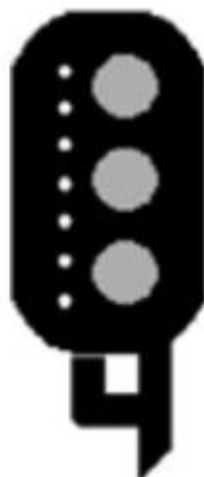


Eindrapport

Ten onrechte passeren van sein 4210

16 november 2020



Figuur 1. CS-sein

Onderwerp: Ten onrechte passeren van sein 4210 te Meteren

Eigenaar: ProRail

Incidentnummer 657939

Datum: 4 november 2021

Managementsamenvatting

Maandagavond 16 november 2020 rond 21:50 uur rijdt trein 91999 (losse locomotief) vanuit Utrecht via de Betuweroute richting Zevenaar. Te Meteren Aansluiting is (onder ERTMS) een rijweg tot sein 4210 ingesteld. Sein 4210 is een zogenoemd CS-sein en het bevindt zich aan het eind van het overgangsgebied van ATB naar ERTMS.

De machinist passeert sein 4210 zonder Movement Authority (MA). De treindienstleider ziet in zijn bedienscherm dat trein 91999 stop tonend sein 4210 passeert en zendt direct een alarmoproep uit. De machinist merkt ondertussen dat de locomotief een wissel openrijdt en zet de locomotief stil.

Onderzoeksvraag

Hoofdvraag:

Wat is de directe oorzaak van het ten onrechte passeren van het CS-sein 4210?

Deelvragen:

Wat is het doel van het CS-sein en waarom wordt na het ten onrechte passeren van sein 4210 doorgereden?

Conclusie

De directe oorzaak van het ten onrechte passeren van het CS-sein is een verkeerde interpretatie van de witte lampjes in het CS-sein 4210.

1. Reactie machinist op witte lampjes CS-sein

De machinist verkeert in de veronderstelling dat de witte lampjes in het CS-sein 4210 betekenen dat hij een rijweg heeft. Daarbij kan een rol spelen dat de handelingen met betrekking tot CS-seinen in de machinistenopleiding-ERTMS onjuist is beschreven:

Als de trein aangemeld is bij het Radio Block Center (RBC) en er een rijweg is ingesteld, dan zal het CS-sein witte lampjes tonen. De trein mag dit sein voorbijrijden, waarna wordt overgeschakeld naar ERTMS-niveau.

In werkelijkheid geldt: er is al overgeschakeld naar ERTMS voordat het CS-sein is bereikt en daarom dient de *driver machine interface* (DMI) te worden gevolgd. Het branden van de witte lampjes ontstaat na verbinding tussen de EVC (de ERTMS-computer in de trein) en het RBC, en betekent uitsluitend dat de kleuraspecten van het sein zijn gedoofd.

2. Reactie machinist op foutmeldingen locomotief en TRIP

Als een trein door een onterechte passage van een sein (TRIP) of *service brake* tot stilstand is gekomen, moet de machinist volgens het gebruiksproces 36 en 37, RLN60560-5 en het Handboek (ERTMS)machinist altijd contact opnemen met de treindienstleider. Na toestemming van de treindienstleider mag de machinist eventueel verder rijden.

Bij zowel de *service brake* als gevolg van een te hoge geregistreerde snelheid als bij de TRIP bij CS-sein 4210 en het vertrekken/rijden in modus SR (*staff responsible*) heeft de machinist geen contact gekregen/opgenomen met de treindienstleider.

Het gebruiksproces beschrijft dat de treindienstleider op de hoogte moet worden gesteld van de remingreep en dat deze toestemming moet geven voor het gebruikmaken van de override procedure.

Het komt vaker voor dat machinisten een TRIP/ATB ingreep *overrulen* en de rit vervolgen als zij denken dat zij de oorzaak van de ingreep denken te kennen omdat die de frequent optreedt. Meestal is dat correct, maar misinterpretaties hebben geleid tot schade aan wissels en tenminste één treinbotsing.

3. **CS-sein**

Op de locaties Meteren Aansluiting en Elst Aansluiting worden CS-seinen toegepast om treinen zonder ERTMS tegen te houden door het tonen van een rood sein. Zo wordt voorkomen dat een ATB-trein het A15-tracé oprijdt. Dit wijkt af van de ontwerpfilosofie van ERTMS Level2 waarin geen seinen langs de baan voorkomen.

Een ATB-trein kan alleen het A15-tracé oprijden als:

- De trein is ingepland via het A15-tracé.
- De machinist onvoldoende baanvak kennis heeft.
- De machinist niet stopt bij het CAB-bord.
- De ATB-vv niet ingrijpt.
- De machinist niet stopt voor CS-sein 4210.
- De trein door spanningssluis 1.500v – 25.000v¹ rijdt (dit kan bij een niet geëlektrificeerde trein voorkomen).

Als het CS-sein actief is voor ERTMS en er verbinding is met het RBC toont het witte lampjes. Deze witte lampjes lichten op na de verbinding met het RBC en dit betekent uitsluitend dat de kleuraspecten (rood, geel en groen) terecht zijn gedoofd.

De Regeling Spoorverkeer bevat voor het tonen van wit seinlicht echter geen eenduidig betekenis.

Het kan onder andere betekenen dat:

- het sein erachter, stop tonend of veilig staat;
- weergave van een veilige rijweg achter het sein (wisselstand);
- voorbijrijden is toegestaan;
- passeren is toegestaan na toestemming van de treindienstleider.

Treinen die onder ERTMS zonder MA rijden dienen te stoppen bij een CS-sein dat witte lampjes toont. Het is de zeldzaam voorkomende uitzondering die onjuiste opvolging uitlokt. Op papier lijkt het te kloppen, maar vanwege het feit dat deze zeldzame situatie onjuiste opvolging uitlokt kan een machinist zich eenvoudig vergissen. In voorliggend geval is er verbinding met het RBC en hebben de witte lampjes géén betekenis voor de machinist. De betekenis van het CS-sein is hier *'stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabinesegeving of een ETCS-rijtoestemming rijden. Treinen zonder cabinesegeving dienen te stoppen'*.

4. **Menselijke factoren**

Zoals in de analyse (hoofdstuk 3) naar voren komt kan de werking van het CS-sein de machinist dus verleiden tot het maken van fouten. Allereerst kunnen het uiterlijk en de plaatsing van het CS-sein bijdragen aan een verwarrende situatie.

Het CS-sein heeft de *vorm* van een klassiek lichtsein: hooggeplaatst en ovaal van vorm met 3 kleuraspecten, het lichtsein dat in heel Nederland (uitgezonderd ERTMS-gebieden) toestemming kan geven voor het berijden van het daaropvolgende spoorgedeelte.

De plaatsing van het sein kan verwarrend zijn omdat het staat aan het einde van het transitiegebied naar ERTMS waar cabinesegeving geldt. Ook kan een machinist in de dagelijkse praktijk geconditioneerd zijn om de witte lampen te associëren met een ingestelde rijweg, terwijl het CS-Sein daarop een uitzondering vormt. De huidige tekst in het handboek van de ERTMS-opleiding zal dit effect alleen maar versterken, net als de vorm van het sein.

Samenvattend wordt geconcludeerd dat deze effecten de machinist in de veronderstelling brengen dat de getoonde witte lampjes een indicatie zijn van een ingestelde rijweg, zoals ook naar voren is gekomen in de verklaring van de machinist van trein 91999. Tevens wordt geconcludeerd dat een transitie middels een CS-sein verwarrend werkt voor de machinist omdat die instinctief zal reageren op een wit tonende balk alsof deze goedkeuring heeft om door te rijden.

De tekst in de opleidingsboeken aanpassen is waarschijnlijk onvoldoende om herhaling te voorkomen. Vanuit de menselijke factor bezien is het bevorderlijk om het CS-sein te vervangen door een Stop Marker Board (SMB). In de huidige situatie kan het CS-sein bij een TRIP (dwangremming)

¹ De meeste treinen rijden alleen op 1.500 volt. De Betuweroute is uitgerust met 25.000 volt om het mogelijk te maken om treinen op zowel 1.500 volt als op 25.000 volt te laten rijden zijn er overgangsgebieden ontworpen "spanningsluizen"

tijdens de transitie naar ERTMS de verkeerde indruk wekken dat de rijweg achter het sein is ingesteld. Ook omdat het CS-sein slechts op twee locaties in Nederland voorkomt, is het raadzaam om een alternatief voor de CS-seinen te ontwikkelen om de transities van en naar ERTMS-gebieden zo uniform mogelijk te laten verlopen.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	2
Conclusie	2
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Vooronderzoek	6
1.3 Onderzoeksopdracht.....	6
1.4 Toetsingskader	6
2 Reconstructie van het incident.....	7
2.1 Plaats van het incident.....	7
2.2 Beschrijving van het incident	7
3 Analyse van het incident	9
3.1 Wat is ERTMS, een beknopte beschrijving.....	9
3.2 TOON-analyse.....	12
3.3 Tijdlijn gebeurtenissen	14
3.4 Onderzoek locomotief.....	17
3.5 Ontwerp transitiegebied	17
3.5.1 Ontwerp CS-Sein	18
3.5.2 Regeling spoorwegverkeer gelden vanaf 01-04-2020 t/m heden.....	18
3.6 Machinistenopleiding ERTMS	20
3.6.1 TRIP in ERTMS.....	21
3.7 GSM-R.....	23
4 Conclusies	24
4.1 Reactie machinist op witte lampjes CS-sein	24
4.2 Reactie machinist op foutmeldingen locomotief en TRIP.....	24
4.3 CS-sein	24
4.4 Menselijke factoren	25
4.5 Locomotief	25
5 Bijlagen	26
5.1 Lijst met verkortingen	26

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Maandagavond 16 november 2020 rond 21:50 uur rijdt trein 91999 (losse locomotief) vanuit Utrecht via de Betuweroute richting Zevenaar. Te Meteren is een rijweg tot sein 4210 ingesteld. Sein 4210 is een CS-sein², dit bevindt zich aan het eind van het overgangsgebied van ATB³ naar ERTMS⁴. De machinist passeert sein 4210 zonder Movement Authority (MA)⁵. De treindienstleider ziet in procesleiding dat trein 91999 stop tonend sein 4210 passeert en zendt direct een alarmoproep uit. De machinist merkt ondertussen dat de locomotief een wissel open rijdt en zet de locomotief stil.

1.2 Vooronderzoek

Na het vooronderzoek is in het feitenrapport de volgende voorlopige conclusie getrokken: *De baanbeveiliging reageert zoals ontworpen en kan onder deze omstandigheden geen STS-passage voorkomen. Nadat trein 91999 tot stilstand is gekomen en deze verder rijdt in de modus Staff Responsible (SR)⁶ is er geen remcurve bewaking, de beveiliging grijpt in na STS-passage.*

1.3 Onderzoeksopdracht

Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:

Wat is de directe oorzaak van het ten onrechte passeren van het CS-sein 4210?

Deelvragen:

1. Wat is het doel van het CS-sein?
2. Waarom wordt na de TRIP (ten onrechte passeren sein 4210) doorgereden?

Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek in het algemeen is leren van het betreffende incident. Door diepgaand te onderzoeken worden de (directe en achterliggende) oorzaken achterhaald. Met die kennis en het nemen van de juiste maatregelen zijn soortgelijke incidenten in de toekomst te voorkomen, dan wel is de impact van soortgelijke incidenten te mitigeren.

1.4 Toetsingskader

Dit incident heeft primair betrekking op het basisveiligheidsrisico botsing trein-trein en/of ontsporing. Voor dit incident zijn de volgende regelingen, voorschriften en afspraken relevant:

Wettelijke regelingen:

- Spoorwegwet 2004
- Regeling Spoorverkeer geldend vanaf 01-04-2020 t/m heden

ProRail normen:

- RLN60561-1-V002
- RLN60561-5-V001
- RLN60560-5-V002

Overige documentatie:

- Handboek voor machinisten⁷ – ETCS-basisopleiding versie 2.2

² Sein 4210 CS-sein. CS staat voor: cab signalling of in NL: cabine seingeving. Nummer 228 uit het seinenboek. Stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabineseingeving of een ERTMS-rijtoestemming rijden. Treinen zonder cabineseingeving stop.

³ ATB, Automatische trein beïnvloeding, waarschuwt de machinist als een spoorwegsein opdracht geeft snelheid te verminderen. Wanneer de machinist niet reageert remt het ATB-systeem automatisch (indien de snelheid hoger ligt dan 40 km/u).

⁴ Zie paragraaf 3.1.

⁵ Toestemming voor een trein om onder toezicht van snelheid naar een specifieke locatie te rijden.

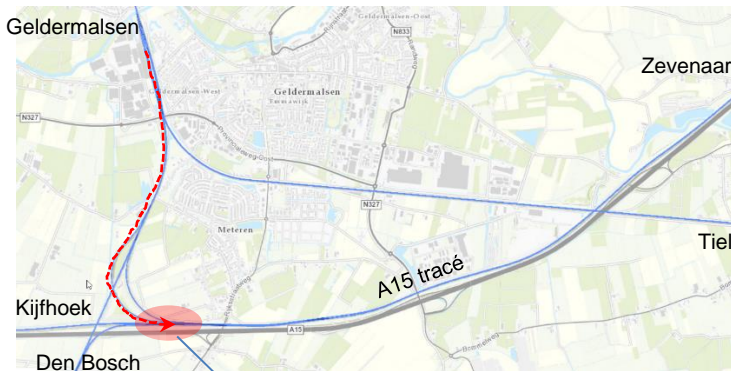
⁶ Rijden in de Mode-SR, de machinist moet op zicht rijden en rekening houden met stoppen voor stop tonende seinen of SMB's.

⁷ ProRail en vervoerders komen in de Toegangsovereenkomst overeen dat de vervoerder conform de Operationele Voorwaarden bij de Netverklaring, waarin naar de RLN60561-5 wordt verwezen, gebruik maakt van de infrastructuur.

2 Reconstructie van het incident

2.1 Plaats van het incident

In onderstaande figuren 2 en 3 zijn de locatie en de situatie weergegeven. Meteren aansluiting bevindt zich in de spoorlijn Geldermalsen - Den Bosch en het A15-tracé. Voordat het A15-tracé wordt opgereden staat CS-sein 4210 gepositioneerd, de wissels 4221 en 423 bevinden zich op het A15-tracé.



2.2 Beschrijving van het incident

De beschrijving van het incident is tot stand gekomen op basis van de gegevens uit de JRU⁸ van locomotief 91999, de verklaring van de machinist, de ERTMS-logfiles en de TOON⁹-registratie.

Trein 91999, losse locomotief, rijdt vanuit Amersfoort via Utrecht en Geldermalsen richting het A15-tracé met als eindbestemming Zevenaar.

Omstreeks 19:25 uur signaleert de EVC¹⁰ (boordcomputer van de locomotief) bij het opstarten van de locomotief een aantal defecten aan diverse elementen "onder andere Odo-meter¹¹ en wiensensoren". Deze defecten zijn op het bedientableau voor de machinist niet zichtbaar. Doordat de locomotief onder ATB rijdt hebben deze defecten op dat moment geen invloed op de treinrit naar Geldermalsen.

Omstreeks 21:49 uur rijdt de machinist emplacement Geldermalsen binnen. Sein 568 op spoor 505 te Geldermalsen toont geel-8, vervolgens rijdt de machinist richting Meteren-aansluiting. Bij het verlaten van emplacement Geldermalsen constateert de EVC een oplopende snelheid van de trein van 80 km p/u oplopend naar 170 km p/u "melding, abnormale hoge snelheid registratie in de JRU". In werkelijkheid wordt er 76,7 km p/u gereden. Vervolgens passeert om 21:51 uur de locomotief wissel 405, deze ligt rechtsleidend aftakkend naar het A15 tracé. Nadat het wissel gepasseerd is vindt de transitie plaats van ATB (STM Nationaal) naar ERTMS-level2. Bij deze transitie krijgt de

⁸ Juridical Recording Unit (JRU), zwarte doos van de locomotief

⁹ TOON is een softwaretool waarmee sein- en wisselstanden kunnen worden teruggekeken en spoorbezetting is vastgelegd.

¹⁰ EVC, ERTMS-computer van de trein.

¹¹ Odo-meter, De odometer geeft de afgelegde weg aan de hand van de omwentelingen van het wiel weer. De odometer maakt bij het kalibreren gebruik van een grondradar.

machinist Full Supervision¹² (MA tot sein 4210) in zijn DMI¹³ te zien. Vervolgens reageert de EVC op de geregistreerde abnormale hoge snelheid (170 km p/u) en zet door een automatische ingreep vanuit het EVC-systeem de locomotief stil. De trein komt hierbij in de modus-Standby (SB). Vervolgens voert de machinist een start of mission uit. Dat houdt in dat de machinist de locomotief geheel uitschakelt en weer opnieuw opstart.

Terwijl de locomotief stilstaat zet de machinist de locomotief in de snelremstand om zo de locomotief te ontgrendelen. Vervolgens voert de machinist opnieuw de treindata in waardoor de trein (EVC) zich opnieuw aanmeldt bij het RBC¹⁴. De machinist krijgt vanuit het RBC de modus-SR¹⁵ aangeboden en vervolgt zijn rijweg. Tegelijkertijd probeert de machinist met zijn mobiele telefoon¹⁶ de treindienstleider-A15 te bereiken om hem op de hoogte te stellen van het wegvallen van de MA. De verbinding komt op dat moment niet tot stand. De machinist rijdt met de locomotief met max. 40 km p/u in de richting van CS-sein 4210.

In het CS-sein 4210 zijn in deze situatie de kleuraspecten (groen-geel-rood) gedoofd, een rij witte lampjes naast de gedoofde kleuraspecten branden. CS-Sein 4210 is als laatste barrière bedoeld om een ATB-trein te laten stoppen voordat deze het A15-tracé kan oprijden. Tevens vormt het sein óók een stopplaatsmarkering voor een ETCS-trein (volgens seinenboek). De machinist ziet de rij witte lampjes in CS-sein 4210 en rijdt het sein voorbij. Na het passeren van het CS-sein 4210 krijgt de locomotief een TRIP¹⁷ (te zien in de DMI), waardoor de locomotief automatisch tot stilstand komt. De machinist bevestigt de TRIP (Post TRIP) en rijdt verder in de modus-SR. Omdat de machinist ziet dat het CS-sein 4210 geen rood toont (hij zag namelijk alleen witte lampjes, voor hem een "witte balk") meent hij een rijweg te hebben, bedient dan de "Override"¹⁸ knop en rijdt verder. Tweehonderd meter na de TRIP rijdt de locomotief over wissel 4221. De machinist hoort en voelt ongewone klappen onder de locomotief en zet de locomotief met een gewone remming stil.

Dan komt een gesprek tot stand tussen de treindienstleider en de machinist waarin de treindienstleider vertelt dat sein 4210 stop tonend gepasseerd is en dat er géén rijweg na sein 4210 was ingesteld. Gevolg van het passeren van STS 4210 is dat wissel 4221, dat in de verkeerde stand ligt, wordt open gereden.

¹² full supervision, In de Mode FS rijdt de trein met een MA en worden de snelheden en de afstand tot waar gereden mag worden volledig bewaakt door de EVC.

¹³ DMI, Driver Machine Interface, de interface tussen de machinist en de machine.

¹⁴ RBC, Bij beveiliging met ETCS Level 2 wordt de informatie over de rijautorisation aan de trein doorgegeven door het Radio Block Center (RBC), dat hiervoor o.a. gebruikt maakt van het GSM-R-netwerk. Het RBC is een computersysteem en functioneert als interface tussen de interlocking en de ETCS-apparatuur aan boord van de trein.

¹⁵ Modus-SR een door het systeem aangeboden modus als geen MA gegeven kan worden. Voor vertrekken/rijden in SR is toestemming van de treindienstleider noodzakelijk.

¹⁶ In hoofdstuk 3.8 wordt verduidelijkt gebruik mobiele telefoon in plaats van GSM-R

¹⁷ TRIP, Een TRIP is een door de EVC geïnitieerde Mode met als gevolg een dwangremming tot stilstand.

¹⁸ Override, bij het gebruik maken van de override procedure mag alleen na toestemming van de treindienstleider worden opgereden.

3 Analyse van het incident

Dit hoofdstuk verbindt relevante feiten met elkaar, waarbij de geformuleerde onderzoeksvraag richtinggevend is.

Hoofdvraag:

Wat is de directe oorzaak van het ten onrechte passeren van het CS-sein 4210?

Deelvragen:

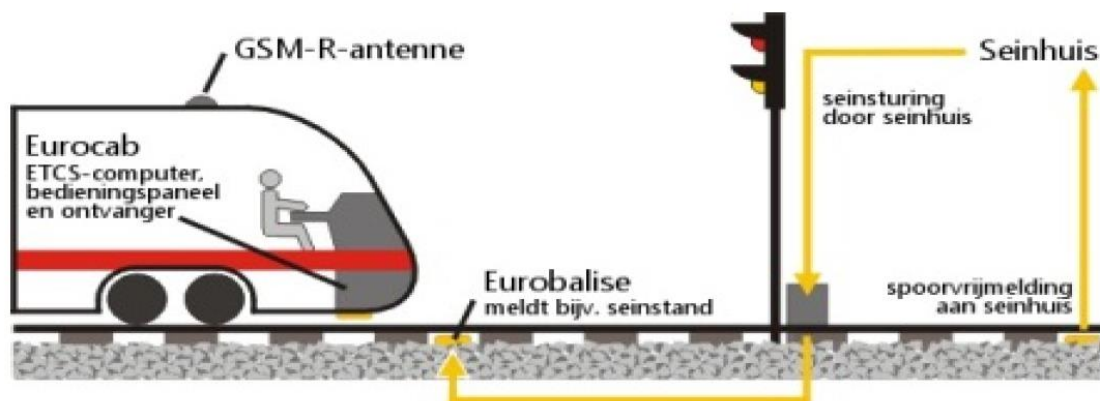
1. Wat is het doel van het CS-sein?
2. Waarom wordt na de TRIP (ten onrechte passeren sein 4210) doorgereden?

3.1 Wat is ERTMS, een beknopte beschrijving

ERTMS staat voor European Rail Traffic Management System. Het systeem bestaat uit treinapparatuur (boord/trainside) en apparatuur aan de infrazijde (wal/trackside/lineside) dat de autorisatie (de beveiligde rijweg) voor de trein verzorgt. ERTMS is de combinatie van ETCS (European Train Control System) en GSM-R (Global System for Mobilophone-Rail). GSM-R kent een deel voor spraakcommunicatie en een deel voor datacommunicatie.

ERTMS bestaat uit twee hoofdgroepen, het seinstelsel en het treinbeïnvloedingssysteem. Het ERTMS-seinstelsel kent verschillende uitvoeringsvormen. Deze worden aangegeven met het begrip Level.

Level 1

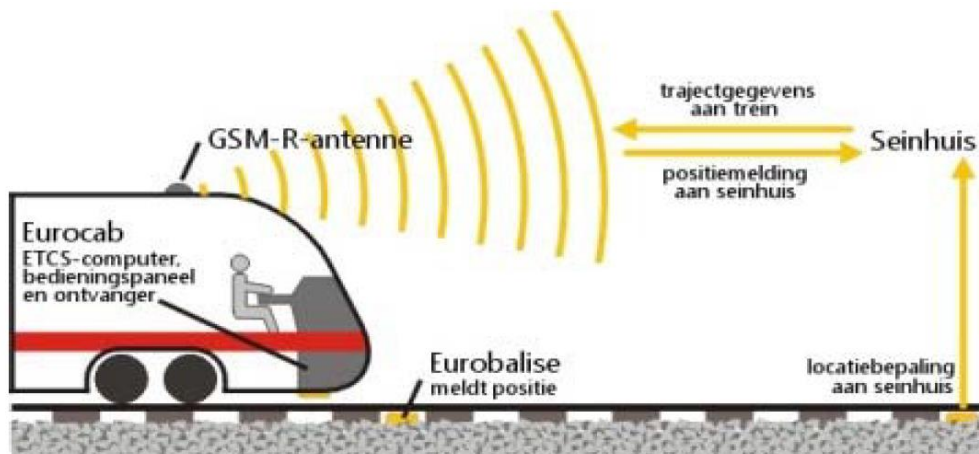


Figuur 4. Treinbeïnvloeding met seinen en cabinesignalering bron: ETCS leerstoffenboek machinist

Level 1 is een punt gebonden systeem. Signaaloverdracht vindt plaats ter hoogte van de seinen. De treindetectie is baan gebonden, zoals spoorstroomlopen of assentellers. Bij dit level is er cabinesegeving (Driver Machine Interface of DMI) en tevens seinen langs het spoor. Het baansein geeft toestemming om de blokgrens, het bijbehorende ERTMS-baken, voorbij te rijden. De informatie aan de trein wordt uitsluitend bij het sein aan de trein en de machinist doorgegeven. Tussen twee seinen vindt geen informatieoverdracht plaats naar de trein.

Actieve Eurobalise's (zend/ontvangers) sturen de rijweg informatie naar de trein. De apparatuur in de trein ontvangt dit signaal, geeft de informatie via een Driver Machine Interface (DMI) door aan de machinist en grijpt in als er een veiligheidsgrens overschreden wordt. De actieve Eurobalises worden door de interlocking (de treinbeveiliging) voorzien van de informatie die gebaseerd is op de ingestelde rijweg. De Eurobalises zijn tevens nodig voor de positiebepaling- en het corrigeren van de meetfout van de afstandsmeter (odometer) van de trein.

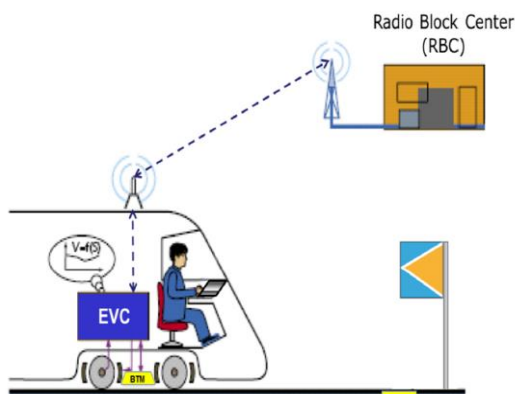
Level 2



Figuur 5. *Treinbeïnvloeding zonder baansein* met cabineseïngave bron: *ETCS leerstoffenboek machinist*

Level 2 wordt toegepast als **continu** sein- en treinbeïnvloeding. Langs het spoor staan geen signalen.

Bij ERTMS-level 2 zorgt GSM-R data voor een continue overdracht van informatie tussen baan en trein. De informatie over rijwegen wordt vanuit de treinbeveiliging (interlocking) via een Radio Block Control (RBC) via GSM-R data naar de trein gezonden. **Passieve** Eurobalises zijn nodig voor de positiebepaling en het corrigeren van de meetfout van de afstandsmeter (odo-meter) van de trein. Bij ERTMS-level 2 wordt blokbeveiliging en treindetectie toegepast. Het treinbeveiligingssysteem ERTMS is direct gekoppeld aan de input van het seinstelsel en controleert en volgt de veranderingen van het seinstelsel in de bewaking van de trein. Op de Betuweroute is ERTMS-level 2 aangelegd.

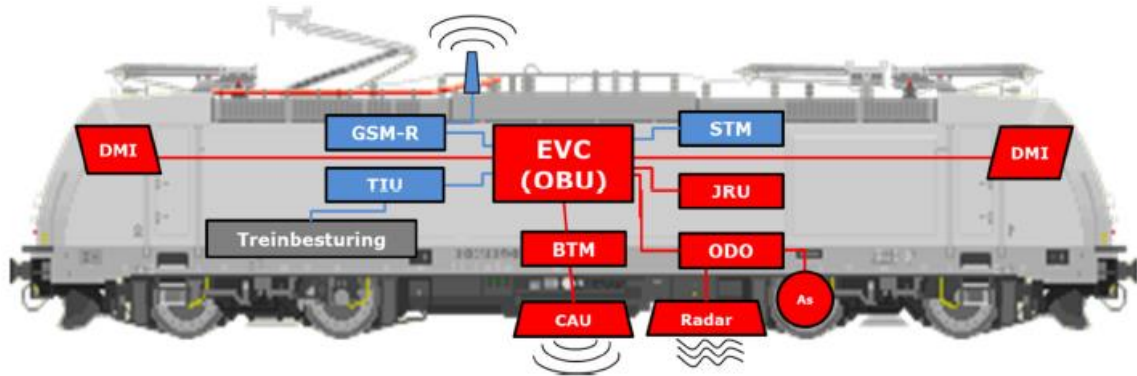


Figuur 6. *Stopmarkeerbord (SMB)*

Bij ERTMS Level 2 zijn er geen lichtsignalen¹⁹ nodig die de rijtoestemming geven. Het Radio Block Center stuurt de rijweggegevens direct en continu via GSM-R naar de trein en ontvangt omgekeerd de rit informatie uit de trein.

Om voor de machinist zichtbaar te maken waar exact de grenzen van de blokken liggen, zijn stop markeringsborden (SMB) toegepast. Als de rijweg autorisatie ongeveer bij het SMB ophoudt, geeft het bord de exacte plaats aan tot waar uiterlijk gereden mag worden. Het bord mag uitsluitend voorbijgereden worden met autorisatie op de DMI.

¹⁹ Tenzij het baanvak met dual signalling is uitgevoerd.



Figuur 7. Verwerking van de ERTMS-signalen in het railvoertuig. bron: ETCS leerstoffenboek machinist

Op basis van de rijwegtoestemming, autorisatie genaamd, bepaalt de ERTMS-computer in de trein de maximumsnelheid en de maximaal nog af te leggen afstand. De computer bewaakt of de trein onder deze maximumsnelheid blijft. Als een overschrijding dreigt zorgt de computer voor een tijdige remingreep, Emergency brake of Servicebrake genaamd.

Na binnenkomst van de signalen via GSM-R, en afscheiding van het spraakkanaal, gaat data naar de European Vital Computer (EVC), ofwel de On Board Unit (OBU) van de trein. De Specific Transmission Module (STM) zorgt dat de treinapparatuur gegevens leest en opvolgt van lokale systemen, zoals STM-ATB). Om in andere landen te rijden moet het voertuig dus ook zijn voorzien van de STM's voor die landen. In België bv STM TBL1+, in Duitsland STM Indusi of STM ZUB.

Om de snelheid en afgelegde weg te bepalen beschikt het voertuig over diverse sensoren, zoals wheelsensors, die de omwentelingssnelheid van de assen meten, een grondradar die de snelheid meet waarmee vaste objecten zoals dwarsliggers gepasseerd worden. Die signalen worden verwerkt in de ODO-meter die de afgelegde weg als uitkomst heeft.

De Balise Transmission Module (BTM) leest en verwerkt de balise informatie. Belangrijk onderdeel van de BTM is een krachtige actieve antenne (CAU = Compact Antenne Unit) die de balise "aanstraalt" en op die manier bij snelheden tot 600 km/u informatie uit balises kan uitlezen. Een zelfde principe zoals bijvoorbeeld bij de OV chipkaart: De kaart zelf bevat informatie maar heeft geen energiebron (batterij), de paal met de kaartlezer heeft wel een energiebron en "straalt" het pasje aan zodat de informatie kan worden gelezen.

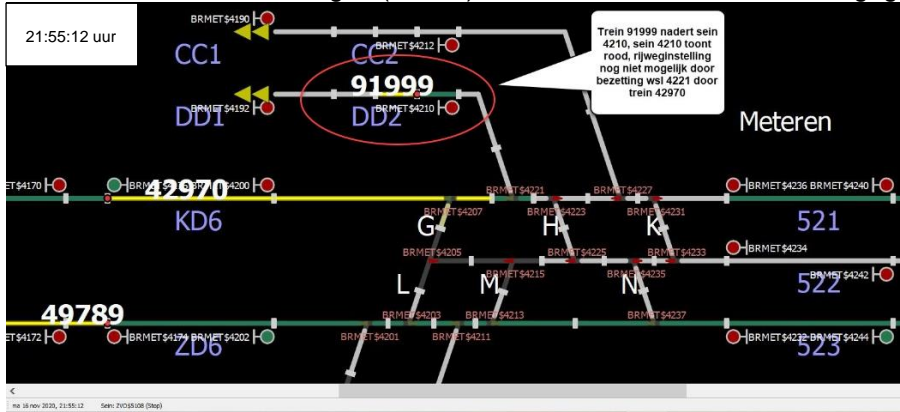
Om na een rit evaluatiegegevens te hebben, bijvoorbeeld voor ongevalsonderzoek of opleiding, slaat de Juridical Recording Unit (JRU) alle door de EVC verwerkte gegevens op met een datum en tijdstempel van de registratie. Dat begint bij het opstarten van het voertuig tot na het einde van de rit en het wegzetten van het voertuig. Afhankelijk van merk en type blijven deze gegevens beschikbaar gedurende een maand of langer.

Uitgebreide informatie over ERTMS is te vinden in het European Train Control System [Leerstofboek voor machinisten](#)²⁰.

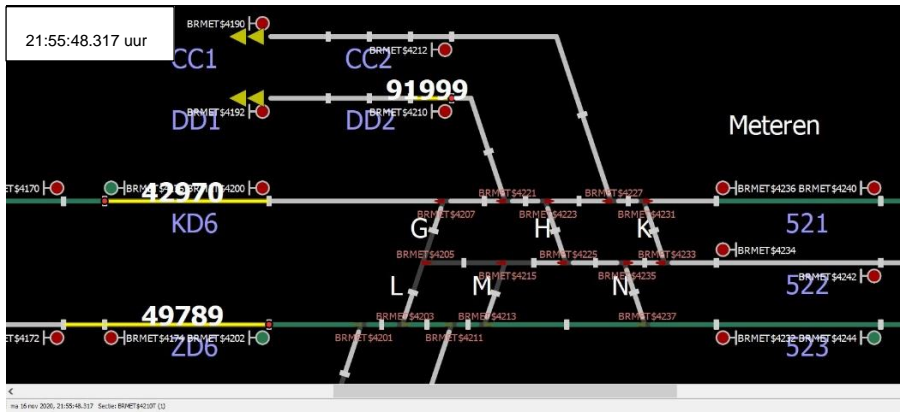
²⁰ De keten van kennisoverdracht van de systeem eigenaar naar de uitvoerende machinist en treindienstleider lijkt voor verbetering vatbaar maar valt buiten scope van dit onderzoek.

3.2 TOON-analyse

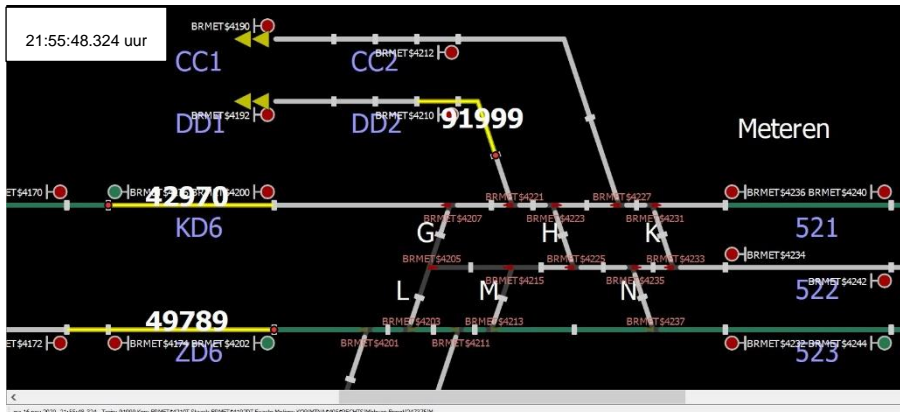
Om een inzicht te krijgen welke treinbewegingen (spoordetectie), seinbeelden en wisselstanden tijdens het incident hebben plaatsgevonden is gebruik gemaakt van de applicatie TOON. In de onderstaande tekeningen (TOON), is een korte reconstructie weergegeven van trein 91999.



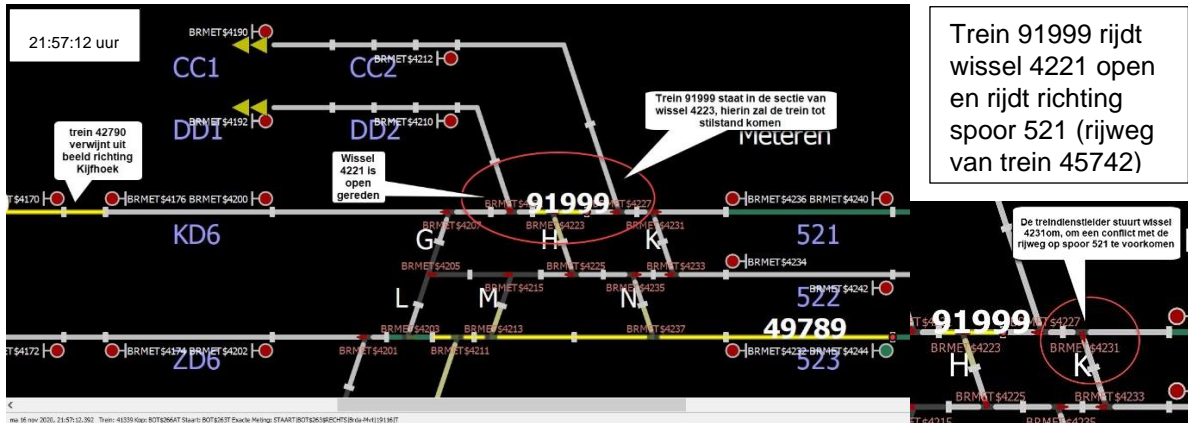
De groene lijnen zijn voor een trein ingestelde rijwegen.



Trein 91999 bevindt zich in de laatste sectie voor sein 4210



Trein 91999 rijdt voorbij sein 4210, er is na sein 4210 (groene lijn) geen rijweg ingesteld.



Trein rijdt volgens dienstregeling en op tijd

*ind	*basic.tr	*trento	*basic.di	*basic	*bas	*basic.plan	*basic.uitvoer	*stipt.oorzaak	*mor	mon_oorzaak.oorz
91999	10	Amf	R_V							
91999	10	Amf	R_A		-127		2020-11-16 21:05:27			
51399	45	Amf	A	0	+0	2020-11-16 20:15:00	2020-11-16 20:14:51			
91999	10	Amf	V	0	+0	2020-11-16 21:15:00	2020-11-16 21:15:17	vertrekken_starter		
91999		Amfva	D	1	+1	2020-11-16 21:16:00	2020-11-16 21:17:52	rijden GR (46/km/h)		
91999	1	Dld	D	0	-1	2020-11-16 21:22:00	2020-11-16 21:22:35			
91999	1	Bhv	D	0	+0	2020-11-16 21:24:00	2020-11-16 21:24:15			
91999		Bloa	D	0	+0	2020-11-16 21:26:00	2020-11-16 21:26:08			
91999	4	Uto	D	0	+0	2020-11-16 21:28:00	2020-11-16 21:27:48			
91999	8	Ut	D	1	+1	2020-11-16 21:29:00	2020-11-16 21:30:43	trein_drg\VL X 1/5 (1...		
91999	2	Utvr	D	2	+1	2020-11-16 21:30:00	2020-11-16 21:32:56	rijden GRFL-80 (50/k...		
91999		Utza	D	2	+0	2020-11-16 21:31:00	2020-11-16 21:33:41			
91999	SN	Utlm	D	2	+0	2020-11-16 21:32:00	2020-11-16 21:34:10			
91999	63	Htn	D	1	-1	2020-11-16 21:35:00	2020-11-16 21:36:40			
91999	73	Htnc	D	1	+0	2020-11-16 21:37:00	2020-11-16 21:38:35			
91999	GS	Lek	D	1	+0	2020-11-16 21:41:00	2020-11-16 21:42:21			
91999	2	Cl	D	1	+0	2020-11-16 21:43:00	2020-11-16 21:44:57	trein (6979 +1)		
91999	GT	Gdma	D	2	+1	2020-11-16 21:47:00	2020-11-16 21:49:38	trein (6979 +1)		
91999	5	Gdm	D	2	+0	2020-11-16 21:48:00	2020-11-16 21:50:34			
91999		Mbtwan	D	2	+0	2020-11-16 21:49:00	2020-11-16 21:51:39	rijden GL-80 (78/km/h)		
91999	22	Brmet	D	100	+98	2020-11-16 21:50:00	2020-11-16 23:30:25	ertms_trip-rijdend	E2c	Werkproces TRD...
91999	ZE6	Brech	D	103	+3	2020-11-16 21:58:00	2020-11-16 23:41:49	ertms_trip-rijdend	E2c	Werkproces TRD...
91999	33	Bropro	D	103	+0	2020-11-16 22:04:00	2020-11-16 23:47:43			
91999	42	Brvalw	D	127	+24	2020-11-16 22:10:00	2020-11-17 00:17:18	ertms_trip-rijdend	E2c	Werkproces TRD...
91999	12	Brcup	A			2020-11-16 22:14:00				

Tabel 1 trein plantijden bron: Sherlock

In het oranje de gemarkeerde en geregistreerde emergency brake's (TRIP) die de locomotief tijdens de (vervolg) rit heeft gehad.

Subconclusie

- Trein 91999 is op tijd en rijdt volgens dienstplanning.
- Trein 91999 heeft een rijweg tot sein 4210 (SMB).
- Trein 91999 rijdt wissel 4221 open.

3.3 Tijdlĳn gebeurtenissen

Onderstaande tabel toont een chronologische weergave van de gebeurtenissen die elkaar opvolgen in de tijd. In deze tabel zijn gegevens vanuit de applicatie TOON, de verklaring van de machinist en de JRU verwerkt. JRU staat voor Juridical Recording Unit, dit is een treingebeurtenisrecorder die voldoet aan de ERTMS/ETCS-norm. Zoals elke Trainnet® Event Recorder is het een ingebouwde datarecorder voor het verzamelen, opslaan en ophalen van vitale treininformatie. De registratie tijd van TOON en de JRU verschillen 59 minuten en 57 seconden van elkaar. De JRU van trein 91999 heeft het volgende geregistreerd:

Tijd in de JRU	Tijd in TOON	JRU-gegevens	Snelheid	Analyse	Verklaring Machinist
20:25:29	19:25:32	Diverse melding o.a.: ODO_INVALID_SPEED_INTER_ERROR The speed from the ODO board is diverging from the speed given by the other(s) ODO board(s). Element CAN 1.2, 2.2, T+CTE 2, TIU 2, Channel 2, PSU 2, ACCEL CH2, Wheel sensor CH2.2 en 2.1 zijn DEFECT	0 km p/u	Locomotief wordt opgestart om van Amersfoort richting Zevenaar (A15) te rijden. Omdat er op dat moment onder ATB wordt opgestart en gereden hebben de defectmeldingen geen invloed op de rit.	
20:29:30	19:29:33	CTE_ALARM_TRM_EXTRA_ERROR The message received by BTM board is not correct	100 km p/u	Alarm wordt niet gemeld aan de machinist.	
	21:02:00			Vertrek uit Amersfoort via Utrecht richting Zevenaar	
22:49:10	21:49:13	Balise 00764	80 km p/u	Balise 00764 Km 24.025 wordt gepasseerd, trein rijdt in STM National modus (Level STM specified by NID_STM) nog onder ATB, de ERTMS-gegevens worden in de EVC verwerkt.	
22:50:26	21:50:29	Mobile 1 network status changed Radio new supervising Radio connection requested	90 km p/u	De EVC maakt verbinding met het RBC om vervolgens de transitie in te gaan van ATB naar ERTMS.	De uitrijder van Geldermalsen toonde geel 8 en het volgende sein toonde geel, dit sein ligt in de boog van Wadenoijen ook wel aansluiting Geldermalsen Betuwe genoemd.
22:50:38	21:50:41	Radio connection confirmed	100 km p/u	De ERTMS-verbinding is tot stand gekomen.	
22:51:36	21:51:39	Balise 00743 (Wissel 405 RL naar A15)	155 km p/u *	Trein rijdt in STM National modus (Level STM specified by NID_STM), *berekende trein snelheid aan de hand van Toon met het aanrijden van secties in wissel 405 bedroeg 77,66 km p/u.	

22:51:50	21:51:53	EVC gaat over van STM naar ERTMS L2	165 km p/u	Transitie ATB naar ERTMS vindt plaats 80m vóór sein 4192.	
22:51:54	21:51:57	De machinist krijgt in zijn DMI de modus FS (full Supervision) getoond. Gevolgd door EMERGENCYBRAKE Er volgt een remingreep door de EVC (Servicebrake) op basis van een overspeed registratie (170 km p/u)	170 km p/u	Defect/niet goed werkende grondradar van de locomotief (verklaring na onderzoek van de locomotief). Op basis van het bereken van het aanrijden in secties in TOON, is berekend dat de locomotief opdat moment 77,6 km p/u reed).	
22:51:56	21:51:59		170 km p/u	Tegen balise 02942 CAB-bord km 245.965.	Bij het CAB bord gaf de ETCS een foutmelding ik denk "equipment failure",
22:51:59	21:52:02	In de DMI wordt de remcurve getoond (rijweg tot s4210).	170 km p/u	Door de melding overspeed (170 km p/u) remt de locomotief af.	
22:52:18	21:52:21	Opnieuw de melding EMERGENCYBRAKE, de modus FS veranderd in de modus SB (standby)	105 km p/u	De stuurtafel lijkt gesloten te worden.	
Van 22:52:23 tot 22:52:44	Van 21:52:26 tot 21:52:47	De locomotief staat stil en wordt opnieuw opgestart: EVC: local time requested DMI event happened (E_JRU_DMI_EVENT) Mobile 1 en 2 network status changed Radio connection requested	0 km p/u	EVC meldt zich opnieuw aan bij het RBC. EVC in modus Standby. De MA liep tot sein 4210 daardoor wordt er na de stilstand geen MA meer aangeboden (geen vervolgrijweg).	Ik (de machinist) kwam voorbij het gele sein tot stilstand, dit gebeurde T.h.v de balisegroup. De locomotief heeft ondertussen weer verbinding gemaakt met het RBC welke ik bevestigd heb op de DMI maar ik kon niet verder rijden, ik moest de snelremstand kiezen om te ontgrendelen ik weet niet meer of ik de stuurtafel buiten dienst heb genomen om te resetten. Ik heb de data weer ingevoerd en kreeg de SR-modus op de DMI en ben mijn rijweg gaan vervolgen naar het CS-sein 4210 dat uit het zicht op c.a. 1000 mtr afstand lag. Ik heb geprobeerd met mijn mobiel de treindienstleider A15 te bereiken maar die nam niet op waarna ik verder ben gaan rijden.
22:53:04	21:53:07	DRIVERSACTION Locomotief gaat rijden in de modus staf responsible (SR)	5 km p/u	In tegenstelling met wat de machinist verklaart "mode-FS gekregen te hebben" dit blijkt niet uit de systeemlogging/JRU. De machinist herstart en bevestigt SR (zonder toestemming trdl).	Met max. 40 km p/h ben ik richting het CS-sein 4210 gaan rijden, (op een gegeven moment kreeg ik nog vóór het witte CS-sein 4210 de mode FS aangeboden en ging mijn snelheid verhogen omdat) ik zag dat de witte lampjes in het CS-sein branden, in dit sein branden alléén de witte lampjes en dat betekent dat er in mijn beleving een rijweg is.

22:55:45	21:55:48	Passeren balise 00404 (CS-sein 4210) EMERGENCYBRAKE, de locomotief krijgt een TRIP	35 km p/u	EVC komt in mode TRIP bij passeren balise na CS-sein 4210 (correcte systeemreactie).	Na het passeren van het C- sein 4210 kreeg ik een TRIP in de DMI te zien waardoor ik tot stilstand kwam en ik heb de TRIP bevestigd en ben verder gaan rijden in de mode SR.
22:56:07	21:56:10	DRIVERSACTION		De machinist bevestigt de TRIP en gebruikt OVR (Override) (zonder toestemming trdl) en rijdt verder in de modus staf responsible (SR).	
22:57:14	21:57:17		0 km p/u		Na 200 meter na de TRIP kwam ik bij een wissel 4221 welke ik naar mijn gevoel openreed doordat ik ongewone klappen voelde in de locomotief, tijdens deze waarneming heb ik de locomotief met een gewone remming tot stilstand gebracht en ben 50 meter na het wissel tot stilstand gekomen.
					Direct een poging ondernomen om TRDL te bereiken met de GSM-R maar dat lukte niet omdat er geen verbinding tot stand kwam dus in mijn shock heb ik de alarmtoets ingedrukt en kreeg niet direct verbinding en na 2 keer nieuwe poging alarmtoets kreeg ik de alarmoproep van trdl A15 met de melding dat ik géén rijweg had en daardoor het wissel open had gereden. Ik vermeldde hem dat ik een wit CS-sein had waargenomen welke mij toestemming zou verlenen om het sein te passeren en een MA op te halen vanuit de SR-mode.

Subconclusie

De melding overspeed wordt pas een probleem wanneer de trein onder ERTMS rijdt. Dat de transitie en de emergency brake op hetzelfde moment plaatsvinden komt doordat de overspeed onder ERTMS wel en onder ATB niet een veiligheidscontrole is.

Na de transitie is de cabine afgebouwd en weer opgebouwd. Na de opbouw van de cabine was er geen mogelijkheid meer om in de mode FS te komen, omdat er geen vervolgrijweg beschikbaar is na CS-sein 4210.

Na het onterecht passeren van sein 4210 (SMB) krijgt trein 91999 een TRIP, doormiddel van een override wordt verder gereden.

3.4 Onderzoek locomotief

De machinist geeft aan dat de locomotief op de incidentlocatie meerdere foutmeldingen aangeeft. In de vervolgrit na het incident naar emplacement CUP, wordt tijdens de rit de locomotief wederom tweemaal door een emergency brake stilgezet. Dit gaf de vervoerder aanleiding om de locomotief nader te onderzoeken.

Uit onderzoek van de vervoerder is gebleken dat een zekering (stotz) van de stroomvoorziening van de grondradar is uitgevallen. Hierdoor zijn er geen juiste data van de grondradar ontvangen. Dit leidde tot de onjuiste snelheidsmeting, met als gevolg het ingrijpen van het systeem door de locomotief een emergency brake te geven.

Bij dit onderzoek is niet achterhaald wanneer deze zekering defect is geraakt.

Voor de machinist is het defect aan de zekering van de grondradar niet zichtbaar op zijn DMI waardoor hij ook niet kon anticiperen op het defect.

Doordat de grondradar geen onderdeel is dat gebruikt wordt in de ATB-treinapparatuur komt dit defect pas tot uiting op een ERTMS-transitiegebied.

Subconclusie

Door een defect aan de grondradar heeft de locomotief een overspeed geregistreerd waardoor de trein door een emergency brake tot stilstand is gekomen.

De machinist ziet in dit typelocomotief niet dat er een defect is aan de grondradar.

3.5 Ontwerp transitiegebied

In het ontwerp (bogen Meteren-aansluiting) is gekozen om de transitie van ATB (STM nationaal) naar ERTMS-level 2 na wissel 405 te laten plaatsvinden. De railinfra tussen het emplacement Geldermalsen en Meteren-aansluiting is hiervoor minder geschikt (veel complexer). Om te voorkomen dat treinen die onder ATB rijden het A15 tracé oprijden, is er in dit ontwerp gekozen om op km 245.965 het CAB-bord²¹ te plaatsen en vervolgens op km 247.360 een zogenoemd CS-Sein (Sein 228 uit het Regeling Spoorverkeer) te plaatsen.

Met de introductie ATB-vv (op een later moment) is na sein 4192 km 245.982 (17 meter voorbij het CAB-bord) een ATB-vv baken geplaatst dat voorkomt dat een ATB-trein het A15-tracé oprijdt.

Storingen in het transitie gebied worden in de RNL60561 onderkend als risico. Met het wegvallen van de communicatie tussen trein en RBC of het niet goed verwerken van data door trein (EVC) is in het ontwerp rekening gehouden. Bij één van deze verstoringen zal het systeem ingrijpen door de trein stil te zetten (emergency brake) waarna de machinist het ERTMS-communicatiesysteem opnieuw moet opstarten. Waar geen/onvoldoende rekening mee gehouden is, zijn de human factors van het ontwerp. De machinist moet onder ATB naar de seinen buiten kijken en na omschakelen naar ERTMS moet de machinist dit doen doormiddel van zijn DMI. Echter in dit transitiegebied staan wel lichtseinen buiten.

Subconclusie

Een ATB-trein kan alleen het A15-tracé oprijden als:

1. De trein is ingepland via het A15-tracé;
2. De machinist onvoldoende baanvakken heeft;
3. De machinist niet stopt bij het CAB-bord;
4. De ATB-vv niet ingrijpt;
5. De machinist niet stopt voor CS-sein 4210;
6. De trein door spanningssluis 1.500v – 25.000v²² rijdt (dit kan bij een niet geëlektrificeerde trein voorkomen).

²¹ ETCS-cabine-seingeving actief. Treinen zonder ECTS-cabinesignalering zo spoedig mogelijk stoppen en opdracht van de treindienstleiding opvolgen.

²² De meeste treinen rijden alleen op 1.500 volt. De Betuweroute is uitgerust met 25.000 volt om het mogelijk te maken om treinen op zowel 1.500 volt als op 25.000 volt te laten rijden zijn er overgangsgebieden ontworpen "spanningssluisen"

3.5.1 Ontwerp CS-Sein

Het CS-sein is oorspronkelijk ontworpen voor het baanvak Amsterdam – Utrecht. Dit baanvak is uitgerust om treinen onder ATB of ERTMS te laten rijden, dual-signalling genoemd. In het oorspronkelijke ontwerp zullen, in het geval dat een trein onder ERTMS rijdt, de kleuraspecten van de seinen doven en rijdt de machinist op zijn cabinesignalering (DMI). Om te voorkomen dat een machinist melding doet van een gedoofd sein, is het CS-sein ontworpen. Bij nadering van een ERTMS-trein doven de kleuraspecten van het CS-sein en brandt de rij witte lichtjes aan de zijkant doordat de trein verbinding met het RBC maakt. Echter, deze seinen zijn uiteindelijk niet geplaatst op het baanvak Amsterdam-Utrecht, wel in de bogen bij Meeteren en Elst richting de Betuweroute A15 tracé. Het doel van het toepassen van CS-seinen op deze locaties is het tegenhouden van treinen zonder ERTMS, door het tonen van een rood sein.

Subconclusie

Het tonen van de rij witte lampjes bij het CS-sein geeft aan dat de kleuraspecten (rood, geel en groen) van het sein zijn gedoofd en dat er op cabinesignalering gereden moet worden.

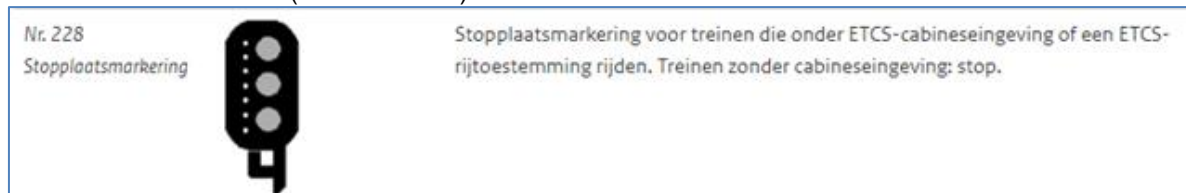
3.5.2 Regeling spoorwegverkeer gelden vanaf 01-04-2020 t/m heden.

In bijlage 4 van de Regeling Spoorverkeer staan de specifieke kenmerken van een sein en de handelingen die daarbij horen beschreven.

Het tonen van wit seinlicht heeft een niet éénduidig betekenis onder andere:

- seinbeeld 216 (witte lamp brandt) mag na toestemming rangeren worden gepasseerd;
- seinbeeld 220, 221 en 223 (witte lamp brandt) voorbijrijden toegestaan, de inrichting achter het sein is veilig berijdbaar. Een voorgaande opdracht “rijden op zicht” blijft gelden;
- seinbeeld 226 (witte lamp brandt) voorbijrijden toegestaan;
- seinbeeld 227a (witte lamp brandt) ETCS-niveau1 actief achter het sein. Voorbijrijden toegestaan daarna cabineseingeven opvolgen;
- seinbeeld 228 (rij witte lampjes branden) stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabineseingeven of een ETCS-rijtoestemming rijden. Treinen zonder cabineseingeven stoppen;
- seinbeeld 244 (witte lamp brandt) de inrichting achter het sein is veilig berijdbaar;
- seinbeeld 252 (witte lamp brandt) aanduiding van de bestemming ingestelde rijweg;
- seinbeeld 272 (rij witte lampjes branden) eerstvolgend lichtsein een ander seinbeeld uitstraalt dan rood of geel knipperend licht;
- seinbeeld 273 (rij witte lampjes branden) eerstvolgend lichtsein rood of geel knipperend licht uitstraalt;
- seinbeeld 301c (witte lamp brandt) stoppen voor het bord en de opdracht, vermeld op het onderbord uitvoeren. Als de witte lamp brandt, liggen de wissels achter het sein in de juiste stand van de aangevraagde rijweg en zijn veilig berijdbaar;
- seinbeeld 301e (witte lamp brandt) stoppen voor het bord, tenzij de opdracht, vermeld op het onderbord is uitgevoerd. Als de witte lamp brandt, liggen de wissels in de stand zoals aangegeven door het wisselsein.

Betekenis van sein 228 (CS-sein 4210)



Figuur 8 sein 228 uit de “Regeling spoorwegverkeer”

De ontwerpfilosofie van ERTMS-level 2 is dat er geen lichtseinen langs het spoor staan. Nadat bij aansluiting Meteren de transitie van ATB naar ERTMS-level 2 heeft plaatsgevonden komt de machinist ter hoogte van balise 00404 km 247.354 bovenstaand CS-sein tegen.

De machinist heeft tot aan de transitie van ATB naar ERTMS de seingeven buiten (langs het spoor) opgevolgd. Nadat de transitie plaats heeft gevonden moet de machinist de autorisatie voor zijn af te leggen rijweg op zijn DMI waarnemen. Het CS-sein toont **geen** rood licht als er geen rijweg is

ingesteld én verbinding is gemaakt door de trein met het RBC. Dat was het geval in voorliggende case.

Verschillende betekenissen van wit licht

Seinbeeld 227a, toegepast bij ERTMS-level 1, betekent: "Vorbijrijden toegestaan, daarna ERTMS/ETCS-cabineseingeving opvolgen". Seinbeeld 228, toegepast na transitie naar ERTMS-level 2, spreekt dit tegen: Ook al branden de witte lampjes kan het zijn dat hier gestopt dient te worden, afhankelijk van de rijwegautorisatie in de DMI.

<p>Nr. 227b l/r/o Stopplaatsmarkering</p> 	<p>Stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabineseingeving of een ETCS-rijtoestemming rijden of in SR mode rijden. De punt wijst naar het spoor waarvoor het sein geldt.</p>
<p>Nr. 227a l/r wit licht: ETCS niveau 1 actief, stopplaatsmarkering</p> 	<p>ETCS niveau 1 actief achter het sein. Vorbijrijden toegestaan; daarna ETCS-cabineseingeving opvolgen. De punt wijst naar het spoor waarvoor het sein geldt.</p>
<p>Nr. 227c l/r gedoofd licht: Stopplaatsmarkering</p> 	<p>Stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabineseingeving of een ETCS-rijtoestemming of in SR mode rijden. De punt wijst naar het spoor waarvoor het sein geldt.</p>
<p>Nr. 228 Stopplaatsmarkering</p> 	<p>Stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabineseingeving of een ETCS-rijtoestemming rijden. Treinen zonder cabineseingeving: stop.</p>

Figuur 9 sein nr. 227 en 228 bijlage 4 regeling spoorwegverkeer

[Link naar bijlage 4 van de Regeling spoorverkeer](#)

Subconclusie

De Regeling Spoorverkeer bevat voor het tonen van wit seinlicht echter geen eenduidig betekenis. Het kan onder andere betekenen dat:

- het sein erachter, stop tonend of veilig staat.
- weergave van een veilige rijweg achter het sein (wisselstand).
- voorbijrijden is toegestaan.
- passeren is toegestaan na toestemming van de treindienstleider.

Bij ERTMS-level 2 zijn lichtseinen geen onderdeel van het ontwerp, echter staan er in de (transitie) boog naar het A15 tracé wel lichtseinen (dan al rijdend onder ERTMS); het CS-sein met witte lampjes.

In ERTMS-level 2 betekent het tonen van de witte-lampjes uitsluitend dat de kleuraspecten van het sein gedoofd zijn. Dit seinbeeld wordt getoond als er verbinding is tussen de naderende ERTMS-trein en het RBC.

In ERTMS-level 1 is bij het tonen van een witte lamp (sein 227a) toegestaan het sein voorbij te rijden en daarna cabinesein ERTMS op volgen.

3.6 Machinistenopleiding ERTMS

De richtlijn 60561-1 vormt de basis voor de opleiding machinist ERTMS.

Per 01-04-2019 is er met opleidingsinstituten van machinisten en met een aantal vervoerders een nieuw VVRV-examen ERTMS ontwikkeld, dat bestaat uit een theorie- en een simulatie-examen. Dit initiatief is genomen om een eenduidig (Nederlands) ERTMS-basisexamen in de markt te zetten.

In deze machinistenopleidingen-ERTMS is met betrekking tot de CS-seinen het volgende in de leerstofboeken beschreven (zie figuur 11 rood gearceerd):

Als de trein aangemeld is bij het RBC en er is een rijweg ingesteld, dan zal het CS-sein 5 witte lampjes tonen. De trein mag dit sein voorbijrijden, waarna wordt overgeschakeld naar ERTMS-niveau 2.

5.1.1 NTC-ATB naar ERTMS Niveau 2

Bij de overgang van ATB naar Niveau 2 wordt vooraf, op de DMI aangekondigd dat de transitie zal gaan plaatsvinden. Kort voordat de trein het Niveau 2 gebied in rijdt moet de transitie door de machinist bevestigd worden. De machinist krijgt daarvoor 5 seconden de tijd.

5.1.1.1 Meteren en Elst

Als de transitie plaatsvindt bij Meteren of Elst, dan krijgt de machinist te maken met het CS-sein dat op de toeleidende sporen geplaatst is.



2.

Als de trein aangemeld is bij het RBC en er is een rijweg ingesteld, dan zal het CS-sein 5 witte lampjes tonen. De trein mag dit sein voorbij rijden, waarna wordt overgeschakeld naar ERTMS Niveau

Als er geen verbinding is met het RBC of er is geen rijweg ingesteld, dan zal het CS-sein een rood licht ('STOP') uitstralen. Het voorliggende lichtsein zal in dat geval een geel licht uitstralen.

De machinist mag een eventueel STOP-tonend CS sein niet passeren zonder aanwijzing STS.

Figuur 10 citaat uit het cursusboek machinistenopleiding-ERTMS Bron: RDP.

Subconclusie

In de machinistenopleiding-ERTMS is een onjuiste veronderstelling gedaan met betrekking tot het tonen van de witte lampjes in het CS-sein.

3.6.1 TRIP in ERTMS

In dit hoofdstuk worden de begrippen als: TRIP, emergent brake en het gebruik van de override beschreven.

In het ERTMS-systeem zijn twee beveiligingen geprogrammeerd die een trein tot stoppen dwingen, TRIP of emergency brake.

In de leerboeken van ERTMS-machinisten, “*European Train Control System (ETCS) Leerstofboek voor machinisten*” en “*Richtlijn Handboek Machinist Dual Signalling*” staat beschreven hoe te handelen na een ingreep.

Hieronder enkele relevante citaten uit European Train Control System (ETCS) Leerstofboek voor machinisten

Deel 2 1.2 Begrippen TRIP en emergency brake, 10.2 Modes zonder MA en 15 .1 override procedure

TRIP

Er is sprake van een TRIP indien de trein ten onrechte een punt passeert waarvoor gestopt had moeten worden. Het gevolg hiervan is een noodremming tot stilstand.



1. Een TRIP kan optreden als specifieke reactie op bepaalde veiligheidskritische storingen of handelingen.
2. Een TRIP is een door de EVC geïnitieerde Mode met als gevolg een dwangremming tot stilstand die kan optreden in geval van:
 - het ten onrechte passeren van een End of Authority (EoA = einde rijweg);
 - indien een stop opdracht vanuit een balise wordt ontvangen;
 - indien een punt gepasseerd wordt waar de EVC een gelinkte veiligheidsrelevante balise verwachtte en deze niet correct wordt gelezen of ontbreekt;
 - na verlies van RBC-contact, als de tijdslimiet voor het wegvallen van de verbinding conform een National Value is verstreken. Of in dit geval een TRIP of emergency brake wordt gegeven is vastgelegd in een National Value;
 - indien Level 2 wordt geselecteerd vanuit Level STM en er geen MA is ontvangen.

Na een TRIP moet er een procedure worden gevolgd om verder te mogen rijden, hiervoor is **altijd toestemming** nodig van de treindienstleider.

Verder rijden na trein TRIP

Na een trein TRIP, mag u verder rijden nadat u als volgt heeft gehandeld;

- U bevestigt de melding TRIP.
- U meldt de TRIP-conditie (foutsituatie) aan de treindienstleider en technische wachtdienst.
- U vraagt de treindienstleider **toestemming** om op te mogen rijden naar het volgende hoofdsein.

Emergency brake

Een emergency brake is een remming uitgevoerd door het systeem, bijvoorbeeld bij het overschrijden van de maximumsnelheid. Het soort remming dat wordt uitgevoerd is materieelafhankelijk. Een emergency brake leidt niet altijd tot een remming tot stilstand.



Figuur 11 Servicebrake intervention of emergency brake intervention (red with grey)

Override procedure

Het gebruiksproces 36 en 37 (RLN60560-5) beschrijft dat de treindienstleider op de hoogte moet worden gesteld van remingreep en dat toestemming aan de treindienstleider moeten worden gevraagd voor het gebruikmaken van de override procedure.

De override procedure mag alleen worden uitgevoerd **na toestemming** van de treindienstleider. Deze toestemming wordt gegeven door het verstrekken van een aanwijzing Stop Tonend Sein (STS)²³ om een hoofdsein of een SMB te passeren of met mondelinge toestemming om verder te kunnen rijden op een plaats niet gelegen bij een hoofdsein of SMB.



Het gebruik van de functie "Override" wordt door de infrabeheerder gezien als een zeer risicovolle functie waarvan het speciale karakter gehandhaafd moet blijven en het gebruik tot een minimum moet worden beperkt. Het gebruik van override om vervolgens in de mode Staff Responsible te gaan rijden is alleen toegestaan na toestemming van de treindienstleider.

Machinisten geven aan dat, na het wegvallen van de MA en tot stilstand zijn gekomen, toestemming (aanwijzing STS) vragen aan de treindienstleider om verder te mogen rijden soms niet goed wordt begrepen. In een aantal gevallen krijgen zij te horen "*je hebt toch een rijweg*" waardoor de treindienstleider geen aanwijzing STS/toestemming afgeeft. Gevolg is dat de machinist niet altijd meer gaat bellen en de Override procedure uitvoert zonder contact op te nemen met de treindienstleider. Meest waarschijnlijk is dat de machinist niet wordt getriggerd om de treindienstleider te bellen om een aanwijzing te krijgen om het sein te mogen passeren. Sterker nog, de machinist interpreteert (ten onrechte) de witte lampjes als toestemming tot voorbijrijden.

Subconclusie

De machinist volgt het gebruiksproces 36 en 37 volgens de RLN60560-5 niet op. Het proces beschrijft dat de treindienstleider op de hoogte moet worden gesteld van remingreep en dat toestemming aan de treindienstleider moeten worden gevraagd voor het gebruikmaken van de override procedure.

²³ Merk op dat de 'aanwijzing STS' is bedoeld voor lichtseinstelsel '54, niet voor ERTMS waar toestemming gegeven dient te worden door de treindienstleider ook als geen sprake is van een fysiek sein. Die (wettelijke) procedure voldoet (nog) niet voor ERTMS. Dat geldt ook voor meldingen van het ten onrechte passeren van STS. Als er geen sein staat kan de trein dit ook niet passeren.

3.7 GSM-R

Mobirail is opdrachtnemer van ProRail en verzorgt het GSM-R netwerk. Voor dit onderzoek is aan Mobirail het verzoek gedaan om de tijden van communicatie of een poging daartoe tussen de treindienstleider A15-tracé en de machinist van trein 91999 inzichtelijk te maken. Mobirail heeft hierop de volgende data geleverd:

De activiteit van de treinradio met dit functionele nummer was, gegroepeerd per cel, als volgt:

Communicatietijd	Analyse
Cel Amersfoort_2 (11172) 20:58 - Functionele aanmelding 21:00 - 1200 oproep	Trein 91999 gereed gemeld bij treindienstleider Amersfoort om richting Zevenaar te vertrekken
Cel Geldermalsen West 2 (14522) 21:58 - 22:00 - Deelname alarmoproep (Area 78105 Broch-Brmet/Ut)	Alarmoproep Treindienstleider
Cel Geldermalsen Oost 2 (20112) 22:00 - 22:01 - 1200 oproep 22:01 - 22:03 - Initiator alarmoproep (Area 30474 Kfh-Broch-B)	Alarmoproep Treindienstleider
Cel Geldermalsen West 2 (14522) 22:02 - 22:07 - Gebeld door trdl (CT7 75850101) 22:22 - 22:23 - 1200 oproep	Eerste contact Treindienstleider - machinist
Cel Geldermalsen Oost 2 (20112) 22:24 - 22:25 - Gebeld door trdl (CT7 75850101)	

Opmerking

Versillende machinisten verklaren dat zij op een aantal locaties in Nederland de GSM-R niet gebruiken. De reden hiervoor is het volgende: Bij Meteren aansluiting is het overgangsgebied van twee treindienstleiders, in dit geval treindienstleider A15 en treindienstleider Geldermalsen. Hier komt het vaker voor dat de machinist treindienstleider A15 wil bellen, en contact plaatsvindt met de treindienstleider Geldermalsen. Als de machinist met zijn mobiel belt krijgt hij wel de juiste treindienstleider aan de lijn. Hierdoor kiezen een aantal machinisten ervoor om het eerst met de GSM-R te proberen terwijl een aantal andere machinisten direct gebruiken maakt van de mobiele telefoon.

Subconclusie

Uit de analyse van Mobirail is gebleken dat: na de treinstilstanden zowel bij de emergency brake als de TRIP, door de machinist geen GSM-R contact (poging) wordt gemaakt met de treindienstleider. Pas nadat er een alarmoproep heeft plaatsgevonden is er contact tussen de treindienstleider en de machinist.

Er kan geen conclusie worden getrokken of er voldoende GSM-R bereik was, waardoor de machinist geen contact kon opnemen met de treindienstleider. Ook het eerder verklaarde gebruik van een mobiele telefoon door de machinist is niet gebleken uit de binnengekomen gesprekken bij de treindienstleider. Pas na de alarmoproep door de treindienstleider heeft een gesprek plaatsgevonden.

4 Conclusies

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de oorzaken en achterliggende oorzaken van het voorbijrijden van het CS-sein 4210 en einde MA (EoA).

Onderzoeksvraag

Hoofdvraag:

Wat is de directe oorzaak van het ten onrechte passeren van het CS-sein 4210?

Deelvragen:

1. Wat is het doel van het CS-sein?
2. Waarom wordt na de TRIP (ten onrechte passeren sein 4210) doorgereden?

4.1 Reactie machinist op witte lampjes CS-sein

De machinist verkeert in de veronderstelling dat de witte lampjes in het CS-sein 4210 betekenen dat hij een rijweg heeft. Daarbij kan een rol spelen dat de handelingen met betrekking tot CS-seinen in de machinistenopleiding-ERTMS onjuist is beschreven:

Als de trein aangemeld is bij het Radio Block Center (RBC) en er een rijweg is ingesteld, dan zal het CS-sein witte lampjes tonen. De trein mag dit sein voorbijrijden, waarna wordt overgeschakeld naar ERTMS-niveau.

In werkelijkheid geldt: er is al overgeschakeld naar ERTMS voordat het CS-sein is bereikt en daarom dient de driver machine interface (DMI) te worden gevolgd. Het branden van de witte lampjes ontstaat na verbinding tussen de EVC (de ERTMS-computer in de trein) en het RBC, en betekent uitsluitend dat de kleuraspecten van het sein zijn gedoofd.

4.2 Reactie machinist op foutmeldingen locomotief en TRIP

Als een trein door een onterechte passage van een sein (TRIP) of service brake tot stilstand is gekomen, moet de machinist volgens het gebruiksproces 36 en 37, RLN60560-5 en het Handboek (ERTMS)machinist altijd contact opnemen met de treindienstleider. Na toestemming van de treindienstleider mag de machinist eventueel verder rijden.

Bij zowel de service brake als gevolg van een te hoge geregistreerde snelheid als bij de TRIP bij CS-sein 4210 en het vertrekken/rijden in modus SR (staff responsible) heeft de machinist geen contact gekregen/opgenomen met de treindienstleider.

Het gebruiksproces beschrijft dat de treindienstleider op de hoogte moet worden gesteld van de remingreep en dat deze toestemming moet geven voor het gebruikmaken van de override procedure.

Het komt vaker voor dat machinisten een TRIP/ATB ingreep overrulen en de rit vervolgen als zij denken dat zij de oorzaak van de ingreep denken te kennen omdat die de frequent optreedt. Meestal is dat correct, maar misinterpretaties hebben geleid tot schade aan wissels en tenminste één treinbotsing.

4.3 CS-sein

Op de locaties Meteren Aansluiting en Elst Aansluiting worden CS-seinen toegepast om treinen zonder ERTMS tegen te houden door het tonen van een rood sein. Zo wordt voorkomen dat een ATB-trein het A15-tracé oprijdt. Dit wijkt af van de ontwerpfilosofie van ERTMS Level2 waarin geen seinen langs de baan voorkomen.

Een ATB-trein kan alleen het A15-tracé oprijden als:

1. De trein is ingepland via het A15-tracé;
2. De machinist onvoldoende baanvak kennis heeft;
3. De machinist niet stopt bij het CAB-bord;
4. De ATB-vv niet ingrijpt;
5. De machinist niet stopt voor CS-sein 4210;
6. De trein door spanningssluit 1.500v – 25.000v²⁴ rijdt (dit kan bij een niet geëlektrificeerde trein voorkomen).

²⁴ De meeste trein rijden alleen op 1.500 volt. De Betuweroute is uitgerust met 25.000 volt om het mogelijk te maken om treinen op zowel 1.500 volt als op 25.000 volt te laten rijden zijn er overgangsgebieden ontworpen "spanningsluizen"

Als het CS-sein actief is voor ERTMS en er verbinding is met het RBC toont het witte lampjes. Deze witte lampjes lichten op na de verbinding met het RBC en dit betekent uitsluitend dat de kleuraspecten (rood, geel en groen) terecht zijn gedoofd.

De Regeling Spoorverkeer bevat voor het tonen van wit seinlicht echter geen eenduidig betekenis. Het kan onder andere betekenen dat:

- het sein erachter, stop tonend of veilig staat
- weergave van een veilige rijweg achter het sein (wisselstand)
- voorbijrijden is toegestaan
- passeren is toegestaan na toestemming van de treindienstleider.

Treinen die onder ERTMS zonder MA rijden dienen te stoppen bij een CS-sein dat witte lampjes toont. Het is de zeldzaam voorkomende uitzondering die onjuiste opvolging uitlokt. Op papier lijkt het te kloppen, maar vanwege het feit dat deze zeldzame situatie onjuiste opvolging uitlokt kan een machinist zich eenvoudig vergissen. In voorliggend geval is er verbinding met het RBC en hebben de witte lampjes géén betekenis voor de machinist. De betekenis van het CS-sein is hier 'stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabinesegeving of een ETCS-rijtoestemming rijden. Treinen zonder cabinesegeving dienen te stoppen'.

4.4 Menselijke factoren

Zoals in de analyse (hoofdstuk 3) naar voren komt kan de werking van het CS-sein de machinist dus verleiden tot het maken van fouten. Allereerst kunnen het uiterlijk en de plaatsing van het CS-sein bijdragen aan een verwarrende situatie.

Het CS-sein heeft de vorm van een klassiek lichtsein: hooggeplaatst en ovaal van vorm met 3 kleuraspecten, het lichtsein dat in heel Nederland (uitgezonderd ERTMS-gebieden) toestemming kan geven voor het berijden van het daaropvolgende spoorgedeelte.

De plaatsing van het sein kan verwarrend zijn omdat het staat aan het einde van het transitiegebied naar ERTMS waar cabinesegeving geldt. Ook kan een machinist in de dagelijkse praktijk geconditioneerd zijn om de witte lampen te associëren met een ingestelde rijweg, terwijl het CS-Sein daarop een uitzondering vormt. De huidige tekst in het handboek van de ERTMS-opleiding zal dit effect alleen maar versterken, net als de vorm van het sein.

Samenvattend wordt geconcludeerd dat deze effecten de machinist in de veronderstelling brengen dat de getoonde witte lampjes een indicatie zijn van een ingestelde rijweg, zoals ook naar voren is gekomen in de verklaring van de machinist van trein 91999. Tevens wordt geconcludeerd dat een transitie middels een CS-sein verwarrend werkt voor de machinist omdat die instinctief zal reageren op een wit tonende balk alsof deze goedkeuring heeft om door te rijden.

De tekst in de opleidingsboeken aanpassen is waarschijnlijk onvoldoende om herhaling te voorkomen. Vanuit de menselijke factor bezien is het bevorderlijk om het CS-sein te vervangen door een Stop Marker Board (SMB). In de huidige situatie kan het CS-sein bij een TRIP (dwangremming) tijdens de transitie naar ERTMS de verkeerde indruk wekken dat de rijweg achter het sein is ingesteld. Ook omdat het CS-sein slechts op twee locaties in Nederland voorkomt, is het raadzaam om een alternatief voor de CS-seinen te ontwikkelen om de transities van en naar ERTMS-gebieden zo uniform mogelijk te laten verlopen.

4.5 Locomotief

Uit het onderzoek naar de locomotief is gebleken dat bij het opstarten van de locomotief een systeemfout wordt geconstateerd (stotz²⁵ van de grondradar is defect). Dit defect is voor de machinist op zijn bedientableau niet zichtbaar. Voor de locomotief rijdend onder ATB heeft dit defect geen invloed op de treinrit. Zodra de locomotief omschakelt naar rijden onder ERTMS grijpt de EVC (ERTMS-computer van de trein) in, het defect aan de grondradar heeft geleid tot het registreren van een abnormale hoge snelheid, waardoor de EVC de locomotief stilzet (Emergency brake). Doordat de machinist na de service brake de locomotief opnieuw opstart, is de MA (EoA) in de DMI niet meer zichtbaar. Vervolgens wordt zonder dat de treindienstleider is ingelicht in de modus-SR verder gereden.

²⁵ Stotz (automaat)zekeringen van de grondradar

5 Bijlagen

5.1 Lijst met verkortingen

Afkorting	Betekenis	Begrip
ATB	Automatische trein beïnvloeding	Waarschuwt de machinist als een spoorwegsein opdracht geeft snelheid te verminderen. Wanneer de machinist niet reageert remt het ATB-systeem automatisch (indien de snelheid hoger licht dan 40 km p/u).
CAB-bord	ETCS-cabineseingeving	ETCS-cabine-seingeving actief. Treinen zonder ECTS-cabinesignalering zo spoedig mogelijk stoppen en opdracht van de treindienstleiding opvolgen.
CS-Sein	Stopplaatsmarkering	CS staat voor: cab signaal of in NL: cabine seingeving. De betekenis: Stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabineseingeving of een ETCS-rijtoestemming rijden. Treinen zonder cabineseingeving: stop.
DMI	Driver machine interface	Het informatiescherm voor de machinist
ERTMS	European Rail Traffic Management System	Het managen van treinen versus infraruimte
ETCS	European Train Control System	
EoA	End of Authority	Einde vrijgegeven rijweg
EVC	European vital computer	ERTMS-computer van de trein, bewaakt onder ander de remcurve versus snelheid en verwerkt de gegevens vanuit het RBC
FS	Full Supervision	Volledig bewaakte rij toestemming
GSM-R	Global System for Mobilophone-Rail	
JRU	juridical recordin unit	De zwarte doos van de locomotief
MA	Movement Authority	Toestemming voor een trein om onder toezicht van snelheid naar een specifieke locatie te rijden.
RBC	Radio block center	Communicatie tussen trein en ERTMS
ODO meter		Odo-meter bepaald de afgelegde weg aan de hand van de omwentelingen van het wiel. De Odo-meter maakt bij het kalibreren gebruik van een grondradar.
SB	Standby	
SMB	StopMarkerBorden	Stopplaatsmarkering voor treinen die onder ETCS-cabineseingeving of een ETCS-rijtoestemming rijden of in SR-mode rijden.
SR	Staff Responsible	In de Mode-SR is er geen sprake van een MA, de machinist moet op zicht rijden en rekening houden met elke mogelijke hinder om verder te rijden en kunnen stoppen voor stop tonende seinen of SMB's.
STS	Stop Tonend Sein	
STM nationaal		ERTMS onder Nederlandse vlag
TRIP		Noodremming
VVRV	Stichting Veiligheid & Vakmanschap Railvervoer	Het afnemen van examens en het organiseren van expertise in de Railsector.