, the quality problem above mentioned affected only three lots.

Following the laboratory checkings, CAF undertook to replace completely all the torque rods that were part of the lots affected, that is 49 ones, this action being completed within 2020. We stipulate that, the rod broken in the incident investigated was not from those 49 ones replaced.

Also, in December 2018, CAF ran out a campaign of checking with ultrasounds, for checking all the torque rods from the bogies of the last 8 train sets type BM3-CAF provided to METROREX (train sets no.1317-2317 ÷ 1324-2324). Following these checkings there were not found failures at the rods controlled. We mention that within this checking campaign from the 4th December 2018, there was controlled also the torque bar broken in the last incident (happened on the 29th March 2021).

Because, following the expertise of the torque rod involved in the last incident, the result was that the causes of its breakage were the same (wrong application of the shot blasting, during the manufacturing of this rod), the manufacturer of the train involved notified AGIFER that, in order to remove all risks of future incident, caused by the quality problems above mentioned, it shall take measures for the replacement of the torque rods equipping the last 8 train sets provided to METROREX, being in operation, that were not replaced following the incidents happened previously the investigated one.

Considering the measures for the replacement of the torque rods that are parts of the lots with quality problems, planned by the manufacturer of the train set, AGIFER considers that it is not necessary to issue some safety recommendations.

*

* *

Prezentul Raport de Investigare va fi transmis Autorității de Siguranță Feroviară Română - ASFR, operatorului economic licențiat pentru efectuarea transportului urban de călători cu metroul - TMB METROREX SA și reprezentantul producătorului trenului (CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE FERROCARRILES SA) în România - CAF Sisteme Feroviare SRL.