



# ERTMS in Nederland

Uitwerking van een aantal aandachtsgebieden

Voor Ministerie van Infrastructuur en Milieu

**Definitief**

Referentie NLA114R01

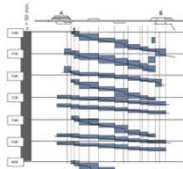
26 februari 2014

# 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

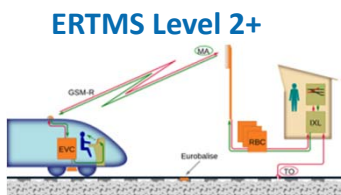
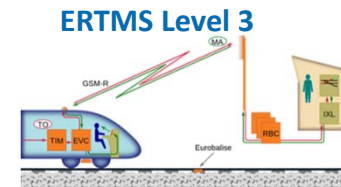
**1** De haalbaarheid van ERTMS level 2 en GSM-R op grote emplacementen met veel treinbewegingen

**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 emplacements

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

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 emplacements<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 emplacements 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 realistische 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 beveiligingsystemen gereden

## Emplacementen

### ERTMS op emplacementen

- ERTMS Level 2 beveiligingsystemen 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

1) Een in de praktijk bewezen toepassing is voor dit rapport gedefinieerd als een toepassing waarover daadwerkelijke 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 spoornetwerk
- 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





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

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

Deze vier methoden zijn voor het onderzoek toegepast

## Zekerhedenmodel

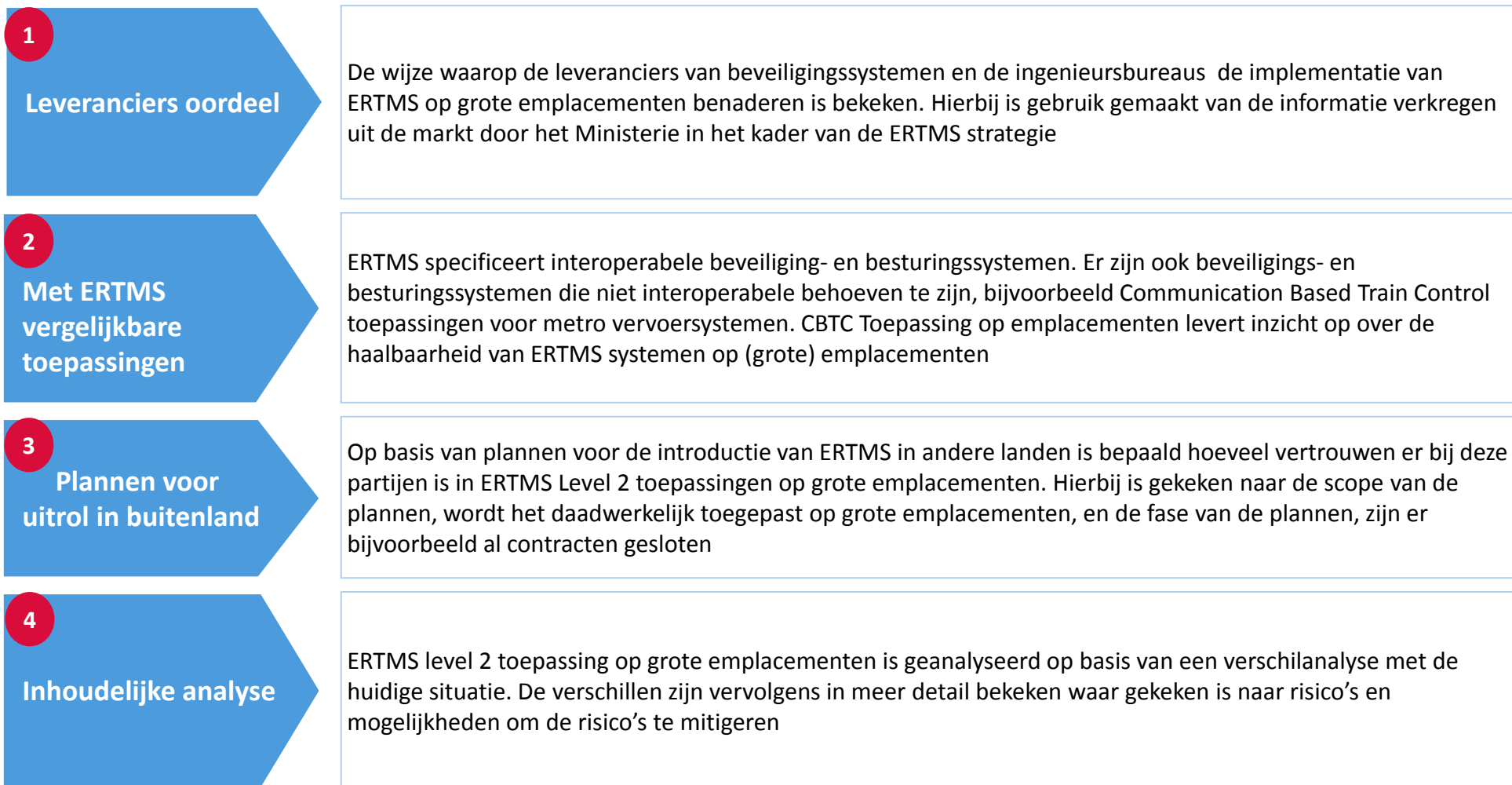
- Dit onderzoek is gericht op het vergroten van de zekerheid met betrekking tot de haalbaarheid
- Het zekerhedenmodel definieert 10 stappen ten opzichte van de huidige status quo:
  - Vertrouwen in de ERA specificaties en de marktcapaciteiten
  - Beschikbare kennis bij ProRail en NS zoals o.m. vastgelegd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

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

1



## Doelstelling en aanpak



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

1



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

Haalbaarheid  
Eindsituatie

Haalbaarheid  
Ombouwfase

Leveranciers	Ingenieursbureaus
<ul style="list-style-type: none"><li>• Radio capaciteit GSM-R bij grote emplacements 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 storingen kunnen grote exploitatieve impact hebben</li></ul>
<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 beveiligingssystemen 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 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

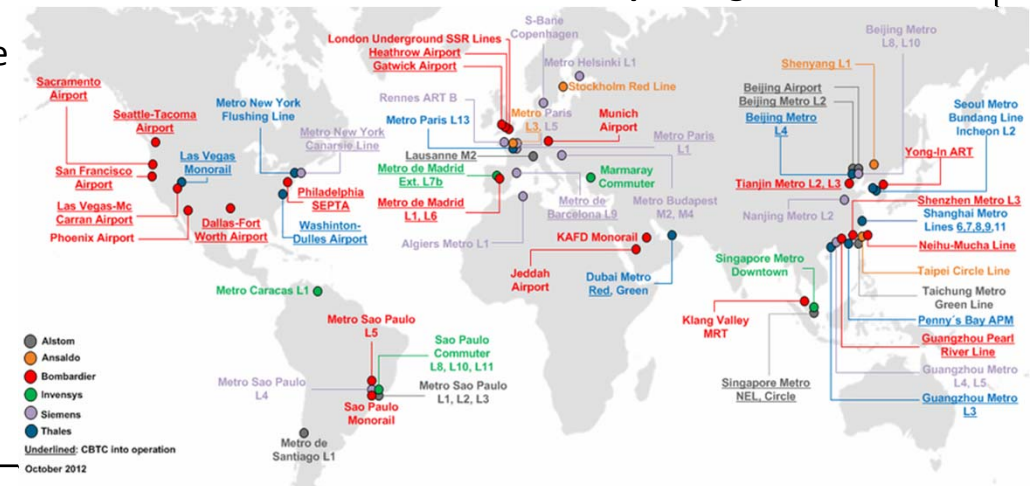
1

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 opzicht 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

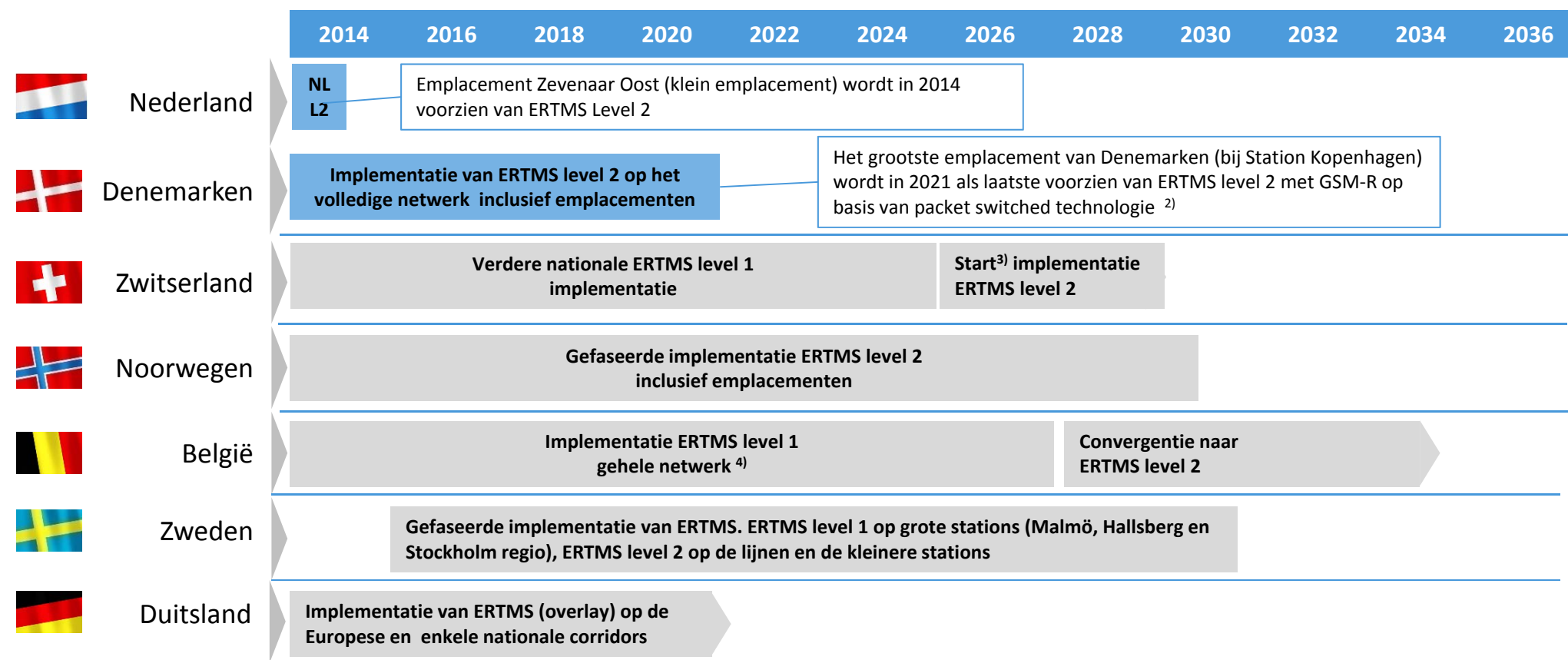
# De eerst toepassing van ERTMS Level 2 op een grote emplacement is voorzien in Denemarken, het emplacement van het station van Kopenhagen

1

## 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 banedenmark
- 3) De nieuwe infrastructuur Neubaustrecke Mattstetten-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'	Situatie op basis van ERTMS Level 2
<p><b>Deelsystemen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Trein detectiesystemen</u></li> <li>• <u>Aansturing wissels</u></li> <li>• Interlocking</li> <li>• ATB in infra en ATB in trein</li> <li>• Seinen langs het spoor</li> </ul> <p style="text-align: right;">} <b>Deelsystemen vervallen bij ERTMS Level 2</b></p>	<p><b>Deelsystemen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Trein detectiesystemen</u></li> <li>• <u>Aansturing wissels</u></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> <p style="text-align: right;">} <b>Nieuwe deelsystemen bij ERTMS level 2</b></p>
<p><b>Werkwijze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Machinist bestuurt trein op basis van seinen langs het spoor</li> </ul>	<p><b>Werkwijze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Machinist bestuurt trein op basis van informatie op trein instrumenten</li> </ul>
<p><b>Prestaties</b></p> <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>	<p><b>Prestaties</b></p> <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 emplacements 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

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.

4

## Met de volgende generatie communicatie systemen kan het capaciteitsprobleem op grote emplacements 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



# Conclusies: ERTMS level 2 op grote emplacementen is mogelijk mits aandacht wordt besteed aan twee belangrijke punten



1

- Conclusie 1

Toepassing van ERTMS level 2 op grote emplacementen 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 emplacementen:

1. De maximaal capaciteit van de huidige generatie GSM-R netwerken 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 mobile communicatiesystemen 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

# 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 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

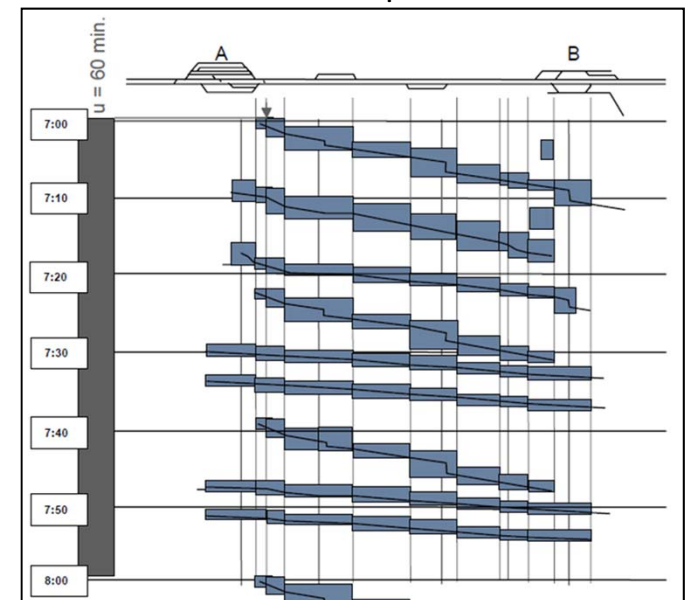
Zijn de beoogde (baanvak)capaciteitsverbeteringen van ERTMS Level 2 realiseerbaar

# 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?

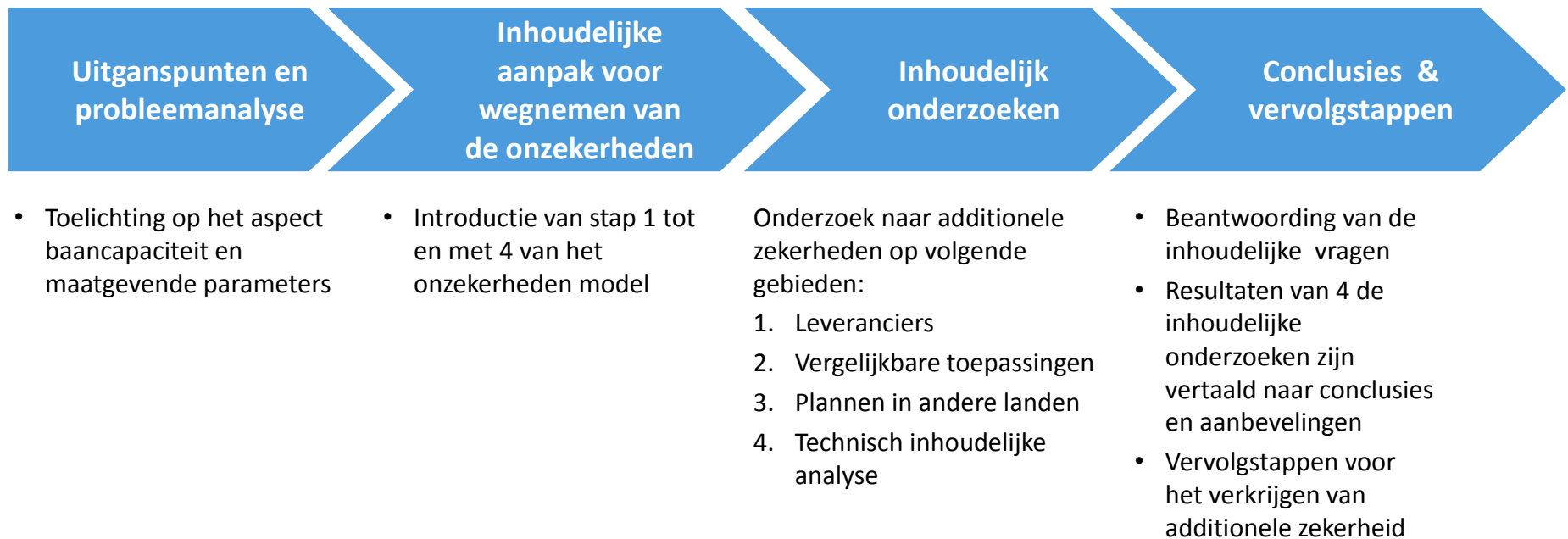
**Tijd-weg diagram**  
inzicht in capaciteit



# Met een vier stappen aanpak is een beeld gevormd van de verwachten capaciteitsopbrengsten van ERTMS level 2

2

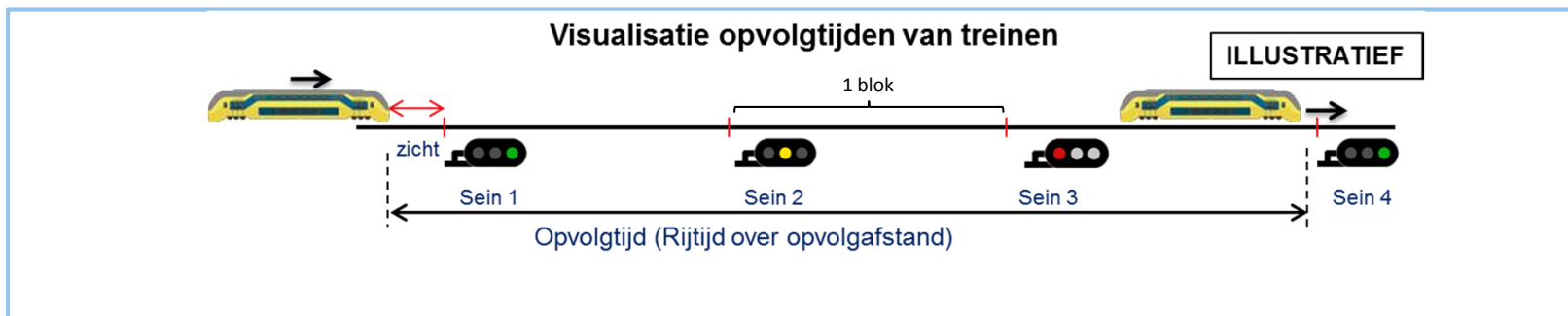
## Overzicht van de aanpak



# De baanvakcapaciteit wordt bepaald door opvolgtijden op corridors en opvolgtijden van de treinbewegingen op emplacementen

2

Opvolgtijden op corridors



Opvolgtijden op emplacementen

**Overzicht van opvolgtijden**  
voor treinbewegingen op emplacementen (stations)

		2 <sup>E</sup> TREIN		
		VERTREK	AANKOMST	DOORKOMST
1 <sup>E</sup> TREIN	VERTREK		<i>bv kopstation</i>  <hr/> <i>perronopvolging</i> 	NVT (maatgevende opvolgtijd op andere plek)
	AANKOMST	<i>bv Enkelspoor</i> 		<i>Inhaling</i> 
	DOORKOMST	<i>Inhaling</i> 	NVT (maatgevende opvolgtijd op andere plek)	

**Toelichting**

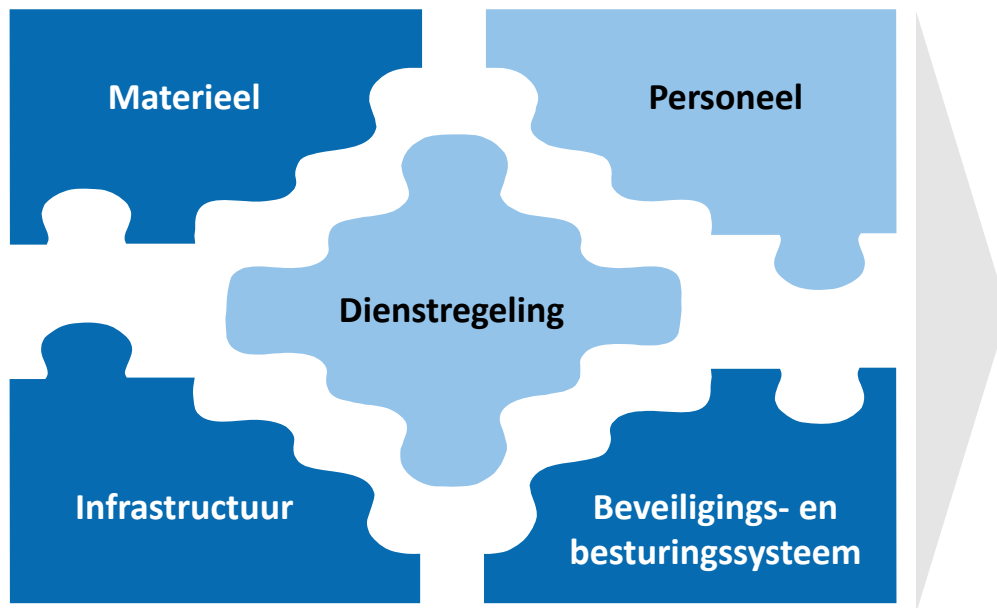
- De opvolgtijden op emplacementen zijn afhankelijk van het type bewegingen:
  - Vertrek
  - Aankomst
  - Doorkomst
- De tabel links laat voor de verschillende combinaties de minimale opvolgtijden zien bij de huidige treinbeveiliging in NL

# Vijf onderdelen van het spoorvervoersysteem bepalen de operationele opvolgtijd als samenstel van de technische opvolgtijd en een planningsmarge

2



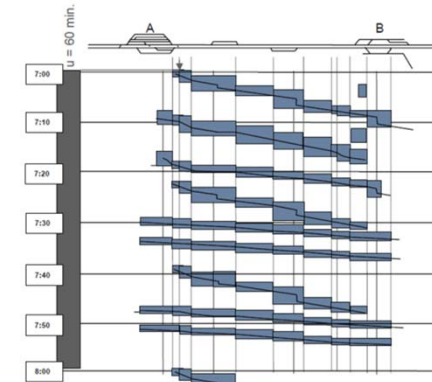
**De vijf onderdelen van het spoorvervoersysteem**  
die van invloed zijn op de opvolgtijden en capaciteit



**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
	Huidige status quo	Beschikbare informatie bij ProRail en NS (Kennisboek 1.0)
		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) 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 emplacementen, GSM-R en kortere blokken als kernpunten voor het realiseren van korte opvolgtijden met ERTMS Level 2

1

2



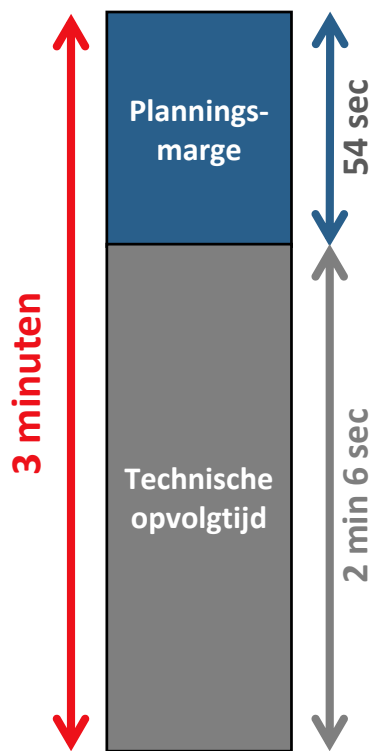
## Overzicht belangrijkste punten van de leveranciers

- 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; emplacementen zijn de bottleneck voor capaciteit
- ERTMS Level 2 is op grote emplacementen nog niet toegepast
  - Op emplacementen 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

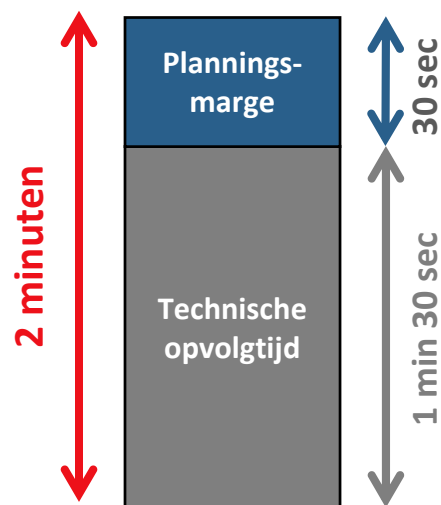
# Best practices tonen aan dat 2 minuten opvolgtijd realiseerbaar is

2

## 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 ontwerpuitgangspunt is opgenomen en in de uitwerking is gerealiseerd door:
  - Optimalisatie blokken
  - Aangepaste regels voor dienstregelingontwerp
  - Aangepaste procedures voor communicatie tussen machinist en verkeerleiding
  - Training van machinisten
- Uniforme treindienst en geen tussenstations

1) Gebaseerd op ervaringen met metrot toepassingen. Automatic Train Operation kent verschillende vormen, de meest vergaande vorm is rijden zonder machinist op de trein

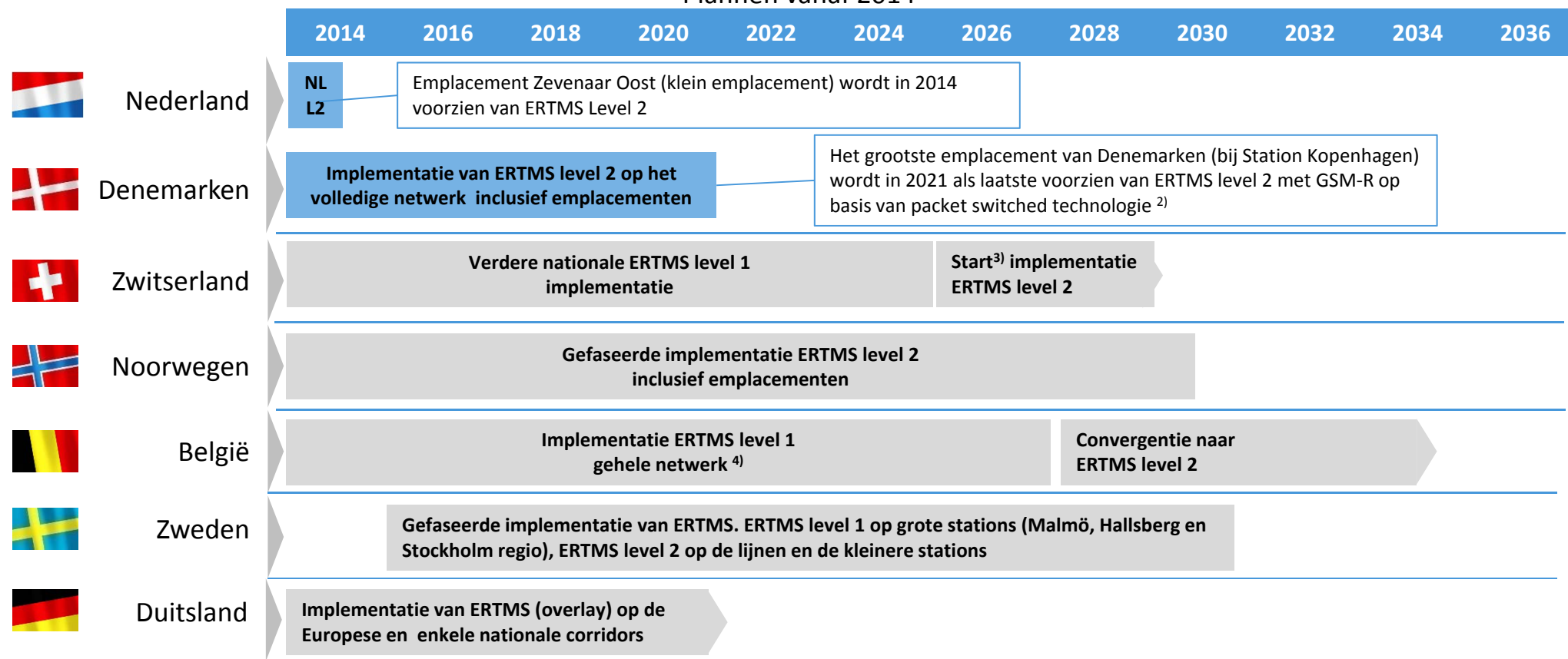
# De eerste ERTMS L2 toepassing op grotere emplacementen is voorzien voor 2021, met korte opvolgtijden op emplacementen is nog geen praktijkervaring <sup>3</sup>

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 banedenmark
- 3) De nieuwe infrastructuur Neubaustrecke Mattstetten-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

# ProRail heeft de capaciteitsopbrengsten van ERTMS Level 2 bepaald en de locaties waar blokverdichting voor verdere capaciteitsvergroting nodig is

4

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

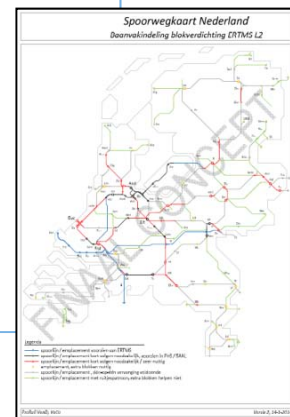
ERTMS Level 2 toepassing resulteert in opvolgtijd- en rijtijdswinst

- 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

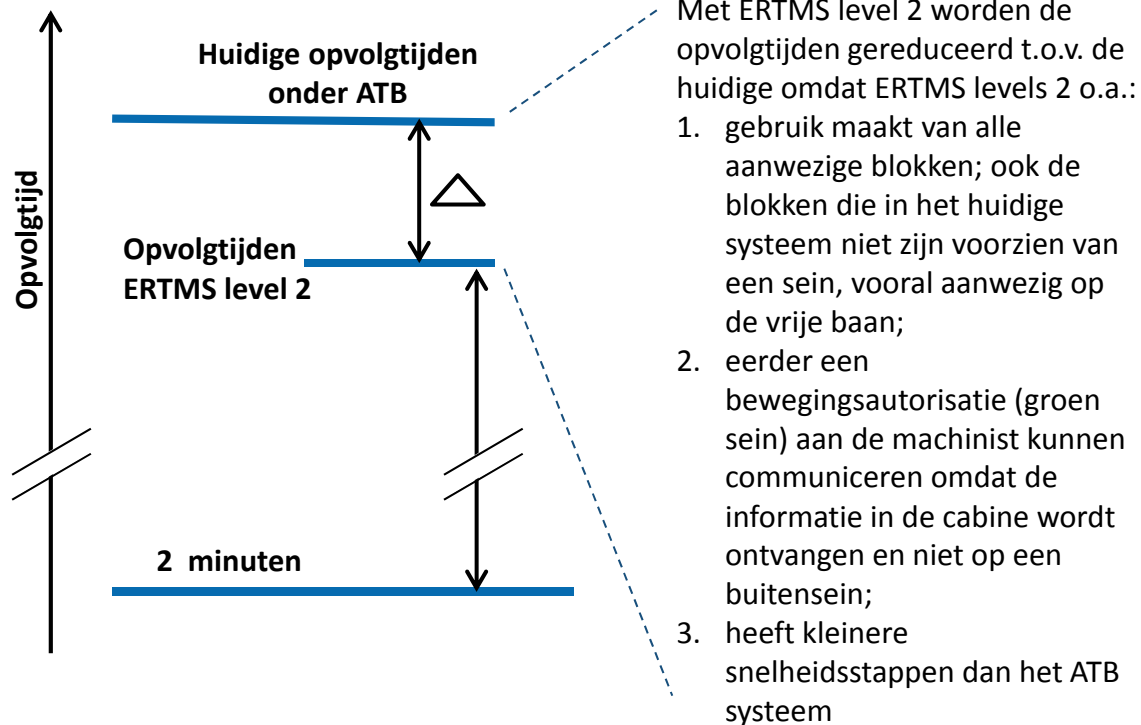
# ERTMS Level 2 implementatie op bestaande infrastructuur geeft een intrinsieke verhoging van de baanvakcapaciteit

4

2



## Opvolgtijdwinst ERTMS level 2 op bestaand netwerk



## Capaciteitsopbrengsten ERTMS Level 2

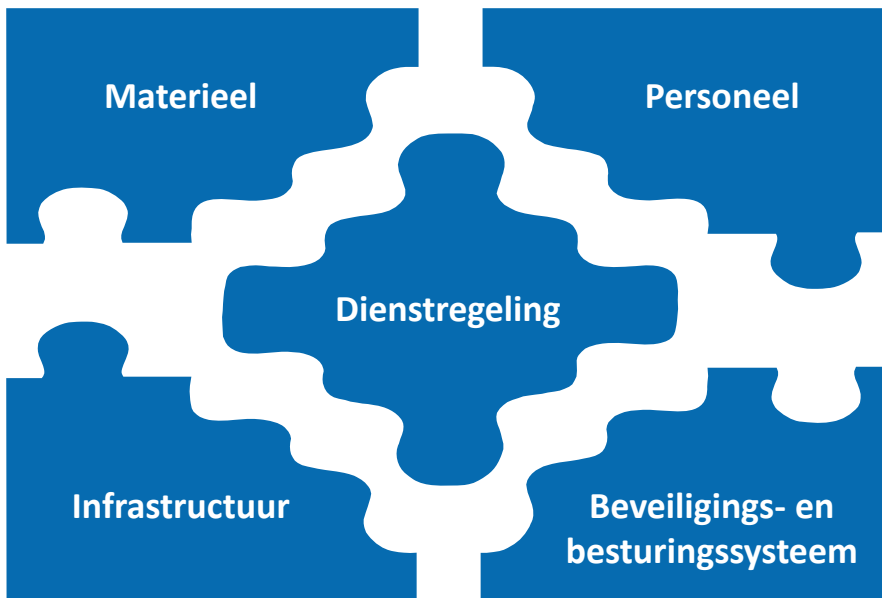
- Het door ProRail uitgevoerd capaciteitseffectenonderzoek (zie vorige pagina) heeft een inschatting opgeleverd van:
  - de te behalen baanvakcapaciteitsopbrengsten met ERTMS level 2 ten opzichte van de huidige situatie
  - de mate waarin blokverdichting naast ERTMS level 2 help bij het realiseren van 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 noodzakelijk 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>

4

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
  - opvolgtijdopbrengst van kort volgen maatregelen is sterk afhankelijke van de lokale situatie

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 opvolgtijd die op emplacementen gerealiseerd kan worden is maatgevend voor het introduceren van korte opvolgtijden van 2 min

A

2



## Vraag A

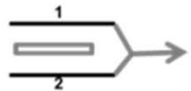


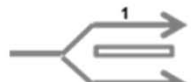
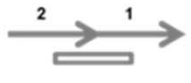
Wat zijn de maatgevende scenario's en/of situaties voor het realiseren van de baanvakcapaciteit?

## 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)

		2 <sup>E</sup> TREIN		
		VERTREK	AANKOMST	DOORKOMST
1 <sup>E</sup> TREIN	VERTREK		<p><i>bv kopstation</i></p>  <p><i>perronopvolging</i></p> 	NVT (maatgevende opvolgtijd op andere plek)
	AANKOMST	<i>bv Enkelspoor</i>		<i>Inhaling</i>
	DOORKOMST	<i>Inhaling</i>	NVT (maatgevende opvolgtijd op andere plek)	



# Het dienstregelingsontwerp met de mix van treinen en toegepaste marges is een belangrijk capaciteits aspect

2

B

## Vraag B

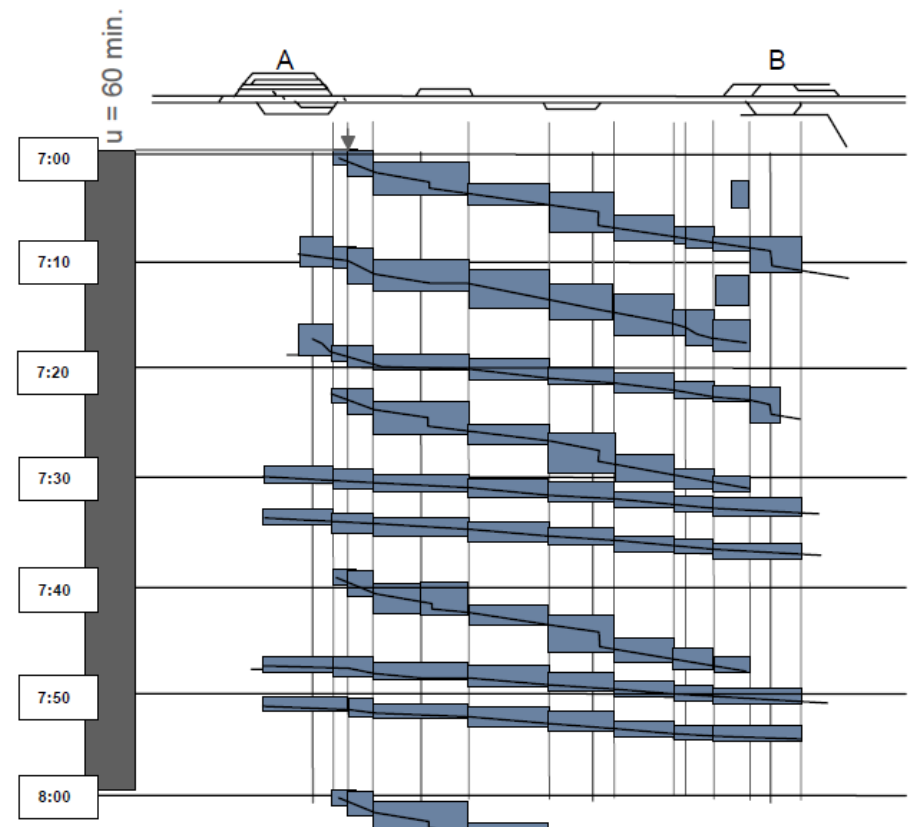
Wat zijn naast opvolgtijden relevante onderdelen voor de baanvakcapaciteit?

## 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 treinsoorten (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

C

2



## Vraag C

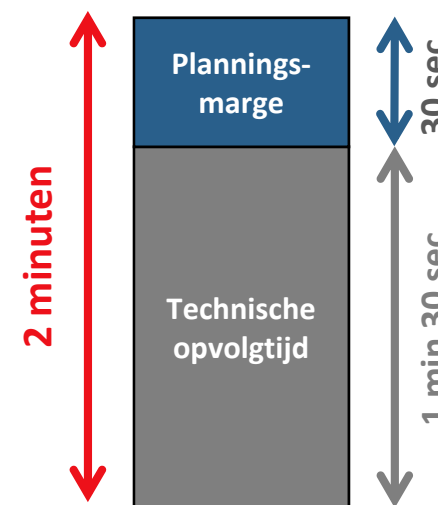
Wat zijn in de praktijk haalbare technische en operationele opvolgtijden en zijn opvolgtijden van 2 minuten met ERTMS Level 2 haalbaar?

## 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



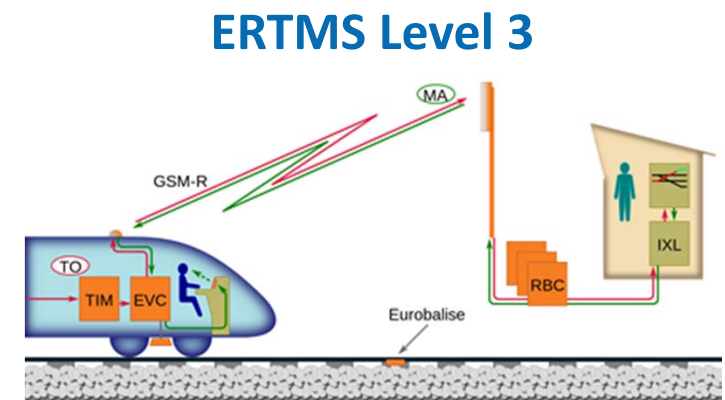
## Aandachtsgebied 3

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?

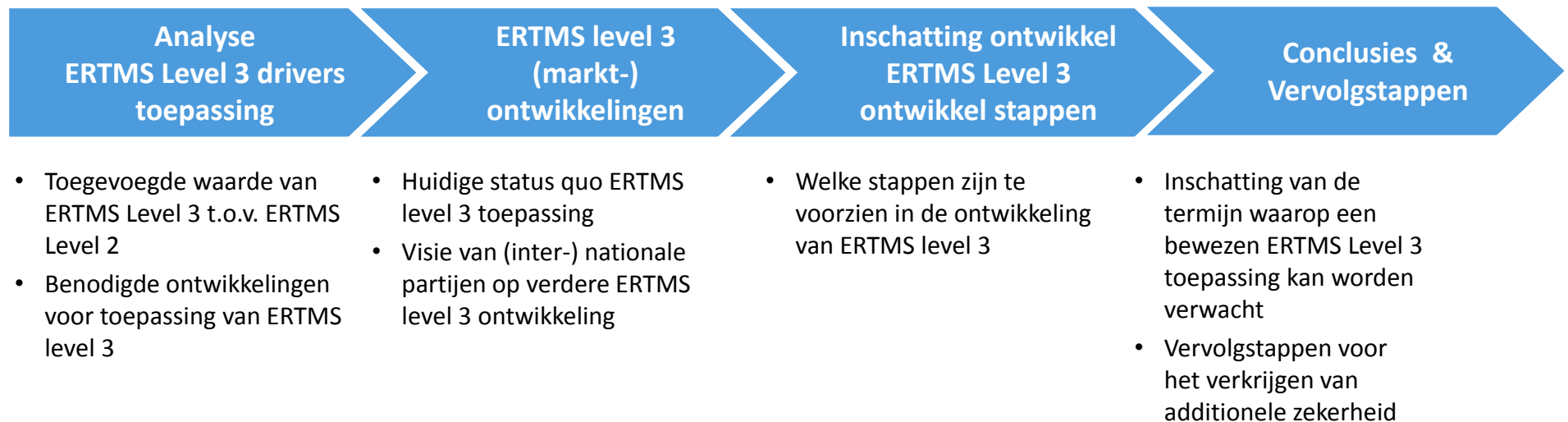


1) Een bewezen toepassing is hier geïnterpreteerd als in de praktijk toegepaste ERTMS Level 3 toepassing op een dubbel spoorbaanvak met meerdere (min 4) treinen per uur per richting

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

3

## Overzicht van de aanpak

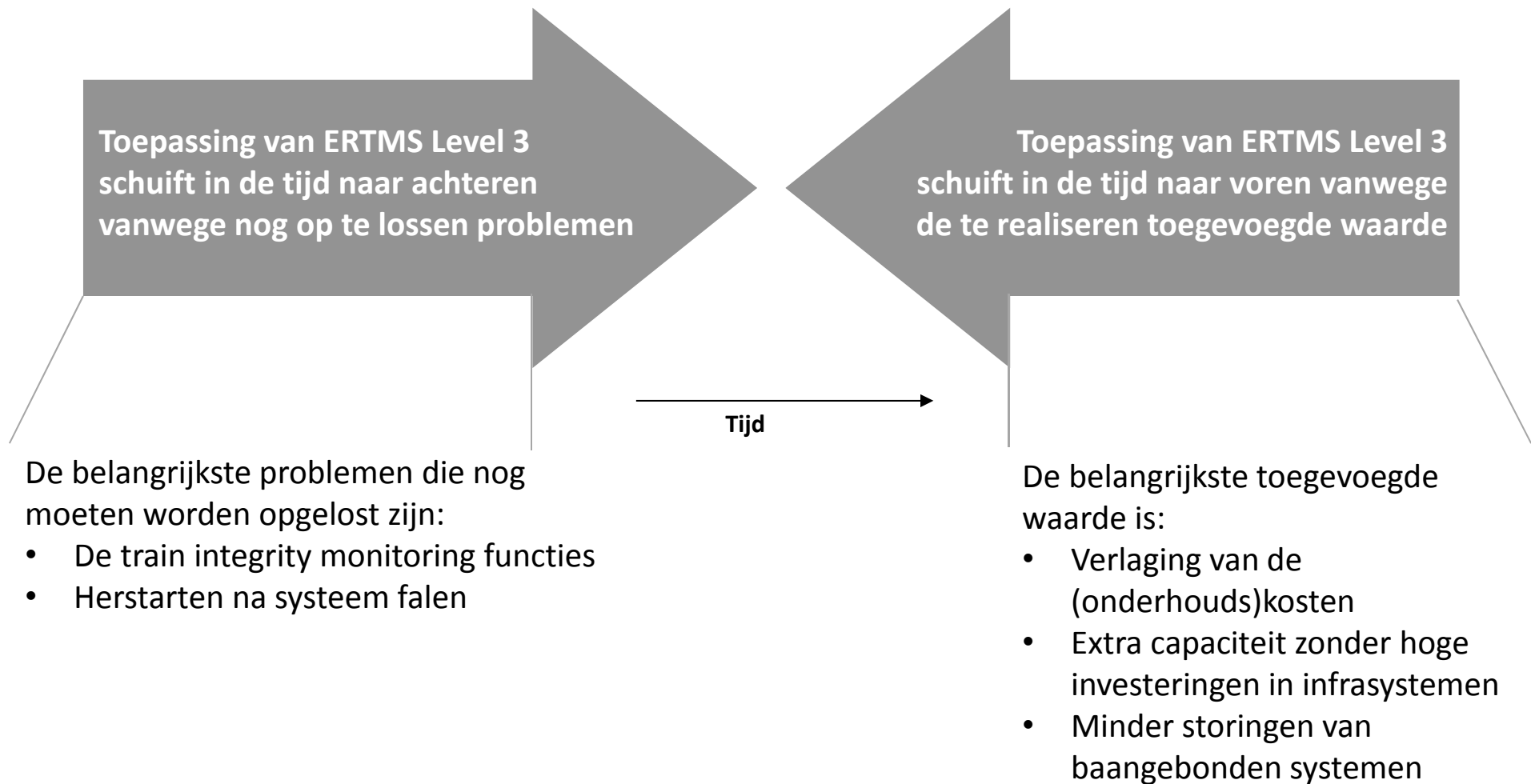


# Het tijdstip waarop ERTMS Level 3 kan worden toegepast wordt bepaald door op te lossen problemen en de toegevoegde waarde

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 bewegingsautorizaties 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



# 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"

1) 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

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

Frankrijk, RFF heeft belangstelling voor ERTMS Regional

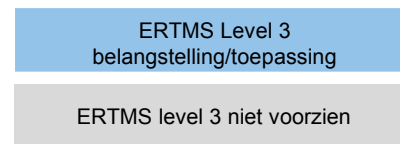
Duistland, DB heeft belangstelling voor ERTMS level 3 toepassing en laat onderzoek uitvoeren naar oplossingen voor Train Integriteitsprobleem

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

Spanje, ADIF voor zien op dit moment geen ERTMS Level 3

Italië, RFI, voorzien voor de midden lange termijn geen ERTMS Level 3 toepassing



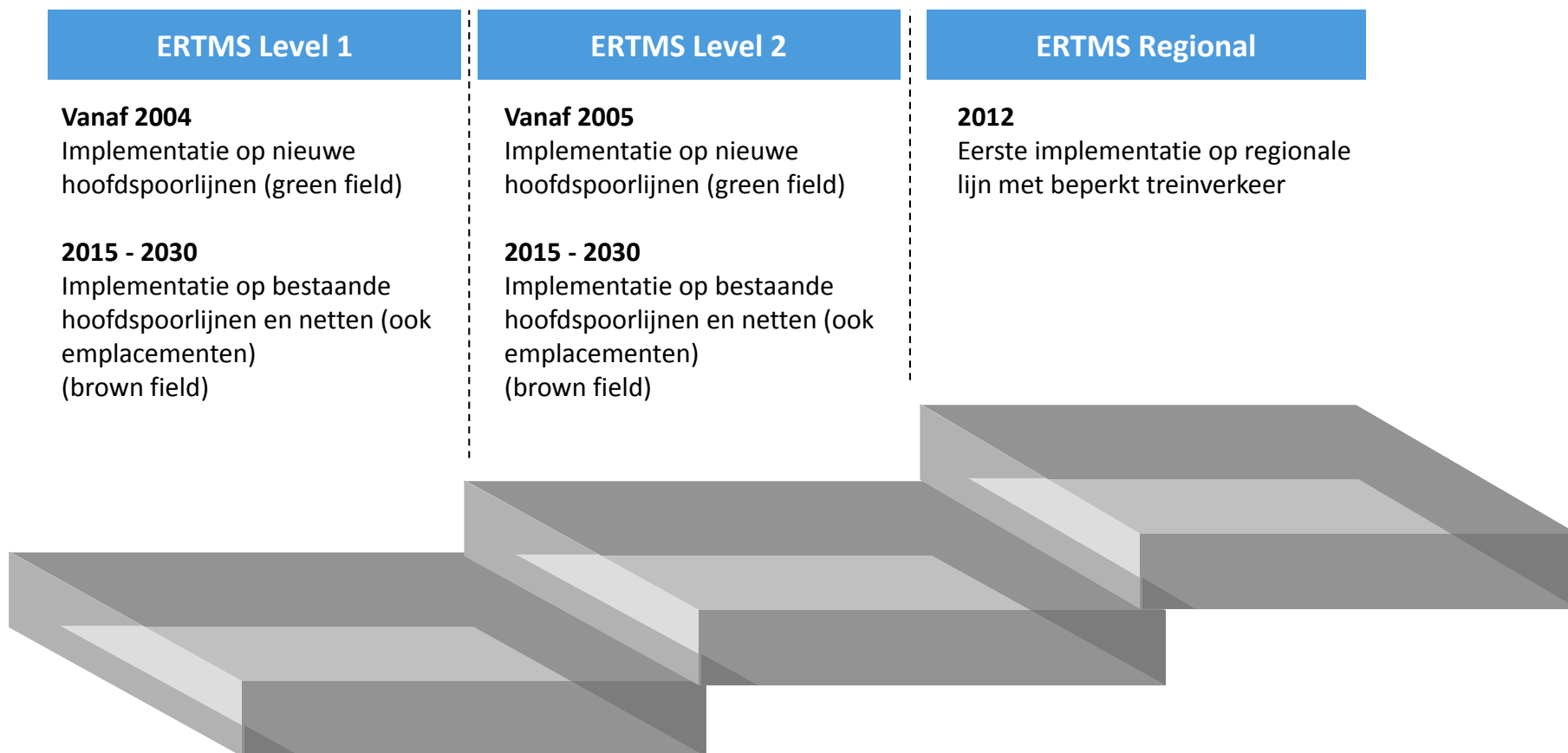
1) Bovenstaande gegevens zijn gebaseerd op ERTMS Level 3 risk and Benefits to UK railway report (2009) en contacten met SBB en Banedanmark

# De ontwikkeling van ERTMS beveiligingssystemen kent een stapsgewijze introductie en doorontwikkeling sinds 2004

3



## Overzicht van invoering ERTMS voor de verschillende ERTMS levels

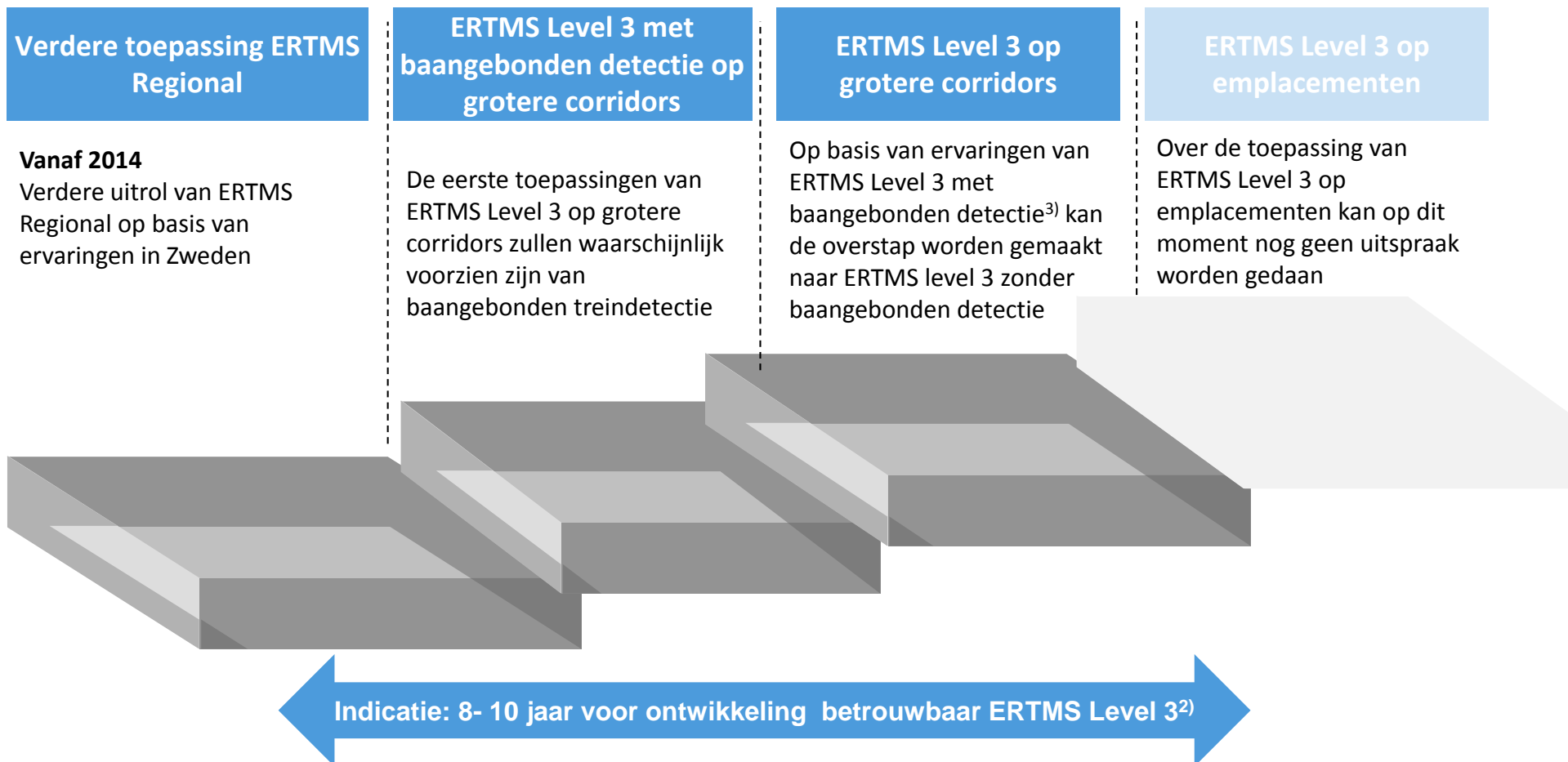


# De ontwikkeling van ERTMS L3 zal tevens stapsgewijs worden uitgevoerd, met een ontwikkeltijd vergelijkbaar met andere CBTC<sup>1)</sup> systems

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 toepassingen 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



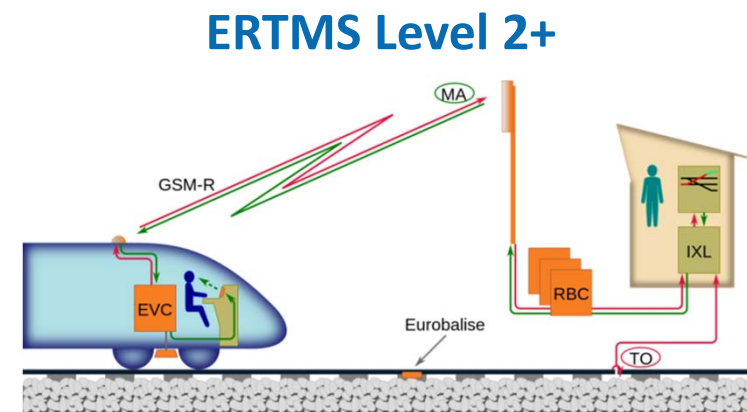
## Aandachtsgebied 4

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
- Ontwikkelingsprikkel

- 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

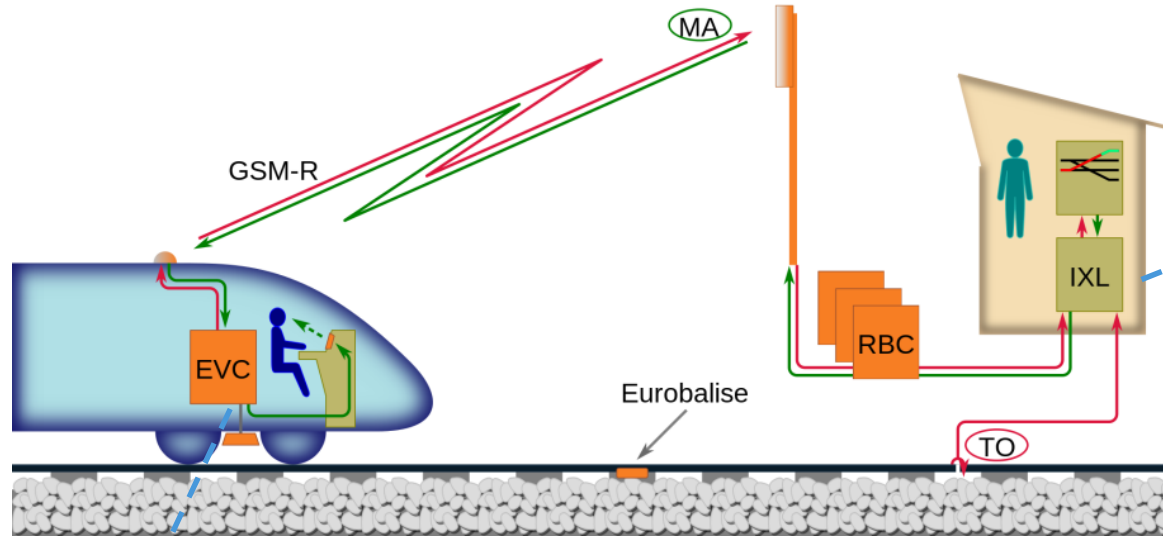
4



## 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>1. 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>2. <b>baangebonden treindetectie dit zijn:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Spoorstroomlopen, of</b></li> <li>• <b>Assentellers</b></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>1. De trein beschikt over een Train Integrity Monitor waarmee de volledigheid van de trein wordt vastgesteld;</li> <li>en</li> <li>2. <b>De baangebonden treindetectie (spoorstroomlopen of assentellers) vervullen deze functie</b></li> </ol>

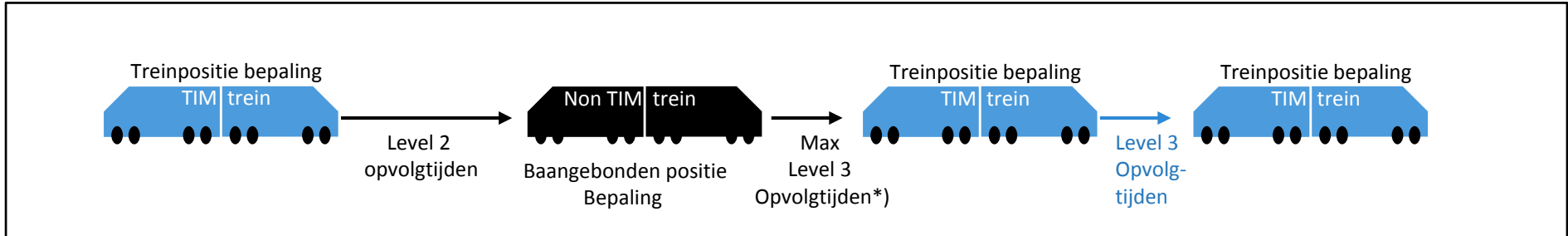
- 1) Uitgangspunt is dat ERTMS Level 2+ wordt toegepast op bestaande infrastructuur waarbij gebruik wordt gemaakt van de aanwezige baangebonden treindetectiesystemen.
- 2) Omdat de “Train Integrity Monitor” voor o.a. goederen treinen niet beschikbaar is maken de Interlocking / RBC combinaties voor deze 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 volledig 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

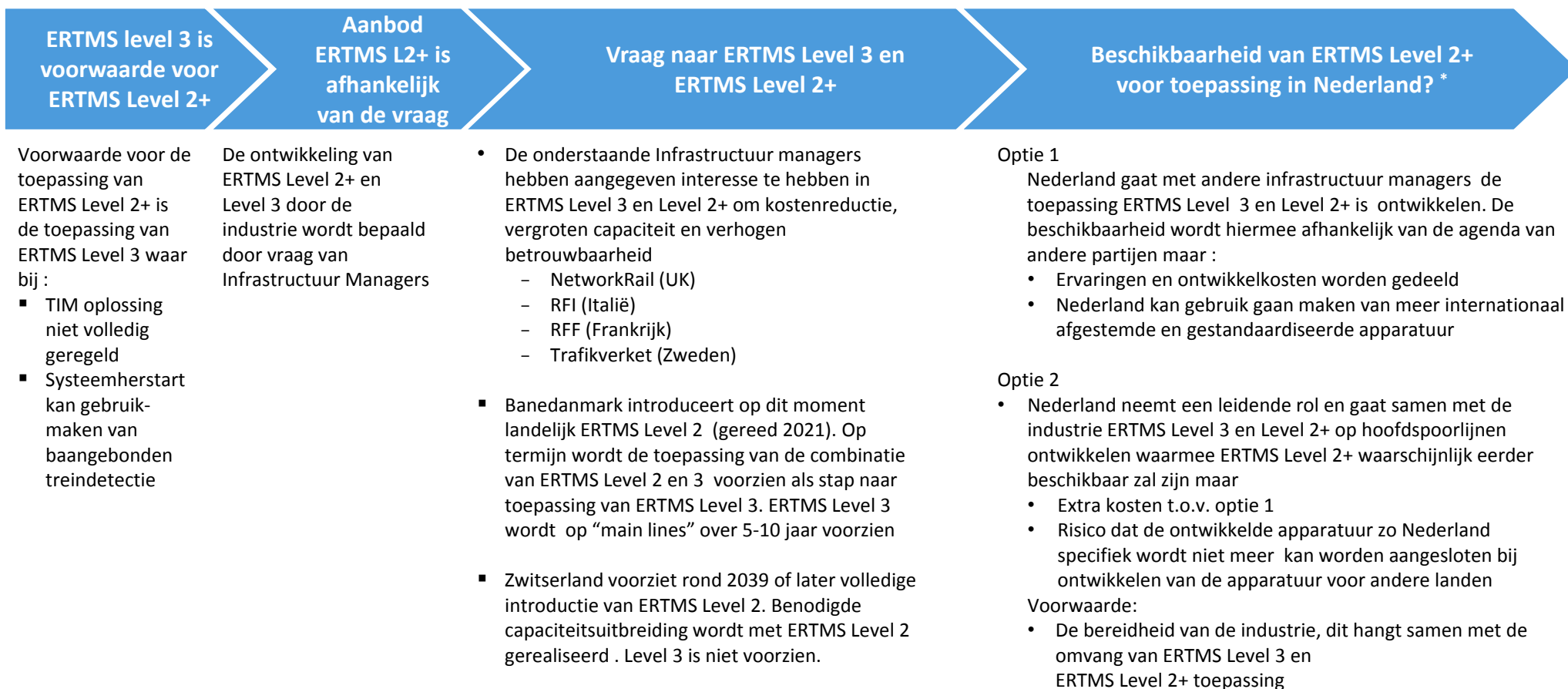
- Indien op een bestaand baanvak waar ERTMS Level 2 wordt geïntroduceerd baangebonden treindetectie aanwezig is biedt ERTMS Level 2+ de mogelijk extra baanvakcapaciteit te creëren zonder toevoeging van extra baangebonden treindetectie
- De extra baanvakcapaciteit is echter afhankelijk van aantal treinen 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?



\* 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. 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?