

Samenvatting

Veiligheidsonderzoeksverslag

Ontsporing van een lege reizigerstrein Liège-Guillemins - 11 juli 2019

TABEL VAN DE VERSIES VAN HET VERSLAG

Nummer van de versie	Voorwerp van de herziening	Datum
1.0	Eerste versie	22/06/2023

Elk gebruik van dit rapport voor een ander doel dan ongevallenpreventie – bijvoorbeeld voor het bepalen van verantwoordelijkheden en a fortiori van individuele of collectieve schuld – zou volledig in strijd zijn met de doelstellingen van dit rapport en de methodes die gebruikt werden voor het opstellen ervan, de selectie van de verzamelde feiten, de aard van de gestelde vragen en de concepten waarvan het gebruik maakt en waaraan het begrip verantwoordelijkheid vreemd is. De conclusies die dan getrokken zouden kunnen worden, zouden bijgevolg een misbruik vormen in de letterlijke betekenis van het woord.

In geval van tegenstrijdigheid tussen bepaalde woorden en termen, is het noodzakelijk te verwijzen naar de Franstalige versie.

SAMENVATTING

Op donderdag 11 juli 2019 staat een reizigerstrein van de spoorwegonderneming NMBS ingevolge een technisch probleem (onderbrekingen in de hoogspanning op de elektrische locomotieven van de trein) stil in het station van Waremme en dienen de reizigers uit te stappen.

Nadat hij tevergeefs geprobeerd heeft zijn trein te repareren, verklaart de treinbestuurder zijn trein in nood.

Er wordt een locomotief van het type 18 als hulpelement gestuurd teneinde de defecte trein naar het station van Liège-Guillemins te slepen. Nadat de kop van de gestrande trein werd vastgekoppeld aan locomotief 18 en na een succesvolle remproef van type A, wordt de trein door locomotief 18 weggesleept van het station van Waremme.

Omstreeks 9.48 uur, wanneer de trein aankomt in het station van Liège-Guillemins, ontsporen de eerste wagons van de trein op de wissels aan de ingang van het rooster van het station. Door een breuk in de voedingsleiding van het remsysteem komt de trein tot stilstand.

Er zijn geen slachtoffers en er is geen relevante materiële schade.

Het Onderzoeksorgaan (OO) was niet van plan een onderzoek op te starten naar deze ontsporing, die niet voldoet aan de definitie van een ernstig of significant ongeval.

Tijdens een vergadering waarbij de eerste elementen werden voorgesteld die NMBS en Infrabel hadden verzameld, beseftte het OO echter:

- dat de analyse van deze ontsporing aan lage snelheid aan de ingang van het station van Liège-Guillemins complexer bleek dan het leek,
- dat er geen consensus was tussen de twee partijen.

Na de kwalificatie van het ongeval waren de gedane metingen op de plaats van het ongeval beperkt en betroffen zij:

- de staat van het spoor,
- het rollend materieel,
- de opnamebanden van de trein.

Daarnaast werden, nadat de onderzoekers van het OO aangekomen waren op de plaats van het ongeval, bepaalde elementen van het rollend materieel (koppelingshaak, pneumatische slangen) aangepast zonder dat er opnames of foto's van werden gemaakt, wat in strijd is met artikel 8 van het koninklijk besluit van 16 januari 2007 tot vaststelling van sommige regels betreffende de onderzoeken naar ongevallen en incidenten bij de spoorwegen.

Het OO heeft verschillende gegevens geanalyseerd: ze bleken binnen de normen en toleranties te vallen en de analyse van de verschillende factoren afzonderlijk kon de ontsporing niet verklaren.

In het kader van een overheidsopdracht heeft het OO het externe adviesbureau Mastéris aangesteld om een analyse te maken van de factoren en de krachten waaraan de trein werd blootgesteld bij het binnenrijden van het station van Liège-Guillemins, en om een computersimulatie te maken van de treindynamica, om zo de combinatie van factoren die potentieel bijgedragen hebben aan de ontsporing in kaart te brengen.

In een eerste deliverable heeft Mastéris:

- een scenario samengesteld dat alle bijdragende factoren omvat;
- de opgewekte krachten berekend.

Alle benodigde gegevens voor het onderzoek van Mastéris, en specifiek voor de simulatie met de spoorweg-dynamicssoftware, waren niet beschikbaar. Daarom heeft het bedrijf Mastéris, op vraag van het OO, tijdens de analyses en simulaties verschillende parameters laten variëren op basis van de beschikbare informatie-elementen.

Ongeacht de ernst van de gevolgen van een ongeval moeten de betrokken partijen, in het kader van een ontsporing van een reizigerstrein in hoofdspoor, bij een ontsporing alle relevante informatie verzamelen over de infrastructuur, het rollend materieel en de handelingen van de operatoren om te achterhalen welke factoren ertoe hebben bijgedragen dat het ongeval kon gebeuren. Indien alle gegevens op de plaats van het ongeval waren verzameld, zou de simulatie de werkelijke situatie dichter benaderen.

De resultaten van deze simulaties zijn opgenomen in de tweede deliverable van Mastéris.

De deliverables die Mastéris heeft geleverd, zijn als bijlage opgenomen in het [onderzoeksverslag](#) en beschrijven in extenso de uitleg en berekeningen; hierna worden de belangrijkste benaderingen samengevat.

TRACÉ VAN HET DOOR DE TREIN GEBRUIKTE TRAJECT

De ontsporing vond plaats aan de ingang van het station van Liège-Guillemins: de reisweg die de trein op de dag van de ontsporing gebruikte, wordt niet vaak gebruikt; deze doorkruist het rooster om het station van Liège-Guillemins binnen te rijden en is kronkelig. Het kronkelige tracé leidt tot een geometrische afwijking tussen 2 gekoppelde rijtuigen, wat zorgt voor een kleiner contactoppervlak tussen de twee buffers. Dit kan leiden tot ontsporingsgevaar.

Er werd gecontroleerd of het tracé voldoet aan de regels van de TSI "Infrastructuur" en van de Europese norm EN 13803: het traject heeft geen kronkelig tracé dat niet-conform is. De ontsporing was a priori niet te wijten aan het theoretische tracé.

TYPE REMMING EN OPGEWekte KRACHTEN

De trein reed door de wisselzone aan de ingang van het station van Liège-Guillemins aan een snelheid van ongeveer 30 km/u: deze lage snelheid voldoet aan de voorschriften. Toen hij de wisselzone passeerde, gebruikte de bestuurder echter enkel de rheostatische rem (of dynamische rem) van de locomotief om de trein te vertragen. Het gaat om een elektrische rem waarin, schematisch, de stroomrichting in de motor van de locomotief wordt omgekeerd, waardoor een weerstandskoppel in de motoraandrijfas wordt opgewekt.

Bij deze manier van remmen, remt enkel het tractievoertuig. Dit kan een longitudinale drukkracht uitoefenen op het treinstel dat zich achteraan de locomotief bevindt.

Een interne regel bij NMBS beschrijft:

Aan het gebruik van de dynamische rem van de locomotieven in korte bochten en wisselstraten zijn enkele gevaren verbonden. In vermelde zones kunnen de drukkrachten het verbufferen alsook het ontsporen van voertuigen veroorzaken.

Daarom verbieden we het gebruik van de onafhankelijk bediende dynamische rem in deze zones als de toegelaten maximale snelheid gelijk aan of kleiner is dan 40 km/h.

De wisselzone aan de ingang van Liège-Guillemins is een zone met een steile helling waar zich bochten en tegenbochten bevinden.

Op Europees niveau bepaalt paragraaf 4.2.4.4.4 van Verordening 1302/2014 van 18 oktober 2014 betreffende een technische specificatie inzake interoperabiliteit van het subsysteem "rollend materieel — locomotieven en reizigerstreinen" van het spoorwegsysteem in de Europese Unie dat:

Als een eenheid voorzien is van een dynamisch remsysteem:

1) De bestuurder moet het gebruik van recuperatieremming op elektrische eenheden kunnen voorkomen, zodat er geen energierugvoering plaatsvindt naar de bovenleiding tijdens het rijden op een lijn waarbij energierugvoering niet mogelijk is.

2) [...]

3) Wanneer de dynamische rem van locomotieven onafhankelijk van andere remsystemen wordt gebruikt, moet het mogelijk zijn om de maximumwaarde en het maximale variatiepercentage tot vooraf bepaalde waarden te beperken. Opmerking: Deze beperking heeft betrekking op de krachten die op het spoor worden uitgeoefend wanneer een locomotief locomotieven in een trein is/zijn geïntegreerd. Deze beperking kan op operationeel niveau worden toegepast door de voor een bepaalde lijn toelaatbare waarden voor een bepaalde lijn vast te stellen (bijv. lijn met steile hellingen en kleine boogstralen).

Op het niveau van de regelgeving van de infrastructuurbeheerder Infrabel, vermeldt het VVESI 4.2 de maximumkracht van de dynamische rem wanneer de maximumkracht van de dynamische rem alsook de maximumgradient van toename of afname van de dynamische remkracht van een locomotief niet automatisch worden beheerd.

	Maximumkracht van de dynamische rem	Maximumkracht van de dynamische rem die samen met een andere rem wordt gebruikt
Eén locomotief levert de tractie	150 kN	105 kN
Meerdere gekoppelde locomotieven leveren de tractie	75 kN	105 kN

Het boordregistratiesysteem van de locomotief voorziet geen registratie van de intensiteit van deze remming. Op basis van de snelheidsopnames en van het profiel van de door de trein bereden sporen werd de remmingsintensiteit berekend door Mastéris. De bepaling van deze waarde is niet enkel belangrijk om de longitudinale drukkracht op het treinstel te berekenen, maar ook om de computersimulatie te kunnen maken (voorwerp van het tweede deel van de analyse door Mastéris).

De waarde die bepaald werd door Mastéris (150 kN) komt overeen met de maximaal toegelaten waarde van Infrabel in zijn regelgeving voor wanneer de locomotief de trekkracht verzekert en wanneer enkel de dynamische rem wordt gebruikt.

Overwegende het geïdentificeerde remmingsscenario en de geometrie van de spoorzone waar de ontsporing plaatsvond, tracht Mastéris een analyse te maken van de longitudinale dynamiek en de opgewekte drukkrachten te berekenen.

Longitudinale drukkrachten

Gewoonlijk en historisch gezien betreft deze specialiteit goederentreinen, die meer risico's lopen door hun lengte en tonnage, alsmede door hun heterogeniteit en met name door de aanwezigheid van lege wagons, die deze risico's in de hand werken. De longitudinale drukkrachten worden in goederentreinen opgewekt bij verschillende rijconfiguraties (pneumatische remming, achteruitduwen, dynamische remming enz.) en kunnen in sommige gevallen groter zijn dan de toelaatbare LDK's van de wagons waaruit de trein is samengesteld.

Een ontsporingrisico wordt geacht te bestaan wanneer de bereikte longitudinale drukkracht voor een bepaald voertuig groter is dan de toegelaten waarde voor het voertuig. Ontsporing treedt echter op wanneer zich ongunstige karakteristieken voordoen op het moment dat de maximale longitudinale drukkracht wordt bereikt (bocht en tegenbocht met kleine straal, belading van de wagon, toestand van het oppervlak van de bufferplaten enz.). De risico's op ontsporing als gevolg van de longitudinale drukkrachten zijn niet bestudeerd bij reizigerstreinen om meerdere redenen, waaronder de korte lengte van de konvooien die leidt tot geringe longitudinale drukkrachten en de massa van de rijtuigen die tot hoge toelaatbare longitudinale drukkrachten leidt. Het onderzoek van Mastéris is dan ook een van de eerste onderzoeken in het "Reizigersdomein" waarin dit onderwerp aan de orde komt.

Mastéris heeft de referentiewaarden voor goederenwagons geëxtrapoleerd naar het materiaal dat betrokken is bij de ontsporing: deze waarden komen uit onderzoeken en normen van de Internationale Spoorwegunie.

Deze analyse toont aan dat de berekende longitudinale drukkrachten (130 kN of 200 kN in hoge waarde) ver onder de empirische toegelaten waarde vallen (504 kN) die weerhouden wordt in het kader van de studie.

De computersimulatie, die erna gemaakt werd door Mastéris van het dynamische gedrag van het rijtuig dat ontspoorde in de ontsporingzone, heeft tot doel de optilling van de wielen ten aanzien van de rail te bestuderen die de ontsporing zou kunnen veroorzaken in de wisselzone waarover de trein rijdt.

Er worden twee criteria gehanteerd om het ontsporingrisico te bestuderen:

- de optilling (dz), aan de buitenkant van de bocht, van het wiel van de voorste as van de eerste treinwagon;
- de Y/Q-contactkrachtenverhouding (waarbij Y voor de transversale kracht en Q voor de verticale kracht staat) van hetzelfde wiel.

Om over een grootteorde te beschikken voor deze twee criteria, werden er "grenswaarden" gehaald uit de Europese norm EN14363:2016+A1:2018:

- Voor de homologatieproeven over de overbrugbaarheid van de scheluwten zonder ontsporing is de grenswaarde voor de optilling van het wiel (dz) 5 mm. Er zij echter op gewezen dat dit overeenkomt met omstandigheden die goed door de norm worden gedefinieerd (boogstraal van 150 m, scheluwte van 7 mm/m).
- Voor de homologatieproeven van het dynamische gedrag van de trein moet de contactkrachtenverhouding (Y/Q) voor het voorste wiel onder 0,8 blijven.

Een eerste geval wordt gesimuleerd en dient als referentie en vergelijking voor de volgende simulaties waarin variaties worden gebruikt van de verschillende parameters: het doel is alle parameters die het ontsporingrisico verhogen in kaart te brengen.

De tweede deliverable van Mastéris in de bijlage herneemt gedetailleerd de verschillende gemaakte simulaties: hierna worden de factoren die het ontsporingrisico verhogen opgesomd.

ADHESIE EN WRIJVINGSCOËFFICIËNT VOOR HET SPOOR-WIELCONTACT

De spoor-wieladhesie vormt de basis voor tractie en remming. Het tractie- en remvermogen wordt door de wielen overgebracht op het spoor. Bijgevolg heeft de adhesiecoëfficiënt een invloed op de versnelling en de remming.

De adhesiecoëfficiënt varieert naargelang de temperatuur van de rail en andere elementen op de rail zoals regen, luchtvochtigheid, oliën, vetten ...

De verschillende parameters om de adhesiecoëfficiënt te bepalen werden niet meegedeeld, noch door de spoorwegonderneming, noch door de infrastructuurbeheerder.

In zijn studie deed Mastéris tijdens de simulaties de wrijvingscoëfficiënt variëren: dit zorgt ervoor dat de reële waarde, die niet gekend is, geschat kan worden. Uit de resultaten blijkt dat het ontsporingsrisico beïnvloed wordt door de wrijvingscoëfficiënt van het spoor-wielcontact: een droge rail zorgt voor een hoger ontsporingsrisico.

Bij een perfect spoor (geen gebreken, geen slijtage enz.) en een nominale trein (geen vervorming, evenwichtige massa's enz.) is de ontsporingszone kwetsbaar, maar zijn de ontsporingscriteria nog steeds lager dan de grenswaarden, ongeacht de toestand van het oppervlak van het contact tussen wiel en rail.

SPOORTRACÉ

Hoewel het kronkelige tracé conform is aan de regels van de Internationale Spoorwegunie, kon door middel van de computersimulatie het gedrag van de trein in de ontsporingszone onderzocht worden. Deze zone wordt gekenmerkt door een opeenvolging van een bocht naar links en een bocht naar rechts met een recht stuk van 8,1 m. Deze opeenvolging toont aan dat de locatie van de maximale contactkrachtverhouding (Y/Q) aan de ingang van een bocht ligt, wat overeenkomt met de ontsporingszone.

De simulatie die gemaakt werd met een nieuw railprofiel en een minimale remkracht (15 kN) toont aan dat de contactkrachtverhouding (Y/Q) onderhevig is aan de kenmerken van het tracé van de ontsporingszone, zonder dat de grenswaarde wordt overschreden (0,8).

TOEPASSING VAN EEN REMKRACHT

In het eerste deel van zijn studie berekende Mastéris de maximale remkrachtwaarde van de dynamische rem van de locomotief, deze waarde werd niet geregistreerd aan boord van het rollend materieel.

Het resultaat van deze berekening had een waarde van 150 kN.

Bij simulaties van de tweede fase van het onderzoek van Mastéris werden twee gevallen vergeleken, met nieuwe rail- en wielprofielen:

- toepassing van een remkracht van 15 kN
- toepassing van een remkracht van 150 kN

Met nieuwe rail- en wielprofielen, doet een remkracht van 150 kN de verhouding van de Y/Q -contactkrachten met 12 % toenemen (in vergelijking met een remkracht van 15 kN), waardoor ze stijgt van 0,67 tot 0,75.

Ze blijft kleiner dan 0,8, maar deze remkracht van 150 kN heeft dus een aanzienlijke invloed op de contactkrachtenverhouding.

RAILPROFIEL

De rails zijn verticaal gesleten (weinig voorkomend) en lateraal gesleten (veel vaker voorkomend). Deze slijtage is te wijten aan het verkeer, d.w.z. de tonnage, het aantal en de snelheid van de treinen.

De laterale slijtage doet zich vooral op de buitenste rail voor.

Uit de simulatieresultaten blijkt dat, onafhankelijk van de remkracht, een versleten railprofiel een aanzienlijke invloed heeft op het ontsporingsrisico.

SPOORBREEDTE MET REMKRACHT

De spoorbreedte is de afstand tussen de beide binnenkanten van twee spoorstaven van een spoorlijn. De standaardbreedte is 1435 mm wat overeenkomt met de standaardbreedte van de Internationale Spoorwegunie.

De breedtemetingen waren niet beschikbaar voor de gehele sectie die betrokken was bij de ontsporing: de breedtewaarden werden bepaald door Mastéris op basis van aangeleverde en door middel van ontwerpsoftware gereconstrueerde profieltekeningen.

Aan het begin van de zone waar de ontsporing zich voordeed, varieerden de wijdte waarden breedtewaarden tussen 1452 en 1461 mm (de nominale waarde is voor deze zone 1448 mm)

Er werden drie waarden weerhouden voor de simulatie: 1452, 1455 en 1458 mm.

Met een remkracht van 150 kN brengt de toename in spoorbreedte (van 1448 naar 1458 mm) een stijging van de contactkrachtenverhouding (Y/Q) van 18 % met zich mee: van 0,75 naar 0,89. De grenswaarde voor deze verhouding (0,8) wordt dus overschreden.

Die stijging is met name te wijten aan de vermindering van de verticale kracht van ongeveer 16 % (bijkomende ontlasting van het voorste wiel).

De invloed van de spoorbreedte op de contactkrachtenverhouding (Y/Q) is verwaarloosbaar wanneer er geen remkracht wordt uitgeoefend.

De toename in spoorbreedte heeft een significante invloed op het ontsporingsrisico wanneer die wordt gecombineerd met een remkracht van 150 kN.

SCHELUWTEGEBREK AAN DRAAISTEL EN/OF SPOOR

Het is bekend dat een scheluwte als gevolg van een gebrek aan het spoor en/of een vervorming van het draaistel het risico op ontsporing vergroot:

- De hoogste waarde van de scheluwte die door de infrastructuurbeheerder geregistreerd werd, bedraagt 2,15 mm/m op 13,54 m van de punt van het spoortoestel;
- Omdat er geen reële gegevens beschikbaar zijn om de waarde van de scheluwte van het draaistel te bepalen, wordt er in de simulatie van Mastéris een wig van 20 mm toegevoegd aan de primaire ophanging van het eerste linkerbuitenwiel om de gebreken van de scheluwte te modelleren in het kader van een parametrische studie.
- Dit komt overeen met een totale scheluwte (spoor + draaistel) van 7,8 mm/m.

De simulatie, die een remwaarde gebruikt van 150 kN (ofwel de maximale berekende waarde), zorgt ervoor dat het gedrag kan vergeleken worden bij een scheluwte met een versleten railprofiel en een scheluwte met een nieuw railprofiel.

De verkregen resultaten laten duidelijk zien dat een gebrek van scheluwte, in combinatie met een remkracht van 150 kN, het ontsporingsrisico verhoogt:

- met een nieuwe spoorstaaf en zonder andere gebreken aan het spoor (richting, nivellering) liggen de waarden van de 2 criteria (optilling van het wiel en de contactkrachtenverhouding) nog steeds onder de grenswaarden;
- wanneer hetzelfde scheluwtegebrek gecombineerd wordt met een versleten rail, zou een ontsporing kunnen plaatsvinden (de optilling van het wiel overschrijdt de grenswaarde (5 mm)).

BESLUIT

Een eerste simulatie met de nominale parameters (nieuwe rail, perfect spoor zonder gebreken, nominale kenmerken van de trein) heeft aangetoond dat de ontsporingszone een gevoelige zone is voor twee ontsporingscriteria:

- de optilling van het wiel (dz)
- de verhouding van de wiel-railcontactkrachten (Y/Q).

Er werden conclusies getrokken uit de uitgevoerde parametrische studies, waaronder:

- De ingang van zone 14AE, die geïdentificeerd werd als de zone waar de ontsporing plaatsvond, is veruit de meest kritieke zone van het traject, en dat is ook zo bij een spoor zonder gebreken, een nominale trein en een zwakke rheostatische remkracht door de locomotief aan de kop.
- Een droge rail verhoogt het risico op ontsporing.
- Het railprofiel heeft ook een invloed op het ontsporingrisico, ongeacht of dit gecombineerd wordt met een remkracht of niet.
- De toename in spoorbreedte heeft een significante invloed op het ontsporingrisico wanneer deze wordt gecombineerd met een hogere rheostatische remkracht door de locomotief aan de kop.
- De scheluwtegebreken die verband houden met de vervorming van het draaistel en/of het spoor kunnen samen met de slijtage van de rail en een verhoogde rheostatische remkracht door de locomotief aan de kop van de trein laten ontsporen in de onderzochte zone.

De studie van Mastéris toont aan dat de zone waar de trein ontspoord is, bijzonder gevoelig is in vergelijking met de voorgaande wisselzone en dat het geheel van de invloedsfactoren (dynamische remkracht, spoorbreedte groter dan de nominale waarde, scheluwtegebrek, versleten railprofiel, wrijvingscoëfficiënt) van die aard is dat de ontsporingscriteria bereikt of overschreden worden.



Onderzoeksorgaan voor Ongevallen en Incidenten op het Spoor
<http://www.oois.be>

