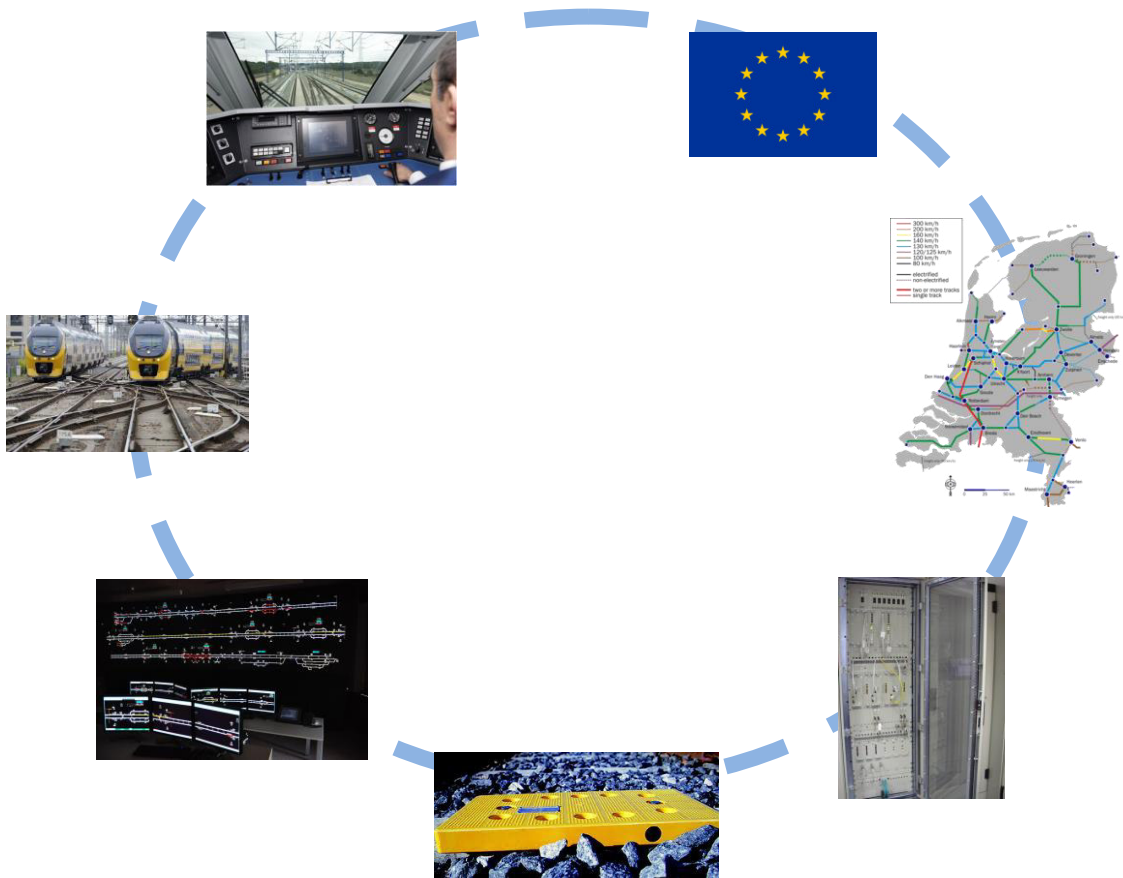


# ERTMS Kennisboek versie V2.0



**ProRail**



Ministerie van Infrastructuur en Milieu



Het ERTMS Kennisboek bevat een selectie van de informatie die van belang is voor de totstandkoming van de Railmap ERTMS. Het ERTMS Kennisboek is gezamenlijk tot stand gekomen met de Railmap-partijen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, ProRail en NS) en bestaat zoveel mogelijk uit een feitelijke beschrijving van de huidige stand van zaken/kennis van deze partijen over de (on)mogelijkheden van ERTMS.

Het ERTMS Kennisboek is nadrukkelijk een groei-document en bevat in principe geen standpunten en/of meningen over invoering of effecten van ERTMS. Er kunnen aan het ERTMS Kennisboek geen rechten worden ontleend.

# Inhoudsopgave

## Inleiding

### Beschrijving van ERTMS op hoofdlijnen

1	ERTMS Specificaties	5
2	Deelsystemen voor besturing en beveiliging van treinverkeer	6
3	Functionele beschouwing van treinbeveiliging	7
4	Huidige invulling van besturen en beveiliging	8
5	ERTMS invulling van besturen en beveiliging	9
6	De structuur het kennisboek, overzicht van de onderwerpen.	10
7	Samenvatting resultaten studies naar aandachtgebieden	11
8	Definities en afkortingen	14

### A. ERTMS Algemeen

A.1	ERTMS Specificaties, levels, base levelines en versies	16
A.2	ETCS trein gebonden systemen	22
A.3	GSM-R	29
A.4	ERTMS in relatie tot optima levelisatie be- en bijsturing	33
A.5	Emplacementen	39
A.6	Materieeloverzicht	42
A.7	Materieeldeelparken NS	45
A.8.	Energieverbruik	48

### B. Doelen met Besturings- en beveiligingssysteem gebaseerd op ERTMS

B.1.a	Systeemkenmerken: veiligheid op de vrije baan en emplacementen	54
B.1.b	Mogelijkheden voor verhogen overwegveiligheid	64
B.1.c	Voorzieningen voor veiligheid baanwerkers	68
B.1.d	Security van systemen en Key management	70
B.2.a	Interoperabiliteit en overzicht lijncategorieën in NL	72
B.2.b	Grensbaanvakken	77
B.3	Capaciteit	82
B.4	Waar is snelheidsverhoging tot 160 km/h mogelijk	91
B.5.a	Betrouwbaarheid baangebonden beveiligingssystemen	94
B.5.b	Onderhoudbaarheid baangebonden beveiligingssystemen	98

### C. Elementen bij overgang van huidige situatie naar ERTMS

C.1	Ombouwmogelijkheden NS materieel	101
C.2	Beveiligingstransities	104
C.3	Indienststelling ERTMS Infrastructuur	110
C.4	Materieeltoelating en operationele inzet	112
C.5	Materieeltoelating Baan Trein Integratie	115
C.6	Systeemintegratie	116
C.7	Wet en Regelgeving	120

<b>Bijlage A</b>	Rapportage: ERTMS in Nederland uitwerking van een aantal aandachtgebieden.	131
------------------	--	-----

## Inleiding

Dit is de tweede versie van het ERTMS kennisboek opgezet voor de ontwikkeling van de Railmap ERTMS. Het document bevat informatie over het gebruik van de ERTMS standaard voor beveiligingssysteem en de effecten daarvan op de verschillende doelen die in de Railmap 1.0 staan vermeld.

Het ERTMS Kennisboek bevat een selectie van de informatie die van belang is voor de totstandkoming van de Railmap ERTMS. Het ERTMS Kennisboek is gezamenlijk tot stand gekomen met de Railmap-partijen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, ProRail en NS) en bestaat zoveel mogelijk uit een feitelijke beschrijving van de huidige stand van zaken/kennis van deze partijen over de (on)mogelijkheden van ERTMS.

Het ERTMS Kennisboek is nadrukkelijk een groeidocument. In de komende fase van de Railmap ERTMS zal het document verder worden aangevuld.

Het ERTMS Kennisboek bevat in principe geen standpunten en/of meningen over invoering of effecten van ERTMS. Er kunnen aan het ERTMS Kennisboek geen rechten worden ontleend.

Het is mogelijk vragen en opmerkingen te maken of voorstellen te doen voor aanvullingen op het ERTMS Kennisboek op basis van kennis en ervaringen met ERTMS die zijn opgedaan gedurende (wetenschappelijke) studies en/of aanleg van ERTMS in diverse andere landen. Deze voorstellen kunnen verstuurd worden naar [ERTMSkennisboek@minienm.nl](mailto:ERTMSkennisboek@minienm.nl).

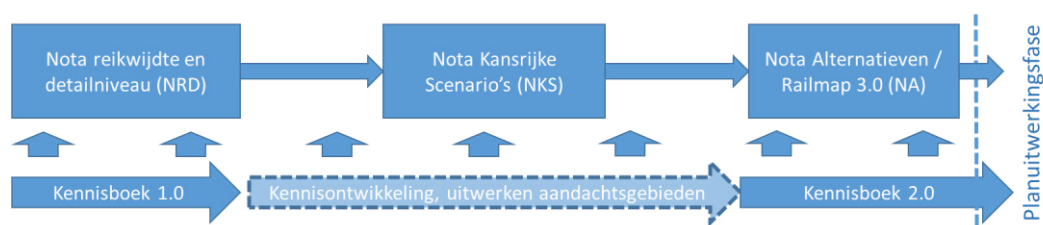
### Plaats van het Kennisboek in de uitwerkingen voor Railmap 3.0 en de Voorkeursbeslissing

Het ERTMS Kennisboek 2.0 is ondersteunend aan het proces dat leidt tot een Voorkeursbeslissing voor invoering van ERTMS in Nederland.

In onderstaande afbeelding wordt het hoofdproces weergegeven. Dit proces vormt de basis om te komen tot een voorkeursbeslissing. In de Nota Reikwijdte en Detailniveau (NRD) wordt de scope en de mogelijke scenario's voor invoering bepaald. Tevens wordt daarin aangegeven op welke wijze en detailniveau de mogelijke scenario's uitgewerkt worden. De Nota Kansrijke Scenario's (NKS) doet verslag van dit onderzoek en komt met een beperkt aantal kansrijke scenario's. De Alternatieven-Nota doet verslag van het nadere onderzoek van de kansrijke scenario's waarop uiteindelijk een voorkeursbeslissing omtrent invoering van ERTMS in Nederland wordt genomen.

De technische uitgangspunten die in de NRD en NKS worden gehanteerd met betrekking tot ERTMS (bv de functionaliteit van de verschillende levels) is mede gebaseerd op de informatie die is vastgelegd in het ERTMS Kennisboek 1.0 en 2.0.

Figuur 1 Kennisboek en ontwikkeling ERTMS implementatie strategie



**Kennisboek = Groeidocument**

Het kennisboek is een document in ontwikkeling en verschillende onderwerpen zullen nog verder worden uitgewerkt. Door middel van reacties en nader onderzoek kan eventueel ontbrekende kennis nader worden ingevuld.

**Van ERTMS Kennisboek 1.0 naar ERTMS Kennisboek 2.0**

Het ERTMS Kennisboek 1.0 is, samen met de Railmap 2.0, gepubliceerd op internet. In diverse overleggen en workshops is aan partijen gevraagd een reactie en voornamelijk aanvullingen te geven op het Kennisboek 1.0. De verkregen opmerkingen zijn verwerkt in het Kennisboek 2.0.

In totaal zijn er ruim 100 opmerkingen verzameld. Zo werden er nog meningen uit het Kennisboek gehaald en suggesties gedaan voor nieuwe onderwerpen. Verder hebben de opmerkingen gezorgd voor aanscherping van de beschreven onderwerpen. De opmerkingen zijn zoveel als mogelijk verwerkt in ERTMS Kennisboek 2.0.

Mede op verzoek van de reacties, zijn een aantal nieuwe onderwerpen in het Kennisboek opgenomen en zijn nieuwe inzichten die verkregen zijn in de Nota Alternatieven-fase, verwerkt. Tot slot zijn korte studies naar de vijf aandachtsgebieden uitgevoerd. Deze studies gaan in op de onzekerheden rondom GSM-R, capaciteit, ERTMS Level 2 op emplacementen, capaciteitseffecten van ERTMS Level 2, beschikbaarheid ERTMS Level 2+ en ERTMS Level 3. De resultaten van deze studies zijn samengevat in paragraaf 7.

## Beschrijving van ERTMS op hoofdlijnen

Dit hoofdstuk geeft aan wat ERTMS is en op welke wijze het in het spoorvervoersysteem past en het schetst de context voor de onderwerpen die verder in het kennisboek in detail worden beschreven.

Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgens:

1. ERTMS specificaties;
2. deelsystemen voor besturing en beveiliging van het treinverkeer;
3. functionele beschouwing van treinbeveiliging;
4. huidige invulling van besturen en beveiliging;
5. ERTMS invulling van besturen en beveiliging;
6. structuur het kennisboek, overzicht van de onderwerpen;
7. samenvatting resultaten studies naar aandachtsgebieden; en
8. definities en afkortingen

In dit hoofdstuk worden tevens termen gedefinieerd die verder in het kennisboek worden gebruikt. Deze termen zijn zo veel mogelijk in lijn met de algemeen gebruikte definities maar kunnen afwijken in specifieke gevallen, als dat de duidelijkheid ten goede komt. De definities worden in dit hoofdstuk en verder in het kennisboek zoveel mogelijk met een hoofdletter geschreven. Paragraaf 8 bevat een overzicht de definities en afkortingen.

### 1. ERTMS Specificaties

ERTMS (European Rail Traffic Management System) is een set specificaties op basis waarvan systemen voor besturing en beveiliging van het treinverkeer kunnen worden gemaakt. De specificaties van ERTMS ligt vast in besluit 2012/88/EU van de Europese Commissie. ERTMS wordt in dat besluit aangeduid als de technische specificatie inzake interoperabiliteit van de subsystemen Besturing en Seingeving van het trans-Europese spoorwegsysteem<sup>1</sup>.

De ERTMS Specificaties hebben tot doel om de technische barrières voor de interoperabiliteit van “besturing en Seingeving” (namelijk door het bestaan van verschillende nationale beveiligingssystemen) op het Europese spoorwegennetwerk op te heffen. Met de ERTMS Specificaties wordt tevens marktwerking voor besturings- en seingevingssystemen mogelijk, waardoor de kosten zullen dalen. Het breed toepassen van deze specificaties zal de concurrentiekracht van de spoorsector verbeteren.

De ERTMS Specificaties zijn alleen in techniek te realiseren door gebruik te maken van moderne elektronische systemen en communicatiemiddelen. De invoering van systemen op basis van de ERTMS Specificaties leidt daarom tot een verdere verschuiving van nu veelal nog (elektro)mechanische systemen naar computergestuurde systemen. Dit betekent dat ERTMS niet alleen leidt tot interoperabiliteit, maar tevens de mogelijkheden biedt om potentiële verbeteringen zijn te realiseren, o.a. op de volgende gebieden:

- veiligheid;
- capaciteit;
- snelheid; en
- betrouwbaarheid.

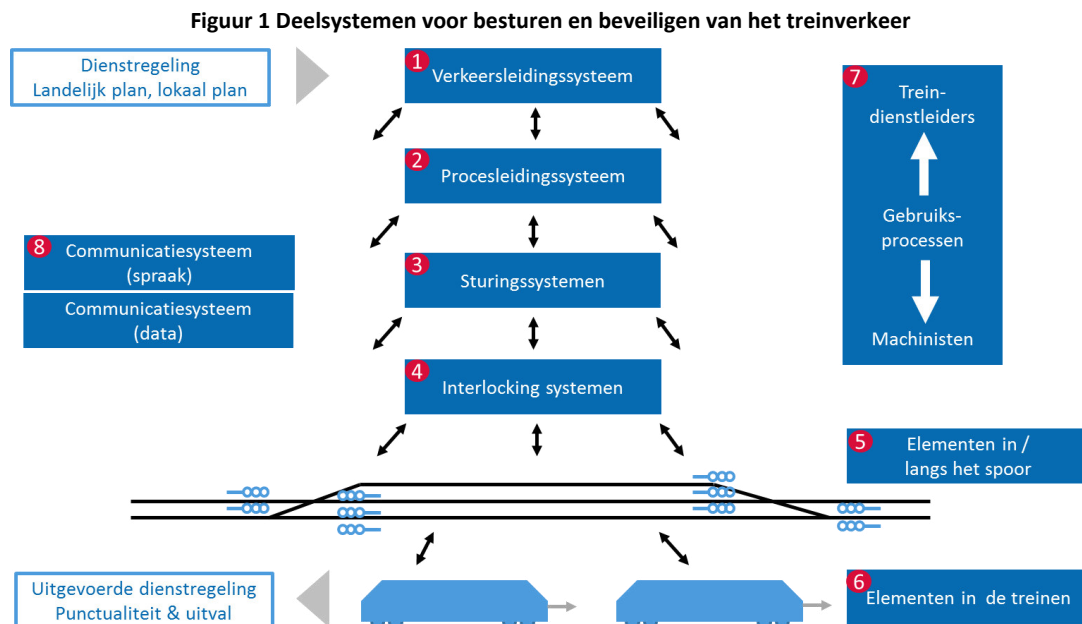
De onderbouwing van de potentiële verbeteringen zijn nader uitgewerkt in deel B van dit kennisboek. De invoering van ERTMS heeft impact op verschillende delen van het spoorvervoersysteem, de belangrijkste aspecten waar ERTMS invloed op heeft zijn beschreven in deel A van de dit kennisboek. In deel C worden de onderdelen die van belang zijn van voor de migratie van de huidige situatie naar de situatie met ERTMS in meer detail beschreven.

---

<sup>1</sup> In dit document wordt ook gesproken over besturing en beveiliging, hieronder wordt hetzelfde verstaan als besturing en seingeving uit het EU besluit.

## 2 Deelsystemen voor besturing en beveiliging van treinverkeer

ERTMS heeft betrekking op de systemen voor zowel de besturing als de beveiliging van het treinverkeer. Aan de hand van de huidige systemen wordt deze scope nader toegelicht. Figuur 1, hieronder, geeft daar een grafisch overzicht van. Het schetst de belangrijke deelsystemen voor Besturing en Beveiliging van het treinverkeer.



Toelichting op de deelsystemen van Besturing en Beveiliging van het treinverkeer.

- Deelsysteem 1) Het Verkeersleidingssysteem wordt voor ProRail en de vervoerders gebruikt. ProRail NetwerkBesturing gebruikt de Verkeersleidingssystemen voor het bewaken van de plannen, het eventueel bijsturen van de plannen en het informeren van andere partijen over logistieke proces. Een belangrijke input voor het Verkeersleidingssysteem is de dienstregeling, welke bestaat uit een Landelijk Plan en een Lokaal Plan. Het Lokaal Plan is een gedetailleerde uitwerking van het Landelijk Plan. De vervoerders gebruiken het Verkeersleidingssysteem voor het monitoren en eventueel bijsturen van de dienstregeling.
- Deelsysteem 2) Het Procesleidingssysteem wordt door de Treindienstleider gebruikt. De Treindienstleider stelt middels het Procesleidingssysteem de rijwegen in voor de verschillende treinen. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het systeem voor Automatische Rijweg Instelling (ARI).
- Deelsysteem 3) De Sturingssystemen geven de in te stellen rijwegen door aan de Interlockingsystemen. De Interlockingsystemen accepteren geen rijweginstellingen die niet de veiligheidsvoorwaarden voldoen. Om deze reden hoeft het Sturingssysteem niet als zeer veiligheidskritisch systeem te worden ontwikkeld, in tegenstelling tot de interlockingsystemen. De Sturingssystemen geven tevens informatie (relevant voor de treindienstleider) over de status van de elementen in het spoor door aan de Procesleidingssystemen.
- Deelsysteem 4) De interlockingsystemen zorgen ervoor dat de rijwegen veilig worden ingesteld. De interlockingsystemen vormen samen met de elementen in het spoor en de elementen in de treinen het Beveiligingssysteem. Het beveiligingssysteem borgt de veiligheid van het treinverkeer, het voorkomt bijvoorbeeld dat een wissel nog kan omlopen zodra dat wissel deel uitmaakt van een uitgegeven rijweg.
- Deelsysteem 5) De elementen in en langs het spoor zijn: de aansturing van de wissels en overwegen, bruggen, grendels en het seingevingssysteem, de treindetectiesystemen en de treinbeïnvloedings-systemen<sup>2</sup>.
- Deelsysteem 6) De elementen in de treinen omvatten o.a. de systemen voor de treinbeïnvloeding en de Driver Machine Interface (DMI). De concrete systemen in de trein zijn afhankelijk van het toegepaste beveiligingssysteem. Bij ETCS treinen, waar sprake is van cabinesignalering, zijn in

<sup>2</sup> Het type treindetectie- en treinbeïnvloedingsystemen is afhankelijk van de gekozen technologie.

	de trein andere systemen aanwezig dan bij het huidige Nederlandse ATB-systeem, waar op buitenseinen worden gereden.
Deelsysteem 7)	Gebruiksprocessen schrijven voor hoe machinisten en treindienstleiders moeten handelen bij zowel het normaal functioneren van de systemen als bij gefaalde systemen.
Deelsysteem 8)	Spraakcommunicatiesysteem tussen de treindienstleiders en de machinisten met specifieke railfuncties. Datacommunicatiesysteem voor communicatie van informatie tussen de systemen voor Besturing en Seingeving in de infrastructuur en de treinen.

### 3 Functionele beschouwing van treinbeveiliging

In deze paragraaf wordt het concept van het veilig kunnen laten rijden van treinen verder uiteengezet. Het gaat hier om de basisprincipes en een functionele beschrijving. Deze zijn hier zoveel mogelijk technologieonafhankelijk omschreven. De treinbeveiligingsfuncties hebben betrekking op de Centrale Beveiligingsystemen en elementen in en langs het spoor en in de treinen, dit zijn deelsystemen 4, 5 en 6 van figuur 1.

De basis voor de Besturing en Seingeving is gebaseerd op het opdelen van het spoor in blokken, het verstrekken van informatie aan de machinist voor de besturing van de trein, het rijden van de trein door de machinist en het creëren van een veiligheidsvangnet voor de machinist. In één blok kan zich in maximaal één trein bevinden.

De onderstaande figuur geeft een voorbeeld van de blokindeling van een spoor.

**Figuur 2 blokbeveiliging**



Machinisten worden voorzien van informatie voor het rijden van de trein. Afhankelijk van de gekozen technologie wordt de informatie voor de machinist gecommuniceerd door middel van seinen langs de baan en of door middel van informatie in de cabine.

De Interlockingsystemen creëren op basis van:

- de aangevraagde rijwegen;
- de locaties van de verschillende treinen; en
- het beschikbaar zijn van infra-elementen (wissels, overwegen, beweegbare bruggen etc.)

een veilige rijweg voor een trein door:

- het omsturen en vergrendelen van de rijwegelementen (wissels en overwegen)

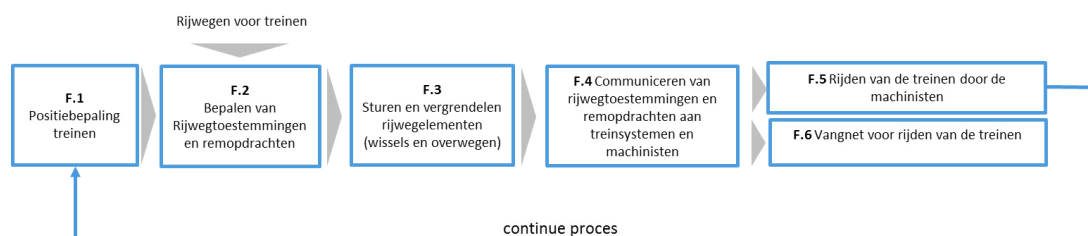
en geeft daarna:

- rijtoestemmingen en remopdrachten aan de verschillende treinen

en zorgt voor:

- een vangnet voor de machinist in de vorm van een treinbeïnvloedingssysteem.

De machinist bestuurt op basis van de verkregen rijtoestemmingen en remopdrachten de trein. Indien de machinist handelt in tegenspraak met de rijwegtoestemmingen en remopdrachten wordt de trein doormiddel van de treinbeïnvloedingsfunctie veilig tot stilstand gebracht. De bovenstaande functionele beschrijving is in de onderstaande figuur grafisch weergegeven.

**Figuur 3 functionele beschrijving van treinbesturing en -beveiliging****Toelichting op de functies**

- Functie 1 omvat het bepalen van de posities van de treinen en communicatie van deze positie bepaling aan de interlockingsystemen.
- Functie 2 omvat het bepalen van rijweginstellingen en rijtoestemmingen en remopdrachten door de interlockingsystemen op basis van de treinposities en de rijwegen van voor de treinen. Deze laatste komen via het sturingssysteem uit de procesleidingssystemen.
- Functie 3 omvat het aansturen en vergrendelen van de rijwegelementen (wissels, overwegen).
- Functie 4 omvat het communiceren van rijtoestemmingen en remopdrachten aan de treinsystemen en de machinisten.
- Functie 5 omvat het rijden van de treinen door de machinisten op basis van de verkregen rijtoestemmingen en remopdrachten.
- Functie 6 omvat het treinbeïnvloedingsstelsel: het vangnet voor machinisten bij het opvolgen van de rijtoestemmingen en remopdrachten.

**4 Huidige invulling van besturen en beveiliging**

De deelsystemen beschreven in paragraaf 2 geven invulling aan functies voor treinbesturing en beveiliging zoals beschreven in paragraaf 3. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de wijze waarop de zes functies voor het Besturing en Seingeving op dit moment in Nederland voor de ATB-baanvakken zijn ingevuld.

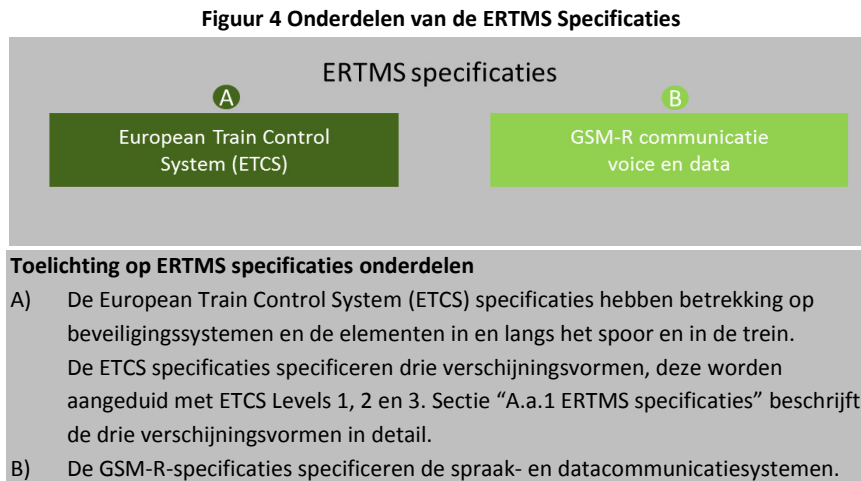
**Tabel 1 Huidige functie invulling**

Functies	Functie omschrijving	Functie invulling
1	Positiebepaling van de treinen	Treindetectie doormiddel van spoorstroomlopen en assentellers
2	Bepalen van rijweginstellingen en rijtoestemmingen en remopdrachten door de centrale beveiligingsdelen	Verschillende typen Interlocking zowel relais-gebaseerde technologie als computer-gebaseerde technologie
3	Sturen en vergrendelen van de rijwegelementen (wissels, overwegen)	De aansturing van elementen in het spoor gebeurt via kabels verbonden met de Interlocking
4	Communiceren van rijtoestemmingen en remopdrachten aan de treinsystemen en de machinisten	Elementen in en langs het spoor o.a. de seinen langs het spoor voor de machinisten
5	Rijden de treinen op basis van de verkregen rijtoestemmingen en remopdrachten	De machinisten die seinen en DMI-informatie interpreteren
6	Treinbeïnvloedingsstelsel is het vangnet voor machinisten bij het opvolgen van de rijtoestemmingen en remopdrachten	ATB EG (eerste Generatie) en NG (Nieuwe Generatie) systemen



## 5 ERTMS invulling van besturen en beveiliging

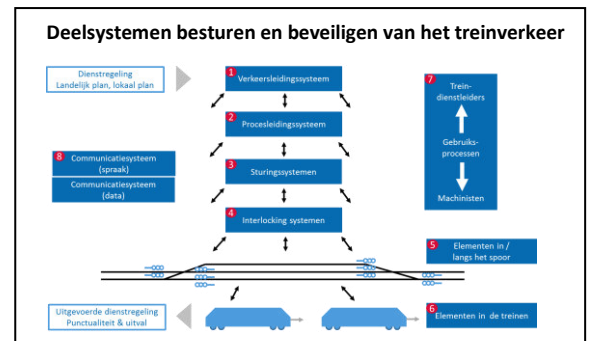
De ERTMS Specificaties specificeren de functies die noodzakelijk zijn om interoperabiliteit te bereiken en omvatten dus niet alle functies van het volledige beveiligings- en besturingssysteem. Dit omvat o.a. de volledige interface waarover informatie wordt uitgewisseld tussen het beveiligingssysteem in de baan en in de trein en het specificeert essentiële functies van baan en treinapparatuur, waaronder de remcurvelogica aan boord van de trein. Onderstaande figuur geeft de onderdelen van de ERTMS Specificaties weer en licht deze toe.



De ETCS specificaties hebben betrekking op de volgende deelsystemen voor de besturing en beveiliging van het treinverkeer (zie kopie van figuur 1 hiernaast):

- de Interlockingsystemen (deelsysteem 4);
- de elementen in en langs het spoor (deelsysteem 5); en
- de elementen in de treinen (deelsysteem 6).

De GSM-R-specificaties hebben voor de spraakcommunicatie betrekking deelsysteem 8 (spraakcommunicatie). De GSM-R datacommunicatie specificaties hebben betrekking op de communicatie tussen de interlocking (deelsysteem 4) en de elementen in de trein (deelsysteem 6). Om deze communicatie mogelijk te maken is naast het GSM-R-systeem Radio Block Center-functionaliteit nodig. Datacommunicatie speelt een rol bij uitvoeringsvormen ETCS Level 2 en Level 3 en kan worden gebruikt bij Level 1, zie sectie "A.1 ERTMS Specificaties, levels baselines en versies" voor de details.



De gebruiksprocessen voor machinisten en treindienstleiders (deelsysteem 7) worden niet gespecificeerd in de ERTMS Specificaties. De uitgangspunten voor de gebruiksprocessen zijn beschreven in de Regeling Spoorverkeer. De Regeling Spoorverkeer is het wettelijke kader dat is afgeleid van de TSI Operations (waar ook de ERTMS OPE regels onderdeel van zijn). De gebruiksprocessen van de machinisten hebben een nauwe relatie met de Driver Machine Interface (DMI). De DMI is onderdeel van de elementen in de trein (deelsysteem 6) en wordt gespecificeerd in de ERTMS specificaties.

De onderdelen verkeersleiding (deelsysteem 1), procesleidingssystemen (deelsysteem 2) en sturingsystemen (deelsysteem 3) van de systemen voor het besturen van het treinverkeer (figuur 1), zijn op dit moment niet gespecificeerd door de ERTMS Specificaties. Er waren ooit plannen voor de ontwikkeling van een specificatie voor deze systemen, de European Traffic Management Layer (ETML) genaamd, maar deze ontwikkeling is tot heden niet van de grond gekomen.

## 6 De structuur het kennisboek, overzicht van de onderwerpen.

Het verdere kennisboek bevat meer gedetailleerde informatie over specifieke ERTMS-onderdelen en aspecten ter ondersteuning van ERTMS-implementatie strategie. Hierbij worden de volgende drie onderdelen onderscheiden:

- A. De ERTMS Specificaties en de van belang zijnde aspecten bij de introductie van de ERTMS in Nederland.
- B. De doelen die met invoering van ERTMS worden nagestreefd.
- C. De transitie van de huidige situatie naar besturen en beveiligen conform ERTMS.

**Tabel 1 overzicht van ERTMS Kennisboek onderdelen en aspecten**

<b>A. ERTMS Algemeen</b>	
A.1	ERTMS Specificaties, levels, baselines en versies <sup>1)</sup>
A.2	ETCS treingebonden systemen
A.3	GSM-R <sup>1)</sup>
A.4	ERTMS in relatie tot optimalisatie be- en bijsturing
A.5	Emplacements <sup>1)</sup>
A.6	Materieeloverzicht
A.7	Materieeldeparken NS
A.8.	Energieverbruik
<b>B. Doelen met Besturings- en beveiligingssysteem gebaseerd op ERTMS</b>	
B.1.a	Systeemkenmerken: veiligheid op de vrije baan en emplacements
B.1.b	Mogelijkheden voor verhogen overwegveiligheid
B.1.c	Voorzieningen voor veiligheid baanwerkers
B.1.d	Security van systemen en Key management
B.2.a	Interoperabiliteit en overzicht lijncategorieën in NL
B.2.b	Grensbaanvakken
B.3	Capaciteit <sup>1)</sup>
B.4	Waar is snelheidsverhoging tot 160 km/h mogelijk?
B.5.a	Betrouwbaarheid baangebonden beveiligingssystemen
B.5.b	Onderhoudbaarheid baangebonden beveiligingssystemen
<b>C. Elementen bij overgang van huidige situatie naar ERTMS</b>	
C.1	Ombouwmogelijkheden NS-materieel
C.2	Beveiligingstransities
C.3	Indienststelling ERTMS Infrastructuur
C.4	Materieeltoelating en operationele inzet
C.5	Materieeltoelating Baan Trein Integratie
C.6	Systeemintegratie
C.7	Wet en Regelgeving

1) bij de uitwerking van de ERTMS strategie zijn aandachtsgebieden geïdentificeerd welke nader zijn onderzocht. De resultaten van deze studies zijn als bijlage toegevoegd. Het betreft hier inhoud t.a.v. van de volgende secties:

Sectie A.1 Haalbaarheid van ERTMS Level 3 en ERTMS Level 2+ (ERTMS Level 3 met baangebonden detectie)

Sectie A.3 Haalbaarheid van GSM-R op grote emplacements

Sectie A.5 Haalbaarheid van ERTMS Level 2 op emplacements

Sectie B.3.a. Haalbaarheid capaciteitsopbrengsten

In de onderstaande paragraaf is de samenvatting van deze studies opgenomen

## 7 Samenvatting resultaten studies naar aandachtgebieden

De onderstaande vijf aandachtsggebieden zijn parallel aan de kennisboekontwikkeling nader onderzocht:

1. ERTMS/GSM-R capaciteitsanalyse;
2. toepasbaarheid van ERTMS Level 2 en GSM-R op grote emplacementen;
3. Zijn de beoogde (baanvak)capaciteitsverbeteringen van ERTMS Level 2 realiseerbaar?;
4. de ontwikkeling van ERTMS Level 3 is op dit moment niet als alternatief meegenomen omdat een “bewezen” ERTMS Level 3 toepassing in de nabije toekomst niet is te verwachten; en
5. is ERTMS Level 2+ een reëel alternatief voor de Nederlandse ERTMS implementatie strategie?

De conclusies van deze studies zijn hieronder opgenomen. De volledige rapportage van de studies zijn opgenomen in bijlage A: ERTMS in Nederland uitwerking van een aantal aandachtgebieden.

### 1 ERTMS/GSM-R capaciteitsanalyse

De toepassing van ERTMS Level 2 vraagt GSM-R datacommunicatie. De huidige generatie GSM-R-systemen is gebaseerd op Circuit Switched Data (CSD) technologie, deze technologie is ook in Nederland toegepast. In het GSM-R 2020 Framework programma en bij ERTMS specificatie baseline 3 wordt het gebruik van Packet Switched Data technologie (enhanced GPRS) meegenomen waarmee de datacommunicatiecapaciteit wordt vergroot.

Onderzocht is of GSM-R op basis van CSD en Enhanced GPRS technologie voldoende capaciteit oplevert voor ERTMS Level 2 in Nederland. Dit onderzoek heeft de onderstaande conclusies opgeleverd.

#### Conclusies

- De huidige capaciteit van het GSM-R-netwerk op basis van CSD-technologie, zoals op dit moment in Nederland aanwezig, is voor de grote emplacementen (zoals Utrecht Centraal, Amsterdam Centraal en Rotterdam Centraal) niet toereikend.
- Een ERTMS/GSM-R-capaciteitsanalyse voor emplacement Utrecht laat zien dat de huidige GSM-R-netwerk op basis van CSD-technologie met uitbreidingen geschikt gemaakt kan worden voor ERTMS Level 2.
- Een GSM-R-netwerk op basis van (enhanced GPRS) maakt het communicatiesysteem robuuster, kosteneffectiever en toekomstvaster. De nog in ontwikkeling zijnde nieuwe generatie mobiele communicatiesystemen zijn gebaseerd op Packet switching Data technologie als communicatiedrager. Een eventueel capaciteitsprobleem is daar niet aan de orde.

#### Aanbeveling

Het is aan te bevelen om gebruik te maken van IP (enhanced GPRS) als communicatiedrager zoals in ERTMS specificatie baseline 3 is voorzien.

## 2 Toepasbaarheid van ERTMS Level 2 en GSM-R op grote emplacementen

### Conclusies

- Toepassing van ERTMS Level 2 op grote emplacementen is mogelijk maar in de praktijk nog niet gerealiseerd.
- Er zijn twee belangrijke aandachtspunten voor het succesvol toepassen van ERTMS Level 2 op grote emplacementen:
  1. De maximale capaciteit van de huidige generatie GSM-R-netwerken (op basis van CSD-technologie) komt voor de grote emplacementen (zoals Utrecht Centraal, Amsterdam Centraal en Rotterdam Centraal), in de buurt van de benodigde capaciteit. Bij de toepassing van de nog in ontwikkeling zijnde nieuwe generatie mobiele communicatiesystemen (op basis van enhanced GPRD technologie) kunnen de capaciteitsprobleem worden ondervangen
  2. De toepassing van de ERTMS Level 2-systemen op grote emplacementen vraagt een nauwkeurige afstemming en optimalisatie van de verschillende deelsystemen, de operationele procedures en de lokale omstandigheden. Dit geldt zowel voor de eindsituatie als voor de ombouwfase en kan alleen succesvol worden geïntroduceerd als het eerst op kleinere schaal in Nederland is toegepast.

### Aanbeveling

- Voer ERTMS op emplacementen stapsgewijs in, beginnend met kleine emplacementen voorafgaand aan de implementatie op grotere emplacementen

## 3 Zijn de beoogde (baanvak)capaciteitsverbeteringen van ERTMS Level 2 realiseerbaar?

### Conclusies

- Het toepassen van ERTMS Level 2 op de bestaande baanvakken (“brown field-toepassing”) heeft een positief effect op de opvolgtijden en daarmee baanvakcapaciteit. De daadwerkelijke capaciteitsopbrengst is afhankelijk van de specifieke situatie.
  - De opvolgtijdopbrengst van ERTMS Level 2 bij toepassing op bestaande baanvakken is onvoldoende om opvolgtijden van twee minuten op de vrije baan te realiseren.
  - Het realiseren van opvolgtijden van twee minuten op de bestaande vrije baan met ERTMS Level 2 vraagt ook het toepassen van maatregelen uit de ProRail Kort Volgen Toolbox<sup>1)</sup>. Blokverdichting is hierbij een primaire maatregel, maar daarnaast kunnen andere maatregelen uit de Kort Volgen Toolbox worden toegepast.
- 1) ProRail heeft de maatregelen om opvolgtijden te reduceren verzameld onder de naam Kort Volgen Toolbox, zie second opinion Kort Volgen voor het Ministerie van Infrastructuur en Milieu d.d. 12 juli 2012. De Kort Volgen Toolbox bevat ruim 40 maatregelen waarmee de verkorte opvolgtijden kunnen worden gerealiseerd.

#### 4 De ontwikkeling van ERTMS Level 3 is op dit moment niet als alternatief meegenomen omdat een "bewezen" ERTMS Level 3 toepassing<sup>1)</sup> in de nabije toekomst niet is te verwachten

##### Conclusies

- De huidige focus voor de ontwikkeling van ERTMS Level 3 ligt op ERTMS Regional (ERTMS Level 3 variant voor lokale spoorlijnen met een lage treinintensiteit).
- Op basis van de beperkte beschikbare informatie over ERTMS Level 3 is de indicatie dat een bewezen toepassing van ERTMS Level 3 op baanvakken<sup>2)</sup> op zijn vroegst rond 2025 is te verwachten; de ontwikkeltijd voor een betrouwbare ERTMS Level 3-toepassing wordt geschat op 8-10 jaar. Initiatieven zijn nog niet genomen en commitment van betrokken partijen (infrabeheerder en vervoerders<sup>3)</sup>) is hiervoor noodzakelijk.

##### Aanbeveling

- De ontwikkeling van ERTMS Level 3 kan mogelijk worden versneld door samen met geïnteresseerde landen initiatieven voor ERTMS Level 3 te ontwikkelen en oplossingen te ontwikkelen en belangrijke ontwerpkeuze<sup>4)</sup> voor het ontwerp te kiezen.
- 1) Een bewezen toepassing is hier geïnterpreteerd als in de praktijk toegepaste ERTMS Level 3-toepassing op een dubbel spoorbaanvak met meerdere (minimaal vier) treinen per uur per richting.
  - 2) Over het toepassen van ERTMS Level 3 op complexere infrastructuur zoals emplacement bij stations kan geen uitspraak worden gedaan.
  - 3) Indien volledig commitment van alle partijen niet mogelijk is kan ERTMS Level 2+ een oplossing bieden.
  - 4) Hierbij moet worden gedacht aan de prestatie-eisen voor treinintegriteit, de keuze tussen "moving block" en "virtual block".

#### 5 Is ERTMS Level 2+ een reëel alternatief voor de Nederlandse ERTMS implementatie strategie?

##### Conclusies

- Met ERTMS Level 2+ (ERTMS Level 3 met baangebonden detectie) kan zonder aanpassing van de bestaande treindetectiesystemen (baangebonden systemen) extra baanvakcapaciteit worden gecreëerd <sup>1)</sup>. Hiermee kan invulling worden gegeven aan de capaciteitsdoelstellingen van de ERTMS Railmap.  
Een alternatief voor het realiseren van extra baanvakcapaciteit is het toepassen van ERTMS Level 2 met blokverdichting van de bestaande treindetectiesystemen.
- ERTMS Level 2+ is een goed middel voor een gecontroleerde transitie van ERTMS Level 2 naar Level 3.  
Met ERTMS Level 2+ kunnen de nieuwe ERTMS Level 3-functionaliteiten in de praktijk worden beproefd waarbij de baangebonden detectie als vangnet fungeert. Hiermee is de verwachting dat ERTMS Level 2+ onderdeel wordt van laatste stap naar de introductie van ERTMS Level 3, welke op zijn vroegst rond 2025 wordt verwacht <sup>2)</sup>.

- 1) De capaciteitsopbrengsten zijn afhankelijk van het aantal treinen met een Train Integrity Monitor in combinatie met het aantal treinen zonder Train Integrity Monitor.
- 2) Zie conclusies ERTMS Level 3

## 8 Definities en afkortingen

In de onderstaande tabellen zijn de in het kennisboek gebruikte definities en afkortingen opgenomen

Definities	Omschrijving	Referentie
Baan Trein Integratie (BTI)	Betreft de activiteiten waarmee i.h.k.v. materieeltoelating wordt beproefd in welke mate de ERTMS-systemen van de baan (Infrastructuur) op de bedoelde wijze samenwerken met de ERTMS-systemen van de trein.	Sectie C.5
Baangebonden / infrasystemen	De fysieke systemen die zijn opgenomen in en langs de spoorinfrastructuur of in centrale ruimtes. Alle systemen die niet in het materieel zijn opgenomen.	Sectie B.5.a&b
Baanvaknelheid	De maximale snelheid die op een zeker baanvak gereden mag worden.	Sectie B.4
Beschikbaarheid	De mate waarin een systeem beschikbaar is voor het rijden van treinen, terwijl het systeem niet in onderhoud is.	Sectie B.5.a
Besturing	De uitvoering van alle treindienstprocessen om de treinen met vastgestelde mate van spreiding conform de dienstregeling te kunnen laten rijden.	Sectie A.4
Betrouwbaarheid/ Bedrijfszekerheid	De mate waarin een systeem operationeel goed functioneert gedurende de periode waarin het volgens het plan beschikbaar is voor gebruik.	Sectie B.5.a
Beveiligings- en Besturingssysteem	De systemen waar de ERTMS-specificaties betrekking op hebben.	Sectie A.4
Bijsturing	De activiteiten om treinverkeer tijdens verstoringen te regelen, leidend tot herstel van uitvoering van de dienstregeling.	Sectie A.4
Cybersecurity	De beveiliging van computersystemen, netwerken en mobiele datacommunicatie.	Sectie B.1.d
Emplacementen	De delen van het spoor waar wissels aanwezig zijn. Dit zijn de gebieden rond Stations en opstellocaties voor treinen.	Sectie A.5
ERTMS Specificaties	De set aan documenten waarin de eisen voor het European Rail Traffic Management Systeem staan.	Sectie A.1
ETCS Toepassingsniveau (levels)	Uitvoeringsvormen van ETCS aangeduid met levels. Level 0, NS, 1, 2 en 3 worden onderscheiden. NS staat voor Nationaal Systeem en vraagt een Specific Transmission Module voor het specifieke nationale beveiligingssysteem.	Sectie A.1
Eurobalises	Elementen in het spoor die informatie voor de treinen bevatten. Treinen beschikken over een baliselezer. Passieve en actieve worden onderscheiden. Passieve balises bevatten altijd dezelfde informatie. Actieve balises worden door de Interlocking voorzien van nieuwe informatie	Sectie 4
Gebruiksprocessen	Betreft alle processen voor het rijden van treinen door o.a. machinist en treindienstleider en omvat activiteiten zoals het inleggen van tijdelijke Snelheids Bependingen (TSB), werkgebieden etc.	Sectie A.1
GSM-R	Telecommunicatie systeem voor spoorwegtoepassingen gebaseerd op de commerciële GSM-standaard.	Sectie A.3
Interlocking	De Interlocking, ofwel de stations- en blokbeveiliging, garandeert dat een rijweg veilig is. Is de rijweg veilig, dan legt de Interlocking de rijweg vast, waarna toestemming aan de trein wordt gegeven om te kunnen rijden.	Sectie
Key management	Key Management is het beheer van de cryptografische sleutels die zorgen voor de afscherming (security) van de radioberichten tussen wal en trein tegen ongeautoriseerde toegang.	Sectie B.1.d
Landelijk Plan	Landelijk Plan is de landelijke dienstregeling.	Sectie 2
Lokaal Plan	Het Lokaal Plan is een gedetailleerde uitwerking van het Landelijk Plan.	Sectie 2
Materieelgebonden systemen	De fysieke systemen die in het materieel zijn opgenomen	Sectie A.2
Onderhoudbaarheid	De mate waarin een systeem kan worden onderhouden, dit omvat zowel gepland onderhoud (ook wel preventief onderhoud) als niet gepland onderhoud (correctief onderhoud). Tijd van het onderhoud heeft betrekking op niet uitlopen van gepland onderhoud en tijd die nodig is om een storing te herstellen bij niet gepland onderhoud.	Sectie B.5.b
Specific Transmission Module	Module verbonden met het ETCS-systeem, aanwezig in de trein voor communicatie met Class B-beveiligingssysteem, zoals ATB EG en NG	Sectie A.2

Systeemintegratie	Systeemintegratie zijn de activiteiten en processen die tot doel hebben tot een technisch en operationeel geïntegreerd werkend systeem te komen dat zal voldoen aan de verwachtingen.	Sectie C.7
Treinbeïnvloedingssysteem	Onderdeel van het beveiligingssysteem; het deel dat de informatie aan de treinen verstrekt over bewegingsautorisaties en conform de snelheidsbewaking eventuele ingrepen uitvoert	Sectie
Treinbeveiligingssysteem	Het treinbeveiligingssysteem is een uitvoeringsvorm van de treinbeveiligingsfunctie. Treinbeveiligingssystemen zijn systemen die ervoor zorgen dat treinen veilig kunnen rijden. De systemen voorkomen dat treinen in botsing komen met andere treinen, kunnen ontsporen, vaste objecten of kruisend (weg)verkeer raken en harder kunnen rijden dan de veilige snelheid op het betreffende baanvak.	Sectie B.2.a & C.2
Verkeersleidings-systeem	De systemen voor de Besturing van het treinverkeer die worden gebruikt door de centrale verkeersleiding.	Sectie 2

Afkorting	Betekenis
ATB	Automatische Treinbeïnvloeding
ATB EG	Automatische Treinbeïnvloeding Eerste Generatie
ATB NG	Automatische Treinbeïnvloeding Nieuwe Generatie
ATB VV	Automatische Treinbeïnvloeding Verbeterde Versie (technische toevoeging aan ATBEG)
BTI	Baan Trein Integratie
CWT	Constant Warning Time
DMI	Driver Machine Interface
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
EVC	European Vital Computer
HRN	HoofdRailnet
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport
LEU	Lineside Electronics Unit
mcn	Machinist
PHS	Programma Hoog frequent Spoor
RBC	Radio Block Center
RIS	Regeling Indienststelling Spoorvoertuigen
STM	Specific Transmission Module
TSI	Technical Specifications for Interoperability
TSI CCS	Technical Specifications for Interoperability voor Command Control and Signalling
TAO	Treindienst-aantastende onregelmatigheid
Trdl	Treindienstleider
TSB	Tijdelijke SnelheidsBeperking
VKA	Veiligheid kritische activiteiten

## A.1 ERTMS Specificaties, levels, baselines en versies

Onderwerpen
<p>Deze sectie beschrijft de aspecten uitvoeringsvormen ( levels) ‘baseline’ en versies van de ERTMS Specificaties en legt een verband met het aspect ‘interoperabiliteit’. De implementatie van ERTMS vraagt om een aantal keuzes. Deze keuzes zijn bepalend voor de functionaliteit / ambitieniveau die / dat met ERTMS kan worden bereikt en zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de baseline van de ERTMS Specificatie: baseline 2 (“2.3.0d”) of baseline 3 (er zullen in de toekomst updates van baselines of nieuwe baselines komen); en</li> <li>• de ERTMS uitvoeringsvormen: Level 1, 2 of 3.</li> </ul> <p>Keuze van beide opties bepaalt ook de interoperabiliteit tussen de infra en het rollend materieel.</p>

ERTMS Specificaties
<p>ERTMS is de specificatie voor een interoperabel systeem voor treinbesturing en seingeving. Interoperabiliteit is gedefinieerd in EU richtlijn 2008/57/EC. Interoperabiliteit betekent dat veilig en ononderbroken treinverkeer, waarbij de voor de betrokken lijnen gespecificeerde prestaties worden geleverd, mogelijk is.</p> <p>Technical Standard of Interoperability /Command Control and Signaling definieert de uitgangspunten voor de ERTMS Specificaties. De ERTMS Specificaties zijn openbaar (zie: <a href="http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Current-Legal-Reference.aspx">http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Current-Legal-Reference.aspx</a>) (TSI CCS) en verschillende leveranciers kunnen ERTMS systemen produceren en leveren. Dit in tegenstelling tot veel nationale systemen beveiligingssystemen, waar de specificaties eigendom zijn van één leverancier en maar één leverancier de systemen kan leveren.</p>

Wat is een ERTMS baseline, versie en level?
<p>De set van ERTMS Specificaties bestaan uit functionele eisen, performance-eisen en technische eisen. De ERTMS Specificaties zijn in ontwikkeling/evolueren en versiebeheer wordt toegepast om de oude en nieuwe versies (ERTMS baselines genaamd) gecontroleerd te kunnen toepassen. Dit is met name van belang voor de compatibiliteit tussen materieel en infrastructuur.</p> <p>Een ERTMS Specificatie wordt aangeduid met twee nummers gescheiden door een punt (X.Y), bijvoorbeeld, 3.1. Het eerste nummer (X) is de baseline, het tweede nummer is de versie (Y). Het baselinenummer is van invloed op de interoperabiliteit tussen materieel en infrastructuur. Het versienummer heeft geen invloed op de interoperabiliteit, maar wel op beschikbare functionaliteiten. Indien:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de baselinenummers voor infrastructuur en materieel gelijk zijn dan zijn materieel en infrastructuur interoperabel;</li> <li>• indien het baselinenummer voor materieel hoger is dan het baselinenummer voor de infrastructuur dan zijn materieel en infrastructuur interoperabel; en</li> <li>• indien het baselinenummer voor met materieel lager is dan het baselinenummer voor de infrastructuur dan zijn materieel en infrastructuur niet interoperabel (lees: het materieel kan niet over de infrastructuur rijden).</li> </ul> <p>De European Railway Agency (ERA) is de systeemautoriteit voor het vaststellen van de ERTMS Baselines. De huidige baselines die in de TSI CCS zijn opgenomen, zijn: Baseline 2.0 en Baseline 3.0.</p> <p>Baseline 2 “Versie 2.3.0d” is slechts de versie van één van de documenten (subset-026, System Requirement Specification) uit de set ERTMS Specificaties. “Versie 2.3.0.d” is synoniem voor Baseline 2.0. ERA steekt op dit moment geen effort meer in het onderhouden van Baseline 2.0.</p> <p>Baseline 3 De toekomstige ontwikkelingen zoals GPRS voor ERTMS zullen worden verwerkt in de opvolger van Baseline 3.0.</p> <p>Baseline 3 heeft een aantal extra functies ten opzichte van Baseline 2, waaronder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geharmoniseerd remcurvemodel;</li> <li>• geharmoniseerde Driver Machine Interface;</li> <li>• verbeterde “Start of Mission” (opstarten van trein); en</li> <li>• extra functies om verstoorde overwegen te ondersteunen.</li> </ul> <p>Daarnaast is in Baseline 3.0 een aantal technische correcties aangebracht t.o.v. Baseline 2 die de performance ten goede komen.</p>



ERTMS kent drie basislevels of uitvoeringsvormen (ERTMS of ETCS Level 1, 2, en 3). Alle drie de uitvoeringsvormen zijn in de ERTMS Specificaties opgenomen. In het volgende hoofdstuk worden de uitvoeringsvormen beschreven.

Naast de uitvoeringsvormen Level 1, 2 en 3 kent ERTMS Level 0 en Level NS (Nationaal systeem).

- ERTMS Level 0 betekent dat geen beveiligingssysteem aanwezig is.
- ERTMS Level NS (National System) betekent dat gebruik wordt gemaakt van een nationaal niet interoperabel treinbeïnvloeding systemen zoals het ATB-systeem in Nederland. Een Specific Transmission Module zorgt ervoor dat interface tussen het nationale systeem in de infrastructuur en de ETCS-installatie in de trein wordt geregeld.

Verder bestaan ook andere, minder gangbare vormen van ERTMS, zoals ERTMS Regional. ERTMS Regional is een variant van ERTMS Level 3 die op dit moment wordt toegepast in Zweden. Daarnaast wordt nagedacht over tussenvormen zoals ERTMS Level 3 met baangebonden detectie. In het ERTMS Kennisboek worden met name de basis Levels 1, 2 en 3 beschreven.

#### **Uitgangspunten m.b.t. ERTMS levels/versies**

1. De compatibiliteit tussen baan en trein is alleen gewaarborgd als de versie van de trein gelijk of hoger is aan die van de baan.
2. Een trein die volledig conform de Europese ERTMS Specificaties is uitgerust, kan op alle levels rijden.

### ERTMS Level, uitvoeringsvormen

#### **Inleiding**

De ERTMS uitvoeringsvormen Level 1, Level 2 en Level 3 zijn hieronder beschreven, waarbij de belangrijkste karakteristieken, overeenkomsten en verschillen zijn aangegeven.

Level 1 is een systeem met discontinu informatieoverdracht van baan naar trein waarbij de informatie wordt afgeleid van de lokale seinbeelden of interlockinginformatie en vertaald wordt naar een bericht voor de Eurobalise. De trein brengt geen informatie over naar het walsysteem.

Level 2 verschilt van Level 1 doordat er een continue informatieoverdracht is tussen baan en trein. Daarbij stuurt de trein (in tegenstelling tot bij L1) ook informatie terug naar de baan over o.a. de exacte locatie en snelheid van de trein. De informatie wordt overgedragen via GSM-R. Aan de baanzijde bevindt zich een Radio Block Center (RBC) die de bron en ontvanger is van deze informatie. Het RBC krijgt van de Interlocking de informatie die nodig is om een trein een autorisatie te geven.

Level 3 lijkt in veel opzichten op Level 2. Het verschil is dat bij Level 3 geen baangebonden treindetectiesysteem nodig is waaraan de interlocking de locatie van treinen op de infra herleidt. In plaats daarvan gebruikt het RBC / de interlocking de positie-informatie van de trein die het via de RBC ontvangt. Aangezien deze informatie is gebaseerd op de positie "van de neus van de trein", vereist dit concept dat er door de trein, naast de lengte van de trein, een garantie wordt gegeven t.a.v. de compleetheid van de trein (m.a.w.: is er onderweg niet een treindeel achtergebleven). Dit is de zogenaamde treinintegriteit.

ERTMS Level 2 en Level 3 bieden daarom naast een treinbeveiligingssysteem en beïnvloedingssysteem ook input ten behoeve van verkeersleidingssystemen

In de volgende paragrafen worden de uitvoeringsvormen en hun eigenschappen m.b.t. de gebruikswaarden nader uitgeschreven.

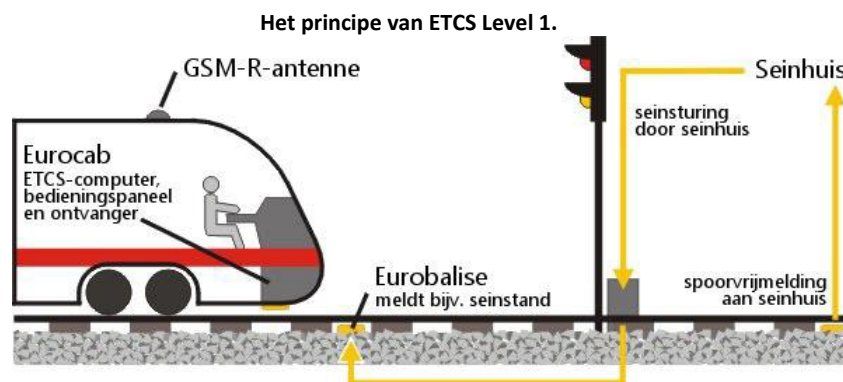
## Gedetailleerdere beschrijving ERTMS Levels 1, 2 en 3 uitvoeringsvormen voor toepassing op de bestaande infrastructuur in Nederland

### ERTMS Level 1

ERTMS Level 1 is de ERTMS-variant waarbij de Movement Authorities discontinu (met Eurobalises) worden overgebracht naar de trein. Deze Eurobalises sturen vanuit het spoor digitale berichten naar passerende treinen. De ETCS-treinapparatuur in de treincabine ontvangt, verwerkt en toont de benodigde informatie aan de machinist op een beeldscherm (cabinesignalering). Bij ETCS Level 1-toepassingen wordt gebruik gemaakt van Eurobalises met wijzbare berichten, deze balises worden door een Lineside Electronic Unit (LEU) vanuit de interlocking aangestuurd. Daarnaast gebruikt ETCS Level 1 ook Eurobalises met vaste berichten.

De bestaande seinen langs de baan kunnen blijven staan omdat door de discontinu informatie overdracht, de ERTMS-informatie in de cabine, niet altijd actueel hoeft te zijn. Langs de baan (of in het geval van een emplacement in een relaishuis) worden zgn. Lineside Electronic Units (LEUs) geplaatst die de spanning inleest waarmee de seinen worden aangestuurd (groen, geel, rood). Dat wordt vertaald naar digitale berichten die via een kabel worden doorgegeven aan de Eurobalises. Het bovenstaande beschrijft invulling van ERTMS Level 1 op basis van het huidige Nederlandse seinstelsel NS'54.<sup>3</sup>

Alleen materieel dat is voorzien van ETCS-systemen kan gebruik maken van infrastructuur waar alleen ERTMS systemen worden toegepast. ERTMS Level 1 is functioneel geheel vergelijkbaar met ATB-NG. In beginsel wordt de ERTMS-informatie alleen ter hoogte van de balise overgedragen van baan naar trein. De ERTMS Level 1-performance kan worden verbeterd door het toepassen van het zogenaamde 'infill': tussen twee balises in wordt ERTMS-informatie van baan aan trein gecommuniceerd. Er zijn drie opties voor 'infill': 1) met extra balises, 2) met Euroloop en 3) met Radio infill.



Samengevat Level 1:

- Voor toepassing in Nederland blijven buitenseinen gehandhaafd, daarnaast is cabinesignalering aanwezig. De vorm en de omvang van buitenseinen is afhankelijk van het gebruikte seinstelsel en de toepassing van de infill.
- Baangebonden treindetectie blijft gehandhaafd, detectie is dus continu in tijd en discreet in locatie.
- Trein krijgt informatie over "afstand/snelheid" waarover mag worden gereden, via balises in de baan.
- Balises met wijzbare berichten worden aangestuurd (via een LEU).
- De trein die over de balise rijdt, ontvangt de autorisatie.
- ERTMS Level 1-toepassing in Nederland kan alleen worden ingevoerd als dit gebeurt op basis van het huidige NS'54-seinstelsel.

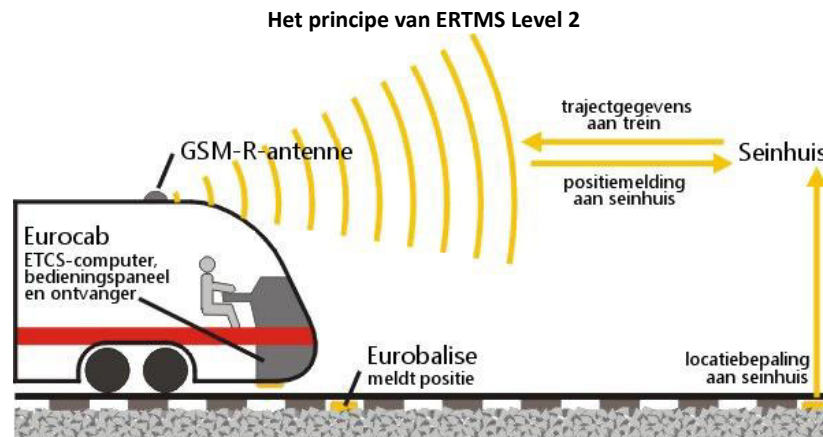
### ERTMS Level 2

ERTMS Level 2 is de ERTMS-variant waarbij de Movement Authority continu (via GSM-R) wordt overgebracht naar de trein. De balises in de baan worden gebruikt om de positie van de trein te herijken. Door de continue informatie-overdracht is de informatie in de cabine altijd actueel en kunnen de buitenseinen vervallen. De rijautorisatie wordt centraal gegenereerd in een Radio Block Center (RBC). In tegenstelling tot L1, stuurt de trein informatie terug naar de baan over o.a. de exacte locatie en snelheid van de trein. Hierdoor heeft de baan actuele informatie voorhanden die kan worden gebruikt voor zowel beveiligingsfuncties als verkeersmanagementfuncties.

<sup>3</sup> Een andere invulling met een aangepast seinstelsel is mogelijk; ERTMS Level 1 is immers ontworpen als "add-on" op alle bestaande seinstelsels. Echter een aangepast seinstelsel voor ERTMS Level 1 is operationeel zeer complex omdat de machinisten bij de introductie te maken krijgen met wisselende seinstelsels die te veel op reeds bestaande seinstelsel in Nederland, België en Duitsland lijken.

Alleen materieel dat is voorzien van ETCS-systemen kan gebruik maken van infrastructuur waar ERTMS-only-systemen worden toegepast.

ERTMS Level 2 en 3 hebben andere operationele uitgangspunten dan NS'54. Daarom is de bijbehorende operationele regelgeving ook anders. De voor ERTMS benodigde operationele regelgeving is Europees vastgelegd in de TSI OPE, die inmiddels in Nederland is geïmplementeerd in de Ministeriële Regeling Spoorverkeer. De uitwerking van de operationele regelgeving in gebruiksprocessen heeft plaatsgevonden bij ERTMS Level 2 op de HSL-Zuid, de Betuweroute, Amsterdam-Utrecht en de Hanzespoorlijn. Deze operationele regelgeving in gebruiksprocessen zal mogelijk nog aangepast moeten worden bij een verdere uitrol van ERTMS Level 2/3.



Samengevat Level 2:

- Machinist rijdt puur op cabinesignaling; buitenseinen vervallen.
- Baangebonden treindetectie blijft gehandhaafd, detectie is dus continu in tijd en discreet in locatie.
- Trein krijgt constant informatie over “afstand/snelheid” waarover mag worden gereden van het RBC (via GSM-R).
- Balises zijn vergelijkbaar met “kilometerpaaltjes” die de trein vertellen wat zijn exacte positie is.
- In Level 2 is een autorisatie gekoppeld aan een specifieke trein.
- Operationele regelgeving op basis van de TSI OPE.

### ERTMS Level 3

ERTMS Level 3 autoriseert op eenzelfde wijze als Level 2 maar gaat nog een stapje verder dan ERTMS Level 2, omdat in de ERTMS positie informatie van de trein wordt gebruikt ter vervanging van de treindetectiesystemen in de baan. Voor een schematisch beeld van de werking wordt verwezen naar de figuur voor Level 2 die op de getoonde aspecten identiek is aan Level 3.

Hierdoor kunnen treindetectiesystemen aan de baanzijde vervallen.

Samengevat Level 3:

- Machinist rijdt puur op cabinesignaling; buitenseinen vervallen.
- Baangebonden treindetectie kan vervallen, treindetectie is discontinu in tijd maar continu in locatie. Dit vereist een lengte zekerheid van de trein. NB: baangebonden treindetectie kan worden gehandhaafd ten behoeve van de beschikbaarheid.
- Trein meldt continu zijn positie aan het RBC (via GSM-R), die dat vertaalt naar “treindetectie-informatie” aan de Interlocking.
- Trein krijgt constant informatie over “afstand/snelheid” waarover mag worden gereden van het RBC (via GSM-R).
- Balises zijn vergelijkbaar met “kilometerpaaltjes” die de trein vertellen wat zijn exacte positie is en statische informatie over de infrastructuur zoals locatie van tunnels.
- “Moving block” is mogelijk, doch niet noodzakelijk.
- In Level 3 is een autorisatie gekoppeld aan een specifieke trein.
- Operationele regelgeving op basis van de TSI OPE.

### Impact keuzes ERTMS-toepassing in Nederland op gebruiksprocessen <sup>4</sup>

#### ERTMS levels:

- Level 1 biedt treinbeveiliging en besturingsfunctionaliteit op basis van cabinesignalering en buitenseinen. De mate waarin gebruik wordt gemaakt van buitenseinen is afhankelijk van het toegepaste seinstelsel. Defecte balises of gemiste balises worden door de trein opgemerkt en aan de machinist gemeld. Deze moet dit melden aan de treindienstleider die vervolgens de storingsorganisatie inschakelt. Defecte balises hebben in de meeste gevallen direct impact op de treindienst (remingrepen door ERTMS-treinapparatuur).
- Level 2 biedt naast “treinprotectie” de basis voor “traffic management”, omdat de communicatie tussen baan en trein in twee richtingen verloopt en de baan daardoor gedetailleerde up-to-date informatie over de trein heeft. De machinist rijdt volledig op cabineseingeving. De buitenseinen komen te vervallen. Storingen in balises worden automatisch door trein aan het RBC gemeld en hebben meestal geen impact op de treindienst.
- Voor Level 3 geldt hetzelfde als voor Level 2 met als uitbreiding dat in Level 3 de baangebonden treindetectiesystemen kunnen vervallen. In het geval van storingen waarbij de trein “kwijtraakt” of niet meer “integer” is, vereist dit aanvullende operationele processen om de treindienst weer op gang te krijgen.

#### 2.3.0d vs. baseline 3:

- De versie van de baseline heeft geen principiële verschillen op de gebruiksprocessen. Een beperkt aantal functies is in baseline 3 zijn verbeterd t.o.v. baseline 2.

#### ERTMS baseline versus level

- De keuze voor de ERTMS baseline heeft geen impact op de keuze voor het ERTMS level.
- De keuze voor het ERTMS level heeft geen impact op de keuze voor de ERTMS baseline.

### ERTMS Level 3 in combinatie met baangebonden treindetectie (ERTMS Level 2+)

De uitvoeringsvormen ERTMS Level 3 met baangebonden treindetectie is een idee dat op hoofdlijnen is geanalyseerd en in de praktijk nog niet is uitgewerkt of bewezen. De hieronder genoemde voordelen zijn dan ook verwachtingen. Zie verder bijlage A “Rapportage ERTMS in Nederland uitwerking van een aantal aandachtgebieden” voor de analyse van ERTMS Level 3 met baangebonden trein detectie. Het concept van ERTMS Level 3 met baangebonden detectie wordt verder uitgeduid als ERTMS Level 2+.

Deze ERTMS-uitvoeringsvorm staat niet in de TSI omschreven maar is wel een uitvoeringsvorm die past binnen de TSI en ERTMS Specificaties.

ERTMS Level 2+ heeft de volgende voordelen:

- de baanvakcapaciteit wordt vergroot indien het aantal treinen dat onder Level 2 moet rijden beperkt is. Hiermee kunnen infrastructuraanpassingen voor capaciteitsvergroting (blokverdichting) worden voorkomen.
- het is een effectief hulpmiddel bij de overstap van Level 2 naar Level 3.

ERTMS Level 2+ is hieronder nader toegelicht.

Met ERTMS Level 2+-systemen kunnen treinen die geschikt zijn voor ERTMS Level 3 onder het ERTMS Level 3-regime rijden, waarmee capaciteitswinst wordt behaald vanwege de virtuele blokken. Treinen die niet geschikt zijn voor ERTMS Level 3 omdat ze bijvoorbeeld niet beschikken over een Train Integrity Monitor-functie, kunnen met behulp van de baangebonden treindetectie onder ETCS Level 2 rijden. Indien voldoende treinen geschikt zijn voor ERTMS Level 3, wordt extra baan capaciteit gecreëerd.

De baangebonden treindetectie van ERTMS Level 2+ biedt de mogelijkheid treinen sneller te lokaliseren bij systeemfalen dan bij een volledig ERTMS Level 3-systeem. Hiermee wordt een probleem van ERTMS Level 3, treinlokalisatie na een het volledig falen, voor een groot deel ondervangen. De ERTMS Level 2+-oplossing speelt met

<sup>4</sup> Gebruiksprocessen betreft alle processen voor het rijden van treinen (dus incl. machinist en treindienstleider) waar ERTMS bij betrokken is (incl. TSBs, werkgebieden etc.)

name een rol in de begin periode van de introductie van een volledig ERTMS Level 3-systeem; in de periode dat de aanwezige kinderziektes nog moeten worden opgelost.

Na het wegnemen van de baangebonden treindetectiesystemen is het ERTMS Level 2+-systeem een ERTMS Level 3-systeem, geschikt voor treinen die voldoen aan de ERTMS Level 3 eisen, o.a. een Train Integrity Monitor-functie.

#### Onzekerheden

- Er is nog slechts beperkt ervaring met ERTMS Level 3. Binnen Europa is alleen in Zweden een regionaal ERTMS baan in dienst die gebruik maakt van ERTMS L3-functionaliteit. In de eerste helft van 2013 is een Proof of Concept voor ERTMS L3 in Nederland uitgevoerd. Deze Proof of Concept heeft een open onderzoeks karakter.
- Er is in Nederland nog geen praktijkervaring met ERTMS op druk bereiden baanvakken en complexe emplacementen.

#### Referenties

[1]	Compendium on ERTMS, Edited by Peter Winter, 22 juni 2009, ISBN 978-3-7771-0396-9
-----	---

## A.2 ETCS treingebonden systemen

### Inleiding

Deze sectie beschrijft ERTMS vanuit de trein. De volgende onderwerpen zijn beschreven:

- treinbeveiliging en ERTMS-remcurvebewaking;
- de ERTMS boordapparatuur; en
- ERTMS en het bestaande ATB-beveiligingssysteem in Nederland.

### Omschrijving van de feiten

#### Trein en treinbeveiliging

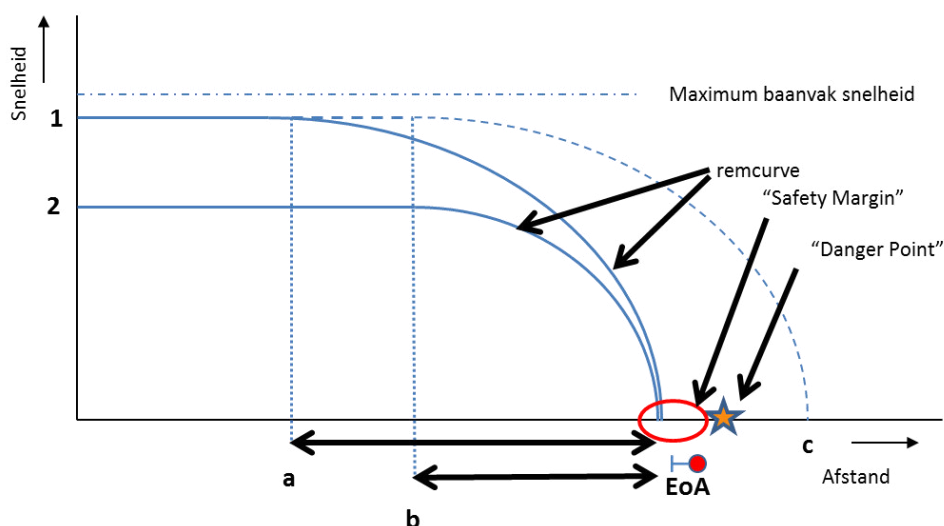
Systemen voor treinbeveiliging zijn in wezen niets anders dan methoden en middelen om te voorkomen dat treinen ontsporen of in botsing komen met andere treinen, vaste objecten of kruisend (weg)verkeer. In het treinverkeer geldt dan dat een trein de toegelaten maximum snelheid niet mag overschrijden en zo ver fysiek van een andere trein of object verwijderd blijft, dat deze op tijd tot stilstand komt voordat een andere trein of object wordt geraakt. Het bepalen van deze veilige afstand kan worden gerealiseerd met technische middelen, met procedurele maatregelen of met een combinatie van beide. Technische middelen worden gevonden in de infrastructuur, in de trein of beide. Al naar gelang de mix tussen beide, ontstaan verschillende vormen van treinbeveiliging zoals ATB EG, ATB NG en ERTMS. Deze sectie behandelt het deel van het ERTMS-beveiligingssysteem dat zich aan boord van de trein bevindt in relatie tot de werking van het integrale systeem.

Om de veilige marge tussen de rijdende trein en obstakels en de toegelaten snelheid te handhaven, is informatie nodig over de positie, snelheid en richting van de trein in relatie tot die van andere treinen en objecten. Op basis van deze informatie kan berekend worden hoeveel ruimte een rijdende trein nodig heeft om tijdig tot stilstand te komen, mocht de situatie daarom vragen. Dat kan pas veilig als ook de positie, snelheid en rijrichting van de trein bekend is in relatie tot bijvoorbeeld de aanwezigheid en positie van wissels, stations of overwegen. Systemen voor treinbeveiliging kunnen zich tevens onderscheiden in de wijze waarop deze informatie wordt verkregen en toegepast.

Een ander aspect waarop systemen voor treinbeveiliging zich onderling onderscheiden, is in de bron voor deze informatie: geheel via de spoorweginfrastructuur, geheel via de trein of een tussenvorm daarvan. Hier wordt het deel van de treinbeveiligingsfunctionaliteit behandeld die zich aan boord van de trein bevindt.

In figuur 1 hieronder worden deze principes in grafische vorm weergegeven.

Figuur 1 het principe van remcurve



Na het verkrijgen van een toestemming mag een trein gaan rijden. De toestemming is altijd voor een bepaalde lengte. Dat deel eindigt met een punt waar de trein tot stilstand moet komen. Dat wordt een 'autorisatie om te rijden' genoemd, die deel uitmaakt van een rijweginstelling. In ERTMS-terminologie is de autorisatie een digitaal bericht aan de trein die 'Movement Authority' of MA wordt genoemd. Het specificeert de totale afstand over een bepaald stuk

spoor die een trein toegestaan is af te leggen en de bijbehorende maximale snelheid. Aan het eind van de rijweg of de MA moet de trein afremmen om tijdig tot stilstand te kunnen komen. Zo wordt voorkomen dat het '*Danger Point*' kan worden bereikt waarop zich mogelijk een botsing zou kunnen voordoen, bijvoorbeeld een overweg of wissel. Een kenmerkend onderscheid tussen ATB en ERTMS is dat ATB de maximaal toegelaten snelheid bewaakt die geldt op het deel van het spoor waarover een trein zich beweegt. ERTMS bewaakt ook de maximaal toegestane snelheid tijdens het afremtraject van de trein conform de daarvoor gecalculerde remcurve. Dit wordt de remcurvebewaking genoemd: dreigt de trein deze curve te overschrijden, dan activeert het ERTMS-systeem tijdig het remsysteem.

De figuur laat zien dat de remweg van een trein langer is naarmate de snelheid hoger is. Om een trein toch tijdig tot stilstand te laten komen bij het daarvoor bestemde punt (een rood sein bij ATB en een zogenaamd '*End of Movement Authority*' of EoA bij ERTMS), moet een trein dus eerder beginnen te remmen naarmate zijn snelheid hoger is. In de bovenstaande figuur is dat punt *a* voor (snelle) trein 1 en punt *b* voor (langzamere) trein 2. Zou trein 1 zijn remweg ook beginnen bij punt *b*, zou hij voorbij het kritische punt schieten en tot stilstand komen bij punt *c*. Nu is een remweg nooit exact te bepalen en onder meer afhankelijk van de toestand van de trein en de infrastructuur. Daarom bevindt het rode sein of de EoA zich altijd op zekere afstand voor het werkelijke gevaarpunt, of '*Danger Point*' in ERTMS-terminologie. Het bepalen van de noodzakelijke ruimte tussen rood sein of EoA en het '*Danger point*', de veiligheidsmarge in de remwegbepaling ofwel '*Safety Margin*', is afhankelijk van vele factoren.

Bij veel klassieke systemen wordt de veilige afstand tussen treinen bewaakt door de infrastructuur in te delen in vaste eenheden, 'blokken' genaamd. De lengte van de blokken correspondeert dan met de remprestatie van de slechts beremde trein die van de infra gebruik maakt. Dit maakt het systeem star en voorkomt dat treinen die een kortere remafstand nodig hebben, dichter op elkaar kunnen rijden. Een voordeel van ERTMS Level 2 en 3 is dat de afstanden waarop treinen elkaar kunnen volgen, beter afhankelijk kunnen worden gemaakt van de remprestaties van de trein. ERTMS is daarom flexibeler dan klassieke systemen. De prestaties zijn echter niet alleen afhankelijk van ERTMS. Ook andere variabelen zoals de reactiesnelheid van de machinist, het remsysteem, de conditie van het remwerk en het spoor ervoor zorgen dat een trein tijdig tot stilstand komt.

#### **ERTMS-uitvoeringsniveaus (Levels)**

ERTMS kent (in theorie) drie varianten die zich onderscheiden conform de in de vorige paragraaf beschreven principes. Typisch voor ERTMS is dat bij elk volgend level-intelligentie (de besturing van het systeem) verschuift van baan naar trein. De Levels 1, 2 en 3 van ERTMS onderscheiden zich als volgt (zie ook Sectie A.1 "Specificaties, Levels, baselines en versies"):

1. In Level 1 bepaalt de trein snelheid en rijrichting. De positie van de trein wordt bepaald door systemen in de infrastructuur ("treindetectie"). De rijweg en routeinformatie worden verstrekt door de infrastructuur aan de trein met behulp van balises in het spoor en lichtseinen. Het boordsysteem bewaakt dat de trein het toegestane snelheidsprofiel niet overschrijdt. De bestaande indeling van het spoorwegnet in vaste blokken blijft gehandhaafd.
2. In Level 2 bepaalt de trein nog steeds snelheid en rijrichting en worden rijweg en routeinformatie verstrekt door de infrastructuur met behulp van radiocommunicatie. Balises in het spoor geven de trein absolute positie-informatie, die de trein nodig heeft als referentie voor remcurvebewaking. De treindetectie wordt ook hier geborgd in de infrastructuur. Het boordsysteem bewaakt dat de trein het toegestane snelheidsprofiel niet overschrijdt. De indeling van het spoorwegnet in vaste blokken blijft gehandhaafd. Per treintype kan een ander aantal blokken worden gecombineerd tot een rijweg. De machinist ontleent de informatie die hij nodig heeft aan de bestuurdersconsole in de cabine, de "Driver Machine Interface" of DMI;
3. In Level 3 bepaalt de trein naast snelheid en rijrichting ook de eigen positie en meldt die terug aan de baanzijde, die deze verwerkt tot het afgeven van MA's. Het baangebonden systeem voor treindetectie wordt daardoor overbodig. De rijweg en routeinformatie worden verstrekt door de infrastructuur met behulp van radiocommunicatie. Het systeem bewaakt dat de trein het toegestane snelheidsprofiel niet overschrijdt. Het spoorwegnet hoeft niet langer ingedeeld in vaste blokken. De machinist richt zich uitsluitend op de informatie die hij verkrijgt via de DMI.

Inmiddels worden er ook tussenvormen ontwikkeld waarvoor soms het predicaat "Level 3" wordt gebruikt maar die in feite varianten zijn van Level 2, omdat men dan toch ook gebruik blijft maken van baangebonden treindetectiesystemen. Randvoorwaarden voor Level 3 zijn dat de trein de eigen positie bepaalt ("autolocalisatie"), en zelf kan vaststellen of de trein nergens gebroken is ("treinintegriteit"). Dergelijke systemen die de treinintegriteit bewaken zijn niet gespecificeerd door de European Rail Agency (ERA), zoals dat wel het geval is met de andere varianten. Er zijn dus geen Level 3-systemen beschikbaar of in ontwikkeling die voldoen aan de primaire eis van ERTMS: onderdeel zijn van de TSI's en (dus) geratificeerd door de Europese Commissie.

**ERTMS: baselines**

Moderne treinbeveiligingssysteem gebruiken complexe IT-platforms met software als belangrijkste component. Zoals ook Microsoft regelmatige nieuwe versies van het besturingssysteem Windows op de markt brengt met meer of betere en nieuwe functies, gebeurt dat ook met ERTMS-software. En zoals computers na Windows XP en Windows 7 nu met Windows 8 worden aangeboden, evolueert ook ERTMS van baseline naar baseline. Baselines zijn met andere woorden het equivalent van nieuwe Windows-versies. Momenteel wordt gewerkt met baseline 2.3.0d en baseline 3. Eenieder die een computer met Windows heeft, wordt regelmatig verrast met nieuwe updates en upgrades. Die zijn nodig om mankementen en problemen die in de actuele versies zijn ontdekt, op te lossen. Dat is met de ERTMS-baselines niet anders en daarom kennen ook die upgrades en updates die worden gekenmerkt met een toevoeging achter het baselinenummer, bijvoorbeeld baseline 2.3.0.d (momenteel bij de meeste vervoerders in gebruik). Zie voor meer informatie over baselines en de wijze waarop deze worden geïntroduceerd sectie A.1 "Specificaties ERTMS Levels, baseline en versies".

**ERTMS: systeemconfiguratie van de boordapparatuur**

Het gedeelte van het gehele ERTMS-systeem dat zich aan boord van een trein bevindt, wordt boordconfiguratie genoemd. Typisch gaat het dan om systemen die ook in andere treinen te vinden zijn en systemen die specifiek ten behoeve van ERTMS aan een trein toegevoegd worden. Feitelijk kan het gehele boordsysteem worden verdeeld in drie categorieën:

1. De "trein" oftewel alle boordsystemen van een willekeurige trein die met het ERTMS-treinbeveiligingssysteem gekoppeld moeten worden:
  - beveiligingssysteem waaronder ATB;
  - remsystemen;
  - deursystemen;
  - communicatiesystemen;
  - odometrie (systemen die plaats en snelheid van de trein vaststellen); en
  - de mens – machine interface.
2. De centrale besturing van het ERTMS boordsysteem, de "European Vital Controller" of EVC, ook wel "Kernel" genoemd.
3. Perifere systemen van het ERTMS-boordsysteem, de randapparatuur van ETCS zoals de DMI, de GSM-R-datamodule, sensoren, antennes en dergelijke.

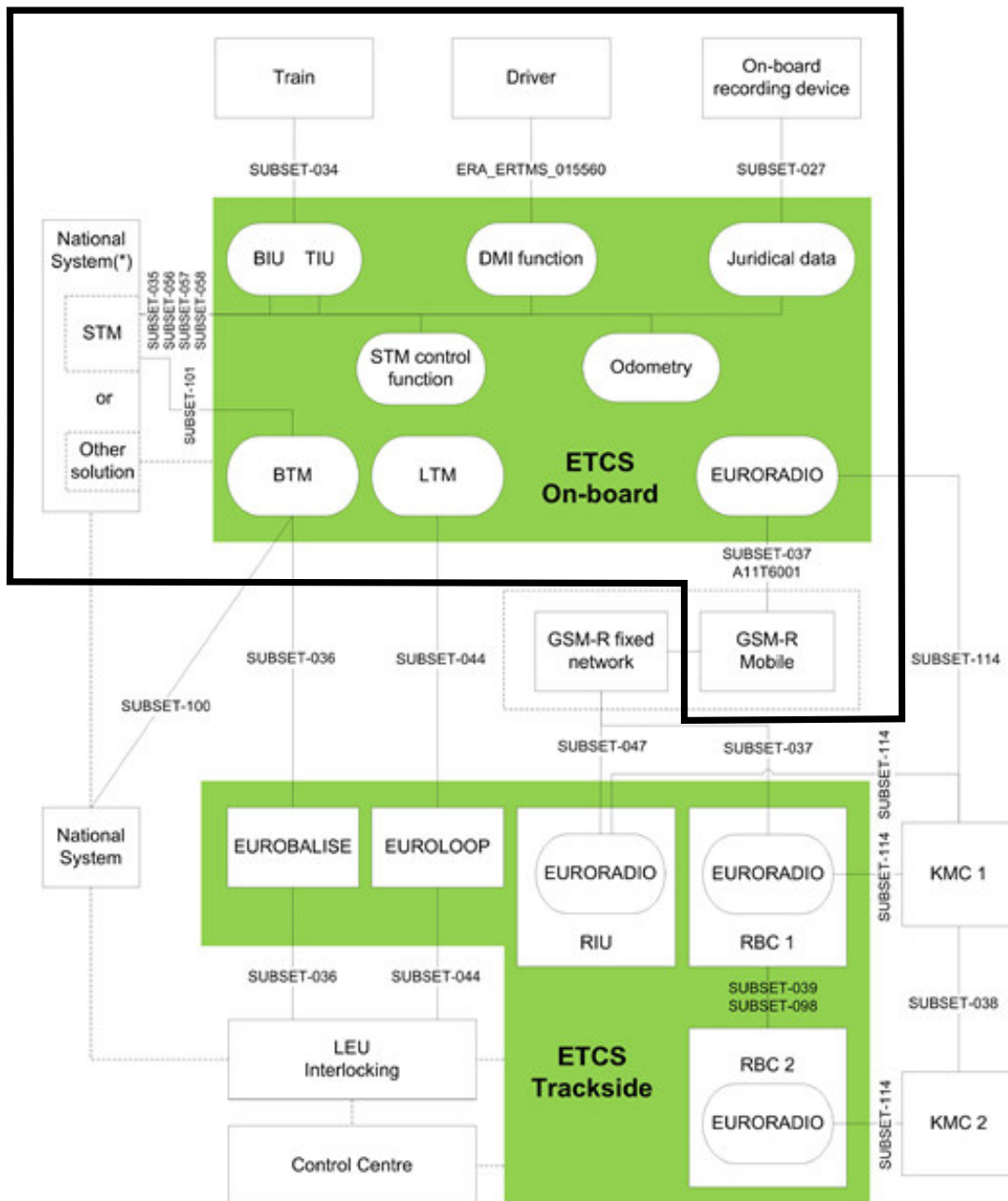
**Eisen aan de ERTMS-boordconfiguratie**

In figuur 2 is het bouwwerk (architectuur) dat ERTMS heet, schematisch afgebeeld. De figuur is ontleend aan de baseline 3-specificatie van ERA. ERA is de eigenaar van het eisenpakket waarin is beschreven hoe ERTMS moet werken. Hierin staat wat de verschillende onderdelen moeten doen en hoe ze onderling moeten communiceren. In het vak bovenaan en begrensd door de dikke zwarte lijn, is aangegeven wat tot de trein behoort en in het groene vlak daarbinnen welke onderdelen behoren tot de ERTMS-boordconfiguratie. De figuur toont vooral de interactie tussen het boordsysteem en de omgeving, oftewel het onderscheid tussen categorie 1 uit de voorgaande opsomming en de categorieën 2 en 3 die zich in het groene vlak bevinden.

De voorschriften ten aanzien van de interactie tussen de ERTMS-boordconfiguratie en de omgeving is vastgelegd in onderdelen van de ERA baseline 3-specificatie, die "subsets" worden genoemd. Deze interfacespecificaties zijn met hun kenmerkende nummering in de figuur ingetekend. Sommige interfacespecificaties ontbreken, anderen zijn van het type FIS ("Functional Interface Specification") en weer anderen van het type FFFIS ("Form Fit Functional Interface Specification"). FIS's beschrijven slechts functioneel hoe de koppeling tussen systemen moet worden gerealiseerd, FFFIS's beschrijven dat tot op detailniveau. FFFIS-interfacespecificaties zijn er specifiek voor bedoeld om *plug-and-play* uitwisselbaarheid van apparatuur van verschillende leveranciers mogelijk te maken.

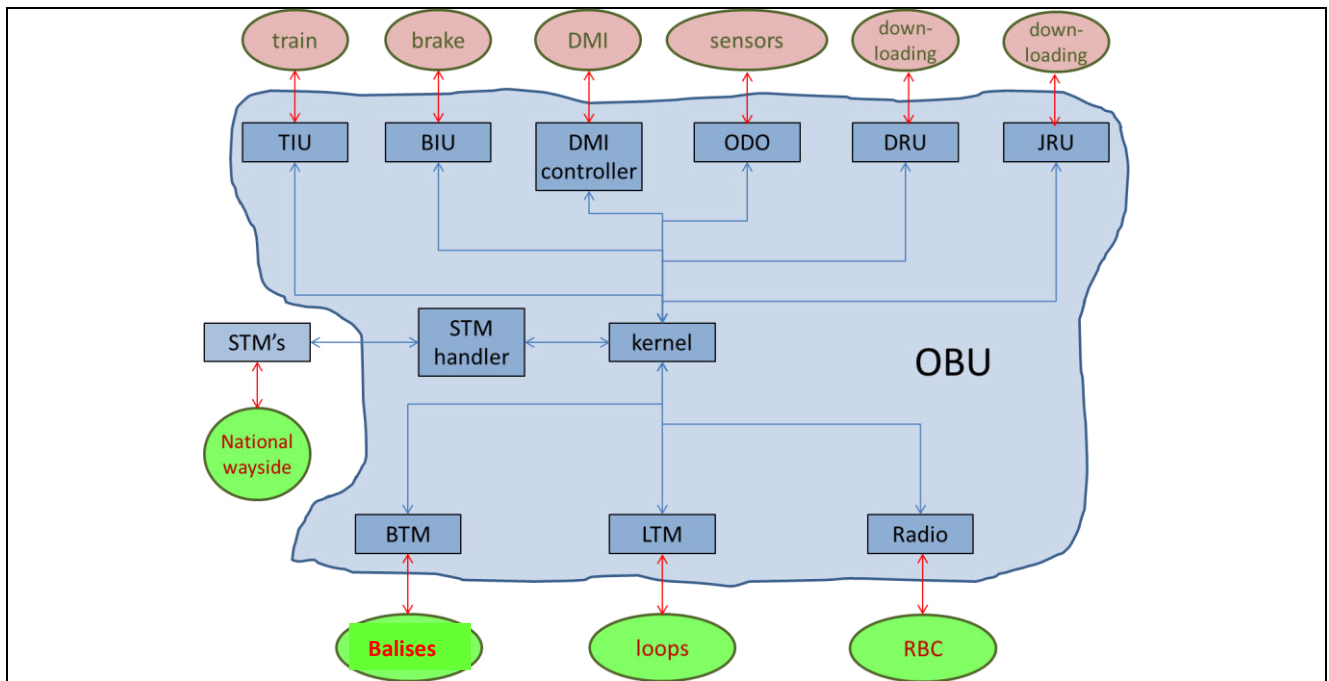


Figuur 2 schematische weergave ERTMS systeem (baseline 3 specificaties)



Ten aanzien van de architectuur van het ERTMS-boordsysteem binnen het bovenste groene blok van figuur 2 (ETCS on-board), is figuur 3 op volgende pagina van toepassing. Daarin is feitelijk hetzelfde te zien als in het groene vlak in bovenste deel van figuur 2, die afkomstig is uit Subset 26 van de baseline 3 ERTMS-specificatie van de European Rail Agency (ERA). Centraal staat de EVC of Kernel, die via interfaces gekoppeld is aan andere treinsystemen (de roze elementen bovenaan) en aan baan gebonden systemen (de groene elementen links en onderaan). Een bijzondere plaats neemt de STM in, het subsysteem dat de treinbeveiligingsfunctie van het bestaande (nationale) systeem voor treinbeveiliging heeft of overneemt. In Nederland is dat – met uitzondering van enkele regionale lijnen – ATB-EG. Een vergelijkbaar plaatje kan gemaakt worden voor het ATB-systeem dat zich nu aan boord van treinen bevindt met dien verstande, dat enkele onderdelen ontbreken of anders ingevuld zijn.

Figuur 3 Architectuur ERTMS boordsysteem



De ERTMS-boordconfiguratie verschilt niet wezenlijk in de Levels 1, 2 of 3. In Level 3 moeten de systemen ten behoeve van autolocalisatie de status van de treinintegriteit toevoegen in het bericht naar de wal. De interfacespecificaties van de systeemonderdelen die zijn gemarkeerd als de blauwe blokjes in het blauwe deel en die behoren tot de ERTMS-boordconfiguratie (vaak ook On Board Unit of OBU genoemd), geldt hetzelfde als boven aangegeven voor de hele configuratie. Slechts een deel is als FFFIS in de ERTMS baseline 3-specificatie opgenomen. Voor de interfaces waarvoor dat niet geldt, is de onderlinge uitwisselbaarheid tussen producten van verschillende leveranciers niet (zonder meer) mogelijk omdat deze mogelijk deels leveranciersspecifiek zijn.

Nominaal bevat Subset 26 van de ERA baseline 3-specificatie de functionele eisen aan de EVC, ook wel Kernel genoemd. In de praktijk beschrijft deze specificatie niet welke de functies van de Kernel moet vervullen, noch is Subset 26 eenduidig over de verdeling van functies tussen de Kernel en de randapparatuur. Ook ontbreken functies. Deze specificatie is dus niet zodanig compleet of gedetailleerd dat deze voor iedere leverancier leidt tot exact dezelfde oplossing. Ook koppelen leveranciers soms de besturing van randapparatuur aan de centrale besturing, waardoor menging van de intelligentie van de Kernel met die van randapparatuur optreedt. Iedere leverancier doet dat op een andere wijze. Resultaat is dat:

1. De EVC's van verschillende leveranciers, maar ook EVC's van verschillende versies en generaties van dezelfde leveranciers, een verschillende functiecatalogus hebben waardoor deze niet onderling uitwisselbaar zijn.
2. Randapparatuur niet onderling uitwisselbaar is en de aanschaf van een bepaalde configuratie resulteert in een vendor-lock, wanneer een afnemer de apparatuur bij een bepaalde leverancier heeft gekocht.
3. Noodzakelijke aanpassingen van de software van één van de onderdelen soms (onverwachte) bijeffecten kan hebben op de (mogelijk veilige) werking van de andere systemen.
4. Wijzigingen in de keten van besturingssystemen en –software op andere treinsystemen die op enigerlei wijze zijn gekoppeld aan het treinbeveiligingssysteem, kan leiden tot de noodzaak van een hernieuwde toelating van het materieel.

De ervaring leert dat de software van het ERTMS-boordsysteem met regelmaat moet worden aangepast. De kosten van zo'n aanpassing liggen gemiddelde op zo'n €3 à € 3,5 mio per materieeltype, op voorwaarde dat een softwarewijziging niet resulteert in de noodzaak tot aanpassing van de hardware. De omvang van de vloot is daarbij van minder belang; de kosten liggen vooral in de ontwikkeling en toelating. Ingeval de hardware moet worden aangepast, liggen de kosten beduidend hoger. Elke wijziging betekent risico's voor de beschikbaarheid, de bedrijfszekerheid en de veilige werking van de systemen. Daarom is de modulaire opzet van ERTMS-boordsysteem, waarbij functies en techniek eenduidig gegroepeerd zijn, noodzakelijk. Immers: indien een falen of tekortkoming geïsoleerd kan worden tot één onderdeel, zijn oorzaakanalyse, de identificatie en selectie van maatregelen en een eventueel hernieuwde toelating eenvoudiger dan wanneer die cyclus telkens betrekking heeft op het gehele, geïntegreerde boordsysteem.

In Nederland zijn inmiddels vijf ERTMS-projecten gerealiseerd: Betuweroute en Havenspoorlijn, HSL-Zuid en de dual signalling-projecten Amsterdam – Utrecht en Hanzelijn. Alle projecten zijn technisch verschillend van elkaar en

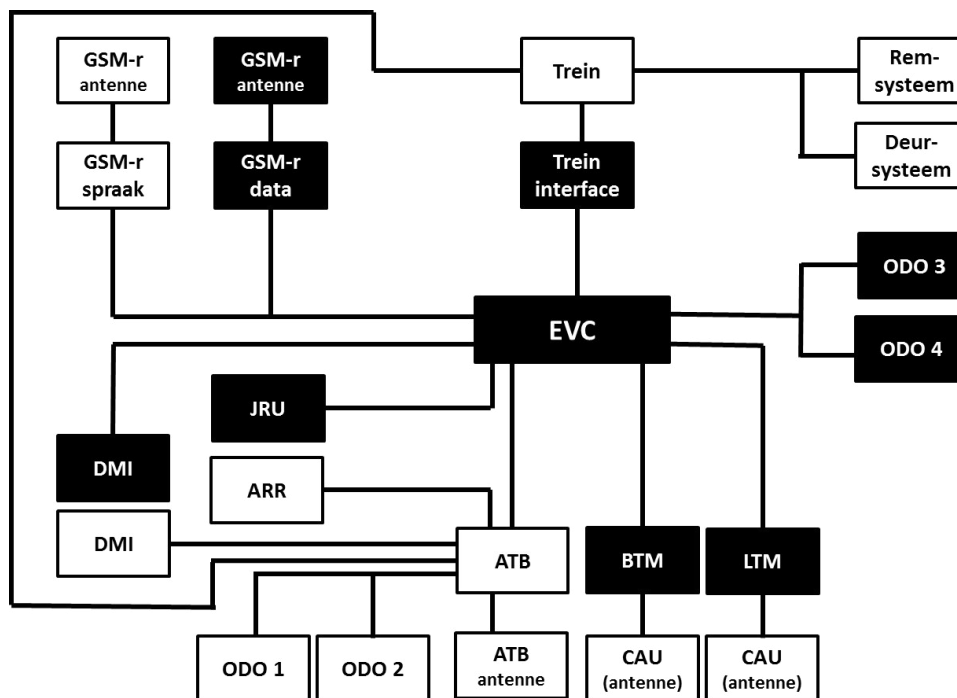
onderscheiden zich ook tot op bepaalde hoogte in de operationele regelgeving. Per saldo moet treinmaterieel in de huidige situatie daardoor toegelaten worden voor elke specifieke toepassing, een kostbaar en tijdrovend proces. Dit fenomeen werkt door in bijvoorbeeld de opleidingen van rijdend personeel en onderhoudspersoneel. Ook ontstaat zo het risico dat boordapparatuur getweakt moet worden voor specifieke toepassingen. Aangezien systemen tijdens hun levensduur worden aangepast met het risico dat treinmaterieel dan opnieuw aangepast dan wel toegelaten moet worden, kan dat ook weer leiden tot hernieuwde toelating op andere trajecten. Dit fenomeen veroorzaakt in heel Europa extra kosten voor vervoerders en materieeleigenaren, beperkt de inzetbaarheid van treinmaterieel en tast de leverbetrouwbaarheid (en daarmee de concurrentiepositie) van spoorvervoerders aan. Deze situatie kan worden verbeterd door de verschillende toepassingen – in ieder geval in Nederland – te migreren naar één generieke en uniforme variant waarvan de integriteit ook gedurende de levenscyclus wordt bewaakt en bewaard. Dat vereist:

1. standaardisatie van ERTMS aan trein en aan baanzijde;
2. inrichten van configuratiemanagement om de impact van wijzigingen tijdens de levensduur te kunnen beheersen;
3. inrichten van testlabs waardoor de noodzakelijke trein-baanintegratietesten in een labomgeving kunnen worden afgewikkeld en de onttrekking van materieel tot een minimum kan worden beperkt.

### STM en ATB

De ATB-systemen kunnen uit het materieel worden verwijderd indien de infrastructuur waar het materieel op wordt ingezet volledig is voorzien van ERTMS. Zoals boven aangegeven doubleert de functionaliteit het ATB-systeem (of in de ATB STM) die van het ERTMS-boordsysteem: beide hebben een centrale intelligentie die het systeem bestuurt, beide zijn verbonden met de eerder genoemde opsomming van treinsystemen, beide hebben een Bedieninterface, beide hebben systemen voor het bepalen van de snelheid en rijrichting (odometrie), etc. Een deel van die functies, bijvoorbeeld voor odometrie, kunnen gekoppeld worden, andere functies niet. Een schematische voorstelling van de combinatie van beide systemen is opgenomen in de figuur 4. De witte blokjes representeren bestaande boordsystemen, de zwarte blokjes de ERTMS-systemen die eraan worden toegevoegd.

Figuur 4 ERTMS als deel van de treinconfiguratie



Om te kunnen blijven rijden op zowel ERTMS als ATB, bieden zich in het materieel twee technische mogelijkheden aan: koppelen van de ATB (functie) aan de EVC of het opnemen van de ATB (functie) in de ERTMS configuratie met behulp van een STM, een systeem dat ATB informatie uit de infrastructuur vertaalt naar ERTMS-informatie. Dat betekent dat aanbieders met kennis van ATB per definitie een gunstiger aanbod kunnen doen dan de overige leveranciers. Leveranciers die niet beschikken over kennis van ATB hebben de keuze uit:

1. Zelf een ATB STM ontwikkelen. In dat geval lopen ze het ontwikkelrisico en dien ze een aanbieding te doen waarbij bestaande ATB en STM apparatuur uitgewisseld moet worden. Voor de vervoerder is dat kapitaalvernietiging.
2. Een ATB STM bij de concurrent betrekken.
3. Een transmissiemodule voor de ATB betrekken bij de concurrent.

In alle gevallen ligt het kostenniveau van de toetreder boven dat van de bestaande aanbieders.

Dat betekent per saldo dat voor een leverancier kennis van het ATB-EG-systeem noodzakelijk is om één van beide oplossingen te kunnen realiseren. Die kennis is beschikbaar bij meerdere leveranciers en de specificaties van de interfaces zijn transparant en openbaar. Andere leveranciers die willen meedingen op de Nederlandse markt kunnen deze kennis in principe ook verwerven.

### **Interoperabiliteit voor materieel**

Interoperabiliteit bij spoorwegen wil zeggen dat een trein met behulp van één enkel systeem voor treinbeveiliging over een gedefinieerd netwerk kan rijden. ERTMS is ontwikkeld met het doel om treinen die zijn uitgerust met ERTMS naadloos te kunnen laten rijden over het Trans Europese Netwerk, zonder de noodzaak tot onderbrekingen zoals wisselen van materieel of systemen. Dat betekent dat eenmalige toelating van zo'n systeem voor dat hele netwerk voldoende is, waardoor bespaard kan worden op doorlooptijden en de kosten voor de levensduur. De facto is in Europa echter een situatie ontstaan waarin per project, per corridor of baanvak varianten van ERTMS zijn toegepast, ieder met hun eigen specifieke kenmerken. Hierdoor is toelating van materieel per project, corridor of baanvak noodzakelijk geworden. Maar dat betekent ook dat indien de ERTMS-toepassing op één van de projecten, corridors of baanvakken waarop materieel wordt ingezet, wordt gewijzigd, de treinapparatuur daarop moet worden aangepast. Er moet dan niet alleen voor die specifieke situatie opnieuw toelating worden aangevraagd, maar ook voor alle andere ERTMS-baanvakken waarop het betreffende materieel wordt ingezet. Dit leidt tot een stijging van de kosten van aanpassen en toelaten van materieel en de doorlooptijden die hiermee zijn gemoeid. Dit kan substantieel beter indien de toelating van treinmaterieel op alle met ERTMS uitgeruste delen van het Nederlandse spoorwegnet kan worden volstaan met één proces van toelating. Zie hiervoor sectie C 4 Materieeltoelating en operationele inzet en C 5 Materieeltoelating Baan Trein Integratie.

### **Airgap tussen trein en walsysteem**

Kritisch voor het veilig en bedrijfszeker functioneren van het spoorvoertuig met behulp van ERTMS is de communicatie van de trein met het walsysteem. Rij- en remcommando's en -instructies met betrekking tot de lokaal toegestane maximum snelheid worden via infra-installaties doorgegeven aan de ERTMS-boordapparatuur. Bij Level 1 worden balises gebruikt en gaat het om één richtingsverkeer van wal naar trein, op de momenten dat een trein een balise passeert. Bij Level 2 en 3 lopen de berichten via de GSM-R-radio en gaat het om zowel berichten van wal naar trein als van trein naar wal en is deze vrijwel continu in de tijd. Het voertuig bepaalt zelf zijn positie en actuele snelheid. Het digitale berichtenverkeer tussen trein en wal door de atmosfeer wordt 'airgap' genoemd.

Willen boord- en walapparatuur elkaar exact begrijpen, dan moeten vorm en frequentie van de berichten precies overeenstemmen. Zijn vorm en frequentie niet consistent en wordt dit herkend door het boordsysteem, dan kan de trein tot stilstand worden gebracht. Miscommunicatie tussen trein en walsysteem hebben een negatieve impact op de punctualiteit van de treindienst en kunnen onder omstandigheden veiligheidsrisico's opleveren. De veilige werking van het voertuig als onderdeel van het railverkeerssysteem vereist dus een precieze technische specificatie van de radiocommunicatie en bijbehorende protocollen op het snijvlak van treinmaterieel en spoorweginfrastructuur. Van invloed hierop is het aantal varianten van ERTMS dat op een spoorwegnetwerk is terug te vinden: hoe groter het aantal varianten, des te groter de risico's. Daarom moeten interoperabiliteit, veiligheid en performance van ERTMS op het Nederlandse spoorwegnet gewaarborgd worden met behulp van één uniforme en gestandaardiseerde airgap-specificatie. De uniforme standaard voor boord-walcommunicatie met behulp van ERTMS is nog niet beschikbaar. Een foutloze werkende airgap is een belangrijke voorwaarde voor brede uitrol van ERTMS in Nederland.

## A.3 GSM-R

### Hoofdvragen

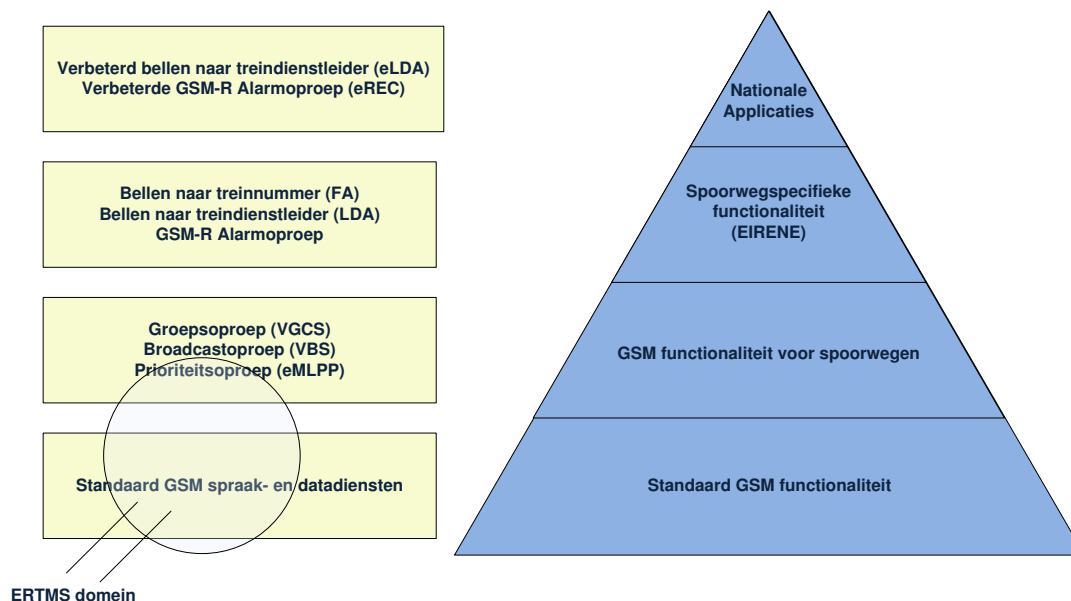
1. Op welke wijze heeft GSM-R invloed op functionaliteit en prestaties van de keten van besturing en beveiliging met ERTMS?
2. Welke relaties zijn er tussen die functies en prestaties en ERTMS verschijningsvormen (Levels)?
3. Waar dient m.b.t. GSM-R rekening mee te worden gehouden bij landelijke invoering van ERTMS (welke aanpassingen aan GSM-R zijn hiervoor noodzakelijk)?

### Huidige situatie GSM-R

#### GSM-R-functies

Er is een internationale standaard voor mobiele communicatie op het spoor ingevoerd: GSM for Railways. GSM-R is voor een belangrijk deel gebaseerd op GSM (standaard voor mobiele telecommunicatie), aangevuld met spoorwegaanvullende functies.

Figuur 1 Functionaliteit GSM-R



Het GSM-R-platform in Nederland biedt zowel spraak- als datadiensten voor personeel en systemen ter ondersteuning van vitale processen van de treindienst. Het gaat hierbij onder meer om spraakcommunicatie tussen machinist en verkeersleiding, alarmoproepen, datacommunicatie voor ERTMS en communicatie voor reisinformatie (Infoplus). GSM-R maakt daarnaast mobiele communicatie voor grensoverschrijdend treinverkeer mogelijk (interoperabiliteit). Er worden hoge eisen gesteld aan de kwaliteit van het GSM-R-netwerk. Het huidige netwerk biedt een goede dekking langs het spoor, korte verbindingsoopbouw tijden (in de orde grootte van enkele seconden), een spraakkwaliteit die vergelijkbaar is met vaste telefonie en betrouwbare overdracht van databerichten.

#### Toekomstige ontwikkelingen

In 2012 is het GSM-R 2020 frameworkprogramma in uitvoering gegaan. Dit programma omvat diverse projecten die de kwaliteit en beschikbaarheid van het netwerk verder verbeteren. Zo zal in 2014 het GeoReco-project uitgevoerd zijn. Dat project beoogt centrale systeemdelen en verbindingen redundant en calamiteitsbestendig te realiseren. GSM-R zal tijdens de looptijd van invoering van ERTMS vervangen worden door Next Generation Mobile for Railways (NextG).

### Beschrijving van de rol van GSM-R voor besturing en beveiliging bij introductie van ERTMS

GSM-R doet dienst als (data)communicatiedrager voor ERTMS en/of aan ERTMS gelieerde applicaties (voor bijvoorbeeld het overbrengen van niet-veilige informatie zoals snelheidsadviezen). De rol die GSM-R vervult verschilt per ERTMS verschijningsvorm en is hieronder toegelicht.

	ATB			ERTMS				
	EG	VV	NG	L1	L1+infill	L2	L2+	L3
GSM-R Voice	Ja	ja	Ja	ja	Ja	Ja	ja	ja
GSM-R Data communicatie	Nee	Nee (alleen voor monitoring)	Nee	nee	Ja, maar alleen voor radio infill (niet voor Euroloop)	Ja	ja	ja

Tabel 1 rol van GSM-R

Toelichting op tabel

- **ERTMS L1** gebruikt Eurobalises om informatie door te geven aan passerende treinen. Er wordt daarbij geen gebruik gemaakt van GSM-R-datadiensten. Met uitzondering van **ERTMS L1+infill**, waar gebruik wordt gemaakt van Radio infill.
- **ERTMS L2, L2+ en L3** maken gebruik van GSM-R-datadiensten voor de verzending van databerichten van RBC naar materieel en omgekeerd.

#### GSM-R-datacommunicatie

GSM-R kan twee soorten datacommunicatiediensten ter beschikking stellen:

- **Data Circuit Switched Services** ((semi-)permanente data-inbelverbindingen). Dit type verbindingen wordt op dit moment gebruikt voor ERTMS Level 2 op HSL-Z, Betuweroute, Hanzelijn en Amsterdam-Utrecht.
- **Internet Protocol service (IP/GPRS)**. Deze dienst wordt op dit moment in internationaal verband gespecificeerd voor gebruik door ERTMS.

Het datacommunicatiekanaal dat GSM-R ter beschikking stelt, heeft geen veiligheidskarakter in die zin dat de informatie-overdracht doorgaans niet foutvrij verloopt (grey channel concept). Uitval van GSM-R leidt niet tot een onveilige situatie, wel tot een verminderde prestatie in de zin dat het beperkingen oplegt aan het uitvoeren van de treindienst.

Naast diensten voor datacommunicatie biedt GSM-R ook spraakdiensten waarvan de GSM-R Alarmoproep en het Veiligheidsgesprek (spraakcommunicatie tussen machinist en treindienstleider) de belangrijkste zijn. Een adequate samenwerking tussen spraak- en datadiensten (interworking) is gewaarborgd, d.w.z. datadiensten en spraakdiensten kunnen ongewijzigd naast elkaar blijven bestaan. De beveiligingsaspecten van GSM-R-communicatie en het hiermee samenhangende Key Management zijn beschreven in sectie B.1.d Security van systemen en Key Management.

### Welke aanpassingen aan GSM-R zijn noodzakelijk?

De invoering van ERTMS vereist aanpassingen van GSM-R op diverse deelgebieden. Deze kunnen evolutionair ingepast worden in het lopende GSM-R 2020 frameworkprogramma. Voor elk deelgebied worden aard en omvang van de aanpassingen hieronder aangegeven. Er wordt zowel naar de korte als naar de langere termijn gekeken.

#### 1. Capaciteit

Landelijke invoering van ERTMS of aan ERTMS gelieerde applicaties zal meer capaciteit vragen van het GSM-R-netwerk dan op dit moment geboden wordt. De capaciteit zal dus uitgebreid moeten worden. Het gaat zowel om de capaciteit van het centrale netwerkdeel van GSM-R als om lokale capaciteit (celniveau) in druk bereiden gebieden (bijvoorbeeld grote Emplacementen).

De aard van de datacommunicatiedienst is maatgevend voor de hoeveelheid netwerkcapaciteit die nodig is. Internet Protocol (IP)-services zijn in dit opzicht efficiënter dan Circuit Switched-datadiensten. Bepalend voor de netwerkcapaciteit is het maximaal aantal treinen (in het drukke uur en bij verstoringen) dat gelijktijdig rijdt onder ERTMS-regime en het aantal simultane datacommunicatiesessies dat daarvoor nodig is.

#### 2. Beschikbaarheid/robuustheid/betrouwbaarheid/calamiteitsbestendigheid

Het GSM-R-netwerk zal in 2014 op centraal niveau volledig (geografisch) redundant uitgevoerd zijn met centrale componenten in Rotterdam en Amsterdam. De redundantie van centrale apparatuur is nodig om de

betrouwbaarheid van GSM-R voor de huidige toepassingen op een hoger niveau te brengen. Deze is daarmee ook voldoende als ERTMS landelijk gebruik gaat maken van de datacommunicatiediensten van GSM-R. Op lokaal niveau (cel, ofwel GSM-R zend-/ontvangstation) is het netwerk in 2014 veelal nog niet redundant. Indien ERTMS gebruik gaat maken van GSM-R-datanetwerkdiensten, dan is op locaties waar GSM-R daarvoor wordt gebruikt, een hogere betrouwbaarheid nodig. Hiervoor zullen dan nog maatregelen getroffen moeten worden. Een mogelijke oplossing is gebruik te gaan maken van redundante GSM-R-apparatuur in cellen en/of in de transmissie (verbindingen).

Indien de robuustheid van decentrale apparatuur nog verder vergroot moet worden omdat landelijk gebruik van datacommunicatiediensten door ERTMS hogere eisen stelt, dan kan gedacht worden aan de inzet van back-upvoorzieningen. Ook kan gedacht worden aan procedurele oplossingen via GSM-R-spraakdiensten als een eerste mogelijkheid (data en spraak worden in GSM-R deels onafhankelijk van elkaar afgewikkeld). Ook het gebruik van publiek mobiele datadiensten is een optie. Indien voor dat laatste gekozen wordt, dient het ETCS-systeem in de trein dat aangesloten is op het radiosysteem, daarvoor geschikt gemaakt te worden. Er zijn in algemene zin veel oplossingsrichtingen om de dienstverlening m.b.t. deze aspecten te verbeteren. Het is zaak om op basis van eisen en risico-assessment een samenhangend pakket maatregelen te creëren.

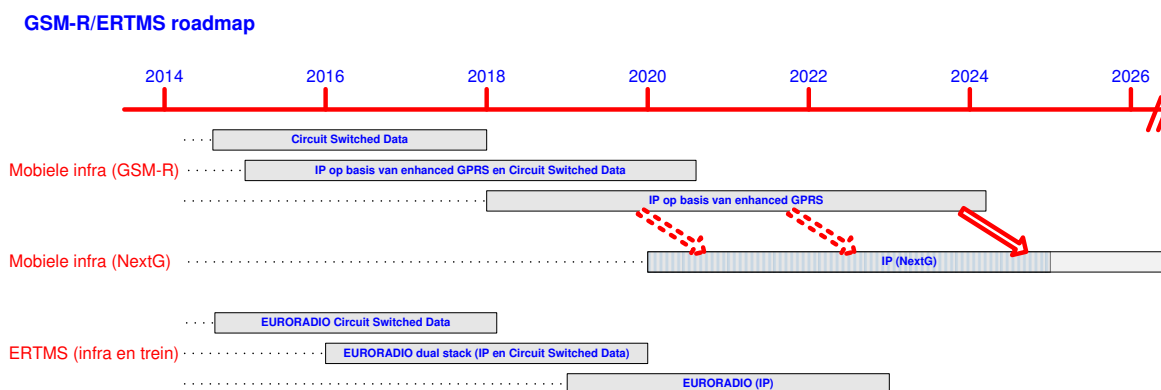
### 3. Migratie naar IP-technologie

De roadmap van GSM-R voorziet in migratie naar op IP gebaseerde oplossingen. ERTMS-oplossingen gebaseerd op data-inbelverbindingen (zoals op dit moment in gebruik) worden uitgefaseerd. Dat zal zeker het geval zijn als GSM-R tijdens de looptijd van invoering van ERTMS vervangen wordt door de opvolger daarvan (Next Generation mobile for railways). Met IP kan beter voldaan worden aan de capaciteitsbehoefte van ERTMS, het biedt een betere kwaliteit in dienstverlening en grotere flexibiliteit in de operatie.

De invoering van IP heeft consequenties voor het GSM-R-serviceportfolio (inzet Enhanced GPRS), netwerkarchitectuur, interfacing naar het applicatiedomein en standaardisatie.

De samenhang tussen ERTMS en GSM-R vanuit het perspectief van de migratie naar IP is hieronder geschetst. Migratie naar Next Generation mobiele netwerken is voorzien in 2022. De GSM-R-ondersteuning loopt af in 2028. De termijnen waarop de verschillende transitie moeten plaatsvinden zijn nog nader te bepalen, gezien de genoemde jaartallen indicatief zijn.

Figuur 2 GSM-R/ERTMS-roadmap (migratie naar IP en NextG)



### 4. Quality of Service

De Quality of Service-eisen die ERTMS stelt aan GSM-R zijn vastgelegd in Subset 093. Het Nederlandse netwerk voldoet hier op dit moment niet aan. De kwaliteit van het netwerk zal verbeterd moeten worden indien ERTMS landelijk gebruik gaat maken van de datacommunicatiediensten van GSM-R. Dat is mogelijk door optimalisatie van de radioplanning en indien nodig verdichting van het GSM-R-zenderpark.

De kwaliteit kan verder verhoogd worden door uitbreiding van de GSM-R-frequentieband met de GSM-R extended band (van 4 naar 7 MHz). Een andere mogelijkheid is het verlagen van de invloed van publiek mobiele netwerken (interferentie), die de kwaliteit van dienstverlening negatief kunnen beïnvloeden. Interferentie kan aan de treinzijde onderdrukt worden door toepassing van Radio Frequency-filters (RF-filters). Deze dienen dan wel in de specificatie van de systemen, die zijn aangesloten op het ETCS-systeem aan boord, te zijn opgenomen.

De kwaliteit van dienstverlening kan ten slotte nog verder verbeterd worden door tuning van de ETCS-applicatie, wat wil zeggen dat onvolkomenheden in de data-overdracht door het netwerk kunnen opgevangen worden door een adequate configuratie van de Euroradioparameters, zowel aan boord als in de ETCS-systemen aan infrazijde.

#### 5. **Processen en tooling voor performance- en ketenbeheer**

De ervaringen met de huidige ERTMS-operatie hebben laten zien dat geavanceerde tooling voor performance- en capaciteitsmanagement en troubleshooting in combinatie met heldere beheerprocessen noodzakelijk zijn om het noodzakelijke hoge kwaliteitsniveau te kunnen garanderen. Dergelijke tooling zal landelijk beschikbaar gesteld moeten worden. De bijbehorende beheerprocessen zullen ingericht moeten worden, waarbij afstemming tussen de verschillende beheerdomeinen in de keten (onboard, GSM-R, ERTMS aan walzijde) gewaarborgd moet zijn.

#### 6. **Standaardisatie**

Standaardisatie is nodig op de volgende gebieden:

- a. Specificatie IP als communicatiedrager (ERTMS-domein)
- b. Specificatie IP (op basis van Enhanced GPRS en NextG) als communicatiedrager voor ERTMS (GSM-R-domein)

Standaardisatie van ETCS over IP/GPRS is inmiddels in gang gezet in het kader van het TEN-T strategic action plan van de Europese Commissie (Facilitating and Speeding up ERTMS deployment).

### Kosten en kostenfactoren van GSM-R-aanpassingen

De kosten van de aanpassing van GSM-R voor ERTMS worden in belangrijke mate bepaald door de zwaarte van de eisen die door ERTMS aan het netwerk en de dienstverlening gesteld worden. De eisen die ERTMS stelt ten aanzien van beschikbaarheid en performance van het GSM-R-netwerk bepalen respectievelijk de mate van redundantie op lokaal (cel)niveau en de mate waarin het netwerk verder geoptimaliseerd moet worden.

### Consequenties voor de vervoerders

De mobiele architectuur in de trein en het netwerk vormen een samenhangend geheel. Om in het licht van de bovenstaande situatie een toekomstvaste invoering van ERTMS mogelijk te maken, dient het ETCS/GSM-R-systeem in de trein het volgende te ondersteunen:

- a. Euroradio dual stack (data-inbelverbindingen en IP).
- b. Trein netwerkinfra met backup datacommunicatieservices.
- c. RF-filters (ter voorkoming van interferentie met publiek mobiele netwerken).
- d. Afstemming met generiek bruikbare tooling voor performance en capaciteitsmanagement.
- e. Afstemming met tuning van de applicatie door de gehele keten heen (onboard - GSM-R - walsysteem).

### Waar raakt dit aan andere programma's / projecten?

In 2012 is het GSM-R 2020 frameworkprogramma in uitvoering gegaan. Dit programma omvat diverse projecten die rechtstreeks aansluiten op of bijgestuurd kunnen worden naar aanleiding van de landelijke invoering van ERTMS. Dat geldt bijvoorbeeld voor het lopende project om de GSM-R centrale infrastructuur Geo Redundant uit te voeren, maar ook voor het project om GSM-R-zend-/ontvangststations te vervangen omdat het einde van de economische levensduur (onderhoudsperiode vervalt) binnen enkele jaren bereikt zal worden. ERTMS-eisen voor redundantie zullen waar mogelijk integraal meegenomen worden.



## A.4 ERTMS in relatie tot optimalisatie be- en bijsturing

### Vraag stelling en ontwikkelingen op gebied van be- en bijsturing

Het systeem om de treinen veilig te laten rijden en besturen bestaat uit het beveiligingssysteem en de systemen voor be- en bijsturing van de treinenloop. Deze systemen zijn van grote invloed op de prestaties van de treinenloop (veiligheid, punctualiteit, beschikbaarheid, functiehersteltijd). De ERTMS-implementatiestrategie heeft primair betrekking op de vervanging van de beveiligingssystemen. De systemen voor be- en bijsturingssystemen (onderdeel van het VPT-systeem) zijn gekoppeld aan de beveiligingssystemen.

Met nieuwe be- en bijsturingfuncties kunnen de punctualiteits- en functieherstelprestaties van de treinenloop worden verbeterd. Deze verbeteringen kunnen worden gerealiseerd met behulp van ERTMS Level 2. Daarnaast zijn additionele aanpassingen aan de systemen voor be- bijsturing en treinen noodzakelijk. In een aantal gevallen is ook voor ERTMS Level 2 een alternatief beschikbaar waarmee de functies zonder invoering van ERTMS kunnen worden gerealiseerd. Dit vraagt een nadere afweging. Hieronder zijn de nieuwe functies geconcretiseerd. De mate waarin deze functie worden meegenomen bij de implementatie van ERTMS in Nederland is nog niet bekend, dit is een onderwerp voor de volgende fase van de ERTMS-implementatiestrategie.

- Als een (reizigers)trein op locaties anders dan perronsporen tot stilstand komt (ongeplande stops), zal dit vaak duiden op problemen met de trein of conflicterende rijwegen. Met de huidige systemen kan de treindienstleider dit niet of nauwelijks zelfstandig monitoren. Het automatisch monitoren van stopmeldingen is essentiële informatie waardoor locatiespecifiek en direct actie kan worden ondernomen zonder dat een machinist contact hoeft op te nemen met een treindienstleider. Hier kan ERTMS Level 2 bij ondersteunen, maar er is meer nodig dan alleen ERTMS Level 2.
- Posities en snelheden van de treinen continu gemonitord, waardoor toenemende vertragingen snel kunnen worden gedetecteerd en proactief ingegrepen kan worden (kan met ERTMS Level 2, maar ook zonder).
- Aanpassingen aan de dienstregeling doordat de verkeersleiding direct aan de betrokken treinen communiceren, zodat op de trein altijd de actuele dienstregeling aanwezig is waar de laatste wijzigingen in verwerkt zijn. Hier kan ERTMS Level 2 bij ondersteunen, maar er is meer nodig dan alleen ERTMS Level 2. Indien voor deze functie gebruik wordt gemaakt van het ERTMS-communicatiekanaal, betekent dit een extra belasting van dit communicatiekanaal.
- De Verkeersleidingsposten, de besturingscentra van de vervoerders (voor besturing van personeel en materieel), krijgen veel nauwkeurigere informatie, inclusief snelheden van treinen. Zij worden ondersteund met applicaties voor het voorspellen van conflicten in spoorgebruik, reizigersaansluitingen en geplande logistieke relaties. Vervolgens worden effectieve en realiseerbare bijsturingsmaatregelen berekend, zoals het veranderen van een treinvolgorde, verkorten of verlengen van rij- of halteertijden, en instellen van alternatieve rijwegen. Hier kan ERTMS Level 2 bij ondersteunen, maar er is meer nodig dan alleen ERTMS Level 2.
- De machinisten automatisch informeren over de laatst doorgevoerde maatregelen met bijvoorbeeld nieuwe doeltijden op specifieke punten of (energiezuinige) snelheidsadviezen. Zij kunnen daar vervolgens rekening mee houden. Hier kan met ERTMS Level 2 bij ondersteunen, maar er is meer nodig dan alleen ERTMS Level 2. (Dit is een vorm van Automatic Train Operation (ATO), wat op de volgende pagina nader is toegelicht)
- Bij versperringen biedt ERTMS extra mogelijkheden zoals achteruitrijden zonder dat de machinist van cabine hoeft te wisselen (expliciet voordeel van ERTMS Level 2).
- Gebruik van algoritmen voor real-time conflictdetectie en conflictoplossing. De samenhang tussen het macroscopische landelijke model en het microscopische lokale model moet daarbij behouden blijven. Een belangrijke voorwaarde voor de online inzet van deze railverkeersmanagementsystemen is een koppeling met online gegevensstromen van actuele treinposities en treinsnelheden. Hier kan ERTMS Level 2 bij ondersteunen, maar er is veel meer nodig dan alleen ERTMS Level 2.;
- Dynamisch Verkeersmanagement (DVM) heeft als doel de treinenloop te optimaliseren door te anticiperen op de daadwerkelijke verkeerssituatie (in tegenstelling tot statisch verkeersmanagement waarbij wordt verondersteld dat treinen exact volgens het oorspronkelijke plan rijden). Uitgangspunt bij DVM is dat treinen nooit exact volgens plan rijden; een zekere ruis is onvermijdelijk. Op hoog belaste delen van het spoor kan een kleine afwijking van het plan door een trein al betekenen dat de geplande treinenloop niet meer de optimale is. Dan is bijregelen (dat wil zeggen aanpassen van het plan voor de treinen (volgorde, vertrektijd, spoorgebruik) zonder dat dit gevolgen heeft voor het aan de reizigers gecommuniceerde plan of bijsturen (herplanning van de treindienst met mogelijk gevolgen voor de reizigers), noodzakelijk.

Met DVM wordt in de praktijk vaak bedoeld op geautomatiseerde regelfuncties om de doorstroming te optimaliseren (zoals de “first come first serve”-regelaars in combinatie met flexibel perronspoorgebruik (“Cross Platform Switch”) bij Schiphol) of de “Automatische TAD” bij Amsterdam Bijlmer (optimaliseren van de volgorde van de IC-treinen uit de richting Amsterdam Zuid en Amsterdam Centraal die te Utrecht een cross platform-aansluiting hebben).

#### **Automatic Train Operation (ATO)**

Met Train Operation wordt bedoeld op de bediening van de trein in de zin van het sneller of langzamer laten rijden dan wel het stoppen van de trein, een taak die momenteel door de machinist wordt uitgevoerd. Bij ATO wordt deze taak in meerdere of mindere mate ondersteund of zelfs overgenomen door technische systemen. Met ATO wordt beoogd de trein beter volgens het (actuele) plan te laten rijden. Achterliggende doelen hiervan zijn: punctualiteit/betrouwbaarheid; capaciteit (door verminderen van de spreiding in de uitvoering behoeft voor een trein minder capaciteit gereserveerd te worden) en ook veiligheid (als een trein volgens het conflictvrije plan rijdt vermindert dat de kans op conflicten in de vorm van het naderen van gele of rode seinen). Ook energiebesparing kan een doel zijn: aan de machinist wordt dan een energie-optimaal plan -al dan niet aangevuld met snelheidsadviezen- gecommuniceerd.

Verschillende vormen van ATO worden in Europa toegepast of beproefd. In Nederland is er met name ervaring met diverse vormen van ondersteuning van de machinist ten behoeve van energiezuinig rijden. Een vorm is het project Routelint waarbij de machinist contextinformatie (welke treinen bevinden zich op zijn route) ontving op basis waarvan hij kon anticiperen door de snelheid van de trein te optimaliseren. In het project Trein Op Lijn (van NS en ProRail) wordt de eerdere proef met Routelint voortgezet en in een tweede fase uitgebreid met het verstrekken van snelheidsadvies aan de machinist. Het doel is nu met name het verminderen van de kans op conflicten door beter conform het conflictvrije plan te rijden.

Voor de ERTMS-implementatiestrategie zijn de volgende punten van belang:

- Vanuit de vervangingsvraag en noodzaak tot moderniseren is reeds een initiatief gestart tot upgrade van de be-/bijsturingfunctionaliteit in VPT. Onafhankelijk van de invoering van ERTMS is er dus al een noodzaak tot aanpassing van de be- en bijsturing.
- De behoefte aan capaciteitsvergroting in termen van hogere treinfrequenties, de noodzaak tot betere beheersing van de treindienst en hogere eisen aan de veiligheid, leggen eisen op aan de nieuwe functies en de prestaties van deze systeemupgrade.
- Met name hogere frequenties kunnen zowel de gevoeligheid voor het ontstaan van verstoringen vergroten als het wegregelen ervan bemoeilijken. Capaciteitsvergroting door kortere opvolgtijden (die met ERTMS mogelijk worden, zie sectie B.3.a Capaciteit) kan op verschillende manieren worden benut. Als capaciteitsvergroting wordt gebruikt voor het plannen van meer treinen, kan dit leiden tot kleinere buffers tussen treinen in de dienstregeling. Het verkleinen van buffers in het systeem vergroot de noodzaak om nauwkeuriger te sturen.

Capaciteit kun je verhogen door kortere rijtijden en kortere opvolgtijden. Dat kan leiden tot bv. hogere punctualiteit, meer treinen of een andere treinenmix. Goede be- en bijsturing heeft een positief effect op capaciteit en punctualiteit. Zie verder sectie B.3 “Capaciteit” voor meer informatie over de factoren die van invloed zijn op capaciteit.

Als de invoering van ERTMS gepaard gaat aan het introduceren van een moderne interlocking, kan dit gevolgen hebben voor de interface tussen interlocking en be- en bijsturingssystemen (Zie Bijlage 1). ASTRIS (Aansturing en STatusmelding van Rail InfraStructuur), de koppeling tussen interlocking en be- en bijsturingssystemen, is hierop ingericht. Dit is verder geen onderdeel van deze sectie.

## **Definities**

Uitgangspunt is dat de treindienst planmatig wordt uitgevoerd. Vanuit de besturing, via de beveiliging worden voorwaarden gecreëerd waardoor machinisten hun trein volgens het plan kunnen laten rijden. Daarbij maken we expliciet onderscheid tussen *besturing* en *bijsturing*.

#### **Besturing**

- Omdat de uitvoering van alle treindienstprocessen enige mate van spreiding heeft, is de opdracht van de BESTURING om deze lichte afwijkingen van het plan weg te regelen. Voor de klanten (= reizigers en verladers) betekent dit dat wordt geleverd volgens (product)plan.

**Bijsturing**

- Onvoorziene omstandigheden kunnen de geplande treinbewegingen onbedoeld verstoren; deze verstoringen kunnen doorwerken in bewegingen van andere treinen. De opdracht van de BIJSTURING is om het (product)plan zodanig aan te passen dat een maximale klantwaarde geleverd kan worden.

Be- en bijsturing van de treindienst moet zowel beter kunnen plaatsvinden in de reguliere, geplande omstandigheden als in afwijkende omstandigheden, o.a. gekenmerkt door:

- geplande en ongeplande werkzaamheden;
- storingen en functieherstel; en
- calamiteiten en baanvrijmaken.

**Functionaliteit en informatie**

Om de be- en bijsturing te verbeteren, dienen de systemen voor be- en bijsturing te beschikken over aanvullende functionaliteit waarmee treindienstleider (trdl) en verkeersleiding sneller en effectiever keuzes kunnen maken. Dit heeft betrekking op het sturen van treinen: verandering sporen, eventueel veranderen van snelheden (doen we nu nog niet), het wijzigen van treinsamenstelling enz.

Dergelijke nieuwe functionaliteit vereist aanvullende actuele informatie over de toestand van treinen en over de toestand van de infra, maar ook de mogelijkheid om de machinist te informeren over het actuele plan en doelen (in een nog nader te bepalen vorm: adviessnelheden, gewenste doorkomsttijden enz.).

Daarbij kunnen verschillende niveaus worden onderscheiden:

- a) Om de be-/bijsturingsfunctionaliteit te kunnen verbeteren ten opzichte van het huidige niveau is in **ieder geval meer informatie nodig over de actuele treinposities en treinsnelheden**.
- b) Verdere verbetering kan bereikt worden door aanvullende functionaliteit in de be- en bijsturingssystemen die de treindienstleiders ondersteunen.
- c) Verdere verbetering kan ook bereikt worden door machinisten te ondersteunen met meer informatie die wordt gegenereerd aan walzijde in de be- en bijsturingssystemen. Een voorbeeld daarvan is het verstrekken van snelheidsadviezen aan machinisten.

**Invloed van ERTMS op de optimalisatie van de besturing**

De prestaties van het spoorvervoersysteem worden bepaald door de functionaliteit en de prestaties van het beveiligingssysteem in combinatie met de be- en bijsturing. Bij wijzigingen van de één zal ook de andere moeten worden beschouwd om vast te stellen of prestaties het totale vervoersysteem verbeteren (het systeem is zo goed als de zwakste schakel). Daarnaast kunnen aanpassingen (zoals invoering van ERTMS) resulteren in nieuwe mogelijkheden voor verdere prestatieverbeteringen.

Invoering van ERTMS kan helpen om o.a. opvolgtijden te verkorten (dit is o.a. afhankelijk van het te gekozen ERTMS Level); verwezen wordt naar sectie B.3 "capaciteit". De invoering van ERTMS leidt tot de vraag: welke afhankelijkheden er zijn met bovengenoemde ontwikkelingen, zowel systeemtechnisch als in de uitrolstrategie en hoe hebben die ontwikkelingen invloed op keuzes die gemaakt moeten worden in kader van de Railmap en vice versa? Dat geldt zowel voor de normale uitvoering van de treindienst als voor de hierboven kort genoemde afwijkende situaties (werkzaamheden, storingen enz.).

Hieronder zijn opgenomen:

- de mogelijkheden om de be- en bijsturing te verbeteren door gebruik te maken van ERTMS-informatie en/of informatie van andere systemen; en
- de geïdentificeerde nadelige effecten en risico's op het vlak van be- en bijsturing die samenhangen met de invoering van ERTMS.

**Mogelijkheden voor verbetering van de be- en bijsturing****Informatie aan be-/bijsturing over treinen**

- ERTMS Level 2 (en 3) leveren via GSM-R met hoge frequentie en nauwkeurigheid treingerelateerde informatie (zoals actuele positie en snelheid, treinlengte en gewicht), die beschikbaar kan worden gesteld aan be-/bijsturing. Er zijn aanvullende systemen en maatregelen nodig om deze informatie toegankelijk en bruikbaar te maken voor be-/bijsturing. Huidige informatie over treinpositie is gebaseerd op sectiebezetting en wordt via TROTS (TRein Observatie en Tracking Systeem) aan de be- en bijsturingssystemen geleverd. Aanvullend beschikken de vervoerders over materieeltracking en tracing-systemen die veelal op GPS-informatie zijn

gebaseerd. In de Pilot Amsterdam -Utrecht wordt onderzocht wat de verschillen in nauwkeurigheid en updatefrequentie tussen ERTMS en TROTS zijn. In het project "Be- en bijsturing voor de toekomst" wordt onderzocht welke eisen een nauwkeurige besturing stelt aan de informatie over de trein.

- ERTMS Level 1 levert die informatie niet.
- Het is niet uitgesloten dat voor adequate be-/bijsturing andere informatie nodig is dan ERTMS Level 2/3 levert (bijvoorbeeld: vertrekgereed, deurstatus etc.). Dit wordt onderzocht in het project "Be- en bijsturing voor de toekomst".

#### **Informatie aan be-/bijsturing over status infra**

- Informatie over het actuele gebruik van de infra (bezetting door treinen/verleende autorisatie) en buitendienststellingen
- Informatie over verminderde functionaliteit van infrasystemen, bijvoorbeeld: bij een storing treedt de vraag op waar zich de oorzaak bevindt: in de trein, het GSM-R-systeem of in de beveiligingsinstallaties aan walzijde. Dat is feitelijk geen ERTMS-informatie, maar wel relevant bij invoering van ERTMS Level 2 of 3, bijvoorbeeld ten behoeve van snel functieherstel.

#### **Informatie naar treinen t.b.v. betere treinbesturing**

- Voor informatie van de walsystemen naar trein t.b.v. betere treinbesturing kan ERTMS package 44 worden gebruikt. In package 44 kunnen nationale wensen worden opgenomen – bijvoorbeeld adviessnelheden voor de trein. De treinsystemen zullen wel moeten aangepast om deze informatie vervolgens te verwerken. Daarnaast zijn er andere mogelijkheden om informatie van de walsystemen aan de trein te communiceren.

#### **Informatie naar de Interlocking t.b.v. reductie capaciteitsverspilling**

- ERTMS Level 2 en 3 bieden de mogelijkheid om treinstilstand te destilleren uit de treininformatie en deze door te geven aan de interlocking. Hierdoor kunnen nu gangbare veiligheidsmarges in de interlocking (herroeptimer, ROZ rijweginsteltimer) verkort worden.

#### **Tevens zijn nadelige effecten en risico's op het vlak van be- en bijsturing die samenhangen met de invoering van ERTMS opgenomen.**

##### **ERTMS-gerelateerde processen op emplacementen**

- Opstarten, koppelen/splitsen, kopmaken enz. onder ERTMS werkt anders dan onder het huidige systeem ATB en heeft impact op procedures van machinisten en treindienstleider en mogelijk op capaciteit.

##### **Afhandelen van verstoorde situaties**

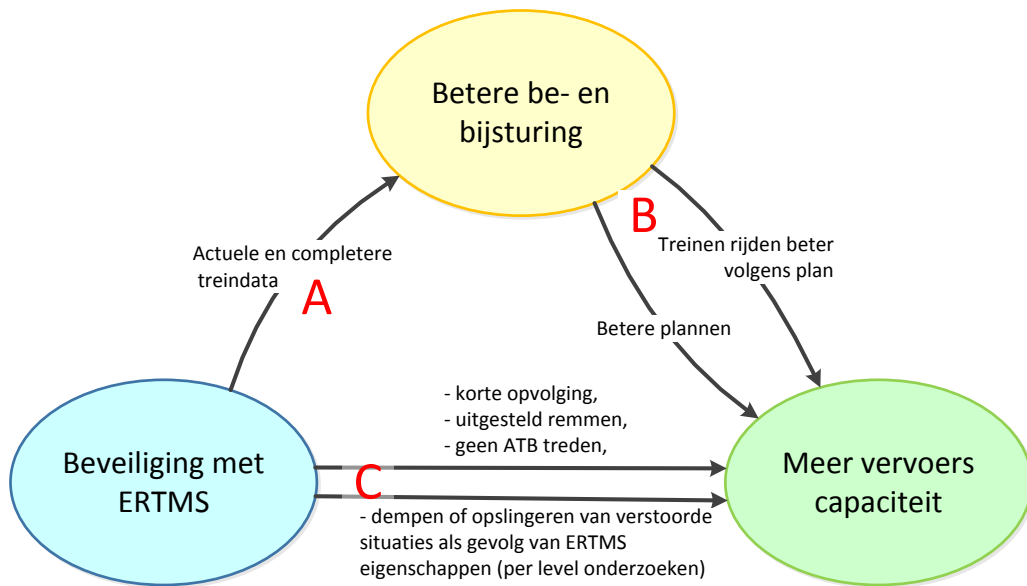
Bij de daadwerkelijke afhandeling van een verstoorde situatie zal ERTMS anders werken dan ATB. Dit betekent andere procedures voor treindienstleiders, conducteurs en machinisten. Onderstaande vragen dienen in de vervolgfases aan de orde te komen:

- Wat is de invloed van de verschillende ERTMS levels op de stabiliteit van de treindienst bij verstoorde situaties? Leiden inherente eigenschappen tot opslingering of tot demping van een verstoring en waarom? Hoe kan in combinatie met be-/bijsturingsmaatregelen het effect van een verstoring beter worden beheerst? Bijvoorbeeld: zijn de opvolgtijden in een gehinderde situatie kleiner dan de opvolgtijden bij ongehinderd rijden van de treinen? En wat betekent dit in de praktijk voor de stabiliteit van de treindienst?
- Het omgaan met verstoorde situaties waarin directe communicatie tussen treindienstleider en machinist belangrijk wordt (zelfde taal, zelfde informatie). Het terugregelen naar de nominale ongestoorde situatie verloopt onder ERTMS anders dan onder ATB. Wat zijn de gevolgen voor operationele procedures en afspraken?
- In welke mate ERTMS Level 1 en Level 2/3 daarin verschillen, dient nader te worden uitgewerkt. Dit vereist o.a. scenario-analyses waarbij de veiligheidsimpact wordt onderzocht bij mogelijke verstoorde situaties. Om dit duidelijk te maken wordt een voorbeeld geschetst: indien als gevolg van een (ver)storing niet exact van alle treinen bekend is waar deze zich bevinden, hoe kan dan met 100% zekerheid worden gegarandeerd dat een opdracht waarin een trein toestemming krijgt om te rijden, naar de juiste trein wordt gestuurd?

##### **Transities tussen ATB en ERTMS bij het uitvoeren van een treinrit**

De operationele verschillen tussen gebruik van NS'54/ATB en ERTMS modes leiden bij transities tot ander gewenst gedrag van machinist en treindienstleider. Een open punt is nog of aanvullende operationele procedures nodig zijn om de veiligheid te waarborgen en wat randvoorwaarden zijn bij het aantal en de locaties van de transities.

Figuur 1 Samenhang tussen be-/bijsturing, beveiliging met ERTMS en de hogere vervoerscapaciteit



ERTMS is in dit beeld een 'enabler': het biedt mogelijkheden (1) direct, door keuzes in de projectering van de beveiliging, waardoor er minder grote claim gelegd wordt op infra per trein en (2) indirect, door meer data beschikbaar te stellen t.b.v. betere be-/bijsturing, wat weer een voorwaarde is voor een hogere benutting van de capaciteit.

#### Pijl 'A'

In deze sectie is van belang welke relatie er bestaat tussen ERTMS en de be-/bijsturing, in de figuur aangegeven door pijl 'A'. Deze interface dient nader te worden gespecificeerd. Een eerste schets is gegeven in bijlage 1. Dit dient nader te worden uitgewerkt om inzicht te krijgen in de verschillen tussen de ERTMS levels.

#### Pijlen 'B'

De relaties tussen be-/bijsturing en capaciteitsverhoging valt geheel binnen de scope van de ontwikkeling van ICT Systemen voor de be- en bijsturing en ook de ontwikkeling van plansystemen (bijv. nauwkeuriger plan; explicitering van toleranties in het plan). Hier heeft ERTMS geen directe relatie meer, directe relaties lopen via pijlen A en C. Ten overvloede: dit is wel voorwaardelijk voor het incasseren van de capaciteitsdoelstellingen die in het kader van ERTMS zijn gesteld.

#### Pijlen 'C'

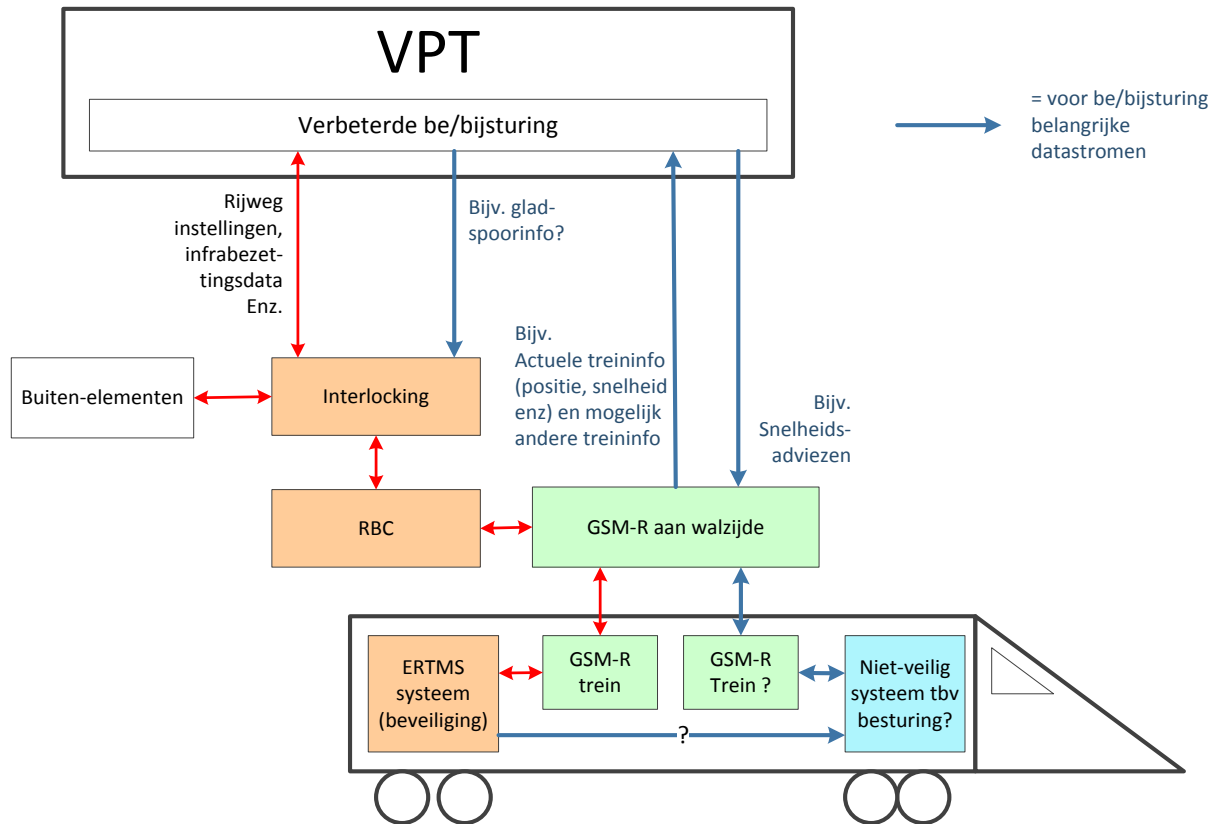
In sectie B.3 "Capaciteit" wordt vastgelegd in hoeverre projectering van ERTMS in de infra leidt tot meer marges die ruimte bieden aan capaciteitsverhoging. Het gaat o.a. om uitgesteld remmen, het afstand nemen van ATB-snelheidstreden enz. De mate waarin een ERTMS level hier al dan niet ruimte biedt, kan impact hebben op de noodzakelijke of mogelijke be-/bijsturingscapaciteit. Nader uit te zoeken, verwezen wordt naar sectie B.3 "Capaciteit". De vraag of het rijgedrag van treinen direct, als gevolg van impliciete kenmerken van ERTMS levels, gevolgen heeft voor de capaciteit met name bij verstoorte situaties (dempen of opslingeren). Dit dient nader te worden gekwantificeerd, omdat dit van belang kan zijn in de afweging tussen levels.

#### Samenvattend

1. Ten behoeve van betere be- en bijsturing dient in ieder geval meer informatie ter beschikking te worden gesteld aan treindienstleiders m.b.t de actuele positie en snelheid van treinen.
2. Verdere verbetering van de be- en bijsturing vereist o.a. nog nader te bepalen informatie aan machinisten. Om welke informatie het gaat (bv snelheidsadviezen) en wat dat zowel aan baanzijde als treinzijde voor ontwikkeling vereist, dient nog te worden bepaald.
3. De afhankelijkheden in de planning tussen de verdere ontwikkeling van de be- en bijsturingsfunctionaliteit en de invoering van ERTMS dient nog nader te worden onderzocht.

## Bijlage 1 Schetsmatige uitwerking informatiestromen ERTMS - Be/bijsturing

Onderstaande figuur schetst een beeld van de datastromen tussen de verschillende systeemcomponenten. De situatie voor ERTMS Level 2/3 is geschetst.



De blauwe pijlen dienen te worden gespecificeerd in kader van verbeterde be-/ en bijsturing. Een andere vraag is welke architectuur aan boord van de trein nodig is om verbeterde be-/ bijsturing mogelijk te maken en hoe dat samenhangt met de data die ERTMS beschikbaar stelt.

## A.5 Emplacementen

### Hoofdvragen

1. Welke afhankelijkheden zijn er betreffende de levelkeuze en –functies van ETCS in de keten met betrekking tot de wijze waarop ERTMS het best kan worden toegepast op emplacementen?
2. Welke beveiligings- en be- en bijsturingssystemen zijn op dit op moment aanwezig op de emplacementen en kan dit met ERTMS worden verbeterd/geëvenaard?
3. Welke prestaties worden door de huidige beveiligings- en besturingssystemen geleverd en kunnen deze met ERTMS worden geëvenaard dan wel verbeterd?

### Wat is een emplacement?

Het spoorwegnetwerk kan worden ingedeeld in “emplacementen” en “vrije banen”. Er is sprake van een emplacement als er één of meer wissels aanwezig zijn. De vrije baan kent geen wissels. We maken daarnaast onderscheid naar beveiligde en niet beveiligde emplacementen. Een andere doorsnede kan worden gemaakt naar de functie van emplacementen: reizigers, goederen, opstellen, rangeren etc.

Bij een landelijke uitrol van ERTMS, zullen alle emplacementen een vorm van ERTMS moeten krijgen<sup>5</sup>; immers de ETCS-treinapparatuur is altijd actief en moet weten op welke manier de snelheid van de trein moet worden bewaakt. ERTMS biedt per genoemd “type” emplacement<sup>6</sup> de benodigde functionaliteit.

Voor de op dit moment onbeveiligde emplacementen zal nog bepaald moeten worden in hoeverre deze beveiligd gaan worden bij introductie van ERTMS.

Deze sectie behandelt de onderscheidende eigenschappen voor L1 en L2 op emplacementen. De focus ligt daarbij op de emplacementen die primair gebruikt worden door het reizigersverkeer.

### Eigenschappen van emplacementen

Op een emplacement vinden grofweg de volgende processen plaats:

- aankomst van treinen;
- halteren van treinen;
- vertrek van treinen (al dan niet in dezelfde richting als de aankomst);
- doorrijden (zonder op het emplacement te stoppen);
- combineren van treinen;
- splitsen van treinen; en
- (kortstondig) parkeren van treinen (waarbij het materieel al dan niet wordt gereinigd).

De ERTMS-implementatie (o.a. ERTMS level) in de infra bepaalt op welke wijze deze processen door ERTMS worden ondersteund /bewaakt. De grootte van het emplacement is daarbij niet van belang. Wel van belang is dat deze (nieuwe) ERTMS-gerelateerde processen per “type emplacement” op slechts één manier plaatsvinden om fouten in de operatie tot een minimum te kunnen beperken. Dergelijke fouten hebben vrijwel altijd gevolgen voor de capaciteit omdat de normaal geplande treinenloop wordt verstoord en mogelijk impact heeft op de veiligheid.

Er is in Nederland (maar ook daarbuiten) nog slechts beperkte ervaring met de toepassing van ERTMS op emplacementen.

Voor Nederland:

- De emplacementen van de Havenspoorlijn zijn nu ‘simpel’ uitgerust met de ETCS L1 “shunting” mode<sup>7</sup>. Deze oplossing biedt wel voldoende veiligheid voor rangeerbewegingen.

<sup>5</sup> Alle emplacementen; niet alleen de beveiligde emplacementen. Onder ATB betekent een onbeveiligd emplacement dat er geen ATB-code beschikbaar is, wat voor een ATB-trein betekent dat de maximum snelheid automatisch is begrensd op 40 km/u. Bij ERTMS dient een vergelijkbare eenduidige situatie te worden gecreëerd omdat er anders geen maximum snelheidsbegrenzing zou zijn, waardoor de veiligheid als gevolg van de invoering van ERTMS af zou nemen.

<sup>6</sup> Categoriseren van de onderscheidende “typen” m.b.t. verschillen in ERTMS-processen zal nog nader worden uitgewerkt en wordt in de volgende versie van deze sectie beschreven.



- De emplacementen op de trajecten Amsterdam - Utrecht en de Hanzelijn zijn wel volledig beveiligd door ETCS L2. Alhoewel alle ERTMS-gebruikersprocessen zijn geschreven en geanalyseerd, is er nog weinig operationele ervaring (behalve de testritten) met ERTMS op deze lijnen. Dit vereist nog nadere aandacht.

### Relaties tussen emplacement en ERTMS levels (hoofdvraag 1)

Cruciaal voor de aspecten “veiligheid” en “capaciteit” is dat een veranderde toestand van de infra (b.v. nieuwe rijweg ingesteld of STS-passage) zo snel mogelijk bij de trein bekend is opdat de ERTMS-treinapparatuur de informatie kan verwerken en er zo geanticipeerd kan worden op de nieuwe toestand. Dit voorkomt dat een verstoring zich ongewenst snel in tijd en ruimte kan uitbreiden. De mate van toestandsveranderingen op een emplacement is hoog.

#### Level 1

- Door de discontinue overdracht van informatie van baan naar trein heeft de trein altijd een “informatieachterstand”. Dit kan worden beperkt (doch niet volledig worden opgelost) door het aanbrengen van extra balises en infillkabels of radio-infill. Echter, afhankelijk van de ERTMS-mode waar de trein zich in bevindt, is de trein niet altijd in staat om deze extra informatie te verwerken (infill wordt door de trein slechts onder bepaalde omstandigheden geaccepteerd). Dit is nadelig voor de capaciteit ten opzichte van de huidige situatie met ATB EG, omdat ATB EG continue overdracht van informatie kent).
- De positie van de ETCS-antenne onder het materieel is ruim gespecificeerd: de antenne mag zich tot 15 meter achter de voorkant van het materieel bevinden. Doordat de werking van ETCS L1 geheel afhankelijk is van de ontvangst van het balisebericht, moet voor een veilige werking rekening worden gehouden met deze ruime marge. Dit legt eisen op aan de plaatsing van balises die consequenties hebben voor de nuttige perronlengte. Dit kan een achteruitgang betekenen t.o.v. de huidige situatie.
- Level 1 bevat de volledige remcurvebewaking van ETCS en levert daardoor baten van reductie van STS-passages. Echter, “Vertrek door rood” wordt in mindere mate door ETCS L1 gemitigeerd.
- Het “basisprincipe” van L1 is dat het seinbeeld wordt ingelesen en wordt omgezet in een Movement Authority. Echter, op een emplacement biedt dit seinbeeld vaak te weinig informatie over de afstand waarover mag worden gereden (eenzelfde seinbeeld kan naar meerdere volgende seinen leiden). Daarom moet voor ETCS L1 extra informatie (wisselstanden) worden ingelesen die, afhankelijk van het type interlocking, niet aan de “buitenkant” van de interlocking aanwezig is. In die gevallen ontstaat een technisch complexe installatie die per locatie uniek is met (o.a. kostengerelateerde) gevolgen voor het ontwerp en beheer ervan.

#### Level 2 en 3

- Door de continue informatieoverdracht van baan naar trein heeft de trein altijd “up to date” informatie, ongeacht de positie van de trein op het emplacement.
- Deze continue informatieoverdracht verloopt via GSM-R. De capaciteit van GSM-R dient toereikend te zijn voor het aantal treinen dat tegelijkertijd op een emplacement van ERTMS L2/L3 informatie kan worden voorzien. Dit geldt ook voor verstoorde situaties waarin nagenoeg alle sporen bezet zullen zijn. Voor de details over de vraag wat het karakter is van die beperkingen en hoe verwacht wordt dat die opgelost kunnen worden, zie sectie A.3 “GSM-R”.
- Level 2 maakt geen gebruik van balises om een Movement Authority naar de trein te sturen. Daarom wordt de effectieve perronlengte niet beïnvloed bij het gebruik van Level 2 of 3.
- Met name op emplacementen is een hoge nauwkeurigheid van de positie van treinen vereist. Baangebonden treindetectiesystemen voldoen aan die nauwkeurigheidseis. Voor treingebonden positiedetectie (ETCS Level 3) is het op dit moment niet duidelijk of de in de ERTMS-specificatie gehanteerde nauwkeurigheid voldoende is om aan de vereiste positionauwkeurigheid te voldoen. Het verwijderen van baangebonden treindetectiesystemen op emplacementen is daarom nog niet realistisch.
- Emplacementen worden ook gebruikt om materieel op te stellen. Het is aannemelijk dat hierbij de

<sup>7</sup> De implementatie van ERTMS L1 op de Havenspoorlijn zou een “tijdelijke implementatie” zijn, voorafgaand aan een upgrade naar L2. Er is daarom gekozen voor een simpele L1 implementatie met beperkte functionaliteit. Zo is alleen de doorgaande baan voorzien van “Full supervision” en zijn de emplacementen voorzien van “Shunting”.



ETCS-apparatuur wordt uitgeschakeld (doordat de pantograaf naar beneden wordt gehaald en er geen back-up is in de vorm van accu's). Hierdoor is een Level 3-trein niet meer zichtbaar voor het RBC en voor de treindienstleider. Dit is een extra reden om baangebonden treindetectiesystemen te handhaven op emplacementen.

#### Afhankelijkheid met andere programma's en projecten

- Samenhang met inhoud en planning van de upgrade GSM-R-systeem: hogere datadichtheid op emplacementen.
- Samenhang in inhoud en planning van wijzigen van infra op grote emplacementen.
- Samenhang met upgrade van be- en bijsturing, met name wat betreft baten te incasseren op emplacementen en processen die specifiek plaatsvinden op emplacementen.

## A.6 Materieel overzicht

### Inleiding

Voor de invoering van ERTMS is het van belang te weten welk materieel op het Nederlandse spoor waar rijdt. In deze sectie is een overzicht opgenomen van het huidige materieel dat in Nederland rijdt, hierbij is onderscheid gemaakt tussen:

1. Materieel van NS
2. Materieel van de regionale vervoerders
3. Materieel van de goederenvervoerders
4. Materieel van de spooronderhouders

Daarnaast rijdt in Nederland museummaterieel. Dit is hier niet opgenomen.

De aantallen geven een beeld van de aantallen treinen die nodig zijn voor eventuele ombouw. De aantallen presenteren uiteraard een momentopname.

### 1 Materieel van NS

Een overzicht van het NS Materieel is opgenomen in de onderstaande tabel.

**Tabel 1 overzicht NS materieel**

Serie	Aantal	Inzetgebied
Mat 64	~50	HoofdRailNet
VIRM 1	162	HoofdRailNet
VIRM 2/3	88	HoofdRailNet
VIRM 4	102	HoofdRailNet
ICM-1	40	HoofdRailNet
ICM-2	47	HoofdRailNet
ICM-3	30	HoofdRailNet
ICM-4	20	HoofdRailNet
SGM II	30	HoofdRailNet
SGM III	60	HoofdRailNet
DDZ	50	HoofdRailNet
DM 90	53	HoofdRailNet
E 1800	34	HoofdRailNet
E 1700	81	HoofdRailNet
ICR stuur	22	HoofdRailNet
Thalys PBKA	34	HSL en omleidingsroutes
Thalys PBA	18	HSL en omleidingsroutes
ICE 3	26	HoofdRailNet
SLT	131	HoofdRailNet
Coradia Lint	24	HoofdRailNet

## 2 Overzicht materieel van regionale reizigersvervoerders

De regionale vervoerders rijden naar knooppunten op het HoofdRailNet. De verbindingen die de regionale vervoerders aanbieden vallen onder regionale concessiegebieden. In het onderstaande overzicht is voor de verschillende regionale vervoerders aangegeven hoeveel materieeleenheden op de verschillende routes ongeveer worden ingezet. Dit betreft een momentopname.

**Tabel 2 Overzicht regionale vervoerders**

<b>Vervoerder</b>	<b>Aantal eenheden</b>	<b>Dagelijks traject</b>
Arriva	10	Dordrecht - Geldermalsen
Veolia	16	Nijmegen - Venlo - Roermond
Connexion/Breng	9	Arnhem - Zevenaar - Doetinchem
Arriva	In totaal 24	Tiel - Elst - Arnhem
Arriva		Arnhem - Zevenaar - Doetinchem - Winterswijk
Arriva		Apeldoorn - Zutphen
Arriva		Winterswijk - Zutphen
Syntus	11	Zutphen - Hengelo - Oldenzaal
Arriva	2	Almelo - Mariënberg
Connexion	6, alsmede de nog aan te besteden diensten	Amersfoort - Barneveld Noord - Ede-Wageningen
	Geschat 5, concessie nog niet gegund	Gouda - Alphen aan den Rijn
<i>NSR 1)</i>	<i>Geschat 20, nog niet aanbesteed</i>	<i>Zwolle - Almelo - Hengelo - Enschede</i>
Arriva	51	Noordelijke nevenlijnen (prov. Groningen en Fryslân)
Arriva	14	Zwolle - Emmen
Veolia	8, en de nog aan te besteden dienst	Maastricht - Heerlen - Kerkrade
<i>NSR 1)</i>	<i>Geschat 2-4, nog niet aanbesteed</i>	<i>Zwolle - Kampen</i>
<i>NSR 2)</i>	<i>Nog niet aanbesteed</i>	Roermond – Maastricht Randwyck
<i>NSR 2)</i>	<i>Nog niet aanbesteed</i>	Sittard – Heerlen

1) NSR is hier de vervoerder op de lijnen Zwolle - Almelo - Hengelo – Enschede en Zwolle – Kampen. Deze lijnen worden naar verwachting eind 2015 gedecentraliseerd en voor die tijd aanbesteed.

2) NSR is hier de vervoerder op de lijnen Roermond – Maastricht Randwyck en Sittard – Heerlen. Deze lijnen worden naar verwachting in december 2016 gedecentraliseerd en voor die tijd aanbesteed.

### 3 materieel van goederenvervoerders

Van goederenvervoerders is bekend dat er in totaal 440 verschillende goederenlocomotieven in Nederland rijden. Van deze 440 locomotieven is circa 50% voorzien van ERTMS vanwege de Betuweroute. De overige 50% is op dit moment niet voorzien van ERTMS.

### 4 Overzicht spooronderhouders

Het onderstaande overzicht bevat het in Nederland toegelaten onderhoudsmaterieel van de spooronderhouders.

Ballastafwerkmachines	3
Bovenbouwmontagevoertuig	1
Camera meetvoertuig	1
Electrisch éénwagentreinsetel type motorpost	7
Spoorstaafslijptreinen	8
Spoorvoertuig voor onderhoud aan de Infrastructuur	1
Stopmachines	11
Tweewagenmeettrein Eurailscout	1
Universeel meetvoertuig	1
Windhoff Trekkraft	1

## A.7 Materieeldeelparken NS

### Definities

#### Definitie van een deelpark

De definitie van een deelpark is “een deel van de treinen binnen een materieelserie (dat is: een type trein, bijvoorbeeld de VIRM)”. Dat deel van die treinen is uitgerust met een bepaald kenmerk zodat het op een deel van het netwerk kan of moet rijden. Het is dus niet “een materieelserie”. Als alle treinen van een materieelserie worden uitgerust met ETCS is er geen sprake van een deelpark.

#### Ombouw

Het gaat in deze sectie om het voorzien van treinen van ETCS, zodat zij beschikken over een dual systeem: ATB en ETCS. Het gaat dus niet om het uitfaseren van ATB.

### Omschrijving van de feiten

#### Beschrijving huidige situatie

De huidige situatie is dat alle treinen van NSR zijn voorzien van hetzelfde beveiligingssysteem (ATB), zodat alle treinen overal in het concessiegebied van NSR (het hoofdrailnet) kunnen rijden, zonder dat men bij planning en bijsturing hoeft op te letten of de betreffende trein van het juiste systeem is voorzien.

Deelparken komen en kwamen in het huidige bedrijf wel voor, bijvoorbeeld vanwege een regionale branding (Zwolle-Kampen, Zutphen-Apeldoorn), snelheid (Zwolle-Emmen) of energievoorziening (diesel of elektrisch).

Deelparken beperken de inzet van materieel op korte en lange termijn en brengen ook andere – hierna te beschrijven – operationele risico's en kosten mee.

#### Het inzetmodel

In tegenstelling tot veel buitenlandse spoorwegmaatschappijen, heeft NS een vrij gecompliceerd inzetmodel voor treinstellen in de dienstregeling. In het buitenland komt het principe van lijnsgewijze exploitatie vaak voor. Dit betekent dat treinstellen op een vast traject worden ingezet en de hele dag pendelen tussen begin- en eindpunt op dat traject. Bij het inzetmodel van NS is dit niet het geval. De reden hiervoor is dat dit grote bedrijfseconomische voordelen meebrengt: het materieelpark kan hierdoor aanzienlijk kleiner van omvang zijn. Bedrijfseconomische optimalisatie is voor NS als uitvoerder van de HRN-concessie voor eigen rekening en noodzakelijk. Ook omdat op diverse locaties schaarste aan infrastructuur is en treinen simpelweg niet kunnen keren, worden trajecten veelvuldig aan elkaar gekoppeld zodat treinstellen van a naar b rijden waarna ze vervolgens vanuit b op een ander traject dienst doen richting c. Dit betekent vanuit het oogpunt van ETCS-only in de infrastructuur het volgende:

*Stel dat er 6 treinstellen nodig zijn om 2 x per uur een intercity tussen Amsterdam en Den Haag te rijden, dan zijn er 3 aangepaste treinstellen nodig om 1 x per uur in beide richtingen te rijden. Dit is alleen het geval als het treinstel bij aankomst in Den Haag na kering weer dienst doet als intercity naar Amsterdam. Indien er op de eindpunten sprake is van doorkoppelingen naar andere intercitytrajecten, dan waaieren de 3 stellen uit over de rest van het intercitynetwerk en zijn er dus per saldo meer aangepaste treinstellen nodig om 1 x per uur op het intercitytraject Amsterdam - Den Haag te rijden met ETCS-only.*

Behalve aannames over hoeveel treinen en welk type treinen NS wil gaan rijden over het gehele netwerk, moeten er dus ook aannames worden gedaan over hoe de verschillende lijnen op begin- en eindpunten van de trajecten aan elkaar gekoppeld worden.

Dit inzetmodel brengt mee dat het lastiger te besturen is. Indien het inzetmodel zo is gepland dat er op een ETCS-treintraject elk uur een intercity rijdt, dan is dit in de uitvoering niet altijd te garanderen: omdat de treinstellen planmatig over meerdere trajecten uitwaaiëren, is de kans groter dat de uitvoering van de treindienst niet volgens plan verloopt. Als er in Groningen een verstoring is aan infrastructuur of materieel, kan dit tot in Maastricht gevolgen hebben doordat lijnen zijn doorgekoppeld.

#### Beschrijving nieuwe situatie / mogelijkheden ETCS

Bij ETCS-only kunnen alléén treinen worden ingezet die voorzien zijn van ETCS. De niet-aangepaste treinen kunnen ook niet op de betreffende baanvakken ingezet worden. Indien NSR in deelparken zou gaan rijden, kan al op baanvakken met ETCS-only worden gereden zonder dat alle treinen zijn voorzien van ETCS. De vraag is of er wordt gevraagd om een permanent deelpark, dan wel naar de mogelijkheid om alvast met een omgebouwd deel van de vloot, in afwachting van de totale ombouw, onder ETCS te gaan rijden.

**Effect op de doelstellingen, verbetering t.o.v. huidig**

Het gewenste effect van rijden met deelparken is:

- indien het gaat om “alvast profiteren tijdens de ombouw van de hele vloot”: dat het rijden onder ETCS-only eerder zou kunnen worden ingevoerd.
- indien het gaat om het ombouwen van een beperkt deel van de vloot: het is (wellicht) goedkoper om een deel van de vloot om te bouwen dan de hele vloot, en de ombouwperiode duurt korter.

**Impact gebruiksprocessen bij implementatie**

Bepaling van de omvang van een deelpark:

- Treinen worden ingezet op basis van lijnvoeringen, die zijn ingegeven door klantwensen. Over een bepaald baanvak kunnen meer treinseries rijden. Op basis van de vraag, welk baanvak het betreft, welke treinseries daar rijden en welke materieeltypes, kan worden bepaald hoeveel treinen van welk type een ETCS-deelpark vormen.

Op sommige corridors rijden zo veel treinseries en materieeltypes, dat de omvang van een deelpark zeer groot moet zijn om de corridor te bedienen. Hierbij moet er op worden gelet dat bepaalde treinseries aan elkaar worden gekoppeld. Soms wordt dit ingegeven door commerciële eisen (als een trein zou keren, zou dat betekenen dat hij lang stil staat, hetgeen geen optimale inzet is) maar vaak ook omdat perronspoorcapaciteit zo klein is dat er geen gelegenheid is om te keren. De trein moet dan doorrijden. (voorbeeld: er is een treinserie Rhenen – Amsterdam, een andere serie Amsterdam – Uitgeest en een derde serie Uitgeest – Rotterdam. Deze series worden aan elkaar geplakt, omdat dit in Amsterdam bedrijfseconomisch gunstiger is, en de trein rijdt in Uitgeest door naar Rotterdam omdat er geen perronspoorcapaciteit is om te keren.

- De omvang van een deelpark wordt afgestemd op het aantal noodzakelijke treinen (maximale materieelinzet) om de dienstregeling mee te kunnen rijden, plus een opslag voor een reservepark(-je) voor operationele en strategische flexibiliteit. Dat betekent dat deze treinen worden onttrokken aan de rest van het park, en dat er dus meer treinen nodig zijn dan wanneer er één park bestaat.
- Indien het aantal treinen met ETCS groeit, en er dus in de loop van de tijd meer mogelijkheden voor meer deelparken ontstaan, kan NSR Logistiek dit op elk wijzigingsblad tot een aparte omloop maken.

**Impact op de planning:**

- De planning van materieeltypes geschiedt o.a. aan de hand van bezettingsgraad of marktwensen. De planning wordt regelmatig (meer dan jaarlijks) aangepast. Indien niet alle treinen zijn voorzien van ETCS, kan niet uit alle treinen worden gekozen bij de bepaling van welk treintype waar rijdt. Dit betekent dat minder optimaal kan worden ingespeeld op de marktwens, en dat er dus met een te grote of een te kleine trein wordt gereden.
- Daarnaast hebben we ook nog te maken met kortdurende en langdurende werkzaamheden die een impact kunnen hebben op de materieelbehoefte op een bepaalde lijn. Stel dat we voor een wijzigingsblad voldoende materieel hebben om op de ETCS-baanvakken te rijden, dan kan het gebeuren dat we (bijvoorbeeld als gevolg van een ombouw) een wijzigingsblad later, meer materieel nodig hebben omdat er andere series aan elkaar gekoppeld worden. Maar ook binnen een wijzigingsblad is het mogelijk dat de materieelbehoefte per serie fluctueren als gevolg van werkzaamheden in de weekenden.
- Voor de personeelsplanning zal kritisch gekeken moeten worden naar het inzetgebied. Nu rijden bij alle standplaatsen op bijna alle series. Op het moment dat er dedicated series komen waar alleen opgeleid personeel mag rijden, gaat dit ten koste van de flexibiliteit en kost het dus per saldo meer personeel (machinisten en wellicht Hoofd Conducteurs, ofwel HC's). Tevens zal aandachtig gekeken moeten worden hoe tijdens de transitiefase de impact op het lusten- en lastenmodel is.
- Overbrengen materieel naar het onderhoudsbedrijf: stel de lijn Zwolle - Groningen wordt ETCS-only, maar de ICM is nog niet voorzien van ETCS. Dit betekent dan dat dit materieel niet meer naar het onderhoudsbedrijf in Onnen kan rijden.

**Impact op de exploitatiekosten:**

- Bij de bepaling van het deelpark is het van belang waar het onderhoud van de betreffende treintypes plaatsvindt. Als het treintype ver weg van de onderhoudslocatie wordt ingezet, moet het veel kilometers maken voor het de onderhoudslocatie bereikt. Dit is enerzijds niet goed voor de beschikbaarheid van de treinen (de aan- en afvoertijd is lang), en anderzijds brengt het hoge exploitatiekosten mee (lege bakkilometer).
- Op opstellocaties moet meer rangeerwerk plaatsvinden. Dit betekent dat er meer vrije ruimte op een opstel terrein moet zijn, en het betekent hogere exploitatiekosten.

- De materieelbehoefte zal als gevolg van deelparken toenemen, en dus is er meer opstelcapaciteit nodig.
- NedTrain heeft op opstelreinen ruimte nodig om verschillende processen te kunnen uitvoeren, en om treinen in de juiste volgorde klaar te zetten voor de opstart van de treindienst. Hoe meer verschillende treintypes er staan, hoe lastiger de puzzel is en hoe meer ruimte er nodig is om de treinen in een goede volgorde op een logische plek te kunnen plaatsen. Samengevat: Het opstellen van meerdere typen materieel (met en zonder ETCS) betekent dat de flexibiliteit voor NedTrain op een specifiek terrein zal afnemen, en daarmee ook de netto beschikbare opstelcapaciteit.

#### **Impact op de bijsturing:**

- Indien een trein in een bijstuursituatie een nieuwe machinist of Hoofd Conducteur behoeft, kan niet elke machinist of Hoofd Conducteur worden gekozen. Er moet een voor ETCS opgeleid personeelslid beschikbaar zijn. Dit betekent minder flexibiliteit in de personeelsinzet in de bijsturing, en ook op het risico dat er geen opgeleid personeelslid beschikbaar is op de locatie waar de bijstuuractiviteit plaatsvindt.
- Indien vanwege een vergissing een niet-omgebouwde trein op een ETCS-baanvak zou komen te rijden, dan ontstaat er een technische blokkade met vertraging tot gevolg.
- Op een normale dag rijdt circa 80% van het materieel volgens het oorspronkelijke plan. Circa 20% van het materieel rijdt op een andere lijn dan oorspronkelijk gepland. Dit betekent dat in beginsel 20% van het met ETCS uitgeruste materieel niet in de geplande omloop op ETCS-infra zou rijden.

#### **Ervaringen en ontwikkelingen om ons heen**

Ervaring met deelparken voor ETCS in het binnenland zijn er niet.

Belangrijk is, dat een trein die niet van ETCS is voorzien, absoluut niet op een ETCS-only-baanvak kan rijden.

#### **Kansen en risico's**

- De inzet van materieeldeelparken door NSR heeft impact voor de materieelinzet, materieelonderhoud, opleiding en inzet van personeel, bijsturingmogelijkheden van treinen en personeel en ook op de kwaliteit van de uitvoering van de treindienst. Deze impact moet worden afgewogen tegen de meerwaarde van ETCS-only in de infrastructuur voordat al het materieel is voorzien van ETCS. Afstemming van het moment van ombouw treinen en infra is van groot belang.
- Indien zou worden overwogen niet al het materieel om te bouwen naar ETCS en permanent in deelparken zou worden gereden, moet voor de business case worden afgewogen of de kostenbesparing die hierdoor wordt gerealiseerd, opweegt tegen de eerder beschreven (kosten van,) impact op de operatie en de risico's.
- Bij de inzet van deelparken zullen zich operationele problemen in de planning en bijsturing voordoen die consequenties hebben voor de reizigers.

### **Referenties**

#### **Bronvermelding**

- Actieplan snelheidsverhoging d.d. 4 juli 2013, ref. TK-nr-29893-151

## A.8 ERTMS en Energieverbruik

### Definities en scope

Duurzaamheid is in toenemende mate een criterium dat meeweegt in het bepalen van keuzes. Waar opties functioneel en m.b.t. prestaties gelijkwaardig zijn, kan het duurzaamheidsaspect een factor van belang worden. Daarom dienen in de afwegingen i.h.k.v. de Railmap de gevolgen voor duurzaamheid transparant zichtbaar te zijn. Duurzaamheid dient m.n. vanuit de gehele systeemketen te worden beoordeeld: meer energieverbruik van deelsysteem X kan leiden tot besparingen in deelsysteem Y. Met die blik dient ook de trein/infra-combinatie te worden benaderd.

Duurzaamheid wordt volgens ref. 1 in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid CO<sub>2</sub> per reizigerskilometer<sup>8</sup>. Ref 1 geeft een overzicht van de belangrijkste bijdragen aan het bereiken van duurzaamheid in staafdiagrammen. M.b.t. de keten van systemen waar het beveiligingssysteem (al dan niet met ERTMS) deel van uitmaken zijn:

1. Energieverbruik trein (70%)
2. Materiaal voor infrasysteem (12%)
3. Energieverbruik infra (5%)

### Scope

Deze sectie gaat over het energiegebruik van de besturings- en beveiligingssystemen tijdens het gebruik, onderhoud en de productie van de systemen. Het gaat hier om energiebesparingen die kunnen worden gerealiseerd bij de beheersing van het treinverkeer met ERTMS of waar synergie kan worden behaald bij de ontwikkeling en invoering van ERTMS. De toepassing van 3kV tractievoeding is hiervan een voorbeeld, door gelijktijdige invoering met ERTMS kunnen eventuele synergie voordelen worden behaald.

### Materiaal voor infrasystemen

Dit effect op de duurzaamheid betreft de productie, realisatie, verwijdering, slopen/recyclen e.d. van materialen die gebruikt zijn in systemen. Ref. 1 geeft een overzicht voor de belangrijkste systemen. Het beveiligingssysteem is daar niet in opgenomen, wat betekent dat dit systeem nog minder bijdraagt dan het systeem dat wel is opgenomen met de laagste waarde ( 0,2%). Opties van systemen i.h.k.v. ERTMS worden daarom alleen relatief ten opzichte van elkaar bekeken, niet in absolute zin.

### Energieverbruik beveiligingssysteem

In deze sectie wordt het energieverbruik van verschillende systeemopties beschreven relatief ten opzichte van ATB-EG. M. n. de keuze voor de interlocking technologie en treindetectietechnologie spelen een rol.

### Beveiliging

Beveiliging zorgt voor veilige uitvoering van de treinenloop. Dus bewaakt de onderlinge afstand tussen treinen en de snelheidslimieten. Op zich levert een beveiligingssysteem geen efficiëntere treinenloop of beheersing van de rijstijl van een machinist op. Het systeem bewaakt slechts dat de uitvoering van de treindienst veilig verloopt.

### Beheersing

Dit betreft, binnen de kaders die de beveiliging afdwingt, de efficiëntie en effectiviteit van de uitvoering op basis van gedefinieerde criteria zoals punctualiteit en energie-efficiëntie. Een beveiligingssysteem op basis van ERTMS kan meer ruimte voor optimalisatie bieden dan een op basis van ATB. Dat is echter geen automatisme en hangt ook af van de wijze waarop ERTMS geïmplementeerd wordt.

<sup>8</sup> Een ander aspect m.b.t. duurzaamheid is het duurzaam verwijderen en recyclen van beveiligingsapparatuur. Omdat de verschillen tussen ATB en verschillende ERTMS-versies in dat opzicht klein zijn (het is elektronica), is dit geen relevante factor om opties naar te onderscheiden. Zeker in relatie tot andere spoorssystemen als ballast en dwarsliggers e.d. zijn beveiligingssystemen geen relevant systeem.



### Impact van ERTMS-invoering op energieverbruik infrastructuursystemen

#### Impact van ERTMS-opties m.b.t. materiaalgebruik

Het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-productie gerelateerd aan productie, gebruik en verwijderen en recycleren van systemen zijn evenredig met het aantal toegepaste fysieke systemen. Hierin onderscheiden zich de ERTMS levels als volgt:

- Laagste score: ERTMS Level 1: behoudt seinen, ATB en baangebonden detectie.
- Middelste score: ERTMS Level 2 omdat seinen en ATB vervallen, baangebonden detectie blijft.
- Hoogste score: ERTMS Level 3 omdat zowel seinen, ATB als baangebonden detectie vervalt deels.

Onbekend is hoe de drie Levels zich kwantitatief ten opzichte van elkaar verhouden. Uit het overzicht van de bijdragen van verschillende systemen op het CO<sub>2</sub>-gebruik is het beveiligingssysteem niet opgenomen. Dat betekent dat dit systeem nog minder bijdraagt dan het systeem dat wel is opgenomen met de laagste waarde ( 0,2%). De mate waarin ERTMS levels zich m.b.t. materiaalgebruik en de daaraan gerelateerde CO<sub>2</sub>-productie verhouden is daarom geen belangrijk criterium.

#### Impact van ERTMS-opties m.b.t. energieverbruik

In kader van het toepassen van ERTMS L1 of L2 op verschillende baanvakken om de max. snelheid te verhogen naar 160 km/u op specifieke baanvakken, is berekend hoe het energieverbruik wijzigt [Ref. 2]. ProRail Treinbeveiliging (TB) heeft de effecten van het detectiesysteem op energieverbruik onderzocht [Ref. 3]. De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel. Drie conclusies zijn relevant:

- 1) ERTMS levels zijn niet erg onderscheidend, hoewel ERTMS Level 1 kennelijk 15-20% meer energie blijkt te gebruiken dan ERTMS Level 2 (ondanks airco gekoelde elektronische interlocking).
- 2) Belangrijke energiegebruiker is het detectiesysteem: Level 3 (weinig detectie langs baan) onderscheidt zich: het is veel gunstiger dan baangebonden detectie. Assentellers gebruiken minder energie dan spoorstroomlopen. Spoorstroomlopen verbruiken relatief veel energie, zie ook onderstaande tabel.
- 3) Level 2 en 3 gebruiken GSM-R. Ten behoeve van ERTMS dient dat te worden geüpgrade; de toename in energieverbruik is niet bekend maar ondergeschikt aan de noodzaak van de upgrade.

Figuur 1 overzicht energie gebruik beveiligingssystemen

	ATB-EG (nu)	ERTMS Level 1	ERTMS L2 +GRS spoorstroomlopen	ERTMS L2 + assentellers	ERTMS Level 3
Energieverbruik	100%	105 – 110%	80%-90%	60%-70%	30%-40%

### Invloed van beveiligingssystemen op energiegebruik van de beveiligingssystemen (productie en gebruik)

In onderstaande tabel wordt het energiegebruik bij productie en het operationeel gebruik van de verschillende beveiligingssystemen onderling vergeleken.

	ATB			ERTMS			
	EG	VV	NG	L1	L1+infill	L2	L3
Materiaalgebruik	0	0	0	0	0	0	0
Detectie <sup>1)</sup>	0	0	0	0	0	0	30-40% reductie

<sup>1)</sup> Toepassing van assentellers i.p.v. spoorstroomlopen bespaart ca. 20% t.o.v. spoorstroomlopen, toepasbaar bij Level 1 en 2.

Voorwaarden						
Beschrijving van de voorwaarden die voldaan moeten worden om de oplossingen mogelijk te maken.						
	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
GSM-R				Snelheidssturing <sup>9</sup> kan extra datakanalen vereisen in GSM-R, raakt de GSM-R-upgrade. Of dit zo is en welke impact het heeft op het GSM-R-systeem, vraagt nader onderzoek		
Bediening				Snelheidssturing vereist systeemfunctionaliteit in de bedienlaag en in de uitvoering. Zowel taken van de treindienstleider als machinist met bijbehorende processen.		
Wet- en Regelgeving						
Overig						

Impact van ERTMS-invoering op energieverbruik op materieel en treingebruik
<p><b>Energieverbruik trein</b></p> <p>Het energieverbruik van treinen heeft een dusdanig grote invloed op de duurzaamheid van het gehele spoorstelsel, dat keuzes in kader van de invoering van ERTMS om dit verbruik te verlagen zeer kosteneffectief zijn. Het energieverbruik van treinen wordt direct bepaald door optrekken en remmen en de maximumsnelheid waarmee wordt gereden. Energie kan m.n. worden bespaard als onnodige remmingen kunnen worden voorkomen. In dat kader kunnen snelheidsadviezen helpen. Andere aandachtsgebieden die remmingen voorkomen zijn meer aandacht voor conflictvrij plannen en onnodige teruggang in snelheid als gevolg van de vrij grove ATB-snelheidstreden (bv. in bogen). Hoe homogener het rijgedrag (bv. 'groene golven'), des te minder energieverliezen door remmen en weer optrekken zich voordoen.</p> <p>In onverstoorde situaties kan een optimalisatiefunctie op basis van snelheidssturing geheel in de trein gerealiseerd worden op basis van een Driver Advisory System (DAS met GPS, dienstregeling, trein- en infrakarakteristieken, rekenmodule en mens-machine interface op een los apparaat zoals de Railpocket of een tablet PC). Een boordwalverbinding of ERTMS-omgeving is daar niet per se voor nodig. Driver Advisory Systemen zijn nog in ontwikkeling, voorbeelden in het buitenland zijn: Energymiser in UK en Australië, Greenspeed in Denemarken en een systeem van de SBB in Zwitserland.</p> <p>In het onderstaande overzicht staan de mogelijkheden om energiegebruik van treinen te reduceren.</p>

<sup>9</sup> Onder snelheidssturing wordt hier verstaan dat vanaf het walsysteem, op basis van informatie uit de bedienlaag, er snelheidsadviesinformatie naar machinisten wordt gestuurd via het GSM-R-datakanaal. Middels deze adviesinformatie kan een machinist zijn trein nauwkeuriger op het geplande tijd/weg-pad houden.

Tabel 1 overzicht energiebesparingsmogelijkheden

Nr. *	Maatregelen	Indicatie Besparing-potentieel	Indicatie totaal besparings-potentieel
1	Vakmanschap, wegbekendheid van machinist	~5%	5-10 %
2	Eenvoudig Driver Advisory-systeem voor eigen trein	~5%	10-15%
3	Met aan verkeersleidingssysteem gekoppelde Driver Advisory-systemen	~5%	15-20%
**	ERTMS, mits geïmplementeerd zodat ruimte voor machinist maximaal is	~5%	20_25%

\* implementatie volgorde

\*\* ERTMS kan in combinatie bij alle maatregelen worden toegepast

### Omschrijving van de feiten

Het kunnen optimaliseren van voertuigsnellheid, rekening houdend met omringend treinverkeer, valt onder de beheersing, niet onder de beveiliging. Dat vereist enerzijds functionaliteit om conflicten vroegtijdig te detecteren en anderzijds optimalisatiestrategieën om de gedetecteerde toekomstige conflicten tijdig weg te managen (dynamisch verkeersstroom management). Momenteel bestaat een dergelijke optimalisatiefunctie niet. Een dergelijke functie kan ontwikkeld worden en meeliften op de invoering van ERTMS. Dit vereist functionaliteit in VPT en aan boord van materieel. Een dergelijke ontwikkeling vereist ook een (niet-veilige) real-time dataverbinding tussen trein en wal, met name van wal richting trein om snelheidsadviezen te geven. I.v.m. de datalast dient daar in de specificatie van de upgrade van het GSM-R-systeem rekening mee te worden gehouden. Dat betekent dat het niet-onderscheidend is voor ERTMS levels. Ook in een ATB-omgeving kan een dergelijke functie gerealiseerd worden.

### Invloed van beveiligingssystemen op de het operationeel energieverbruik van materieel

Voor de verschillende beveiligingssystemen is (relatief) aangegeven in welke mate energie kan worden bespaard bij het rijden van de treindiensten.

	ATB			ERTMS			
	EG	VV	NG	L1	L1+infill	L2	L3
Snelheidssturing basis	+	+	+	++	++	++	++
Snelheidssturing met integraal verkeersstroom management	+	+	+	++	++	++	++

#### Toelichting

Het verschil in energiebesparing tussen "+" en "++" wordt veroorzaakt door de kleinere snelheidsstappen van ERTMS en wordt geschat op 5% besparing.

Voor alle beveiligingssystemen geldt dat energiebesparing te realiseren is door middel van het optimaliseren van voertuigsnellheid met behulp van de maatregelen 1 t/m 3 uit tabel 1.

### Voorwaarden

Beschrijving van de voorwaarden waaraan voldaan moet worden om de oplossingen mogelijk te maken.

Snelheidssturing

N.B. Uitgangspunt is dat er een actueel dienstkaartje beschikbaar is op het machinistendevice.

	ATB			ERTMS			
	EG	VV	NG	L1	L1+infill	L2	L3
Boord-wal data verbinding	Niet nodig	Niet nodig	Niet nodig	Niet nodig	Niet nodig	Niet nodig	Niet nodig
Bediening	MMI op los apparaat	MMI op los apparaat	MMI op los apparaat	MMI op Planning Area	MMI op Planning Area	MMI op Planning Area	MMI op Planning Area
Wet- en Regelgeving	Check	Check	Check	Check	Check	Check	Check
Overig	GPS/DAS en Dialoog functie met VL	GPS/DAS en Dialoog functie met VL	GPS/DAS en Dialoog functie met VL	GPS/DAS en Dialoog functie met VL	GPS/DAS en Dialoog functie met VL	GPS/DAS en Dialoog functie met VL	GPS/DAS en Dialoog functie met VL

Voorwaarden							
<i>Beschrijving van de voorwaarden waaraan voldaan moet worden om de oplossingen mogelijk te maken.</i>							
<i>Snelheidssturing met integraal verkeersstroom management</i>							
	ATB			ERTMS			
	EG	VV	NG	L1	L1+infill	L2	L3
Boord-wal data verbinding	Vereist	Vereist	Vereist	Vereist	Vereist	Vereist	Vereist
Bediening	MMI op los apparaat	MMI op los apparaat	MMI op los apparaat	MMI op Planning Area	MMI op Planning Area	MMI op Planning Area	MMI op Planning Area
Wet- en Regelgeving	Check	Check	Check	Check	Check	Check	Check
Overig							

Toepassing 3kV tractievoeding en synergievoordelen met ERTMS
<p>De invoering van ERTMS volgens de zgn. Railmap heeft een aantal raakvlakken met de eventueel mogelijke landelijke migratie van de bovenleidingspanning van 1500 Volt naar 3000 Volt. In deze paragraaf worden deze raakvlakken kort benoemd.</p> <p><b>Toelichting 3 kV</b></p> <p>De tractie-energievoorziening verzorgt het transport van elektrische energie naar de treinen en is daarmee een onmisbare schakel om treinen punctueel en duurzaam te laten rijden. De nabije toekomst vereist een nog punctueler, betrouwbaarder en duurzamer spoor. Tractie-energievoorziening kan daaraan bijdragen door het verhogen van de tractiespanning van 1500 V naar 3000 V (gelijkspanning).</p> <p>Voor het verhogen van de tractiespanning dienen treinen en elektrische infrastructuur omgebouwd te worden, terwijl dat de dienstregeling niet of zo min mogelijk mag verstoren. De ombouw kan in delen plaatsvinden. Treinen dienen voor deze ombouw aangepast te worden, zodat het mogelijk is zowel op de lage als de hoge spanning te rijden.</p> <p>De voordelen van het verhogen van de tractiespanning zijn in twee categorieën in te delen, nl. reistijdwinsten en energiebesparing. Door de verhoogde spanning kan meer vermogen geleverd worden aan een trein, die daardoor sneller kan optrekken. Afhankelijk van de uiteindelijke snelheid kan dat oplopen van 7-20 seconden per haltering. Het sneller optrekken leidt tot een kortere reistijd en tot een betrouwbaardere reistijd, omdat sprinters en intercity treinen elkaar minder in de weg zitten. De verhoogde tractiespanning levert een energiebesparing op van ca. 20%. Dat is een jaarlijkse besparing van energie die vergelijkbaar is met het verbruik van 85.000 huishoudens, en levert een reductie van ca. 133 kiloton CO<sub>2</sub> per jaar. Deze energiebesparing wordt bereikt doordat bij een verhoogde spanning minder transportverlies optreedt in het tractie-energievoorzieningsnet, maar ook omdat de elektrische energie afkomstig van treinen middels recuperatie (omzetten van kinetische remenergie in elektrische energie) efficiënter kan</p>

worden getransporteerd naar andere treinen.

#### **Raakvlakken met ERTMS Railmap**

De baten van 3 kV en ERTMS met betrekking tot rijtijdwinsten en capaciteit zijn complementair. 3 kV-baten worden gerealiseerd bij het versnellen van de trein en bij ERTMS in het remmen en het elkaar kort kunnen opvolgen van treinen<sup>10</sup>. Bij remmen heeft 3 kV het voordeel dat er meer energie gerecupereerd kan worden, dus teruggevoerd naar het net, zodat een andere trein deze weer kan gebruiken. 3 kV biedt ook de mogelijkheid om in kortere tijd de maximum snelheid te bereiken. Dat leidt tot een hogere gemiddelde snelheid. Dat geldt zowel voor het bereiken van de huidige baanvaksnelheid van 130 of 140 km/uur, maar ook voor hogere snelheden zoals 160 km/uur, indien die zouden worden toegepast.

De infrazijde van de 3 kV- en ERTMS-migratie kunnen onafhankelijk van elkaar, en dus in verschillende volgorde en op verschillende plekken in het land plaatsvinden<sup>11</sup>. Voor 3kV en ERTMS geldt wel dat het materieel eerst geschikt gemaakt dient te worden. 3 kV vereist (vooral) ombouw van onderstations<sup>12</sup> van het infratractie-energiesysteem. Dit kan worden voorbereid en heeft daarom vrijwel geen interacties met andere systemen. De baten kunnen worden geïncasseerd zodra al het materieel geschikt is voor 3kV en het systeem kan overschakelen naar 3 kV tractievoedingspanning.

Het materieel dient zowel voor ERTMS als voor 3 kV-systemen te worden aangepast. Indien zowel besloten zou worden om ERTMS en 3kV in te voeren dan is het interessant om daarvoor in een gelijktijdige onttrekking materieelombouw te laten plaatsvinden. Over de invoering van 3kV en van ERTMS heeft nog geen besluitvorming plaatsgevonden.

Voor de uitvoering van het huidige migratieplan voor 3 kV in de infra is een omschakeling gedurende ca. 1-2 jaar voorzien, waarbij tijdelijk spanningssluisen nodig zullen zijn. Het is verstandig om de ATB/ERTMS overgangen en deze spanningssluisen niet te dicht bij elkaar te bouwen om machinisten niet te zwaar te belasten met gelijktijdige handelingen en besluiten. In geval van een evt. gezamenlijke uitrol op corridors zal uiteraard een aandachtspunt zijn. Er is in het algemeen voldoende ruimte om deze twee overgangen niet te laten samenvallen.

#### **Referenties**

- [1] CO<sub>2</sub>-beleid ProRail – algemeen kader 17 december 2012, G. Olde Monnikhof en F. ten Harve.
- [2] Effect 160 km/uur op duurzaamheid infra. F. van der laan en L. Moscou, EDMS 3174720, 23-08-2012, versie 3.0.
- [3] Nog te schrijven: Analyse waarin de impact van snelheidssturing met als doel energiezuinig rijden wordt onderzocht: hoeveel levert dit op, welke functies vereist het in systemen, welke datastromen, processen e.d

<sup>10</sup> mits het statisch snelheidsprofiel dat ter plaatse ook toestaat

<sup>11</sup> Indien wordt gekozen eerst het volledige materieelpark te voorzien van ETCS en daarna de infrastructuur te voorzien van ERTMS.

<sup>12</sup> In onderstations wordt de energie vanuit het openbare elektriciteitsnet omgevormd naar de bovenleidingspanning 1500V of 3000V gelijkspanning.

## B.1.a Systeemkenmerken: veiligheid op de vrije baan en emplacementen

<b>Relatie met doelen</b>	
<b>Hoofddoel</b>	1: Veiligheid
<b>Subdoelen</b>	Verhogen veiligheid personeel en treinreiziger op vrije baan Verhogen veiligheid personeel en treinreiziger op emplacementen Verhogen veiligheid omgeving

Omschrijving van de feiten
<p>De veiligheid van de reizigers en het personeel op de trein kan met ERTMS worden verbeterd ten opzichte van ATB EG (voor detailuitwerking zie tabel in de bijlage). ERTMS heeft de volgende veiligheidsverbeteringen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. snelheidsbewaking onder de 40 km/uur waar deze nu onder NS'54 met ATB EG niet wordt bewaakt;</li> <li>2. afname van STS-passages door remcurvebewaking en remingreep bij STS-passage;</li> <li>3. kunnen aanbrengen van Tijdelijke SnelheidsBeperkingen (TSB);</li> <li>4. verbetering van besturing en elimineren van zgn. 'veiligheidskritische activiteiten (VKA)'; en</li> <li>5. remcurvebewaking bij iedere snelheidsreductie.</li> </ol> <p>De veiligheidsverbeteringen ten opzicht van de huidige situatie zijn hieronder verder toegelicht.</p> <p><b>1) Snelheidsbewaking onder de 40 km/uur</b></p> <p>Onder ETCS Level 1, 2 en 3 kan de snelheid bewaakt worden bij waardes onder 40 km/u (intrinsieke ERTMS-functionaliteit). Het kan gaan om werkzaamheden<sup>13</sup> waarbij werktreinen niet te hard mogen rijden. Onder ATB kan een dergelijk lage snelheid niet worden afgedwongen omdat bij ontbreken van ATB-code de snelheidslimiet op 40 km/uur ligt. Onder ERTMS kan dit technisch worden afgedwongen omdat dit een inherente ERTMS-eigenschap is.</p> <p><b>2) STS-passages</b></p> <p>Bij ETCS Level 1 wordt het interpreteren van buitenseinen door de machinist ondersteund door cabineseingevening en bewaakt door remcurvebewaking. ETCS Level 1 kent eenzelfde risico profiel als ATB-Vv voor de situatie "vertrek door rood".</p> <p>In Level 2 en 3 wordt het interpreteren van buitenseinen door de machinist volledig vervangen door cabineseingevening en bewaakt door remcurvebewaking. Het rijden zonder autorisaties voorbij gevaarpunt afdekkende Stopmerkborden worden daardoor onmogelijk gemaakt. STS-passages zullen onder ETCS Level 2 en 3 blijven optreden bij losse wagons die rollen en als gevolg van situaties waarbij een treindienstleider een 'sein herroept'. Onduidelijk is hoeveel STS-passages blijven optreden als gevolg van 'glad spoor'.</p> <p>ERTMS zal leiden tot een aanzienlijke reductie van de kans op stop-tonend-sein-passages.</p> <p>Onveilige situaties kunnen worden voorafgegaan door Rood Sein Naderingen (RSN). Dit zijn situaties waar een trein op ongebruikelijke (niet-geplande) locaties remt dan wel stopt. Door ERTMS zal naar verwachting ook het aantal RSN's afnemen, doordat betere info over positie en snelheid van treinen beschikbaar is. Hierdoor kunnen de be- en bijsturing worden geoptimaliseerd. De machinist ziet bij ETCS exact tot waar de MA is.</p> <p>Het blijft bij Level 1 mogelijk de huidige aanpak onder ATB te gebruiken, waarbij de treindienstleider een aanwijzing geeft aan de machinist van de betreffende trein (zie ook de opmerkingen over VKA).</p>

<sup>13</sup> Hierbij moet bedacht worden dat het van de aard van werkzaamheden afhangt of het treinbeveiligingssysteem en de baangebonden detectie volledig functioneel zijn, omdat de werkzaamheden ook betrekking kunnen hebben op die systemen, die dan zijn uitgeschakeld. Indien ERTMS actief is, kan via remcurvebewaking bij werkzaamheden waar dat verplicht is, worden afgedwongen dat werktreinen niet harder rijden dan bv. 20 of 30 km/uur.

### 3) Tijdelijke Snelheidsbeperkingen (TSB)

#### Algemeen

- Zodra het gaat om aanwijzingen van de treindienstleider aan de machinist, geldt dat ETCS Level 2 en 3 mogelijkheden biedt om TSB's te ondersteunen door deze via GSM-R-berichten te versturen en de Movement Authority (afstand/snelheidsprofiel) aan treinen aan te passen. Dit kan met snelheidsstappen van 5 km/h. Het verzenden van een TSB naar een trein met ETCS Level 1, vereist dat het betreffende bericht wordt verstuurd vanuit een balise. Een dergelijke balise met het juiste bericht moet dan op de juiste positie aanwezig zijn. Omdat in het algemeen niet bekend is wanneer en vanaf waar er reden is om een TSB af te geven, is het met ETCS Level 1 niet praktisch om het afgeven van TSB's te ondersteunen. In praktijk betekent het dat ETCS Level 1 de functionaliteit van het aanbrengen van TSB's via het systeem niet ondersteunt en ETCS Level 2 en 3 dat wel doen.
- ETCS Level 1: het systeem maakt geen onderscheid in treincategorieën. Indien (ondanks bovengenoemde beperkingen) in Level 1 er wel TSB's worden afgegeven, dan krijgen reizigerstreinen en goederentreinen dezelfde TSB. Onder NS'54/ATB wordt dat onderscheid tussen reizigerstreinen en goederentreinen wel gemaakt en wel via gebruik van zogenaamde 'L-A-E seinen'<sup>14</sup>. Omdat de snelheidsteruggang bij reizigerstreinen i.h.a. minder stringent kan zijn dan bij goederentreinen, leidt Level 1 in dit opzicht tot enig onnodig capaciteitsverlies (omdat de reizigerstreinen de lagere TSB van de goederentreinen opgelegd zouden krijgen) en daarmee tot achteruitgang ten opzichte van de huidige situatie.
- Het communiceren van TSB's vereist in Level 1 het aanbrengen van balises met het juiste bericht in de infra. Je moet dan wel eerst bepalen waar je deze balise precies moet plaatsen (engineering door een IB). Dit plaatsen vereist een buitendienststelling en het programmeren van de balise (plus testen en vrijgeven). Een andere optie bij Level 1 is geen gebruik te maken van een nieuwe balise met een specifiek bericht, maar het bericht toevoegen aan een bestaande Level-1 balises. Dat vereist echter aanpassing van het bericht dat die balise ontvangt vanuit de beveiliging, wat vrij omslachtig is omdat het locatiespecifieke engineering, installatie, test en vrijgave vereist.
- In ATB-EG worden TSB's nu via borden/seinen naar treinen doorgegeven. Het is bij Level 1 mogelijk om een TSB enkel en alleen met borden te ondersteunen, maar het niet doorgeven van de TSB in ERTMS gaat in tegen het beginsel dat een machinist met ERTMS op cabinesegeving rijdt en alle maximumsnelheden worden bewaakt. Voor TSB's zou dan een specifieke uitzondering worden gemaakt.
- Met ETCS Level 2 en 3 is het dankzij de continue radioverbinding met treinen mogelijk snelheidsbeperkingen automatisch door te geven. De TSB wordt dan in de Movement Authority aan de trein verwerkt die in Level 2 en 3 via de radio naar de trein wordt gestuurd. Ook wordt in Level 2 en 3 onderscheid gemaakt naar treincategorie, zoals dat in NS'54 ook gebeurt (bij NS'54 gebeurt dit d.m.v. L-A-E seinen, zie bij de omschrijving bij Level 1 en bijbehorende voetnoot).

#### Verbetering van besturing en elimineren VKA's

Als er een systeem beschikbaar is als functie in de besturingslaag<sup>15</sup> (VPT), waarmee adviessnelheden aan treinen kunnen worden berekend, en dergelijke informatie zou continu aan de trein worden gecommuniceerd, dan kan dat leiden tot optimaler gebruik van de infra. Naast allerlei capaciteitseffecten, en mogelijke energiebesparingseffecten, zou het ook kunnen leiden tot afname van Rood Sein Naderingen (RSN) en daarmee tot verhoging van de veiligheid.

Ook kunnen in de besturingslaag een aantal VeiligheidsKritische Activiteiten (VKA's) van treindienstleiders worden geëlimineerd door nieuwe automatische functies in het systeem onder te brengen. Dat verhoogt de veiligheid omdat menselijke communicatie (tussen machinist en treindienstleider) gevoelig is voor fouten. Minstens even belangrijk is dat het de treindienstleider zal ontlasten, waardoor deze meer tijd heeft om de verkeersstromen te managen. In de bijlage is een lijst opgenomen van VKA.

<sup>14</sup> L-A-E seinen zijn aparte seinen die de machinist informeren over snelheidsbeperkingen; L (Langzaam) geeft de nieuwe snelheid weer en met de seinen A (Aanvang) en E (Einde) wordt de precieze locatie aangeduid. Vandaag de dag brengen we TSB's alleen aan in de ATB als de TSB snelheid lager is dan de helft van de "normale" snelheid. De ATB code wordt dan teruggebracht tot "40 km/h" en slechts gegeven in het eerste stukje spoor (sectie) na het L-bord. Het daarachter liggende spoor houdt de normale ATB code.

<sup>15</sup> Opgemerkt wordt dat dergelijke besturingsfuncties niet intrinsiek zijn aan ERTMS. Omdat ERTMS wel de positie en snelheidsinformatie van treinen real-time kan leveren, is er een relatie tussen een dergelijke functionaliteit en ERTMS en er is, zoals gezegd, een relatie tussen deze functie en de spoorwegveiligheid. Het is een voorbeeld van de functionaliteit van het grotere 'Traffic Management Systeem'. Dit is een voorbeeld hoe dat systeem mede dankzij ERTMS een 'systeemsprong' zou kunnen ondergaan. Voor een inhoudelijke toelichting wordt verwezen naar de sectie A.4 "Mogelijkheden voor optimalisatie besturing", waarin dit aspect verder wordt beschreven.

## Veiligheidsrisico's die bij ERTMS blijven bestaan

### Herroepen sein / aanpassen autorisatie

- Het “in de stand stop” terugbrengen van een sein kan op twee manieren worden *geïnitieerd*:
  1. Door de treindienstleider via Procesleiding.
  2. Automatisch door de IXL en/of RBC vanwege het wegvallen van één of meer veiligheidsvoorwaarden voor de veilige rijweg (o.a. wissel uit de controle, spontane sectiebezetting, etc.).
- **Level 2 en 3:** Waar het om acute redenen noodzakelijk is een afgegeven autorisatie in te trekken of aan te passen, kan dat in Level 2 en 3 continu naar de trein(en) op het betreffende baanvak. Dit is analoog aan de functie van NS'54 met ATBEG.
- **Level 1:** Het intrekken van een afgegeven Movement Authority naar een trein onder Level 1 is uitsluitend mogelijk door vanuit een switchable balise een dergelijk bericht door te geven. Het intrekken van een MA in Level 1 is een standaardfunctie. Echter, vanwege de discontinue overdracht in L1 kan zo'n bericht pas door de trein worden ontvangen zodra de trein de balise passeert.

### Operationele veiligheid

Veiligheid wordt deels bereikt door de treindienstleider te informeren over positie en snelheid en eigenschappen van het materieel. In huidige situaties is dat (m.n. op de vrije baan) slechts beperkt mogelijk. Waar externe risico's (spoorlopers, bermbranden, enz.) aan de orde zijn en communicatie via treindienstleider en machinist verloopt, kan extra informatie bepalend zijn voor het veiligheidsniveau. ETCS Level 2 en 3 leveren de treinsnelheid en positie-informatie continu via het ERTMS-statusbericht. Daarmee weet de treindienstleider beter voor welke treinen de info relevant is. Uitgezocht moet worden of hier een behoefte bestaat in kader van be-/bijsturing, welke dat precies is en wat de relatie met ERTMS is.

### Berichten n.a.v. externe detectoren

Onder ERTMS is het goed mogelijk om informatie te communiceren van wal naar trein die afkomstig is van detectoren in de baan, denk aan Hot-box-detectoren, aslastdetectoren, Tunnel-Technische Installaties enz. Het gaat hier om informatie naar de machinist. Bij Level 1 vereist dit een balise in de baan die zich op een specifieke locatie bevindt; het verzonden bericht bereikt dan iedere trein die deze balise passeert. In Level 2 en 3 kan het bericht direct na het waarnemen door de detector naar de betreffende trein worden gestuurd, zonder tussenkomst van treindienstleider en machinist. Dit voorkomt menselijke fouten waardoor de veiligheid verhoogd wordt. Voorwaarde daarbij is wel dat deze externe detectoren een hoog betrouwbaarheidsniveau hebben zodat “valse meldingen” met een acceptabele frequentie voorkomen.

### Staff Responsible Mode en rangeren

ETCS bewaakt nominaal gesproken de snelheid over het gehele snelheidsbereik onder Full Supervision-mode. Alleen onder bepaalde omstandigheden (onbeveiligd gebied, rangeergebied, oprijden na opstarten) kan het noodzakelijk zijn dat de machinist de verantwoordelijkheid overneemt. Remcurvebewaking is dan niet actief en uitsluitend de maximum snelheid wordt begrensd. In dat geval kunnen menselijke fouten nog leiden tot aanrijdingen, openrijden van wissels, ontsporen e.d.<sup>16</sup>). De functionaliteit van ERTMS is in die situaties vergelijkbaar met die van ATBEG.

### Geduwd rangeren

Situaties waarbij geduwd<sup>17</sup> rangeren plaatsvindt (bv goederentrein rijdt een raccordement<sup>18</sup> op en gaat later vanaf dat raccordement geduwd terug naar het hoofdspoor) vereisen aanvullende maatregelen buiten ERTMS om de veiligheid te garanderen. Omdat de ETCS-apparatuur zich uitsluitend in de locomotief bevindt en het beveiligingssysteem rekent met de voorzijde van de locomotief en er geen rekening mee kan houden dat er zich voor de locomotief wagens bevinden, kan het voorste punt van de treinsamenstelling niet door ERTMS worden bewaakt. Dat deel kan dus onbedoeld op de hoofdbaan terechtkomen. Hier is geen onderscheid tussen ETCS Level 1, 2 en 3. Om dit op te lossen kan (zoals bij NS'54 met ATBEG) gedacht worden aan oplossingen in de infrastructuur, zoals het aanbrengen van

<sup>16</sup> Bij opstarten na verlies radiocontact dient de trein in Staff Responsible Mode op te rijden naar de eerstvolgende balise om de exacte positie op te halen.

<sup>17</sup> Ook bij achteruitrijden in “shunting” mode treedt dit effect op. Onder “full supervision” is het niet mogelijk achteruit te rijden. In ERTMS-mode “reversing” is wel mogelijk achter uit te rijden.

<sup>18</sup> Een raccordement is een spoorweg, die niet bestemd is voor openbaar vervoer van personen of goederen en die aansluit op de openbare spoorweg. Op een raccordement bedraagt de snelheid doorgaans ten hoogste 30 km/h. In Nederland vallen raccordementen onder het Reglement op de Raccordementen 1966.



flankdekking (gekoppelde wissels toepassen) in combinatie met ‘veiligheidskopjes’.

**Invoeren treinparameters**

Het invoeren van treinparameters is een nieuwe functionaliteit die o.a. met procedures is beschermd tegen het maken van menselijke fouten. Het restrisico, dat altijd overblijft, is op EU-niveau via de ERTMS-standaard geaccepteerd.

- In het ETCS-systeem wordt o.a. de remcurve bepaald door het model aan boord van de trein. Het model is Europees gestandaardiseerd, waarbij een aantal (variabele) parameters materieel specifiek / treinspecifiek moeten worden ingevoerd. Enerzijds gaat dat om vaste parameters die eenmalig goed moeten worden geconfigureerd, zoals de locatie van de baliselezer onder de trein. Anderzijds om waarden die per trein opnieuw moeten worden bepaald en ingevoerd (o.a. rempercentage en lengte). Na onderhoud aan het remsysteem moeten deze parameters worden aangepast conform de daadwerkelijke remprestaties (zoals dit ook bij ATBEG en ATBNG het geval is).
- Met name bij goederentreinen is het feitelijke remgedrag mede afhankelijk van de samenstelling van de trein. De ETCS-specificatie houdt daar rekening mee. Er zit in de ETCS-specificaties geen mitigerende maatregel tegen invoerfouten van de machinist.
- Reizigerstreinen zijn zelf intelligent genoeg om hun eigen parameters te bepalen waardoor de machinist weinig tot niets hoeft in te voeren. De meeste leveranciers van ERTMS-treinapparatuur hebben plausibiliteitscontroles in hun apparatuur ingebouwd om grove invoerfouten van de machinist te voorkomen.
- In Level 2 wordt de lengte van de trein gebruikt om te bepalen wanneer de “staart” van de trein geheel uit een snelheidsbeperking is alvorens de trein toestemming krijgt om te gaan versnellen. Voor Level 3 geldt dat de lengte van de trein ook wordt gebruikt om te bepalen of de infra achter de trein weer vrijgekomen is.

**Werkmaterieel dat niet voorzien is van ERTMS**

Onderhoudsvoertuigen die zelfstandig kunnen en mogen rijden op spoor dat in dienst is, moeten ook zijn voorzien van ERTMS. Aangezien deze voertuigen vaak speciale constructies hebben, zal het fysiek niet altijd mogelijk zijn om daar ERTMS in te bouwen (vergelijkbaar met huidige situatie waarin ATB moet zijn ingebouwd). Voor deze categorie voertuigen zal (net als nu) gelden dat ze met een krachtvoertuig op indienstzijd spoor moeten worden overgebracht. Nader moet worden geanalyseerd welke onderhoudsvoertuigen wel of niet van ERTMS kunnen worden voorzien.

**Nieuwe operationele procedures**

Het invoeren van nieuwe systemen leidt tot nieuwe vormen van stringen met nieuwe risico’s t.a.v. functieherstel, het veilig opstarten en het op een veilige manier op een gedegrademd niveau kunnen blijven rijden. Voordat het systeem in dienst gaat, wordt er daarom een uitgebreide safety case opgesteld waar ook de processen voor (tijdig) functieherstel deel van uitmaken. Er zullen zich dus bij een indienststelling geen verrassingen mogen voordoen.

**Invloed op het aspect veiligheid**

In onderstaande tabel is weergegeven in welke mate specifieke veiligheid gerelateerde scenario’s gemitigeerd kunnen worden. De inhoud van de tabel is niet een oordeel over de veiligheid van de systemen. De veiligheidsimpact van de ETCS-varianten is aangegeven ten opzichte van de ATB-systemen.

Deze tabel geeft een hoog abstractieniveau weer waardoor maatgevende details met betrekking tot de verschillende veiligheidsniveau’s van de drie ETCS-levels verloren gaan. Voor dergelijke details wordt verwezen naar de tabel in de bijlage van deze sheet.

	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Vrije baan	-	0	+	+	++	++
Emplacement	-	0	+	+	++	++
Omgeving	-	0	+	+	++	++

#### Referenties

- [1] Programmaboekje In samenspel naar een vernieuwd Nederlands spoor
- [2] Handboek Treindienstleider – VL regelgeving; uitgave december 2012
- [3] STS passages 2011 – analyse en resultaten over de periode 2007 -2011, ILT, 18 juni 2012, status definitief.

## 1. Veiligheid

Onderstaande lijst is gebaseerd op de inventarisatie van (37) oorzaken STS'en en de VMS totaaltabel met de inventarisatie veiligheidsrisico's van ProRail

- **Niet** meegenomen zijn veiligheidsaspecten m.b.t.: elektrocutie, infrabrand door oorzaak vanuit spoorstelsel, brand in omgeving en tunnel, val van reiziger tussen trein en perron of val in transfer (roltrap, lift enz.)
- **Voor ERTMS L2 en L3 geldt, tenzij anders vermeld, steeds als uitgangspunt: Mits toegepast zonder buitenseinen**
- **Voor wat betreft VWI geldt dat een bij het beveiligingssysteem passende arbeidshygiënische strategie moet worden ontwikkeld en nageleefd**

Risico	ATB(-Vv)	ERTMS L1 / ATBNG	ERTMS L2	ERTMS L3	Intrinsiek: Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS	Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken:	Meelifter: Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope van systeemketen
<b>Aanrijdingen incl. STS passage oorzaak</b>							
Remcurve-bewaking vs. ATB	McN interpreteert seinen en borden. ATB ondersteunt in discrete veiligheidsstappen. ATB-Vv levert remcurve bewaking.	McN interpreteert seinen. ERTMS levert continu remcurvebewaking behalve bij "koude start" omdat eerst een balise moet worden gepasseerd.	McN rijdt op cabineseingeving. ERTMS levert continu remcurvebewaking behalve bij "koude start" waarbij geen "cold movement" informatie beschikbaar is.	McN rijdt op cabineseingeving. ERTMS levert continu remcurvebewaking behalve bij "koude start" waarbij geen "cold movement" informatie beschikbaar is.	Ja	Cold movement detectie in de trein	n.v.t.
Cabine signalering versus buitenseinen	Enkel buitenseinen	Buitenseinen en cabineseinen	Cabineseinen en enkele borden	Cabineseinen en enkele borden	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Nieuwe risico's veroorzaakt door ERTMS?	n.v.t.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Security</li> <li>• Data invoer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Security</li> <li>• Keymanagement</li> <li>• Data invoer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Security</li> <li>• Keymanagement</li> <li>• Data invoer</li> <li>• Treinintegriteit</li> <li>• Geen detectie van voertuigen zonder ERTMS</li> </ul>	Ja	n.v.t.	n.v.t.

Risico's	ATB(-Vv)	ERTMS L1 / ATBNG	ERTMS L2	ERTMS L3	Intrinsiek: ERTMS	ERTMS andvoorwaardelijk	Meelifter ERTMS
Glijden van treinen, incl glad spoor	Wordt niet afgedekt.	Geen 100% vangnet maar wel verbetering door "Glad spoorknop". Kan door mcu of door balise bericht worden aangezet.	Geen 100% vangnet maar wel verbetering door "Glad spoorknop". Kan door mcu of door RBC bericht worden aangezet.	Geen 100% vangnet maar wel verbetering door "Glad spoorknop". Kan door mcu of door RBC bericht worden aangezet.	Voor "Glad Spoor knop" in Trein: Ja.  Voor "Glad spoor bericht" in baan: Ja, mits baanbericht door treinbeveiligings syteem wordt geactiveerd.	Functionaris nodig die functie in de infra activeert.  Glad spoor is geen primaire ERTMS functie.	n.v.t.
Onbedoeld rollen van treinen	Wordt niet afgedekt.	Ingrep door ERTMS indien trein beweegt in richting die niet overeenkomt met gekozen rijrichting. (Bij geen rijrichting gekozen: ingrep zowel bij vooruit als achteruit rollen)	Ingrep door ERTMS indien trein beweegt in richting die niet overeenkomt met gekozen rijrichting. (Bij geen rijrichting gekozen: ingrep zowel bij vooruit als achteruit rollen)	Ingrep door ERTMS indien trein beweegt in richting die niet overeenkomt met gekozen rijrichting. (Bij geen rijrichting gekozen: ingrep zowel bij vooruit als achteruit rollen)	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Rollen "dom staal"	Wordt niet afgedekt.	Wordt niet afgedekt.	Wordt niet afgedekt.	Wordt niet afgedekt.	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Conflictvrijplan	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Betere info t.b.v. communicatie tussen mcu en trdl	Geregeld door procedures	Geregeld door procedures	Betere informatievoorziening mogelijk door continue infolevering over positie en snelheid van de trein.	Betere informatievoorziening mogelijk door continue infolevering over positie en snelheid van de trein.	Voor L2/L3: Ja voor informatie van trein naar baan	Informatie moet worden doorgeleid van baan naar treindienstleider. (Koppeling van ERTMS baan naar VPT)	Voor alle systemen geldt dat mcu bekend dient te zijn met de protocollen( incl taal) ter plaatse
Vertrekken door rood	ATBEG mitigeert dit niet, vangnet te regelen door ATB-Vv	Kans op een STS is gelijk aan die onder ATBEG. De remcurvebewaking beperkt de doorschietlengte	Remcurvebewaking	Remcurvebewaking	Ja	n.v.t.	n.v.t.
<b>Snelheidsbewaking</b>							
Individuele trein	40, 60, 80, 130, 140 km/h	Iedere max. snelheid mogelijk	Iedere max. snelheid mogelijk	Iedere max. snelheid mogelijk	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t.

Risico's	ATB(-Vv)	ERTMS L1 / ATB NG	ERTMS L2	ERTMS L3	Intrinsiek: ERTMS	ERTMS randvoorwaardelijk	Meelifter ERTMS
Remgedrag trein	Opvolgen van remopdracht wordt gecontroleerd maar niet de mate van remmen. Beneden 40km/h ATB-Vv bewaking.	Remcurve wordt continu berekend en bewaakt.	Remcurve wordt continu berekend en bewaakt.	Remcurve wordt continu berekend en bewaakt.	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t.
Tijdelijke snelheidsbeperking	Zeer beperkte mogelijkheden om TSB in ATB te brengen.	Technisch kunnen TSBs worden ondersteund, praktisch niet uitvoerbaar. Vergt per situatie een nieuw ontwerp, implementatie en test (in buitendienststelling)	TSB opdrachten kunnen handmatig in het systeem worden ingevoerd en worden automatisch verwerkt. Vergt geen ontwerp en kan op ieder moment conform bijbehorende procedure worden ingevoerd.	TSB opdrachten kunnen handmatig in het systeem worden ingevoerd en worden automatisch verwerkt. Vergt geen ontwerp en kan op ieder moment conform bijbehorende procedure worden ingevoerd.	Intrinsiek voor trein	Voor L2/L3: vergt functionaliteit in RBC/IXL en vraagt beleggen van deze verantwoordelijkheid in de organisatie en systemen daarop aan te passen. Onderscheid te maken tussen "incidenten" en "geplande TSB's"	n.v.t.
Aanwijzingen van trdl	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB
<b>Veilig rangers</b>							
Reizigerstreinen op centraal beveiligde emplacementen	Beveiligd door ATB / ATB-Vv	Kans op een STS is gelijk aan ATBEG. De Remcurvebewaking beperkt de doorschietlengte	Remcurvebewaking	Remcurvebewaking	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t.
Goederentreinen op beveiligde emplacementen	Beveiligd door ATB / ATB-Vv. Geduwd rangers niet ondersteund.	Beperkte ondersteuning mogelijk. Geduwd rangers niet ondersteund.	Meer ondersteuning mogelijk. Geduwd rangers niet ondersteund.	Meer ondersteuning mogelijk. Geduwd rangers niet ondersteund.	Intrinsiek. Restrisico blijft aanwezig.	n.v.t.	n.v.t.

Risico's	ATB(-Vv)	ERTMS L1 / ATBNG	ERTMS L2	ERTMS L3	Intrinsiek: ERTMS	ERTMS andvoor-waardelijk	Meelifter ERTMS
Treinen op niet beveiligde emplacementen	Max snelheid 40 km/h	Max snelheid onder "rangeren" instelbaar	Max snelheid onder "rangeren" instelbaar	Max snelheid onder "rangeren" instelbaar	Intrinsiek. Restriscio blijft aanwezig.	n.v.t.	n.v.t.
<b>Vervoer gevaarlijke stof</b>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<b>Calamiteit</b>							
Herroepen sein /MA	Seinbeeld wordt direct in ATB code vertaald	"Seinbeeld" wordt aangepast bij passeren eerstvolgende balise.	"Seinbeeld" wordt direct in MA verwerkt. Na uitval radio verbinding duurt het nu maximaal 35 seconden (T_NVContact) voordat remingreep tot stilstand plaatsvindt.	"Seinbeeld" wordt direct in MA verwerkt. Na uitval radio verbinding duurt het nu maximaal 35 (T_NVContact) seconden voordat remingreep tot stilstand plaatsvindt.	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t.
<b>Operationele veiligheid</b>							
Informatie voor machinist	Afhankelijk van lezen informatie langs de baan, ondersteund door ATB cabinesignalering	Minder afhankelijk van lezen informatie langs de baan maar nog steeds noodzakelijk om info langs de baan te lezen om over actuele informatie te beschikken. Meer informatie beschikbaar in cabine en remcurvebewaking. Discrepantie tussen DMI en buiteninfo. Lengte van de Movement Authority is beperkt als gevolg van gebrek aan informatie uit de interlocking	Bij Full Supervision geen afhankelijkheid van lezen informatie langs de baan. Meer informatie beschikbaar in cabine en remcurvebewa-king.	Bij Full Supervision geen afhankelijkheid van lezen informatie langs de baan. Meer informatie beschikbaar in cabine en remcurvebewaking.	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t. Adviessnelheden

Risico's	ATB(-Vv)	ERTMS L1 / ATB NG	ERTMS L2	ERTMS L3	<u>Intrinsiek: ERTMS</u>	<u>ERTMS randvoorwaardelijk</u>	<u>Meelifter ERTMS</u>
Informatie voor trdl	Heeft info over spoorbezetting op emplacementen, niet op vrije banen.	Heeft info over spoorbezetting in ieder geval op emplacementen, op vrije banen vereist centraal brengen van decentrale spoorbezettinginformatie.	Heeft info over alle spoorbezetting en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuele treinsnelheid</li> <li>• Actuele treinpositie</li> <li>• ERTMS Level</li> <li>• ERTMS mode</li> <li>• Treinlengte</li> <li>• Maximum treinsnelheid</li> <li>• Tractie type</li> <li>• Aanwezige treinbeïnvloedingsystemen in trein</li> </ul>	Heeft info over alle spoorbezetting. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuele treinsnelheid</li> <li>• Actuele treinpositie</li> <li>• ERTMS Level</li> <li>• ERTMS mode</li> <li>• Treinlengte</li> <li>• Maximum treinsnelheid</li> <li>• Tractie type</li> <li>• Aanwezige treinbeïnvloedingsystemen in trein</li> <li>• Treinintegriteit</li> </ul>	Intrinsiek	Aanpassing VPT nodig om info bij trdl te laten krijgen.	

## B.1.b Mogelijkheden voor verhogen overwegveiligheid

Relatie met doelen	
Hoofddoel	1: Veiligheid
Subdoel	Verhogen veiligheid op overwegen

### Omschrijving van de feiten

De mogelijkheden om met behulp van ERTMS de veiligheid bij overwegen te verbeteren zijn:

- 1) Verbeterde storingsafhandeling → van aanwijzing van treindienstleider aan machinist naar aanpassing van de Movement Authority via ETCS. Dit kan in Level 1, maar is technisch lastig te realiseren (via switchable balises) en in Level 2 en 3 technisch eenvoudig via het RBC. De haalbaarheid moet nog wel worden vastgesteld, omdat dit om een nieuwe veiligheidsrelevante functie gaat. Constant Warning Time (CWT) bij overwegen, alleen mogelijk voor ETCS Level 2 en 3 → ook dit is een nieuwe functie die veiligheidsrelevant is en nog dient te worden ontwikkeld.
  - 2) De kans op het berijden van een open overweg achter een station wordt verkleind dankzij remcurvebewaking (dit geldt voor Level 1, 2 en 3)
- 1) **Aanwijzing<sup>19</sup> AKI/AHOB**
    - Als bekend is dat een overweg gestoord is, en/of als deze minimaal 5 minuten dichtligt wordt een aanwijzing AKI/AHOB afgegeven
      - Bij Level 1 vereist dat balises die gevoed moet worden met informatie over de betreffende overweg; dergelijke balises in de infra zijn ongewenst.
      - Bij Level 2 en 3 kan een dergelijke aanwijzing worden gestuurd door het RBC. In dat geval wordt de snelheid van de trein ter plaatse van de overweg door ETCS begrensd.
  - 2) **Overwegveiligheid – Constant Warning Time (CWT)**
    - Bij ETCS Level 2 en 3 wordt de positie en snelheid van iedere trein alsmede de treinkarakteristieken (lengte, type) via GSM-R continu<sup>20</sup> beschikbaar gesteld aan het RBC. Daarmee wordt het mogelijk om de aankondigingstijd van overwegen te verkorten voor de langzamere treinen, resulterend in gemiddeld kortere dichtlijgtijden (Constant Warning Time, CWT), met name op baanvakken waar treinen met verschillende maximale snelheden rijden. Op vergelijkbare wijze is er een verbetering mogelijk in de vertragingstijd bij stopdoorschakelingen. Dit verkleint het risico dat het wegverkeer de gesloten overweg negeert en de overweg passeert. Het vergroot tevens verkeersdoorstroming op overwegen. Het slommen van wegverkeer leidt tot onveilige situaties. Verlagen van de kans op slommen leidt dus tot verhoging van de veiligheid.
    - Indien een overweg langer dan 5 minuten dichtligt, wordt dit gemeld als zijnde gestoord - zie boven. Het gevolg is dat treinen langzamer de overweg moeten naderen en moeten stoppen alvorens de overweg te mogen passeren. Hiermee wordt de overweg als 'gestoord' in stand gehouden. Indien CWT kan worden ingevoerd, dan wordt de locatie vanaf waar een trein zijn snelheid gaat minderen afgestemd op de snelheid van deze trein waardoor het versturende effect op de treindienst kan worden verkleind.
  - 3) **Overwegveiligheid: berijden van geopende overweg**

Er zijn situaties waarbij er zich achter een rood sein een (geopende) overweg bevindt. Dat doet zich voor op plaatsen waar treinen regulier gepland stoppen en zich achter de stopplaats een overweg bevindt (o.a. bij stations). In een aantal van deze situaties is er een verhoogde kans op een STS-passage van het sein dat voor de overweg staat en dat bedoeld is om het berijden van de geopende overweg te voorkomen. Analyse laat zien dat er dat er locaties zijn waar dit STS-risico bij overwegen groter is dan elders.

<sup>19</sup> De term 'aanwijzing' vervangt de vroeger veel gehanteerde naam 'lastgeving'.

<sup>20</sup> De informatie wordt met tussenpozen van enkele seconden van de trein naar het RBC gezonden.



**Invloed van beveiligingssystemen op het verhogen overwegveiligheid**

De onderstaande tabel geeft voor de verschillende beveiligingssystemen de impact weer op het aspect veiligheid .

Onder de aanname dat Constant Warning Time haalbaar is, wordt onder ETCS Level 2 en 3 de veiligheid verhoogd.

	ATB			ETCS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Constant Warning Time	0	0	0	0	+	+
Berijden open overweg	0	0	0	0	+	+

Overwegveiligheid							
Risico's	ATB(-Vv)	ETCS L1 / ATBNG	ETCS L2	ETCS L3	Intrinsiek: Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS	Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken:	Meelifter: Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope van systeemketen
Te lange dichtlijgtijden, aankondigingstijd	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen	Biedt hiervoor mogelijkheid tot mitigerende maatregel in de vorm van "Constant Warning Time".	Biedt hiervoor mogelijkheid tot mitigerende maatregel in de vorm van "Constant Warning Time".		Vergt extra functie in RBC/IXL.	
Aankondigings fout door loss of shunt (detectiefout)	Bron wordt niet weggenomen. Mcn krijgt wel ATB code wegval.	Bron wordt niet weggenomen. Mcn krijgt geen info.	Bron wordt niet weggenomen. Mcn krijgt geen info. Indien de positieinfo van de trein wordt gebruikt voor de aankondiging van overwegen dan is dit geen issue. Nadere analyse loopt via de Proof of Concept Level 3	Geen issue in meest pure vorm. Nadere analyse van treinintegriteitsborging loopt via Proof of Concept Level 3	n.v.t.	Voor L3: Vergt extra functie in RBC/IXL.	
Trein bereikt open overweg a.g.v. STS-passage	Zie "Aanrijdingen incl. STS-passage"	Zie "Aanrijdingen incl. STS-passage"	Zie "Aanrijdingen incl. STS-passage"	Zie "Aanrijdingen incl. STS-passage"			
Overweg bij stations (stop / door schakeling) ligt onnodig lang dicht, met name voor overwegen die "200 tot 500m" achter het station liggen	Kan stop/door onderscheid niet maken	Kan stop/door onderscheid niet maken	Biedt hiervoor mogelijkheid tot mitigerende maatregel in de vorm van "Constant Warning Time".	Biedt hiervoor mogelijkheid tot mitigerende maatregel in de vorm van "Constant Warning Time".		L2 en L3 Vergt extra functie in RBC/IXL.	

Automatische aanwijzing bij gestoorde overwegen	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen.	Mitigerende maatregel mogelijk door aanpassing MA t.g.v. gestoorde overweg indien trein op remwegafstand van de overweg nog een balise passeert.	Mitigerende maatregel mogelijk door aanpassing MA t.g.v. gestoorde overweg.	Mitigerende maatregel mogelijk door aanpassing MA t.g.v. gestoorde overweg.	Aanpassing MA is intrinsiek, vergt wel engineering.	Overwegstoringsinlezing plus verwerken in RBC/IXL.	
---	--	--	---	---	---	--	--

## B.1.c Voorzieningen voor veiligheid baanwerkers

<b>Relatie met doelen</b>	
<b>Hoofddoel</b>	1: Veiligheid
<b>Subdoel</b>	Verhogen baanwerker veiligheid

Definities	
<b>Aanwijzing</b>	ProRail-procedure waarbij een opdracht wordt gegeven aan een machinist door de treindienstleiding.
<b>Werkplekbeveiliging</b>	Beveiliging van de werkplek van spoorbaanwerkers voor treinen.
<b>TSB</b>	Tijdelijke Snelheidsbeperking.

Omschrijving van de feiten
<p><b>Werkplekbeveiliging</b></p> <p>Werkplekbeveiliging is het geheel aan maatregelen (middelen en procedures) om een veilige werkplek te creëren voor personen die in of in de nabijheid van het spoor werken. De risico's die daarbij worden gemitigeerd zijn o.a. aanrijdgevaar door een trein of werktrein of het "meegezogen" worden door een snelle passerende trein. In een aantal gevallen kan het treinbeveiligingssysteem een bijdrage leveren aan het creëren van een veilige werkplek. De relatie tussen werkplekbeveiliging en ERTMS vraagt nadere uitwerking. Dat betreft ook het eventuele gebruik van Hand-Held Terminals (HHT).</p> <p>De bijdrage die ERTMS aan werkplekbeveiliging kan bieden t.o.v. het huidige systeem, is de mogelijkheid om relatief eenvoudig Tijdelijke Snelheids Beperkingen (TSB) aan te brengen. Achtergrondinformatie over de toepassing van TSB's is gegeven in sectie B.1a "Systeemkenmerken: veiligheid op de vrije baan en emplacementen".</p> <p>De huidige werkwijze bij gedeeltelijke buitendienststelling is dat de treindienstleider een aanwijzing aan de machinist afgeeft. Dit is een procedurele oplossing. ERTMS Level 2 en 3 bieden de mogelijkheid om via de systemen direct een tijdelijke snelheidsbeperking af te geven, waardoor de treinen die deze ontvangen automatisch langzamer gaan rijden. Dit leidt tot een verhoogde veiligheid.</p>

Invloed van beveiligingssystemen op het aspect veiligheid baanwerkers							
In de onderstaande tabel is voor de verschillende beveiligingssystemen de impact op de veiligheid van baanwerkers aangegeven.							
		ATB			ERTMS		
		EG	VV	NG	L1	L2	L3
Rustige lijn		0	0	0	0	+	+
Drukke lijn		0	0	0	0	+	+
Klein emplacement		0	0	0	0	+	+
Groot emplacement		0	0	0	0	+	+

Bijlage 1							
Veilig werken Overzicht van mogelijkheden beheersing veiligheidsrisico's voor de v verschillende beveiligingsystemen							
Veiligheidsrisico's	ATB(-Vv)	ETCS L1 / ATB NG	ETCS L2	ETCS L3	Intrinsiek: Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS	Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken:	Meelifter: Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope van systeemketen
Trein (in dienstregeling) komt op plek waar hij niet mag komen	Afhankelijk van procedures en waarneming seinen. Met ATB vv betere mitigatie van het risico	Afhankelijk van procedures met ondersteuning van remcurvebewaking.	Afhankelijk van procedures met ondersteuning van remcurvebewaking.	Afhankelijk van procedures met ondersteuning van remcurvebewaking.	n.v.t.	Grensmaatregel in interlocking en VPT opnemen	n.v.t
Werker stapt in bereden nevenspoor	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen	TSB naar trein in nevenspoor verlaagt snelheid; langere waarnemingstijd voor baanwerker en machinist verkleint kans op aanrijding	TSB naar trein in nevenspoor verlaagt snelheid; langere waarnemingstijd voor baanwerker en machinist verkleint kans op aanrijding	n.v.t	n.v.t	n.v.t.

## B.1.d Security van systemen en Key Management

<b>Relatie met doelen</b>	
<b>Hoofddoel</b>	1: Veiligheid
<b>Subdoel</b>	Realiseren van vergelijkbaar niveau security als overige spoorinfra

Definities
<p><b>Definitie Security</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Security is: het weerstand bieden tegen opzettelijke verstoring [ref. 1]</li> <li>• Security is een belangrijk thema binnen de spoorbranche en is dat daarom ook voor de installaties voor de procesleiding- en treinbeveiligingssystemen (incl. ERTMS) van het treinverkeer.</li> <li>• Security valt voor de procesleiding- en treinbeveiligingssystemen uiteen in fysieke security en cybersecurity.</li> </ul> <p><b>Fysieke security</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het spoor is een open systeem omdat het fysiek voor iedereen vrij eenvoudig toegankelijk is.</li> <li>• Treinbeveiligingsinstallaties hebben duidelijk herkenbare componenten in, aan en bij het spoor (b.v. assentellers, overwegen, wissels). Ten behoeve van ERTMS liggen er fysiek duidelijk herkenbare componenten in het spoor (balises).</li> </ul> <p><b>Cybersecurity</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De moderne procesleiding- en treinbeveiligingssystemen zijn gebaseerd op IT-technologie en zijn aangesloten op communicatienetwerken die verbindingen hebben met “de buitenwereld”. Denk hierbij aan zaken als hardware, besturingssysteem, remote beheer, maar ook GSM-R (voice + data).</li> <li>• Bij ERTMS communiceren de infrastructuur en de treinen met elkaar middels digitale berichten, waarbij het correct samenwerken een voorwaarde is voor de veiligheid.</li> </ul> <p><b>Key Management</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Key Management is het beheer van de cryptografische sleutels die zorgen voor de afscherming van de radioberichten tussen wal en trein. Deze radiocommunicatie is van toepassing op ERTMS Level 2 en 3. Bij ERTMS Level 1 is Key Management alleen nodig indien gebruik wordt gemaakt van Radio Infill. Middels cryptografische technieken wordt de authenticiteit van de communicatie geborgd (een security-aspect om veilige radiocommunicatie mogelijk te maken).</li> <li>• Het gebruik van deze sleutels is volledig vastgelegd door de TSI Command, Control &amp; Signalling, [Ref. 2].</li> <li>• Treinen en RBC's dienen voorzien te zijn van een geldige sleutel voordat ze veilig met elkaar kunnen communiceren. Deze sleutels worden vooraf in trein en RBC aangebracht als onderdeel van het beheer van deze systemen.</li> </ul>

Omschrijving van de feiten
<p><b>Wat beïnvloedt de keuze m.b.t. security</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Level 1 is er alleen directe communicatie tussen trein en balises. Deze balises worden zowel voor plaatsbepaling als voor rijwegautorisaties gebruikt. Een trein hoeft niet over een sleutel te beschikken, tenzij er van de optionele Radio-Infill-Unit gebruik wordt gemaakt, dan geldt een vergelijkbare communicatie als met Level 2 en 3.</li> <li>• In Level 2 en 3 communiceert de trein met zowel balises als met een RBC (via GSM-R). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Balises worden primair voor plaatsbepaling gebruikt.</li> <li>○ GSM-R-communicatie wordt gebruikt voor rijwegautorisaties.</li> </ul> </li> <li>• De communicatie tussen trein en RBC is beschermd tegen inbreuk door onbevoegden door middel van cryptografische sleutels, dit is voorgeschreven in de TSI CCS ([Ref. 2]). Elke ERTMS-trein heeft hiervoor een sleutel aan boord voor elk baanvak waarop deze trein dient te kunnen rijden. Deze sleutels zijn ook bekend in de RBC's.</li> </ul>

**Impact op gebruikersprocessen**

- Er is voor machinisten en treindienstleiders een afhandelsscenario nodig indien er een onregelmatigheid aan een balise optreedt.  
Treinen en RBC's dienen bij Level 2 en 3 te zijn voorzien van een geldige sleutel voordat ze veilig kunnen communiceren. Deze sleutels worden vooraf in trein en het RBC aangebracht. De machinisten en treindienstleiders merken bij het normale operationele proces niets van deze sleutels.

**Impact op verantwoordelijkheden en organisatie van ProRail**

- De infrabeheerder heeft een verantwoordelijkheid voor de integriteit (juiste inhoud en positie) van de balises.
- De geheimhouding van sleutels is van belang om opzettelijke verstoring te voorkomen en is geformaliseerd in de toegangsovereenkomsten tussen vervoerders en de infrabeheerder, ProRail.
- Fysieke en andere maatregelen om de sleutels te beschermen zijn op Europees niveau niet voorgeschreven of geharmoniseerd. Zowel vervoerder als infrabeheerder dienen daar zelf invulling aan te geven als onderdeel van hun veiligheidsmanagementsysteem.
- Voor de Nederlandse RBC's is het sleutelbeheer belegd bij het Key Management Center (KMC) van ProRail. Het KMC behandelt de aanvragen van sleutels van vervoerders uit zowel binnen- als buitenland en zorgt voor implementatie van de sleutels in de RBC's. Het proces daarvoor is beschreven in de netverklaring en detailinformatie is te vinden op de ProRail website [ref. 3]

**Impact op verantwoordelijkheden en organisatie van de vervoerders**

- De vervoerders zullen Key Management moeten inrichten om te borgen dat de juiste sleutels op het juiste moment in hun materieel geplaatst zijn.
- De vervoerders zullen het beheer van sleutels zodanig moeten inrichten dat er aan de in de netverklaring overeengekomen verantwoordelijkheden t.a.v. geheimhouding van sleutels voldaan wordt.

**Invloed van beveiligingsystemen op het aspect security**

Omdat er ook binnen de groepen van ATB- en ERTMS-systemen zeer uiteenlopende implementaties mogelijk zijn, is het niet eenvoudig mogelijk om deze systemen onderling te vergelijken op het aspect van security. Elk systeem en implementatie kent verschillende bedreigingen op het gebied van security die op andere manieren gemitigeerd moeten worden. Voor alle systemen geldt onverminderd dat ze voldoende veilig moeten zijn gedurende de hele levenscyclus.

Op basis van bovenstaande is het niet mogelijk om te bepalen of security voor de verschillende typen beveiligingsystemen beter dan wel slechter is ingericht. De verschillende systemen en implementaties gebruiken een andere technologie en per technologie zijn andere maatregelen nodig om tot een acceptabel securityniveau te komen.

**Referenties**

- [1] Derde kadernota Railveiligheid, Bijlage A
- [2] TSI Command, Control and Signalling, Subsets 037 en 038
- [3] [www.prorail.nl/sites/default/files/gebruiksvoorschrift\\_ects\\_keymanagement.pdf](http://www.prorail.nl/sites/default/files/gebruiksvoorschrift_ects_keymanagement.pdf)

## B.2.a. Interoperabiliteit en overzicht lijncategorieën in NL

<b>Relatie met doelen</b>	
<b>Hoofddoel</b>	2: Interoperabiliteit
<b>Subdoel</b>	TEN lijnen uitgevoerd met ERTMS Toekomstige aanpassing van het TEN net Goederenroutes uitgevoerd met ERTMS Lijnen van het HRN uitgevoerd met ERTMS Regionale lijnen uitgevoerd met ERTMS

Definities
<p><b>Interoperabiliteit</b></p> <p>Interoperabiliteit is het geheel van in EU-verband gemaakte afspraken om te borgen dat het materieel zonder hinder grensoverschrijdend binnen de EU kan worden ingezet. Hier worden in Europees verband afspraken over gemaakt voor alle disciplines, niet alleen treinbeveiliging maar ook o.a. bovenleidingsspanning en infrastructuur. Hier beperken we ons tot interoperabiliteit van het beveiligingssysteem, wat dient te worden bereikt door het toepassen van de ERTMS-standaard.</p> <p>In kader van de Europese afspraken m.b.t. interoperabiliteit is het niet toegestaan om nationale beveiligingssystemen (zoals. Het Nederlandse ATB-systemen), die de verdere doorvoering van interoperabiliteit in de weg staan, te wijzigen of toe te voegen. Het is wel toegestaan om veiligheidsfouten in dergelijke systemen op te lossen. In de TSI Command Control Systems (CCS) is vastgelegd dat de nationale beveiligingssystemen nog wel mogen worden toegepast bij vervanging en bij het uitrusten van nieuwe lijnen, zolang dat maar geen nieuwe hogesnelheidslijnen zijn.</p> <p><b>Nationale interoperabiliteit</b></p> <p>Naast de hierboven beschreven vorm van interoperabiliteit die internationaal gericht is, is het mogelijk een term als 'nationale interoperabiliteit' te definiëren. Daaronder verstaat men de technische en operationele mogelijkheid om van een gebied dat voorzien is van treinbeïnvloedingssysteem X over te gaan naar een gebied met treinbeïnvloedingssysteem Y en vice versa, binnen eenzelfde land. Naast de technische (on-)mogelijkheden die interoperabiliteit hinderen is het met name de vraag of machinisten verantwoord verschillende soorten regelgeving naast elkaar kunnen verwerken. Dit is tevens een vraagstuk gerelateerd aan de migratie van de huidige situatie met ATB / NS'54 naar het (volledige) gebruik van ERTMS.</p> <p><b>Technische Interoperabiliteit</b></p> <p>Technische interoperabiliteit richt zich op het technisch samenwerken van systemen in trein en baan. M.b.t. technische interoperabiliteit is er voor het materieel geen onderscheid<sup>21</sup> tussen de ETCS levels: een trein uitgerust met ETCS kan (technisch) zowel op een baan uitgerust met Level 1, Level 2 of Level 3 rijden. Baan-Trein Integratietesten zijn voorlopig nog nodig om vast te stellen of baan en trein inderdaad compatibel zijn. Zie sectie A.1 "ERTMS Specificaties, levels, baselines en versies" voor informatie over de compatibiliteit van de ERTMS specificaties en implementaties".</p> <p><b>Operationele interoperabiliteit</b></p> <p>Operationele interoperabiliteit richt zich op de harmonisering van de operationele regelgeving voor treindienstleider en machinist. Deze zijn Europees vastgelegd in de TSI Operations. Deze TSI verwijst voor de operationele Level 1 regels naar de nationale regelgeving, omdat Level 1 kan worden toegepast met nationale buitenseinen (en bijbehorende operationele regels). Level 1 is daarom internationaal niet operationeel interoperabel: machinisten uit het buitenland dienen de nationale regelgeving m.b.t. seinen en borden te volgen. Bij de Nederlandse Level 1 implementatie is ervoor gekozen om de seinen en borden op exact dezelfde wijze te gebruiken als bij NS'54 met ATB-EG, ATB-NG en ATB-VV. Als er een nieuw Level 1-seinstelsel zou worden ingevoerd dat lijkt op het bestaande seinstelsel maar er niet gelijk aan is, dan leidt dat bij machinisten makkelijk tot het maken van fouten, die veiligheidsconsequenties kunnen hebben. Dat is ongewenst. Daarom dienen seinen en borden onder Level 1 geen andere betekenis hebben dan zoals nu onder NS54/ATB. Level 1 is dus wel mogelijk, maar dient de nationale regelgeving te blijven volgen.</p> <p>In de TSI Operations is de operationele regelgeving voor Level 2 (en 3) wel volledig internationaal gestandaardiseerd.</p>

<sup>21</sup> Met uitzondering van de specifieke eisen voor Level 2 en 3; beide vereisen een GSM-R-radio en Level 3 vereist de integriteitsfunctie; voor de ERTMS-functies zijn deze Levels on-board wel gelijk.



Bij Level 2 en 3 zijn ook de borden langs de baan internationaal vastgesteld. Indien daarvan wordt afgeweken, dan wordt afgeweken van de internationale afspraken en is er geen sprake meer van interoperabiliteit. Naast operationele processen blijft wegbekendheid bij gebruik van infra door machinisten van belang omdat gebruik van de infra (bijv.: waar mag een machinist een trein stoppen of opstellen) niet via het seinstelsel wordt opgelegd. Ook dient een machinist de taal te beheersen die machinist en treindienstleider in een bepaald land gebruiken. Het is ongewenst als er (o.a. tijdens de migratiefase) meerdere verschillende operationele regels moeten worden gebruikt door machinisten en treindienstleiders. Dat kan leiden tot fouten die mogelijk veiligheidsgevolgen hebben. Dit is een extra reden om de verplichte gestandaardiseerde internationale operationele regels te volgen.

Indien in L2 en L3 besloten zou worden om naast de borden die internationaal voor L2 en L3 zijn vastgesteld, ook bepaalde ‘nationale’ borden langs de baan toe te passen om bv. verstoorde situaties op te lossen, dan wordt afgeweken van de internationale afspraken. Ook in dat geval is de oplossing niet meer operationeel internationaal interoperabel. De operationele regelgeving voorziet dus zowel in het normale gebruik als in verstoorde situaties.

**Interoperabiliteit tussen treinbeïnvloedingssystemen**

In de ERTMS-specificaties is rekening gehouden met migratie van de nationale treinbeïnvloedingssystemen naar ERTMS. Er is de mogelijkheid om de infrastructuur en/of het rollend materieel te voorzien van zowel ERTMS als het nationale systeem, waarbij de samenwerking tussen die systemen is gespecificeerd. Hierdoor kunnen verscheidende migratiescenario’s worden gekozen. Gebruik van nationale treinbeïnvloedingssystemen blijft met ERTMS mogelijk door aan boord van de trein gebruik te maken van Specific Transmission Models (STM). Een trein kan meerdere STMs bevatten, voor verschillende nationale systemen.

Onderstaande tabel schets welke combinaties van baansysteem en treinsysteem onder welke condities binnen Nederland mogelijk zijn.

Kleuren in de tabel betekenen het volgende: groen staat voor mogelijk, geel staat voor mogelijk onder de in de tabel aangegeven voorwaarden, oranje staat voor niet mogelijk.

Infra uitrusting Trein uitrusting	ATB-EG	ATB-NG	ERTMS-only
ATB-EG	mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
ATB-NG	mogelijk	mogelijk	Niet mogelijk
ERTMS	Mogelijk met ATB-EG STM of ATB-NG-STM	Mogelijk met ATB-NG STM	Mogelijk

**Het bereiken van interoperabiliteit**

De Railmap heeft als uitgangspunt gekozen om eerst het materieel te voorzien van ERTMS en vervolgens de infrastructuur om te bouwen naar ERTMS. Om tijdens de migratieperiode bepaalde lijnen nog van ATB zijn voorzien en op andere lijnen al ERTMS aanwezig is, dient het materieel te worden uitgerust met een ETCS-systeem dat voorzien is ATB STM.

Interoperabiliteit in de zin van Europese verplichtingen zal zijn bereikt wanneer infrastructuur en materieel zijn voorzien van een van de volgende systeemkeuzen:

1. ECTS Level 1
2. ECTS Level 2
3. ECTS Level 3

Materieel is compatibel zijn met de lagere levels, zie verder sectie A 1 ERTMS specificaties levels baseline en versies.

### Omschrijving van het issue

TEN-lijnen uitgevoerd met ERTMS

Europese Regelgeving verplicht lidstaten om lijnen die onderdeel vormen van het Trans-Europese Netwerk (TEN) uit te rusten met ERTMS. Voor NL geldt (ref 1):

	Lijn	Termijn
1	Haven Rotterdam – Zevenaar Grens (is inmiddels gereed exclusief Kijfhoek en Zevenaar waarvoor de projecten inmiddels lopen)	2015
2	Haven Rotterdam – Antwerpen (betreft bestaande lijn van Kijfhoek tot Roosendaal Grens)	2020
3	Haven Amsterdam – Betuweroute (het gedeelte Amsterdam – Utrecht is gereed)	2020

De lijn Rotterdam – Zevenaar is reeds uitgerust met ERTMS. Van belang blijft afstemming van de specificatie baseline met de rest van het netwerk, zie ook sectie A.1 ERTMS Specificaties, levels, baselines en versies. Het deel tussen Zevenaar en Zevenaar Grens is nu nog uitgevoerd met ATB-EG. De andere twee lijnen zijn thans uitgerust met ATB-EG.

Toekomstige aanpassingen van het TEN-net

Onlangs zijn de verplichtingen ten aanzien van het TEN-net vastgesteld, zie ref 2. Onderstaande figuren geven de aanpassingen weer, separaat voor goederen (linker figuur) en voor passagiers (rechter figuur). De dikke lijnen geven hierbij de aangepaste definitie van het kernnet waarvoor uitrusting met ERTMS per 2030 gereed moet zijn. De dunne lijnen vormen het uitgebreide net en hiervoor geldt een inspanningsverplichting voor invoering van ERTMS per 2050. Lijnen in paars geven HSL-Zuid weer.



Kernet goederen

Kernet reizigers

### Omrijdroutes goederenvervoer

De TEN-lijnen die volgens Europese Regelgeving verplicht uitgevoerd moeten zijn met ERTMS, vormen de aansluiting van de grote Nederlandse zeehavens in Amsterdam en Rotterdam met het Duitse achterland en met Antwerpen. Vanuit de open access-gedachte zoals die in het goederenvervoer reeds is doorgevoerd, speelt op de korte termijn interoperabiliteit in de zin van grensoverschrijdend vervoer bij goederenvervoer een belangrijkere rol dan bij het personenvervoer.

**Lijnen HRN en regionale lijnen**  
 Het Nederlandse spoorwegnet is verdeeld in een HoofdRailNet (HRN) en regionale lijnen. De vervoerconcessie voor alle lijnen van het HRN is gegund aan NS. Voor de regionale lijnen zijn concessieovereenkomsten gesloten met diverse vervoerders, op basis van openbare aanbestedingen.  
 Voor het bereiken van nationale interoperabiliteit binnen Nederland is het van belang om naar grensoverschrijdend verkeer tussen deze concessiegebieden en het HRN te kijken om de interoperabiliteit per vervoerder te kunnen bepalen.

Invloed van beveiligingssystemen op het aspect						
<i>Vergelijking van de wijze waarop de verschillende beveiligingssystemen dit aspect beïnvloeden, zodat inzichtelijk wordt gekregen hoe de diverse systemen hierop onderling scoren</i>						
	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Interoperabiliteit	Niet interoperabel; score tov criteria is altijd 0%			Is interoperabel; mate van interoperabiliteit neemt toe naarmate meer route km onder ERTMS zijn gebracht		

**Voorwaarden**  
 De voorwaarden waaraan voldaan moet worden om de oplossingen mogelijk te maken zijn, voor zover op dit moment bekend, hierboven beschreven

**Referenties**

[1] Beschikking 2009/561/EG  
 [2] VERORDENING (EU) Nr. 1315/2013 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 11 december 2013 betreffende richtsnoeren van de Unie voor de ontwikkeling van het trans-Europees vervoersnetwerk en tot intrekking van Besluit nr. 661/2010/EU <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:348:0001:0128:NL:PDF> en VERORDENING (EU) Nr. 1316/2013 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 11 december 2013 tot vaststelling van de financieringsfaciliteit voor Europese verbindingen, tot wijziging van Verordening (EU) nr. 913/2010 en tot intrekking van Verordeningen (EG) nr. 680/2007 en (EG) nr. 67/2010 <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:348:0129:0171:NL:PDF> (= nieuwe vastgestelde verordeningen)

## Bijlage 1 Interoperabiliteit

	ATBEG/ ATBNG	ERTMS L1	ERTMS L2	ERTMS L3	Intrinsiek: Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS	Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken:	Meelifter: Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope systeemketen
Juridische belemmeringen t.a.v. interoperabiliteit	Geen aanpassingen ATBEG/NG meer mogelijk door EU regelgeving.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Technische belemmeringen	Zie hierboven	Zie hierboven	Zie hierboven	Zie hierboven			
Operationele belemmeringen (procedures/gebruiksprocessen)		Nationale interoperabiliteit omdat L1 wordt toegepast met nationale seinstelsel en bijbehorende nationale operationele regelgeving en gebruiksprocessen TSI OPE: Zie nationale regelgeving	Operationeel interoperabel mits toegepast zonder buitenseinen. TSI Operational: geeft regelgeving	Operationeel interoperabel mits toegepast zonder buitenseinen TSI Operational : geeft regelgeving.		Infrabeheerder bepaalt de communicatie taal voor zijn netwerk	Operationele interoperabiliteit vergt onder alle systemen bekendheid met lokale protocollen. Standaardisatie leidt tot verbetering

## B.2.b Grensbaanvakken

<b>Relatie met doelen</b>	
<b>Hoofddoel</b>	2: Interoperabiliteit
<b>Subdoel</b>	2.4: Grensbaanvakken uitgevoerd met ERTMS

### Definities

Grensbaanvakken zijn baanvakken waar grensoverschrijdend vervoer over kan plaatsvinden. Het Nederlandse spoornetwerk kent 12 grensoverschrijdende baanvakken. Deze zijn in onderstaande tabel toegelicht, zie tevens figuur 1 [ref. 1].

**Tabel 1 Overzicht grensbaanvakken**

#	Traject	Land	Type Treinbeveiliging			Infra Kenmerk
			NL	Grens- baanvak	D/B	
1	Nieuweschans – Weener	Duitsland	ATB-NG	?	Indusi/PZB <sup>1)</sup>	Regionaal
2	Coevorden – Laar	Duitsland	ATB-EG		Indusi/PZB <sup>1)</sup>	Goederen
3	Oldenzaal – Bad Bentheim	Duitsland	ATB-EG	ATB-EG	Indusi/PZB	Hoofdroute goederen en reizigers
4	Enschede – Gronau	Duitsland	<sup>-2)</sup>	Indusi/PZB <sup>1)</sup>	Indusi/PZB <sup>1)</sup>	Regionaal
5	Zevenaar – Emmerich	Duitsland	ATB-EG		Indusi/PZB	Hoofdroute goederen en reizigers
6	Venlo – Kaldenkirchen	Duitsland	ATB-EG	Indusi/PZB	Indusi/PZB	Hoofdroute goederen en reizigers
7	Landgraaf – Herzogenrath	Duitsland	ATB-EG	?	Indusi/PZB <sup>1)</sup>	Regionaal
8	Maastricht – Eijsden – Visé	België	ATB-EG	Memor	Memor	Hoofdroute goederen en reizigers
9	Budel – Neerpelt	België	ATB-EG <sup>1)</sup>	Geen <sup>1)</sup>	Geen <sup>1)</sup>	Goederen
10	HSL-Zuid – L4	België	ERTMS-L2	ERTMS-L2	ERTMS-L2	HSL-lijn
11	Roosendaal – Essen	België	ATB-EG	Memor	Memor	Hoofdroute goederen en reizigers
12	Terneuzen – Zelzate	België	Geen	Geen	Geen	Goederen

1): te bevestigen

2): geen aansluiting op het NL net

Figuur 1 Overzicht grensbaanvakken



### Omschrijving van de feiten

Hoewel interoperabiliteit tussen treinen en infra voorzien van ERTMS duidelijk is gedefinieerd, is de compatibiliteit tussen treinen voorzien van ERTMS en infra die nog niet met ERTMS is uitgerust of andersom, niet zo eenvoudig. Onderstaande tabel schets welke combinaties onder welke condities mogelijk zijn. Daarbij zijn t.b.v. grensbaanvakken met Duitsland en België ook de Krokodil (Memor) en PZB (Indusi) combinaties genoemd. Indien vanuit het doel om 'interoperabiliteit' na te streven gedacht wordt aan de grensbaanvakken, waarbij Nederlandse treinen de grens overgaan naar België of Duitsland, dan kan dat betekenen dat er STM's<sup>22</sup> (of functioneel gelijkwaardige oplossingen) nodig zijn.

<sup>22</sup> Sectie B.2.a Interoperabiliteit en overzicht lijncategorieën in Nederland) legt uit wat een STM (Specific transmission Module) is.

Tabel 2 Overzicht trein baan compatibiliteit

Infra uitrusting	ATB-EG	ATB-NG	ERTMS-only	Krokodil (= Memor)	Indusi (= PZB)
ATB-EG	Mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
ATB-NG	Mogelijk	Mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
ERTMS	Mogelijk met ATB-EG STM of ATB-NG STM <sup>3)</sup>	Mogelijk met ATB-NG STM <sup>3)</sup>	Mogelijk	Mogelijk met Memor STM <sup>4)</sup>	Mogelijk met Indusi STM <sup>4)</sup>
Krokodil (= Memor) <sup>1)</sup>	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk	Niet mogelijk
Indusi (= PZB) <sup>2)</sup>	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk

- 1) Krokodil (de formele naam is Memor) is een Belgisch ATB-systeem dat op enkele grensbaanvakken in Nederland wordt toegepast
- 2) PZB is een Duits ATB-systeem dat op enkele grensbaanvakken in Nederland wordt toegepast
- 3) De ATB-NG STM is niet vrijelijk in de markt beschikbaar;
- 4) Onduidelijk is of STM op de markt beschikbaar is.

Interoperabiliteit wordt bereikt indien treinen aan weerszijden van de grens een treinbeveiligingssysteem aantreffen dat door het ETCS-systeem in de trein herkend wordt. Interoperabiliteit over landsgrenzen heen heeft voordelen voor de vervoerders en infrabeheerder, mits aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- de ERTMS-systemen aan baanzijde aan beide zijden van de grens zijn technische compatibel met de ERTMS-versies aanwezig in het materieel;
- de operationele procedures en regelgeving aan beide zijden van de grens zijn geharmoniseerd; en
- theoretisch zou materieel met ETCS dat aan de TSI voldoet in ieder land onder ETCS moeten kunnen rijden zonder noodzaak voor additionele testen om te worden toegelaten.

De voordelen voor zowel de vervoerders en infrabeheerder zijn:

- lagere kosten omdat apparatuur in de trein en de opleiding voor de machinist is gestandaardiseerd en beperkt blijft tot één enkel systeem;
- bij de grens hoeft niet meer van locomotief en/of machinist te worden gewisseld;
- lagere kosten omdat er minder verschillende systemen aan baanzijde worden toegepast; en
- hogere betrouwbaarheid omdat er minder interfaces zijn tussen verschillende systemen aan baanzijde.

Op de grensovergangen worden momenteel dubbele systemen toegepast die mogelijk al zijn afgeschreven. Vervanging door ERTMS kan daardoor zowel in baan als in het materieel kostenverhogend werken. Het juiste moment om over te gaan naar ERTMS dient daarom bij voorkeur te worden gekozen op een natuurlijk vervangingsmoment voor het materieel en/of infra opdat deze vorm van interoperabiliteit niet kostenverhogend werkt.

Omdat zowel de versies van ERTMS als het tijdstip van invoering van belang zijn, is afstemmen met het buurland van introductie van ERTMS voor een betreffend grensbaanvak belangrijk.

Voor het realiseren van ERTMS aan beide zijde van grensbaanvakken zijn de ERTMS-plannen van Duitsland en België van belang. Hieronder staan de inzichten in de huidige ERTMS-plannen van België .

- België: Verwezen wordt naar het Belgische invoeringsplan voor ERTMS (ref. 2).

#### STM-STM transities

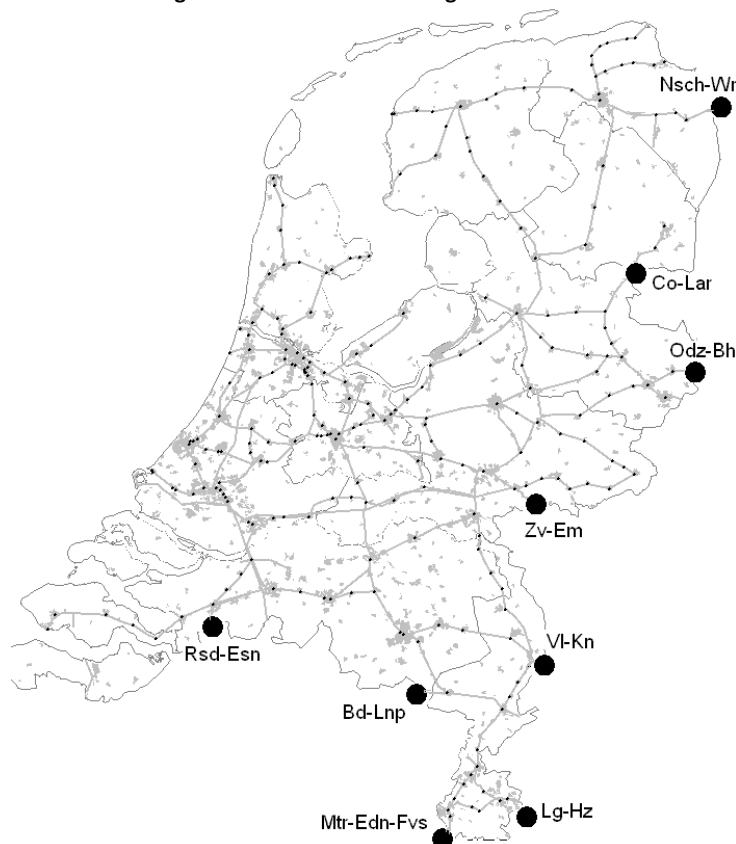
ERTMS-treinen die zijn uitgerust met ERTMS en die gebruik maken van grensovergangen die aan beide zijden zijn voorzien van nationale beveiligingssystemen, dienen te zijn voorzien van STM's om gebruik te kunnen maken van die nationale beveiligingssystemen. Bij het passeren van de grens dient een trein in dat geval over te schakelen op de STM die overeenkomt met het beïnvloedingssysteem van het land dat wordt binnengereden.



Op de grenzen tussen Nederland en België en tussen Nederland en Duitsland waar dergelijk verkeer kan plaatsvinden, zijn momenteel Eurobalises in de baan geplaatst die deze transitie initiëren indien een trein deze transitie passeert. Figuur 2 geeft het overzicht van de locaties waar zich deze grensovergangen bevinden. Indien ERTMS aan beide zijden van de grens in de infrastructuur zal zijn aangebracht, dan kunnen deze transitie-balises uit het spoor worden verwijderd.

De twee volgende tabellen geven aan waar deze transities zich exact bevinden, wat de ECTS-versie is en voor welk type overgang ze zorgen.

**Figuur 2** Overzicht STM-STM grenstransities



**Tabel 3** Overzicht STM- STM transities

deeltracé	Afkorting <sup>1)</sup>	corridor
Zevenaar – Emmerich	Zv-Em	Rijn-Alpen
Roosendaal – Essen	Rsd-Esn	HSL omleiding
Oldenzaal – Bad Bentheim	Odz-Bh	omleiding Rijn-Alpen?
Venlo – Kaldenkirchen	VI-Kn	Omleiding Rijn-Alpen?
Maastricht - Eijsden- Visé	Mtr-Edn-Fvs	
Nieuweschan - Weener	Nsch-Wr	
Coevorden - Laarveld	Co-Lar	
Budel - Neerpelt	Bd-Lnp	F
Landgraaf - Herzogenrath	Lg-Hz	

1) zie figuur 2



### Invloed van beveiligingssystemen op het aspect

In de onderstaande tabel is voor de verschillende beveiligingssystemen de impact op grensbaanvakken aangegeven.

	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Interoperabiliteit	Niet interoperabel; score tov criteria is altijd 0%			Is interoperabel; mate van interoperabiliteit neemt toe naarmate meer grensbaanvakken integraal (aan weerszijden van de grens) onder ERTMS zijn gebracht		

### Voorwaarden

De voorwaarden waaraan voldaan moet worden om de oplossingen mogelijk te maken moeten nog worden bepaald.

### Referenties

- [1] ProRail netverklaring 2014
- [2] Masterplan ETCS 2010 - 2025 Implementatie op het Belgisch Spoorwegnet d.d. 27.05.2011

## B.3 Capaciteit

<b>Relatie met doelen</b>	
<b>Hoofddoel</b>	3: Verhogen Capaciteit
<b>Subdoel</b>	Verhogen van de theoretische maximale treinfrequentie Realiseren van meer uniforme snelheid Verhogen snelheid van treinen tot baanvakontwerpsnelheid Verkorten van de rijtijd in lage snelheidsgebieden (emplacementsen) Verhoging van de punctualiteit (uitvoeringskwaliteit van de dienstregeling)

### Definities

Deze sectie heeft betrekking op de capaciteitseffecten van de invoering van ERTMS. Bij capaciteit kan onderscheid gemaakt worden tussen de theoretische capaciteit en de in de uitvoering van de dienstregeling "incasseerbare" capaciteit.

#### 1. Theoretische capaciteit

De theoretische capaciteit van het spoor kan gedefinieerd worden als het aantal treinen dat kan worden verwerkt door een gegeven infrastructuur binnen een bepaald tijdvenster. Deze wordt bepaald door de volgende elementen:

- rijtijden van treinen; en
- opvolgtijden tussen treinen.

Rijtijden van treinen en opvolgtijden van treinen zijn afhankelijk van de lay-out van de infrastructuur:

- civiele infrastructuur;
- tractie-energievoorziening;
- veiligheidsmarges; en
- projectering van de (ETCS)-beveiliging, blokindeling.

#### 2. Incasseerbare capaciteit

De theoretische capaciteit is in de praktijk niet volledig incasseerbaar. De elementen die hierop van invloed zijn:

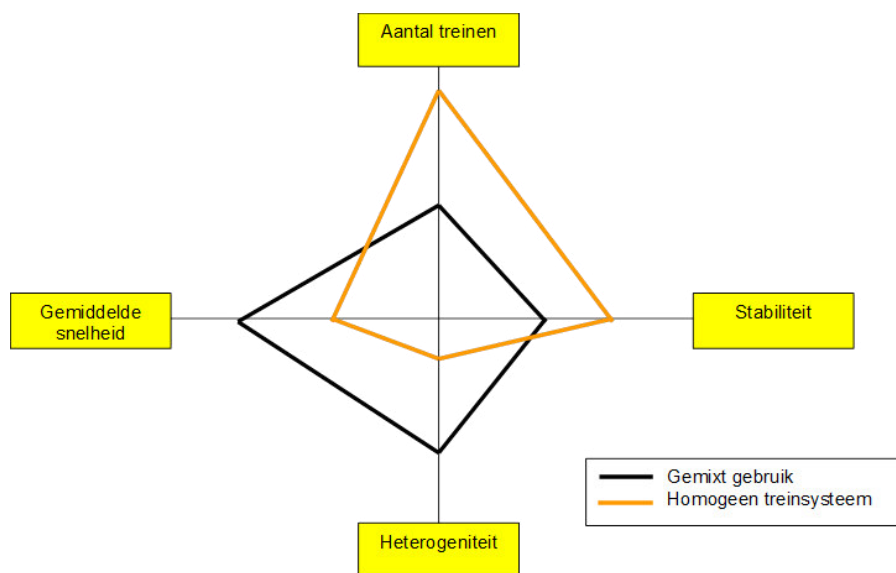
- Productformule:
  - aantal treinen;
  - treinsoorten; en
  - volgorde van treinen.
- Gebruik:
  - gedrag machinisten (bijvoorbeeld remgedrag);
  - besturingssystemen (trein in pad houden); en
  - buffer in het systeem ten behoeve van een stabiele uitvoering van de dienstregeling.

De onderdelen van de incasseerbare capaciteit hebben deels betrekking op de activiteiten van de vervoerder en deels betrekking op de verkeersleidingssystemen welke geen onderdeel vormen van het beveiligingssysteem maar wel worden meegenomen in het Kennisboek. De verkeersleiding systemen hebben invloed op de incasseerbaarheid van de beschikbare capaciteit tijdens de uitvoering van de treindienst. De besturingssystemen van de verkeersleiding moeten aansluiten bij de mogelijkheden die ERTMS op het gebied van capaciteitsvergroting en bijstuurbaarheid kan bieden.

#### Theoretische capaciteit

De theoretische capaciteit wordt bepaald door de rijtijd(verschillen) en opvolgtijden tussen treinen en kan gebruikt worden door de combinatie van vier grootheden die samen de 'benuttingsbalans' vormen, zie onderstaande figuur. "De capaciteit" op een bepaald traject wordt gerepresenteerd door een lijn te trekken door een punt op elk van de vier assen. Zo ontstaat een vierhoek die staat voor de beschikbare capaciteit. Bij het verplaatsen van een punt op één van de assen veranderen ook één of meer punten op de andere drie assen.

Figuur 1 benuttingsbalans



Figuur 1 Benuttingsbalans

Zo kan de capaciteit van een bepaald traject die met bijv. het huidige NS'54/ATB EG wordt bereikt, weergegeven worden door een dergelijke vierhoek. Voor toepassing van ETCS Level 1, Level 2 en Level 3 gelden vergelijkbare vierhoeken waarbij, afhankelijk van de mogelijke capaciteitseffecten, de lijn langer kan zijn. Deze (theoretisch) mogelijke capaciteitswinst van ERTMS ten opzichte van NS'54/ATB EG dient vervolgens verdeeld te worden over de assen. Dit betekent dat met ERTMS het ingesloten oppervlakte van de vierhoek wordt vergroot. De eventuele hogere capaciteit kan worden benut door meer treinen per uur te rijden, maar ook voor het verhogen van de stabiliteit van de treindienst of een andere productformule van de treindienst.

In kader van de Railmap is dit beeld van het begrip 'capaciteit' van belang omdat het duidelijk maakt dat het niet mogelijk is om 'capaciteit' in een enkel woord te vangen: er hoort een bepaalde verdeling bij over de genoemde vier effecten. Bij de invoering van ERTMS gaat het o.a. om het doel de capaciteit te kunnen verhogen. Het is in ieder geval duidelijk dat de term 'capaciteit' niet op ieder baanvak hetzelfde betekent en dat het effect van de invoering van ERTMS situationeel bepaald wordt. In de vergelijking van de gevolgen van keuzes tussen de verschillende levels zou van eenzelfde gebruik (productformule) uitgegaan kunnen worden (dezelfde vorm van de vierhoek) waarbij de vier diagrammen (ATB, Level 1, Level 2 en Level 3) over elkaar heen worden getekend.

Enkele voorbeelden van verschillende soorten capaciteitsknelpunten, geredeneerd vanuit een dienstregeling in combinatie met een bestaande infrastructuur en bestaande projectering van het beveiligingssysteem:

- i. mix van gemengd verkeer met grote snelheidsverschillen (bijv. SAAL);
- ii. veel samenvloeiend verkeer zonder grote snelheidsverschillen (bijv. Zwolle, Schipholtunnel); en
- iii. mix van reizigers en goederenverkeer (bijv. A2-corridor).

Enkelspoor: bottleneck door beperkte kruisingsmogelijkheden heen- en tegenrichting (treedt m.n. op regionale baanvakken)

## Overzicht van de feiten

### Op welke wijze wordt de capaciteit bepaald door de functionaliteit van beveiliging en beheersing?

- Zoals hierboven is uitgelegd is de capaciteit van een spoorwegnetwerk niet uit te drukken in één enkele objectief meetbare eenheid. De capaciteit is sterk afhankelijk van het gewenste gebruik: welke volgorde van treinen, welk stoppatroon, welk materieelgebruik, welke routekeuze enzovoort. Dit gewenste gebruik is op zichzelf een complexe commerciële keuze, die zelf weer afhankelijk is van de mogelijkheden die de infrastructuur biedt.
- Zoals genoemd, wordt de capaciteit bepaald door de omvang van de rijtijdverschillen tussen opeenvolgende treinen en de opvolgtijden. In een patroon met snelle en langzame treinen liggen de bepalende punten met name op en rond emplacementen waar treinen elkaar het dichtst naderen. Dit vormt de planmatige opvolgtijd (norm)

op die locaties. De planmatige opvolgtijd dient groter te zijn dan de technisch minimale opvolgtijd, die wordt bepaald door de lay-out van de infrastructuur, rijkaracteristieken en lengte van treinen ter plaatse en het beveiligingssysteem.

Tussen de gekozen opvolgtijd en de minimale technische opvolgtijd moet een bepaalde buffertijd zitten, om de dienstregelinguitvoering voldoende bestand te maken tegen kleine vertragingen.

- Een bijkomend capaciteitseffect ontstaat omdat in ERTMS snelheden veel fijnmaziger zijn te bewaken (snelheidsstappen van 5 km/u) dan in ATB EG.
- Een dienstregeling bevat een beperkt aantal standaardsituaties met maatgevende opvolgtijden op maatgevende locaties (met name emplacementen). Bijvoorbeeld: Aankomst-Aankomst op verschillende sporen; Vertrek-Vertrek van verschillende sporen; Vertrek-Aankomst op eenzelfde perronspoor. Als die maatgevende opvolgtijden verkleind kunnen worden, wordt de netwerkcapaciteit als geheel als gevolg daarvan groter.
- Als de rijtijdsverschillen verkleind kunnen worden (bijvoorbeeld rijtijdwinst door uitgesteld remmen bij elke stop), stijgt de capaciteit ook.
- *Maatgevende eigenschappen voor opvolgtijden:*

De maatgevende opvolgtijden zijn het resultaat van verschillende eigenschappen van de infrastructuur, van de operationele regelgeving, van het materieel, de productformule en het beveiligingssysteem

Belangrijke aspecten op het gebied van het beveiligingssysteem zijn:

- met welke resolutie kunnen vrijgereden stukjes infra ter beschikking worden gesteld aan de opvolgende trein (welke mate van blokverdichting is mogelijk);
- met welke vertraging gebeurt dit (continu of puntsgewijs, met welke vertragingstijd);
- in welke mate legt het beveiligingssysteem een lagere snelheid op dan de baan aan zou kunnen; en
- in welke mate mag een trein gebruik maken van zijn eigen remeigenschappen?

Bovenstaande eigenschappen richten zich op ongehinderde opvolgtijden. Voor capaciteit is daarnaast ook van belang:

- Zijn de gehinderde opvolgtijden in voldoende mate kleiner dan de ongehinderde opvolgtijden (ten behoeve van de robuustheid van het systeem om te waarborgen dat vertragingen uitdempen).
- Ontstaan er treinlengtebeperkingen op krappe stationssporen?

Ons huidige seinstelsel (NS'54/ATBEG) verschilt van ERTMS op de hierboven beschreven maatgevende eigenschappen voor opvolgtijden.

- De grootheid 'stabieleit', één van de vier assen van de benuttingsbalans, kan worden geïnterpreteerd als een maat voor punctualiteit (uitvoeringskwaliteit van de dienstregeling). Baanvakcapaciteit kun je verhogen door bv. kortere rijtijden en opvolgtijden. Deze kan leiden tot bv. hogere punctualiteit of geeft de mogelijkheid om meer treinen te laten rijden of een andere treinenmix. Punctualiteit heeft een directe relatie met de be- en bijsturing: een goede besturing is een voorwaarde voor het daadwerkelijk effectief kunnen benutten van een hogere baanvakcapaciteit. Alleen met een verbeterde besturing zijn er mogelijkheden om de theoretische capaciteitsverhoging te incasseren (zie sectie A.4 "ERTMS in relatie tot optimalisatie be- en bijsturing").

### Onderscheid op de capaciteitseffecten van de verschillende beïnvloedingssystemen

#### Op welke wijze onderscheiden de ETCS levels en functies zich in de mogelijkheid om de capaciteit te verhogen?

In de onderstaande tabel zijn de maatgevende eigenschappen die de capaciteit bepalen opgenomen. Het betreft de eigenschappen die effecten hebben op de gebruikswaarde (rij- en opvolgtijden en nuttige spoorlengten) van de beïnvloedingssystemen. Uitsluitend de onderscheidende eigenschappen zijn opgenomen. Deze eigenschappen zijn beoordeeld voor de verschillende beïnvloedingssystemen. De scores worden onder de tabel toegelicht.

Maatgevende eigenschap	NS'54 ATB EG	L1 met NS'54 lichtseinen, zonder infill	L2	L3	Opmerking
Blokverdichtingsmogelijkheden	0	0	+	+	1
Autorisatie-update	0	-	0+	0+ <sup>-</sup>	2
Snelheidsprofiel conform baan	0	0	+	+	3
Gebruik eigen remeigenschappen	0	0	+	+	4
Minimalisatie van hinder bij verstoringen	0	-	+	+	5
Treinlengte op krappe sporen	n.v.t.	-	+	-	6

1. Plus voor L2 en L3: seinplaatsingsdwangpunten vanuit zicht, plaatsbaarheid en onderlinge remwegvereisten verminderen of verdwijnen. Vereisten vanuit ongewenste stoplocaties blijven.
2. Een min voor L1 t.o.v. ATB-EG omdat autorisatie-update moet wachten totdat trein balisegroep passeert en een seinverbetering dus later doorkrijgt dan een sein dat op groen gaat (de machinist ziet dat al van verre gebeuren en onder de trein verbetert de ATB-code). De plus bij L2 en L3 t.o.v. ATB-EG vertegenwoordigt de preciezere snelheidstoestemming van ETCS.  
De kleine min bij L3 vertegenwoordigt de onnauwkeurigheid in de positiebepaling van de voorgaande trein. Het splitspunt wordt hierdoor later vrijgemeld, waardoor opvolgtijden langer worden. Met name bij lage snelheid zou dit tot een merkbaar verschil kunnen leiden.
3. Wisselsnelheid bereikt bij voorafgaand lichtsein of bij het wissel; standaardisatie naar ATB-snelheden versus snelheidsstappen van 5 km/h; bordplaatsingsbeperkingen in NS'54
4. Nul bij L1, omdat NS'54 als primaire seinstelsel maatgevend is voor het moment waarop geremd moet worden.
5. Bij een voldoende mate van blokverdichting en een snelle autorisatie-update, is het minimaliseren van hinder min of meer gegarandeerd.  
Bij L1 met lange blokken en onvoldoende infill, kan de situatie ontstaan, dat een trein naar lage snelheid wordt gedwongen, als hij te dicht op de voorganger komt. De secundaire vertraging kan hierdoor groter worden dan de primaire vertraging. Dit vereist extra buffer bovenop de ongehinderde opvolgtijd, hetgeen de capaciteit verkleint.
6. De ERTMS-varianten zijn op dit aspect niet vergeleken met NS'54-ATB EG, maar alleen onderling.  
De min bij L3 komt voort uit de positie-onnauwkeurigheid van de achterzijde van de trein; die bepaalt hoe snel infra vrijgegeven kan worden voor een opvolgende trein. Als die onvoldoende kan worden gecorrigeerd, kan op krappe sporen een baklengte verloren gaan.

#### Additionele opmerkingen

- Door Level 3 te combineren met (beperkte) baangebonden treindetectie op plaatsen waar deze nauwkeurigheid nodig is wordt dit probleem opgelost.
- In MVO (Maatregelen Verkorten Opvolgtijden) staan maatregelen voor kortere opvolgtijden die generiek toepasbaar zijn voor de verschillende beveiligingssystemen. De capaciteitswinst van de maatregelen kan per beveiligingssysteem verschillen, zie ref 1.)

#### Randvoorwaarden voor een optimale capaciteit:

De mate waarin een ETCS-level kan bijdragen aan capaciteitsverhoging is in sterke mate afhankelijk van een aantal systeem- en projecteringskeuzes, met name op/rond emplacementen.

### Voorlopige resultaten capaciteitsonderzoek

Om de capaciteitseffecten verder te kunnen bepalen is een concreet toekomst beeld nodig. Hiervoor is het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) als ambitie gehanteerd. Hierbij moet worden gestreefd naar optimale invulling van ERTMS, d.w.z. streven naar maximale capaciteitswinst op een kosteneffectieve wijze, binnen de geldende veiligheidsnormen.

Op basis van de ambitie tot capaciteitsverhoging conform PHS/OV SAAL is middels expert judgement de capaciteitsbehoefte ingeschat voor het gehele spoorwegennetwerk. Dit heeft geresulteerd in een categorisering van baanvakken en emplacementen/knooppunten en de mate van blokverdichting die noodzakelijk wordt geacht voor een kwalitatief goede uitvoering van een hoogfrequente dienstregeling

De theoretische mate waarin ETCS Level 2 ten opzichte van NS'54/ATB bijdraagt aan capaciteitsverbetering is onderzocht voor een aantal maatgevende situaties. Dit betreft zowel effecten op verbetering op rijtijden (geen hogere baanvaksnelheden), als op opvolg- en overkruistijden. Hieronder de resultaten gebaseerd op de uitgevoerde steekproef.

rijtijden	2 - 4 %
opvolgtijden	17 – 30%
overkruistijden	10 – 20%

### Referenties

- [1] Rapport second opinion op Kort Volgen voor Ministerie, d.d. 12 juli 2012

## Bijlage Vergelijking van eigenschappen van de verschillende beveiligingssystemen

### Capaciteit

Capaciteit van het spoorstelsel hangt af van de inrichting/prestaties op m.n. de volgende onderdelen van het spoorstelsel:

- Dienstregeling en treinvolgorde<sup>23</sup> en spoorgebruik<sup>24</sup>(uniformiteit treindienst: menging goederentreinen en passagierstreinen en snelle IC-treinen en stoptreinen, halteringen, baanvakbelasting en planningsinterval)
- Personeel (rijgedrag machinisten, werkwijze conducteurs bij halteringen, werkwijze treindienstleiders)
- Materieel (maximum snelheid, aanzet- en remkarakteristieken, technische halteertijden)
- Infrastructuur (alignement: spoorlay-out, seinplaatsing, omloopsnelheid wissels)
- Beïnvloedingssysteem (type beveiligingssysteem (ATB of ERTMS): technische opvolgtijden, remtabellen)
- Be- en bijsturing (procedures en de door Post 21 daarvoor geboden ondersteuning (informatie, uit te voeren opdrachten)

Beïnvloedingssystemen verschillen in mate van efficiëntie waarop gebruik wordt gemaakt van de beschikbare infrastructuur. In onderstaande tabel wordt inzicht verschaft in afhankelijkheden.

**NB: de ordening van rijen van onderstaande matrix zullen worden herbezien na het updaten van de sectie. Voorbeeld van nieuwe ordening is gebaseerd op indeling 1) rijtijden, 2) technische beperkingen en mogelijkheden, 3) buffers/marges.**

---

<sup>23</sup> Toelichting bij 'treinvolgorde': een goederentrein achter een intercity is een andere situatie dan een intercity achter een goederentrein

<sup>24</sup> Toelichting bij 'spoorgebruik': bij viersporigheid kunnen buitenste sporen worden gebruikt voor intercity's en binnenste voor langzamer verkeer, maar het kan ook anders. Zo zijn er bij twee sporen ook meerdere opties mogelijk, bv elk spoor één richting of juist beide richtingen enz.

	ATB	ETCS L1 ATBNG	ETCS L2	ETCS L3	<u>Intrinsiek:</u> Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS	<u>Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken:</u>	<u>Meelifter:</u> Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope systeemketen
<b>Mate van flexibiliteit van het beveiligings-systeem t.o.v rij- en remeigenschappen trein.</b>							
-blokken	Blok gedimensioneerd op "trein met langste remweg" en rekening houdend met infrabeperkingen Vastgelegd in regelgeving spoorwegwet.	Blok gedimensioneerd op "trein met langste remweg" en rekening houdend met infrabeperkingen Vastgelegd in regelgeving spoorwegwet.	Vrij indelen van blokken afhankelijk van capaciteitsbehoefte en rekening houdend met infrabeperkingen Blok lengte kan korter dan NS'54 blokken omdat geen rekening gehouden hoeft te worden met "trein met langste remweg".	Vrij indelen van blokken afhankelijk van capaciteitsbehoefte en rekening houdend met infrabeperkingen. Blok lengte kan korter dan NS'54 blokken omdat geen rekening gehouden hoeft te worden met "trein met langste remweg". Mogelijkheid tot glijdend variabel blok. (Op basis van de werkelijke bezetting van de infra worden movement authority gegeven.)	Ja	n.v.t. echter, voor glijdend variabel blok is aanpassing PRL nodig.	n.v.t.
-seinposities	Buitenseinen conform regels NS'54 en ontwerpvoorschriften en lokale omstandigheden zoals zichtbaarheid van het sein	Buitenseinen conform regels NS'54 en ontwerpvoorschriften en lokale omstandigheden zoals zichtbaarheid van het sein	Dankzij gebruik van cabinesignalering geen last van beperkingen seinplaatsing. Nog wel beperkingen door borden die bij L2 worden gebruikt (dit zijn formeel ook seinen)	Dankzij gebruik van cabinesignalering geen last van beperkingen seinplaatsing. Nog wel beperkingen door borden die bij L3 gebruikt worden (dit zijn formeel ook seinen)	Ja	n.v.t.	n.v.t.
-detectiesysteem	Geen invloed	Geen invloed	Geen invloed	Geen invloed	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.
<b>Rijtijdverkorting (ongehinderd)</b>							
-uitgesteld remmen	Niet mogelijk	Wel mogelijk afhankelijk	Inherent	Inherent	Ja	n.v.t.	n.v.t.

		van operationele regelgeving					
-traploos max snelheid instellen incl. voor bogen en TSB's <sup>25</sup>	Beperkt tot ATBEG trappen. + wat door infra wordt beperkt, bv max snelheid waarop nu door een wissel kan worden gereden	Instelbaar in stappen van 5 km/h	Instelbaar in stappen van 5 km/h	Instelbaar in stappen van 5 km/h	Ja	n.v.t.	Ontwerpsnelheden Infraobjecten kan worden geoptimaliseerd.
-vertrek emplacement	NS'54 blokindeling is beperkende factor	NS'54 blokindeling is beperkende factor	ERTMS-blokindeling is beperkende factor	ERTMS-blokindeling is beperkende factor	Ja	n.v.t.	n.v.t.
-binnenkomst emplacement	NS'54 blokindeling is beperkende factor	NS'54 blokindeling is beperkende factor	ERTMS-blokindeling is beperkende factor maar kan korter dan NS'54	ERTMS-blokindeling is beperkende factor, maar kan korter dan NS'54	Ja	n.v.t.	n.v.t.
	Geen route-afhankelijke snelheden op emplacement <sup>26</sup>	Geen route-afhankelijke snelheden op emplacement <sup>27</sup>	Wel route-afhankelijke snelheden mogelijk waar infra dat ook toestaat	Wel route-afhankelijke snelheden mogelijk waar infra dat ook toestaat			
<b>Olievlekwerking (dempend of versterkend op verstoringen)</b>							
-gehinderde situatie	ATB info aan mcn (b.v. na seinverbetering) altijd actueel, zie verder	Discontinue informatie overdracht aan mcn: Cabineseingeving pas actueel na passage balise	Cabineseingeving altijd actuele info aan mcn via GSM-R.	Cabineseingeving altijd actuele info aan mcn via GSM-R.	Ja	n.v.t.	n.v.t.

<sup>25</sup> TSB = Tijdelijke Snelheids Beperking

<sup>26</sup> M.u.v. infra-wijzigingen die in kader van Top50 worden overwogen; technisch is dit mogelijk maar vraagt maatwerk en per situatie een afweging; onder ERTMS Level 2 en 3 is dit 'gratis' en vraagt het geen aanpassingen in de infra (tenzij bv. een bepaald wissel nu niet geschikt is voor 100 km/uur en je er met ERTMS wel met 100 km/u over kan en wil rijden)

<sup>27</sup> M.u.v. infra-wijzigingen die in kader van Top50 worden overwogen; technisch is dit mogelijk maar vraagt maatwerk en per situatie een afweging; onder ERTMS Level 2 en 3 is dit 'gratis' en vraagt het geen aanpassingen in de infra (tenzij bv. een bepaald wissel nu niet geschikt is voor 100 km/uur en je er met ERTMS wel met 100 km/u over kan en wil rijden)



	onder "blokken".	(o.a. langzaam oprijden tot balise om nieuwe info te krijgen). Beperkt oplosbaar door gebruik van "infill". Routetimers beperken de geldigheid van een Movement Authority.					
	Info aan trdl: op emplacementen bezettingsstatus en seinstatus	Info aan trdl: op emplacementen bezettingsstatus en seinstatus	Bezettingsstatus en autorisatie ('sein') status op gehele corridor en actuele treinpositie en snelheid via GSM-R	Bezetsingsstatus en autorisatie ('sein') status op gehele corridor en actuele treinpositie en snelheid via GSM-R			
-verstoorde situatie in de infra (generieke impact)	<p>Infrastoring (<b>inclusief</b> door treindetectie-storingen): vaak lokaal effect met olievlekwerking door verwevenheid treindienst en beperking in bijsturing. Zie verder onder "blokken".</p> <p>Geen GSM-R datakanaal, is dus ook geen storingsbron.</p> <p>GSM-R spraak storing heeft impact op beschikbaarheid</p>	<p>Infrastoring (<b>inclusief</b> door treindetectie-storingen): vaak lokaal effect met <b>sterke</b> olievlekwerking door discontinue data overdracht en verwevenheid treindienst en beperking in bijsturing. Zie verder onder "blokken".</p> <p>Geen GSM-R datakanaal, is dus ook geen storingsbron.</p> <p>GSM-R spraak storing heeft impact op beschikbaarheid</p>	<p>Infrastoring (<b>inclusief</b> door treindetectie-storingen): lokaal effect met olievlekwerking, beter bij te sturen door continue dataverbinding met trein.</p> <p>RBC storing vergelijkbaar met uitval van een VL post.</p> <p>GSM-R data storingen kunnen een grote impact hebben.</p> <p>GSM-R spraak storing heeft impact op beschikbaarheid</p>	<p>Infrastoring (<b>exclusief</b> door treindetectie-storingen): lokaal effect met olievlekwerking, beter bij te sturen door continue dataverbinding met trein.</p> <p>RBC storing vergelijkbaar met uitval van een VL post.</p> <p>GSM-R data storingen kunnen een grote impact hebben.</p> <p>GSM-R spraak storing heeft impact op beschikbaarheid</p>	Ja	Voldoende hoge eisen stellen m.b.t. beschikbaarheid om kans op optreden te verlagen. Uit te werken na voorkeursbesluit Bij L3: exclusief treindetectiefunctie.	n.v.t.
-verstoorde situatie in de trein (ATB of	Rijden op buitenseinen met	Rijden op buitenseinen met baanvaknsnelheid mogelijk,	Alleen rijden op zicht mogelijk,	Alleen rijden op zicht mogelijk, treinsnelheden zijn lager dan	Ja	Voldoende hoge beschikbaarheidseisen te	n.v.t.

ERTMS werkt niet)	baanvaknelheid mogelijk	afhankelijk van operationele regelgeving <sup>28</sup> .	treinsnelheden zijn lager dan bij ATB	bij ATB		stellen aan treinapparatuur. Bij L3: inclusief treindetectiefunctie.	
<b>Snelheidsadviezen</b>							Vraag aan de markt of en hoe dit kan worden geïncasseerd.
	<p>In ATB levert trein geen snelheids en positie data; VL kan deze wel indirect bepalen / grof inschatten.</p> <p>In ATB is er geen functionaliteit voor snelheidsadviezen. Die kan (buiten ATB) wel ontwikkeld worden (buiten scope van het beveiligings-systeem).</p> <p>In ATB is er geen radiodataverbinding om snelheidsadviezen naar trein te sturen</p>	<p>In L1 levert trein geen snelheids en positie data; VL kan deze wel indirect bepalen /grof inschatten.</p> <p>In L1 is er geen functionaliteit voor snelheidsadviezen Die kan wel (buiten ETCS) ontwikkeld worden (buiten scope van het beveiligings-systeem).</p> <p>In ATB is er geen radiodataverbinding om snelheidsadviezen naar trein te sturen</p>	<p>In L2 stuurt trein wel nauwkeurige continue positie en snelheidsdata naar de wal.</p> <p>In L2 is er geen functionaliteit voor snelheids-adviezen. Die kan wel (buiten ETCS) ontwikkeld worden (buiten scope van het beveiligings-systeem).</p> <p>In L2 is er wel radiodataverbinding om snelheids-adviezen naar trein te sturen, maar dat kan dan alleen via de ERTMS "tekstberichten"</p>	<p>In L1 levert trein wel nauwkeurige continue positie en snelheidsdata naar de wal</p> <p>In L3 is er geen functionaliteit voor snelheidsadviezen Die kan wel (buiten ETCS) ontwikkeld worden (buiten scope van het beveiligings-systeem).</p> <p>In L3 is er wel radiodataverbinding om snelheids-adviezen naar trein te sturen, maar dat kan dan alleen via de ERTMS "tekstberichten".</p>	<p>ATB/L1: nee</p> <p>L2/L3: inherent informatie beschikbaar</p>	<p>Het genereren van snelheidsadviezen vereist een nieuwe functionaliteit aan walzijde, in de besturingslaag (buiten scope van beveiligingssysteem)</p> <p>Versturen van snelheidsadviezen vereist andere dataverbinding met trein dan de bestaande ERTMS berichten</p>	

<sup>28</sup> Momenteel is het op de Havenspoorlijn (Level 1) door ILT niet toegestaan om zonder ERTMS met baanvaknelheid te rijden

## B.4 Waar is snelheidsverhoging tot 160 km/h mogelijk

<b>Relatie met doelen</b>	
<b>Hoofddoel</b>	4: Snelheid
<b>Subdoel</b>	Verhogen maximale baanvaknelheid tot 160 km/uur

<b>Definities</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Baanvaknelheid: de maximale snelheid die op een zeker baanvak gereden mag worden.</li> </ul>

<b>Omschrijving van het issue</b>
<p>In Nederland geldt een maximum snelheid van 140 km/uur met uitzondering van:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Het baanvak Schiphol – Leiden voor de Thalys. De Thalys mag hier 160 km/uur rijden<sup>29</sup>.</li> <li>Op baanvak Helmond – Horst Seventum is het mogelijk om tussen km 11 en km 29 onder testregime 160 km/u te rijden. Dit baanvak wordt gebruikt om nieuw materieel te testen bij een snelheid van 160 km/uur. Het is dus geschikt voor incidenteel testgebruik<sup>30</sup> van 160 km/uur, maar niet onder normale dienstregeling. Het verkeer op deze lijn tussen Eindhoven en Venlo geeft geen aanleiding om dit baanvak structureel in te richten voor een snelheid van 160 km/uur.</li> <li>De hogesnelheidssecties van de HSL-Zuid, waar 300 km/uur kan worden gereden.</li> <li>De Hanzelijn (Lelystad – Zwolle) waar 200 km/uur gereden kan worden.</li> </ul> <p>De behoefte om de maximum snelheid van 140 km/uur te verhogen naar 160 km/uur in kader van met name reistijdverkorting kan een interessante optie zijn. Verschillen trajecten zijn bekeken. De zeven onderstaande potentiële trajecten zijn geïdentificeerd als kansrijk. De overige bekeken trajecten zijn vanwege substantiële investeringen in de infrastructuur als niet kansrijk bestempeld.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Weesp – Almere Centrum</li> <li>Almere Centrum – Lelystad Centrum</li> <li>Lelystad Centrum – Zwolle</li> <li>Boxtel – Eindhoven</li> <li>Den Haag – Leiden</li> <li>Leiden – Schiphol</li> <li>Amsterdam Bijlmer – Utrecht</li> </ol> <p>Figuur 1 geeft de bovenstaande locaties waar met beperkte aanpassingen van infrastructuur, energievoorziening en het beveiligingssysteem een maximale snelheid van 160 km/uur mogelijk is. De snelheidsverhogingen lopen niet door tot op de emplacementen van de genoemde plaatsen.</p>

<sup>29</sup> Gebruikmakend van ATB code 147.

<sup>30</sup> Dergelijk testgebruik vindt plaats onder strikte voorwaarden, waarbij de ATB beveiliging die harder rijden dan 140 km/u uitsluit, tijdelijk wordt uitgeschakeld. Dat is onder operationele omstandigheden niet toegestaan.

**Figuur 1: kansrijke trajecten voor maximale snelheid verhoging naar 160 km/uur**

Om inzicht te krijgen in de voorwaarden voor o.a. de technische realisatie is in 2012 een studie uitgevoerd naar twee alternatieven: toepassen van het bestaande ATB-EG-systeem<sup>31</sup>, dan wel ERTMS toepassen [ref. 1 en 2].

Voor het mogelijk maken van snelheden van 160 km/h zijn tevens aanpassingen aan de andere systemen zoals spoor en bovenleiding noodzakelijk; zie hiervoor bovengenoemde studie.

Het verhogen van de maximum snelheid op het HoofdRailNet met uitzonder van de HSL-Zuid en de Hanzelijn naar snelheden hoger dan 160 km/uur, kent de volgende belemmeringen:

- Het huidige Intercitymaterieel kan in het algemeen niet harder rijden dan 160 km/uur kan rijden, deze zijn ontworpen voor maximaal 160 km/uur.
- De infrastructuur is niet geschikt voor snelheden boven de 160 km/uur en alleen met grote wijzigingen geschikt worden gemaakt.
- De dienstregeling is gebaseerd op een mix van intercity's en stoptreinen en de capaciteit neemt af als de snelheden van verschillende treinen uit die mix verder uit elkaar ligt. Bij harder rijden dan 160km/uur wordt dit effect nog groter dan nu al bestaat bij 140 km/uur. De voordelen van harder rijden verminderen dus bij toename van de snelst rijdende trein en kunnen zelfs omslaan in nadelen.

<sup>31</sup> door gebruik te maken van ATB code 147

**Invloed van beveiligingssystemen op het aspect**

Vergelijking van de mogelijkheden inclusief voorwaarden voor snelheidsverhoging voor de verschillende beveiligingssystemen.

	ATB			ETCS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
V ≤ 140 km/h	Mogelijk	nvt	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk
V ≤ 160 km/h	Niet mogelijk;	nvt	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk
V > 160 km/h	Niet mogelijk omdat bij snelheden boven 160 km/h het toepassen van lichtseinen niet meer toegestaan is *				Mogelijk	Mogelijk

\* Met Level 1 voorzien van infill kan op cabinesignaling harder dan 160 km/uur worden gereden. Het toepassen hiervan in Nederland is niet mogelijk omdat dit aanpassing van het seinstelsel (NS'54) vraagt. Dit is op zich mogelijk maar de combinatie van de NS'54 met een aangepast seinstelsel voor ERTMS Level 1 is operationeel absoluut niet wenselijk, omdat de machinisten bij de introductie te maken krijgen met wisselende seinstelsels die te veel op elkaar lijken. Dit kan aanleiding zijn voor het maken van fouten met veiligheidsgevolgen.

**Referenties**

- [1] Brief van de Staatssecretaris van infrastructuur en milieu, m.b.t. Actieplan snelheidsverhoging en beantwoording van de vraag over de ATB-attentieknop, d.d. 13 juli 2013.
- [2] Brief van de Minister van Verkeer en Waterstaat, m.b.t. snelheidsverhoging naar 160 km/u op het bestaande spoorwagennet, d.d. 24 oktober 2008, kamerstuknummer 29984-154

## B.5.a Betrouwbaarheid baangebonden beveiligingsystemen

Relatie met doelen	
Hoofddoel	5: Betrouwbaarheid
Subdoel	Verhoging betrouwbaarheid baangebonden systemen

**Definities**

In het kader van de ERTMS-Railmap wordt de hoofddoelstelling betrouwbaarheid geïnterpreteerd als: **betrouwbaarheid van de reis**<sup>32</sup>.

Omdat er verschillende interpretaties van de term ‘betrouwbaarheid’ worden gebruikt en de relatie tot de RAMS aspecten ‘reliability’(betrouwbaarheid van systemen) en availability (beschikbaarheid van systemen) maar ook de relatie tot ‘be- en bijsturing’ niet duidelijk zijn, geeft deze sectie eerst aan hoe deze aspecten in onderlinge relatie worden geplaatst met betrekking tot de onderdelen van het kennisboek.

**Figuur 1: samenhang tussen betrouwbaarheid van de reis, be/bijsturing en ‘reliability en availability’ van systemen**

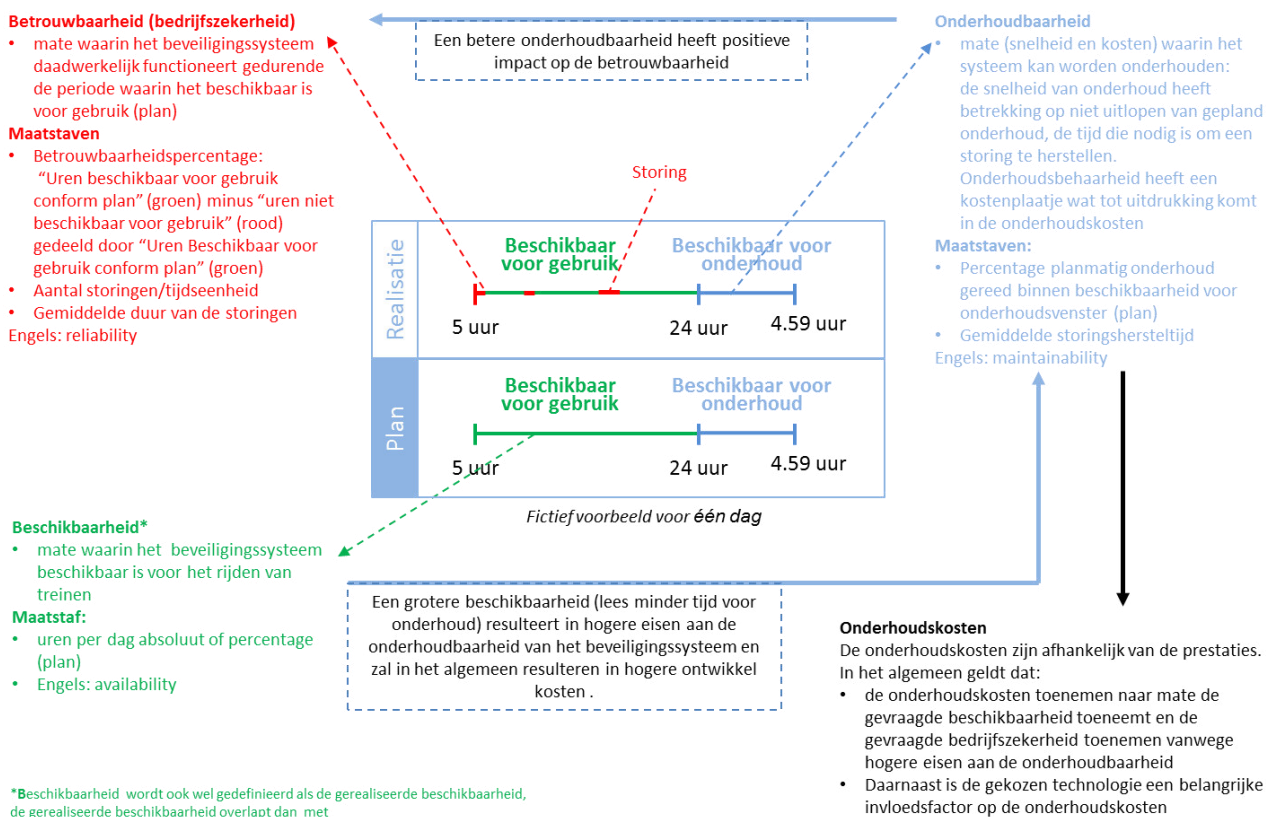
```

    graph TD
      A[Betrouwbare uitvoering van de reis] --> B[Reis verloopt volgens plan= besturing  
(houdt treintje op het lijntje)]
      A --> C[Reis verloopt niet volgens plan  
(overgaan naar een ander plan)]
      B --> D[Oplossing: verbeter be- en bijsturing  
(zie factsheet Be/bijsturing)]
      C --> E[Bijsturing: regel het treinverkeer naar een nieuw plan]
      C --> F[Verlaag de kans op het optreden van verstoringen en verklein de impact van verstoringen]
      E --> D
      F --> G[Verhoog de betrouwbaarheid (Reliability) van de systemen  
(dit factsheet)]
      F --> H[Verkort de functiehersteltijd]
      I[Verbeter de onderhoudbaarheid (Maintainability)  
(zie factsheet onderhoudbaarheid)] --> H
      G --> J[Verhoog de beschikbaarheid (Availability) van systemen]
      H --> J
  
```

<sup>32</sup> Lees’ punctualiteit en uitval van de treindiensten

Figuur 2: gedetailleerder samenhang tussen beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en betrouwbaarheid

## Definities en afhankelijkheden van beschikbaarheid, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid van een beveiligingssysteem



De vier blokken rechtsonder in figuur 1 geven aan dat er een relatie bestaat tussen de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid van de infra, die in figuur 2 nader is toegelicht.

Deze sectie behandelt de betrouwbaarheid van de baangebonden onderdelen van het beveiligingssysteem.

Voor het reduceren van de kans op storingen en de gevolgen ervan, geldt de volgende redenering:

1. De noodzaak tot bijsturing kan worden teruggedrongen als systemen **minder vaak** als gevolg van storingen uitvallen en als de gevolgen van uitval beperkt blijven. Bijsturing is het instrument om in geval van storingen van systemen de consequenties te beperken en terug te kunnen regelen naar de ongestoorde situatie. Het beperken van storingen van systemen kent meerdere oplossingen die met name in de architectuur van de technische systemen moeten worden gezocht. Combinaties van deze oplossingen leiden tot een hogere **systemebetrouwbaarheid (reliability)**:
  - Kies voor eenvoudige concepten, uniformiteit, modulaire opbouw, betrouwbare type systemen, systemen met minder componenten/elementen
  - Kies voor componenten met lage faalkans (FIT-rate = failure in time)
  - Kies voor redundantie waar dat de betrouwbaarheid kosteneffectief verhoogt
2. **Het beperken van de gevolgen** van systeemuitval heeft een directe relatie op de beschikbaarheid (availability).
  - 2.1 Enerzijds gaat het dan om het beperken van de ruimtelijk omvang waarin een storing doorwerkt: is dat een enkele lijn of sectie enz. of een deel van een emplacement of zelfs een heel emplacement.
    - Voorkom 'common mode failures', dat zijn situaties waarbij een enkele storing in een aantal systemen kan doorwerken waardoor het effect ongewenst groot is, bijv door middel van 'segmentering'
    - Voorkomt single point of failures

2.2 Anderzijds gaat het om het beperken in de tijd dat het systeem niet gebruikt kan worden omdat het nog niet is hersteld, dit heeft een relatie met de onderhoudbaarheid van systeem (zie sectie B.5.b Onderhoudbaarheid infrastructuur. Aspecten die daarbij een rol spelen zijn o.a.:

- Toegankelijkheid: staan er veel elementen langs de baan die lange aanrijdtijd vereisen of zijn ze centraal toegankelijk,
- Kennis van wat er defect is en waar zich het betreffende component bevindt: is dat al op het moment van de storing centraal bekend of moet middels een probleemanalyse worden vastgesteld waar de storing optreedt en wat de oorzaak is,
- Tijd nodig om een defect te repareren: kun je er makkelijk bij of niet (vergelijk: auto waarbij je het motorblok moet verwijderen om bij de versnelling te komen), is vervanging eenvoudig of niet, modulariteit van componenten enz.

In deze sectie wordt verder alleen nader ingegaan op het aspect 'systeembetrouwbaarheid' en de elementen van het beveiligingssysteem die daar grote impact op hebben en de vraag of er een relatie is met het te kiezen ERTMS-level.

### Omschrijving van de feiten

#### Systeembetrouwbaarheid

Hieronder worden achtereenvolgens beschreven:

- een potentiële mogelijkheid om de betrouwbaarheid van het beveiligingssysteem te verbeteren
- de systeembetrouwbaarheid van ERTMS (infra plus materieel)
- betrouwbaarheidsaspecten van ETCS Level 1, 2 en 3

#### Systeembijdragen aan infrafalen

In kader van de invoering van ERTMS kan worden vastgesteld dat (ook als de interlocking zal wijzigen), de betrouwbaarheid van wissels en overwegen niet wordt beïnvloed. Bij toepassing van "ERTMS-only" kan overgegaan worden op het gebruik van assentellers in plaats van GRS-spoorstroomlopen.

#### Assentellers zijn betrouwbaarder dan GRS-spoorstroomlopen

De huidige treindetectie door GRS-spoorstroomlopen draagt in belangrijke mate bij aan de totale onbeschikbaarheid. Bij het huidige systeem is het ATB-EG-systeem technisch geïntegreerd met de spoorstroomlopen voor detectie. Bij invoering van "ERTMS-only" komt het ATB-systeem te vervallen, waardoor ook afscheid genomen kan worden van het GRS-spoorstroomlopende systeem. Het maakt daarbij geen verschil of Level 1, 2 of 3 wordt gekozen. Er zijn meerdere opties als alternatief voor GRS-spoorstroomlopen als baangebonden treindetectie.

Op basis van analyse van storingsgegevens over een aantal jaren kan worden vastgesteld dat zowel de faalkans als de functiehersteltijd van assentellers lager zijn dan die van GRS-spoorstroomlopen. Onderstaande tabel vat dat samen.



Tabel 1 Overzicht storingen en functieherstel GRS spoorstroomlopen en Assentellers

		2007	2008	2009	2010	2011	2012	Gem. over 6 jaar	Gem. over 3 jaar
# storing [per jaar, per sectie]	GRS	0,136	0,165	0,174	0,174	0,150	0,141	0,16	0,16
	Assentellers	0,161	0,143	0,069	0,044	0,046	0,030	0,08	0,04
Functiehersteltijd [uur]	GRS	2,79	2,85	3,04	3,34	3,25	2,99	3,0	3,2
	Assentellers	2,14	2,24	2,68	2,24	2,86	1,84	2,3	2,3

Geconcludeerd kan worden dat assentellers als detectiesysteem per sectie gemiddeld over zes jaar, een factor 2 betrouwbaarder zijn (minder vaak falen). Gemiddeld over de laatste drie jaar is de onbetrouwbaarheid een factor lager. De functiehersteltijd voor assentellers is gemiddeld 25% korter dan die van GRS-spoorstroomlopen.

#### Relatie met 'Systeemniveau' en met ETCS-levels

##### Betrouwbaarheid op Systeemintegratie-niveau

De betrouwbaarheid van 'het systeem' is in bovenstaande tekst uitsluitend bekeken voor infrasystemen, omdat die in eerste instantie onder de verantwoordelijkheid van ProRail vallen. Het aspect systeembetrouwbaarheid dient echter op geïntegreerd trein-infraniveau te worden beschouwd. Het invoeren van ERTMS in materieel kan gevolgen hebben voor het betrouwbaarheidsniveau van het materieelsegment. De keuze van het toe te passen ETCS-level is voor het treinsegment niet alleen van belang omdat er dan wel of geen GSM-R-radio voor de ERTMS-data in het materieel aanwezig moet zijn. De level-keuze dient ook met betrekking tot het aspect betrouwbaarheid op systeemniveau te worden geanalyseerd. Indien bijvoorbeeld een trein in Level 3 ten gevolge van een storing spontaan ophoudt met het doorgeven van zijn positie, dan levert dat een groot probleem op voor het RBC aan walzijde. Zo kan een storing in materieel bij toepassing van zuiver Level 3 (dus zonder baangebonden detectie) gevolgen hebben voor treinverkeer in een veel groter gebied dan momenteel het geval is of onder Level 1 en 2. In onderstaande paragraaf wordt apart ingegaan op de verschillen tussen de levels voor wat betreft het walsegment.

##### Betrouwbaarheid van walsegment met betrekking tot ETCS-levels

**Level 1:** naast de huidige systemen in de baan komt er per sein een LEU en switchable balise bij. Detectie vereist componenten in het PVE. Seinen en treindetectie veranderen niet, alleen ATB vervalt waardoor de faalkans nauwelijks afneemt. Level 1 is gebaseerd op een gedecentraliseerde architectuur, waardoor aanrijdtijden even lang blijven als onder ATB-EG en er is geen centrale interlocking is die preventief onderhoud mogelijk maakt.

**Level 2:** seinen en ATB vervallen, waardoor de faalkans afneemt. Treindetectie kan gelijk blijven, ERTMS vereist geen wijziging. Vaste balises komen erbij, maar hebben een lage faalkans. GSM-R wordt toegevoegd, wat de faalkans kan vergroten. Door centrale architectuur kan de functiehersteltijd afnemen en wordt preventief onderhoud mogelijk.

**Level 3** vrijwel identiek aan Level 2 maar nu vervalt ook de treindetectie in de baan .

Voor zowel L1, L2 als L3 geldt dat de faalkans van zowel wissels als overwegen niet wordt beïnvloed door de invoering van ERTMS en die elementen hebben grote invloed op de totale betrouwbaarheid van het infrasysteem. Tevens kan in alle ERTMS-only levels de huidige GRS-spoorstroomlopen worden vervangen door assentellers.

## B.5.b Onderhoudbaarheid baangebonden beveiligingssystemen

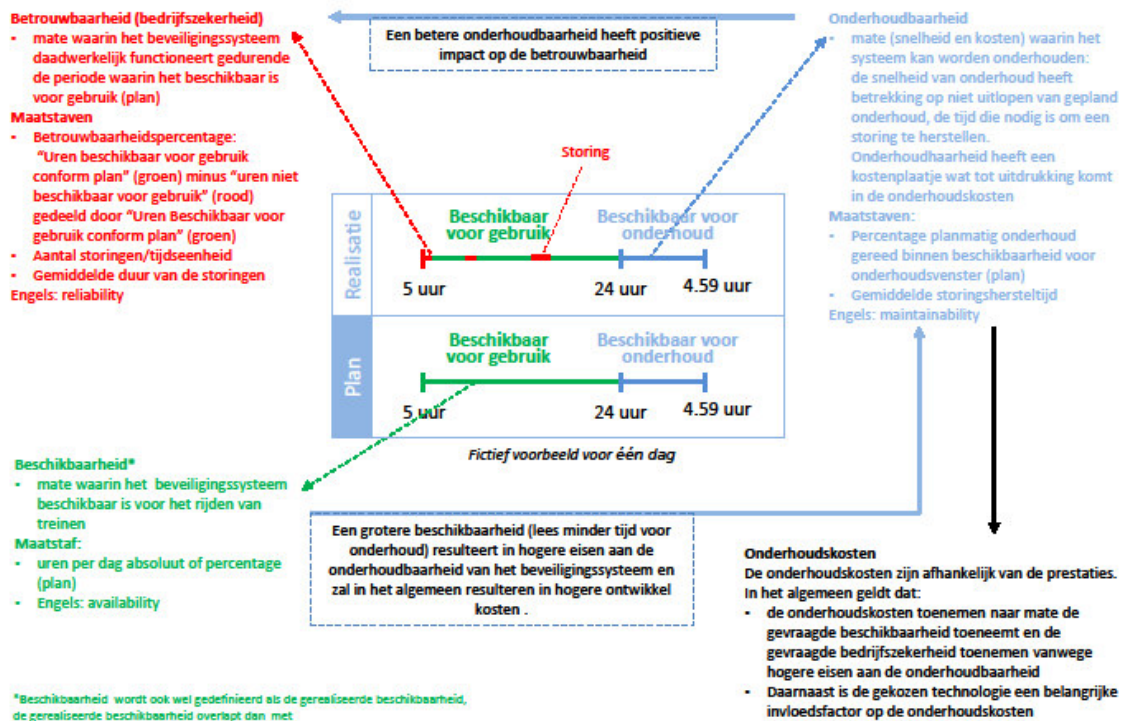
<b>Relatie met doelen</b>	
<b>Hoofddoel</b>	3: Capaciteit 6: Beheersing kosten
<b>Subdoel</b>	Reduceren aantal, duur en omvang van buitendienststellingen Minimaliseren operationele kosten infra

<b>Definities</b>
<p>Onderhoud van de beveiligingssystemen heeft betrekking op het instandhouden van de functies en prestaties van deze systemen. Onderhoud heeft in dit kader geen betrekking op het uitbreiden van de functionaliteit of het verbeteren van de prestaties van de beveiligingssystemen.</p> <p>Life Cycle-management speelt in toenemende mate een rol om kosten beheersbaar te houden. De kosten van beheer werken sterk door in de totale Life Cycle Costs (LCC). Onderhoudbaarheid van systemen wordt steeds belangrijker. De onderhoudbaarheid van opties vormt daarmee een belangrijk criterium in de ERTMS-Railmap.</p>

<b>Omschrijving van de feiten</b>
<p>Factoren die de onderhoudbaarheid beïnvloeden betreffen:</p> <p><b>Aantal buitenelementen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zowel de kans op falen als totale functiehersteltijd zijn direct afhankelijk van het aantal systeemelementen gedistribueerd langs de baan. De functiehersteltijd wordt bepaald door de tijd om: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ een storing te constateren</li> <li>○ de functieherstel-organisatie te mobiliseren</li> <li>○ de oorzaak op te sporen</li> <li>○ de functie te herstellen.</li> </ul> </li> <li>• Waarbij tevens de invloed op andere systemen van belang is. Met name buitenelementen kunnen consequenties hebben op het onderhoud van de andere spoorssystemen. Bijvoorbeeld de aanwezigheid van balises, wat resulteert in extra werk bij het onderhouden en vervangen van de spoorconstructies. Echter het niet meer hebben van spoorstroomlopen bij ETCS-Level 3 en het vervallen van seinen en ATB bij het gebruik van ETCS-Level 2 en 3 resulteert in een vermindering van het onderhouden en vervangen van spoorconstructies</li> </ul> <p><b>Toegankelijkheid</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moeilijk bereikbare elementen (ver van toegangspunten tot de baan) en waar speciale maatregelen nodig zijn (buitendienststellingen voor elementen binnen Profiel van Vrije Ruimte (PVR) hebben negatieve impact op de onderhoudbaarheid.</li> </ul> <p><b>Onderhoudsinformatie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onderhoudbaarheid wordt sterk vergroot indien snel informatie beschikbaar is over de exacte locatie van falende elementen, de oorzaak van het falen en identificatie van de te nemen correctieve maatregelen (bv. vervangen van defecte componenten)</li> <li>• Onderhoudbaarheid wordt ook vergroot indien trendanalyses in prestatiedegradatie mogelijk zijn door automatische monitoring.</li> </ul> <p><b>Onderhoudsexpertise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanwezigheid en beschikbaarheid van kennis en expertise van het beveiligingssysteem. Deze systemen bestaan steeds meer uit ICT systemen en dit vraagt om bijpassende expertise om problemen op te lossen.</li> </ul> <p><b>Diagnose functionaliteit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De aanwezigheid van diagnose functionaliteit in de beveiligingssystemen waarbij de systemen bij disfunctioneren aangeeft waar zicht problemen voordoen (interne dokter).</li> </ul>

Figuur 1: gedetailleerder samenhang tussen beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en betrouwbaarheid

## Definities en afhankelijkheden van beschikbaarheid, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid van een beveiligingssysteem



### Karakteristieken van de onderhoudbaarheid van het ERTMS-subsysteem voor de verschillende systemen:

#### Level 1

- Level 1 is een gedistribueerd systeem met actieve elementen in de infra zowel buiten het PVR (LEU's) als in het PVR (balises). Daardoor is de onderhoudbaarheid gelijk of lager aan die van het huidige ATB-EG systeem. Bij Level 1 blijven seinen<sup>33</sup> en baangebonden detectie gehandhaafd. De onderhoudbaarheid daarvan blijft gelijk.

Een defecte balise kan niet door de ETCS-baanapparatuur worden opgemerkt. Dit betekent dat vrijwel altijd een ERTMS-trein degene is die het defect zal opmerken<sup>34</sup>. Een defecte balise leidt in Level 1 nagenoeg altijd tot een remingreep van de trein. De machinist meldt vervolgens mondeling de storing aan de VL die op zijn beurt de storingsorganisatie activeert. De storingsorganisatie moet op basis van deze mondelinge melding en zijn vakmanschap ter plaatse gaan analyseren wat de oorzaak van de storing is en de storing vervolgens verhelpen. Het is daarbij mogelijk dat de locatie waarop de machinist de storing heeft opgemerkt, niet noodzakelijkerwijs ook de locatie is waar het gestoorde onderdeel zich bevindt.

#### Level 2

- Bij Level 2 komen de seinen te vervallen. Tevens zijn de balises niet meer 'switchable' (vereisen geen kabels). Baangebonden detectie blijft gehandhaafd, zowel spoorstroomlopen als assentellers kunnen worden toegepast. In Level 2 zal een defecte balise in de meeste gevallen niet leiden tot een remingreep (de balise geeft namelijk geen Movement Authority informatie door aan de trein). Informatie over defecte balises kan, voor de defecte balises waarvan de trein dit doorgeeft, vrijwel onmiddellijk beschikbaar komen op de onderhoudsterminal

<sup>33</sup> Indien ervoor gekozen wordt de bestaande seinen te handhaven

<sup>34</sup> Er is namelijk geen periodieke handmatige controle van balises voorzien omdat de periodiciteit daarvan vele malen lager is dan de frequentie waarmee de balise door een trein wordt gepasseerd en a.h.w. daardoor wordt "gecontroleerd"

van het RBC, en kan daarom eenvoudig toegankelijk worden gemaakt aan een centrale meldorganisatie, b.v. OBI<sup>35</sup> die de storingsorganisatie met gerichte informatie op pad kan sturen. Het zoeken naar de oorzaak hoeft daarom relatief weinig tijd te kosten. Storingen in het RBC worden op de onderhoudsterminal van het RBC gemeld waarbij het onderdeel wordt aangeduid dat de storing heeft veroorzaakt en mogelijk moet worden vervangen. Omdat het RBC in zichzelf redundant is zal een enkele storing niet leiden tot het uitvallen van een RBC. Alleen als tijdens het herstel van een gestoorde RBC een tweede RBC storing optreedt, dan kan dat tot uitval leiden van een relatief groot aantal treinen omdat dan ook de redundante RBC niet beschikbaar is. De kans dat een dergelijke situatie optreedt, is zeer klein en de gevolgen blijven beperkt omdat de tijd om de eerste RBC te herstellen relatief kort kan zijn.

Omdat gedetailleerde informatie beschikbaar is over de aard en locatie van het defect, kan reparatie van het defect beperkt blijven tot het verwisselen van het defecte onderdeel onder regie van de onderhoudsmedewerker. De kans op menselijke fouten neemt daarmee af en de hersteltijd wordt korter. Verder kan deze kwalitatief hoge systeeminformatie door de systeemmanager worden gebruikt in performance analyses die kunnen leiden tot verdere verbetering van het systeem.

- Alle huidige Level 2 implementaties zijn gecombineerd met elektronische interlocking die, zoals bij het RBC, voorzien is van een onderhoudsterminal.
- Level 2 biedt daarom kansen om middels beter onderhoud de beschikbaarheid op een hoger niveau te brengen, waarbij de rol van de storingsorganisatie kan afnemen en er minder specialistisch vakmanschap bij de storingsorganisatie vereist is.

Onderhoud van de GSM-R radiocommunicatie verbinding tussen het RBC en de EVC's is een belangrijk en nieuw aspect bij ERTMS Level 2 en 3. Omdat het een andere soort onderhoud betreft dan dat van de huidige systemen. Dit type onderhoud vraagt meer inzet van de systeembeheerders dan van de onderhoudsmonteurs.

### Level 3

- Level 3 biedt naast de eigenschappen m.b.t. onderhoudbaarheid van Level 2 het voordeel dat de baangebonden treindetectie grotendeels komt te vervallen en onderhoud daaraan dus ook.

### Algemeen

Met de introductie van ERTMS (ongeacht het ETCS-Level) komt er een generatie systemen bij die zijn gebaseerd op ICT technologie. Deze technologie heeft als kenmerk dat het relatief snel evolueert: al na enkele jaren zullen er nieuwe uitvoeringsvormen zijn, o.a. omdat de basiscomponenten niet meer leverbaar zijn. Daar dient bij het inrichten van de onderhoudsprocessen rekening mee te worden gehouden.

<sup>35</sup> OBI = landelijk Operationeel Besturingscentrum Infra

## C.1 Ombouwmogelijkheden NS materieel

### Omschrijving van het issue

#### Beschrijving huidige situatie

Van het totale materieelpark dat actief is op het Nederlandse spoorwagennet, is een deel uitgerust met ECTS:

1. Van het reizigersmaterieel is het materieel dat wordt ingezet op de HSL-Zuid voorzien van en toegelaten voor ERTMS. Het gaat om de Thalys-treinstellen en TRAXX-locomotieven. Dit materieel is enkel toegelaten op de HSL-Zuid en niet op andere Nederlandse ERTMS-baanvakken (Asd – Ut, Hanzelijn);
2. Het ICE-materieel op de verbinding Amsterdam – Frankfurt – waarvan 3 treinstellen in eigendom van NS – wordt momenteel omgebouwd naar ERTMS;
3. In het kader van de pilot Amsterdam – Utrecht worden 10 treinstellen van het type SLT omgebouwd en voorzien van ERTMS. Dat levert informatie over verschillende facetten van de inbouw van ERTMS in dit specifieke materieel;
4. Het overige materieel van reizigersvervoerders in Nederland is niet voorzien van ERTMS en is uitgerust met ATB. Van dat materieelpark is alleen SLT voorzien van een zogenaamde ATB STM van de firma Bombardier, een systeem dat kan worden opgewaardeerd naar een geïntegreerde ATB en ERTMS. Het gaat hier om een ‘black box’-systeem;
5. Al het overige materieel is voorzien van ATB-systemen van de firma Alstom. Alstom heeft een softwarematige koppeling tussen hun EVC aan ATBL NL gerealiseerd. Daardoor zijn treinen die met deze oplossing zijn uitgerust in staat om zowel over ATB EG en ATB NG te rijden. Deze systemen kunnen met behulp van een zogenaamde ‘switchbox’ gekoppeld worden aan ERTMS-apparatuur van Alstom. Zowel de ATB-systemen als de switchbox zijn black box-systemen;
6. Een deel van het treinmaterieel is uitgerust met een ATB van het type ‘fase 3’. Deze systemen zijn technisch zodanig verouderd dat ze niet aan ERTMS-systemen kunnen worden gekoppeld zonder zeer hoge kosten en ernstige veiligheids-, betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsrisico's. De fase 3-systemen moeten worden vervangen bij migratie van het betreffende materieel naar ERTMS.

Onderstaand is een overzicht van het materieelpark van NS dat in Nederland actief is en de beveiligingssystemen waarvan zij op het Nederlandse spoorwagennet gebruik kunnen maken (stand van zaken mei 2013). Ad “einde leven” geldt bij alle treintypes dat de levensduur kan worden verlengd indien dat nodig is in verband met de materieelbehoefte van NSR.

Tabel 1 Status overzicht ECTS NS materieel

Serie	Aantal	Type ATB	ECTS	Midlife update	Opmerkingen
Mat 64	~50	Fase 3	Nee	-	
Mat 64		Fase 4	Nee	-	
VIRM 1	162	Fase 4	Nee	Vanaf 2016	
VIRM 2/3	88	Fase 4	Nee	Afh. van VIRM 1	
VIRM 4	102	Fase 4	Nee	Na 2025	
ICM-1	40	Fase 3	Nee	-	
ICM-2	47	Fase 3	Nee	-	
ICM-3	30	Fase 3	Nee	-	
ICM-4	20	Fase 3	Nee	-	
SGM II	30	Fase 3	Nee	-	
SGM III	60	Fase 3	Nee	-	
DDZ	50	Fase 4	Nee	-	
DM 90	53	ATBNG	Nee	-	Zal eerder uit dienst worden genomen
E 1800	34	Fase 3	Nee	-	Uit dienst genomen, in de verkoop
E 1700	81	Fase 4	Nee	-	
ICR stuur	22	Fase 4	Nee	?	Mogelijk verlenging levensduur voor HSL
Thalys PBKA	34	ATB L	Ja	?	
Thalys PBA	18	Fase 4	Ja	?	
ICE 3	26	ATB L	Gedeelteli	?	ECTS inbouw in uitvoering

			jk		
SLT	131	ATB-V	Nee	2016 – 2018	Voor pilot 10 treinen voorzien van ETCS
Coradia Lint	24	ATB L-NL	Nee	?	Syntus (eigendom NSFSC)

### Inbouw

Voor alle ombouw van treinmaterieel geldt dat een vast stramien wordt gehanteerd waarbij een eerste trein wordt omgebouwd die dan als testomgeving wordt gebruikt. Nadat de systemen zijn getest en beproefd op deugdelijkheid (typisch in een pre try out, gevolgd door een try out), volgt serieproductie. Wanneer wijzigingen worden doorgevoerd waarbij veiligheidskritische systemen zijn gemoeid, wordt de eerste trein meteen ook gebruikt voor het toelatingstraject. Pas nadat de toelatingsprocedure voor de eerste trein is afgerond, volgt serieproductie. Voor ERTMS geldt dat de integratie tussen systeem en trein per treintype verschilt; alle treintypen maken gebruik van verschillende systemen of systemen die anders zijn gearrangeerd. Per treintype is dus een apart toelatingstraject noodzakelijk. De doorlooptijden die zijn gemoeid bij het afleveren van een gereede en toegelaten prototype, verschillen daarom aanzienlijk van die van de serieproducten.

Voor serieproductie geldt dat er een leercurve-effect is: is het personeel eenmaal ingewerkt, dan verloopt de productie gestroomlijnder. Dat betekent dat de ombouw van één treinstel van een bepaald type en samenstelling allengs sneller gaat.

### Materieeltoelating

Duur en complexiteit van het traject voor materieeltoelating wordt beïnvloed door de vereiste procedurele afwikkelingstermijnen maar met name door de noodzaak tot het uitvoeren van baan trein-integratietesten in een real time-omgeving. Hierdoor wordt beslag gelegd op materieel, personeel en baanvakcapaciteit. De ervaringen op de HSL-Zuid, Betuweroute, Amsterdam – Utrecht en de Hanzelijn hebben aangetoond dat deze manier van testen zeer tijdrovend en kostbaar is. De doorlooptijden en kosten kunnen aanzienlijk worden beperkt, indien de testen in laboratoria kunnen worden uitgevoerd. Dergelijke laboratoria zijn nog niet voorhanden.

### Ervaringen en ontwikkelingen om ons heen

In Nederland is ervaring opgedaan met het inbouwen van ERTMS systemen in bestaand materieel in de navolgende projecten:

1. Thalys (ten behoeve van inzet op HSL-Zuid in Nederland en België. Betrokken zijn NS Hispeed, Lloyds en leverancier).
2. TRAXX (ten behoeve van inzet op Betuweroute en HSL-Zuid. Betrokken zijn Bombardier, Lloyds en betrokkenheid leasebedrijven).
3. ICE-3 (ten behoeve van inzet op Amsterdam – Frankfurt. Betrokken is NS Hispeed).
4. SLT (ten behoeve van pilot Amsterdam – Utrecht. Uitvoering door Bombardier met betrokkenheid van NSR en Lloyd's).
5. Goederenlocomotieven (ten behoeve van inzet op Betuweroute).

In het kader van de inventarisatie van de ervaringen opgedaan met goederenmaterieel, kan informatie worden gevraagd bij leasebedrijven en materieeleigenaren. Voorts is er in Nederland ervaring opgedaan met de toelating en indienststelling van treinmaterieel door vele partijen, waaronder ingenieursbureaus.

In het buitenland is eveneens veel ervaring met de ombouw van materieel, met name in Zwitserland, Italië, Spanje, Oostenrijk, Duitsland, Frankrijk, België, Tsjechië, het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Denemarken.

### Gevolgen inbouw ERTMS voor materieelbeschikbaarheid:

Om bestaand materieel te voorzien van ERTMS, dient het materieel tijdelijk te worden onttrokken aan de reizigersdienst. Daarin zijn meerdere opties van inbouwmomenten mogelijk. Er zijn twee mogelijke opties:

1. Zo snel mogelijk ombouwen.  
Dat betekent dat het bestaande materieel extra onttrokken wordt aan (niet beschikbaar is voor) de treindienst vanwege inbouw ERTMS. Dat betekent dat er ander materieel beschikbaar moet zijn om het om te bouwen materieel te vervangen.
2. Tijdens "natuurlijke momenten" ombouwen.  
Daarmee wordt bedoeld dat de inbouw ERTMS wordt uitgevoerd tijdens groot onderhoud/revisie, zodat 'ong geplande' onttrekking van het materieel aan de treindienst wordt beperkt. Met "natuurlijke momenten" is ook bedoeld dat rekening gehouden wordt met de geplande uit- en instroom van bestaand/nieuw materieel.

Voor beide opties geldt, dat het hier gaat om inbouw van ERTMS met handhaving van de ATB.

**Optie 1: zo snel mogelijke inbouw**

Om deze optie

- in de tijd te kunnen zetten;
- een inschatting te kunnen maken hoe lang dit gaat duren;
- en hoeveel materieel extra nodig is om de onttrekking mogelijk te maken

moeten een aantal uitgangspunten worden vastgesteld.

Deze uitgangspunten zijn:

1. Het generieke uitgangspunt: de klant van NS mag niets van het ombouwproces bij NSR merken. De definitie van "niets" moet helder zijn.
2. De behoefte en beschikbaarheid van materieel voor de treindienst voor de periode waarin de ombouw wordt uitgevoerd.
3. Het jaar (maand) waarin met de inbouw kan worden begonnen.  
Dit hangt af van wanneer er een geschikt ERTMS-systeem beschikbaar is voor inbouw.
4. De snelheid waarmee geschikte ERTMS-treinsystemen beschikbaar komen voor inbouw.
5. De duur van de inbouw, inclusief toelating, testen en de procestijd van het in- en uit de dienst nemen van het materieel uit de treindienst.
6. De capaciteit van de werkplaats(en), inclusief de mate van beschikbaarheid voldoende deskundig personeel: hoeveel materieel kan er tegelijkertijd omgebouwd kan worden.
7. De hoeveelheid materieel die moet worden omgebouwd, per materieelsoort en hoeveel materieelsoorten.
8. De beschikbaarheid van materieel dat het voor ERTMS onttrokken materieel kan vervangen. Daarin onderscheiden we:
  - bestaand materieel.
  - nieuw materieel.
  - gehuurd/geleased materieel.
9. Vanuit een omgedraaide benadering: het moment wanneer de inbouw gereed zou moeten zijn. Dit houden we hier buiten beschouwing, ervan uitgaande dat de gemaakte keuzes o.b.v. de overige uitgangspunten een maximale inspanning wordt geleverd.

## C.2 Beveiligingstransities

### 1. Inleiding en afbakening

Transities in treinbeveiliging zijn gebieden in de spoorweginfrastructuur waarbij verschillende treinbeïnvloedingssystemen aan elkaar grenzen en treinen een overgang moeten maken tussen twee treinbeïnvloedingssystemen. De processen en functies die noodzakelijk zijn om een dergelijke transitie mogelijk te maken, zijn onderdeel van een transitie.

Transities hebben tot doel om het onboard treinbeïnvloedingssysteem tijdens de rit op de grens van twee gebieden om te laten schakelen van het ene systeem naar het andere systeem.

Conform de Europese ERTMS specificaties, is het ERTMS onboard systeem in de trein de “regisseur” tijdens een transitie. Dit betekent dat het ERTMS onboard systeem op basis van ERTMS berichten uit de infra de “schakeling” verzorgt:

- van het nationale treinbeïnvloedingssysteem (b.v. ATB EG) naar ERTMS,
- van ERTMS naar het nationale treinbeïnvloedingssysteem,
- tussen verschillende ERTMS levels.

In de onderstaande tabel staat het volledig overzicht van de beveiligingstransities die bij de invoering van ERTMS in Nederland kunnen voorkomen. Transities met beveiligingssystemen in Duitsland en België zijn op hoofdlijnen beschreven in sectie B.2.b Grensbaanvakken.

**Tabel 1 overzicht van beveiligingstransities in Nederland**

Transities tussen (in beide richtingen)		Toelichting
ATB-EG	ERTMS L1	
ATB-NG	ERTMS L1	
ATB-EG	ERTMS L2	
ATB-NG	ERTMS L2	
ERTMS L1	ERTMS L2	
ERTMS L2	ERTMS L2	NB: deze variant wordt ook wel een RBC-RBC overgang genoemd. Het verschil met de andere varianten is dat de machinist bij L2/L2 overgangen niet in een andere operationele omgeving komt en bij de andere varianten wel.

#### Afbakening

- Deze sectie heeft betrekking op ERTMS en beperkt zich daarom tot transities van en naar ERTMS-systemen in Nederland.
- Transities hebben met name impact bij ERTMS Level 2 omdat er dan sprake is van GSM-R-radioverbindingen tussen het ERTMS-walsysteem en het ERTMS-onboardsysteem. Deze kennisheet beperkt zich daarom tot transities van en naar ERTMS Level 2.
- Transities tussen ATB-NG en ERTMS vormen een speciaal aandachtspunt omdat er geen STM-ATB-NG beschikbaar is. Hoe dit gedurende de migratie periode moet worden opgelost is nog onderwerp van nader onderzoek en is geen onderwerp van deze kennisheet. Een oplossing moet vastgesteld zijn voordat ombouw van ATB-NG materieel naar ERTMS plaatsvindt.

Deze kennisheet beschrijft daarom de volgende beveiligingstransities:

- van ATB EG-gebied naar ERTMS Level 2-gebied
- van ERTMS Level 2-gebied naar ATB EG-gebied
- van ERTMS Level 2 naar ERTMS Level 2 (RBC-RBC overgang)

Een transitie bestaat uit een aantal basisstappen:

- A. Voorbereiding: het huidige beïnvloedingssysteem is nog actief, het aankomende beïnvloedingssysteem wordt gereed gemaakt om actief te worden
- B. Werkelijke transitie op de transitielocatie (het transitiepunt): actief maken van het aankomende beïnvloedingssysteem en inactief maken van het huidige beïnvloedingssysteem
- C. Maatregelen bij een gefaalde transitie ter voorkoming dat een trein na een mislukte transitie in een onveilige situatie terecht zou komen.



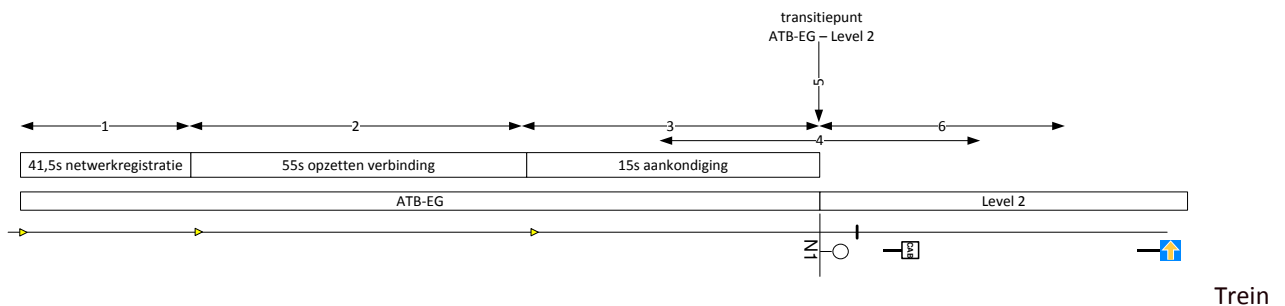
De uitwerking van bovenstaande stappen verschilt per richting (ERTMS -> ATB EG of ATB EG-> ERTMS). De verschillende mogelijkheden zijn beschreven in de volgende hoofdstukken. Voor de leesbaarheid worden onderstaande verkortingen gebruikt:

- ATB EG voor ERTMS Level STM met ATB EG actief
- Level 2 voor ERTMS Level 2

## 2. Transitie ATB EG naar Level 2

### 2.1 Verloop transitie

Figuur 1 transitie verloop van ATB EG naar ERTMS Level 2



rijdt onder ATB EG en voert in de transitie naar Level 2 de volgende stappen uit:

- Vorbereiding**
  - Aanmelden bij het Nederlandse GSM-R-netwerk**  
Een balise geeft (bij passage) de onboard (EVC) van de trein opdracht om de radiomodems aan te melden op het Nederlandse GSM-R-netwerk. Deze stap is bedoeld voor materieel waarvan het radiomodem nog niet in het Nederlandse GSM-R-netwerk is aangemeld (bv. na het "koud verslepen" van het materieel van het buitenland naar Nederland) en wordt praktisch achterwege gelaten als dat wel het geval is.
  - Verbinding opzetten met het RBC**  
Een balise geeft (bij passage) de onboard (EVC) van de trein opdracht om een radioverbinding op te bouwen met het RBC.
  - Aankondiging**  
Nadat een rijweg over het transitiepunt is ingesteld, ontvangt de onboard (EVC) van het RBC via GSM-R informatie over de transitie. Hierna wordt op de cabinesignalering (DMI) de transitie aangekondigd en maakt de onboard zich technisch gereed voor de transitie.
  - Bevestiging**  
De machinist krijgt kort voor de transitie het verzoek via de cabinedisplay om de aanstaande transitie te bevestigen. Indien de machinist de transitie niet bevestigt, dan wordt de trein na de transitie automatisch tot stilstand gebracht. Indien de machinist daarna de transitie alsnog bevestigt, dan kan er onder ERTMS verder worden gereden.
- Werkelijke transitie**
  - Transitie ATB EG-Level 2**  
Ter hoogte van het aangekondigde locatie (transitiepunt) vindt de werkelijke transitie plaats. Hierbij wordt Level 2 actief en neemt de snelheidsbewaking van de trein het over van het ATB EG-systeem. ATB EG wordt vervolgens automatisch uitgezet.
- Maatregelen bij gefaalde transitie**
  - Wegval ATB EG-code**  
Door wegval van ATB EG-code na het transitiepunt, krijgt een trein die de transitie niet heeft kunnen uitvoeren (bijvoorbeeld treinen zonder ERTMS) een remopdracht. De locatie van de transitie wordt in het ontwerp zo gekozen dat een trein daar veilig tot stilstand kan komen.

## 2.2 Afstanden transitiegebied

Om een geslaagde transitie te maken hebben de systemen (onboard en wal) voor elke stap een bepaalde, minimale tijd nodig om hun processtappen te kunnen doorlopen. Deze minimale tijden zijn vastgelegd in de Europese ERTMS specificaties.

Dit heeft tot gevolg dat de locatie waar het transitie proces moet beginnen afhankelijk zal zijn van de baanvaksnelheid. De afstand waarover een transitie plaatsvindt wordt bepaald door de afgelegde weg tussen het moment van aanmelden bij het Nederlandse GSM-R-netwerk (stap 1) en transitiepunt (stap 5). De benodigde tijd voor deze stappen is minimaal 112 seconden. Bij een baanvaksnelheid van 140 resp. 160 km/h betekent dat een afstand van 4,3 km, respectievelijk 5,0 km.

Indien zich vlak achter het transitiepunt een snelheidsverlaging bevindt, moet daar met de projectering van de transitie rekening worden gehouden, zodat de trein na het transitiepunt niet direct in een remcurve terecht komt waar de machinist niet meer aan kan voldoen en er een remingreep volgt.

## 2.3 Maatregelen bij het falen van een transitie

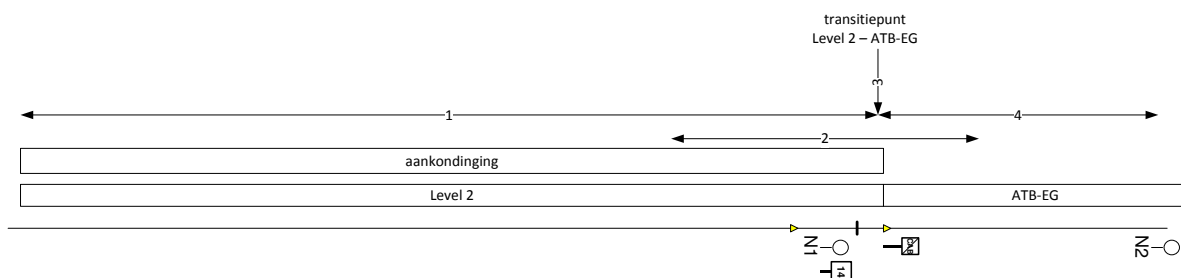
Faalmodes voorafgaand aan de transitie worden door ATB EG afgehandeld: indien in het ERTMS gebied de ATB-code wegvalt, dan zal het ATB EG-systeem aan boord van de trein, dat nog actief is, daar op normale wijze op reageren. Falen van een transitie kan het gevolg zijn van een verstoorde radioverbinding.

Faalmodes binnen Level 2-gebied vanaf het transitiepunt worden door ERTMS veilig afgehandeld.

## 3. Transitie Level 2 naar ATB EG

### 3.1 Verloop transitie

Figuur 2 transitie verloop van ERTMS Level 2 naar ATB EG naar ATB EG



De trein rijdt onder Level 2 en maakt met de volgende stappen de transitie naar ATB EG:

#### A. Voorbereiding

##### 1. Aankondiging

Nadat een rijweg over het transitiepunt is ingesteld, ontvangt de onboard (EVC) van het walsysteem informatie over de transitie. Hierna wordt op de cabinesignalering (DMI) de transitie aangekondigd en maakt de onboard zich technisch gereed voor de transitie. Hierbij wordt het ATB EG in een toestand gebracht waarin ATB EG-code al voorafgaand aan de transitie door de trein gelezen kan worden.

##### 2. Bevestiging

De machinist krijgt kort voor de transitie via de cabinesignalering een verzoek om de aanstaande transitie te bevestigen. Het wel of niet bevestigen heeft geen invloed op de al dan niet plaatsvinden van de transitie. Indien de machinist niet bevestigt, dan wordt de trein na de transitie automatisch tot stilstand gebracht. Indien de machinist daarna de transitie alsnog bevestigt, dan kan verder worden gereden onder ATB EG.

#### B. Werkelijke transitie

##### 3. Transitie Level 2-ATB EG

Ter hoogte van het aangekondigde locatie (transitiepunt) vindt de werkelijk transitie plaats. Vanaf dat moment wordt de snelheidsbewaking uitgevoerd door ATB EG en blijft het ERTMS systeem op de achtergrond actief (zonder dat het snelheidsbewakingsfuncties uitvoert). Vanaf het moment van de transitie moet de machinist weer volledig op buitenseinen rijden. Daarom staat er ter hoogte van het transitiepunt een lichtsein

dat machinist de “eerste” opdracht/toestemming geeft.

C. Maatregelen bij gefaalde transitie

#### 4. Faalgedrag onboard

De ERTMS onboard bewaakt het verloop van de transitie. Indien de transitie faalt, wordt de trein door de onboard (EVC) stilgezet.

### 3.2 Afstanden transitiegebied

Om een geslaagde transitie te maken hebben de systemen (onboard en wal) voor elke stap een bepaalde tijd nodig. Deze tijden zijn vastgelegd in de Europese ERTMS specificaties en ATB EG systeemgedrag.

Dit heeft tot gevolg dat afhankelijk van de baanvaknelheid, de stappen van een transitie op bepaalde locaties moeten beginnen. Uitgaande van de gespecificeerde tijden, kunnen binnen het Level 2 gebied per baanvaknelheid de transitieafstanden worden bepaald. De transitieafstand ligt tussen locatie van aankondiging van de transitie ( stap 1) en het transitiepunt (stap 3).

Baanvaknelheid [Km/u]	Totale afstand [Km]	Totale tijd [sec]
140	2,4	110
160	2,5	113

Teneinde de trein na een mislukte transitie veilig tot stilstand te kunnen brengen, moet er achter de transitielocatie voldoende remweg beschikbaar zijn:

Passeer snelheid transitiesein [Km/u]	Minimale bloklengthe ERTMS [Km]	Minimale bloklengthe ATB EG [Km]
140	1,45	1,35
160	1,48	1,37

### 3.3 Maatregelen bij het falen van de transitie

Faalmodes binnen een Level 2 gebied, tot aan het transitiepunt worden door ERTMS afgehandeld. Dit is inclusief de mogelijkheid dat de transitie zelf faalt. Faalmodes na de transitie worden door ATB EG afgehandeld.

## 4. Transitie ERTMS L2 naar ERTMS L2 (RBC-RBC overgang)

Specifiek voor ERTMS L2 is de overgang tussen twee verschillende ERTMS L2 systemen van belang. Het gaat daarbij om de overdracht van de besturing vanuit verschillende Radio Block centers (RBC) aan walzijde. Daarbij spelen twee issues:

1. de overgang (handover) van de ERTMS L2 trein van het ene naar het andere RBC; en
2. de informatie uitwisseling tussen de twee aangrenzende RBC's teneinde de handover van de trein zonder hinder te laten verlopen.

ad 1)

Het doel van een RBC-RBC overgang is dat de trein bij een grens tussen twee RBC's zich aanmeldt bij het nieuwe RBC en afscheid neemt van het “oude” RBC. Het gaat dus in principe over het opzetten van het radio-contact met het nieuwe RBC. Daarbij wordt ook een aantal technische checks uitgevoerd, o.a. of het RBC en de onboard samen kunnen werken (compatibiliteit van versies etc.). Nadat is vastgesteld dat de nieuwe verbinding tot stand is gekomen wordt de verbinding met het “oude” RBC verbroken. Dit is sinds jaar en dag een “verplicht onderdeel” in de Europese ERTMS specificaties.

ad 2)

Aan de baanzijde moeten de twee aangrenzende RBC's ook gegevens uitwisselen over de betreffende trein. Dit betreft informatie over rijwegen en Movement Authorities (MA) omdat het “oude” RBC aan de trein een MA moet kunnen geven tot in het gebied van het “nieuwe” RBC. Hoe de RBC's deze info uitwisselen, was tot voor kort nog niet Europees gestandaardiseerd. Er zijn in de praktijk dan ook verschillende oplossingen gerealiseerd door verschillende leveranciers. Die heeft geleid tot de nodige “moeilijkheden” indien twee leveranciers aan elkaar worden werden gekoppeld waarvoor de RBC-RBC handover niet goed was gespecificeerd en geïmplementeerd. Zo is er in Italië een “koppeling” tussen twee RBC's van verschillende leveranciers gemaakt die via de interlocking interface loopt (de RBC's

zijn daar dus niet direct aan elkaar gekoppeld).

Sinds kort bestaat er een Europees geharmoniseerde RBC-RBC specificatie die in de eerstkomende TSI CCS update (medio 2014) van kracht wordt. Deze interface moet in het vervolg verplicht worden toegepast zodat ook de RBC-RBC koppeling tussen twee leveranciers eenvoudiger wordt.

## 5. Relatie infra-elementen

Voor transitielocaties dient rekening gehouden te worden met

- Eenduidige naderingsroute t.b.v. lokalisatie trein
- Balise plaatsing
- Seinplaatsing
- GSM-R dekking
- Spanningssluizen

Dit levert beperkingen op voor het transitiegebied in relatie met de volgende infraelementen

- **Seinen**
  - Bij het transitiepunt moet een sein staan.
- **Wissels**
  - ten behoeve van de transitie, moeten op specifieke plaatsen balises worden geïnstalleerd. In wissels is dat veelal niet mogelijk.
  - binnen het aankondigingsgebied (ATB EG naar Level 2) vanaf stap 3, zijn wissels ongewenst omdat de gehele route naar het transitiepunt bij het RBC bekend en ingesteld moet zijn bij het geven van de aankondiging van de transitie.
  - Indien er vlak na het transitiepunt (ATB EG naar Level 2) wissels liggen waarbij ook naar niet ERTMS gebied gereden kan worden, zijn er maatregelen nodig die voorkomen dat een aangekondigde transitie naar ERTMS direct weer “ongedaan” gemaakt moet worden als de trein direct na de transitie het ERTMS gebied weer zou verlaten.
  - Voor transitie ERTMS-ATB EG zijn er geen specifieke eisen.
- **Bruggen/tunnels**
  - Ten behoeve van de transitie, moeten op specifieke plaatsen balises worden geïnstalleerd. Op bruggen is dat niet altijd mogelijk.
  - Afhankelijkheid (koppeling) tussen de transitie en de Tunnel Technische Installatie dient per geval bekeken te worden.
- **Tractie overgangsgebieden (bijvoorbeeld 3kV tractie)**
  - Het “combineren” van een transitie en een spanningsluis blijken voor de machinist moeilijk uitvoerbaar omdat hij meerdere handelingen door elkaar moet combineren. Daarom moet worden voorkomen dat handelingen van de machinist voor beveiligingstransitie en spanningstransitie elkaar overlappen.
  - Beperkingen van seinplaatsing rondom een spanningsluis leidt tot extra restricties.
  - Het gebied van een spanningsluis (incl. aankondiging) moet zijn uitgerust met één soort treinbeïnvloedingssysteem (ATB of ERTMS). Bij voorkeur met ERTMS, zodat de machinist door ERTMS wordt ondersteund bij het passeren van de spanningsluis. Omdat ATB niet kan worden toegepast onder een 25kV bovenleiding dient een spanningsluis van en naar 25 kV geheel in het ERTMS gebied te liggen.
- **Railinzetplaatsen en andere fysieke beperkingen voor plaatsing balises**
  - ten behoeve van de transitie, moeten op specifieke plaatsen balises worden geïnstalleerd. Bij Railinzetplaatsen is dat veelal niet mogelijk.
- **Werkzones**
  - Er zijn geen specifieke eisen
- **GSM-R dekking**
  - Voor de transitie ATB EG-ERTMS dient vanaf het begin van de transitie (netwerkregistratie) voldoende GSM-R dekking en capaciteit aanwezig zijn.

## 6. Overige specifieke aspecten bij transities

### 6.1 Ontwerp/engineering fases

In de ontwerp en engineering fases moet rekening gehouden te worden met:

- plaatsing van balises (fysieke plaatsing, Big Metal Mass)
- plaatsing van seinen
- plaatsing van wissels
- benodigde baaninformatie (snelheids- en helling profiel, routes) voor transitie naar ERTMS en na transitie naar ATB EG die buiten het ERTMS gebied ligt. Voor een baanvaknelheid van 140 of 160 km/h, geldt:
  - o voorafgaand aan transitiepunt van ATB EG-> ERTMS: informatie over 750 meter van de infra nodig
  - o na het transitiepunt van ERTMS->ATB EG: informatie over 2300 meter van de infra nodig.

### 6.2 Emplacementen en transities.

Om robuuste en probleemloze transities te kunnen bouwen is het van belang om de transitie locaties zorgvuldig te kiezen.

Hiervoor is al aangegeven dat in het gebied tussen de aankondiging en de transitie bij voorkeur geen wissels mogen liggen. Dit kan worden gerealiseerd door transities zoveel mogelijk op de vrije baan te projecteren.

Aandachtspunten zijn:

- Tijdens de langdurige migratie periode van ATB naar ERTMS in Nederland zal het niet in alle faseringen mogelijk zijn om transities bij wissels te vermijden. Dit zal met name het geval zijn bij (grote) knooppunten en emplacementen waar verschillende corridors bijeen komen en/of elkaar kruisen.
- Vanwege de ontbrekende ruimte voor aankondigingen zal het niet altijd mogelijk zijn om transities te laten plaatsvinden bij de overgang tussen parallel lopende sporen waar het ene spoor is uitgerust met ERTMS en het andere met ATB (overloop wissels). Echter, bij grote emplacementen is een gefaseerde ombouw noodzakelijk omdat anders onacceptabele hinder voor het treinverkeer ontstaat. Hierdoor kunnen treinbewegingen tussen ERTMS en gebied dat nog niet onder ERTMS is gebracht tijdelijk onmogelijk zijn als gevolg van de ontbrekende ruimte voor de aankondigingen. Dit kan worden voorkomen door emplacementen gefaseerd om te bouwen en het ERTMS systeem pas in bedrijf te nemen zodra het gehele emplacement tot aan de transities op de aangrenzende corridors onder ERTMS is gebracht.
- Knooppunten en emplacementen moeten om deze reden altijd onderdeel vormen van één samenhangend ERTMS (RBC) gebied.

### 6.3 Opleidingseisen machinisten

De transities zijn onderdeel van basis ERTMS gedrag waarvoor de machinisten moet zijn opgeleid. "Speciaal" aan transities is:

- Situaties waarbij kort voor de transitie opnieuw wordt opgestart omdat het ERTMS systeem in sommige gevallen later een MA kan geven dan het seinbeeld aangeeft.
- De omschakeling van buitenseinen naar DMI en vice versa.

## C.3 Indienststelling ERTMS Infrastructuur

### Definities

#### Indienstgesteld spoor

Spoorinfrastructuur waarover operationeel treinverkeer plaatsvindt.

#### Buitendienstgesteld spoor

Spoorinfrastructuur waarover tijdelijk geen operationeel treinverkeer plaatsvindt ten behoeve van werkzaamheden aan of nabij het spoor. Buitendienst gesteld spoor wordt bijvoorbeeld gebruikt voor onderhoud en modificaties van de infrastructuur en het testen daarvan.

#### Vergunning voor indienststelling

Een vergunning voor indienststelling is een vergunning die namens de Minister van Infrastructuur en Milieu wordt afgegeven alvorens nieuwe of gewijzigde spoorinfrastructuur in dienst gesteld mag worden. Een vergunning moet worden aangevraagd voor nieuwe hoofdspoorwegen en voor grote vernieuwingen of verbeteringen van de hoofdspoorweginfrastructuur.

### Hoofdstappen indienststelling gewijzigde infrastructuur

Voor het veilig in dienst stellen van een stuk infrastructuur dat buitendienst is gesteld voor de introductie van nieuwe systemen of wijzigingen, hanteert ProRail een proces dat hieronder op hoofdlijnen is weergegeven.

#### Hoofdstappen voor de introductie van nieuwe systemen of wijzigingen aan de infrastructuur



De stappen voor de indienststelling van gewijzigde infrastructuur zijn hieronder toegelicht.

#### Productontwikkeling

Wanneer er sprake is van een nieuw te ontwikkelen systeem, wordt er gestart met een productontwikkelingsproces. In dit proces worden de stappen van het opstellen van een programma van eisen (PvE) tot aan de vrijgave van het te ontwikkelen product doorlopen.

#### Railinfracatalogus

De productontwikkeling is ten einde als het product is vrijgegeven voor gebruik, het product wordt dan opgenomen in de Railinfracatalogus. De in de Railinfracatalogus opgenomen producten zijn voorzien van documentatie om de producten te kunnen toepassen, te onderhouden en gebruiken.

#### Toepassing van vrijgegeven producten in de railinfrastructuur

Producten uit de Railinfracatalogus kunnen vervolgens worden toegepast bij het verbeteren of vernieuwen van de spoorinfrastructuur. Indien er sprake is van het toepassen van nieuwe producten wordt in overleg met ILT bepaald welke informatie nodig is voor het aanvragen van de vergunning voor indienststelling die nodig is om de verbetering of vernieuwing in dienst te mogen stellen.

#### Indienststelling

Wanneer de wijziging van de spoorinfrastructuur heeft plaatsgevonden en ILT een vergunning voor indienststelling heeft afgegeven mag de gewijzigde spoorinfrastructuur in dienst worden genomen.

#### Indienststelling infrastructuur met ERTMS

De hierboven beschreven stappen zijn ook van toepassing voor infrastructuur die voorzien gaat worden van ERTMS.

Voor de implementatie van ERTMS in Nederland zullen op basis van de ervaringen opgedaan bij Betuweroute, Hanzelijn, Amsterdam-Utrecht en HSL-Zuid, producten worden vrijgegeven die vervolgens gebruikt kunnen worden voor de migratie naar ERTMS.

## C.4 Materieeltoelating en operationele inzet

### Hoofdvragen en scope

#### Hoofdvragen

Het operationeel inzetten van materieel met ETCS vraagt om 1) technisch toegelaten materieel en 2) het inrichten van specifieke processen bij de vervoeder en infrabeheerder.

Voor technische materieel toelating worden in deze sectie de volgende vragen beantwoord:

- Op welke wijze (eisen en proces) is de toelating van ERTMS in materieel in Nederland geregeld.
- Wat zijn de te verwachten ontwikkelingen op het gebied van ERTMS in materieel toelating.

#### Scope

Deze sectie behandelt de materieeltoelatingsactiviteiten in het algemeen. Baan Trein Integratie (BTI) is een ETCS -specifiek onderdeel daarvan, dat is in sectie C.5 "Materieeltoelating Baan Trein Integratie" beschreven.

### Materieeltoelating op hoofdlijnen

Materieeltoelating is een nationaal proces dat gebaseerd is op nationale en internationale regelgeving. Een voorbeeld van de eerste zijn de voorschriften voor baan - trein integratie zoals opgenomen in RLN0295. Een voorbeeld van de tweede zijn de TSI's. Het proces en de technische eisen zijn vastgelegd in de Nederlandse spoorwegregelgeving. (Meer specifiek: de technische eisen staan in de Regeling Indienststelling Spoorvoertuigen of RIS). Sinds de opname van RLN 00295 in de RIS, is alle regelgeving ter zake van de materieeltoelating hierin verankerd.

Bij de aanschaf van nieuw materieel of bij relevante modificaties van bestaand materieel, moet opnieuw een vergunning bij de Inspectie Leefomgeving en Transport ( ILenT) worden aangevraagd. Wat moet worden verstaan onder de term "relevant" is op te maken uit de Memorie van Toelichting bij het wetsvoorstel tot wijziging van de Spoorwegwet, de Wet personenvervoer 2000 en de Wet op de economische delicten ter implementatie van de richtlijnen 2007/58/EG, 2007/59/EG, 2008/57/EG en 2008/110/EG ( Tweede Kamer, vergaderjaar 2009–2010, 32 289, nr. 3, p. 30)

#### 4.2.4 Verbetering of vernieuwing bij spoorvoertuigen

*Het voorgestelde nieuwe artikel 37b van de Spoorwegwet bevat de regeling voor vernieuwing of verbetering bij een spoorvoertuig. Degene die een verbetering of vernieuwing van een spoorvoertuig aanbesteedt moet bij de Minister van Verkeer en Waterstaat een informatiedossier met een beschrijving van het project indienen. De Minister van Verkeer en Waterstaat bepaalt op basis van dat dossier of een (aanvullende) vergunning voor indienststelling of een nieuwe (aanvullende) vergunning voor indienststelling noodzakelijk is. Er is sprake van een (aanvullende) vergunning voor indienststelling indien de Minister voor het betrokken spoorvoertuig niet eerder een (aanvullende) vergunning voor indienststelling heeft verleend. Het gaat bij verbetering of vernieuwing om belangrijke werkzaamheden. Voorbeelden van dergelijke werkzaamheden zijn:*

- (structurele) wijzigingen van het casco, de draaistelconstructie en het draaisteltype;*
- (structurele) wijzigingen van de tractie-installatie of reminstallatie, en*
- wijziging van het systeem van treinbeïnvloeding.*

*De criteria voor de bepaling of een (nieuwe) vergunning voor indienststelling noodzakelijk is zijn de omvang van de werkzaamheden, de mogelijke gevolgen voor de veiligheid van de betrokken subsystemen en de gevolgen voor de verenigbaarheid van het spoorvoertuig met de hoofdspoorweginfrastructuur. De criteria voor de bepaling of een (nieuwe) aanvullende vergunning voor indienststelling noodzakelijk is zijn de gevolgen voor de verenigbaarheid van het spoorvoertuig met de hoofdspoorweginfrastructuur. Indien de Minister van Verkeer en Waterstaat heeft bepaald dat een (nieuwe) (aanvullende) vergunning voor indienststelling noodzakelijk is, gelden dezelfde vergunningseisen als bij een nieuw spoorvoertuig. De toetsing aan de vergunningseisen beperkt zich ingevolge het vierde lid van het voorgestelde artikel 37b van de Spoorwegwet tot de verbetering of vernieuwing. Het voldoen aan de vergunningseisen moet op basis van het negende lid van artikel 37b van de Spoorwegwet blijken uit een geldige verklaring van een aangemelde instantie of van een keuringsinstantie die geen aangemelde instantie is. De Minister van Verkeer en Waterstaat verleent*



*een (nieuwe) (aanvullende) vergunning tot indienststelling indien de verbetering onderscheidenlijk de vernieuwing aan de vergunningseisen voldoet.*

Dat betekent dat wijzigingen van het systeem van treinbeïnvloeding, bijvoorbeeld door het retrofitten van treinmaterieel met ETCS, toelatingsplichtig is.

Een belangrijk aspect bij de materieeltoelating van treinen die zijn of worden uitgerust met ETCS is de technische compatibiliteit te waarborgen van het gecombineerde trein/ baan systeem. Dit geldt voor alle technische aspecten tussen infrastructuur en materieel. Dit aspect wordt "Baan Trein Integratie (BTI)" genoemd. De voorschriften die hier gelden, zijn opgenomen in RLN0295 in de versie zoals gedefinieerd in de RIS. Baan-Trein Integratie is voor alle ETCS-levels van belang.

## Proces en eisen voor toelating van ERTMS in het materieel

### Proces voor materieeltoelating

De Interoperabiliteits richtlijn (Richtlijn 2008/57) schrijft de lidstaten voor hoe zij materieel moeten toelaten. In de aanbeveling 2011/217 geeft de Europese commissie nadere richtlijnen aan de uitvoerende instantie. ILT is in Nederland de instantie, die de vergunningen afgeeft.

De toelating tot de Europese markt verloopt in twee stappen:

1. De toetsing van het materieel aan de Europese specificaties. Dit Europese proces wordt eenmaal doorlopen in een lidstaat naar keuze. Daartoe worden onderdelen getoetst aan de betreffende Technical Specifications for Interoperability (TSI's). Zo wordt de ERTMS on-board unit getoetst aan de TSI voor de Command Control Signalling (TSI-CCS). De veilige integratie van de onderdelen tot een werkend voertuig moet eveneens onderbouwd worden.
2. In elke lidstaat moet de aanvrager vervolgens de veilige interactie tussen trein en de infrastructuur aantonen. Voor ERTMS zijn daartoe testprotocollen (RLN0295) uitgeschreven, die, zoals eerder aangegeven, in de RIS zijn opgenomen. Er zijn buiten de RIS geen andere testprotocollen.

De interoperabiliteitsrichtlijn vereist dat de toetsing aan TSI's door erkende klasse bureaus (Notified Bodies) en de veilige integratie door onafhankelijk partijen wordt gedaan. De aanvrager kan zijn de eigenaar, de gebruiker, degene die het materieel onderhoudt of de leverancier. Dat hangt af van de wijze waarop het aanbrengen van de ETCS apparatuur is gecontracteerd. De aanvrager dient uiteindelijk de dossiers in bij de ILT.

De aanvrager krijgt van ILT de vergunning voor het voertuig onafhankelijk van de vervoerder van het voertuig. ProRail maakt vervolgens operationele afspraken met de vervoerder over het gebruik van het voertuig. Deze worden vastgelegd in de toelatingsovereenkomst.

### Eisen voor materieeltoelating

- Materieel voorzien van ETCS moet voldoen aan de eisen uit het RIS (Regeling Indienststelling Spoorvoertuigen).
- Zowel bij Level 1, 2 als 3 dient een trein voorzien van ERTMS een toelatingsproces te doorlopen inclusief BTI-testen. De eisen daarvoor zijn vastgelegd in de RIS (ref 3).

### Baan Trein Integratie

- De Regeling Indienststelling Spoorverkeer verwijst voor de BTI testen naar de richtlijn RLN0295 in de versie die in de RIS is vermeld (ref 4). Daarin is vastgelegd welke BTI testen moeten worden uitgevoerd i.k.v. het verkrijgen van een inzetcertificaat. IenM heeft de uitvoering van deze richtlijn overgedragen aan ProRail. Deze richtlijn wordt op verzoek van het Ministerie van IenM door ProRail beheert.
- De verantwoordelijkheid voor het uitvoeren van de BTI testen is belegd volgens het principe: "de initiatiefnemer voor de wijziging moet de BTI uitvoeren". Dit betekent dat ProRail verantwoordelijk is voor BTI als er nieuwe of gewijzigde ERTMS infrastructuur komt en de vervoerder verantwoordelijk is als er nieuw of gewijzigd ERTMS materieel verschijnt. De verantwoordelijke partij draagt ook alle kosten voor de BTI.

Resultaat is door IL&T toegelaten ERTMS installatie (resultaat technische toelating)

**Materieeltoelating**

Materieeltoelating is momenteel nog een kostbaar en omvangrijk proces, afhankelijk van het voertuigtype. Vereenvoudiging en verdere automatisering is een voorwaarde wil de grote vloot van verschillende treintypes onder ETCS kosteneffectief kunnen worden toegelaten. BTI is nodig voor zowel Level 1, 2 als Level 3.

**Operationeel inzetten van met ERTMS uitgerust materieel**

Om met ERTMS uitgerust materieel operationeel te kunnen inzetten moet de volgende zaken zijn geregeld.

- Voor ETCS Level 2 & 3 zijn bij de vervoerder en infrabeheerder de processen voor Key-management ingericht
- De ERTMS installatie in het materieel wordt door een door IL&T erkende onderhouder onderhouden
- De handboeken van het materieel en handboek machinisten bevatten de noodzakelijke informatie over het gebruik van ERTMS
- Machinisten zijn getraind en hebben met goed gevolg de Proeve van Bekwaamheid voor de ETCS installatie van het betreffende materieel afgelegd en hebben weg bekendheid (met ETCS) op de ETCS baanvakken.

**Referenties**

- [1] TSI Command, Control and Signalling
- [2] [www.prorail.nl/Vervoerders/Infrastructuur/Pages/Beveiligingencommunicatie.aspx](http://www.prorail.nl/Vervoerders/Infrastructuur/Pages/Beveiligingencommunicatie.aspx)
- [3] Regeling indienststelling Spoorvoertuigen
- [4] RLN00295

## C.5 Materieeltoelating Baan Trein Integratie

### Hoofdvragen en scope

#### Hoofdvragen

Het operationeel inzetten van materieel met ETCS vraagt om 1) technisch toegelaten materieel en 2) het inrichten van specifieke processen bij de vervoeder en infrabeheerder. Voor technische materieeltoelating worden in deze sectie de volgende vragen beantwoord:

- Op welke wijze (eisen en proces) is de toelating van ETCS in materieel in Nederland geregeld?
- Wat zijn de te verwachten ontwikkelingen op het gebied van ETCS m.b.t materieeltoelating?

#### Scope

Deze sectie behandelt de materieeltoelatingsactiviteiten van de Infrabeheerder, welke bestaat uit Baan Trein Integratie. De materieeltoelatingsactiviteiten van de vervoeder zijn beschreven in sectie C.4

“Materieeltoelating en operationele inzet”.

### Materieeltoelating en Baan Trein Integratie

Treintoelating is essentieel om de technische compatibiliteit te waarborgen van het gecombineerde trein/ baan systeem. Dit geldt voor alle technische aspecten tussen infra en materieel. Voor het ERTMS-deel wordt dit “Baan – Trein Integratie (BTI) genoemd. Baan-Trein Integratie is voor alle ETCS-levels van belang.

### Ontwikkelingen op het gebied van Baan Trein Integratie

- Vereenvoudiging en verdere automatisering is een voorwaarde om de kosten en doorlooptijd te reduceren BTI is nodig voor alle ETCS levels.
- Er een tendens om de BTI-testen in een laboratorium uit te voeren in plaats van op de baan. Dit wordt door Nederland gesteund in het kader van het zogeheten vierde spoorpakket waarbij door de EC voorstellen worden gedaan voor aanpassingen in het toelatingsproces.
- Er is een Europese beweging gaande om voor BTI meer gebruik te gaan maken van “Cross Acceptance”. Testen die in het buitenland zijn gedaan, hoeven dan niet meer in Nederland te worden herhaald (en omgekeerd). Nederland is hier in Europees verband bij betrokken.

### Referenties

- TSI Command, Control and Signalling, details nog nader in te vullen
- [www.prorail.nl/Vervoerders/Infrastructuur/Pages/Beveiligingencommunicatie.aspx](http://www.prorail.nl/Vervoerders/Infrastructuur/Pages/Beveiligingencommunicatie.aspx)
- Regeling Indienststelling Spoorvoertuigen
- RLN00295

## C.6 Systeemintegratie

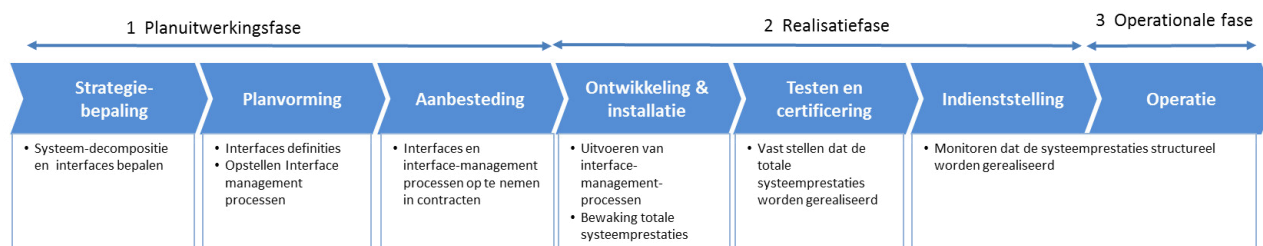
Definities	
<b>Systeemintegratie:</b>	<p>Systeemintegratie ziet toe op de activiteiten en processen en heeft tot doel de conform specificaties werkende componenten samen te voegen tot een (technisch en operationeel) goed samenwerkend geheel.</p> <p>Een in ICT gebruikelijke definitie van systeemintegratie is: “Het fysiek en/of functioneel verbinden van verschillende computersystemen en programmatuur tot een gecoördineerd werkend geheel”.</p> <p>Een in de systems engineering<sup>36</sup> gebruikelijke definitie: “Het fysiek, functioneel en operationeel verbinden van verschillende deelsystemen tot een geoptimaliseerd en gecoördineerd werkend geheel.</p> <p>Er zijn twee uitvoeringsvormen van systeemintegratie. Bij de eenvoudigere vorm zorgt één gebruiker ervoor dat verschillende – op zichzelf correct geteste – systeemdelen worden samengevoegd tot een goed samenwerkend geheel. Bij de complexere vorm van systeemintegratie zorgen verschillende gebruikers ervoor dat verschillende – op zichzelf correct geteste – systeemdelen door die verschillende gebruikers worden samengevoegd tot een goed samenwerkend geheel. Bij ERTMS komen beide vormen voor. De infrastructuurbeheerder en de vervoerder(s) hebben een systeemintegrator die binnen de eigen organisatie zorgt dat alle systemen (zowel voor beveiliging als bijvoorbeeld logistiek) goed samenwerken. Het ministerie stelt een systeemintegrator aan die coördineert dat wat de infrastructuurbeheer en de vervoerder(s) doen gezamenlijk de gewenste prestaties levert en dat die implementatie op de effectieve en efficiënte wijze wordt gerealiseerd.</p>

Systeem integratie activiteiten	
<b>Basistaak Systeemintegrator</b>	
<p>De basistaak van de Systeemintegrator is het coördineren van het werkend krijgen en houden van het ERTMS-systeem in de trein en aan de wal. Een werkend systeem is een systeem dat binnen tijd en budget wordt opgeleverd en voldoet aan de gestelde functionele en prestatie-eisen. De Systeemintegrator coördineert en zorgt ervoor dat waar nodig besluiten worden genomen. Dat wil zeggen dat het uitvoerende werk wordt uitgevoerd door ProRail en/of de materieleigenaren. De vraagstukken die spelen op systeemintegratieniveau spelen i.h.a. een rol op het niveau van de systeemarchitectuur en het goed laten samenwerken van de onderliggende techniek en operationele processen van de deelsystemen.</p> <p>Systeemintegratie betekent het managen van afhankelijkheden tussen verschillende deelsystemen die door verschillende partijen worden ontwikkeld. De invulling van deze afhankelijkheden zijn bepalende voor de uiteindelijk te leveren prestaties van het vervoersysteem. Voorbeelden van systeemintegratieactiviteiten zijn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coördinatie van functionele en technische afhankelijkheden, versies van de technische systemen, definitie en beheer van interfaces;</li> <li>2. Coördinatie ontwikkeling operationele processen, processen die op elkaar moeten aansluiten zoals bij verstoringen, invullen/aanpassen van de operationele regelgeving</li> <li>3. Coördinatie van de planning van de ontwikkeling van ERTMS materieelombouw en infrastructuurombouw</li> <li>4. Coördinatie van de vrijgave van het vervoersysteem</li> </ol> <p>Omdat er zowel systeemintegratoren actief zijn bij de uitvoerende partijen (infrastructuurbeheerder, vervoerders en/of materieleigenaren als op het niveau van het ministerie, roept dat de vraag op waar de grens ligt in de taakverdeling. Het algemene principe daarbij is ‘decentraal wat decentraal kan en centraal wat centraal moet’. Dat wil</p>	

<sup>36</sup> System engineering is een methodiek voor de ontwikkeling van multi disciplinaire systemen ontwikkelt op basis van ervaringen in lucht- en ruimtevaart

zeggen dat alle afstemming die louter betrekking heeft op een van de betrokken organisaties binnen die organisatie wordt uitgevoerd en dat de centrale systeemintegrator zich louter bezig houdt met zaken die de interactie tussen baan en trein raken. Daarmee worden de risico's die van die interactie op het niveau van lenM gemanaged.

Voorbeeld van systeemintegratie-activiteiten tijdens de verschillende ontwikkelfasen van een ERTMS beveiligingssysteem (ter illustratie):



Hieronder wordt een overzicht gegeven van de taken die de Systeemintegrator (SI) uitvoert tijdens de Planuitwerkingsfase. Kort wordt ook stilgestaan bij de vervolgfases (realisatie en operationele fase).

### Planuitwerkingsfase

Voor de Systeemintegrator ligt het accent in de Planuitwerkingsfase op het coördineren van het ontwerp van een effectieve en efficiënte implementatie, die in theorie aan alle gestelde eisen voldoet.

Het minimale takenpakket van de SI tijdens de Planuitwerkingsfase bestaat uit:

- *ERTMS-systeemarchitectuur: eisen/specificaties*  
De systeemintegrator coördineert het vertalen van functionele eisen in systeemeisen op vervoersysteem en het vaststellen van de ERTMS-systeemarchitectuur. Dit leidt tot decompositie van eisen/specificaties voor de initiële versie ERTMS baselines en vervolgvorsies, radiocommunicatie, odometrie etc. Dit gebeurt in overleg met vertegenwoordigers van ProRail en de vervoerders en/of materieeleigenaren. Deze ERTMS-systeemarchitectuur en bijbehorende eisendeecompositie is een belangrijk document omdat het voor beide onderliggende partijen het kader geeft waarbinnen afzonderlijke aanbestedingsdossiers worden opgesteld.
- *Prestatienormen op het gebied van veiligheid, interoperabiliteit, capaciteit, snelheid en betrouwbaarheid*  
De systeemintegrator coördineert de totstandkoming van een plan hoe aan de gestelde prestatienormen kan worden voldaan. Daarbij wordt gebruik gemaakt van specialistische kennis die bij de betrokken partijen en in de markt beschikbaar is (om de beschikbaarheid te kunnen berekenen). Met behulp van het redundant uitvoeren van componenten en/of uitwijk kan de beschikbaarheid worden verhoogd.
- *Risicomangement op het gebied van systeemintegratie*  
Het programmamanagement is verantwoordelijk voor het risicomangement, maar zowel qua inhoudelijke kennis als qua omvang van de risico's zal de systeemintegrator op zijn terrein daar een substantiële bijdrage aan leveren
- *Verminderde functionaliteit*  
De systeemintegrator entameert dat de betrokken partijen onderzoek doen naar de consequenties als door uitval van (niet redundant uitgevoerde) componenten moet worden teruggevallen naar een verminderde functionaliteit. Als de resultaten van dit onderzoek zijn dat prestaties onacceptabel teruglopen, bewaakt de systeemintegrator dat partijen gepaste maatregelen nemen.

### Vervolgfases

Voor de vervolgfases na de Planuitwerkingsfase dienen de systeemintegratie-activiteiten nader te worden gezien. Het gaat hierbij om welke partijen welke verantwoordelijkheden krijgen en of er een rol is weggelegd voor een (onafhankelijke) systeemintegrator.

De Systeemintegratie-activiteiten in de Realisatiefase zijn onder meer (los bij welke partij deze worden neergelegd):

- *Gezamenlijk technisch ontwerp*  
het controleren of het gezamenlijke technisch ontwerp van de ERTMS-leveranciers, ProRail en de vervoerders en/of materieeleigenaren tot een werkend systeem leidt. Dit technisch ontwerp wordt gebaseerd op de vastgestelde ERTMS-systeemarchitectuur

- *Overall planning*  
Controleren of de overall-planning waarin de op te leveren componenten, actoren en afhankelijkheden zijn opgenomen leidt tot een tijdige oplevering van het integrale systeem conform de afspraken en de politiek-bestuurlijke besluiten hierover.
- *Baan-Trein-Integratie*  
Monitoren van de Baan-Trein-Integratietesten en het nemen van het voortouw als actie noodzakelijk is om tot een werkende combinatie te komen.
- *Nieuwe versie ERTMS*  
Coördineren van de impactanalyse over de wenselijkheid en consequenties van het inzetten van een nieuwe ERTMS-standaardversie gedurende de uitrol.
- *Configuration Management*  
Beheren van de configuratiedatabase zodat er te allen tijde een bijgewerkt en volledig overzicht is van welke versies van componenten waar zijn geïmplementeerd in het materieel en aan de wal.
- *Prestatienormen*  
Coördineren van de testen die moeten aantonen dat de theoretisch berekende prestatienormen ook daadwerkelijk worden gerealiseerd bij oplevering.
- *Risicomanagement*  
Beheren van de in de Planuitwerkingsfase onderkende risico's ten aanzien van systeemintegratie gedurende de realisatiefase. Een voorbeeld van een maatregel om een risico te mitigeren is een roll-backplan<sup>37</sup>. Gecontroleerd dient te worden dat een dekkend roll-back plan bij iedere deeloplevering aanwezig is cq. nodig is.

#### **Operationele fase**

In de operationele fase is er geen sprake meer van een project ERTMS, ERTMS is dan in beheer bij de infrabeheerder en vervoerders en materieeleigenaren. Gedurende de looptijd van het project zijn er steeds meer trajecten die operationeel zijn. In deze fase dient wederom een afweging gemaakt te worden welke systeemintegratie-activiteiten er zijn en welke partijen de verantwoordelijkheden kunnen en zullen dragen.

De systeemintegratie-activiteiten gaan in deze fase in op de daadwerkelijke uitvoering conform eerdere specificaties en kunnen er ook op een werkend traject op enig moment problemen (afwijkingen ten opzichte van de specificaties) optreden. Die situatie is vergelijkbaar met de situatie die zich thans op de Betuweroute voordoet. Daar is een kernteam (Prorail, IenM, KeyRail, materieeleigenaren) actief dat verstoringen analyseert en (in samenspraak met de leveranciers) waar mogelijk omzet in verbeteracties. Zie ook hieronder ervaringen met Betuweroute.

### **Ervaringen in binnen- en buitenland**

#### **Ervaringen in Nederland**

##### *Betuweroute*

Bij de bouw van de Betuweroute is niet vooraf nagedacht over systeemintegratie en het beleggen van deze rol. Zo kon het gebeuren dat er tijdens de implementatie in de baan nog geen afspraken waren gemaakt over de ombouw van het materieel. Het organiseren van een werkend spoorstelsel, trein en wal die goed met elkaar communiceren, bleek meer voeten in de aarde te hebben dan aanvankelijk gedacht. Ook het oplossen van storingen in de dagelijkse operatie is achteraf beledigd. Er is een kernteam ingericht met ProRail, IenM, Keyrail en materieeleigenaren. Dit kernteam analyseert met de leveranciers gezamenlijk de storingen en kan daardoor relatief snel en adequaat

<sup>37</sup> Een roll-back plan beschrijft de besluitvorming rond en de inhoud van het proces, waarin wordt besloten om van een (deel)oplevering terug te gaan naar de stabiele situatie van voor die (deel)oplevering. Als alles conform verwachting verloopt, wordt het roll-back plan dus niet gebruikt, maar als er iets misgaat, is er op dat moment onvoldoende tijd om een doordacht plan te maken.

handelen. Deze werkwijze is noodzakelijk om de performance op de Betuweroute te handhaven.

#### *HSL-Zuid*

Bij de HSL-Zuid is pas in de testfase vastgesteld dat het noodzakelijk is om gecoördineerd samen te werken tussen de implementatie van ERTMS in de baan en de implementatie van ERTMS in de trein. Daarom is de Stuurgroep HSL-Zuid in het leven geroepen. Deze Stuurgroep HSL-Zuid bestaat tot op de dag van vandaag en heeft als taak om de integrale processen van de HSL-Zuid te bewaken. In deze Stuurgroep HSL-Zuid zitten alle betrokken partijen (IenM, Infrasppeed Holding, Infrasppeed Maintenance, ProRail, ProRail CMT (namens Staat), NS Hispeed, ILT). *Hanzelijn* De Hanzelijn is zowel van ATB als van ERTMS voorzien. Omdat er geen directe noodzaak was om op korte termijn onder ERTMS te gaan rijden, heeft hier geen afstemming met materieelombouw naar ERTMS plaatsgevonden. Aangezien het hier alleen baanimplementatie betreft, was er geen systeemintegrator aangesteld.

#### **Ervaringen elders in Europa**

De hieronder staande beschrijvingen zijn als voorbeeld opgenomen. In ieder land is de situatie weer net even anders dan in de andere landen. Deze voorbeelden dienen dus ter inspiratie, waaraan voor de Nederlandse situatie een eigen invulling moet worden gegeven.

#### *Denemarken*

In Denemarken heeft infrabeheerder Banedanmark de verantwoordelijkheid voor de ERTMS-implementatie. Men spreekt zelf van de systeemautoriteit. Banedanmark maakt de implementatiekeuzes, zowel voor de walkant als de treinkant. Banedanmark treedt op als systeemintegrator. Deze oplossing kan werken in Denemarken omdat Banedanmark ook over budget beschikt om andere partijen in de keten te compenseren voor (disproportionele) investeringen. Banedanmark is ook verantwoordelijk voor de On Board Units Dit heeft als voordeel dat het aantal verschillende On Board Units beperkt is, waardoor de Baan-Trein-Integratie geen rekening hoeft te houden met een brede variëteit aan OBU's.

Omdat in de ERTMS aanbesteding de nadruk lag op architectuur (en niet op specificaties) en proces (en minder op product) is er nu vrijheid om in gezamenlijke uitwerking tussen Banedanmark en de marktpartijen, met gebruikmaking van de standaardproducten van de leveranciers invulling te geven aan het realiseren van de gestelde doelen.

#### *Zwitserland*

Het Zwitserse Ministerie heeft SBB opdracht gegeven om een systeemintegrator aan te stellen binnen de SBB-organisatie. SBB heeft daarin de taak om de samenhang tussen infra en trein zeker te stellen. SBB legt de specificaties vast van de ERTMS in zowel de infra als in het rollende materieel. Deze brede verantwoordelijkheid is goed te dragen door een geïntegreerd treinbedrijf als SBB. Inmiddels is die systeemintegrator al zo'n tien jaar in functie en vervult hij een sturende rol bij het realiseren van een werkende combinatie van ERTMS in de trein en in de baan.

Zwitserland is niet gebonden aan Europese regelgeving.

#### *Italië*

Infrabeheerder RFI is verantwoordelijk voor alle ERTMS-systeemintegratie. Naast de implementatie in de baan gaat het dan om de samenwerking tussen baan en trein en de samenwerking tussen beveiliging en interlocking. Tevens fungeert RFI als kenniscentrum waar de vervoerder/materieeleigenaar terecht kan om de implementatie in de trein goed voor elkaar te krijgen.

#### *UK*

Onder Networkrail (de inframanager in UK) is een projectorganisatie verantwoordelijk voor de implementatie van ERTMS op de East en West coast main line. Binnen de projectorganisatie is een separaat onderdeel verantwoordelijk voor de systeemintegratie. Dit onderdeel beschikt over een eigen proefbaanvak en testbank voor de Baan Trein Integratie testen.

De treinen zijn in de UK in eigendom van een drietal Rolling Stock Companies (ROSCO's) die de treinen leasen aan 28 Train Operating Companies (TOC's).

#### *Zweden*

In Zweden is de partij die een wijziging initieert verantwoordelijk voor de veilige systeemintegratie.

Dit betekent dat wanneer een nieuw baanvak in gebruik wordt genomen of een wijziging in de baansystemen plaatsvindt, de infrastructuur beheerder moet aantonen dat treinen met hun bestaande ETCS-on board systemen veilig over de baan kunnen rijden. Omgekeerd, als een spoorwegonderneming een aanpassing doet in een trein, dan moet deze partij de veilige integratie aantonen.

## C.7 Wet- en Regelgeving

### Wet- en Regelgeving van belang bij invoering van ERTMS

Bij de beoordeling welke wet- en regelgeving bij de invoering van ERTMS in Nederland van belang is, is een inventarisatie gemaakt van de thans geldende regelgeving. Deze inventarisatie is voor de leesbaarheid in enkele schema's samengevat. De aanbestedingswetgeving en –regelgeving is hierbij buiten beschouwing gelaten, omdat er hiervan een aparte sectie in het kennisboek wordt opgenomen.

De schema's zijn ingedeeld op thema en gaan in op de volgende onderwerpen:

1. Beheer infrastructuur
2. Technische eisen en vergunning indienststelling infrastructuur
3. Toegang voertuigen
4. Toegang vervoerders
5. Gebruik van hoofdspoorwegen
6. Eigendom On Board Units
7. Handhaving bij stoptonend sein passage
8. Europese regelgeving Interoperabiliteit
9. Onderhoudsbedrijven voor de infrastructuur
10. Onderhoud spoorvoertuigen

Waar nodig zijn de schema's voorzien van een korte toelichtende tekst.



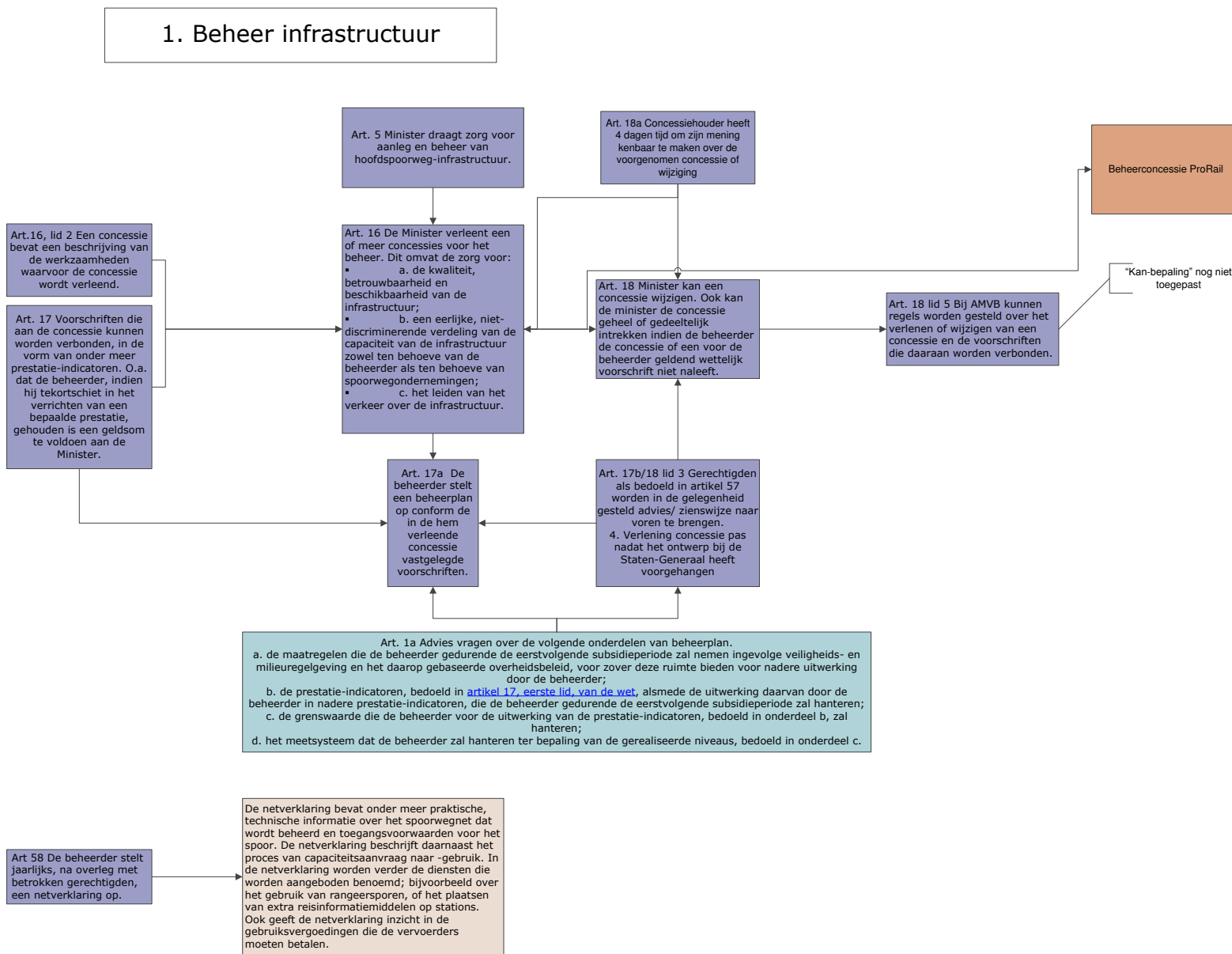
# 1. Beheer infrastructuur

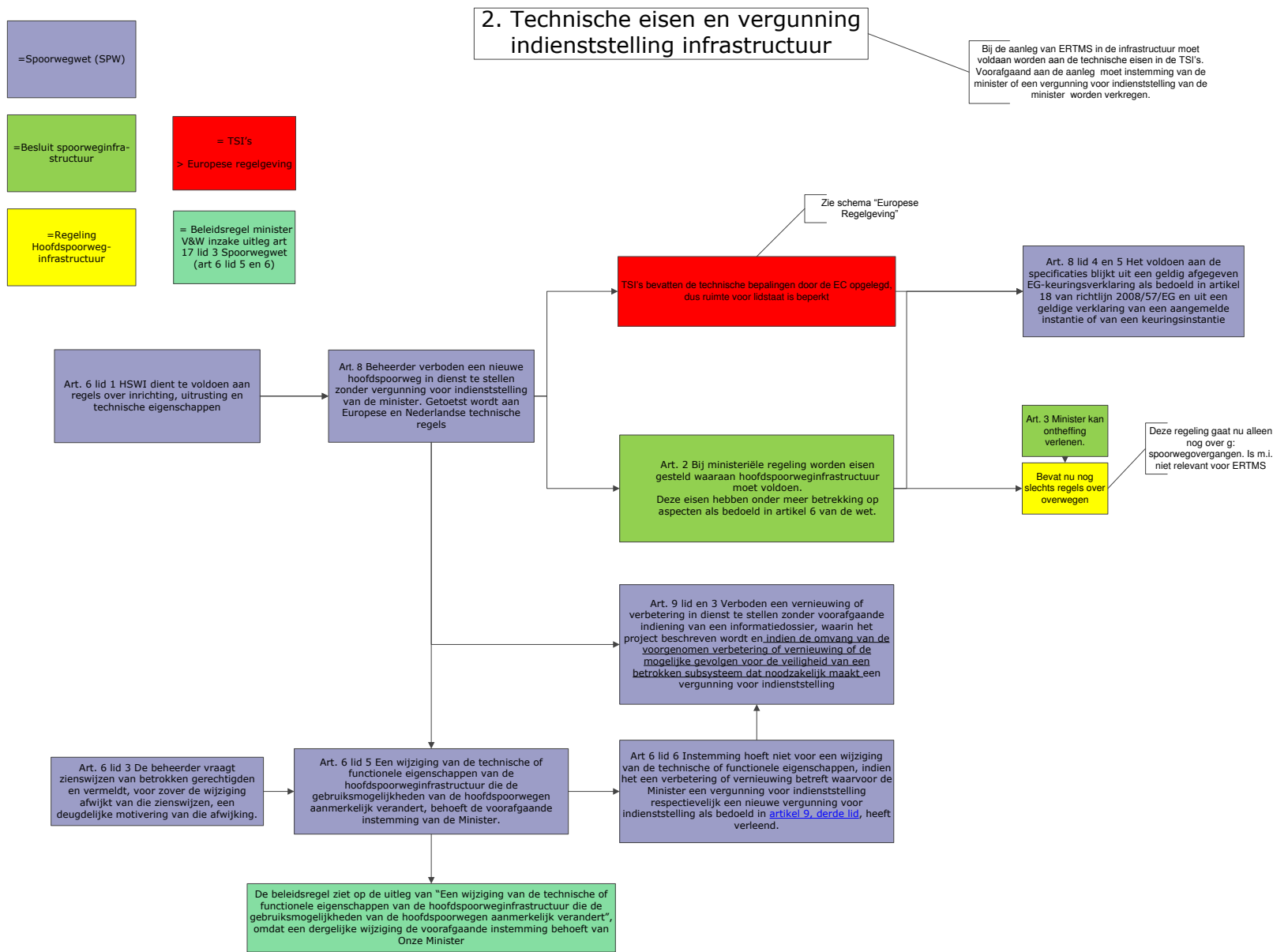
= Spoorwegwet (SPW)

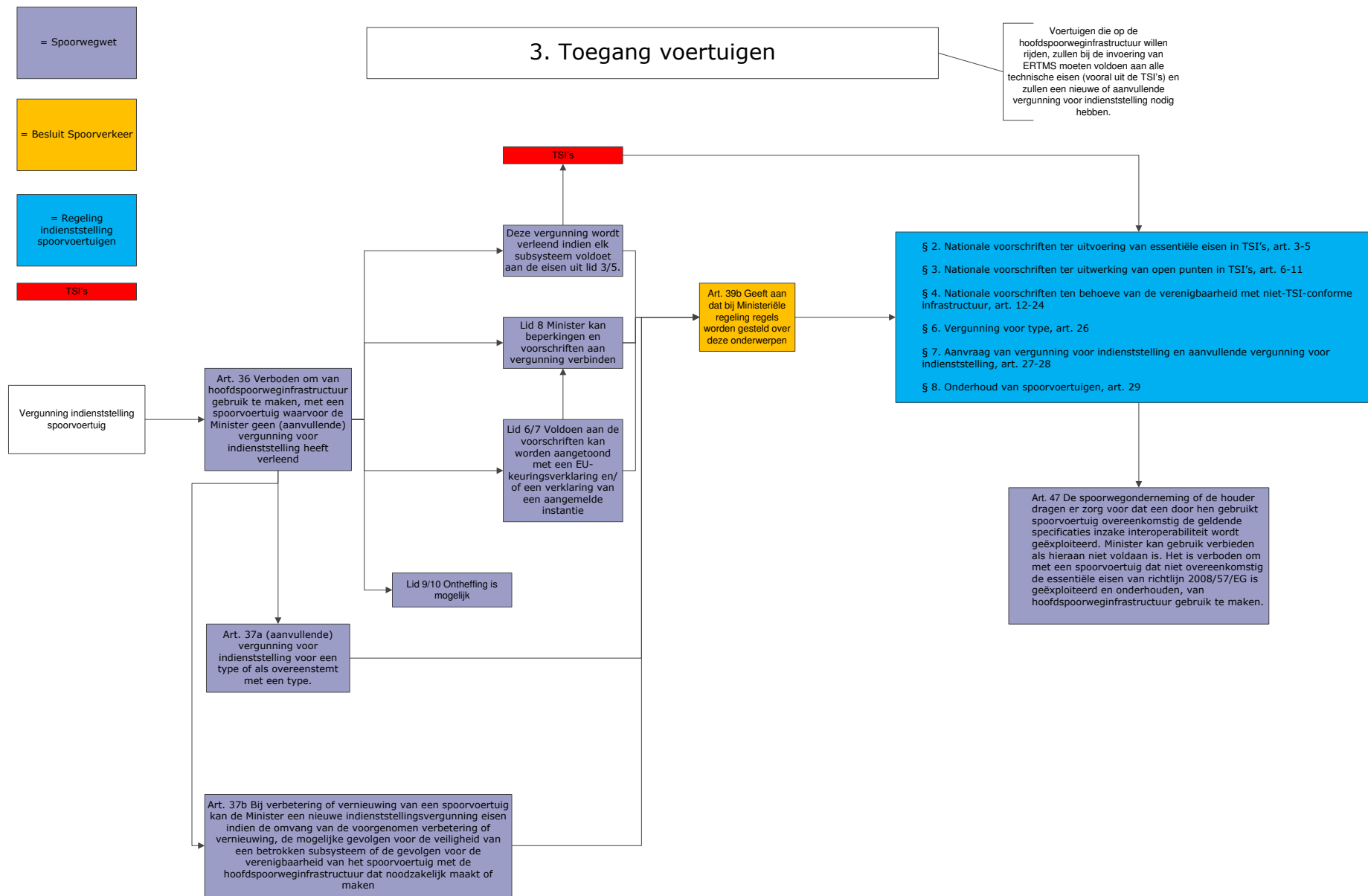
= Besluit capaciteitsverdeling hoofdspoorweginfrastructuur

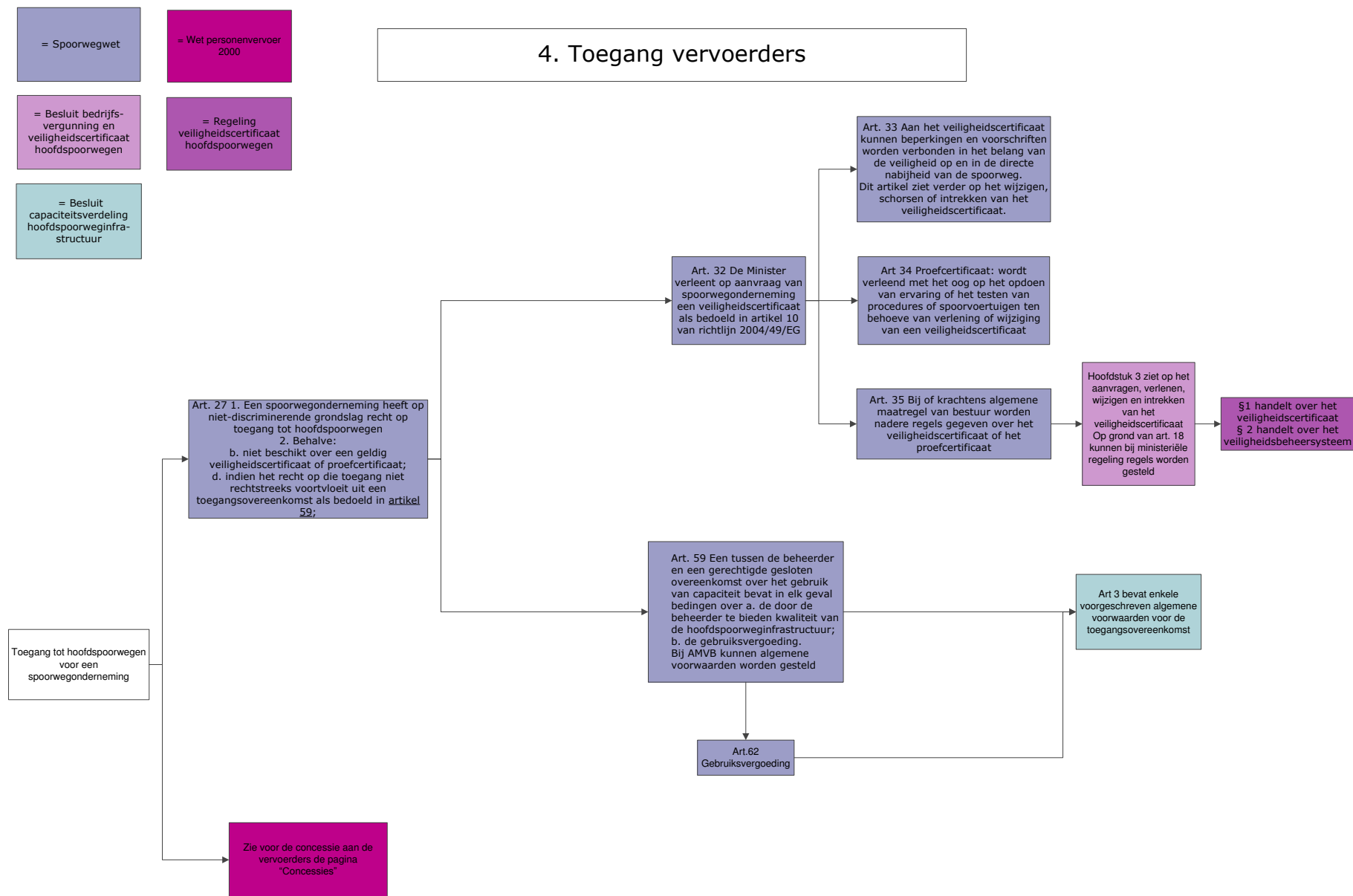
Beheerconcessie ProRail

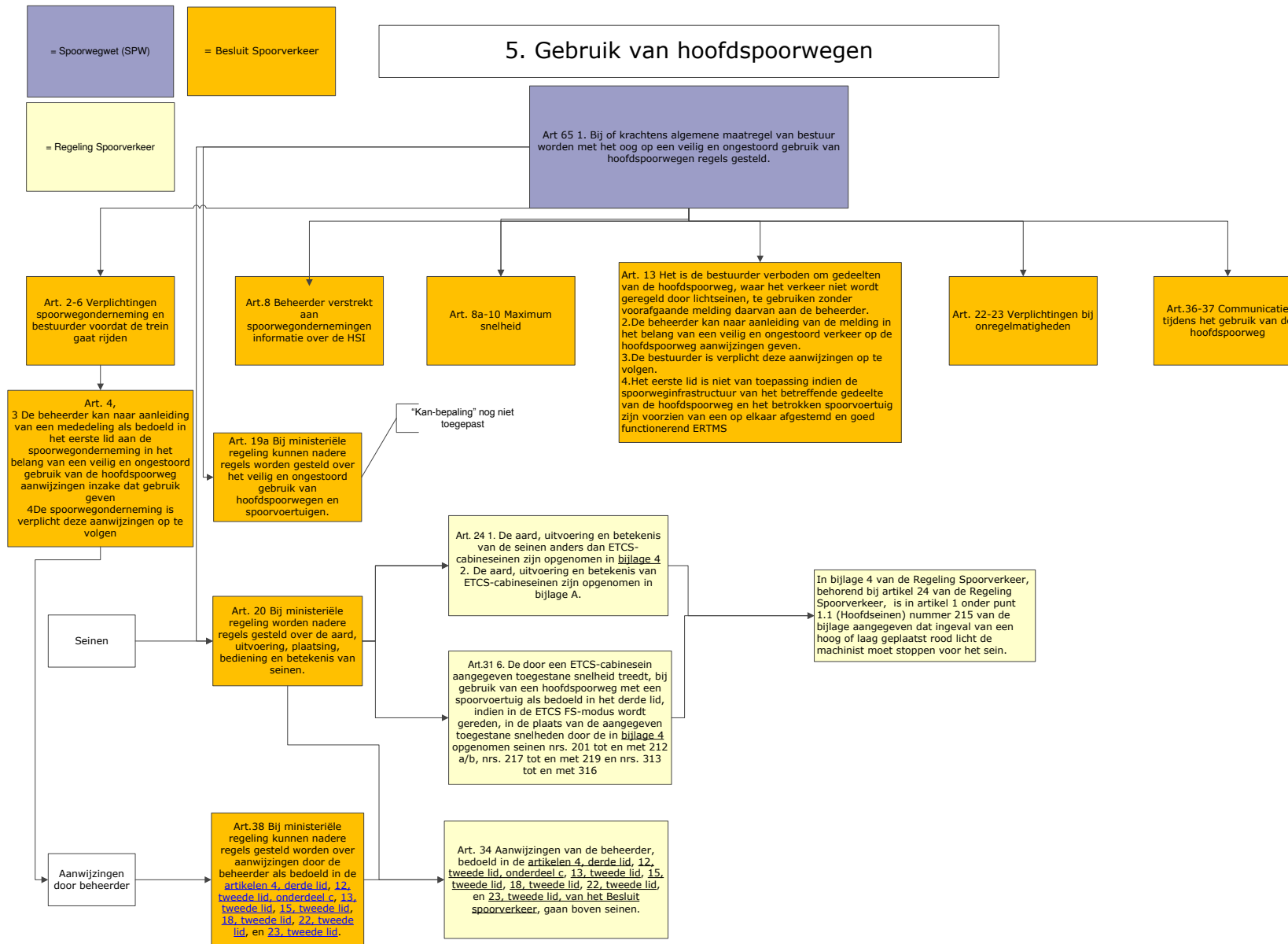
Netverklaring ProRail







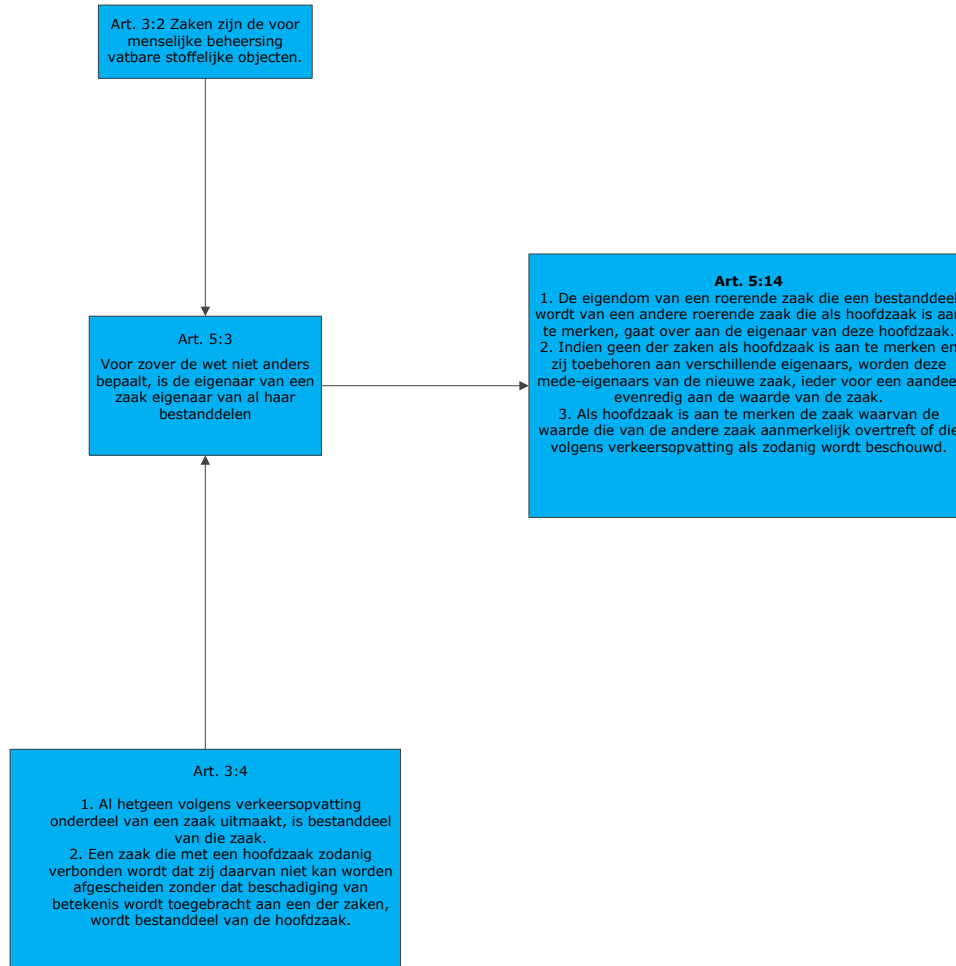


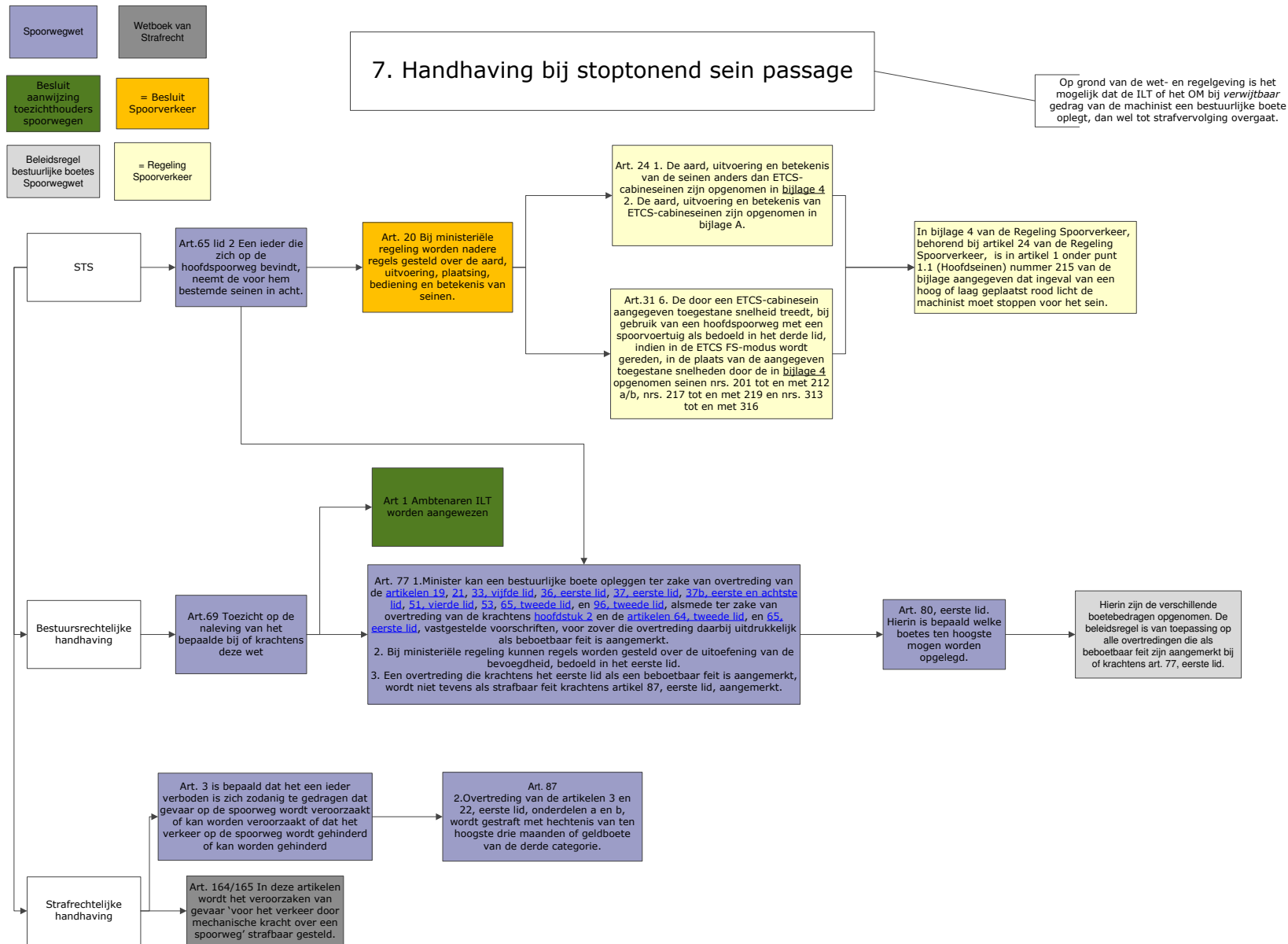


= BW

## 6. Eigendom On Board Units

De vervoerders zijn meestal niet de eigenaren van het materieel. Wanneer de OBU's worden ingebouwd in de trein, wordt op basis van de huidige wetgeving de eigenaar van het materieel ook eigenaar van de OBU.

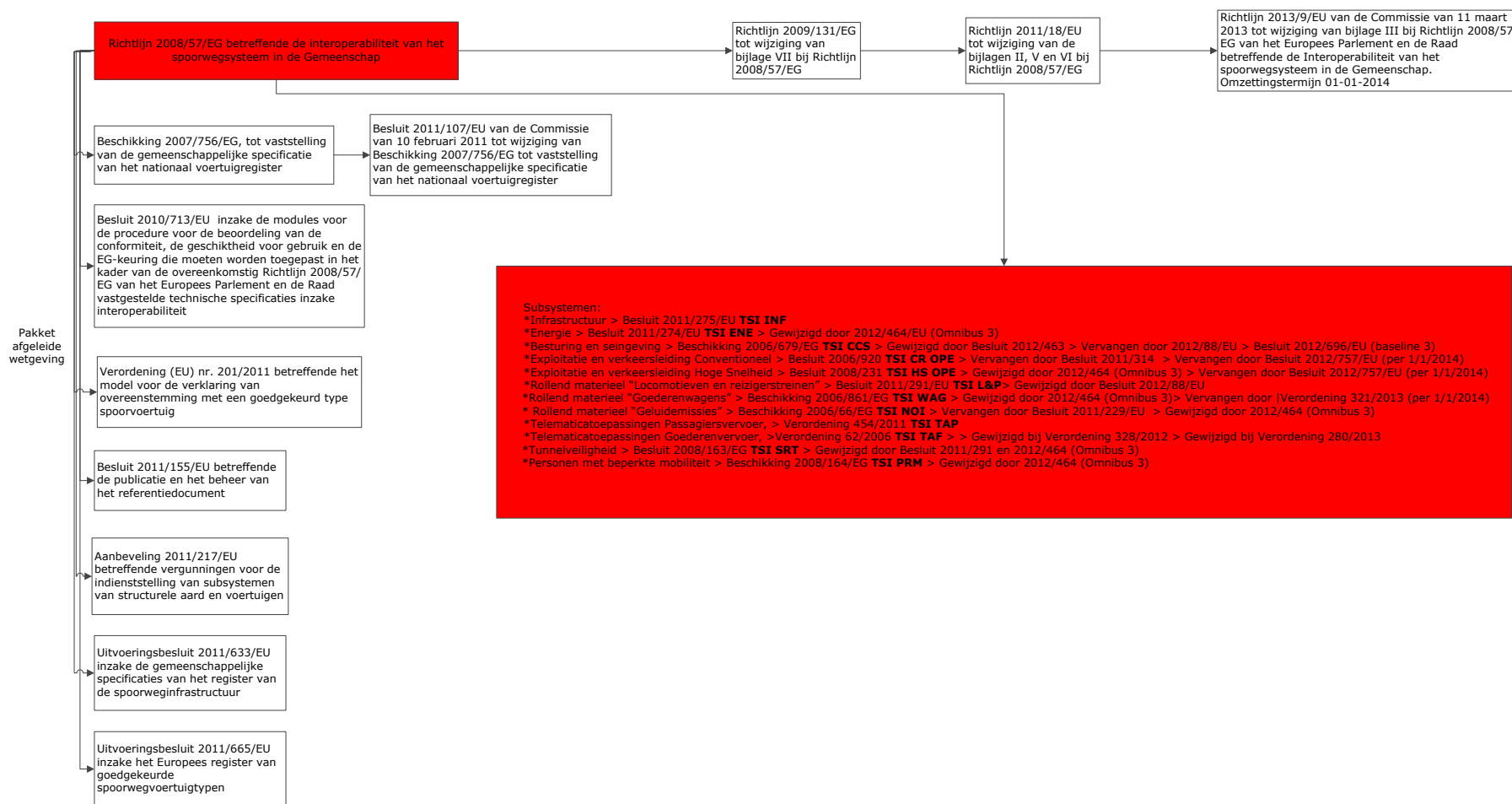




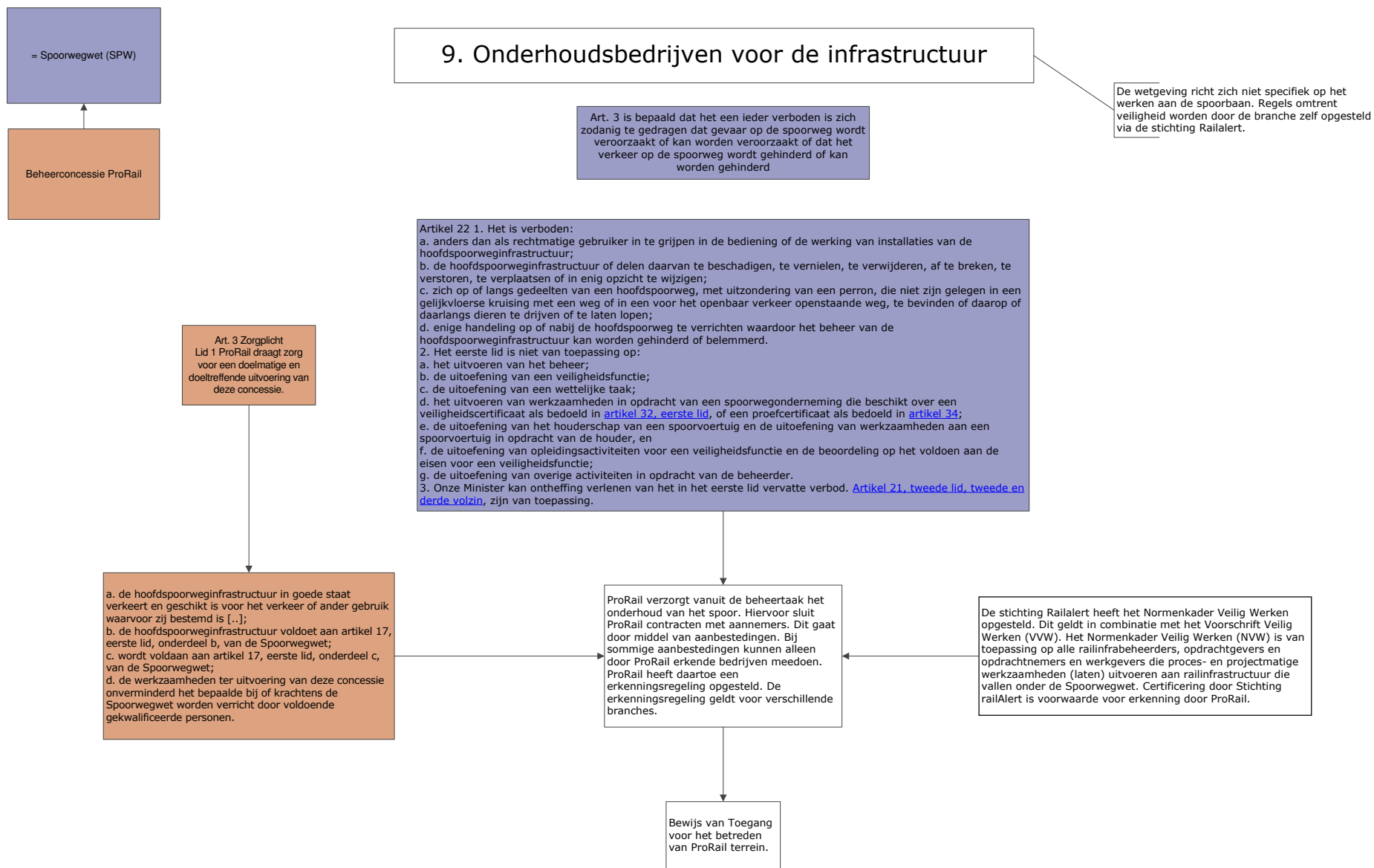
## 8. Europese regelgeving Interoperabiliteit

ERTMS is een Europees systeem. De technische eisen zijn uitgewerkt in de TSI's. Voor ERTMS zijn vooral van belang: de TSI INF, TSI CCS, TSI OPE.

Wijzigingen van de Richtlijn 2008/57/EG







= Spoorwegwet (SPW)

Verordening 445/2011/EG

= Regeling indienststelling spoorvoertuigen

## 10. Onderhoud spoorvoertuigen

Spoorvoertuigen die staan ingeschreven in het voertuigregister moeten onderhouden worden door een door de minister erkende organisatie. De ILT verstrekt erkenningen aan onderhoudsbedrijven om dit onderhoud uit te mogen voeren. Dit geldt voor zowel in Nederland gevestigde onderhoudsbedrijven als in het buitenland.

Art. 46 1. Voor elk spoorvoertuig waaraan Onze Minister een voertuignummer als bedoeld in [artikel 37, zesde lid](#), heeft toegekend, is er een met het onderhoud belaste entiteit.  
 2. Het eerste lid geldt niet voor bij ministeriële regeling met inachtneming van artikel 2 van richtlijn 2004/49/EG aangewezen spoorvoertuigen.  
 3. De met het onderhoud belaste entiteit kan een spoorwegonderneming of infrastructuurbeheerder als bedoeld in artikel 3 van richtlijn 91/440/EG of de houder van het spoorvoertuig zijn.  
 4. De houder beschikt over een geldig onderhoudscertificaat indien hij de met onderhoud belaste entiteit is van een of meer goederenwagens en geen spoorwegonderneming of infrastructuurbeheerder als bedoeld in artikel 3 van richtlijn 91/440/EG.  
 5. Onze Minister verleent op aanvraag een onderhoudscertificaat indien de houder voldoet aan de daartoe bij regeling van Onze Minister met inachtneming van artikel 14bis van richtlijn 2004/49/EG vastgestelde eisen.  
 6. Een door een daartoe bevoegde instantie met inachtneming van artikel 14bis van richtlijn 2004/49/EG verleende certificering wordt met een onderhoudscertificaat als bedoeld in het vierde lid gelijkgesteld.  
 7. De met het onderhoud belaste entiteit draagt er zorg voor dat het spoorvoertuig in veilige staat is en overeenkomstig de bepalingen in de toepasselijke technische specificaties inzake interoperabiliteit wordt onderhouden.  
 8. Onze Minister kan het gebruik met een spoorvoertuig van hoofdspoorweginfrastructuur verbieden indien ter zake van het spoorvoertuig niet voldaan wordt aan het zevende lid.  
 9. De met het onderhoud belaste entiteit is degene die als zodanig in het register, bedoeld in [artikel 37, tweede lid](#), is ingeschreven.

Artikel 48 1. Het is verboden onderhoud en herstel van spoorvoertuigen die beschikken over een volledige inschrijving in het register, bedoeld in [artikel 37, tweede lid](#) te laten uitvoeren door anderen dan daartoe door Onze Minister erkende natuurlijke personen of rechtspersonen.  
 2. Een erkenning wordt verleend indien wordt voldaan aan de daarvoor bij regeling van Onze Minister gestelde eisen.

Artikel 29  
 1. [Artikel 46, eerste lid, van de wet](#), geldt niet voor de spoorvoertuigen, bedoeld in artikel 2, tweede lid, van [richtlijn 2004/49/EG](#).  
 2. De eisen, bedoeld in [artikel 46, vijfde lid, van de wet](#), zijn het voldoen aan artikel 4 en bijlage III van [verordening 445/2011](#).  
 3. De eisen, bedoeld in [artikel 48, tweede lid, van de wet](#), zijn de eisen van bijlage I, onder 2, van [verordening 445/2011](#).

De verordening 445/2011/EG beschrijft het certificeringstraject voor de certificering als ECM (Entity in charge of Maintenance). In bijlage III van deze verordening zijn de functies en voorwaarden beschreven.

## **Bijlage A**

- 1. Rapportage: ERTMS/GSM-R capaciteitsanalyse**
- 2. Rapportage: ERTMS in Nederland uitwerking van een aantal aandachtgebieden**

# ERTMS/GSM-R capaciteitsanalyse

## Impact landelijke invoering ERTMS op GSM-R



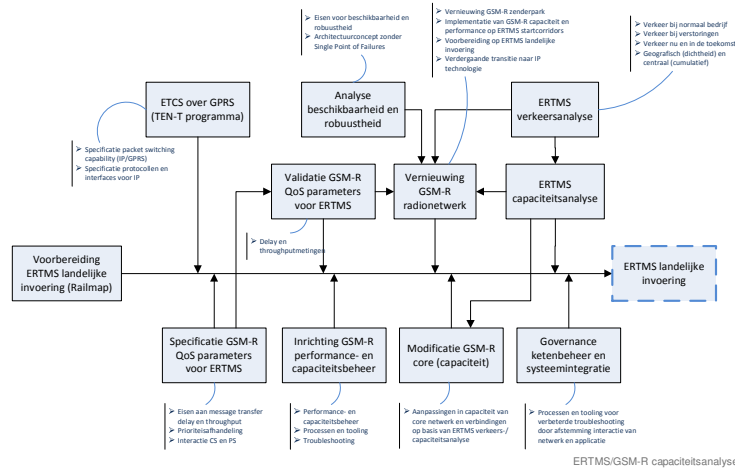
Jos Nooijen, ProRail ICT Services, 3 februari 2014, versie 2.0

## Inhoud

- Doelstelling capaciteitsanalyse
- GSM-R netwerkevolutie
- Randvoorwaarden en uitgangspunten
- Vragen op hoofdlijnen
- Impact bij invoering ERTMS
- Aanpak (verkeersanalyse en radioplan regio Utrecht)
- Resultaten
- Conclusies
- Aanbevelingen

## Doelstelling capaciteitsanalyse

- Wat zijn de gevolgen voor de netwerkcapaciteit van GSM-R bij landelijke invoering van ETCS. Biedt GSM-R voldoende capaciteit?
- Het onderwerp is onderdeel van het GSM-R 2020 framework programma.

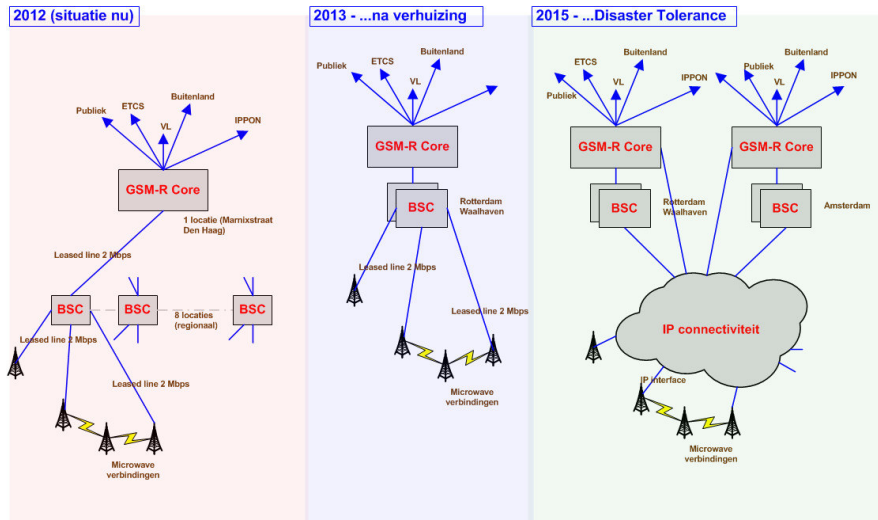


## GSM-R netwerk evolutie

### Projecten van belang voor ERTMS landelijke invoering

- Inrichting Geo Redundant Core (GRC). Fysiek onafhankelijk core netwerk in Rotterdam en Amsterdam. Oplevering begin 2015
- Vervanging BTS apparatuur in het kader van Life Cycle Management. Project start in Q1 2014. Project scope is aangepast voor de uitrol van ERTMS:
  - Uitbreiding capaciteit GSM-R voor ERTMS op startcorridors
  - Kwaliteitsverbetering GSM-R
  - Ondersteuning enhanced GPRS (IP connectiviteit)
  - Redundantie in radionetwerk ((voorbereiding op) dubbele uitvoering BTSen)
  - Fallback communicatie via publiek mobiele netwerken
  - Migratie naar IP voor connectiviteit BTSen

### GSM-R netwerk evolutie



## Randvoorwaarden en uitgangspunten

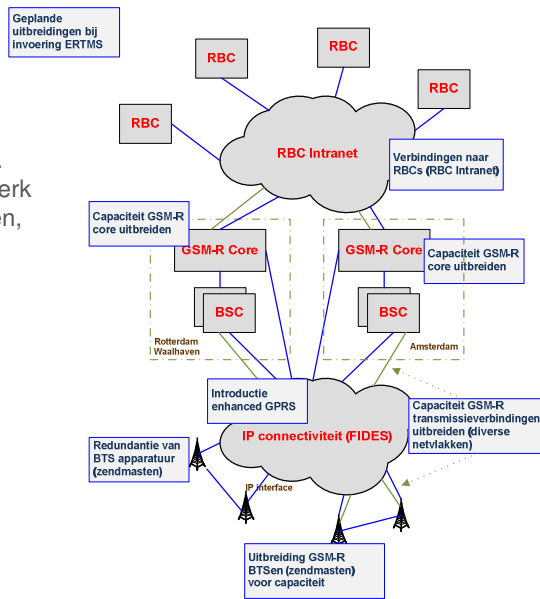
- Landelijke invoering ERTMS wordt gebaseerd op Level 2 of Level 3 (Level 1 maakt geen gebruik van GSM-R).
- De capaciteitsanalyse wordt uitgevoerd voor de GSM-R services IP (enhanced GPRS) en Circuit Switched Data (CSD). (op dit moment wordt in de ERTMS standaard CSD gebruikt).
- De capaciteitsanalyse richt zich op de consequenties van de invoering van ERTMS op het radiodeel van GSM-R (zenderpark).
- De capaciteitsanalyse is gebaseerd op gebruik van een GSM-R netwerk dat eenvoudige dekking biedt (in maatregelen voor redundantie en calamiteitsbestendigheid wordt voorzien zonder impact op de frequentiebehoefte).
- De GSM-R frequentieband wordt niet vergroot. De huidige GSM-R frequentietoewijzing (2x 4 MHz) blijft gehandhaafd.
- Het huidige dekkingsniveau van het netwerk blijft in principe gehandhaafd, de kwaliteitseisen zijn strenger (maar het huidige netwerk voldoet daar al aan), zwakke punten in het netwerk worden aangepakt en verbeterd.

## Vragen op hoofdlijnen

- Verkeersprofiel per type gebruiker (voice, ERTMS, data)
- Verkeersscenario's:
  - verkeer tijdens normaal bedrijf
  - verkeer in verstoorde situaties
  - toekomstige verkeerslast (groei aantal gebruikers of verkeersvolume)
- Verkeersdichtheid: hoeveel treinen rijden er per tijdseenheid in een bepaald gebied
- Hoeveel capaciteit wordt met het huidige systeem in een bepaald gebied geleverd
- Waar kan of moet het netwerk kwalitatief verbeterd worden (oplossen zwakke punten)
- In welke mate moet de GSM-R capaciteit binnen de systeembependingen (technologie en toegewezen frequentieruimte) uitgebreid worden

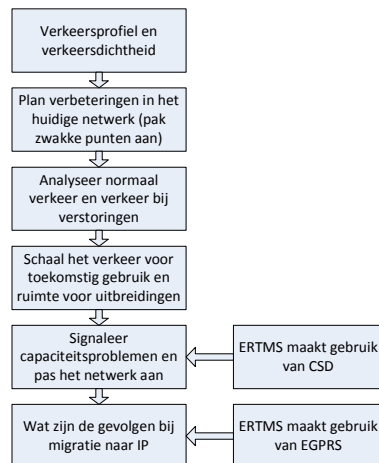
## ProRail Impact bij invoering ERTMS

- GSM-R moet op een aantal aspecten aangepakt worden.
- Impact op GSM-R radionetwerk is het meest significant (cellen, frequentiekanalen en transmissieverbindingen).



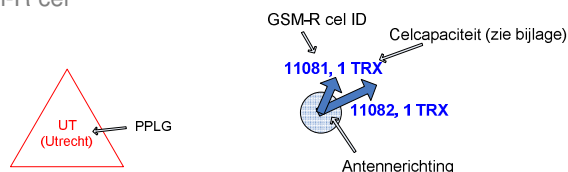
## Aanpak onderzoek (verkeersanalyse en radioplan)

- Verkeersanalyse uitgevoerd door ProRail
- Opstellen verkeersscenario's
- Capaciteitsanalyse en plannen GSM-R radionetwerk uitgevoerd door ClearCincom (met Atoll: planningstool voor radionetwerken)
- Analyse is beperkt tot regio Utrecht (druktste emplacement)

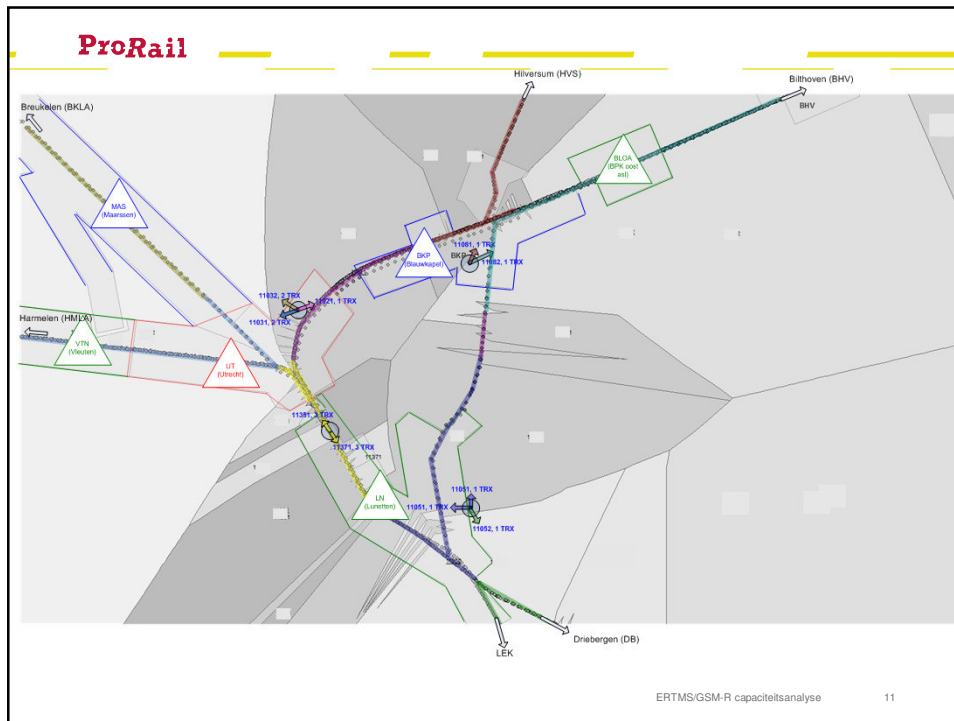


## Toelichting onderzoek capaciteit

- Capaciteitsberekening gaat uit van een gebied met een groot emplacement. Dat geeft een bovengrens aan de impact van de invoering van ERTMS op de capaciteit van GSM-R.
- Een PPLG fungeert als de demarcatie van een bepaald gebied. Als het aantal treinen in de PPLG op een zeker moment bekend is en het duidelijk is welke GSM-R cellen daar dekking verzorgen kan berekend worden of GSM-R aan de capaciteitsvraag voldoet.
- De kleur van een baanvak correspondeert met de pijl (antennerrichting) van een GSM-R cel







**ProRail**

## Verkeersanalyse regio Utrecht (1)

- De verkeerslast van de treinen is berekend op basis van de planinformatie (treinpad=OK) over 24 uur van trein vs PPLG bezetting voor alle VL-posten (van woensdag 8 mei 2013)
- Voor de verkeerslast bij verstoringen stond de situatie van 3 februari 2012 model

- Methodiek: sommeer voor elke minuut het aantal in het PPLG aanwezige treinen (+), het aantal in een PPLG binnenkomende treinen (+) en het aantal uit een PPLG vertrekkende treinen (-).

ERTMS/GSM-R capaciteitsanalyse 12

## Verkeersanalyse regio Utrecht (2)

- Analyse gebaseerd op gepland landelijk treinverkeer (bijgewerkt naar gerealiseerd verkeer), zie document PPLG traffic analysis (Wednesday 8 May 2013 and Friday 3 Feb 2012) v2.0
- Verkeer omvat zowel goederen- als reizigersvervoer
- Verkeer omvat rangeerbewegingen
- Treinnummer omnummering (wisseling van treinnummer binnen één PPLG) is in de berekeningen verdisconteerd
- Treinen waaraan geen treinnummer is toegekend zijn niet in de berekeningen verdisconteerd (voor Kijfhoek is de methode niet bruikbaar). Dat geldt ook voor de inzet van goederentreinen op eindpunten
- De validiteit van de verkeersanalyse is met de Toon applicatie voor een aantal tijdstippen gecontroleerd.
- Normaal verkeer leidt op basis van deze informatie tot een grotere capaciteitsbehoefte dan verkeer bij verstoringen.

### Aandachtspunten:

- Om representativiteit van de verkeersanalyse te waarborgen zou planinformatie van meerdere dagen verwerkt worden. Schalen van verkeer wordt wel toegepast.
- De planinformatie komt niet volledig overeen met de realisatie

## Treinen per PPLG (top tien, normaal verkeer)

Max	CumulatiefPPLG	PPLGnaam	PPLG
10	5557	Arnhem	AH
10	6207	Amersfoort	AMF
13	8677	Amsterdam Centraal	ASD
11	4705	Eindhoven	EHV
12	5778	Groningen	GN
10	4972	Den Haag Centraal	GVC
11	6935	Hoofddorp	HFD
10	4662	Leiden Centraal	LEDN
10	6062	Rotterdam Centraal	RTD
10	5426	Schiphol	SHL
16	12323	Utrecht Centraal	UT
16	7020	Zwolle	ZL

## Treinen per PPLG (top tien, verkeer bij verstoring)

Max	Cumulatief PPLG	PPLGnaam	PPLG
10	5059	Arnhem	AH
10	5256	Amersfoort	AMF
9	3916	Dordrecht	DDR
12	5040	Eindhoven	EHV
12	5674	Groningen	GN
12	4517	Den Haag Centraal	GVC
9	3455	Haarlem	HLM
10	4586	Leiden Centraal	LEDN
9	4246	Leeuwarden	LW
9	3916	Nijmegen	NM
9	4240	Rotterdam Centraal	RTD
17	7854	Utrecht Centraal	UT
14	5737	Zwolle	ZL
9	3547	Zutphen	ZP

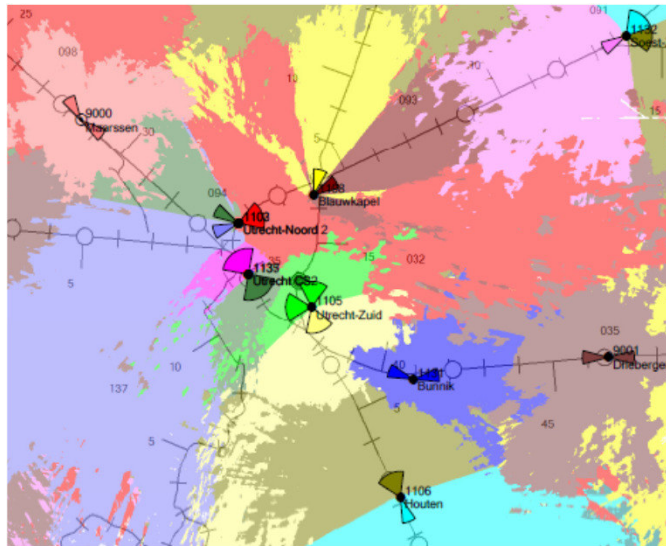
## Capaciteitsscenario's die doorgerekend zijn:

Scenario	Atoll Traffic Analysis ID	Operational conditions	Scaling factor	Voice	InfoPlus/Other	ERTMS	Comments
Current Network	A	Standard	1	CS	GPRS	na	
1a	B	Standard	1	CS	GPRS	CSD	
1b	C	Standard+scaled	2	CS	GPRS	CSD	
1c	D	Disturbed	1	CS	GPRS	CSD	
2a	E	Standard	1	CS	EGPRS	EGPRS	International trains using ERTMS CSD not accounted for
2b	F	Standard+scaled	2	CS	EGPRS	EGPRS	International trains using ERTMS CSD not accounted for
2c	G	Disturbed	1	CS	EGPRS	EGPRS	International trains using ERTMS CSD not accounted for
3	H	Standard+scaled	4	CS	GPRS	CSD	

CS = Circuit Switched  
 CSD = Circuit Switched Data  
 EGPRS = enhanced GPRS

Bij gebruik van EGPRS zal CSD ondersteund worden voor de afhandeling van internationale treinen

## Nieuwe radioplan GSM-R



## Hightlights nieuwe radioplan regio Utrecht

- Het plan is gebaseerd op scenario 1b (ERTMS CSD, incl. huidige verkeer en geschaald met een factor twee)
- Het radioplan resulteert in 19 cellen (het huidige netwerk in de regio Utrecht omvat 18 cellen)
- Het aantal (frequentie)kanalen (TRXs) is uitgebreid van 47 naar 65: ca 40% meer
- De antenntypes zijn veelal gewijzigd (ter voorkoming van zelfinterferentie)
- Met de inzet van EGPRS (IP based communicatie) kan het aantal frequentiekanalen (TRXs) afnemen met 20% (van 47 naar 36)



Atoll Scenario [C].kmz

## Conclusies (voorlopig)

- Het GSM-R netwerk in Nederland kan met aanpassingen geschikt gemaakt worden voor landelijke invoering van ERTMS
- IP (enhanced GPRS) biedt t.o.v. CSD als communicatiedrager significante voordelen:
  - Meer capaciteit, ook voor niet-ETCS applicaties
  - Het is robuuster en biedt een betere performance (eenvoudiger om kwaliteit van dataoverdracht te handhaven)
  - Kosteneffectiever (kleinere netwerkuitbreiding nodig)
  - Toekomstvaster (migratie naar IP is onvermijdelijk, ook in het licht van NextG ontwikkelingen)
- Invoering van ERTMS is mogelijk als alleen gebruik gemaakt wordt van CSD (huidige communicatiedienst tussen trein en RBC)
- Resultaten en conclusies zijn **voorlopig**, voor een definitief oordeel moeten aannames en uitgangspunten in een breder verband afgestemd en geverifieerd worden

## Aanbevelingen voor vervolg

- Verfijn het verkeersmodel (controleer/verbeter de representativiteit, verifieer uitgangspunten bij verstoringen, bepaal impact van treinverkeer waaraan geen treinnummer is toegewezen, modelleer uitbreidingen)
- Breid de analyse uit naar landelijk niveau (niet alleen regio Utrecht).
- Breng de impact op alle onderdelen van het netwerk in kaart (niet alleen voor het radionetwerk)
- Calibreer de radioplanningstool a.d.h.v. veldmetingen (dekking en kwaliteit). Daarmee kan nauwkeuriger gepland worden
- Kijk niet alleen naar de impact van ERTMS op capaciteit, maar breid de analyse generiek uit tot:
  - Redundantieconcept (BTSen, verbindingen)
  - Fallback communicatiemogelijkheden
  - Inzet IP communicatie voor verbindingen
  - Ontwerpeisen aan een RBC intranet
  - Interactie tussen CS(D) en GPRS (prioriteitsafhandeling)
- Zet een testprogramma op voor eGPRS als communicatiedrager



## ERTMS in Nederland

Uitwerking van een aantal aandachtsgebieden

Voor Ministerie van Infrastructuur en Milieu

**Definitief**

Referentie NLA114R01

26 februari 2014

### Het Min. IenM heeft LeighFisher gevraagd analyses uit te voeren voor een aantal aandachtsgebieden ten behoeve van de invoering van ERTMS

- Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en de spoorsector ontwikkelen de strategie voor de invoering van ERTMS in Nederland
- Momenteel wordt een Nota Alternatieven voor de invoering van ERTMS opgesteld als basis voor een voorkeursbeslissing
- Het Ministerie wenst graag beter zicht te krijgen ten aanzien van de onderstaande vier onderwerpen en heeft LeighFisher eind december 2013 gevraagd analyses uit te voeren

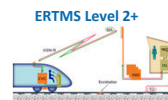
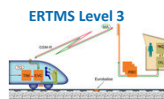
**1** De haalbaarheid van ERTMS level 2 en GSM-R op grote emplacementen met veel treinbewegingen

**2** De te verwachten baanvakcapaciteit opbrengsten van ERTMS level 2

**3** De ontwikkeling van ERTMS Level is op dit moment niet als alternatief meegenomen omdat een "bewezen" ERTMS level 3 toepassing in de nabije toekomst niet is te verwachten

**4** Is ERTMS level 2+ (ERTMS level 3 met baangebonden detectie) en reëel alternatief is voor de Nederlandse ERTMS strategie?

- Bovenstaande vier onderwerpen zijn in dit document als 4 separate onderwerpen uitgewerkt



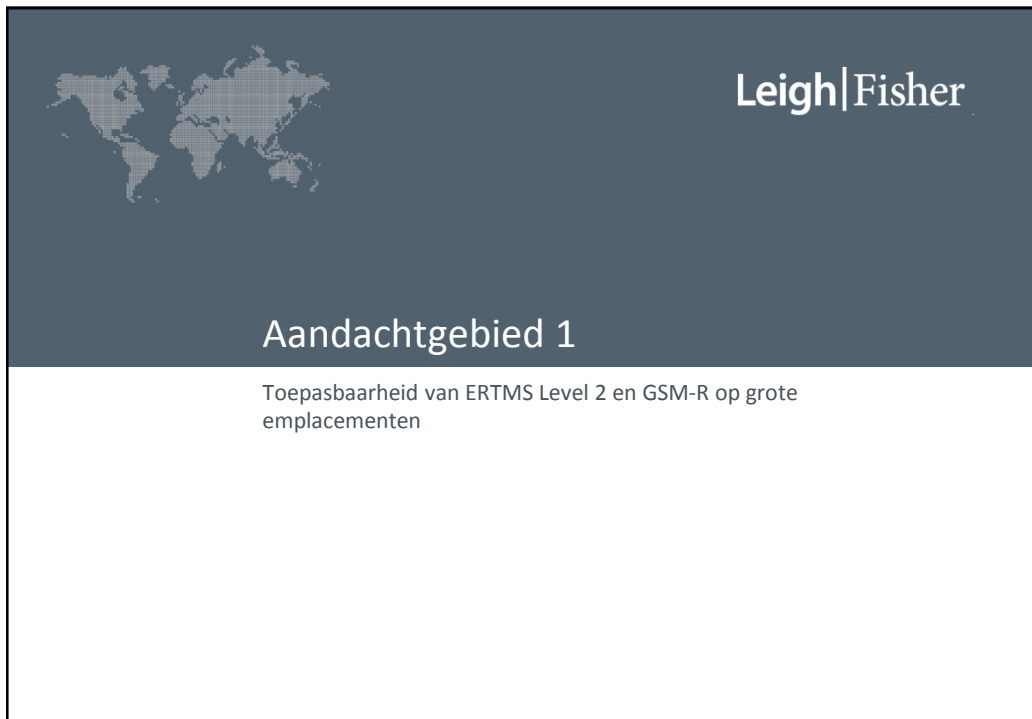
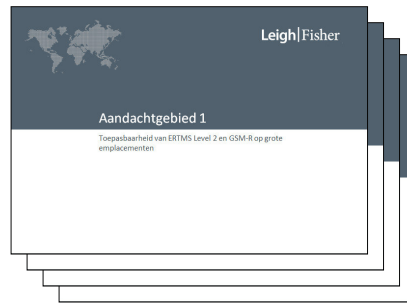
## De analyseresultaten van de aandachtgebieden zijn als vier rapportages opgenomen in het onderliggende document

### 1 Rapportages

Navigatie binnen  
een rapportage



- 1 Toepasbaarheid van ERTMS Level 2 en GSM-R op grote emplacementen
- 2 Zijn de beoogde (baanvak)capaciteitsverbeteringen van ERTMS Level 2 realiseerbaar
- 3 De ontwikkeling van ERTMS Level 3 is op dit moment niet als alternatief meegenomen omdat een "bewezen" ERTMS level 3 toepassing in de nabije toekomst niet is te verwachten
- 4 Is ERTMS Level 2+ een reëel alternatief voor de Nederlandse ERTMS implementatie strategie?



## Aandachtgebied 1

Toepasbaarheid van ERTMS Level 2 en GSM-R op grote emplacementen

## Min. IenM heeft LeighFisher gevraagd een korte analyse uit te voeren m.bt de haalbaarheid van ERTMS Level 2 en GSM-R op grote emplacementen

1

- Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en de spoorsector ontwikkelen de strategie voor de invoering van ERTMS in Nederland
- Momenteel wordt een Nota Alternatieven voor de invoering van ERTMS opgesteld als basis voor een voorkeursbeslissing
- Het Ministerie wenst beter zicht te krijgen op de zekerheid en haalbaarheid van ERTMS level 2 en GSM-R<sup>1)</sup> op grote emplacementen<sup>2)</sup> met veel treinbewegingen.
- Deze vraag is in hierna nader uitgewerkt



1) In het vervolg wordt gesproken over ERTMS Level 2 omdat ERTMS Level 2 bestaat uit: ETCS Level 2 en GSM-R voor de datacommunicatie  
2) Uitgangspunt is dat grote emplacementen rond station betreft zoals Utrecht Centraal, A'dam Centraal, R'dam Centraal

## Met een vier stappen aanpak is een beeld gevormd waarbij gebruik gemaakt is van internationale ervaring

1

### Overzicht van de aanpak



- Uitgangspunten
- Inhoudelijke analyse van de onzekerheden rond ERTMS Level 2 op grote emplacementen

- Vier mogelijkheden om op korte termijn additionele zekerheden te verkrijgen over realiste van ERTMS Level 2 en grote emplacementen zijn geïdentificeerd en de aanpak is uitgewerkt

Onderzoek naar additionele zekerheden op volgende gebieden:

1. Leveranciers
2. Vergelijkbare toepassingen
3. Plannen in andere landen
4. Technisch inhoudelijke analyse

- Resultaten van 4 de inhoudelijke onderzoeken zijn vertaald naar conclusies
- Vervolgstappen voor het verkrijgen van additionele zekerheid



## ERTMS Level 2 toepassing op corridors is in de praktijk bewezen maar op de grote emplacementen is praktijk toepassing op dit moment niet bewezen<sup>1)</sup>

1

### Corridors

#### Huidige toepassing ERTMS Level 2 op corridors in NL

- HSL-Zuid en Betuweroute
  - ERTMS Level 2 als primair beveiligingssysteem
  - HSL-Zuid heeft ERTMS Level 1 als back-up
- Amsterdam - Utrecht en de Hanzelijn (Lelystad - Zwolle) is ERTMS Level 2 als overlay systeem aanwezig
  - ERTMS Level 2 op Amsterdam – Utrecht wordt alleen gebruik door het ERTMS Pilot project
  - ERTMS Level 2 op de Hanzelijn wordt niet gebruikt voor commercieel vervoer

#### ERTMS Level 2 op corridors in het buitenland

- In het buitenland wordt op diverse baanvakken onder ERTMS Level 2 beveiligingssysteem gereden

### Emplacementen

#### ERTMS op emplacementen

- ERTMS Level 2 beveiligingssysteem op grote emplacementen wordt in Nederland op dit moment niet toegepast
- In Nederland wordt op het emplacement van de Havenspoorlijn onder ERTMS Level 1 gereden
- Ook in het buitenland is er thans geen toepassing van ERTMS level 2 op grote emplacementen; wel zijn er plannen voor toepassing

<sup>1)</sup> Een in de praktijk bewezen toepassing is voor dit rapport gedefinieerd als een toepassing waarover daadwerkelijk commercieel vervoer plaatsvindt

## De specifieke kenmerken van emplacementen en het gebruik daarvan maakt dat de ervaring met ERTMS L2 op corridors niet zondermeer overdraagbaar is

1

### Emplacementen

- Emplacementen zijn de sporen op en rond stations; ze vormen de knooppunten van het Nederlandse spoor netwerk
- Op emplacementen vinden veel treinbeweging plaats van treinen uit verschillende richtingen en naar verschillende bestemmingen
- Op emplacementen worden bijzondere verrichtingen uitgevoerd zoals koppelen van treinen, keren van treinen afbouwen en opstarten van treinen bij machinistwissel
- Een verstoring op met name de grote emplacementen van stations zoals Utrecht Centraal, Amsterdam Centraal en Rotterdam Centraal hebben grote gevolgen voor het treinverkeer

• De grootste emplacementen zijn te vinden rond de stations van:

- Utrecht Centraal
- Amsterdam Centraal
- Rotterdam Centraal



## Met dit onderzoek wordt een grotere mate van zekerheid verkregen m.b.t. de toepasbaarheid van ERTMS Level 2 en GSM-R op grote emplacementsen

1

### Zekerhedenmodel

overzicht mogelijkheden voor het verkrijgen additionele zekerheden

Niveau	Mate van zekerheid	Omschrijving
10	Maximale zekerheid	Succesvolle praktijktoepassing op grote schaal
9		Praktijkbeproeving op grote schaal
8		Praktijktoepassing/beproeving op klein schaal
7		Laboratoriumbeproeving
6		Simulaties, theoretische verificatie
5		Gedetailleerde inhoudelijke analyse van de risico's
4		Inhoudelijke analyse door materie deskundigen
3		Plannen (nog niet gerealiseerd) voor uitrol
2		Bekijken van met ERTMS vergelijkbare toepassingen
1		Leverancier oordeel voor sluiten contract
	Huidige status quo	Beschikbare informatie bij ProRail en NS (Kennisboek 1.0) Vertrouwen op de ERA ERTMS specificaties en de markt

### Zekerhedenmodel

- Dit onderzoek is gericht op het vergroten van de zekerheid met betrekking tot de haalbaarheid
- Het zekerhedenmodel definieert 10 stappen ten opzichte van de huidige status quo:
  - Vertrouwen in de ERA specificaties en de marktcapaciteiten
  - Beschikbare kennis bij ProRail en NS zoals o.m. vastgelegd in het Kennisboek versie 1.0
- Dit onderzoek geeft invulling aan niveau 1 tot en met 4 van het zekerhedenmodel

Deze vier methoden zijn voor het onderzoek toegepast

## De vier niveaus van het zekerhedenmodel die in deze studie ingevuld worden zijn in belangrijke mate volgordeijk

1

### Doelstelling en aanpak

1  
Leveranciers oordeel

De wijze waarop de leveranciers van beveiligingssystemen en de ingenieursbureaus de implementatie van ERTMS op grote emplacementsen benaderen is bekeken. Hierbij is gebruik gemaakt van de informatie verkregen uit de markt door het Ministerie in het kader van de ERTMS strategie

2  
Met ERTMS vergelijkbare toepassingen

ERTMS specificeert interoperabele beveiliging- en besturingssystemen. Er zijn ook beveiligings- en besturingssystemen die niet interoperabele behoeven te zijn, bijvoorbeeld Communication Based Train Control toepassingen voor metro vervoersystemen. CBTC Toepassing op emplacementsen levert inzicht op over de haalbaarheid van ERTMS systemen op (grote) emplacementsen

3  
Plannen voor uitrol in buitenland

Op basis van plannen voor de introductie van ERTMS in andere landen is bepaald hoeveel vertrouwen er bij deze partijen is in ERTMS Level 2 toepassingen op grote emplacementsen. Hierbij is gekeken naar de scope van de plannen, wordt het daadwerkelijk toegepast op grote emplacementsen, en de fase van de plannen, zijn er bijvoorbeeld al contracten gesloten

4  
Inhoudelijke analyse

ERTMS level 2 toepassing op grote emplacementsen is geanalyseerd op basis van een vershilanalyse met de huidige situatie. De verschillen zijn vervolgens in meer detail bekeken waar gekeken is naar risico's en mogelijkheden om de risico's te mitigeren

## Leveranciers en IB's zien GSM-R capaciteit en specifieke ontwerpaspecten als belangrijkste aandachtspunten voor ERTMS op grote emplacementen

1

### Kanttekeningen maakbaarheid ERTMS Level 2 op grote emplacement van Leveranciers en Ingenieursbureaus

	Leveranciers	Ingenieursbureaus
Haalbaarheid Eindsituatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radio capaciteit GSM-R bij grote emplacementen mogelijk te klein, oplossing zijn beschikbaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De wijze waarop de infrastructuur layout vertaald wordt in de software omgeving kunnen leiden tot infracapaciteitsverlies</li> <li>Treinactiviteiten op stations: opbouwen trein, koppelen, splitsen van treinen kunnen met ERTMS meer tijd vragen dit gaat ten kosten van de capaciteit</li> <li>GSM-R en RBC storings kunnen grote exploitatieve impact hebben</li> </ul>
Haalbaarheid Ombouwfase	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geen informatie van leveranciers bekend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Veel risico's worden gezien voor hinder tijdens uitrol en verhoogde kans op lagere beschikbaarheid</li> </ul>

## ERTMS Level 2 op emplacementen is in de basis vergelijkbaar met Communication Based Train Control systemen voor metro

1

### Communication Based Train Control metro toepassingen

- Communication Based Train Control (CBTC) zijn besturings- en beveiligingssysteem die worden toegepast bij metro systemen en qua concept vergelijkbaar zijn met ERTMS Level 3/2
  - CBTC systemen maken o.a. gebruik van draadloze communicatie tussen infrastructuur en materieel
- CBTC wordt toegepast bij metrolijnen
  - Tot circa 10 jaar terug was het merendeel van de CBTC toepassing green field toepassingen
  - In de afgelopen 10 jaar is de CBTC toepassing gegroeid naar 50% brown field en 50% green field toepassingen

### CBTC overeenkomsten met ERTMS Level 2

- Metro emplacementen zijn goed vergelijkbaar met grote emplacementen in Nederland (b.v. Utrecht)
- 35 tot 40 materieeleenheden in één gebied (Metro in Dubai)
- Materieel op emplacementen wordt net als het materieel op de vrije baan constant beveiligd (staat in contact) met wal systemen
- Gereedmaken van een groot aantal materieeleenheden voor vertrek vindt plaats in kort tijdsbestek

### CBTC verschillen met ERTMS Level 2

- ERTMS Level 2 gebruikt GSM-R in plaats van Wifi
- ERTMS Level 2 is interoperabel conform een Europese standaard en CBTC is het leveranciers afhankelijk
- Trein en wal apparatuur bij CBTC van één en de zelfde leverancier
- Metro heeft geen overwegen, emplacementen op station hebben overpaden
- Systeem voor herstarten na storings is ontwikkeld en aan automatisering hiervan wordt gewerkt

# Na een initiële periode met aanloop problemen zijn ervaringen met de toepassing van Communication Based Train Control systemen bij Metro goed

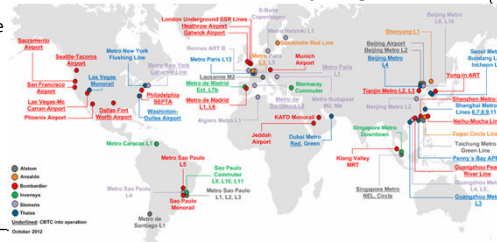
1

2

## Ervaringen bij de realisatie van Communication Based Train Control <sup>1)</sup>

- CBTC systemen worden nu breed toegepast in metrosystemen
- Met CBTC systemen worden nu opvolgtijden van minder dan 2 minuten gerealiseerd op basis van:
  - Wifi netwerk met packet switched protocol (waarmee meer communicatie capaciteit wordt gecreëerd ten opzichte van circuit switched waar het huidige GSM-R netwerk in Nederland op is gebaseerd)
  - Communicatie tussen trein en wal vindt elke ½ tot 1 seconden plaats
  - Een time out window van 3 seconden wordt gehanteerd. Trein gaat over tot remming indien 3 seconden geen communicatie met de wal heeft plaatsgevonden (dit is een belangrijke capaciteitsparameter)
- Een belangrijke ervaringen met het toepassen van de “eerstelingen” bij nieuwe beveiligingsconcepten is: ten opzichte van de initiële plannings is circa vijf jaar extra nodig om een betrouwbaar werkend beveiligingssysteem op te leveren.
  - De extra benodigde tijd was voor een belangrijk deel noodzakelijk om problemen te begrijpen, deze vervolgens op te lossen en een sluitende veiligheidsanalyse op te leveren
  - Begin met kleinschaligere toepassingen om de belangrijkste kinderziekten te verhelpen en ervaring op te doen met implementatie

Overzicht CBTC toepassingen



1) Op basis van input CBTC ervaringsdeskundige

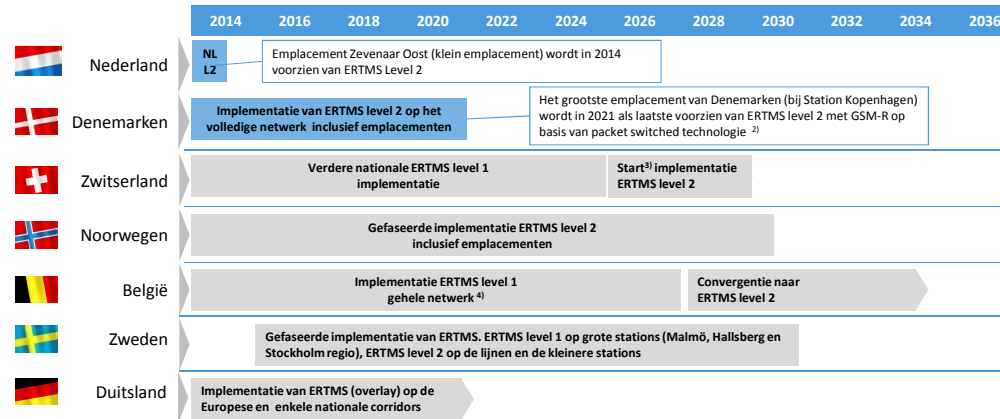
# De eerst toepassing van ERTMS Level 2 op een grote emplacement is voorzien in Denemarken, het emplacement van het station van Kopenhagen

1

3

## Implementatie plannen van ERTMS <sup>1)</sup>

Plannen vanaf 2014



Plannen, geen info over afgesloten contracten met leveranciers

- 1) Dit is een high-level overzicht, i.h.k.v. van deze opdracht is geen gedetailleerde informatie over baanvakcapaciteit en opvolgtijden verkrijgen
- 2) Bron: signallings programma banedemark
- 3) De nieuwe infrastructuur Neubaustrecke Mattsetten-Rothrist, Lötschberg en Gotthard tunnels zijn reeds voorzien van ERTMS level 2
- 4) Voornomen is dat in België met opvolgtijden van 2 minuten gaat worden gewerkt, voor zover bekend wordt dit gedaan onder ERTMS Level 1

## Met ERTMS L2 wordt naast de introductie van GSM-R data communicatie, de systeemarchitectuur en de werkwijze van de machinist gewijzigd

1

### Vergelijking van besturings- en beveiligingssystemen NS54 met ERTMS level 2

Huidige situatie op basis van ATB beveiliging en seinstelsel NS 54 <sup>1</sup>	Situatie op basis van ERTMS Level 2
<b>Deelsystemen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Trein detectiesystemen</li> <li>Aansturing wissels</li> <li>Interlocking</li> <li>ATB in infra en ATB in trein</li> <li>Seinen langs het spoor</li> </ul>	<b>Deelsystemen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Trein detectiesystemen</li> <li>Aansturing wissels</li> <li>Interlocking/Radio Block Center</li> <li>GSM-R data communicatie</li> <li>Balises in het spoor</li> <li>EVC met deelsystemen in de trein</li> </ul>
<b>Werkwijze</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Machinist bestuurt trein op basis van seinen langs het spoor</li> </ul>	<b>Werkwijze</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Machinist bestuurt trein op basis van informatie op trein instrumenten</li> </ul>
<b>Prestaties</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Het huidige beveiligingssysteem is een geoptimaliseerd geheel waarmee de veiligheid van het treinverkeer worden geborgd en de capaciteit gemaximaliseerd binnen de huidige kaders</li> <li>Bewezen prestaties op emplacementen</li> </ul>	<b>Prestaties</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>De nieuwe elementen en de nieuwe werkwijze zullen op emplacementen tot een nieuw geoptimaliseerd geheel moeten worden gebracht om de capaciteit binnen de nieuwe kaders te maximaliseren</li> <li>Nog geen bewezen prestaties op emplacementen</li> </ul>

## GSM-R capaciteit is één van de belangrijkste onzekerheden voor de toepassing van ERTMS Level 2 op grote emplacementen maar oplossingen zijn inzicht

1

### De noodzakelijke GSM-R capaciteit komt op grote stations in de buurt van de beschikbaar capaciteit<sup>1)</sup>

- Voor ERTMS Level 2 is het noodzakelijk dat treinen via een GSM-R verbinding verbonden zijn met de walsystemen met een hoog "quality of service" niveau
- Een GSM-R netwerk:
  - heeft beperkte radiobandbreedte waar doormiddel van een celstructuur optimaal gebruik van wordt gemaakt
  - wordt beïnvloed door storingsbronnen waaronder commerciële 4G mobile communicatie dat verder wordt uitgerold
- Het aantal radioverbindingen dat GSM-R in een klein gebied (1 km<sup>2</sup>) gelijktijdig kan leveren kent een maximum dat wordt geschat op 25 tot 30 treinen<sup>2)</sup>
- Voor een emplacement zoals station Utrecht of Amsterdam of Rotterdam Centraal is het niet onaannemelijk dat er 20 tot 25 treinen gelijktijdig aanwezig zijn. Deze kans hierop is het grootst bij verstoorde situaties
- Indien er onvoldoende GSM-R capaciteit aanwezig is zal dit resulteren in stilstaande treinen. De beveiligingsinstallatie in treinen brengen treinen bij communicatie verlies tot stilstand

### Met de volgende generatie communicatie systemen kan het capaciteitsprobleem op grote emplacementen worden opgelost

- Internationaal wordt gewerkt aan de opvolger van GSM-R, deze volgende generatie van mobile communicatie voor spoorwegen zal gebaseerd zijn op een communicatie protocol waarmee de capaciteit met factoren kan worden verhoogt ten opzichte van het huidige GSM-R systeem.
  - GSM-R is gebaseerd continue radioverbinding tussen wal en trein (wordt circuit switched genoemd)
  - De nieuwe generatie GSM-R communicatie is gebaseerd op het delen van een radioverbinding (wordt packet switched genoemd) de technologie wordt nu toegepast bij commerciële mobile datacommunicatie)
- GSM-R zal in de nabije toekomst voor ERTMS gebruik gaan maken van packet switched technologie
- Bij de aanstaande vernieuwing van het zenderpark van GSM-R (2014-2017) zal packet switched technologie in het Nederlandse GSM-R netwerk geïntroduceerd worden
- In Denemarken wordt voor de landelijke uitrol van ERTMS inclusief het emplacement van het grootste station ( Kopenhagen) gebruik gemaakt van packet switched technologie

1) De beschikbare capaciteit op basis van het huidige GSM-R netwerk met circuit switched data communicatie technologie

2) Deze inschatting is gebaseerd op 3 bronnen uit "Is GSM-R the limiting factor for the ERTMS System capacity van G. Lundström van juni 2012.

## Conclusies: ERTMS level 2 op grote emplacements is mogelijk mits aandacht wordt besteed aan twee belangrijke punten

1

- **Conclusie 1**  
Toepassing van ERTMS level 2 op grote emplacements is mogelijk maar in de praktijk nog niet gerealiseerd
- **Conclusie 2**  
Er zijn twee belangrijke aandachtspunten voor het succesvol toepassen van ERTMS level 2 op grote emplacements:
  1. De maximale capaciteit van de huidige generatie GSM-R netwerken komt voor de grote emplacements (zoals Utrecht Centraal, Amsterdam Centraal en Rotterdam Centraal), in de buurt van de benodigde capaciteit. Bij de toepassing van de nog in ontwikkeling zijnde nieuwe generatie mobile communicatiesystemen kunnen de capaciteitsprobleem worden ondervangen
  2. De toepassing van de ERTMS Level 2 systemen op grote emplacements vraagt een nauwkeurige afstemming en optimalisatie van de verschillende deelsystemen, de operationele procedures en de lokale omstandigheden dit geldt zowel voor de eindsituatie als voor de ombouwfase en kan alleen succesvol worden geïntroduceerd als het eerst op kleinere schaal in Nederland is toegepast
- **Aanbeveling**  
Voer ERTMS op emplacements stapsgewijs in, beginnend met kleine emplacements voorafgaand aan de implementatie op grotere emplacements

## Vervolgstappen: leer van anderen, bouw stap voor stap ervaring op: beginnend met ERTMS L2 op kleine en gevolgd door ERTMS L2 op grotere emplacements

1

- Voor het verkrijgen van additionele zekerheid bij het toepassen van ERTMS Level 2 en GSM-R op de grote emplacements worden de onderstaande vervolgstappen geadviseerd
1. Organiseer een gerichte uitwisseling met Banedanmark om meer informatie te verkrijgen over aanpak van de introductie van ERTMS Level 2 en GSM-R op het emplacement van Kopenhagen. Met specifieke aandacht voor:
    - de stappen die worden gezet om tot de ombouw van het emplacement van Kopenhagen te komen
    - de risicobeheersmaatregelen
  2. Monitor de ERTMS implementaties ontwikkelingen en leg contacten met partijen waar ERTMS Level 2 op grote emplacements gaat worden geïmplementeerd
  3. Onderzoek de mogelijkheden om de GSM-R met "packet switched" technologie te introduceren
  4. Neem in de ERTMS implementatiestrategie mee dat de "packet switched" GSM-R technologie (indien hiervoor wordt besloten) en ERTMS Level 2 op emplacements met gecontroleerde stappen wordt geïntroduceerd. Beginnend met het toepassen van de "packet switched" technologie op eenvoudige en corridors waar het risico voor de treinenloop beperkt is en breidt dit uit via gecontroleerde stappen uit naar het voorzien van ERTMS Level 2 op grote emplacements
  5. Werk bij de uitwerking van de implementatie op emplacements vanuit het spoorvervoersysteem en blijft de deelsystemen infrastructuur en materieel en operatie gedurende de uitwerking vanuit dit oogpunt monitoren



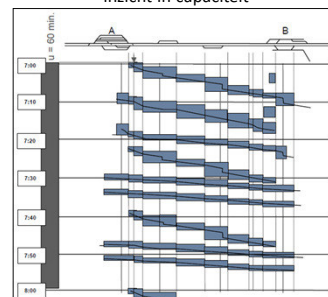
## Aandachtsgebied 2

Zijn de beoogde (baanvak)capaciteitsverbeteringen van ERTMS Level 2 realiseerbaar

### Min. IenM heeft LeighFisher gevraagd een korte analyse uit te voeren met betrekking tot de te verwachten baanvakcapaciteit van ERTMS Level 2

- 2**
- Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu ontwikkelt met de spoorsector de strategie voor de invoering van ERTMS in Nederland
  - Momenteel wordt een Nota Alternatieven voor de invoering van ERTMS opgesteld als basis voor een voorkeursbeslissing
  - Het Ministerie wenst beter zicht te krijgen op de zekerheid en haalbaarheid over de te verwachten baanvakcapaciteit opbrengsten van ERTMS level 2
  - De achterliggende inhoudelijke vragen zijn:
    - A** Wat zijn de maatgevende scenario's en of situaties voor het realiseren van de baanvakcapaciteit?
    - B** Wat zijn naast opvolgtijden relevante onderdelen voor de baanvakcapaciteit?
    - C** Wat zijn in de praktijk haalbare technische en operationele opvolgtijden, zijn opvolgtijden van 2 minuten met ERTMS Level 2 haalbaar?

**Tijd-weg diagram**  
inzicht in capaciteit



## Met een vier stappen aanpak is een beeld gevormd van de verwachten capaciteitsopbrengsten van ERTMS level 2

2

### Overzicht van de aanpak



- Toelichting op het aspect baancapaciteit en maatgevende parameters

- Introductie van stap 1 tot en met 4 van het onzekerheden model

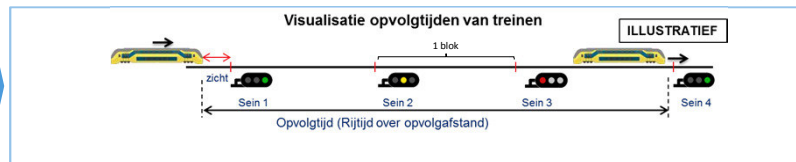
- Onderzoek naar additionele zekerheden op volgende gebieden:
1. Leveranciers
  2. Vergelijkbare toepassingen
  3. Plannen in andere landen
  4. Technisch inhoudelijke analyse

- Beantwoording van de inhoudelijke vragen
- Resultaten van 4 de inhoudelijke onderzoeken zijn vertaald naar conclusies en aanbevelingen
- Vervolgstappen voor het verkrijgen van additionele zekerheid

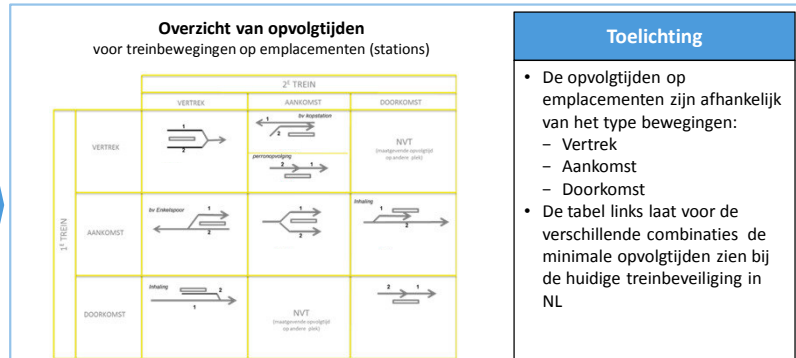
## De baanvakcapaciteit wordt bepaald door opvolgtijden op corridors en opvolgtijden van de treinbewegingen op emplacementen

2

Opvolgtijden op corridors



Opvolgtijden op emplacementen



### Toelichting

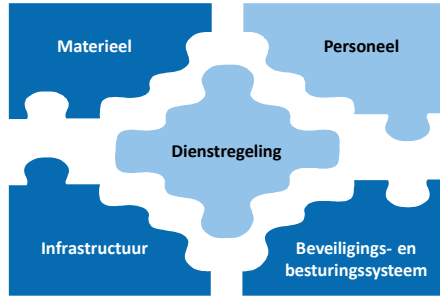
- De opvolgtijden op emplacementen zijn afhankelijk van het type bewegingen:
  - Vertrek
  - Aankomst
  - Doorkomst
- De tabel links laat voor de verschillende combinaties de minimale opvolgtijden zien bij de huidige treinbeveiliging in NL



## Vijf onderdelen van het spoorvervoersysteem bepalen de operationele opvolgtijd als samenstel van de technische opvolgtijd en een planningsmarge

2

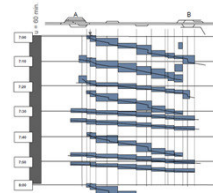
De vijf onderdelen van het spoorvervoersysteem die van invloed zijn op de opvolgtijden en capaciteit



Operationele opvolgtijd



Capaciteit  
Tijd-weg diagram



### Toelichting

- Beveiligings- en besturingssysteem, infrastructuur en materieel zijn met name bepalend voor de technische opvolgtijd
- Personeel en dienstregeling zijn met name bepalend voor planningsmarge

## Met dit onderzoek wordt een grotere mate van zekerheid verkregen met betrekking tot de te verwachten baanvakcapaciteit bij ERTMS Level 2

2

### Zekerhedenmodel

overzicht mogelijkheden voor het verkrijgen additionele zekerheden

Niveau	Mate van zekerheid	Omschrijving
10	Maximale zekerheid	Succesvolle praktijktoepassing op grote schaal
9		Praktijkbeproeving op grote schaal
8		Praktijktoepassing/beproeving op klein schaal
7		Laboratoriumbeproeving
6		Simulaties, theoretische verificatie
5		Gedetailleerde inhoudelijke analyse van de risico's
4		Inhoudelijke analyse door materie deskundigen
3		Plannen (nog niet gerealiseerd) voor uitrol
2		Bekijken van met ERTMS vergelijkbare toepassingen
1		Leverancier oordeel voor sluiten contract
		Beschikbare informatie bij ProRail en NS (Kennisboek 1.0)
	Huidige status quo	Vertrouwen op de ERA ERTMS specificaties en de markt

Deze vier methoden zijn voor het onderzoek toegepast

### Zekerhedenmodel

- Dit onderzoek is gericht op het vergroten van de zekerheid met betrekking tot de haalbaarheid
- Het zekerhedenmodel definieert 10 stappen ten opzichte van de huidige status quo:
  - Vertrouwen in de ERA specificaties en de marktcapaciteiten
  - Beschikbare kennis bij ProRail en NS zoals vastgelegd in het Kennisboek versie 1.0
- Dit onderzoek geeft invulling aan niveau 1 tot en met 4 van het zekerhedenmodel

## In een korte doorlooptijd is met een vier stappen aanpak een beeld gevormd waarbij gebruik gemaakt is van beschikbare kennis en ervaring

2

### Doelstelling en aanpak



1 De wijze waarop de leveranciers van beveiligingssysteem het aspect baanvakcapaciteit benaderen is bekeken. Hierbij is gebruik gemaakt van de informatie verkregen uit de markt door het Ministerie in het kader van de ERTMS strategie

2 Capaciteit en opvolgtijden zijn ook bij metrotoepassingen een belangrijke prestatie indicator, onderzocht is welke opvolgtijden bij metro systemen gerealiseerd worden

3 De plannen voor uitrol van ERTMS in het buitenland zijn bekeken op baanvakcapaciteit en opvolgtijd

- De capaciteitseffecten van ERTMS level 2 zijn geanalyseerd op basis van een vershilanalyse met de huidige situatie op basis van de ProRail analyse naar capaciteitseffecten <sup>1)</sup>.
- Gekeken naar de mogelijkheden om de opvolgtijden met ERTMS Level 2 te reduceren tot 2 minuten, hierbij is gebruik gemaakt van de second opinion op de Kort Volgen Toolbox<sup>2)</sup>. De Kort Volgen Box bevat maatregelen om de opvolgtijd te reduceren en daarmee baanvak capaciteit te creëren.

1) ProRail document: Capaciteitseffecten Level 2 Railmap ERTMS van 12 februari 2012 Finaal concept  
2) Second opinion Kort Volgen voor het Ministerie van Infrastructuur en Milieu d.d. 12 juli 2012

## Leveranciers noemen emplacements, GSM-R en kortere blokken als kernpunten voor het realiseren van korte opvolgtijden met ERTMS Level 2

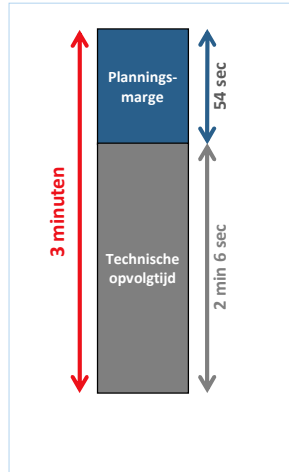
2

### Overzicht belangrijkste punten van de leveranciers

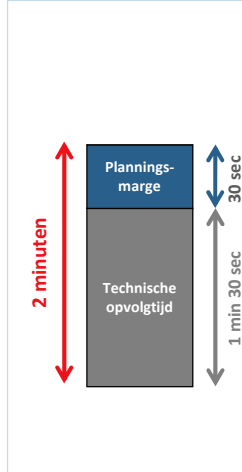
- ERTMS level 2 kent meerdere bewezen toepassingen voor corridors (vrije baan) en worden in verschillende programma's uitgerold, hier worden opvolgtijden van 3 minuten gerealiseerd (o.a. op HSL-Zuid (300 km/h) en Lötschbergtunnel (250 km/h)) maar ook 2 minuten zoals op de Zwitserse Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist (200 km/h)
- Voor het realiseren van korte opvolgtijden zijn korte blokken ten behoeve van de treindetectie noodzakelijk; tevens moeten de ontwerpregels voor de dienstregeling en operationele procedures ondersteunend zijn aan het verhogen van de capaciteit
- Capaciteit van de corridors wordt niet als bottleneck aangemerkt, ERTMS Level 2 systemen leveren hier (intrinsiek, dus zonder aanvullende maatregelen zoals blokverdichting) een bescheiden verbetering; emplacements zijn de bottleneck voor capaciteit
- ERTMS Level 2 is op grote emplacements nog niet toegepast
  - Op emplacements zijn veel korte blokken nodig om korte opvolgtijden voor de gelijktijdige treinbewegingen te realiseren wordt.
  - De GSM-R capaciteit wordt hier als zorgpunt/risico benoemd

## Best practices tonen aan dat 2 minuten opvolgtijd realiseerbaar is

### 2 Huidige operationele opvolgtijden in Nederland Gerealiseerd met NS54



### Best practice operationele opvolgtijden van 2 minuten Voorbeelden van metro en Zwitserland



**Toelichting**

- Bij metrosystemen zijn opvolgtijden van 2 min. gebruikelijk
- De karakteristieken van het metrosysteem zijn op een aantal cruciale aspecten onderscheidend:
  - Homogene treinenmix
  - Alle treinen hebben gelijk bedieningspatroon
  - Materieel geoptimaliseerd voor metrodienst met korte haltering en hoge aanzetkarakteristiek
- Structureel rijden met opvolgtijden kleiner dan 90 sec. vraagt een vorm van Automatic Train Operation <sup>1)</sup>

**Toelichting**

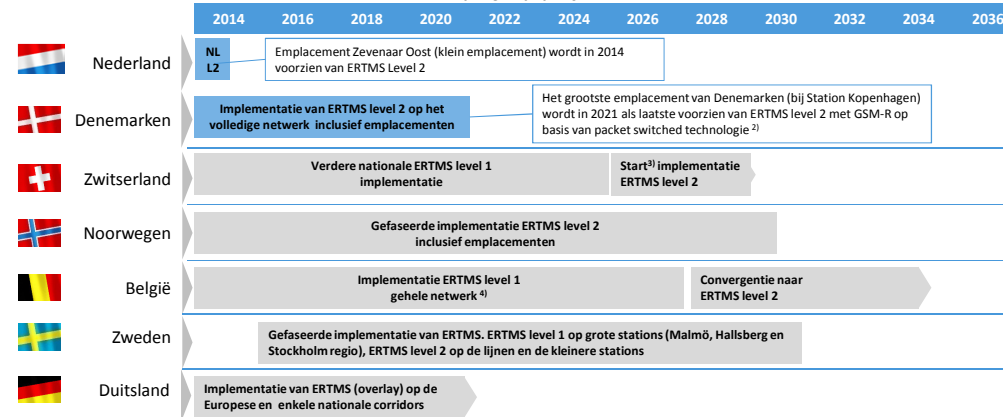
- De NBS Mattstetten-Rothrist is een greenfield toepassing met ERTMS L2 waarbij kort volgen als ontwerputgangspunt is opgenomen en in de uitwerking is gerealiseerd door:
  - Optimalisatie blokken
  - Aangepaste regels voor dienstregelingontwerp
  - Aangepaste procedures voor communicatie tussen machinist en verkeerbeleid
  - Training van machinisten
- Uniforme treindienst en geen tussenstations

1) Gebaseerd op ervaringen met metrotoepassingen. Automatic Train Operation kent verschillende vormen, de meest vegaande vorm is rijden zonder machinist op de trein

## De eerste ERTMS L2 toepassing op grotere emplacements is voorzien voor 2021, met korte opvolgtijden op emplacements is nog geen praktijkervaring <sup>3</sup>

### 2 Implementatie plannen van ERTMS <sup>1)</sup>

Plannen vanaf 2014



Plannen, geen info over afgesloten contracten bekend

Plannen met afgesloten contracten met leveranciers

1) Dit is een high-level overzicht, i.h.k.v. van deze opdracht is geen gedetailleerde informatie over baanvakcapaciteit en opvolgtijden verkrijgen  
2) Bron: signalling programma banedennord  
3) De nieuwe infrastructuur Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist, Löttschberg en Gotthard tunnels zijn reeds voorzien van ERTMS level 2  
4) Voornomen is dat in België met opvolgtijden van 2 minuten gaat worden gewerkt, voor zover bekend wordt dit gedaan onder ERTMS Level 1

## ProRail heeft de capaciteitsopbrengsten van ERTMS Level 2 bepaald en de locaties waar blokverdichting voor verdere capaciteitsvergroting nodig is

2

### Overzicht van het door ProRail uitgevoerde capaciteitsonderzoek <sup>1)</sup>

Met van een steekproef zijn de capaciteitsopbrengsten van ERTMS Level 2 t.o.v. huidige situatie bepaald

- De opbrengsten van ERTMS Level 2 zijn bepaald door rij- en opvolgtijden voor ERTMS Level 2 en de huidige situatie met ATB spoorbeveiliging en seinstelsel NS 54' te berekenen
- De berekeningen zijn uitgevoerd op 3 baanvakken welke naar verwachting representatief zijn voor een landelijke beeld

ERTMS Level 2 toepassing resulteert in opvolgtijd- en rijtijdswinst

- ERTMS Level 2 toepassing resulteert ten opzicht van de huidige situatie in:
  - opvolgtijdswinst zowel op de vrije baan en emplacementen
  - Rijtijdswinst voor intercity's en Sprinters
- De rij- en opvolgtijdswinsten resulteren in reistijdswinst en punctualiteitwinst

Op basis van expert judgment is bepaald waar naast ERTMS Blokverdichting nodig is

- Experts hebben bepaald dat op 40 baanvakken/emplacementen enige mate<sup>2)</sup> van blokverdichting naast ERTMS Level 2 nodig is om aan de capaciteitsverwachtingen te kunnen voldoen
- De capaciteitsverwachtingen zijn gebaseerd een landelijke dienstregeling inclusief het Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) en OV SAAL

1) De mate van blokverdichting is uitgedrukt in drie niveaus

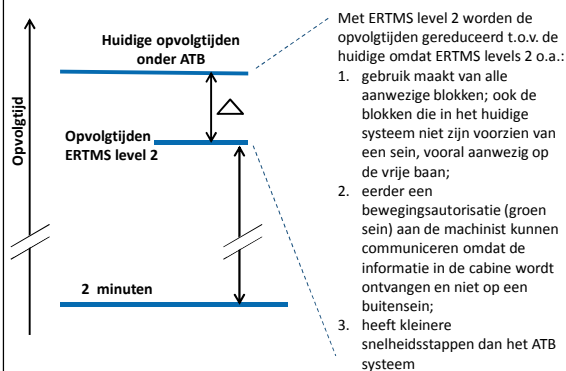


1) ProRail document: Capaciteitseffecten Level 2 Railmap ERTMS van 12 februari 2012 Finaal concept  
Deze rapportage is door VIA Consulting & Development GmbH inhoudelijk gereviewed

## ERTMS Level 2 implementatie op bestaande infrastructuur geeft een intrinsieke verhoging van de baanvakcapaciteit

2

### Opvolgtijdswinst ERTMS level 2 op bestaand netwerk



### Capaciteitsopbrengsten ERTMS Level 2

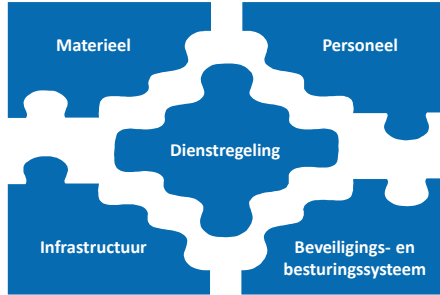
- Het door ProRail uitgevoerd capaciteitseffectenonderzoek (zie vorige pagina) heeft een inschatting opgeleverd van:
  - de te behalen baanvakcapaciteitsopbrengsten met ERTMS level 2 ten opzichte van de huidige situatie
  - de mate waarin blokverdichting naast ERTMS level 2 help bij het realiseren van de gewenste effecten op reistijden en kwaliteit van de dienstregeling
- Lokale omstandigheden zijn van invloed op de capaciteit die met ERTMS Level 2 en blokverdichting kan worden bereikt
- Voor alle specifieke locaties zullen capaciteitsberekeningen en simulaties noodzakelijke zijn om vast te stellen of ERTMS Level 2 voldoende is voor te leveren baanvakcapaciteit en in welke mate blokverdichting noodzakelijk

## Het realiseren van opvolgtijden van 2 minuten met ERTMS Level 2 vraagt het toepassen van maatregelen uit de Kort Volgen Toolbox<sup>1)</sup>

2



### Onderdelen van het spoorvervoersysteem die van invloed zijn op de opvolgtijden



### Toelichting

- Voor het realiseren van opvolgtijden van 2 minuten zijn, in aanvulling op toepassing van ERTMS level 2, aanvullende maatregelen nodig
- Belangrijke maatregelen met een relatief grote impact betreffen:
  - Blokverdichting:** Ontwerp van de beveiliging: de grootte van de blokken voor de treindetectie hebben een directe relatie tot de opvolgtijden; blokverdichting (in geval van bestaande infrastructuur) is een belangrijke maatregel om opvolgtijden van 2 minuten te kunnen realiseren
  - Daarnaast kunnen additionele maatregelen uit de Kort Volgen Toolbox worden gebruikt
  - opvolgtijdbrengst van kort volgen maatregelen is sterk afhankelijke van de lokale situatie

<sup>1)</sup> ProRail heeft de maatregelen om opvolgtijden te reduceren verzameld onder de naam Kort Volgen Toolbox, zie second opinion Kort Volgen voor het Ministerie van Infrastructuur en Milieu d.d. 12 juli 2012

## De opvolgtijd die op emplacementen gerealiseerd kan worden is maatgevend voor het introduceren van korte opvolgtijden van 2 min

2



### Vraag A

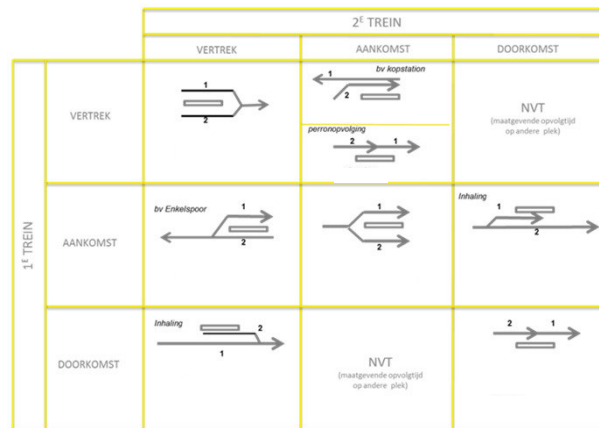
Wat zijn de maatgevende scenario's en/of situaties voor het realiseren van de baanvakcapaciteit?

### Antwoord en toelichting

Maatgevend is de opvolgtijd die op emplacementen gerealiseerd kan worden:

- Opvolgtijden van 2 minuten op de vrije baan zijn onder ERTMS level 2 bij snelheden van 200 km/h bewezen
- Toepassing van ERTMS level 2 op emplacementen is nog niet bewezen
- Huidige opvolgtijden voor treinbewegingen op emplacementen bij aankomst of vertrek van twee opeenvolgende treinen betreft 3 minuten

### Overzicht van opvolgtijden voor treinbewegingen op emplacementen (stations)



## Het dienstregelingsontwerp met de mix van treinen en toegepaste marges is een belangrijk capaciteits aspect

2

### Vraag B

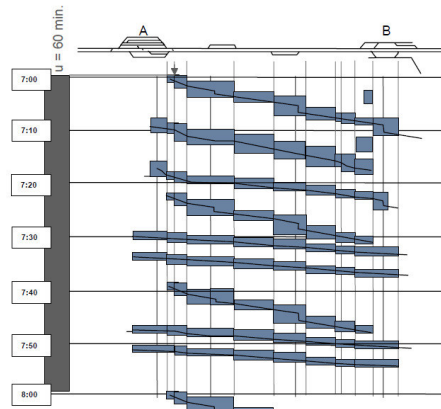
Wat zijn naast opvolgtijden relevante onderdelen voor de baanvakcapaciteit?

### Antwoord en toelichting

Belangrijkste onderdelen die naast opvolgtijden de baanvakcapaciteit bepalen zijn de treinenmix en de wijze waarop marges toegepast worden:

- Snelle treinen gebruiken minder capaciteit
- Combineren van zelfde treinsorten (zie bij 07:30 uur) resulteert in een efficiënter gebruik van de beschikbare infracapaciteit
- Toepassen van de marge op de rijtijd (vergelijk lineair verdeeld met marge bij eindstation) heeft een directe impact op de planbare infracapaciteit

**Tijd-weg diagram**  
Voorbeeld impact treinenmix



## Opvolgtijden van 2 minuten zijn in de praktijk gerealiseerd onder ERTMS level 2 op de vrije baan

2

### Vraag C

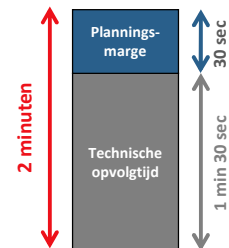
Wat zijn in de praktijk haalbare technische en operationele opvolgtijden en zijn opvolgtijden van 2 minuten met ERTMS Level 2 haalbaar?

### Antwoord en toelichting

In de praktijk zijn opvolgtijden van 2 minuten gerealiseerd, zowel onder ERTMS level 2 als vergelijkbare treinbeveiligingsystemen:

- Op de NBS Mattstetten-Rothrist in Zwitserland worden opvolgtijden van 2 minuten planmatig gerealiseerd; toepassing van ERTMS level 2 is hier slechts een onderdeel: alle onderdelen van het spoorvervoersysteem zijn geoptimaliseerd om deze opvolgtijd te realiseren
- Metro's met communication based train control systems (CBTC) maken het ook mogelijk om opvolgtijden van 2 minuten te realiseren; in combinatie met automatic train control zijn zelfs kortere opvolgtijden realiseerbaar
- Realisatie van opvolgtijden van 2 minuten in Nederland met ERTMS Level 2 vraagt blokverdichting van de huidige situatie

**Best practice opvolgtijden van 2 minuten**  
Voorbeelden van metro en Zwitserland



## Conclusies: Beoogde baanvakcapaciteitsverbetering (tot opvolgtijden van 2 min.) vraagt naast ERTMS L2 toepassing maatregelen uit de Kort Volgen Toolbox

### 2 Conclusies

- Het toepassen van ERTMS Level 2 op de bestaande baanvakken ("brown field toepassing") heeft een positief effect op de opvolgtijden en daarmee baanvakcapaciteit. De daadwerkelijke capaciteitsopbrengst is afhankelijk van de specifieke situatie
- De opvolgtijdopbrengst van ERTMS Level2 bij toepassing op bestaande baanvakken is onvoldoende om opvolgtijden van 2 minuten op de vrije baan te realiseren
- Het realiseren van opvolgtijden van 2 minuten op de bestaande vrije baan met ERTMS Level 2 vraagt ook het toepassen maatregelen uit de ProRail Kort Volgen Toolbox<sup>1)</sup> blokverdichting is hierbij een primaire maatregel maar daarnaast kunnen andere maatregelen uit de Kort Volgen Toolbox worden toegepast

1) ProRail heeft de maatregelen om opvolgtijden te reduceren verzameld onder de naam Kort Volgen Toolbox, zie second opinion Kort Volgen voor het Ministerie van Infrastructuur en Milieu d.d. 12 juli 2012. De Kort Volgen Toolbox bevat ruim 40 maatregelen waar de opvolgtijden mee kunnen worden gerealiseerd.

## Vervolgstappen voor het verifiëren van voldoende capaciteit bestaat uit het per baanvak bepalen van de noodzakelijk Kort Volgen maatregelen

### 2

- Stap 1 Bepaal - voor de baanvakken/emplacementen waar de experts van hebben vastgesteld dat blokverdichting nodig is - per baanvak op basis van berekeningen in welke mate de noodzakelijke opvolgtijden niet alleen met ERTMS Level 2 kunnen worden gerealiseerd
- Stap 2 Bepaal per baanvak/emplacement de mogelijke kort volgen maatregelen uit de ProRail Kort Volgen Toolbox die passen bij het betreffende baanvak<sup>1)</sup> en die naast ERTMS Level 2 en blokverdichting de noodzakelijk opvolgtijden kunnen resulteren
- Stap 3 Maak op (bedrijfs) economische gronden een afweging met welke Kort Volgen maatregelen de benodigde opvolgtijden/capaciteitsopbrengsten voor de specifieke baanvakken en emplacementen kunnen worden gerealiseerd

1) Hierbij moet rekening worden gehouden dat verschillende kort volgen maatregelen locatie specifiek zijn en dat er kort Volgen maatregelen zijn die alleen landelijke kunnen worden ingevoerd en effect hebben alle baanvakken en emplacementen, planning en besturing op niveau van tienden van een minuut, is hiervan een voorbeeld



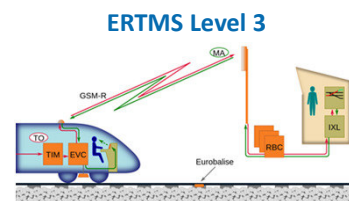
## Aandachtsgebied 3

De ontwikkeling van ERTMS Level 3 is op dit moment niet als alternatief meegenomen omdat een “bewezen” ERTMS level 3 toepassing in de nabije toekomst niet is te verwachten

### Min. IenM heeft LeighFisher gevraagd een korte analyse uit te voeren m.bt de beschikbaarheid van ERTMS L3

3

- Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en de spoorsector ontwikkelen de strategie voor de invoering van ERTMS in Nederland
- Momenteel wordt een Nota Alternatieven voor de invoering van ERTMS opgesteld als basis voor een voorkeursbeslissing
- Het Ministerie wenst meer zekerheid omtrent de vraag wanneer een voor de Nederlandse markt bewezen ERTMS level 3 toepassing<sup>1)</sup> kan worden verwacht?



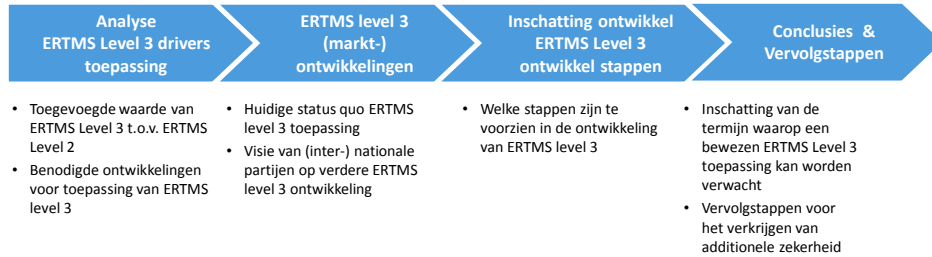
1) Een bewezen toepassing is hier geïnterpreteerd als in de praktijk toegepaste ERTMS Level 3 toepassing op een dubbel spoorbaanvak met meerdere (min 4) treinen per uur per richting



## Met een vier stappen aanpak is een beeld gevormd waarbij gebruik gemaakt is van internationale ervaring

3

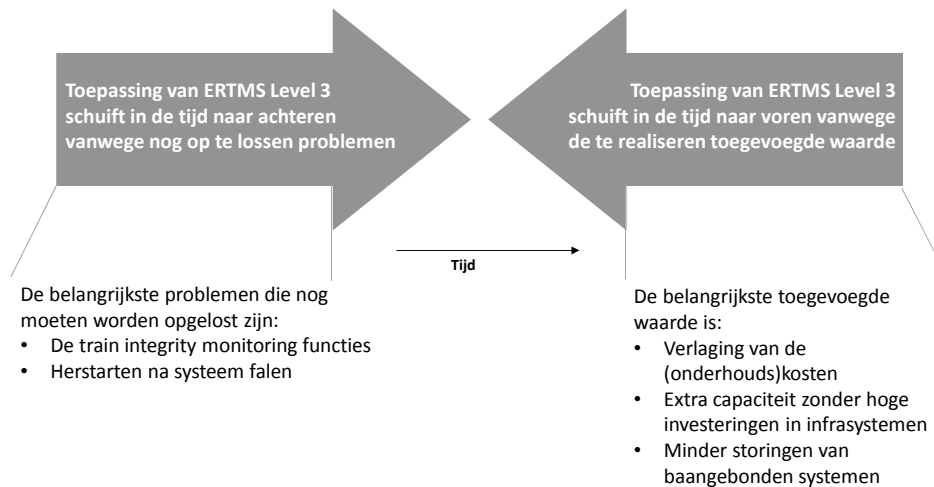
### Overzicht van de aanpak



## Het tijdstip waarop ERTMS Level 3 kan worden toegepast wordt bepaald door op te lossen problemen en de toegevoegde waarde

3

### Bepalende factoren voor het tijdstip waarop ERTMS level 3 toepassing kan worden verwacht



## De toegevoegde waarde van ERTMS Level 3 t.o.v. Level 2 is 1) lagere kosten voor de infrastructuur en 2) extra baanvakcapaciteit

3

### ERTMS Level 3 heeft t.o.v. ERTMS Level 2 lagere onderhoudskosten

- De kosten voor infrastructuur onderhoud worden o.a. bepaald door de aanwezige systemen in het spoor
- Een ERTMS Level 2 systeem bevat:
  - spoorstroomlopen met elektrische scheidingslassen of assentellers
- Een ERTMS Level 3 systeem bevat:
  - geen spoorstroomlopen of assentellers
- De technische verschillen tussen ERTMS level 2 en 3 hebben de volgende consequenties voor de onderhoudskosten:
  - Geen kosten voor spoorstroomlopen en elektrische scheidingslassen of assentellers
  - Minder onttrekking van de infrastructuur voor onderhoud van deze systemen

### ERTMS Level 3 levert ten opzicht van ERTMS Level 2 extra baanvakcapaciteit

- Treinbeveiliging is gebaseerd op het opdelen van het spoor in blokken. In één blok kan zich maximaal één trein bevinden. Kleinere blokken leveren kortere opvolgtijden tussen treinen en daarmee grotere baanvakcapaciteit
- ERTMS level 2 beveiligingssysteem maken gebruik van fysieke blokken in de infrastructuur. De lengte en daarmee ook het aantal blokken worden bepaald door de treindetectiesystemen (spoorstroomlopen of assentellers)
- ERTMS Level 3 maakt gebruik van virtuele blokken. Deze blokken worden in de software van het beveiligingssysteem gedefinieerd. Hiermee kan tot een optimale invulling van de blokken worden gekomen ten einde de baanvakcapaciteit te optimaliseren.

## ERTMS Level 3 toepassing vraagt oplossingen voor 1) het trein integriteitsprobleem en 2) het herstarten bij uitval van het beveiligingssysteem

3

### Trein integriteitsprobleem

- Treinen dienen compleet te blijven. Indien een treinstel breekt of een trein verliest wagens of rijtuigen dient het beveiligingssysteem hierop te acteren
- Met een ERTMS Level 2 beveiligingssysteem worden niet complete treinen automatisch gedetecteerd door de baangebonden trein detectiesystemen
- Met een ERTMS Level 3 beveiligingssysteem dienen de treinen zelfs de compleetheid vast te stellen en via GSM-R te communiceren aan de beveiligingssysteem van de infrastructuur omdat baangebonden treindetectiesystemen ontbreken. De functionaliteit in de trein staat bekend onder de naam Train Integrity Monitor (TIM)

### Herstarten na uitval van het beveiligingssysteem

- Bij het herstarten van het beveiligingssysteem, na uitval, moet worden bepaald waar de treinen zich bevinden. Op basis van deze informatie worden bewegingsautorisaties aan de treinen gegeven om het treinverkeer weer op te starten
- ERTMS Level 2 beveiligingssysteem bepalen de treinposities met behulp van de aanwezig baangebonden treindetectiesystemen (spoorstroomlopen of assentellers)
- ERTMS Level 3 beveiligingssysteem beschikken niet over baangebonden treindetectiesystemen om de posities van de treinen te bepalen.
  - De wijze waarop de treinpositie gaat worden bepaald moet nog worden opgelost.
  - Een mogelijke oplossing is het loodsen. Loodsen kan alleen op lage snelheid (max. 40 km/uur) door de treinen waarvan de positie bekend is. Deze oplossing resulteert in een lange doorlooptijd omdat het volledige spoor moet worden bereden

## Voor het bepalen van de huidige stand van marktontwikkeling van ERTMS Level 3, is de ontwikkeling voor vier werkstromen in kaart gebracht

3

1  
ERTMS Level 3 Praktijk ervaringen

- In Zweden en Nederland wordt/is praktijkervaringen opgedaan

zie slide 44

2  
ERTMS Level 3 studies

- Het Department of Transport (Verenigd Koninkrijk) heeft in 2009 een uitgebreide studie naar ERTMS Level 3 laten uitvoeren

zie slide 45

3  
Visie van infrabeheerder op ERTMS Level 3

- Van 7 Europese infrabeheerder is een visie op ERTMS Level 3 ontwikkeling bekend

zie slide 46

4  
Inschatting ontwikkel traject ERTMS Level 3

- ERTMS Level 3 kan worden vergeleken met Communication Based Train Control Systemen (CBTC) voor metro.
- De ervaring met de CBTC de ontwikkeling van de eerste CBTC toepassingen leert dat na aanbesteding 8 -10 jaar nodig is voor de ontwikkeling van een betrouwbaar systeem lees bewezen toepassing

## ERTMS Regional (Level 3 variant voor lijnen met beperkt treinverkeer) is geïntroduceerd in Zweden en ProRail heeft ERTMS L 3 testen uitgevoerd

3

### ERTMS Regional toepassing op Västerdalsbanan in Zweden

- Västerdalsbanan is een 143 km enkelsporig baanvak voor goederentreinen
- ERTMS regional<sup>1)</sup> is ontwikkeld op de principes van ERTMS Level 3 voor regionale met een lage baanvakcapaciteit met als doel kosten te besparen
  - baangebonden treindetectie is niet aanwezig
  - Train Integrity Monitoring procedureel opgelost, Train Integrity Monitor in het materieel is niet nodig
- ERTMS level 3 regional op Västerdalsbanan commercieel operationeel sinds 21 februari 2012
- ERTMS regional is een stap in de ontwikkeling van ERTMS Level 3 voor "main lines"<sup>2)</sup>

1) Voor ERTMS regional is een aparte specificatie opgesteld  
2) dubbelsporig baanvak met meerdere treinen per uur per richting

### ERTMS Level 3 met baangebonden detectie test op Flevolijn

- ProRail heeft in samenwerking met leveranciers Bombardier en Alstom een ERTMS Level 3 test uitgevoerd
- Doelstelling:  
het beproeven een toepassing van ERTMS level 3 met baangebonden detectie op de Flevolijn
- Conditie:  
  - materieel en infrastructuur voorzien van beschikbare systemen ERTMS Level 3 systemen.
  - Laboratorium achtig omgeving
- Resultaat:  
van het merendeel van de functies die zijn getest is vastgesteld dat deze geheel of gedeeltelijk functioneren zoals voorzien
- Leveranciers hebben op basis van de test geen uitspraak gedaan over doorlooptijd verder ontwikkeling ERTMS Level 3 (met baangebonden detectie)

## Het Verenigd Koninkrijk heeft in 2009 de voordelen en de risico's van ERTMS Level 3 t.o.v. ERTMS Level 2 laten onderzoeken

3

De Departement of Transport (DfT) (Verenigd Koninkrijk) heeft in 2009 een uitgebreide studie naar risico's en voordelen van ERTMS Level 3 laten uitvoeren. Deze studie laat de onderstaande voordelen en risico's <sup>1)</sup>.

### Voordelen

- ERTMS Level 3 heeft 25% lagere investeringskosten t.o.v. ERTMS level 2
- Onderhoudskostenreductie
- De Rol van machinist gaat veranderen
- 14% verbetering van vertragingminuten t.o.v. ERTMS Level 2
- ERTMS Level 3 levert capaciteitsopbrengsten maar kostenbesparing is een belangrijkere drive voor de invoering van ERTMS level 3 in het Verenigd Koninkrijk
- Capaciteits en kosten voordelen zijn met name mogelijk:
  - op lijnen met een capaciteitsproblemen, besparing aanleg additionele sporen;
  - Op lijnen met beperkt treinverkeer kostenvoordeel
- Op complexe infrastructuur (zoals emplacementen) zijn de minste opbrengsten (zie punten 1 t/m4 hierboven) van ERTMS level 3 te verwachten mede omdat een vorm van baangebonden detectie hier mogelijk noodzakelijk is

### Risico

- ERTMS level 3 vraagt aanpassing van de om board materieelsystemen, retrofit programma's van ERTMS laten zien
- De toenemen afhankelijkheid van GSM-R communicatie vraag een beschikbaar en integer netwerk
- Train integriteit moet worden gerealiseerd niet door een product te realiseren maar de eisen op systemniveau te definiëren
- Een volledig veiligheidsanalyse zal moeten worden uitgevoerd
- Afstemming met de industrie of ERTMS level 3 wordt ontwikkeld op basis van "moving block" of "virtual block"

<sup>1)</sup> Dit zijn voordelen en risico's van UK perspectief maar deze zijn voor het merendeel ook van toepassing in andere landen

## ERTMS Regional is meest concrete Level 3 toepassing en ERTMS L3 toepassing voor hoofdsporen wordt door enkele partijen voorzien over circa 10 jaar

3

### Overzicht van de toepassingen van ERTMS Level 3 en ERTMS Regional<sup>1)</sup>

Denemarken, Banedanmark richt zich tot 2021 op de Implementatie van ERTMS Level 2  
Voorzien gecombineerd ERTMS Level 2/3 toepassing op hoofdspoorwegen in periode 2020-2025

Frankrijk, RFF heeft belangstelling voor ERTMS Regional

Spanje, ADIF voor zien op dit moment geen ERTMS Level 3

Zweden Banverket heeft ERTMS Regional toepassing op 12 feb 2012 commercieel in gebruik genomen  
Voorzien verdere uitrol van ERTMS Regional op 5-6 lijnen met Beperkt treinverkeer

Duistland, DB heeft belangstelling voor ERTMS level 3 toepassing en laat onderzoek uitvoeren naar oplossingen voor Train Integriteitsprobleem

Zwitserland, SBB heeft op dit moment geen belangstelling voor ERTMS Level 3.  
Zien voor toekomst

- ERTMS Regional niet eerder dan 2020
- ERTMS hoofdsporen niet eerder dan 2025

Italië, RFI, voorzien voor de midden lange termijn geen ERTMS Level 3 toepassing

ERTMS Level 3  
belangstelling/toepassing

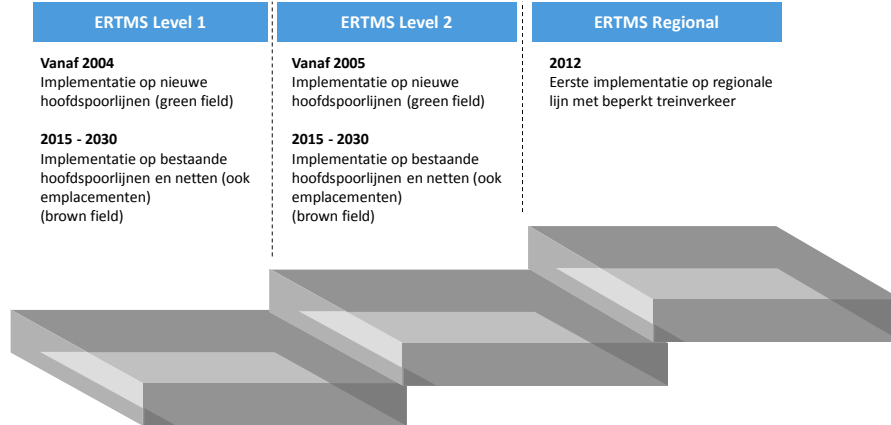
ERTMS level 3 niet voorzien

<sup>1)</sup> Bovenstaande gegevens zijn gebaseerd op ERTMS Level 3 risk and Benefits to UK railway report (2009) en contacten met SBB en Banedanmark

## De ontwikkeling van ERTMS beveiligingssysteem kent een stapsgewijze introductie en doorontwikkeling sinds 2004

3

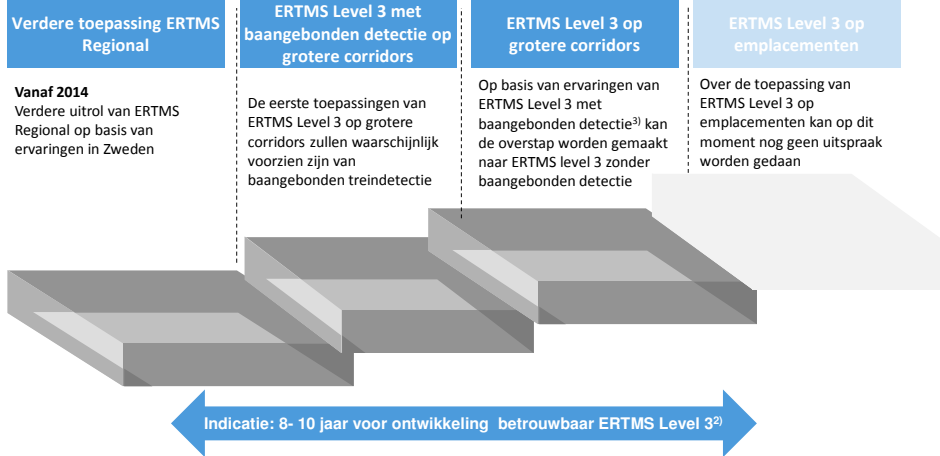
### Overzicht van invoering ERTMS voor de verschillende ERTMS levels



## De ontwikkeling van ERTMS L3 zal tevens stapsgewijs worden uitgevoerd, met een ontwikkeltijd vergelijkbaar met andere CBTC<sup>1)</sup> systemen

3

### Mogelijke stappen in ontwikkeling ERTMS Level 3 Gebaseerd op expert judgement



1) CBTC: communication based train control system

2) Doorlooptijd gebaseerd op ontwikkeltermijn van eerste CBTC toepassingen

3) Zie aandachtgebied 4 is ERTMS Level 2+ een reëel alternatief voor de Nederlandse ERTMS strategie?

## Conclusies: Een bewezen ERTMS Level 3 toepassing<sup>1)</sup> is op zijn vroegst rond 2025 te verwachten en sterk afhankelijk van een initiatiefnemer

3

### Conclusie 1

De huidige focus voor de ontwikkeling van ERTMS Level 3 ligt op ERTMS regional (ERTMS Level 3 variant voor lokale spoorlijnen met een lage trein intensiteit)

### Conclusie 2

Op basis van de beperkte beschikbare informatie over ERTMS Level 3 is de indicatie dat een bewezen toepassing van ERTMS Level 3 op baanvakken<sup>2)</sup> op zijn vroegst rond 2025 is te verwachten; de ontwikkeltijd voor een betrouwbare ERTMS Level 3 toepassing wordt geschat op 8-10 jaar.

Initiatieven zijn nog niet genomen en commitment van betrokken partijen (infrabeheerder en vervoerders<sup>3)</sup>) is hiervoor noodzakelijk

### Aanbeveling

De ontwikkeling van ERTMS Level 3 kan mogelijk worden versneld door samen met geïnteresseerde landen initiatieven voor ERTMS Level 3 te ontwikkelen en oplossingen voor te open problemen te ontwikkelen en belangrijke ontwerpkeuze<sup>4)</sup> voor het ontwerp te kiezen

1) Een bewezen toepassing is hier geïnterpreteerd als in de praktijk toegepaste ERTMS Level 3 toepassing op een dubbel spoorbaanvak met meerdere (min 4) treinen per uur per richting

2) Over het toepassen van ERTMS level 3 op complexere infrastructuur zoals emplacement bij stations kan geen uitspraak worden gedaan

3) Indien volledig commitment van alle partijen niet mogelijk is kan ERTMS level 2+ een oplossing bieden, zie pagina 63

4) Hierbij moet worden gedacht aan de prestatie-eisen voor trein integriteit, de keuze tussen "moving block" en "virtual block".

## De vervolgstappen voor ERTMS Level 3 indien ERTMS Level 3 onderdeel uitmaakt van de ERTMS implementatiestrategie

3

Indien ERTMS Level 3 toepassing wordt opgenomen in ERTMS Strategie, in de periode 2025-2030, wordt geadviseerd actief invloed uit te oefenen om de ontwikkeling in gang te zetten doormiddel van de volgende stappen:

Stap 1      Onderzoek welke infrastructuurmanagers en vervoerders belangstelling hebben in toepassing van ERTMS level 3

Stap 2      Met de geïnteresseerde infrastructuurmanagers, vervoerders en de leveranciers streven naar een plan om tot ERTMS level 3 (pilot) projecten op "main lines" te komen met aandacht voor o.a. de belangrijke ontwerpkeuzes



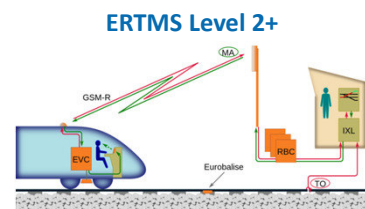
## Aandachtsgebied 4

Is ERTMS Level 2+ een reëel alternatief voor de Nederlandse ERTMS strategie?

### Min. IenM heeft LeighFisher gevraagd een korte analyse uit te voeren m.bt de realiteit van ERTMS L2+ voor de Nederlandse ERTMS strategie

4

- Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en de spoorsector ontwikkelen de strategie voor de invoering van ERTMS in Nederland
- Momenteel wordt een Nota Alternatieven voor de invoering van ERTMS opgesteld als basis voor een voorkeursbeslissing
- Het Ministerie wenst meer zekerheid omtrent de vraag is of ERTMS level 2+ een reëel alternatief is voor de Nederlandse ERTMS strategie?



1) Een bewezen toepassing is hier geïnterpreteerd als in de praktijk toegepaste ERTMS Level 3 toepassing op een dubbel spoorbaanvak met meerdere (min 4) treinen per uur per richting

## Met een 4 stappen aanpak is bepaald of ERTMS Level 2+ een reëel alternatief is voor de Nederlandse ERTMS implementatie strategie?

4

### Overzicht van de aanpak



De probleemstelling is vertaald naar onderzoeksvragen voor:

- Technische en operationele haalbaarheid
- Interoperabiliteit
- Ontwikkelingsprijkkels

- Inhoudelijke analyse van ERTMS functies en ERTMS Level 2+ invulling
- Bepalen van potentiële problemen en risico's

Beantwoorden van de onderzoeksvragen voor:

- Technische en operationele haalbaarheid
- Interoperabiliteit
- Ontwikkeling van ERTMS Level 2+
- Belangstelling bij buitenlandse partijen

- Onder welke condities is ERTMS level 2+ een reëel alternatief
- Vervolgstappen voor het verkrijgen van additionele zekerheid

## De onderzoeksvraag of ERTMS level 2+ een reëel alternatief is voor de Nederlandse ERTMS strategie is vertaald naar 7 deelvragen

4

De onderzoeksvraag is vertaald naar de volgende detail vragen op drie onderwerpen:

### Technische en operationele haalbaarheid

1. Is ERTMS Level 2+ technisch en operationeel haalbaar en wat zijn de belangrijkste voordelen, problemen / risico 's.
2. Kan ERTMS Level 2+ worden geüpgraded naar ERTMS Level 3?

### Interoperabiliteit

3. Is ERTMS Level 2+ interoperabel?
4. Wordt met ERTMS Level 2+ een specifieke Nederlandse ERTMS versie ontwikkeld voor materieel en of infrastructuur?
5. Wordt ERTMS level 2 + ondersteund door de ERA specificaties?
6. Indien ERTMS Level 2+ niet wordt ondersteund door de ERA specificaties wat zijn de mogelijkheden om ERTMS level 2+ in de ERA specificaties te krijgen, is hiervoor draagvlak?

### Ontwikkeling

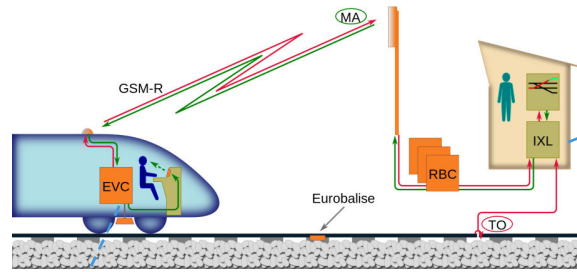
7. Indien ERTMS level 2+ technisch en operationeel haalbaar is:
  - a. Wil de industrie ERTMS level 2+ ontwikkelingen?
  - b. wanneer zou het in Nederland kunnen worden toegepast?
  - c. zijn andere landen geïnteresseerd om ERTMS Level 2+ toe te passen?



## Drie functies van het treinbeveiligingssysteem zijn voor de analyse van ERTMS level 2+ relevant

4

### Drie voor ERTMS Level 2+ relevante functies



1 Doorgeven van "bewegings autorisatie" aan de treinen

De interlocking (IXL) bepaalt voor alle treinen waar ze veilig kunnen rijden en met welke maximum snelheid/over welke afstand. De interlocking bepaalt het bovenstaande op basis van o.a. spoor lay-out en de individuele posities van de treinen <sup>1)</sup>

3 Is de trein compleet, heeft de trein geen wagens/rijtuigen verloren

2 Positiebepaling van de treinen en communicatie van de posities aan de Interlocking (IXL)

1) De interlocking functie is voor alle ERTMS level gelijk

## De invulling van de 3 functies laten zien dat ERTMS Level 2+ technische gezien een combinatie is van ERTMS Level 3 met baangebonden detectie <sup>1)</sup>

4

### Primaire functie invulling voor de ERTMS Levels

Functies	ERTMS Level 2	ERTMS Level 3	ERTMS Level 2+
Positiebepaling van de treinen en communiceren aan de Interlocking (IXL)	Doormiddel van baangebonden treindetectie dit zijn: <ul style="list-style-type: none"> <li>Spoorstroomlopen, of</li> <li>Assentellers</li> </ul>	Trein bepaalt positie <ul style="list-style-type: none"> <li>De treinpositie wordt door de trein bepaald met behulp van: odometrie en Eurobalises in de infrastructuur</li> <li>De treinpositie wordt met behulp van GSM-R aan de interlocking / Radio Block Centre gecommuniceerd</li> </ul>	Parallele invulling: <ol style="list-style-type: none"> <li>Trein bepaalt positie <ul style="list-style-type: none"> <li>De treinpositie wordt door de trein bepaald met behulp van: odometrie en Eurobalises in de infrastructuur</li> <li>De treinpositie wordt met behulp van GSM-R en het RBC aan de interlocking gecommuniceerd</li> </ul> </li> <li>en</li> <li>baangebonden treindetectie dit zijn: <ul style="list-style-type: none"> <li>Spoorstroomlopen, of</li> <li>Assentellers</li> </ul> </li> </ol>
"Bewegingsautorisatie" <ul style="list-style-type: none"> <li>Doorgeven van bewegingsautorisatie en maximum snelheid van de interlocking aan de treinen</li> </ul>	De interlocking / RBC combinatie communiceert via GSM-R naar de EVC's van de treinen	Identiek aan ERTMS Level 2	Identiek aan ERTMS Level 2
Trein integriteit <ul style="list-style-type: none"> <li>Is de trein compleet, heeft de trein geen wagens/rijtuigen verloren</li> </ul>	De baangebonden treindetectie (spoorstroomlopen of assentellers) vervullen deze functie	De trein beschikt over een Train Integrity Monitor waarmee de volledigheid van de trein wordt vastgesteld	Twee invullingen <sup>2)</sup> <ol style="list-style-type: none"> <li>De trein beschikt over een Train Integrity Monitor waarmee de volledigheid van de trein wordt vastgesteld;</li> <li>en</li> <li>De baangebonden treindetectie (spoorstroomlopen of assentellers) vervullen deze functie</li> </ol>

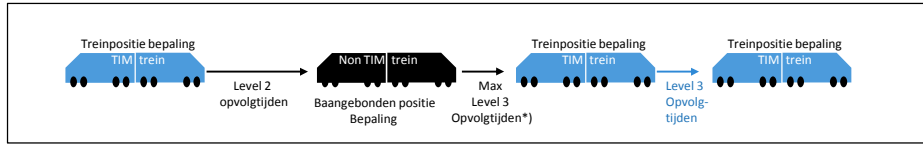
1) Uitgangspunt is dat ERTMS Level 2+ wordt toegepast op bestaande infrastructuur waarbij gebruik wordt gemaakt van de aanwezige baangebonden treindetectiesystemen.

2) Omdat de "Train Integrity Monitor" voor o.a. goederen treinen niet beschikbaar is maken de Interlocking / RBC combinaties voor deze treinen gebruik gemaakt van de baangebonden treindetectie systemen. Voor treinen die wel over "Train Integrity Monitor" beschikken wordt door interlockings / RBC combinaties geen gebruik van de baangebonden treindetectie systemen maar van de informatie van de treinen.

## Capaciteitsopbrengsten van ERTMS level 2+ zijn afhankelijk van het aantal treinen zonder Train Integrity Monitor (TIM)

4

### Visualisatie opvolgtijden Bij ERTMS level 2+ toepassing



#### ERTMS Level 2+ is gemengd ERTMS Level 2 en Level 3 gebruik

- Treinen zonder Train Integrity Monitor (TIM) maken gebruik van baangebonden treindetectiesystemen → ERTMS Level 2
- Treinen met Train Integrity Monitor rijden op treinpositiebepaling → ERTMS Level 3

#### Het gemengd ERTMS heeft de volgende consequenties voor de opvolgtijden

- Non TIM treinen → ERTMS Level 2 blokindeling opvolgtijden
- TIM treinen → ERTMS Level 3 opvolgtijden
- Eerste TIM trein achter non TIM trein → ERTMS Level 2 blokindeling opvolgtijden
- capaciteitssynthese  
Minimale capaciteit → ERTMS Level 2 (blokindelings) capaciteit met TIM en non TIM treinen alternerend  
Maximale capaciteit → ERTMS Level 3 capaciteit met alleen TIM treinen

\* Theoretisch kan een non-TIM trein op Level 3 afstand achter een TIM trein kunnen rijden. Omdat een non-TIM trein formeel geen ERTMS level 3 trein is (TIM functionaliteit ontbreekt) zal o.a. m.b.v. veiligheidsanalyse moeten worden vastgesteld of in de praktijk level 3 opvolgtijden voor alle faalwijze van systemen ook haalbaar is

## Op basis van ontwikkelingen op het gebied van spoorbeveiliging lijkt ERTMS level 2+ op termijn technisch en operationeel haalbaar

4

Vraag 1 Is ERTMS Level 2+ technisch en operationeel haalbaar en wat zijn de belangrijkste voordelen, problemen / risico's

#### De technische en operationele haalbaarheid van ERTMS Level 2+ vraagt ontwikkeling op 3 punten

1. Ontwikkeling van ERTMS Level 3
  - Materieel, toegelaten en gecertificeerd voor ERTMS Level 3 toepassing
  - TIM functionaliteit en integratie hiervan met het beveiligingssysteem van de treinen
  - Vrijgave van ERTMS Level 3 infrastructuursystemen
  - Oplossingen voor herstarten bij systeem falen
2. Ontwikkeling van Interlocking/Radio Block Centre om te kunnen omgaan met twee bronnen van positie-informatie:
  1. baangebonden treindetectie van treinen zonder Train Integrity Monitor (TIM), bijvoorbeeld goederen treinen
  2. Positiebepaling door treinen van treinen voorzien van TIM
3. Ontwikkeling operationele procedures: op welke wijze wordt het beveiligingssysteem na uitval herstart

#### Status van de technische en operationele ontwikkelingen voor ERTMS Level 2+

1. Onderbouwing ontwikkeling ERTMS Level 3
    - ERTMS Level 3 is gespecificeerd en het concept wordt beproefd,
      - toepassing ERTMS regional (gebaseerd op ERTMS level 3) op een regionale lijn in Zweden, zonder TIM functionaliteit in de trein
      - ProRail Proef of Concept ERTMS Level 3 op de Flevolijn (uitgevoerd eerste helft 2013)
    - TIM oplossingen worden ontwikkeld (Bombardier ontwikkelt end of train detection system)
    - Communication Based Train Control (CBTC) toepassingen bij metrolijnen, conceptueel vergelijkbaar met ERTMS Level 3
    - De capaciteitsopbrengsten van ERTMS level 3 zijn in de praktijk nog niet bewezen
  2. Het gebruik van twee positiebepalingssystemen is toegepast bij de Communication Based Train Control (CBTC) systemen op Jubilee and Northern Line van de London Underground
    - London Underground ervaring: besturings- en beveiligingssysteem worden complexer
    - **Risico:** uit de veiligheidsanalyse kunnen maatregelen volgen die impact hebben op de capaciteitsopbrengsten. **Beheersmaatregel:** veiligheidsanalyse in het ontwikkelproces naar voren halen
    - **Risico:** ontwikkelen van deze functies kan resulteren in unicaten voor Nederland waarbij niet meer kan worden aangesloten bij internationale ontwikkelingen van Interlocking/Radio Block Centres. **Beheersmaatregelen:** ERTMS level 2+ gezamenlijk met buitenlandse partijen ontwikkelen
- Voor Level 2 zijn procedures beschikbaar voor herstart (HSL-Zuid, Betuweroute). Deze procedures kunnen als uitgangspunt voor het herstarten van ERTMS Level 2+ worden gebruikt

## Upgraden van ERTMS Level 2+ naar Level 3 kan indien Trein Integrity en het herstarten na systeemuitval zijn geregeld

### 4 Vraag 2 Kan ERTMS Level 2+ worden geüpgraded naar ERTMS Level 3?

Upgraden van ERTMS Level 2+ naar Level 3 betekent dat de additionele toegevoegde waarde van ERTMS Level 3 worden gerealiseerd

#### Voorwaarde voor upgraden naar ERTMS Level 3

Alle treinen dienen te zijn voorzien van Train Integrity Monitoring (TIM), hiermee wordt de volledige capaciteitsopbrengst gerealiseerd omdat automatisch volledig onder Level 3 gereden wordt

De baangebonden detectiesystemen kunnen worden weggenomen indien:

- voldoende vertrouwen is in de bedrijfszekerheid van het ERTMS level 3 systeem; en
- werkbare oplossingen beschikbaar zijn in geval van een "dode trein" en het opstarten van het systeem bij een volledige uitval.

Een mogelijke oplossing is veegritten met trein(en) waarvan de positie bekend is. Veegritten nemen tijd in beslag maar als de frequenties volledige uitval lag is kan het een acceptabele oplossing zijn

#### Toegevoegde waarde ERTMS Level 3

Capaciteitsopbrengsten door korte opvolgtijden

Kostenreductie door wegnemen van baan-gebonden detectiesystemen

## ERTMS Level 2+ past binnen de ERTMS specificaties en voldoet aan de interoperabiliteitsuitgangspunten

### 4 3 t/m 6 Interoperabiliteitsvragen

Interoperabiliteitsvragen	Antwoorden
3 Is ERTMS Level 2+ interoperabel?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technische interoperabiliteit materieel                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Materieel geschikt voor ERTMS Level 2+ infrastructuur is technisch minimaal interoperabel met ERTMS Level 1 en 2</li> <li>Interoperabel met Level 3 infrastructuur indien trein Level 3 is gecertificeerd</li> </ul> </li> <li>Operationele interoperabiliteit                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Is geregeld indien operationele regels voor sec rijden onder ERTMS Level 2 en Level 3 interoperabel is (buiten de scope van deze vraag)</li> <li>Additionele operationele regels zouden noodzakelijk kunnen zijn voor specifiek faalgedrag van ERTMS Level 2+ (deze volgen uit de veiligheidsanalyse, zie slide 7)</li> </ul> </li> </ul>
4 Wordt met ERTMS Level 2+ een specifieke Nederlandse ERTMS versie ontwikkeld voor materieel en of infrastructuur?	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERTMS Level 2+ is in overeenstemming met de ERTMS specificaties.</li> <li>ERTMS Level 2+ vraagt wel specifieke functionaliteit in Interlocking/RBC, dit kan resulteren in specifieke Nederlandse uitvoeringsvormen waardoor niet meer kan worden aangesloten bij ontwikkelingen van Interlocking/RBC voor andere landen</li> </ul>
5 Wordt ERTMS level 2+ ondersteund door de ERA specificaties?	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERTMS Level 2+ is in lijn met de ERA ERTMS specificaties</li> </ul>
6 Indien ERTMS Level 2+ niet wordt ondersteund door de ERA specificaties wat zijn de mogelijkheden om ERTMS level 2+ in de ERA specificaties te krijgen, is hiervoor draagvlak?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Is niet van toepassing, zie antwoord hierboven</li> </ul>

## ERTMS L 2+ ontwikkeling wordt bepaald door vraag naar toegevoegde waarde: transitie naar ERTMS Level 3 en extra capaciteit zonder infra aanpassing

- 4 Vraag 7 Indien ERTMS level 2+ technisch en operationeel haalbaar is:
- Wil de industrie ERTMS level 2+ ontwikkelingen?
  - wanneer zou het in Nederland kunnen worden toegepast?
  - zijn andere landen geïnteresseerd om ERTMS Level 2+ toe te passen?

### ERTMS Level 2+ biedt toegevoegde waarde bij de migratie van ERTMS Level 2 naar ERTMS Level 3

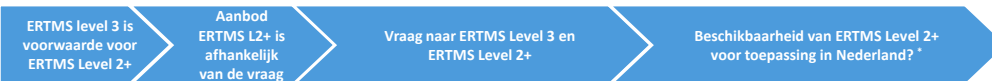
- Bedrijfszekerheid van ERTMS level 3 is een groot risico met name bij het compleet falen van het beveiligingssysteem en vervolgens herstarten. Herstarten zal de nodige tijd in beslag nemen omdat moet worden vastgesteld waar alle treinen zich bevinden
- ERTMS Level 2+ bevat een ingebouwde "fall back", bij het volledig falen kan de baangebonden detectie worden gebruikt om te herstarten
- Aandachtspunt:  
Bij een de daadwerkelijke overstap van Level 2 naar Level 3 met ERTMS level 2+ is de omvang (aantal baanvakken) dat met Level 2+ wordt uitgerust en het aantal jaren/maanden waarin Level 2+ wordt gebruikt van belang omdat ERTMS Level 2+ is ten opzichte ERTMS Level 3 extra kosten met zich meebrengt vanwege de toepassing van de baangebonden treindetectiesystemen

### ERTMS Level 2+ biedt extra baanvakcapaciteit maar dit kan ook worden bereikt met blokverdichting onder ERTMS level 2

- Indien op een bestaand baanvak waar ERTMS Level 2 wordt geïntroduceerd baangebonden treindetectie aanwezig is biedt ERTMS Level 2+ de mogelijk extra baanvakcapaciteit te creëren zonder toevoeging van extra baangebonden treindetectie
- De extra baanvakcapaciteit is echter afhankelijk van aantal treinen dat onder ERTMS Level 3 kan rijden, dat wil zeggen ERTMS level 3 gecertificeerd en voorzien van een Train Integrity Monitor (zie slide 6)
- Extra baanvakcapaciteit kan ook worden verkregen door blokverdichting bij ERTMS level 2 toe te passen
- Uitgaande van de behoefte aan extra baanvakcapaciteit geeft een financiële afweging tussen blokverdichting onder ERTMS Level 2 en de ontwikkeling ERTMS Level 2+ uitsluitel welke optie financieel het meest interessant is

## ERTMS Level 2+ beschikbaarheid is afhankelijk van de vraag van de infrastructuur managers

- 4 Vraag 7 Indien ERTMS level 2+ technisch en operationeel haalbaar is:
- Wil de industrie ERTMS level 2+ ontwikkelingen?
  - wanneer zou het in Nederland kunnen worden toegepast?
  - zijn andere landen geïnteresseerd om ERTMS Level 2+ toe te passen?



Voorwaarde voor de toepassing van ERTMS Level 2+ is de toepassing van ERTMS Level 3 waar bij:

- TIM oplossing niet volledig geregeld
- Systeemherstart kan gebruikmaken van baangebonden treindetectie

De ontwikkeling van ERTMS Level 2+ en Level 3 door de industrie wordt bepaald door vraag van Infrastructuur Managers

- De onderstaande Infrastructuur managers hebben aangegeven interesse te hebben in ERTMS Level 3 en Level 2+ om kostenreductie, vergroten capaciteit en verhogten betrouwbaarheid
  - NetworkRail (UK)
  - RFI (Italië)
  - RFF (Frankrijk)
  - Trafikverket (Zweden)
- Banedanmark introduceert op dit moment landelijk ERTMS Level 2 (gereed 2021). Op termijn wordt de toepassing van de combinatie van ERTMS Level 2 en 3 voorzien als stap naar toepassing van ERTMS Level 3. ERTMS Level 3 wordt op "main lines" over 5-10 jaar voorzien
- Zwitserland voorziet rond 2039 of later volledige introductie van ERTMS Level 2. Benodigde capaciteitsuitbreiding wordt met ERTMS Level 2 gerealiseerd. Level 3 is niet voorzien.

#### Optie 1

- Nederland gaat met andere infrastructuur managers de toepassing ERTMS Level 3 en Level 2+ is ontwikkelen. De beschikbaarheid wordt hiermee afhankelijk van de agenda van andere partijen maar:
  - Ervaringen en ontwikkelkosten worden gedeeld
  - Nederland kan gebruik gaan maken van meer internationaal afgestemde en gestandaardiseerde apparatuur

#### Optie 2

- Nederland neemt een leidende rol en gaat samen met de industrie ERTMS Level 3 en Level 2+ op hoofdspoorlijnen ontwikkelen waarmee ERTMS Level 2+ waarschijnlijk eerder beschikbaar zal zijn maar
  - Extra kosten t.o.v. optie 1
  - Risico dat de ontwikkelde apparatuur zo Nederland specifiek wordt niet meer kan worden aangesloten bij ontwikkelen van de apparatuur voor andere landen

#### Voorwaarde:

- De bereidheid van de industrie, dit hangt samen met de omvang van ERTMS Level 3 en ERTMS Level 2+ toepassing

\* De termijn waarop ERTMS Level 3 kan worden toegepast wordt onderzocht in een separate onderzoeksvraag

## Conclusie: ERTMS L2+ levert extra capaciteit zonder infra aanpassingen en is een middel voor een gecontroleerde transitie van Level 2 naar Level 3

### 4 Onderzoeksvraag: is ERTMS level 2+ een reëel alternatief voor de Nederlandse ERTMS strategie?

#### Conclusie 1

- Met ERTMS Level 2+ (ERTMS Level 3 met baangebonden detectie) kan zonder aanpassing van de bestaande treindetectiesystemen (baangebonden systemen) extra baanvakcapaciteit worden gecreëerd <sup>1)</sup>. Hiermee kan invulling worden gegeven aan de capaciteits doelstellingen van de ERTMS Railmap
- Een alternatief voor het realiseren van extra baanvakcapaciteit is het toepassen van ERTMS Level 2 met blokverdichting van de bestaande treindetectiesystemen

#### Conclusie 2

- ERTMS Level 2+ is een goed middel voor een gecontroleerde transitie van ERTMS level 2 naar Level 3. Met ERTMS Level 2+ kunnen de nieuwe ERTMS Level 3 functionaliteiten in de praktijk worden beproefd waarbij de baangebonden detectie als vangnet fungeert. Hiermee is de verwachting dat ERTMS Level 2+ onderdeel wordt van laatste stap naar de introductie van ERTMS Level 3, welke op zijn vroegst rond 2025 wordt verwacht <sup>2)</sup>

1) De capaciteitsopbrengsten zijn afhankelijk van het aantal treinen met een Train Integrity Monitor in combinatie met het aantal treinen zonder Train Integrity Monitor, zie pagina 57  
2) Zie conclusies ERTMS Level 3 op pagina 49

## Vervolgstappen voor ERTMS Level 2+ beginnen met de keuze ERTMS Level 2+ op te nemen in de ERTMS implementatiestrategie

### 4 Onderzoeksvraag: is ERTMS level 2+ een reëel alternatief voor de Nederlandse ERTMS strategie?

- Stap 1 Bepaal op basis van een mogelijke beschikbaarheid van ERTMS Level 2+ (op zijn vroegst rond 2025 ) of:
- 1) ERTMS Level 2+ een alternatief is voor capaciteitsvergroting en/of
  - 2) ERTMS Level 2+ een middel voor een gecontroleerde transitie naar ERTMS Level 3
- Stap 2 Indien ERTMS Level 2+ een alternatief is voor capaciteitsvergroting wordt geadviseerd een financiële afweging te maken of en waar ERTMS Level 2+ te prefereren is boven blokverdichting van de bestaande treindetectiesystemen
- Stap 3 Indien ERTMS Level 2+ een alternatief is om in de periode 2025 – 2030 capaciteitsopbrengsten of een middel voor een gecontroleerde transitie naar ERTMS level 3, wordt geadviseerd actief invloed uit te oefenen om de ontwikkeling in gang te zetten doormiddel van de volgende stappen <sup>1)</sup>:
- Stap 2a Onderzoek welke infrastructuurmanagers en vervoerders belangstelling hebben in toepassing van ERTMS Level 3/2+
- Stap 2b Met de geïnteresseerde infrastructuurmanagers, vervoerders en de leveranciers streven naar een plan om tot ERTMS level 3/2+ (pilot) projecten op “main lines” te komen met aandacht voor o.a. de belangrijke ontwerpkeuzes

1) Deze stappen zijn gelijk aan de vervolgstappen voor de ontwikkeling van ERTMS level 3. Zie vervolgstappen in rapportage aandachtgebied 4, is ERTMS Level 3 een alternatief voor de Nederlandse ERTMS implementatie strategie?