

BRAND IN TREIN 3555 TE ABCOUDE d.d. 12 maart 2015 Eindrapport

Definitief



Utrecht, 21 december 2015

Colofon

Opdrachtgever	ProRail B.V.
Adres	Postbus 2038 3500 GA Utrecht
Opdrachtgever	NS Reizigers B.V.
Adres	Postbus 2025 3500 HA Utrecht

Project nummer	AS-NL 14653
Document datum	21 december 2015
Document naam	Treinbrand Abcoude 12 maart 2015

“ © Copyright 2015 NS Reizigers B.V. en ProRail B.V..

Alle rechten voorbehouden.

NS Reizigers en ProRail hebben dit rapport met de meeste zorg samengesteld. Tenzij anders vermeld berusten de auteurs- en databankrechten van dit rapport en zijn bijlagen bij NS Reizigers en ProRail. Gehele of gedeeltelijke overname of vereenvoudiging op welke wijze ook en/of elk ander gebruik van de informatie uit dit rapport en de bijlagen is niet toegestaan, tenzij hiervoor uitdrukkelijk schriftelijke toestemming is verleend door NS Reizigers en ProRail.”

Managementsamenvatting

Het incident

Op 12 maart 2015 om circa 15.30 uur ontstaat tussen Holendrecht en Abcoude brand in treinstel ICMm 4038 die onderweg is van Schiphol naar Heerlen. Er ontstaat rookontwikkeling in de snelschakelaarkast ¹(SnS-kast). Hete gassen en rook verlaten de SnS-kast via kieren in de sluiting tussen deur en frame en komen op het balkon terecht. De op het balkon aanwezige reiziger loopt letsel op en vlucht naar de coupé met andere reizigers. De rook verspreidt zich naar deze coupé en de daar in aanwezige reizigers vluchten van de rook weg. Een medereiziger trekt aan de noodrem en de snelremming van de trein zet in. Nadat de trein gestopt is opent een reiziger de deuren van de trein en helpen de reizigers elkaar uit de trein.

De Hoofdconductor (Hc) wordt door reizigers in zijn treinstel gewaarschuwd dat enkele reizigers naast de trein lopen en vertellen hem over de brand. Hij informeert de machinist via de portofoon. De machinist krijgt, via zijn mobiele telefoon, contact met de treindienstleider. De reizigers die naast de trein lopen, worden door de machinist van een andere en al eerder gestopte trein naar station Abcoude geleid. De overige reizigers worden opgevangen naast de trein en behandeld door de hulpdiensten nadat deze gearriveerd zijn.

Direct na de start van het onderzoek bleek dat de aard van het incident vroeg om een gezamenlijk onderzoek vanuit materieel en infra perspectief om de toedracht te achterhalen.

Conclusies

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek zijn:

1. De beveiligingsfilosofie van de energievoorziening tussen infra en materieel kan beter op elkaar worden afgestemd
Binnen de sector is onduidelijkheid over de gewenste afschakeltijden en energiewaarden waarmee de stroomtoevoer naar een defecte trein beheerst wordt. Die onduidelijkheid wordt niet weggenomen door de relevante NEN-normen die ruimere afschakeltijden en energiewaarden toelaten.
2. De SnS kast is niet in staat om het ontsnappen van vlammen en hete lucht naar reizigersruimte te voorkomen
Het is mogelijk dat de SnS in de trein faalt. Er kan dan een langdurige vlamboog naast de bluskap ontstaan waarbij vermogens van enkele megawatts kunnen vrijkomen. De SnS kast is niet ontworpen om de hoeveelheid hete gassen, dampen en rook die hierbij ontstaan binnen te houden en gecontroleerd af te voeren.

¹ Een snelschakelaar is een soort hoofdzekering in een trein

3. Onderhoudsproces SnS kan beter

Het onderhoudsproces van de snelschakelaars in de trein is niet optimaal. Enerzijds wordt niet de meest actuele kennis gebruikt die aanwezig is in de internationale spoorsector. Anderzijds is niet exact bekend hoe vaak snelschakelaars aanspreken en bij welke vermogens dat gebeurt. Daarbij is het ook onbekend wat precies het gevolg is van het frequent uitschakelen bij lage stroomwaarden voor het onderhoud dat nodig is de SnS in de vereiste conditie te houden. Het onderhoud is vooral gebaseerd op periodiciteit en gemiddeld gebruik.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting.....	3
Inhoudsopgave	5
Lijst met afkortingen.....	7
1 Inleiding	8
1.1 De opdrachtgever.....	8
1.2 Het onderzoeksteam	8
1.3 Afkadering van het onderzoek	9
1.4 Leeswijzer	9
2 Het incident	10
2.1 Beschrijving van het incident	10
2.2 Relevante historie.....	11
3 Reconstructie.....	12
3.1 Samenstelling tijdlijn	12
4 Tripod Beta diagram	13
4.1 Tripod Beta diagram.....	13
4.2 De barrières.....	14
4.2.1 Het eerste EGO-trio.....	14
4.2.2 Het tweede EGO-trio.....	15
4.2.3 Het derde EGO-trio.....	15
4.2.4 Het vierde EGO-trio.....	16
4.2.5 Het vijfde EGO-trio	17
4.2.6 Het zesde EGO-trio	18
4.2.7 Overzicht alle directe oorzaken die geleid hebben tot het falen van de barrières	19
4.3 Van barrières naar achterliggende oorzaken	20
4.3.1 Doorbroken barrière 1: Goed functioneren tractie-installatie zonder sluiting	21
4.3.2 Doorbroken barrière 2: Vlamboog dooft in bluskap	22
4.3.3 Doorbroken barrière 3: Binnen 20ms afschakelen SnS onderstation Holendrecht voorkomt verdere energietoevoer naar de SnS kast	24
4.3.4 Doorbroken barrière 4: Kast voorkomt ontsnappen rook, vlammen en geïoniseerde lucht naar balkon	26
4.3.5 Doorbroken barrière 5: Binnen 20-60ms afschakelen van de snelschakelaars van onderstations Abcoude en Strandvliet stopt de energietoevoer naar de brandende kast.....	27
4.3.6 Ontbrekende barrière 6: Automatisch neerlaten stroomafnemer bij aanspreken SnS trein.....	29
4.3.7 Ontbrekende barrière 7: Communicatiesysteem tussen reiziger en machinist geeft de machinist de mogelijkheid de evacuatie te coördineren	30
4.3.8 Ontbrekende barrière 8: Noodoproep GSM-R zorgt ervoor dat andere treinen direct afremmen en op zicht gaan rijden	31

4.4	Omschrijving van de achterliggende oorzaken	32
5	Conclusies	34
6	Bijlagen	35
A.	Introductie Tripod Beta incidentanalyse	35
B.	Totaaloverzicht Tripod Beta analyse diagram	38
C.	Rapportage technisch onderzoeksteam.....	39

Lijst met afkortingen

Afkorting	Voluit
Ac	Abcoude
ALARP	As low as reasonable practible
ARR	Automatische Rit Registratie
Ashd	Amsterdam Holendrecht
BNO	Boord Net Omzetter
BOS	Beurt Omschrijving
DCP	Digital Control and Protection device
GPS	Global Positioning System
GSM-R	GSM Rail
Hc	Hoofdconductor
HS-kast	Hoogspanningskast
ICMm	Intercity Materieel
IL&T	Inspectie Leefomgeving en Transport
KTO	Korte Termijn Onderhoud
LTO	Lange Termijn Onderhoud
ms	Milliseconde
OBI	Operationeel Besturingscentrum Infra
OBIS	On Board Information System
OS	Onderstation
OSI	Open Spaninrichting
SGMm	Stads Gewestelijk Materieel gemoderniseerd
SnS	Snelschakelaar
Strv	Strandvliet
Trdl	treindienstleider
TSI	Technical Specification for Interoperability
VHS	Veiligheidsstoringen

1 Inleiding

1.1 De opdrachtgever

Het in dit rapport beschreven incident heeft geleid tot een zwaargewonde reiziger en enkele reizigers die rook hebben ingeademd. In het kader van het geformuleerde veiligheidsbeleid van NS en ProRail worden ongevallen c.q. incidenten met (potentieel) grote gevolgen altijd systematisch onderzocht. De aard van dit incident vroeg ook om een gezamenlijk onderzoek vanuit zowel materieel als infrastructuur perspectief, om de toedracht te achterhalen.

Tevens is er bij de directies van NS en ProRail de behoefte om te leren van dit incident. Dit gezamenlijke onderzoek naar toedracht en gevolgen, past ook bij het streven om in de spoorbranche nauwer samen te werken om de veiligheid verder te verhogen en sluit aan bij de Derde Kadernota Railveiligheid. NS en ProRail hebben er daarom voor gekozen om dit incident met ondersteuning van AdviSafe als extern en onafhankelijk bureau samen te onderzoeken.

1.2 Het onderzoeksteam

Het technisch onderzoeksteam is op zoek gegaan naar de technische oorzaken. Parallel daaraan heeft een ander onderzoeksteam, met daarin de leider van het technische onderzoeksteam, de bevindingen uit het technische onderzoek geanalyseerd met behulp van de Tripod Beta methodiek. Deze methodiek is er op gericht om de achterliggende oorzaken die ten grondslag liggen aan de directe oorzaken te identificeren.

1.3 Afkadering van het onderzoek

Bij de start van het onderzoek is besloten de scope van het onderzoek te laten beginnen bij het aanspreken van de snelschakelaar (SnS) in de trein. Het uitgangspunt was dat een SnS in een trein als functie heeft de stroom af te schakelen in geval van sluiting in de trein. Tijdens het onderzoek is besloten toch ook te kijken naar de oorzaak van het aanspreken van de SnS. De oorzaak daarvan blijkt te liggen in een overslag in de lijnschakelaars van de trein. Het technisch team heeft getracht de oorzaak van de overslag van deze lijnschakelaars te achterhalen. De scope eindigt op het moment dat de reizigers en medewerkers van de trein zich op een veilige plek bevinden en de gewonden onder behandeling van de hulpdiensten zijn.

Voor dit onderzoek zijn de volgende vragen geformuleerd:

- Waarom heeft de SnS gefaald?
- Waarom is de deur van de SnS-kast geweken?
- Hoe kon er rook in de trein ontstaan?
- Hoe heeft het hete gas / vuur in de reizigersruimte kunnen komen?
- Waarom kon de machinist geen contact krijgen met de treindienstleider via GSM-R?
- Hoe is de ontruiming verlopen?
- Hoe is de afhandeling van het incident verlopen?

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de beschrijving van het incident en een omschrijving van de historie van vergelijkbare incidenten. Hoofdstuk 3 bevat de tijdlijn van het incident zoals die op basis van het technisch onderzoek is vastgesteld. Voor verdere technische details wordt hier verwezen naar het als bijlage C bijgevoegde rapport van het technisch team. Hoofdstuk 4 is de kern van dit rapport. Het bevat de resultaten van de incidentanalyse met behulp van de Tripod Beta methodiek. Doel van die methodiek is om de organisatorische of achterliggende oorzaken te achterhalen. Deze staan omschreven in paragraaf 4.4. Hoofdstuk 5 tenslotte bevat de conclusies. Deze beschrijven de belangrijkste resultaten van het onderzoek op hoofdlijnen.

2 Het incident

2.1 Beschrijving van het incident

Incidentverloop

De trein met 2 gekoppelde ICMm-1 drie wagen treinstellen rijdt weg van station Amsterdam Bijlmer Arena, richting Utrecht Centraal. Ter hoogte van onderstation Holendrecht (hierna: OS-Ashd) bereikt de trein de baanvaksnelheid van 140km/h en de machinist schakelt de tractie uit. Dit is precies in de Open Span Inrichting (hierna: OSI) bij OS-Ashd, zodat de stroomafnemer van de ICM 4038 contact maakt met zowel de voedingssectie Strandvliet-Holendrecht als de voedingssectie Holendrecht-Abcoude.

De SnS in de trein spreekt aan door een sluiting in de trein. Er is een overslag bij de lijnschakelaar in de tractiekast vastgesteld. De oorzaak van deze overslag is onduidelijk gebleven. Dit wordt nader onderzocht. Op basis van de beschikbare gegevens kan worden gesteld dat de SnS van de trein de stroom die hij te verwerken kreeg normaal gesproken had moeten kunnen afschakelen. Toch is dit mislukt en er ontstaan meerdere ongecontroleerde vlambogen in de snelschakelaarkast (SnS-kast), buiten de SnS om. Bij falen van de SnS ontstaat een vlamboog tot buiten de bluskamers om en is de hoeveelheid energie ongecontroleerd. De kortsluiting vindt precies plaats in de OSI van OS-Ashd, waardoor de SnS van beide voedingssecties de stroom dienen af te schakelen. Er vloeit ook nog extra stroom vanuit de naburige onderstations Strandvliet (OS-Strv) en Abcoude (OS-Ac) naar de kortsluiting.

Het afschakelen van OS-Ashd duurt ca. 90ms en gedurende deze tijd neemt de totale stroom naar het treinstel toe tot ca. 18 kA. De spanning op de rijdraad blijft ca. 1000V. Het resultaat is dat er veel energie vrijkomt in de HS-kast op het balkon van de 4038. Een schatting is 1 MJ in de eerste 90ms. De kast kan de hete gassen, vuur en rook van de vlamboog niet snel genoeg afvoeren waardoor de druk in de kast toeneemt. De kast kan de druk niet beheersen of afvoeren; de kast blijft wel intact, maar de hete gassen ontsnappen via kieren naar het balkon. Een daar aanwezige reiziger raakt gewond. Na het afschakelen van OS-Ashd loopt er nog steeds stroom vanuit OS-Strv (ca. 4kA) en OS-Ac (ca. 5kA).

Na het uit de OSI rijden van de ICM 4038 wordt door de stroomafnemer van de ICM 4046 de stroom vanuit Strandvliet opnieuw doorgeschakeld naar de 4038. De trein rijdt nog steeds met 140km/h richting OS-Ac. Het duurt 7 seconden tot de kortsluitstroom, die er op dat moment loopt, hoog genoeg is om de SnS van onderstation Abcoude af te schakelen. De hoeveelheid extra energie, gedurende die 7 seconden, versterkt de omvang van de rook en de brand.

De gewonde reiziger vlucht naar de coupé met andere reizigers. Hierdoor verspreidt de rook zich naar deze coupé. Een reiziger trekt aan de noodrem waardoor de snelremming inzet. De reizigers vluchten van de brand weg naar het andere balkon dat grenst aan de cabine van de trein. De trein is inmiddels gestopt. Iemand opent de deuren van de trein en de reizigers helpen elkaar uit de trein.

Op dat moment weten de machinist en de Hoofdconductor (Hc), die in het andere treinstel zit, nog niet wat er aan de hand is. De machinist heeft zijn spanning zien wegvallen en heeft de snelremming opgemerkt. De machinist verklaart dat het hem niet lukte om een noodoproep te plaatsen via de GSM-R-apparatuur. Hij probeert met zijn mobiele telefoon de treindienstleider te bellen om hem te waarschuwen. De treindienstleider hoort van de medewerker van het OBI (Operationeel Besturingscentrum Infra) dat de sectie spanningsloos is en krijgt de machinist niet te pakken. Hij belt de machinist van een trein die in dezelfde richting rijdt en vraagt hem op zicht te rijden. De machinist van deze trein stopt en meldt dat er reizigers langs het spoor lopen.

De Hc wordt door reizigers in zijn treinstel gewaarschuwd dat enkele reizigers naast de trein lopen. Zij vertellen hem over de brand. Hij informeert de machinist via de portofoon. De machinist krijgt, via zijn telefoon, contact met de treindienstleider. De reizigers die naast de trein lopen, worden door de machinist van de gestopte trein naar het station geleid. De overige reizigers worden opgevangen naast de trein en behandeld door de hulpdiensten nadat deze gearriveerd zijn.

2.2 Relevante historie

De afgelopen jaren is het in verschillende treinseries voorgekomen dat ongecontroleerde vlambogen optraden. Het betreft de materieelseries DDZ, ICM, Loc 1700, Mat 64, SGM, VIRM. In de afgelopen 15 jaar is gemiddeld 1 keer per jaar een ongecontroleerde vlamboog ontstaan bij een SnS.

De gevolgen zijn tot aan het incident in Abcoude altijd beperkt gebleven tot schade aan het materieel en een gestoorde treindienst ten gevolge van een gestrande trein. In 1999 was er bij ICM een vergelijkbaar incident waarbij een reiziger ook vlammen buiten de kast gemeld heeft, de betreffende reiziger is daarbij niet gewond geraakt.

Bij de uitgevoerde onderzoeken van deze veiligheidstoringen is geen eenduidige oorzaak van de ongecontroleerde vlambogen vastgesteld.

3 Reconstructie

3.1 Samenstelling tijdlijn

Om waarnemingen, meetgegevens en verklaringen met elkaar in relatie te kunnen brengen, heeft het onderzoeksteam besloten tot het samenstellen van een tijdlijn. Een tijdlijn geeft een overzicht, chronologisch in de tijd, van alle gegevens en is een veel gebruikt hulpmiddel bij incidentonderzoeken.

De belangrijkste momenten uit de tijdlijn zijn vermeld in onderstaande tabel.

Tijd:	Gebeurtenis op 12 maart 2015	Betrokken:	Opmerkingen:	Bron:
15:30:25	Trein 3555 verlaat spoor 607 te Amsterdam Bijlmer Arena	Sectie: ASB\$3257T (1)	Km 6.005 - 6.145; Bvl-groep 2791.	TOON
15:31:52	Sectie: AC\$3296BT (1)		Km 8.260- 8.936; Bvl-groepen 2793 en 2878.	TOON
15:32:03	Max snelheid in ARR (vervolgens in vrijloop)			ARR
15:32:03	Snelschakelaar EE in os Holendrecht spontaan uit.			OBI
15:32:03	Snelschakelaar GG in os Holendrecht spontaan uit.			OBI
15:32:10	Snelschakelaar EE in os Abcoude spontaan uit.			OBI
15:32:25	Begin snelremming			ARR
15:32:47	Trein rijdt door over spoor 674 te Abcoude	Sectie: AC\$3406BT (1)		TOON
15:32:55	Trein komt tot stilstand			ARR

Tabel 1: Samenvatting tijdlijn

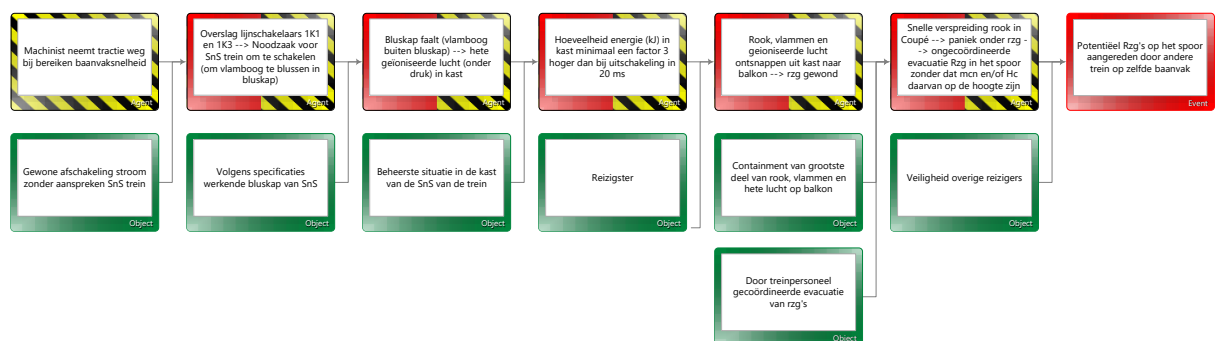
Voor verdere beschrijving van de technische analyse wordt verwezen naar het technische bevindingenrapport in bijlage C.

4 Tripod Beta diagram

4.1 Tripod Beta diagram

Dit incident is onderzocht en geanalyseerd op basis van de Tripod Beta methodiek. Deze methodiek richt zich op de achterliggende oorzaken van een incident. De in die methodiek gehanteerde begrippen als bijvoorbeeld “barrières” en “achterliggende oorzaken” dienen te worden beschouwd en gewaardeerd in het licht van de veiligheid(skunde) en kunnen dan ook afwijken van de betekenis die daaraan in taalkundige, juridische of andere zin wordt gegeven. In dit hoofdstuk wordt de analyse beschreven met in de laatste paragraaf een uitgebreide omschrijving van de geïdentificeerde achterliggende oorzaken. In bijlage A wordt de Tripod Beta methodiek nader uiteen gezet en toegelicht.

De basis van een Tripod Beta incidentanalyse bestaat uit een Tripod Beta diagram. Een Tripod Beta diagram bestaat uit een aantal gekoppelde EGO-trio's. In dit diagram wordt duidelijk welke 'Energie' (geel-zwart) heeft geresulteerd in welke ongewilde 'Gebeurtenis' (rood) en welk 'Object' (groen) hierdoor (mogelijk) is aangetast. Bij de analyse van dit incident zijn zes opeenvolgende EGO-trio's gevonden.



Figuur 1: EGO-trio's van het onderzochte incident

Men leest het diagram van links naar rechts; de gebeurtenis uit een voorgaand trio is ook meteen de energie in het volgende trio (rood en geel-zwart). Het volledige diagram wordt in bijlage B weergegeven.

4.2 De barrières

De Energie heeft tot de ongewenste gebeurtenis kunnen leiden doordat barrières zijn doorbroken of niet aanwezig waren. In de volgende paragrafen worden per EGO-trio de barrières weergegeven.

Een barrière kan:

- doorbroken zijn: een barrière die niet afdoende heeft gewerkt om het incidentverloop te stoppen.
- ontbreken: en is dus niet aanwezig om het incidentverloop te kunnen stoppen.
- effectief zijn en heeft daarmee verdere escalatie voorkomen.

4.2.1 Het eerste EGO-trio



Figuur 2: EGO-trio 1, inclusief doorbroken barrière

De doorbroken barrière is:

- Goed functioneren van tractie-installatie zonder sluiting.

4.2.2 Het tweede EGO-trio



Figuur 3: EGO-trio 2, inclusief doorbroken barrière

De doorbroken barrière is:

- Vlamboog dooft in bluskap.

4.2.3 Het derde EGO-trio



Figuur 4: EGO-trio 3, inclusief doorbroken barrière

De doorbroken barrière is:

- Binnen 20ms afschakelen SnS OS Holendrecht reduceert verdere energietoevoer naar de kast.

4.2.4 Het vierde EGO-trio

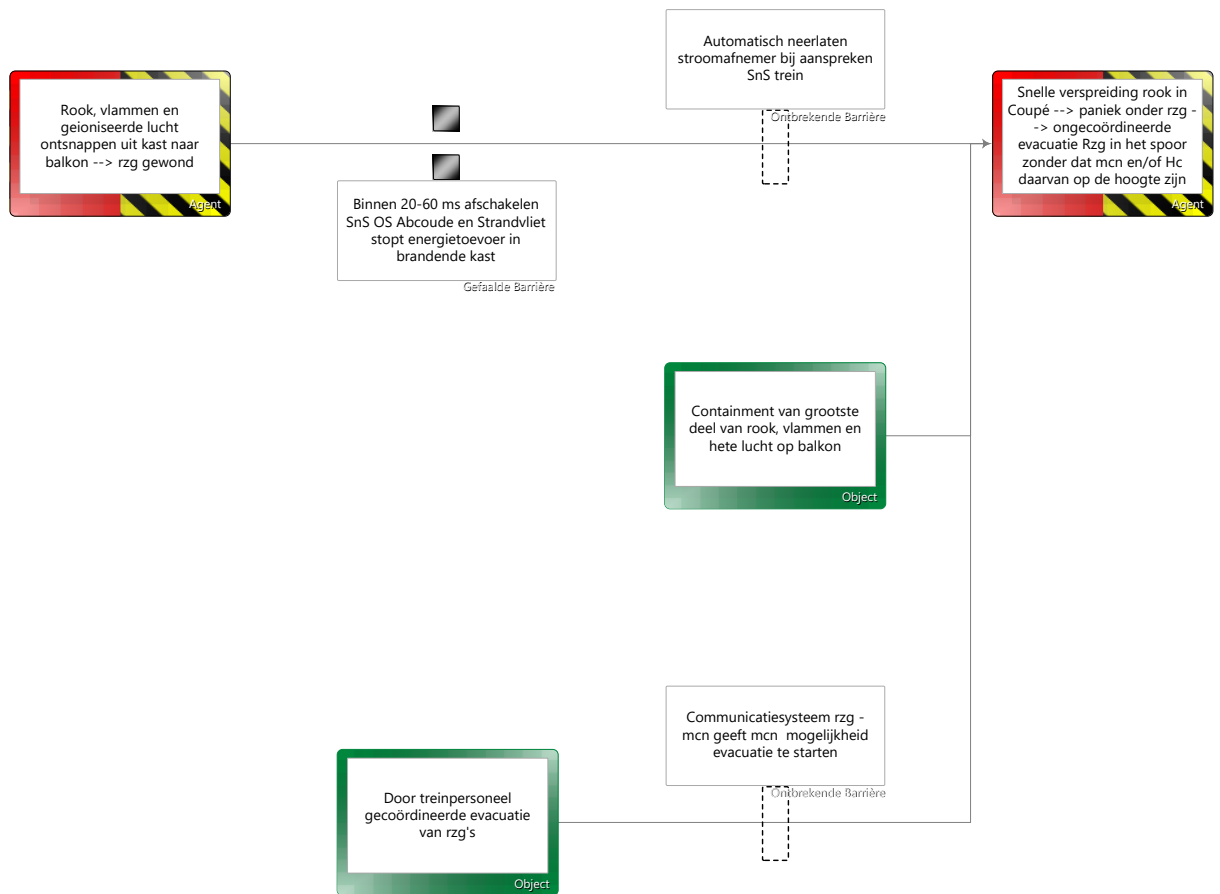


Figuur 5: EGO-trio 4, inclusief doorbroken barrière

De doorbroken barrière is:

- De kast van de SnS voorkomt ontsnappen rook, vlammen en geïoniseerde lucht naar balkon.

4.2.5 Het vijfde EGO-trio

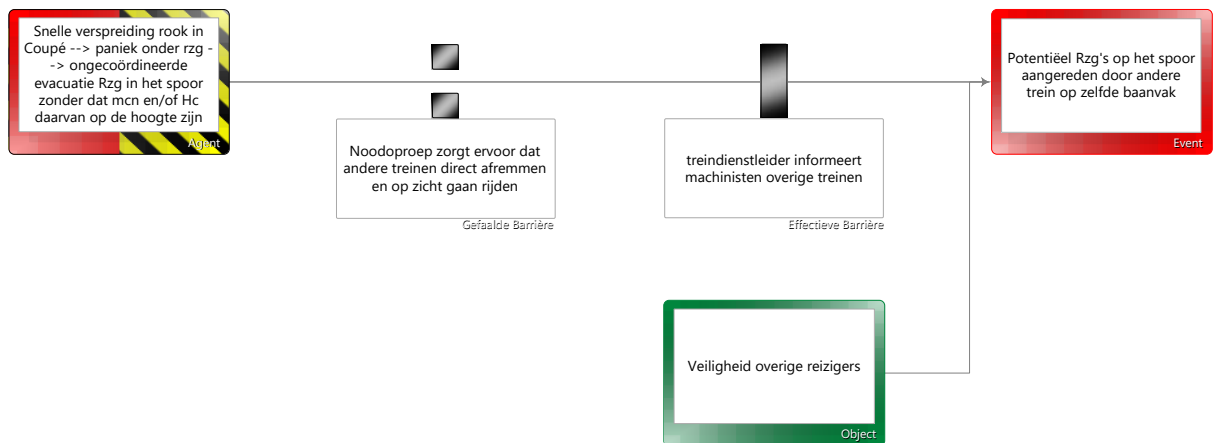


Figuur 6: EGO-trio 5, inclusief doorbroken en ontbrekende barrières

De doorbroken en ontbrekende barrières zijn:

- Binnen 20-60ms afschakelen SnS OS Abcoude en Strandvliet stopt energietoever in brandende kast.
- Automatisch neerlaten stroomafnemer bij aanspreken SnS trein.
- Communicatiesysteem rzg - mcn geeft mcn mogelijkheid de evacuatie te starten.

4.2.6 Het zesde EGO-trio



Figuur 7: EGO-trio 6, inclusief doorbroken en effectieve barrière

De doorbroken barrière is:

- Noodoproep GSM-R zorgt ervoor dat andere treinen direct afremmen en op zicht gaan rijden.

De effectieve barrière is:

- Treindienstleider informeert machinist overige treinen.

4.2.7 Overzicht alle directe oorzaken die geleid hebben tot het falen van de barrières

Bij onderstaande directe oorzaken moet vanuit veiligheidsperspectief worden opgemerkt dat niet alle barrières het incident volledig hadden kunnen voorkomen. Wel kan gesteld worden dat elke barrière de gevolgen van het incident had kunnen beperken.

- A. Het is onduidelijk welke factoren geleid hebben tot het niet goed functioneren van de tractie-installatie in de trein zonder sluiting.
- B. Het onderhoudsproces van de SnS in de trein kan beter worden afgestemd op het gebruik (daadwerkelijk aantal keer schakelen) van de SnS. Nu wordt het gebaseerd op kilometerprestatie en bedrijfsdagen. Hoewel er geen harde relatie aangetoond is, wordt verondersteld dat dit de kans vergroot dat de SnS faalt.
- C. Het inbouwen van een extra beveiliging in de SnS van onderstation Holendrecht zorgt voor een verlenging van de uitschakeltijd van 20ms naar 90ms. Hierdoor komt drie keer meer energie in de kast dan bij afschakeltijd van 20ms.
- D. De constructie van de kast van de SnS in de trein is niet afdoende om ontsnappen van hete lucht, vlammen en rook naar publieksruimte te voorkomen bij dit soort energieën.
- E. Het ontwerp bevat geen functie waarbij de stroomafnemer automatisch naar beneden gaat bij het falen van de SnS.
- F. Snelschakelaars van onderstations zijn ingesteld op de maximale berekende kortsluitstroom minus een veiligheidsmarge van 15%. Daarbij wordt onvoldoende naar maximaal benodigde bedrijfstromen gekeken. Hierdoor duurt het 7 seconden tot onderstation Abcoude uitschakelt.
- G. Er is geen communicatiesysteem tussen de reiziger die aan de noodrem trekt en de machinist; hierdoor weet de machinist niet wat de oorzaak van de snelremming is en weet hij niet of/dat evacuatie gestart moet worden.
- H. De GSM-R installatie van de trein valt volgens de verklaring van de machinist uit. De oorzaak hiervan is niet bekend. Er is geen snel werkend back-up systeem waarmee de machinist snel de treindienstleider kan bereiken.

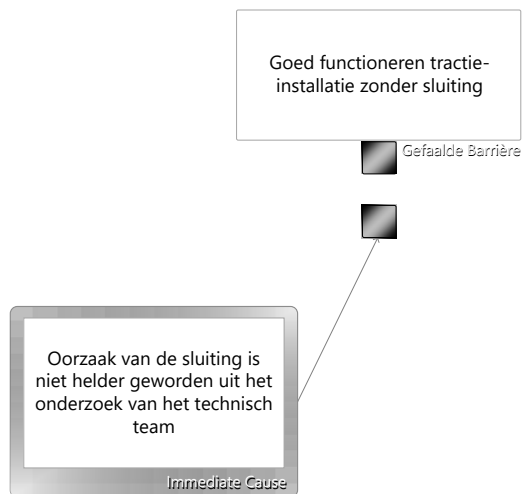
4.3 Van barrières naar achterliggende oorzaken

Een barrière faalt niet vanzelf. Aan het falen van iedere barrière is een handeling vooraf gegaan die de effectiviteit van de barrière teniet heeft gedaan. Deze handeling, of soms juist het uitblijven van een noodzakelijke handeling, is de directe oorzaak voor het doorbreken van de barrière en heeft een directe relatie met het onderzochte incident. Deze standaard handelingen worden 'directe oorzaak/aanleiding' genoemd.

Een Tripod onderzoek brengt in kaart in welke omstandigheden/context een barrière faalt en de achterliggende oorzaken daarvan. Met als doel om te leren van een incident en verbetermogelijkheden te identificeren.

Hierna worden de achterliggende oorzaken per barrière kort benoemd. Ze worden uitgebreider omschreven in paragraaf 4.4.

4.3.1 Doorbroken barrière 1: Goed functioneren tractie-installatie zonder sluiting



Figuur 8: Doorbroken barrière 1, inclusief directe oorzaak

Indien de tractie-installatie goed gefunctioneerd had zonder dat er sluiting was ontstaan, was de SnS van de trein niet aangesproken en had het incident niet plaatsgevonden. Tijdens het technisch onderzoek is geen eenduidige oorzaak voor de sluiting in de tractie-installatie van de trein gevonden.

4.3.2 Doorbroken barrière 2: Vlamboog dooft in bluskap



Figuur 9: Doorbroken barrière 2, inclusief directe oorzaak, contexten en achterliggende oorzaken

Uit het onderzoek is gebleken dat de omstandigheden waaronder de SnS heeft moeten functioneren binnen de specificaties waren. Dat betekent dat hij de betreffende stroom had moeten kunnen afschakelen. Het is niet duidelijk door welke reden de SnS heeft gefaald. Het onderzoek heeft wel een aantal factoren in het onderhoudsproces blootgelegd die verbeterd kunnen worden om de kans op falen van de SnS te verkleinen.

Door het falen van de SnS ontstond een vlamboog tot aan de buitenzijde van de bluskap in de kast van de SnS.

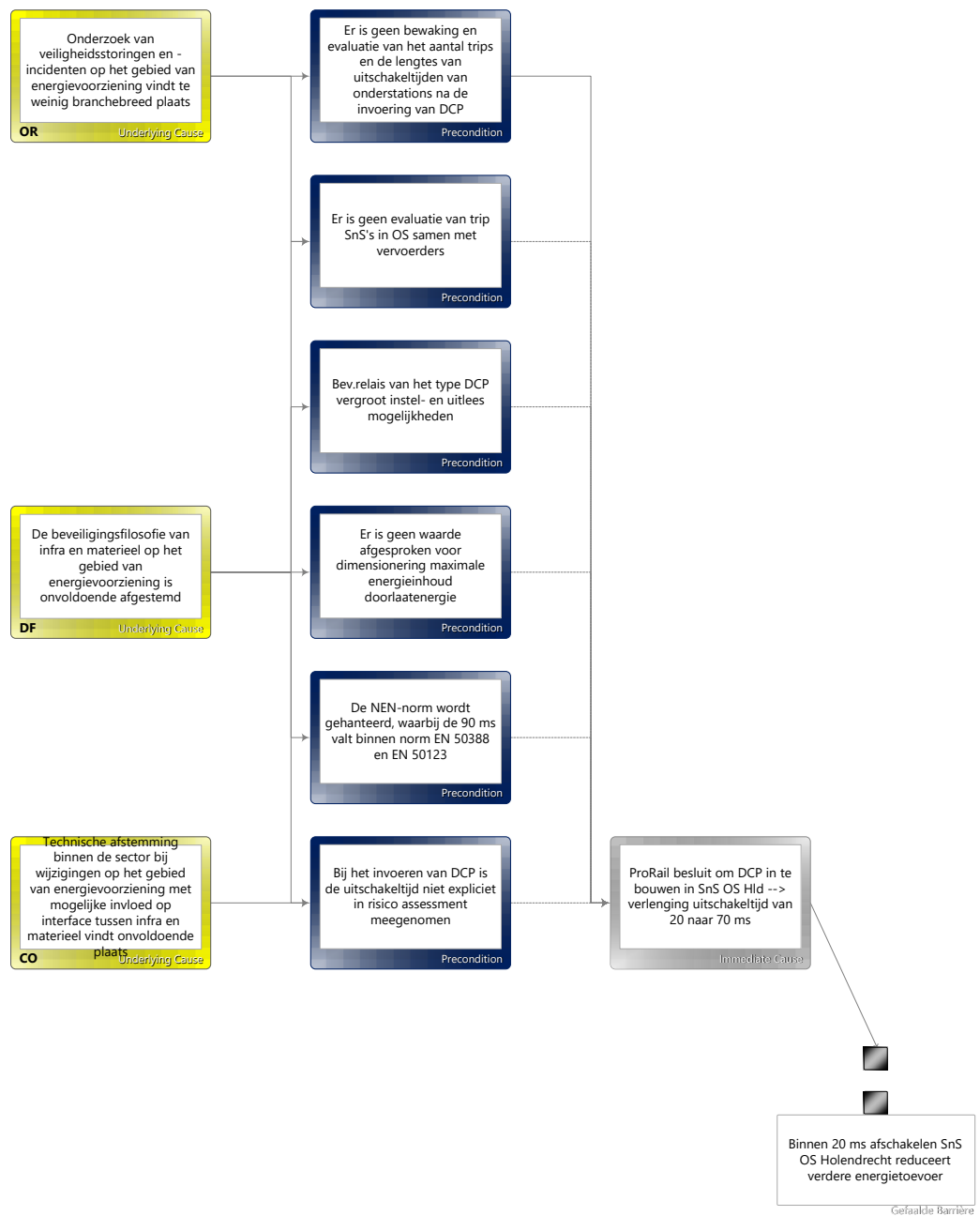
De volgende contexten of omstandigheden liggen hieraan ten grondslag:

- De schakelaar en de bluskap worden beschouwd als twee separate onderdelen; de onderhoudshistorie wordt niet geanalyseerd.
- Het is moeilijk om bij inspectie in de bluskap te kijken zonder deze te demonteren.
- Er is in ICM geen registratie van het aantal malen dat een SnS in een trein schakelt en de soort schakeling.
- Er zijn geen (verplichte) systemen om wederzijds te leren tussen fabrikant en gebruikers.
- Er zijn voor dit type SnS geen kritische onderdelen benoemd die te allen tijde bij fabrikant gekocht moeten worden.
- De gespecificeerde afkeurwaarden voor vervangdelen zijn niet volledig.
- De meest actuele informatie is niet bij de fabrikant aanwezig of bekend.
- Er zijn alternatieve materialen gebruikt; waarvan materiaaleigenschappen niet volledig bekend zijn.
- De blusplaten worden niet altijd schoon en droog gemonteerd; het montageproces is op dit punt niet goed beschreven.

Als achterliggende oorzaken hiervoor zijn geïdentificeerd:

- Het onderhoud van de SnS in de trein is gebaseerd op periodiciteit en gemiddeld gebruik.
- Het onderhoudsproces van de SnS in de trein vindt niet plaats op basis van de meest actuele kennis die aanwezig is in de internationale spoorsector.

4.3.3 Doorbroken barrière 3: Binnen 20ms afschakelen SnS onderstation Holendrecht voorkomt verdere energietoevoer naar de SnS kast



Figuur 10: Doorbroken barrière 3, inclusief mogelijke oorzaak, contexten en achterliggende oorzaken

Op het moment dat de SnS in de trein faalt, verwacht men dat onderstation Holendrecht binnen 20ms afschakelt. In de onderstations zijn de afgelopen jaren 'Digital Control and Protection devices' (hierna DCP) ingebouwd. Die hebben veel voordelen op het gebied van bijvoorbeeld instelbaarheid en registratie van beveiligingsacties. Het nadeel is echter dat deze DCP de uitschakeltijd verlengt als gevolg van de elektronische beveiliging. Volgens de normen EN 50388; PVE00097 en specifiek EN 50123 wordt geen hogere snelheid vereist bij dit soort lage dl/dt . In dit geval schakelde het onderstation Holendrecht af na 90ms. Dit betekent dat de initiële hoeveelheid vrijgekomen energie in de kast van de SnS in de trein circa 3 keer hoger is.

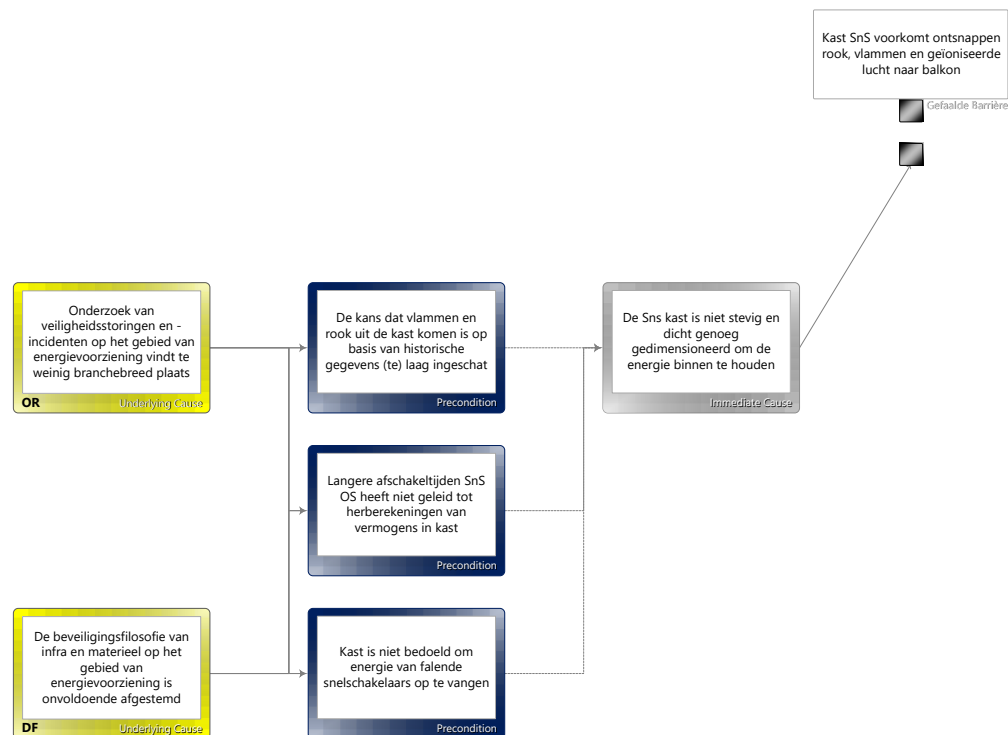
De volgende contexten/omstandigheden liggen hieraan ten grondslag:

- Er is geen bewaking en evaluatie van het aantal trips en de lengtes van uitschakeltijden van onderstations na de invoering van DCP.
- Er is geen evaluatie van trips van Snelschakelaars in onderstations samen met vervoerders.
- Beveiligingsrelais van het type DCP vergroot de instel- en uitlees mogelijkheden.
- Er is geen waarde afgesproken voor de dimensionering van de maximale energie-inhoud van de doorlaatenergie; er zijn wel interfacespecificaties en normen waaruit dit mogelijk afgeleid kan worden.
- De NEN-norm wordt gehanteerd, waarbij de 90ms valt binnen norm EN 50388 en EN 50123.
- Bij het invoeren van DCP is de uitschakeltijd niet expliciet in risico assessment meegenomen.

Als achterliggende oorzaken hiervoor zijn geïdentificeerd:

- Onderzoek van veiligheidsstoringen en -incidenten op het gebied van energievoorziening vindt te weinig branchebreed plaats.
- De beveiligingsfilosofie van infra en materieel op het gebied van energievoorziening is onvoldoende afgestemd.
- Technische afstemming binnen de sector bij wijzigingen op het gebied van energievoorziening met mogelijke invloed op interface tussen infra en materieel vindt onvoldoende plaats.

4.3.4 Doorbroken barrière 4: Kast voorkomt ontsnappen rook, vlammen en geïoniseerde lucht naar balkon



Figuur 11: Doorbroken barrière 3, inclusief directe oorzaak, contexten en achterliggende oorzaken

Op het moment dat de SnS van de trein faalt en onderstation Holendrecht blijft doorvoeden ontstaat een ongecontroleerde vlamboog rondom de SnS. Hierbij komt energie vrij in de kast. De kast is niet stevig en dicht genoeg gedimensioneerd om de energie binnen te houden. Hete, geïoniseerde lucht en vlammen ontsnappen uit de kast naar het balkon waar op dat moment een reiziger aanwezig is.

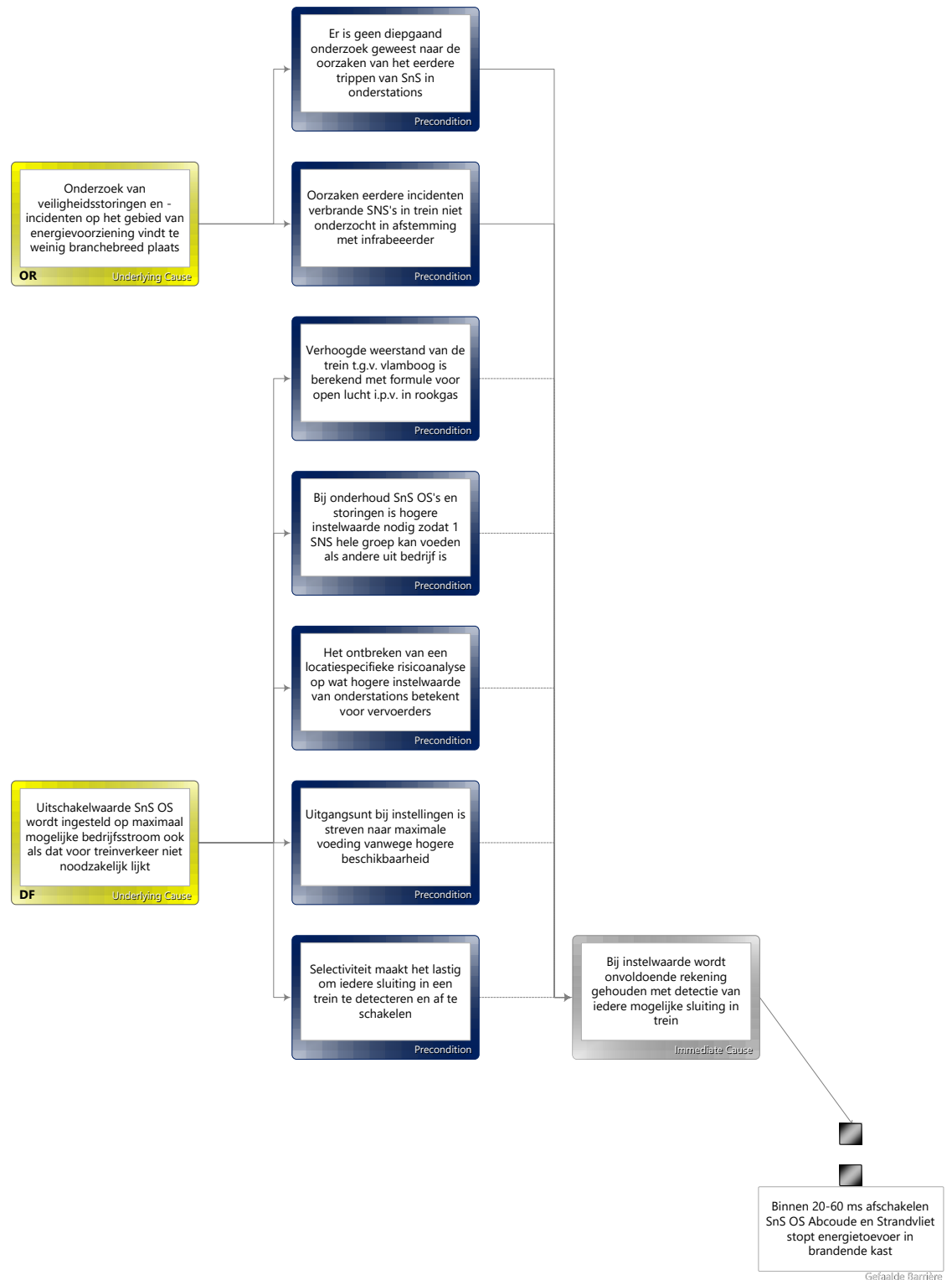
De volgende contexten/omstandigheden liggen hieraan ten grondslag:

- De kans dat vlammen en rook uit de kast komen is op basis van historische gegevens (te) laag ingeschat.
- Langere afschakeltijden van de snelschakelaars van onderstations hebben niet geleid tot herberekeningen van de maximale vermogens in de SnS kast.
- De kast is niet bedoeld om de energie van een falende SnS op te vangen.

Als achterliggende oorzaken hiervoor zijn geïdentificeerd:

- Onderzoek van veiligheidsstoringen en -incidenten op het gebied van energievoorziening vindt te weinig branchebreed plaats.
- De beveiligingsfilosofie van infra en materieel op het gebied van energievoorziening is onvoldoende afgestemd.

4.3.5 Doorbroken barrière 5: Binnen 20-60ms afschakelen van de snelschakelaars van onderstations Abcoude en Strandvliet stopt de energietoevoer naar de brandende kast



Figuur 12: Doorbroken barrière 5, inclusief directe oorzaak, contexten en achterliggende oorzaken

Na het ontstaan van de brand in de kast van de SnS rijdt de trein nog. De SnS in OS Holendrecht is door de hoge kortsluitstroom uitgeschakeld. De trein wordt nu nog gevoed door onderstation Abcoude. Omdat de trein nog ver verwijderd is van het onderstation duurt het 7 seconden tot de SnS van OS Abcoude afschakelt. Dit heeft te maken met de instelwaarde van de SnS in het onderstation in combinatie met de elektrische weerstand van het kortsluitcircuit. Ook OS Strandvliet heeft nog 2x 1,5s de kortsluiting gevoed. Gedurende deze tijd blijft er via de bovenleiding en de stroomafnemer een stroom lopen naar de kast van de SnS. Dit vergroot de heftigheid van de brand in de kast.

De volgende contexten/omstandigheden liggen hieraan ten grondslag:

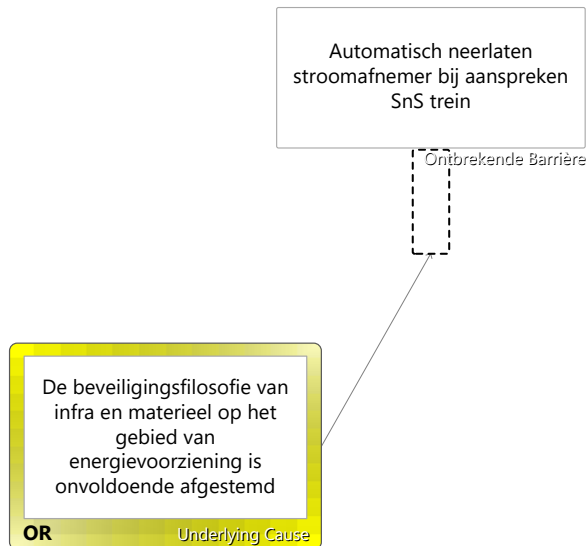
- Er is geen diepgaand onderzoek geweest naar de oorzaken van het eerdere trippen van snelschakelaars in onderstations.
- Oorzaken van eerdere incidenten met snelschakelaars in treinen zijn niet onderzocht in afstemming met de infrabeheerder.
- Verhoogde weerstand van de trein ten gevolge van de vlambogen is berekend met de formule voor open lucht in plaats van in rookgas.
- Bij het onderhoud van de SnS in onderstations en storingen is een hogere instelwaarde nodig zodat één SnS de hele groep kan voeden als een andere buiten bedrijf is.
- Het ontbreken van een locatiespecifieke risicoanalyse op wat hogere instelwaarde van onderstations betekent voor vervoerders.
- Uitgangspunt bij instellingen is streven naar maximale voeding vanwege hogere beschikbaarheid.
- Selectiviteit maakt het lastig om iedere sluiting in een trein te detecteren en af te schakelen.

Als achterliggende oorzaken hiervoor zijn geïdentificeerd:

- Onderzoek van veiligheidsstoringen en -incidenten op het gebied van energievoorziening vindt te weinig branchebreed plaats.
- Uitschakelwaarde SnS OS wordt ingesteld op maximaal mogelijke bedrijfsstroom ook als dat voor treinverkeer niet noodzakelijk lijkt.

De achterliggende oorzaken zijn in paragraaf 4.3 opgesomd en verder in detail beschreven.

4.3.6 Ontbrekende barrière 6: Automatisch neerlaten stroomafnemer bij aanspreken SnS trein



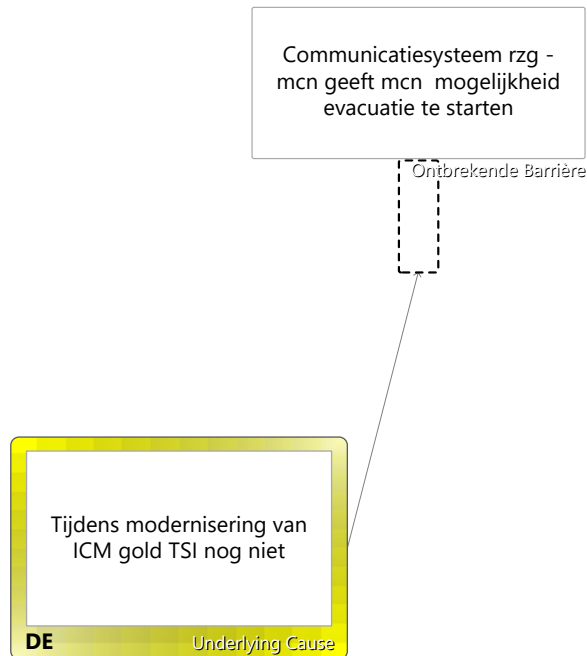
Figuur 13: Ontbrekende barrière 6, inclusief achterliggende oorzaak

Bij een defecte SnS in een trein wordt verwacht dat de stroomtoevoer snel stopt door het uitschakelen van de snelschakelaars in de onderstations. Dat gebeurt ook mits de kortsluitstroom hoog genoeg is. Er is geen systeem om de stroomafnemer automatisch neer te laten.

Als achterliggende oorzaak hiervoor is geïdentificeerd:

- De beveiligingsfilosofie van infra en materieel op het gebied van energievoorziening is onvoldoende afgestemd.

4.3.7 Ontbrekende barrière 7: Communicatiesysteem tussen reiziger en machinist geeft de machinist de mogelijkheid de evacuatie te coördineren



Figuur 14: Ontbrekende barrière 7, inclusief achterliggende oorzaak

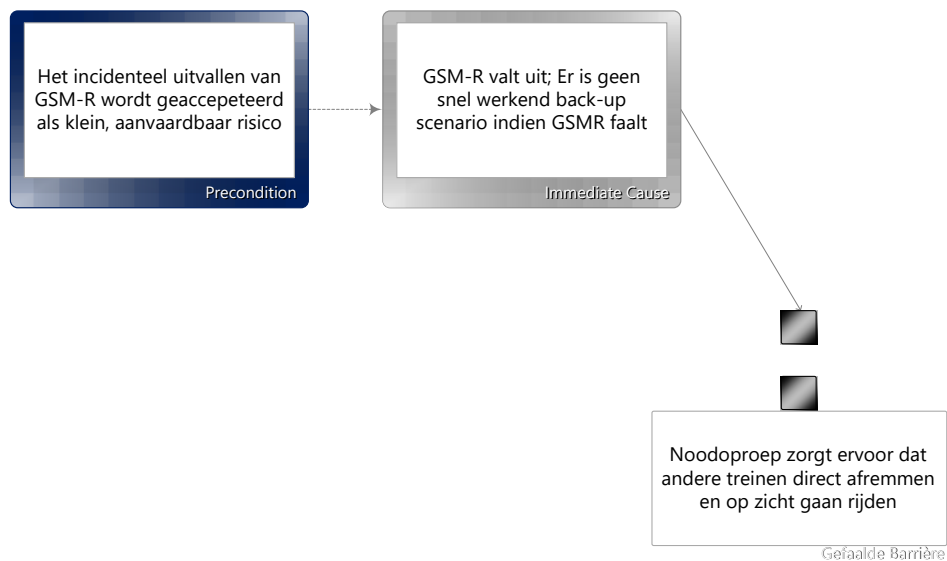
Als een van de reizigers aan de noodrem trekt treedt direct een snelremming op. ICM heeft geen signalering dat er aan de noodrem is getrokken, noch een communicatiesysteem waarmee reizigers en machinist met elkaar kunnen communiceren. Hierdoor weet de machinist niet wat er aan de hand is en weet hij niet of/dat hij de evacuatie moet starten. Voor nieuw materieel geldt de eis voor een dergelijk signalerings- en communicatiesysteem sinds een aantal jaren.

Als achterliggende oorzaak hiervoor is geïdentificeerd:

- Tijdens modernisering van ICM gold TSI nog niet.

Op een later moment is op basis van een ALARP-analyse is besloten een alerteringsysteem aan te brengen en daarbij geen communicatiesysteem aan te brengen. Hiervoor is ontheffing verleend door de Inspectie Leefomgeving en Transport (IL&T). Ten tijde van het incident was er nog geen alerteringsysteem aanwezig, de inbouw hiervan is gestart in het najaar van 2015 en is gereed in het najaar 2016.

4.3.8 Ontbrekende barrière 8: Noodoproep GSM-R zorgt ervoor dat andere treinen direct afremmen en op zicht gaan rijden



Figuur 15: Ontbrekende barrière 8, inclusief directe oorzaak, context en achterliggende oorzaak

Direct nadat de machinist ziet dat zijn stroom wegvalt, verklaart hij dat ook zijn GSM-R uitvalt. Hierdoor is hij niet in staat om via GSM-R de treindienstleider en omringende treinen te waarschuwen dat er iets aan de hand is. Er is geen back-up scenario waarmee machinisten snel het juiste nummer van de treindienstleider kunnen vinden en bellen.

De volgende context/ omstandigheid ligt hieraan ten grondslag:

- Het incidenteel uitvallen van GSM-R wordt geaccepteerd als klein, aanvaardbaar risico.

Hiervoor is geen achterliggende oorzaak geïdentificeerd.

4.4 Omschrijving van de achterliggende oorzaken

1. Het onderhoudsproces van de SnS in de trein vindt niet plaats op basis van de meest actuele kennis die aanwezig is in de internationale spoorsector

Het actualiseren van de documentatie rondom het onderhoudsproces is binnen de sector niet goed geborgd. Er is binnen de sector geen systematiek aanwezig om alle relevante informatie van gebruikers te verzamelen en te delen binnen de sector. Evenmin is vastgelegd wat kritische onderdelen zijn en wat afkeurwaarden zijn voor bepaalde onderdelen.

2. Het onderhoud van de SnS in de trein is gebaseerd op periodiciteit en gemiddeld gebruik

Het is niet exact bekend hoe vaak een SnS in een ICM schakelt en bij welke stroom de SnS afschakelt. Deze twee factoren zijn van invloed op bijvoorbeeld de slijtage van de contacten en de bluskappen en daarmee op de bedrijfszekerheid van de SnS. Door het ontbreken van deze informatie is het niet mogelijk het onderhoud af te stemmen op het gebruik. Onderhoud vindt nu plaats op basis van vaste onderhoudsintervallen.

3. De beveiligingsfilosofie van infra en materieel op het gebied van energievoorziening kan beter worden afgestemd

Door dit onderzoek is aan het licht gekomen dat binnen de sector onduidelijkheid is over de gewenste afschakeltijden en energiewaarden waarmee de stroomtoevoer naar een defecte trein beheerst wordt. Die onduidelijkheid wordt niet weggenomen door de relevante NEN-normen die ruimere afschakeltijden en energiewaarden toelaten.

4. Onderzoek van veiligheidsstoringen en -incidenten op het gebied van energievoorziening vindt te weinig branchebreed plaats

Al eerder hebben er onderzoeken naar aanleiding van incidenten op het gebied van energievoorziening plaatsgevonden die als veiligheidsstoring of als veiligheidsincident zijn gekwalificeerd. Voorbeelden van dergelijke onderzoeken hebben betrekking op incidenten met snelschakelaars, het aantal trips en de lengte van uitschakeltijden van onderstations en het uitvallen van GSM-R. In deze onderzoeken heeft men niet altijd de daadwerkelijke oorzaak kunnen achterhalen, waarschijnlijk mede doordat de onderzoeken binnen de eigen organisatie plaatsvonden en te weinig branchebreed.

5. Technische afstemming binnen de sector bij wijzigingen op het gebied van energievoorziening met mogelijke invloed op interface tussen infra en materieel vindt onvoldoende plaats

Bij wijzigingen in de energievoorziening wordt gekeken of de wijzigingen voldoen aan de geldende eisen voor het eigen systeem en onvoldoende naar de interface tussen infra en materieel.

6. Uitschakelwaarde SnS OS wordt ingesteld op maximaal mogelijke bedrijfsstroom ook als dat voor treinverkeer niet noodzakelijk lijkt

De uitschakelstroomwaardes op de snelschakelaars worden in onderstations zo hoog mogelijk ingesteld, ook als dat voor de maximale opgenomen stroom voor het treinverkeer niet noodzakelijk lijkt. Door deze hoge instelling schakelen onderstations zelden onterecht uit wat een positieve invloed op de beschikbaarheid heeft.

Maar bij een kortsluiting in de trein of in de infra is de kans groter dat de SnS in het OS niet of pas later zal uitschakelen indien de elektrische weerstand van het kortsluitcircuit hoger is dan waar rekening mee is gehouden, met name op trajecten waar onderstations dicht op elkaar staan. De instelwaarde zou dan omlaag kunnen aangezien in korte secties minder treinen rijden waardoor de maximale stroomvraag lager is.

7. Tijdens modernisering van ICM gold TSI nog niet; op basis van een ALARP-analyse is besloten geen communicatiesysteem aan te brengen

Tijdens de modernisering van ICM die in uitvoering is gegaan in 2005 was er nog geen TSI die eisen stelde aan een communicatiesysteem reiziger-machinist bij het bedienen van de noodrem. In 2010/2011 is naar aanleiding van een tunnelveiligheidsproject en het aanbrengen van reizigersnoodremovername een ALARP-analyse uitgevoerd op het aanbrengen van een communicatiesysteem bij de noodremtrekkers. Op basis van deze ALARP-analyse is door IL&T ontheffing verleend op deze eis voor materieeltypen die al toegelaten waren.

5 Conclusies

1. De beveiligingsfilosofie van de energievoorziening tussen infra en materieel kan beter op elkaar worden afgestemd

Binnen de sector is onduidelijkheid over de gewenste afschakeltijden en energiewaarden waarmee de stroomtoevoer naar een defecte trein beheerst wordt. Die onduidelijkheid wordt niet weggenomen door de relevante NEN-normen die ruimere afschakeltijden en energiewaarden toelaten.
2. De SnS kast is niet in staat om het ontsnappen van vlammen en hete lucht naar reizigersruimte te voorkomen

Het is mogelijk dat de SnS in de trein faalt. Er kan dan een langdurige vlamboog naast de bluskap ontstaan waarbij vermogens van enkele megawatts kunnen vrijkomen. De SnS kast is niet ontworpen om de hoeveelheid hete gassen, dampen en rook die hierbij ontstaan binnen te houden en gecontroleerd af te voeren.
3. Onderhoudsproces SnS kan beter

Het onderhoudsproces van de snelschakelaars in de trein is niet optimaal. Enerzijds wordt niet de meest actuele kennis gebruikt die aanwezig is in de internationale spoorsector. Anderzijds is niet exact bekend hoe vaak snelschakelaars aanspreken en bij welke vermogens dat gebeurt. Daarbij is het ook onbekend wat precies het gevolg is van het frequent uitschakelen bij lage stroomwaarden voor het onderhoud dat nodig is de SnS in de vereiste conditie te houden. Het onderhoud is vooral gebaseerd op periodiciteit en gemiddeld gebruik.

6 Bijlagen

A. Introductie Tripod Beta incidentanalyse

Het verzamelen van informatie

Een Tripod Beta Incidentanalyse begint met het verzamelen van informatie. In deze 'onderzoeksfase' trachten de onderzoekers zoveel mogelijk relevante informatie te verzamelen, waardoor het mogelijk wordt het gebeurde te analyseren en achterliggende oorzaken te identificeren. Tijdens de onderzoeksfase ontvangen de onderzoekers een veelheid aan informatie, waarvan slechts een deel wordt gebruikt voor de Tripod Beta Incidentanalyse. Voor dit onderzoek zijn de volgende typen van informatie gebruikt:

- bezoeken van de plaats van het incident.
- Interviews.
- beoordeling van documentatie.

De incident gerelateerde feiten die uit deze informatiebronnen naar voren zijn gekomen worden beschreven en geanalyseerd in hoofdstuk 4.

De theorie

Tripod Beta Incidentanalyse is gebaseerd op de theorie dat incidenten, als ze niet worden veroorzaakt door oncontroleerbare externe factoren (bijv. meteorieten, oorlog), het gevolg zijn van achterliggende oorzaken (weeffouten) die diep verankerd zijn in de organisatie. Deze achterliggende oorzaken zijn verantwoordelijk voor het mogelijk maken van incidenten van verschillende aard. Hierbij kunnen verschillende organisatieonderdelen en mensen betrokken zijn en verschillende soorten schade of letsel ontstaan. Vroeg of laat zullen achterliggende oorzaken de oorzaak zijn van het verstoren van een gepland en beoogd proces, omdat zij een verborgen onderdeel uitmaken van de organisatie. Er zal echter maar een klein deel van deze verstoringen te voorschijn komen als 'echte incidenten', met of zonder schade of letsel.

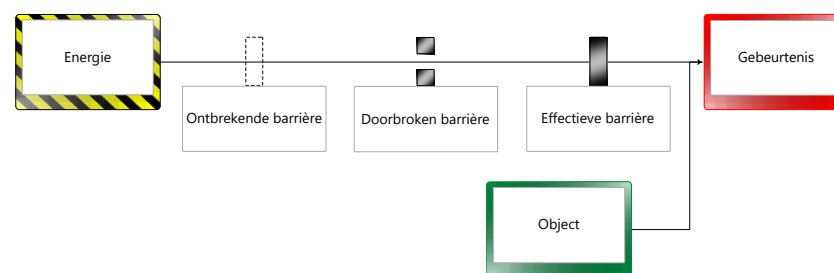
Tripod Beta Incidentanalyse gebruikt incidenten als aangrijpingspunt om de achterliggende oorzaken te achterhalen die onderdeel uitmaken van de organisatie. Het onderzoeksrapport bevat de geïdentificeerde achterliggende oorzaken die bij het desbetreffende incident een rol hebben gespeeld. Het gevolg is dat de beheersing door het management verbeterd kan worden om deze 'kiemen' die aanwezig zijn in de organisatie en aanleiding kunnen zijn tot een andere verstoring van het operationele proces, te elimineren of te minimaliseren.

De methode

Een Tripod Beta Incidentanalyse leidt tot een Tripod Beta-diagram dat weergeeft hoe een bepaalde 'energie' een bedreiging vormt voor bepaalde 'objecten'. 'Energie' heeft de eigenschap schade te kunnen toebrengen aan de 'objecten', als zij daartoe in staat wordt gesteld door ongewilde gebeurtenissen. Deze gebeurtenissen worden ook wel incidenten genoemd.

Een Tripod Beta-diagram beschrijft het gehele proces, vanaf het gerapporteerde incident tot, terugredenerend, de initiatie van de activiteit die uiteindelijk tot het incident leidde. Het meest rechter element van een Tripod Beta-diagram beschrijft het incident (ook wel het 'ongeval' genoemd) zoals het zich voor de toeschouwer manifesteerde; een botsing, een brand, etc. De daaraan voorafgaande gebeurtenissen worden daarvoor beschreven.

Een Tripod Beta-diagram bestaat dus uit een aaneenschakeling van energie-gebeurtenis-object-trio's. Het diagram is van links naar rechts opgebouwd. Daarbij volgt het een tijdlijn: het linkertrio heeft het eerst plaatsgevonden, naar rechts toe volgen de trio's de tijd, waarbij uiteindelijk in het meest rechter element de gerapporteerde gebeurtenis (het uiteindelijke ongeval met schade of letsel) wordt beschreven. De individuele energie-gebeurtenis-object-trio's worden EGO-trio's genoemd, de hele reeks van trio's wordt Tripod Beta-diagram genoemd.



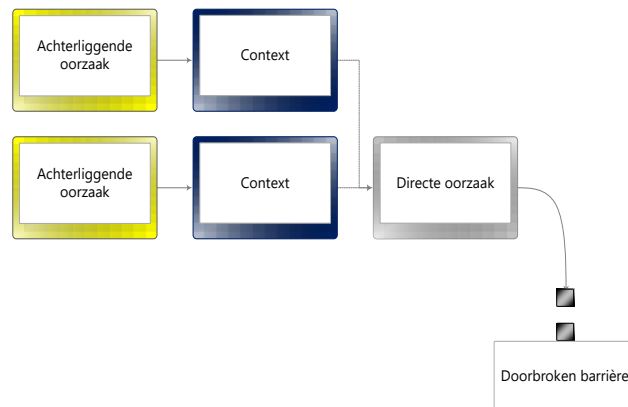
Figuur 16: Voorbeeld van een EGO-trio met barrières

Elk organisatorisch systeem is ontworpen om ongewilde gebeurtenissen te voorkomen door beheersmaatregelen te gebruiken. Een organisatie gebruikt ook beschermingsmaatregelen (defensieve maatregelen) om de objecten te beschermen tegen schade of letsel voor die gevallen dat beheersmaatregelen falen en er daadwerkelijk ongewilde gebeurtenissen optreden. Deze beheers- en beschermingsmaatregelen worden beschouwd als barrières om een systeem te beveiligen tegen incidenten.

Een systeem dat doorbroken of ontbrekende barrières bevat, bevat ook contexten die er toe hebben geleid dat bepaalde barrières ineffectief zijn. Deze contexten hebben kunnen ontstaan door een gebrek aan controle in de organisatie waarin het incident zich heeft voorgedaan. Daarom zijn de geïdentificeerde contexten de sleutel tot de achterliggende oorzaken, die blijkbaar al langere tijd in het systeem aanwezig zijn geweest. Deze achterliggende oorzaken zijn verantwoordelijk voor het ontstaan van verschillende risicovolle contexten, die kunnen leiden tot verschillende substandaard handelingen² (aanleidingen/directe oorzaken voor doorbroken barrières) en uiteindelijk verschillende incidenten.

Een Tripod Beta Incidentanalyse creëert een logische structuur waarin de relaties tussen barrières, directe oorzaken (aanleidingen), contexten en achterliggende oorzaken op een heldere manier worden gepresenteerd.

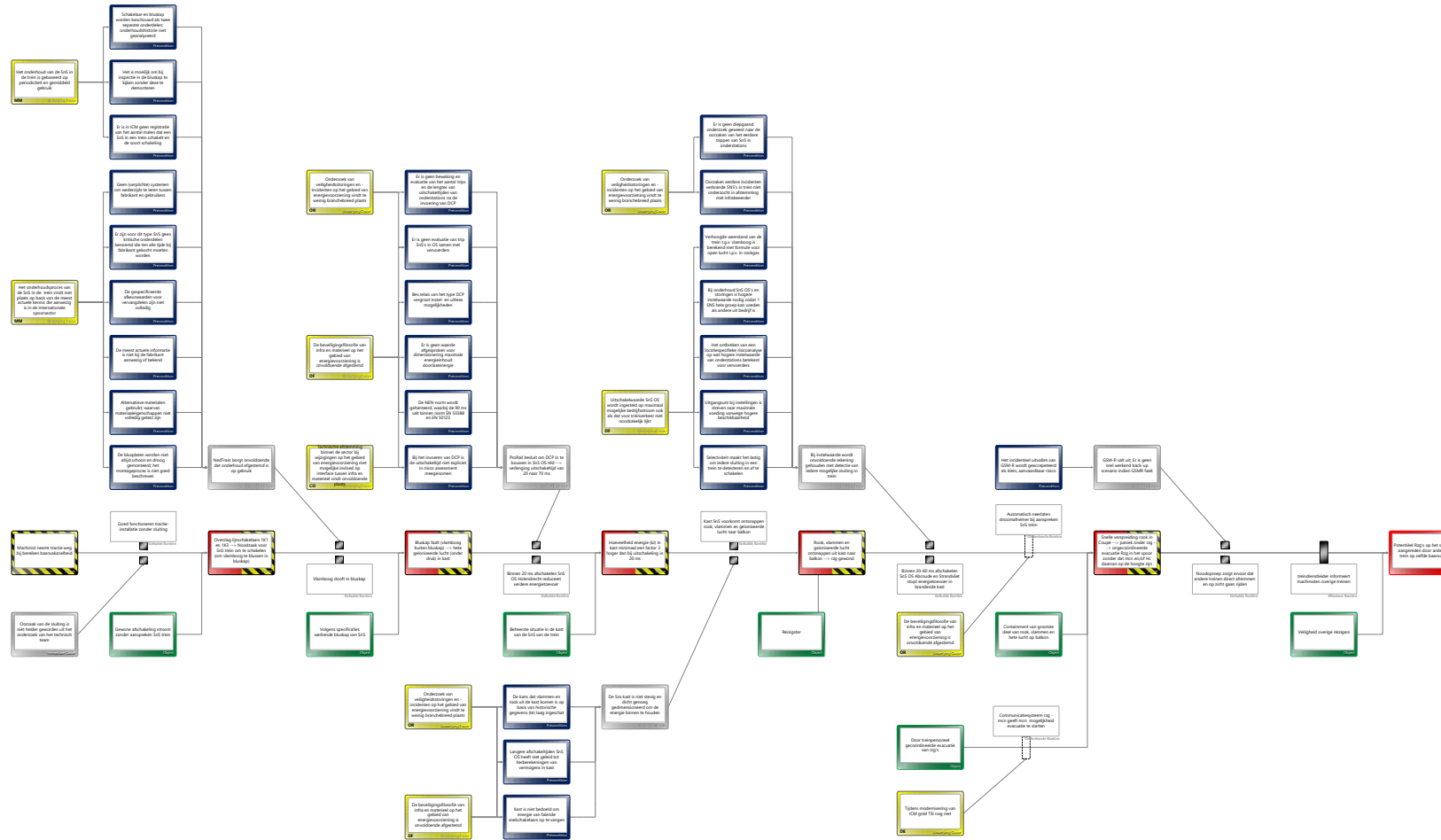
² Substandaard handeling: een handeling afwijkend van het beoogde standaard gedrag



Figuur 17: Voorbeeld van een doorbroken barrière met directe oorzaak, contexten en achterliggende oorzaken.

In relatie tot het onderzochte incident, geeft de Tripod Beta Incidentanalyse weer welke barrière heeft gefaald, welke context heeft geleid tot een bepaalde substandaard handeling (in Tripod Beta 'directe oorzaak/aanleiding' genoemd) en welke achterliggende oorzaak deze context heeft veroorzaakt. Uiteindelijk worden achterliggende oorzaken gecategoriseerd in Basis Risico Factoren. Door te identificeren welke Basis Risico Factoren hebben bijgedragen aan een incident, is de organisatie in staat om de middelen die toegewezen worden om incidenten in de toekomst te voorkomen, toe te wijzen aan de meest kwetsbare management gebieden.

B. Totaaloverzicht Tripod Beta analyse diagram



C. Rapportage technisch onderzoeksteam

Inhoudsopgave bijlage C

1	Inleiding	2
1.1	De opdrachtgever	2
1.2	Afkadering van het onderzoek	2
1.3	Het onderzoeksteam	2
1.4	Doelstelling.....	2
1.5	Probleemstelling.....	2
1.6	Leeswijzer	3
2	Onderzoeksopzet en uitvoering	4
2.1	Feitenonderzoek.....	4
2.2	Reconstructie.....	4
2.3	Analyse	5
3	Resultaten.....	6
3.1	Beschrijving van het incident	6
3.2	Onderzoek	6
3.3	Opstellen afgeleide feiten zijn:.....	7
3.4	Samenstellen ARR & GPS overzicht treinstellen met tijdsynchronisatie	7
3.4.1	ARR	7
3.4.2	GPS	8
3.4.3	Samenstellen ARR met GPS.....	8
3.5	Samenstellen overzicht registraties betrokken onderstations	11
3.6	Chronologische verklaring grafiek.....	12
3.7	Opstellen kortsluitberekeningen.....	13
3.8	Gegevens en waarnemingen ordenen	15
4	Reconstructie.....	16
4.1	Samenstelling tijdlijn	16
4.2	Knooppunten.....	17
4.3	Oorzaken bij knooppunten.....	18
4.4	Analyse	18
4.5	Reeks van incidenten die tot het ongeval geleid hebben	18
4.6	Hypothesen over de oorzaken van dit (meest waarschijnlijke) scenario.....	19
4.7	Nadere toelichting op hypothesen.....	22
5	Beantwoording onderzoeksvragen en conclusies	27
5.1	Beantwoording onderzoeksvragen	27

1 Inleiding

1.1 De opdrachtgever

In het kader van het geformuleerde veiligheidsbeleid van NS en ProRail worden ongevallen c.q. incidenten met (potentieel) grote gevolgen systematisch onderzocht. Dit onderzoek past binnen deze criteria.

Direct na de start van het onderzoek bleek dat de aard van het incident vroeg om een gezamenlijk onderzoek vanuit materieel en infra perspectief om de toedracht te achterhalen. Dit past ook in de beweging om binnen de branche samen te leren en meer gezamenlijk te werken aan verbetering van de veiligheid.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van NS Reizigers en ProRail.

1.2 Afkadering van het onderzoek

De scope van het onderzoek begint bij het ontstaan van de directe oorzaak die ten grondslag ligt aan het ontstaan van de kortsluiting.

De scope eindigt op het moment dat de trein spanningsloos is en de op de trein invoedende onderstations definitief zijn afgeschakeld en niet meer opnieuw inschakelen.

Tevens behoort tot de scope van het onderzoek het geen contact kunnen krijgen van de machinist met de treindienstleiding via de GSM-R.

1.3 Het onderzoeksteam

Het technische onderzoeksteam voor dit incident bestond uit specialisten van NedTrain (op verzoek van NSR) en ProRail onder begeleiding van een externe, onafhankelijke projectleider.

1.4 Doelstelling

De doelstelling is vastgesteld door de opdrachtgevers en luidt voor dit onderzoek: het beantwoorden van de onderzoeksvragen binnen de scope van het onderzoek en het rapporteren over de technische oorzaak of oorzaken die hebben geleid tot het incident.

1.5 Probleemstelling

Uit de doelstelling blijkt dat het onderzoek is afgekaderd. Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de technische oorzaken die kunnen hebben geleid tot dit incident.

Waar de doelstelling het eindproduct van het onderzoek beschrijft, geeft de probleemstelling invulling aan de wijze waarop tot dat eindproduct zal worden gekomen. Het beschrijft de centrale vraag in dit onderzoek en luidt:

Welk incidentenverloop heeft geleid tot de gewonde reiziger en welke technische oorzaak of oorzaken hebben geleid tot dit incident?

In dit rapport wordt antwoord gegeven op bovenstaande vraag. Dat gebeurt middels het opsplitsen van deze vraag in infra en materieel deelvragen. Deze worden in hoofdstuk twee uitgewerkt en zijn als volgt geformuleerd en aan het onderzoeksteam meegegeven:

1. Waardoor is de brand ontstaan in de kast van de snelschakelaar?
2. Waarom is de deur van de HS-kast geweken?
3. Hoe kon er zoveel rook in de trein ontstaan?
4. Hoe heeft het hete gas / vuur in de reizigersruimte kunnen komen?
5. Waarom kon de machinist geen contact krijgen met de Trdl via GSM-R?

1.6 Leeswijzer

Om de hoofdvraag en deelvragen te kunnen beantwoorden worden in het eerste hoofdstuk de achtergronden bij het onderzoek beschreven en relevantie van dit onderzoek. Vervolgens wordt in het tweede hoofdstuk de onderzoeksopzet en uitvoering beschreven. Hoofdstuk 3 bevat de resultaten van de werkwijze zoals geformuleerd in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 4 de resultaten van de reconstructie. In hoofdstuk 5 staat de beantwoording van de onderzoeksvragen aangevuld met de conclusies.

2 Onderzoekopzet en uitvoering

2.1 Feitenonderzoek

In deze processtap worden alle feiten en waarnemingen verzameld en geordend.

- Feiten zijn gemeten gegevens en zijn vastgelegd door systemen.
- Waarnemingen zijn o.a. getuigenverklaringen, resultaten van onderzoek aan de infra / materieel en door fabrikanten. Waarnemingen kunnen tot feit benoemd worden, zodra de waarneming onomstotelijk bewezen wordt en door geen enkele ander feit ontkracht wordt.

Bij het ordenen van de feiten en gegevens worden:

- van waarnemingen getracht het waarheidsgehalte vast te stellen.
- afgeleide overzichten gemaakt waarmee feiten gecombineerd worden om een beter overzicht te krijgen.
- aanvullende vragen geformuleerd voor onderzoek aan het materieel en infra. De resultaten van aanvullend onderzoek worden opgenomen in het overzicht van feiten en gegevens.
- aanvullende gegevens uit de ontwerpen opgezocht en aan het dossier toegevoegd.
- alle feiten en waarnemingen opgenomen in een overzicht waarbij aangegeven wordt wat het feit betekent of de waarneming suggereert. Er wordt ook gezocht of het feit of waarneming een correlatie of ontkenning heeft met andere feiten c.q. waarnemingen.
- bij de ordening van de feiten kunnen de feiten omgezet worden in afgeleide feiten. Het synchroniseren van tijd is een voorbeeld van het samenstellen van een afgeleide. In dit rapport wordt verantwoording afgelegd over het tot stand komen van afgeleide feiten.

2.2 Reconstructie

In deze processtap worden meerdere acties genomen op de beschikbare feiten en waarnemingen. Deze acties zijn:

- De feiten en waarnemingen worden overzichtelijk geplaatst in een tijdvolgorde diagram.
- De knooppunten die het verloop van het incident kenmerken, worden benoemd en weergegeven.
- De mogelijke routes tussen de verschillende knooppunten worden benoemd.

2.3 Analyse

In de analysefase worden de verschillende routes tussen de knooppunten nader onderzocht op hun waarschijnlijkheid en worden de feiten en waarnemingen gekoppeld aan een route. Dit leidt tot een “meest waarschijnlijke” volgorde van gebeurtenissen, die uiteindelijk heeft geleid tot het incident.

In deze processtap worden de antwoorden op de gestelde onderzoeksvragen beantwoord en worden conclusie(s) geformuleerd.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de feitelijke resultaten van het onderzoek weergegeven en geanalyseerd. En wordt een objectief beeld geschetst van het verzamelde materiaal.

3.1 Beschrijving van het incident

Op 12 maart 2015 om circa 15:30 uur ontstaat tussen Holendrecht en Abcoude brand in treinstel ICMm 4038 onderweg van Schiphol naar Heerlen.

Er ontstaat rookontwikkeling in de snelschakelaarkast (HS-kast).

De hete gassen en rook verlaten de HS-kast via kieren in de sluiting tussen deur en frame en komen op het balkon terecht. De op het balkon aanwezige reiziger loopt letsel op en vlucht naar de coupé en daarna met andere reizigers naar het achterste balkon. De rook verspreidt zich naar deze coupé. De reizigers vluchten van de rook weg. Een medereiziger trekt aan de noodrem en de snelremming zet in.

Na het stoppen van de trein opent een reiziger de deuren van de trein. De reizigers helpen elkaar uit de trein.

3.2 Onderzoek

Deze paragraaf geeft een overzicht van de verzamelde feiten en waarnemingen en geeft een toelichting over de samengestelde afgeleiden. De volgende bronnen hebben feiten aangedragen:

1. ARR treinstel 4038
2. ARR treinstel 4046
3. GPS logging treinstellen 4038 en 4046
4. DCP registraties OS Holendrecht
5. Voice recording Treindienstleiding
6. Schakellogs OBI
7. Voice recording beproeving GSM-R dd. 17-04-2015
8. Beantwoording vragen gesteld aan de fabrikant van de snelschakelaar van de trein
9. SG150610-NL-CDA-01 Rev A van 02-09-2015
10. Systeemdokumentatie / -handleidingen
11. Werkbeschrijvingen controle en reparaties SNS
12. Onderhoudsdokumentatie
13. Uitdraai VHS database
14. Metingen retourstroomborstels 4038
15. Schema's bovenleiding
16. Schema's onderstations
17. Schema's kabelloop infra
18. Inspectierapport infra
19. Resultaten periodieke kortsluitbeproevingen Infra
20. DCP-registraties eerdere uitschakelingen
21. Kortsluitberekeningen ProRail
22. Verificatie berekeningen DNV GL (ex KEMA) kortsluitstroom
23. Feitenopsomming (Excel sheet onderzoeksteam)

De volgende waarnemingen zijn aanwezig:

24. Waarnemingen treinstellen 4038 / 4046 dd. 13-03-2015
25. Waarnemingen materieel dd. 17-04-2015
26. Waarnemingen materieel dd. 24-04-2015
27. Verklaring machinist
28. Verklaring conducteur
29. Verklaringen van reizigers
30. Verklaring bewoner langs OSI
31. Verklaring reiziger (slachtoffer) via NT-HLM-WDT (geen schriftelijke verklaring beschikbaar)
32. Waarnemingen aan de infra
33. Bezoek aan de fabrikant van de snelschakelaar van de trein

3.3 Opstellen afgeleide feiten zijn:

Drie in het onderzoek belangrijke afgeleiden zijn samengesteld:

- 1) ARR en GPS met tijdsynchronisatie
- 2) Overzicht registraties betrokken onderstations
- 3) Opstellen kortsluitberekeningen

3.4 Samenstellen ARR & GPS overzicht treinstellen met tijdsynchronisatie

3.4.1 ARR

De ARR is een registratie-eenheid welke een aantal treinsignalen vastlegt met een tijdsinterval van één seconde. Het type ARR in ICM registreert gedurende ongeveer 40 km, waarna de eerdere registraties overschreven worden. De ARR in ICM registreert een beperkt aantal signalen.

De geregistreerde gegevens zijn:

- bewaakte maximum snelheid op basis van de ATB-code
- de voertuigsnelheid
- remkraan bediend
- snelremming

De ARR gegevens zijn gekoppeld aan de datum / tijd van de registratie unit. Door deze gegevens op te nemen in een Excel blad, kunnen tijdsynchronisatie en grafieken gerealiseerd worden. Voor het juist weergeven van de afgelegde weg, is de geregistreerde snelheid gecorrigeerd met de daadwerkelijke diameter van de wielband.

3.4.2 GPS

Sinds een aantal jaren is in de intercityvloot het On Board Information System (OBIS) aanwezig. Dit systeem verzorgt reisinformatie en internet in de trein. Het systeem heeft een GPS-ontvanger aan boord en verzendt per 10 seconden de actuele positie van het voertuig naar de "wal". Deze positie wordt onder andere gebruikt voor de reisinformatie-apps op smartphones. Op zich heeft OBIS geen verbindingen met het trein besturing en monitor systeem (TCMS). De positiegegevens worden bewaard. Binnen de GPS informatie is locatie en grondsnelheid aanwezig. GPS hanteert een datum tijdsysteem gekoppeld aan een atoomklok. Deze gegevens zijn bruikbaar om de trein op een kaart te positioneren op een bepaalde tijd.

3.4.3 Samenstellen ARR met GPS

Startpunt voor de synchronisatie is de binnenkomst en het vertrek van de trein uit Amsterdam Bijlmer Arena. Bij binnenkomst is het laatste sample met gelijke snelheid van ARR en GPS gebruikt, bij vertrek het eerste sample met gelijke snelheid van ARR en GPS.

Door deze tijden van elkaar af te trekken, kan vastgesteld worden dat de ARR klok in de 4038 twee minuten en 38 seconden (00:02:38) voorloopt op de GPS-tijd.

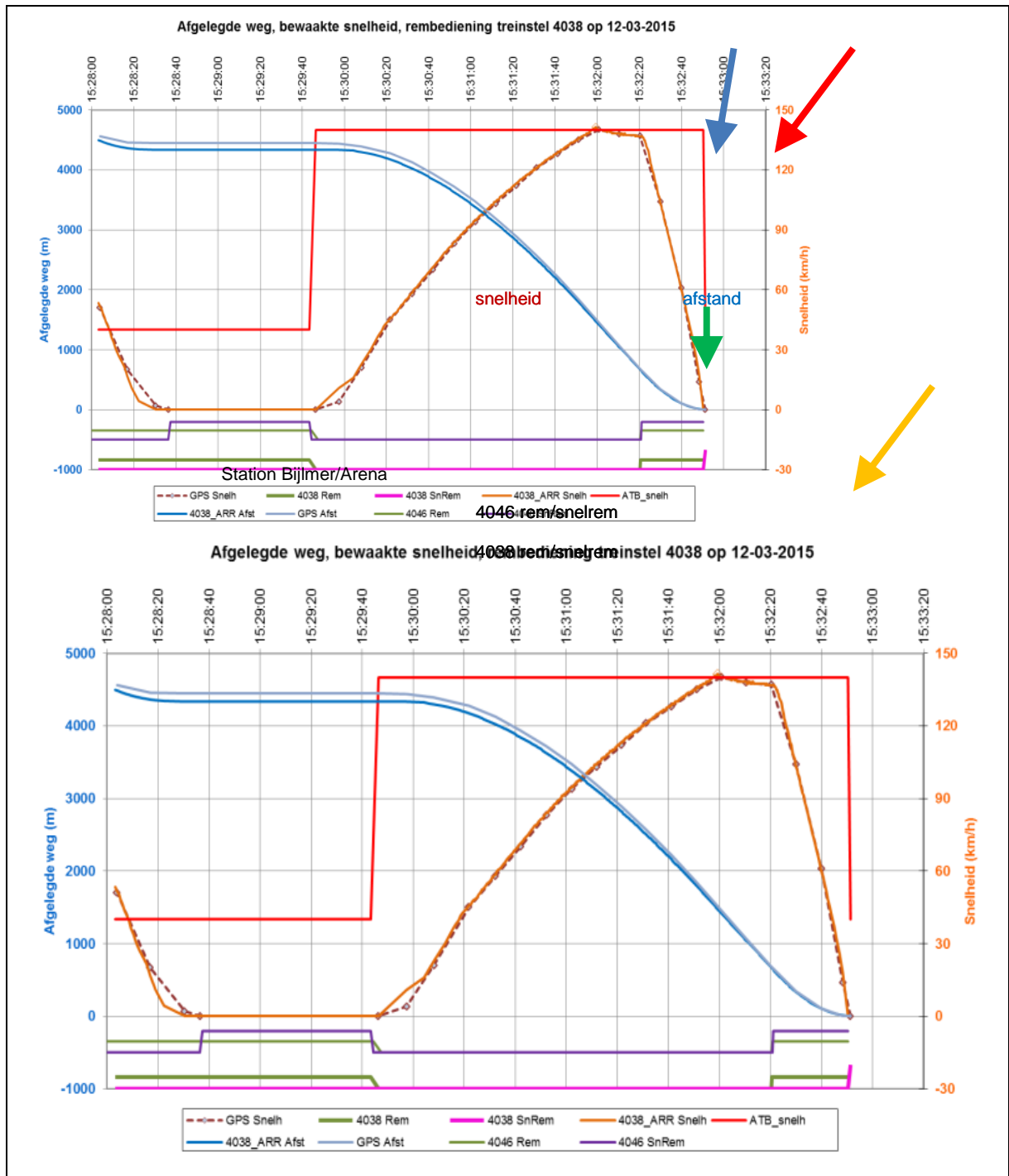
Voor de ARR van treinstel 4046 is op vergelijkbare wijze vastgesteld dat de ARR klok vijf minuten en vierendertig seconden (00:05:34) voorloopt op de GPS-tijd.

Het tijdstip van het incident wordt vastgesteld door de ARR- / GPS-registratie te synchroniseren met OBI. Vanuit OBI wordt de tijd aangeleverd van het spontaan openen van de snelschakelaar in OS Holendrecht, vanuit de ARR / GPS stopte de trein met versnellen. De ARR meldt in de registratie de overschrijding van de maximum toegestane seinbeeldsnelheid van de ATB. Het incident tijdstip is 15:32:03 uur.

Gebruikte bronbestanden en output:

- a. ARR registratie ICM treinstellen 4038 en 4046.
 - 4038 Seite_4.Speicher_1 - 20.03.2015.txt/ arr4038grafiek.xls
 - 4046 Seite_4.Speicher_1 - 20.03.2015.txt/ arr4046grafiek.xls
- b. GPS logging van treinstel 4038
 - "GPS_Data_matnr_4038_4046.xlsx"samengevoegd met ARR registraties: arr_grafiek_tijd_GPS.xls

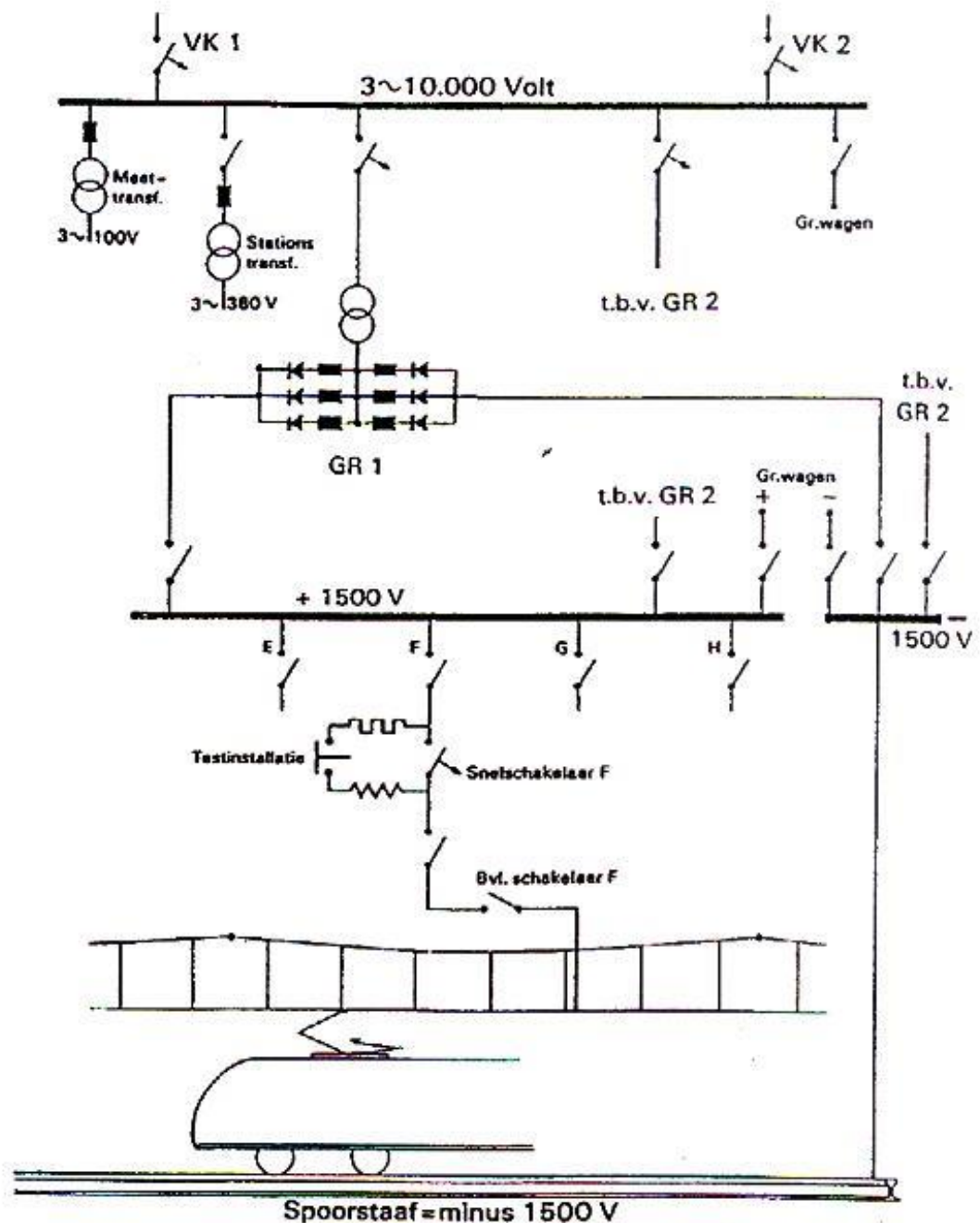
De samenvoeging levert het beeld op zoals weergegeven in **Error! Reference source not found.1**



Figuur 1: ARR met GPS

Volgens de ARR in treinstel 4038 wordt de maximale baanvaknelheid van 139,3km/h op 15:34:42 uur bereikt. De GPS logging van het treinstel 4038 geeft 140km/h op 15:32:05 uur (blauwe pijl). De afstand tot aan de uiteindelijke stop is 1460m. Dit houdt in dat dit ongeveer in de OSI (Open Span Inrichting) van OS Holendrecht is (groene pijl). Na 20s wordt een snelremming ingezet (rode pijl). Het afremmen duurt hierna nog 30s (donkergele pijl).

3.5 Samenstellen overzicht registraties betrokken onderstations

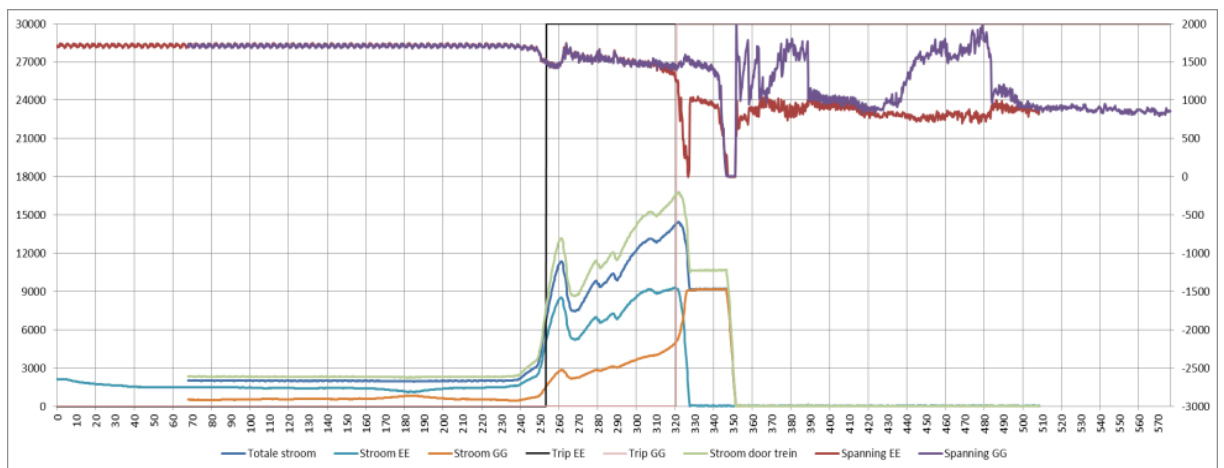


Figuur 2: Opbouw ProRail onderstation

Op alle snelschakelaars in OS Holendrecht zijn digitale beveiligingsrelais geïnstalleerd van het type DCP (Digital Control and Protection Device). Deze relais' krijgen van de snelschakelaars meetgegevens aangeleverd, bewerken deze en geven indien bepaalde instellingen worden overschreden een uitschakelcommando aan de snelschakelaar. Het DCP-relais onthoudt van de 3 laatste uitschakelcommando's verschillende meetwaarden gedurende een meetduur van een halve seconde rondom de gebeurtenis.

Zo waren er ook van dit incident verschillende registraties aanwezig in de DCP-relais in OS Ashd welke na het incident zijn uitgelezen.

Aangezien de trein tijdens het ontstaan van het incident precies in de openspaninrichting van onderstation Holendrecht reed en de DCP-relais van beide SnS daarop een uitschakelcommando hebben gegeven, kunnen we de registraties van beide SnS in één grafiek samenvoegen. Dit wordt in onderstaande figuur 4 weergegeven.



Figuur 3: Grafiek samengestelde registraties onderstations

De grafiek bevat meetwaarden en daarnaast twee berekende waarden: de 'Totale stroom' en de 'Stroom door de trein'. De stroom via SnS EE en via SnS GG kunnen we optellen tot de 'Totale stroom' die vanuit OS Ashd naar de twee voedingssecties heeft gelopen. Daarnaast is in de grafiek de berekende waarde 'Stroom door trein' weergegeven: er is berekend dat de stroom die via de bovenleiding vanuit de omgeving naar de trein heeft gelopen nog zo'n 20% hoger was dan de 'Totale stroom'. Het is vermeldenswaardig dat deze stroom gesuperponeerd is op de 'Totale stroom' om een worstcase waarde weer te geven. Terwijl in werkelijkheid door de invloed van de inductie in het systeem deze stroombijdrage bij begin van de kortsluiting 0% is en uiteindelijk na zo'n 3 maal de 'tautijd' (zoals dat normaal is in een eerste-orde systeem) de 20% bereikt.

3.6 Chronologische verklaring grafiek

Deze paragraaf heeft betrekking op figuur 3 'Grafiek samengestelde registraties onderstations'.

De totale stroom bij aanvang is 2100A in alleen schakelaar EE. De DCP van schakelaar GG heeft op dit punt nog geen meetwaarden opgeslagen zodat die in de grafiek ontbreken. De stroom door de EE zakt. Dit is het moment dat de stroomafnemer van ICM treinstel 4038 de rijdraden van beide bovenleidinggroepen in de OSI raakt. De stroom verdeelt zich dan over EE: 1490A en GG: 520A. De totaalstroom wordt dan opgenomen door beide ICM treinstellen, die nog vol aan het aanzetten zijn.

Dan zien we de stroom plotseling stijgen wat het begin van het incident inluiddt. De eerste 10ms is de stijging beperkt maar daarna is deze zeer sterk. Dat is ongeveer 250ms na het begin van de stroomovername van de OSI bij Holendrecht. Met 39 m/s (140km/h) is dit dus: 10m na het eerste contact met beide rijdraden. De verdeling van de stroom in EE en GG blijft in de genoemde verhouding, zoals te verwachten is door de langere voedingslijn van GG naar de OSI in de bovenleiding in vergelijking met de voedingslijn van EE.

De DCP van SnS EE in OS Holendrecht tript en geeft een uitschakelcommando aan de SnS EE. Het daadwerkelijk openen van de SnS duurt nog ongeveer 70ms. Na het tripcommando van SnS EE neemt de stroom tijdelijk af door een spanningsverhoging op de rijdraad. Dit is zeer waarschijnlijk het openen van de SnS in 4038.

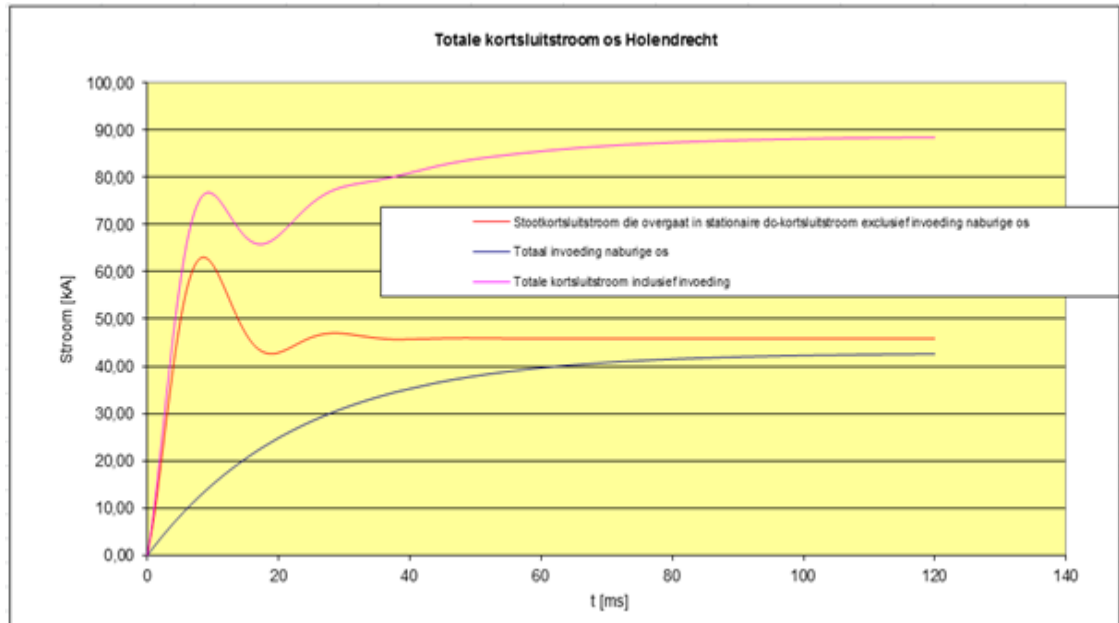
In tegenstelling tot de verwachting dat de stroom nu tot 0 afneemt, neemt de stroom weer schoksgewijs toe. Dit is het moment dat er een overslag in of bij de SnS in de 4038 plaatsvindt. De stroom door EE en GG tezamen geleverd (in figuur 3 de 'Totale stroom') loopt op tot zo'n 14kA.

De contacten van SnS EE beginnen daarna met openen. De spanning aan de uitgang van EE wordt nu negatief door de vlamboogspanning in de SnS, met als gevolg een negatieve di/dt in de voedingskabel naar de bovenleiding. (De spanningsmeting kan alleen een positieve waarde aangeven, vandaar dat deze negatieve spanning niet te zien is in de grafiek). Deze spanning op de uitgang van EE staat vervolgens op ca. 1000V, het potentiaal dus van de bovenleiding. De stroom van GG stijgt hierna door tot bij 9000A de meting vastloopt omdat de meetomvormer van de SnS geen hogere waarde kan aangeven. Het spanningsverschil tussen EE en GG impliceert een verdere toename van de stroom GG. De DCP en de elektromechanische uitschakeling van SnS GG trippen nu ook. Vervolgens opent ook SnS GG waardoor de spanning op de GG negatief wordt en de stroom door GG geleverd afneemt tot nul (0).

3.7 Opstellen kortsluitberekeningen

Een belangrijk aspect in het technisch onderzoek is de stroom die de SnS in de trein 4038 af moest schakelen. De kortsluitstroom die er theoretisch gelopen kan hebben is daarom berekend zodat we deze kunnen vergelijken met gemeten waardes.

Ten eerste is de kortsluitstroom berekend indien de weerstand en zelfinductie van de trein tijdens het incident $0 \Omega/0mH$ was. Dit is theoretisch de hoogste stroom die er kan lopen. In onderstaande grafiek is de berekende kortsluitstroom als functie van de tijd weergegeven.

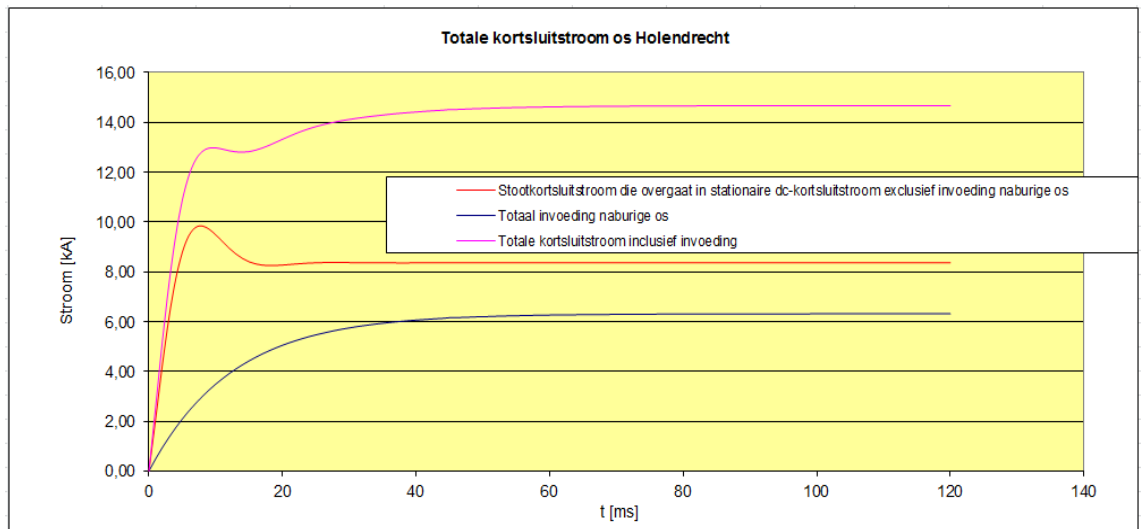


Grafiek 1 Filenaam: "Berekening kortsluitstroom max Holendrecht_aangepast model + botte sluiting v3" met treinweerstand/zelfinductie=0

De piek rond de 10ms is de zogenaamde stootkortsluitstroom die ontstaat bij het kortsluiten van de transformator-gelijkrichter van een OS.

We zien in de DCP-grafieken (de gemeten waardes in figuur 4) echter dat de stroom niet zo hoog wordt als deze theoretische waardes. Ook zien we, dat er een relatief hoge spanning op de bovenleiding blijft staan. Hieruit blijkt, dat de impedantie van de kortsluiting niet 0Ω is. Als we proberen de stroom en spanningswaardes in de DCP-grafieken te benaderen met de berekening, dan blijkt dat de treinweerstand tijdens de kortsluiting ongeveer $120 \text{ m}\Omega$ moet bedragen. In de berekening wordt de kortsluiting als weerstand met een vaste waarde gemodelleerd terwijl een vlamboog zich beter laat modelleren met constante brandspanning. Dat geeft echter een ingewikkeldere berekening waarbij de uitkomst naar verwachting niet significant zal verschillen.

Indien deze waarde in de kortsluitberekening meegenomen wordt dan geeft dat de onderstaande grafiek:



Grafiek 2 Filenaam: "Berekening kortsluitstroom max Holendrecht aangepast modelv4" met treinweerstand/inductie=120m Ω

Deze berekening is gecontroleerd door DNV GL. Conclusie is, dat men met enkele kleine opmerkingen, die weinig invloed hebben op de uitkomst, achter de berekening kan staan. De berekening is op basis van de kleine opmerkingen nog aangepast en in dit rapport gebruikt.

Daarnaast heeft de SnS fabrikant ook een berekening gemaakt van de maximale kortsluitstroom. Bij een kortsluiting op het betreffende punt zonder treinweerstand/inductie komen zij op een maximale stroom van 97 kA.

3.8 Gegevens en waarnemingen ordenen

Feiten en waarnemingen zijn ondergebracht in een Excel bestand In dit overzicht zijn de volgende kolommen opgenomen:

- Waarneming
- Foto
- Treinstel
- Oorzaak
- Gevolg
- Suggereert / Impliceert
- Wordt bewezen door
- Wordt ontkend door

Voorafgaand aan de ongevalsanalyse zijn eerst de gegevens geïnventariseerd. Er zijn waarnemingen gedaan, die de basis vormen voor een reconstructie van de gebeurtenis. De volgorde van de lijst heeft geen betekenis. Niet alle waarnemingen zijn momenteel relevant, maar kunnen bij een nader onderzoek alsnog van belang blijken.

4 Reconstructie

4.1 Samenstelling tijdlijn

Om waarnemingen, meetgegevens en verklaringen met elkaar in relatie te kunnen brengen, heeft het onderzoeksteam besloten tot het samenstellen van een tijdlijn. Een tijdlijn geeft een overzicht, volgorde van de tijd, van alle gegevens en is een veel gebruikt hulpmiddel bij incidentonderzoeken.

De tijdlijn kan nu samengesteld worden.

De belangrijkste momenten uit de tijdlijn zijn vermeld in tabel 1.

Tijd:	Gebeurtenis op 12 maart 2015	Betrokken:	Opmerkingen:	Bron:
15:30:25	Trein 3555 verlaat spoor 607 te Amsterdam Bijlmer Arena	Sectie: ASB\$3257T (1)	Km 6.005 - 6.145; Bvl-groep 2791.	TOON
15:31:52	Sectie: AC\$3296BT (1)		Km 8.260- 8.936; Bvl-groepen 2793 en 2878.	TOON
15:32:03	Max snelheid in ARR (vervolgens in vrijloop)			ARR
15:32:03	Snelschakelaar EE in os Holendrecht spontaan uit.			OBI
15:32:03	Snelschakelaar GG in os Holendrecht spontaan uit.			OBI
15:32:10	Snelschakelaar EE in os Abcoude spontaan uit.			OBI
15:32:25	Begin snelremming			ARR
15:32:47	Trein rijdt door over spoor 674 te Abcoude	Sectie: AC\$3406BT (1)		TOON
15:32:55	Trein komt tot stilstand			ARR

Tabel 1: Samenvatting tijdlijn

4.2 Knooppunten

Voor de opbouw van verschillende hypotheses zijn meerdere werkwijzen mogelijk. Zo kan top-down, vanaf het incident, teruggedeneerd worden op basis van de waarnemingen.

Een andere werkwijze is vanuit techniek de waarnemingen te onderzoeken op aanwijzingen over de gebeurtenissen en de tijdsafhankelijke relatie daartussen. Daarmee kan een hypothese opgesteld worden over het meest waarschijnlijke verloop van het incident. Binnen het onderzoek is gekozen voor deze methode.

Het resultaat van deze methode is het kunnen benoemen van “knooppunten”. Deze “knooppunten” zijn belangrijke momenten in het incident.

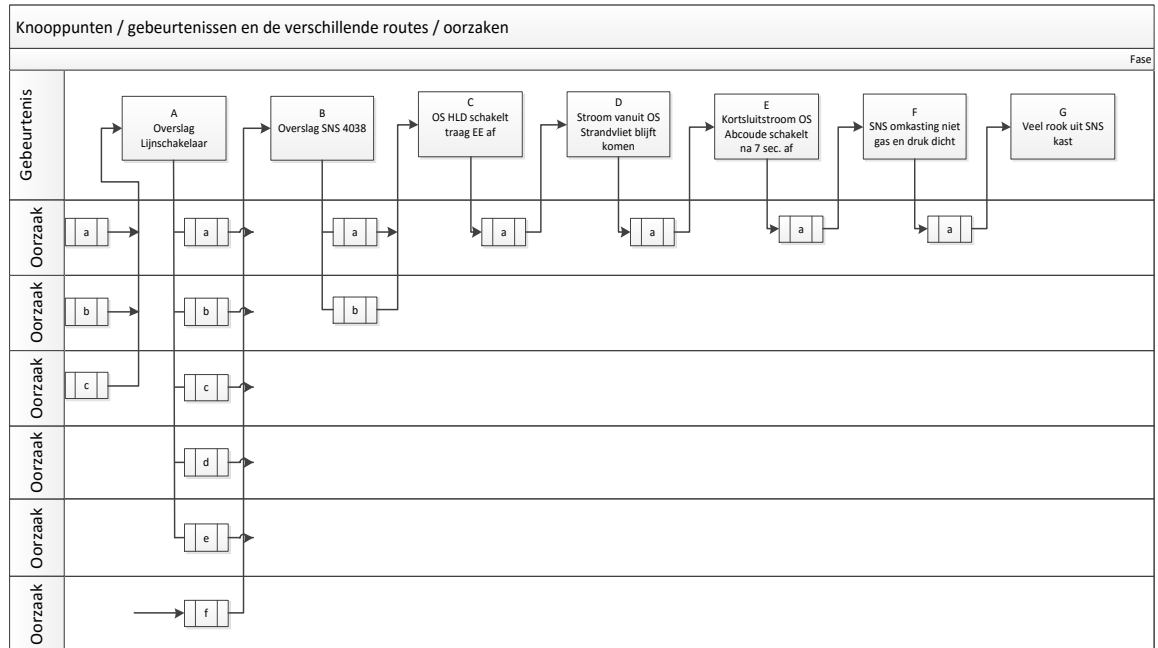
Deze opeenvolging van “knooppunten” zijn gedefinieerd als gebeurtenissen die in de tijd achtereenvolgens plaatsgevonden moeten hebben. Dit noemen we het scenario. Voor elke scenariostap (“knooppunt”) zijn de mogelijke directe oorzaken verzameld om nader te analyseren.

Na selectie op basis van de waarschijnlijkheid ontstaat het scenario met de volgende stappen:

- A. Overslag bij lijnschakelaar 1K1 van ICM 4038.
- B. Overslag in snelschakelaarkast ICM 4038.
- C. Kortsluitstroom OS Holendrecht (EE+GG) wordt na (70+20) ms afgeschakeld.
- D. Kortsluitstroom OS Strandvliet blijft lopen zolang óf 4038 óf 4046 in de OSI rijdt (2x 1,5s).
- E. Kortsluitstroom vanuit OS Abcoude wordt na 7s afgeschakeld.
- F. Deur van HS-kast sluit niet goed, zodat zeer heet gas en rook door de kieren geblazen wordt.
- G. HS-kast bevat hout, waardoor de brand nog lang aanhoudt.

4.3 Oorzaken bij knooppunten

Dit hoofdstuk beschrijft een aantal knooppunten in de ontwikkeling van het treinincident. Zeven cruciale momenten (A t/m G) zijn bepalend geweest voor het incidentenverloop. Ieder knooppunt (figuur 4) vertegenwoordigt een gebeurtenis die door een nader te onderzoeken oorzaak is geactiveerd. Een analyse brengt uitkomst over de correlatie tussen oorzaken en gebeurtenissen. Dit kan gezien worden als de route van achtereenvolgende gebeurtenissen.



Figuur 4: knooppunten en gebeurtenissen

4.4 Analyse

In deze stap worden alle oorzaken en argumenten behandeld bij de knooppunten. Bij ieder knooppunt, aangegeven met een hoofdletter, zijn de oorzaken met een kleine letter benoemd. De argumenten behorende bij de oorzaak zijn voorzien van een cijfer.

4.5 Reeks van incidenten die tot het ongeval geleid hebben

Incident C, D en E hebben ertoe bijgedragen dat de vlamboogenergie in de HS-kast groot kon worden. Incident F heeft geleid tot verwonding van een reiziger.

Incident G heeft geleid tot rookontwikkeling in de passagiersruimte waardoor ontruiming noodzakelijk was. Voor het uiteindelijke ongeval werken al deze incidenten als het falen van een vangnet (of het doorbreken van alle barrières).

4.6 Hypothesen over de oorzaken van dit (meest waarschijnlijke) scenario

Voor elk van deze gefaalde barrières kunnen hypothesen over een mogelijke directe oorzaak opgesteld worden. In paragraaf 4.7 worden de hypothesen nader toegelicht.

Opm.: De meest waarschijnlijke directe oorzaak is hieronder in 'vet' weergegeven.

- A. Aan de pluskant Overslag lijnshakelaar 1K1 van ICM 4038.
- a. **Slechte isolatie door vervuiling of verkeerde montage veroorzaakt een overslag.**
Meetbaar: Bij wegnemen tractie worden de lijnshakelaars 1K1 en 1K3 gelijktijdig geopend. De brandspanning van de beide bluskappen, in serie met de nog tegenspanning producerende motoren veroorzaakt een piekspanning van ca 5kV.
Argumenten pro:
1. **De overslag heeft plaatsgevonden op het moment dat de machinist de tractie weg heeft genomen bij bereiken van de ATB snelheid.**
 2. **Bij uitschakelen tractie wordt direct 1K1 en 1K3 geopend (volgens documentatie).**
- Argumenten contra:*
3. **Inspectie van andere ICM1 treinstellen met geregistreerde DCP uitschakelingen geven geen aanleiding om een overslag bij 1K1 te veronderstellen.**
 4. **Bij (gesimuleerde) I_{max} worden alle schakelaars met 100ms stappen uitgeschakeld, 1K1 en 1K3 als laatste.**
- b. Overslag "spontaan": Geïoniseerde lucht uit de voorzijde van de bluskap is naar achteren gestuwd en heeft de overslag veroorzaakt.
Argumenten pro:
1. Bij de 4046 is zichtbaar dat er vlambogen vanuit de bluskap naar de rand van de kast hebben gestaan.
 2. In ICM valt de BNO met enige regelmaat enige seconden uit. Bij uitval van de BNO valt de ventilatie ook weg. Geïoniseerde lucht blijft dan langer hangen en kan zich verspreiden in de kast.
- c. Overspanning op de lijn
Argumenten pro:
1. Een getuige heeft gemeld dat de treinen wel vaker aanzienlijke vonken trekken in de OSI van Ashd. Wanneer dit overslaat van stroomafnemer naar de Bvl mast, dan is dit een minus-sluiting die door de treinbeweging wordt onderbroken met spanningspieken als gevolg.
- Argumenten contra:*
2. De DCP registraties laten geen spanningspieken zien.
 3. De spanning-aarde afstanden zijn groot in de OSI aangezien de bovenleiding voor 25 kV is voorbereid.
 4. Er zijn geen overslagsporen te zien in de OSI.

- B. Overslag in snelschakelaarkast ICM 4038.
- a. Kortsluitstroom in de OSI is te hoog voor de snelschakelaar
Argumenten pro:
 1. Theoretische kortsluitstroom is hoger dan wat de snelschakelaar volgens specificatie aan kan.*Argumenten contra:*
 2. De werkelijke di/dt , tijdconstante en “prospective current” van het circuit met kortsluiting is binnen de specificatie.
 - b. Bluskap van snelschakelaar niet goed geplaatst.
Argumenten pro:
 1. Dit wordt wel eens geconstateerd bij inspectie.
 - c. **Bluskap van snelschakelaar in slechte conditie.**
Argumenten pro:
 1. **Er zijn al meerdere bluskappen vervangen vanwege afkeur.**
 2. **Na incidenten in 2 andere treinstellen is opgevallen dat de ijzeren brugjes tussen de bluskapcellen weggebrand zijn.**
 3. **Specifiek de bluskap van ICM1 blijkt soms brandgaatjes te hebben, recht tegenover en zichtbaar door de vlamboog openingen onder in de kap.**
 - d. Snelchakelaar is beschadigd door afschakelen lage stroom.
Argumenten pro:
 1. Dit is in het verleden al geconstateerd en gerapporteerd.*Argumenten contra:*
 2. Bij periodieke controle zijn geen afwijkingen waargenomen. Als dit structureel gebeurt, zou dit een keer waargenomen moeten zijn.
 - e. Losse kabelaan sluitingen
Argumenten pro:
 1. In de resten na de brand lijkt de kabelschoen van één afgaande kabel gebroken te zijn.*Argumenten contra:*
 2. Er zijn 2 parallelle kabels, dus een losse kabel verbinding zal op zich nog geen ernstige vonkvorming kunnen geven.
 - f. Overspanning op de lijn
Argumenten contra:
 1. In de DCP registratie is tot 250ms voorafgaand aan het incident geen spanningsvariatie zichtbaar.
- C. Kortsluitstroom EE wordt traag (70ms) afgeschakeld in OS Holendrecht.
- a. “Wrijving op de as”
Argumenten pro:
 1. “Bij de kortsluittest van snelschakelaars in OS wordt dit vaker waargenomen: een 2^e keer dezelfde test gaat het dan wel goed”.
 2. In de registratie van Ashd-EE op 12-03-2013 blijkt dit 120ms te zijn, Ashd-HH op 15-01-2015 zelfs 170ms.*Argumenten contra:*
 3. De SnS EE heeft een dag daarvoor met dezelfde traagheid geschakeld en ook andere uitschakelingen laten dezelfde traagheid zien. De consistentie in de schakeltijd maakt het onwaarschijnlijk dat er sprake is van verhard vet of vastgebrande contacten o.i.d.
 4. Er is duidelijk verschil te zien in aanspreken alleen elektronische beveiliging of ook elektro-mechanische beveiliging.

- b. **Volgens ProRail is dit een acceptabele vertraging, die het gevolg is van de elektronische beveiliging;**
Argumenten pro:
1. **Volgens de normen EN 50388; PVE00097 en specifiek EN 50123 wordt geen hogere snelheid vereist bij dit soort lage dl/dt.**
- Argumenten contra:*
2. **De brochure van de snelschakelaar UR26 vermeldt: totale dooftijd "Tt" 17ms bij 5000 A/ms tot 38ms bij 500 A/ms (mechanische vertraging "Tm" respectievelijk 3 ms en 8 ms).**
- D. **Kortsluitstroom vanuit OS Strandvliet blijft lopen zolang óf 4038 óf 4046 in de Open Span inrichting zitten (2x 1,5s).**
- a. **Veroorzaakt door de constructie van de open span inrichting.**
Argumenten pro:
 1. **De DCP registratie in Holendrecht geeft ca. 900V op de lijn na uitschakeling. Dit geeft onvoldoende stroom voor detectie van een kortsluiting in de naastliggende OS's.**
- E. **Kortsluitstroom vanuit OS Abcoude is na 7s afgeschakeld.**
- a. **Stroom door de SnS EE te OS Abcoude was niet hoog genoeg voor detectie van kortsluiting.**
Argumenten pro:
 1. **De DCP registratie in Holendrecht geeft ca. 900V op de lijn na uitschakeling van de SnS's in OS Holendrecht. Dat duidt op een niet volledige kortsluiting. Dit geeft een te lage stroom voor detectie van een kortsluiting in SnS EE te OS Abcoude.**
Na 7s is de trein het OS Abcoude dichterbij genaderd en is de stroom gestegen doordat de circuitweerstand door de geringere afstand is afgenomen en mogelijk doordat de kortsluiting vollediger wordt. De kortsluitdetectie van SnS EE te Abcoude spreekt daarom nu wel aan.
- F. **Heet gas van de elektrische brand wordt door de kieren geblazen, omdat de deur van de snelschakelaarkast niet goed sluit.**
- a. **Bij de modernisering van ICM is de snelschakelaarkast ontdaan van asbestproducten en gereviseerd.**
Argumenten pro:
 1. **Roetsporen rond de hele deur van de snelschakelaarkast.**
 2. **Bij de snelschakelaarkast van de 4046 zit hier een spleet van 1mm.**
- G. **De achterwand en zijwand van de snelschakelaarkast bevat hout, waardoor brandbaar gas (rook) ontsnapt en de brand aanhoudt.**
- a. **Vanaf nieuwbouw bevat de SnS-kast een binnenwerk van hout en brandwerende materialen. Het hout heeft de functie van isolerend en brandvertragend materiaal.**
Argumenten pro:
 1. **Verkoold hout aangetroffen bij de inspectie.**

4.7 Nadere toelichting op hypothesen

Deze paragraaf geeft een nadere onderbouwing van de belangrijkste hypothesen in paragraaf 4.6.

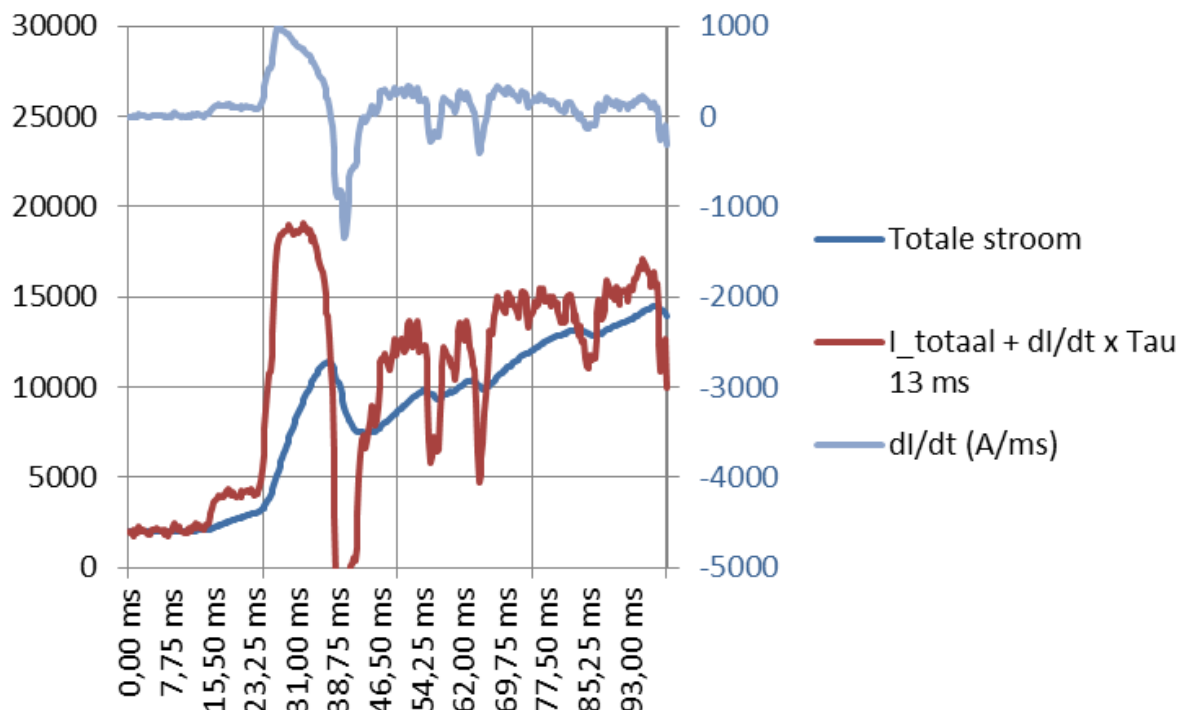
Hypothese B.a: Kortsluitstroom in de OSI is te hoog voor de snelschakelaar.

De bluscapaciteit van de snelschakelaar UR26-42TD is in theorie niet in alle gevallen toereikend.

Dit incident heeft inderdaad plaatsgevonden op zo'n plek met theoretisch hoge kortsluitstroomwaarde. De situatie rond OS Holendrecht is echter relatief gunstig, doordat de verbinding met de railspoelen op een andere positie is dan de open spaninrichting in de bovenleiding. Hierdoor is sprake van een lus in de voeding door het OS die een relatief hoge zelfinductie in het circuit veroorzaakt. Dit zorgt voor een beperking van de flanksteilheid van de kortsluitstroom (beperking di/dt).

Tegelijkertijd nemen we waar dat de stroomtoename beperkt wordt doordat de trein geen harde kortsluiting heeft veroorzaakt.

Uit de meetdata van de DCP-registraties van het OS-Holendrecht is het mogelijk om een zo goed mogelijke benadering van de maximale kortsluitstroom (prospective current) door de snelschakelaar op te stellen in geval deze niet zou openen. Deze kan worden bepaald uit de tijdconstante (Tau) van het kortsluitcircuit en initiële stijging van de stroom (di/dt).



Figuur 5: Meetdata DCP Holendrecht

Vanuit de gemeten stroomsterkte is bepaald dat de tijdconstante van het circuit ca. 13 ms is. De di/dt is bepaald uit het verloop van de totale stroom en uit twee opeenvolgende meetpunten het verschil te delen door de tijd tussen deze twee punten. Op deze wijze is de di/dt lijn gemaakt die weergegeven is in bovenstaande figuur. Als maximale waarde wordt dan ca. 1 kA/ms gevonden.

De maximale eindwaarde van de stroom $I_k = I + \text{Tau} \cdot di/dt$. Dit geeft een I_k van 18kA. Zie maximum waarde van de rode lijn in de grafiek.

Uit OS Strandvliet en OS Abcoude komt daar nog een deel bij. Op basis van de verhoudingen van de zelfinductie zal per OS nog een extra maximale bijdrage te verwachten zijn 10 %, dus **$I_k = 18 \times 1,2 = \text{ca. } 22\text{kA}$** .

Wanneer deze waarden in de grafieken in de specificatie van de snelschakelaar worden geplaatst komen we tot het volgende beeld.

Specificatie Snelschakelaar UR26-Md42TD

Tijdconstante: $1 = 3 \text{ ms}$ $3 = 15 \text{ ms}$ $5 = 25 \text{ ms}$ $7 = 40 \text{ ms}$
 $2 = 10 \text{ ms}$ $4 = 20 \text{ ms}$ $6 = 30 \text{ ms}$

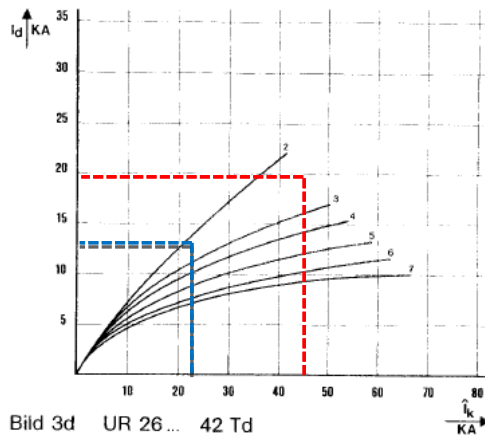


Bild 3d UR 26... 42 Td

4.5 Schaltüberspannung

Beim Öffnen der Kontakte erreicht die an den Leistungsschalterklemmen erscheinende, vorübergehende Spitzenspannung höchstens die 2 bis 2,3-fache Nennspannung. (Siehe Abschaltoszillogramme).

4.6 Dielektrische Festigkeit

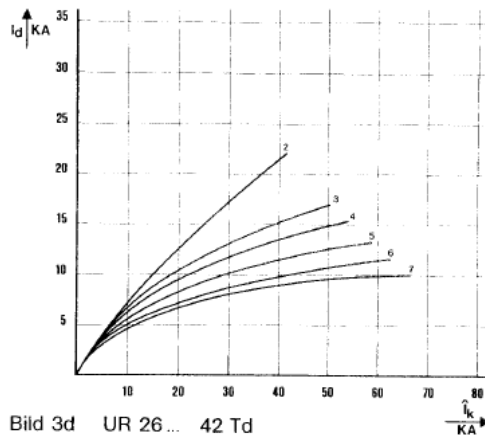
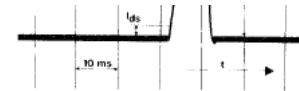


Bild 3d UR 26... 42 Td

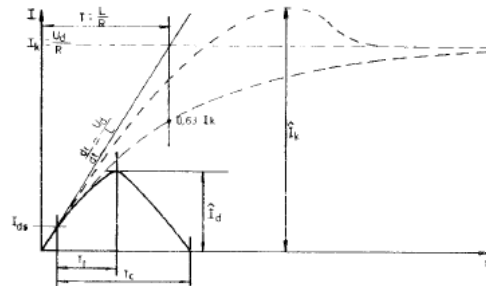
4.5 Schaltüberspannung

Beim Öffnen der Kontakte erreicht die an den Leistungsschalterklemmen erscheinende, vorübergehende Spitzenspannung höchstens die 2 bis 2,3-fache Nennspannung. (Siehe Abschaltoszillogramme).

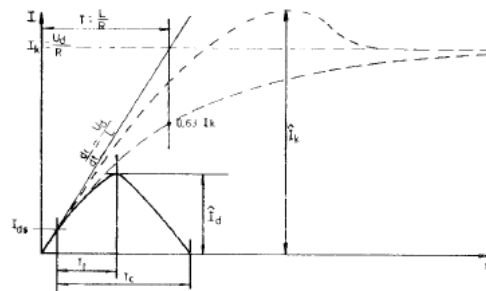
4.6 Dielektrische Festigkeit



Oscillogramme $U_d = 2900 \text{ V}$
 Type UR 26 Ed 62 S $U_d = 1700 \text{ V}$
 $\hat{I}_k = 92 \text{ kA}$
 $I_k = 56,8 \text{ kA}$
 $\hat{I}_d = 67,2 \text{ kA}$
 $I_{dS} = 3500 \text{ A}$



Oscillogramme $U_d = 2900 \text{ V}$
 Type UR 26 Ed 62 S $U_d = 1700 \text{ V}$
 $\hat{I}_k = 92 \text{ kA}$
 $I_k = 56,8 \text{ kA}$
 $\hat{I}_d = 67,2 \text{ kA}$
 $I_{dS} = 3500 \text{ A}$



Tau 13ms is iets tussen lijn 2 en 3: de maximale ' I_k ' is dan 45kA en de werkelijke afschakelstroom Id 19kA (Rood).

Actueel: Bij een " I_k " van 22kA (zoals blijkt uit de registratie) is de werkelijke afschakelstroom ca. 13kA. Dit blijkt bij benadering te kloppen (blauw).

Op basis van bovenstaande kan worden vastgesteld dat de snelschakelaar de kortsluitstroom had moeten kunnen afschakelen.

Opm.: De in dit hoofdstuk genoemde stroomwaardes zijn hoger dan de in de kortsluitberekening gevonden waardes. Oorzaak daarvan is een andere manier van benaderen. Aangezien de hogere waardes een zwaardere belasting van de snelschakelaar betekenen, worden deze waardes in de beschouwing meegenomen.

De fabrikant van de SnS heeft bij het bezoek aangegeven dat de grafieken tegenwoordig anders weergegeven worden. Een maximale I_k van 40kA is nu een limiet, waarbij de aanvangs-dl/dt een 2^e parameter is. Waarden van 2 tot 4 kA/ms zijn geen ongebruikelijke waarden.

De DCP registraties impliceren dat ook deze grenzen nog niet overschreden zijn: de afgeschakelde stroom is ca. 60% geweest van de maximale waarde, de energie was 36% van de bluscapaciteit.

In het rapport van de fabrikant van de SnS wordt de maximale kortsluitstroom op de specifieke locatie berekend en op basis daarvan geconcludeerd dat de UR26-42TD bij een dergelijke kortsluitstroom dit nooit af zal kunnen schakelen. Omdat hierbij geen rekening gehouden is met de aanwezige impedanties in het treinstel (inclusief de impedanties van de kortsluitingen zelf), is deze conclusie onterecht. Een snelschakelaar "ziet" alleen de totale circuitimpedantie en de bijbehorende kortsluitstroom is ruim binnen de specificatie gebleven.

Hypothese B.b: Bluskap van snelschakelaar niet goed geplaatst.

Bij inspectie van de snelschakelaar is dit niet aannemelijk gevonden.

Hypothese B.c: Bluskap van snelschakelaar in slechte conditie.

De registratie van de DCP's in OS Ashd laat na een piek een daling van de stroom zien. Deze daling zou geïnterpreteerd kunnen worden als de stootkortsluitstroom. Mogelijk draagt die aan de piek bij, maar de stijging van de lijnspanning is een bewijs dat er in het circuit een tegenspanning wordt opgewekt. Deze tegenspanning is waarschijnlijk het gevolg van de openende snelschakelaar en zorgt voor het dalen van de stroom.

5ms na begin van de stroomdaling valt de kaspanspanning echter weg. In andere DCP registraties is de negatieve dl/dt 3x zo groot als de positieve dl/dt bij het begin van een sluiting. Bij dit incident is het slechts 1,5 keer. Dit impliceert dat de bluskap niet voldoende tegenspanning opgebouwd heeft. Er is dan hooguit ca. 150kJ gedissipeerd, dat is 50% van de maximale 300kJ.

Hypothese B.d: Snelschakelaar was reeds in beschadigde staat door afschakelen lage stroom.

Dit kan een achterliggende oorzaak zijn van B.c. Maar juist treinstel 4038 stond bekend om ongestoord tractiegedrag.

Hypothese B.e: Losse kabel aansluiting.

De aanname dat een losgebroken kabelschoen de directe oorzaak zou zijn voor de overslag rond de snelschakelaar lijkt onwaarschijnlijk, omdat het causaal verband ontbreekt. Slechts de aanname dat juist bij de kortsluitstroom de kabelschoen afbreekt en zo een vlamboog buitenom de snelschakelaar ontsteekt, kan de daaropvolgende waarnemingen verklaren. Daarnaast heeft een losse kabel aansluiting bij een ander ICM-treinstel reeds eerder geleid tot een veiligheidsstoring.

Deze hypothese kan dus niet genegeerd worden.

Hypothese B.f: Overspanning op de lijn.

Vooralsnog zijn er geen aanwijzingen dat dit het geval geweest is.

Hypothese C: Kortsluitstroom EE wordt traag afgeschakeld in OS Holendrecht (70ms)

We zien dat het zo'n 70ms duurt voordat EE heeft afgeschakeld. Waar komt deze tijd uit voort?

- a) Er wordt door sommige gebruikers beweerd dat traag schakelen een verschijnsel is wat zich vaker zou voor doen bij schakelaars van dezelfde fabrikant. Het vet in de schakelaar zou door weinig gebruik verharderen of de hoofdcontacten zouden vastgebrand zijn waardoor de schakelaar meer moeite zou hebben om zich te openen. In meerdere DCP registraties is de trage opening zichtbaar. De SnS EE heeft een dag daarvoor met dezelfde traagheid geschakeld en ook andere uitschakelingen laten dezelfde traagheid zien. De consistentie in de schakeltijd maakt het onwaarschijnlijk dat er sprake is van verhard vet of vastgebrande contacten o.i.d.
Er is ook een aantal DCP registraties beschikbaar waarop de schakelaars sneller uitschakelen. Qua stroomwaarden lijkt het erop dat op dat moment de elektromechanische beveiliging ook aanspreekt en de schakelaar hierdoor eerder uitschakelt.
- b) Volgens ProRail is het traag uitschakelen normaal gedrag indien de DCP de schakelaar doet uitschakelen (dus zonder dat de elektromechanische beveiliging aanspreekt). Dit voldoet ook aan de normen op dit vlak.

Hypothese G:

Buiten de snelschakelaar hebben de vlambogen gedurende ca. 7 seconden vrij spel gehad. De in de snelschakelaarkast aanwezige brandbare materialen zijn als gevolg van de grote hoeveelheid energie meer bloot komen te liggen en hebben vlam gevat of zijn gaan smeulen/schroeien. Ook isolatiemateriaal van de aanwezige bekabeling gaat in brand als gevolg van lange duur van de kortsluiting. De hoeveelheid rook in de kast en temperatuur is zodanig dat uit de openingen de rook uit de kast richting het balkon wordt geduwd. Vanwege de ventilatieopeningen blijft zuurstof aangevoerd worden, zodat de brand aan kan houden.

5 Beantwoording onderzoeksvragen en conclusies

In dit hoofdstuk worden de deelvragen uitgewerkt, wat leidt tot de resultaten van het onderzoek. Per paragraaf worden de resultaten van een deelvraag uitgewerkt, waarin wordt afgesloten met een conclusie per deelvraag. Naast de beantwoording van de vragen, worden er ook nog een aantal conclusies getrokken die niet direct betrekking hebben op de vragen.

5.1 Beantwoording onderzoeksvragen

1. Waarom heeft de snelschakelaar gefaald?

Waarschijnlijk heeft een overslag bij de lijnschakelaar de snelschakelaar in het treinstel doen trippen. De conditie van de snelschakelaar was onvoldoende om de kortsluitstroom af te schakelen. Er ontstaat een vlamboog buitenom de snelschakelaar, die - doordat de voedingsstations traag afschakelen - veel energie in de HS-kast ontwikkelt.

Conclusie:

- De conditie van de snelschakelaar was onvoldoende om de kortsluitstroom af te schakelen.
- Het is onduidelijk welke uitschakeltijd de ProRail snelschakelaars normaal gesproken hebben en welke omstandigheden deze uitschakeltijd kunnen beïnvloeden. En daarnaast welke vertragingstijd elektronische beveiligingsrelais' toevoegen.
- De beveiligingsfilosofie van infra en materieel is niet goed op elkaar afgestemd.

2. Waarom is de deur van de HS-kast geweken?

Er is geen bewijs dat de deur geweken is.

Conclusie:

- Niet van toepassing.

3. Hoe kon er zoveel rook in de trein ontstaan?

De snelschakelaarkast bevat brandbare materialen en materialen die rook afgeven. De brandbare materialen brandden ook nog nadat de vlamboog gedoofd is en wordt veroorzaakt door de hoeveelheid toegevoerde energie. De rook is door de spleten en kieren van de kast naar buiten gedrukt. In de coupé is rook (geen heet gas/vuur) terecht gekomen doordat de deur tussen balkon en reizigersruimte door de vluchtende reiziger werd geopend.

Conclusie:

- Het toepassen van brandbare materialen in de HS-kast is niet wenselijk.
- De constructie van de deur van de HS-kast is niet gas- en drukdicht.

4. Hoe heeft het hete gas / vuur in de reizigersruimte kunnen komen?

Het hete gas is door de kieren tussen deur en kastconstructie op het balkon terecht gekomen. In de coupé is vermoedelijk rook (geen heet gas/vuur) terecht gekomen doordat de deur tussen balkon en reizigersruimte door de vluchtende reiziger werd geopend.

Conclusie:

- De constructie van de deur van de HS-kast is niet gas- en drukdicht door een kier.

5. Waarom kon de machinist geen contact krijgen met de Treindienstleider via GSM-R?

De machinist heeft verklaard dat de GSM-R-apparatuur niet functioneerde op het moment dat de machinist een noodoproep wilde doen. Nader onderzoek van de GSM-R-apparatuur op 17-04-2015 heeft aangetoond dat de apparatuur tijdens dit nader onderzoek normaal functioneerde. Dit is door middel van een uitgebreide testcommunicatie met de verkeersleidingspost aangetoond. Mogelijk is de verstoring van de GSM-R-apparatuur ontstaan door elektromagnetische beïnvloeding van het primaire voedingscircuit van de trein (bovenleiding – stroomafnemer – 1500V-verdeelinrichting/kortsluiting – retourcircuit van de trein – spoorstaven) naar de GSM-R-apparatuur (voeding en/of signaalbekabeling). Andere mogelijkheden zijn dat de GSM-R-apparatuur niet gefunctioneerd heeft als gevolg van een spanningsdip in de voedingsspanning, veroorzaakt door de kortsluiting, of dat de GSM-R-walapparatuur (infrastructuur) wellicht op dat moment niet goed gefunctioneerd heeft. Het advies is om nader onderzoek te doen naar de oorzaak van het falen.

Conclusie:

- Het is niet vast komen te staan waardoor de machinist geen alarmoproep heeft kunnen plaatsen met de GSM-R-apparatuur