

**Maatschappelijke kosten en baten  
van ERTMS implementatiestrategieën**

*Samenvattende rapportage*

**Maatschappelijke kosten en baten  
van ERTMS implementatiestrategieën**

*Samenvattende rapportage*

OPGESTELD IN OPDRACHT VAN:

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DGMO

OPGESTELD DOOR:



	<b>Decisio BV</b>	<b>Systra SA</b>
Adres:	Valkenburgerstraat 212 1011 ND Amsterdam Nederland	5, Avenue Du Coq 75009 Paris France
Telefoon:	+31 20 6700562	+33 1 40166100
Fax:	+31 20 4701180	+33 1 40166104
E-mail:	info@decisio.nl	systra@systra.com
Website:	www.decisio.nl	www.systra.com

TITEL RAPPORT:

Maatschappelijke kosten en baten van ERTMS implementatiestrategieën, samenvattende rapportage

STATUS RAPPORT:

Definitief

DATUM

8 januari 2010

OPDRACHTGEVER:

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DGMO

PROJECTTEAM DECISIO:

Niels Hoefsloot, Kees van Ommeren, Menno de Pater, Johan Olsthoorn

PROJECTTEAM SAMENWERKINGSPARTNERS:

Systra: Dominique Bastien

## INHOUD

<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1 Conclusies</b>	<b>3</b>
1.1 Conclusies .....	3
1.2 Risico-analyse .....	6
<b>2 Inleiding</b>	<b>11</b>
2.1 Achtergrond.....	11
2.2 Aanleiding voor de studie .....	12
2.3 Vraagstelling en aanpak.....	12
2.4 Technisch rapport .....	13
<b>3 De alternatieven: ERTMS implementatiestrategieën</b>	<b>14</b>
3.1 Het nulalternatief.....	14
3.2 Het nulplusalternatief.....	14
3.3 De Sectorstrategie .....	15
3.4 Natuurlijke vervanging.....	15
3.5 Upgrading.....	16
<b>4 De maatschappelijke kosten en baten vergeleken</b>	<b>18</b>
4.1 De kosten .....	18
4.2 De directe effecten (maatschappelijke baten).....	21
4.3 Externe effecten (maatschappelijke baten) .....	24
4.4 Indirecte effecten (maatschappelijke baten) .....	26
4.5 Overzicht resultaten.....	27
4.6 Stakeholderanalyse .....	30
<b>Bijlage 1: Overzicht OEI-tabellen</b>	<b>34</b>

## Samenvatting

ERTMS (European Rail Traffic Management System) is de Europese standaard voor spoorbeveiliging en –verkeersmanagement. Voor de hoge snelheidslijnen en voor de belangrijke internationale goederenspoorlijnen is of wordt het volgen van deze standaard al verplicht door de Europese Commissie.

De spoorsector heeft in 2006 een strategie ontwikkeld om ERTMS in Nederland te implementeren. In de Tweede Kamer is vervolgens geopperd om de mogelijkheid te onderzoeken van het eerder implementeren van ERTMS om de baten van het systeem eerder te kunnen incasseren. Dit is voor het Ministerie van V&W aanleiding geweest om deze MKBA uit te laten voeren. Een andere aanleiding was de vraag welke overheidsbijdrage in de kosten van de ombouw van het rollend materieel naar ERTMS redelijk is.

In deze MKBA zijn daarom drie verschillende ERTMS implementatiestrategieën vergeleken met een nulalternatief, waarin ERTMS voorlopig alleen op de verplichte corridors wordt geïmplementeerd. De drie strategieën verschillen van elkaar in de volgorde van ombouw (eerst materieel en later infrastructuur of parallel), de fasering van de ombouw over het netwerk en wat betreft de planning van de investeringen in de tijd.

De belangrijkste conclusies van de analyse zijn de volgende:

- Er zijn nog veel kennislacunes en onzekerheden rond de implementatiestrategieën van ERTMS, bijvoorbeeld over de aansluiting op het vervangingsprogramma Mistral, het effect van ERTMS op reistijden en spoorcapaciteit, over de (on)mogelijkheden van migratie van ATB naar ERTMS en over de technische en kostenontwikkeling van ERTMS.
- Uit de MKBA volgt geen duidelijke voorkeur voor een van de onderzochte implementatiestrategieën, het saldo tussen maatschappelijke kosten en baten ligt relatief dicht bij elkaar. Wel zijn er verschillende risico's aan de onderzochte strategieën toe te schrijven.
- Het MKBA-saldo van de strategieën is, afhankelijk van de aannames waarmee wordt gerekend, enigszins positief tot ruim negatief.
- De kosten, reistijdbaten en baten van een regelmatigere dienstregeling leggen relatief veel gewicht in de schaal in de berekeningen. Andere effecten zijn op dit moment niet (goed) te berekenen of hebben een beperkte impact.
- ERTMS biedt in potentie mogelijkheden tot besparingen op fysieke infrastructuuruitbreidingen. Onduidelijk is waar deze mogelijkheden liggen en wat de omvang van de besparingen zou kunnen zijn. Specifieke knelpuntanalyse is nodig om de mogelijkheden van ERTMS hierbij goed in kaart te brengen.
- De reistijd- en capaciteitsbaten kunnen alleen worden geïncasseerd in samenhang met andere maatregelen (inclusief bijbehorende kosten) en in goede afstemming tussen NS en ProRail.
- De reizigersvervoerders hebben financiële baten als gevolg van energiebesparing en reizigersgroei. De omvang van deze financiële baten is met de beschikbare informatie weliswaar niet

exact aan te geven, maar in de gemaakte berekeningen zijn deze kleiner dan 50% van de ombouwkosten van het materieel.

De belangrijkste onderzoeksvragen kunnen in het kort als volgt worden beantwoord:

1. Geef aan wat de maatschappelijke kosten en baten zijn van de verschillende ERTMS implementatiestrategieën en geef aan welke strategie de beste verhouding tussen kosten en baten oplevert.

De onzekerheden en kennislacunes rond zowel de kosten als de baten zijn groot. Op basis van de beschikbare informatie aangevuld met 'best guess' aannames zijn de maatschappelijke kosten en baten toch zo goed mogelijk ingeschat. Het resulterende saldo van de gemonetariseerde kosten en baten van de verschillende strategieën ligt dicht bij elkaar, zodat een duidelijke conclusie over de best scorende strategie niet op basis van de beschikbare informatie kan worden getrokken.

2. Geef aan wat het effect is van verschillende subsidieniveaus voor de ombouw van het rollend materieel en geef aan welk subsidieniveau de beste verhouding tussen maatschappelijke kosten en baten oplevert.

Voor de maatschappelijke kosten en baten maakt de hoogte van het subsidieniveau geen verschil. Echter, de studie heeft duidelijk gemaakt dat een belangrijk deel van de ERTMS baten alleen in goede samenwerking tussen de sectorpartijen kunnen worden geïncasseerd. Een goede verstandhouding gaat gepaard met een eerlijke verdeling van de kosten en baten. De studie heeft opgeleverd dat de reizigersvervoerders financiële baten hebben van ERTMS, via een stijging van de reizigersaantallen, wat leidt tot een beter bedrijfsresultaat en via kostenbesparingen op energie. Hoewel de omvang van deze baten niet exact te bepalen is, lijken deze baten onvoldoende om 50% van de ombouwkosten van materieel te financieren.

3. Breng de risico's in beeld die bij de verschillende strategieën aan de orde zijn.

In het onderzoek is een groot aantal onzekerheden en kennislacunes in beeld gebracht, die risico's inhouden als in ERTMS wordt geïnvesteerd zonder dat hierover meer bekend is. Daarnaast zijn er technische en operationele risico's, zowel bij de migratie van ATB naar ERTMS only als bij het tijdelijk opereren met dual signaling (zowel ERTMS als ATB in het spoor) en verschillende materieelparken (deels ERTMS, deels ATB).

## 1 Conclusies

### 1.1 Conclusies

Uit de uitgevoerde berekeningen en de gevoeligheidsanalyses volgen de volgende conclusies:

*Er zijn nog veel kennislacunes en onzekerheden rond de implementatiestrategieën van ERTMS*

In het onderzoek is duidelijk geworden dat veel zaken die bij de keuze van een ERTMS implementatiestrategie van groot belang zijn nog worden omgeven door onzekerheden. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om:

- De aansluiting op het vervangingsprogramma Mistral. Er zijn nog veel onduidelijkheden over de technische invulling (als voorbereiding op ERMTS) en daarmee de kosten van Mistral. Deze is ook medeafhankelijk van wanneer de keuze voor een bepaalde ERTMS implementatiestrategie wordt gemaakt<sup>1</sup>.
- De technische ontwikkeling van ERTMS en de implementatie van upgrades (en niet onbelangrijk, de kosten van deze upgrades). Een belangrijke vraag is bijvoorbeeld wanneer baseline 3 (van Level 2 ERTMS) uitontwikkeld en echt operationeel is. In onze analyses zijn we uitgegaan van het jaar 2015.
- De kostenontwikkeling van ERTMS. Hoe ontwikkelt de markt voor ERTMS zich en hoe ontwikkelen daarmee de kosten? De verwachting is dat de kosten van ERTMS op den duur zullen dalen, maar de omvang en het tempo van deze daling is onbekend.
- Het effect van ERTMS op de reistijden. Er kan in theorie gemiddeld met een hogere snelheid worden gereden, er kan later worden geremd, en emplacementen kunnen sneller worden gepasseerd. Maar hoe veel tijdwinst dit uiteindelijk voor de reiziger oplevert is van veel factoren afhankelijk, waaronder de inpassing in de dienstregeling.
- Capaciteitswinst van ERTMS. Wat voor de reistijdwinsten geldt, geldt ook voor de capaciteitswinst op het spoor. In theorie kunnen meer treinen op het netwerk worden gefaciliteerd, maar hoe groot deze capaciteitswinst is en in welke mate die kan worden geïncasseerd zijn vragen die nog niet goed te beantwoorden zijn. De capaciteitsstudie van ProRail (begin 2010) zal hierop meer licht werpen.
- Hetzelfde geldt voor de baten van energiebesparing: ERTMS maakt het anticiperen gemakkelijker, waardoor minder grote snelheidsveranderingen nodig zijn en dus minder energie wordt verbruikt. Anderzijds kost het rijden met hogere snelheden meer energie. Per saldo is het effect vermoedelijk dat er kosten worden bespaard, maar de omvang van dit effect is onzeker.
- Over de praktische (on)mogelijkheden van de verschillende migratiepaden van ATB naar ERTMS in het spoor, al dan niet met dubbele systemen in het spoor, zijn ook nog onduidelijkheden. ERTMS L2 functioneert in Nederland momenteel alleen op nieuw aangelegde lijnen, op bestaand spoor is deze versie nog niet geïmplementeerd.

---

<sup>1</sup> Om deze reden is in deze MKBA uitgegaan van twee nulalternatieven, elk met andere veronderstellingen over de gebruikte techniek in het Mistral vervangingsprogramma.

- Over de snelheid waarmee het rollend materieel kan worden omgebouwd is nog onduidelijkheid. In de praktijk blijkt dit vaak langer te duren dan gepland.
- Hoe komt het programma hoogfrequent spoor (PHS) er precies uit te zien? Dit is nog niet duidelijk. Vervolgens is de vraag welke investeringen met ERTMS zouden kunnen worden vermeden of goedkoper worden uitgevoerd. Deze vraag vereist een detailstudie van het PHS programma, waarbij de capaciteitsvergrotende mogelijkheden van ERTMS per knelpunt en corridor moeten worden beschouwd.

*Uit de MKBA komt geen duidelijke voorkeur voor een van de onderzochte implementatiestrategieën*

De in deze studie onderzochte implementatiestrategieën verschillen van elkaar op met name de volgende aspecten:

- Volgorde van ombouw: eerst materieel en later infrastructuur of parallel
- Fasering van de ombouw over netwerk (geografisch, maar ook of er rekening wordt gehouden met natuurlijke vervangingsmomenten)
- Planning in de tijd: Het moment van de start van de investeringen en de tijdspanne waarover deze zijn gespreid.

De gemaakte berekeningen op basis van de beschikbare informatie en benodigde aannames leiden niet tot een groot verschil in het saldo van maatschappelijke kosten en baten. En dit terwijl er wel grote verschillen zijn tussen de omvang van de individuele kosten- en batenposten in de verschillende strategieën. Op basis van de beschikbare informatie komt nu niet één strategie duidelijk als een voorkeursstrategie naar voren.

*De kosten (ook van Mistral), reistijdbaten en capaciteitsbaten leggen veel gewicht in de schaal*

Het uitgangspunt in het nulalternatief (de keuzen t.a.v. Mistral en de hiermee samenhangende kosten) heeft een grote invloed op de kosten: hiervan hangt af hoeveel extra kosten moeten worden gemaakt om ERTMS te implementeren.

Bij de verschillende maatschappelijke batenposten springen vooral de reistijdbaten eruit. Deze baten vormen een mogelijk grote, maar onzekere post. Ditzelfde geldt voor de capaciteitswinst<sup>2</sup>, ook dit is potentieel een grote batenpost, waarvan onzeker is hoe groot deze is, ook doordat onduidelijk is in welke mate de vrijkomende capaciteit wordt benut.

*Er lijken besparingen in het PHS programma mogelijk als ERTMS wordt geïmplementeerd*

Mogelijk kunnen er lokaal investeringen in PHS worden vermeden als ERTMS wordt geïmplementeerd. Infrastructurele maatregelen zoals extra inhaalsporen en complexe seininstallaties zouden kunnen worden vermeden of goedkoper kunnen worden uitgevoerd. Echter, de omvang van deze

---

<sup>2</sup> Met ERTMS kunnen, door treinen dicht op elkaar te laten rijden, er in theorie meer treinen per tijdseenheid over bepaalde tracés rijden, en ook de capaciteit van knooppunten kan worden vergroot. Echter, deze capaciteit kan pas worden benut als ook aan andere voorwaarden (zoals het inpassen in de dienstregeling) kan worden voldaan.



besparingen is op dit moment en in het kader van deze studie niet te bepalen. Dit vereist een nauwkeurige analyse per knelpunt en corridor.

#### *Saldo maatschappelijke kosten en baten*

Het saldo van maatschappelijke kosten en baten is, zoals hierboven beschreven, dus vooral afhankelijk van de omvang van de kosten, de reistijd- en de capaciteitsbaten en mogelijk vermeden investeringen (PHS). Als de kosten van de investeringen in ERTMS relatief beperkt zijn, dan is een positief saldo mogelijk op voorwaarde dat de reistijd- en capaciteitsbaten daadwerkelijk geïncasseerd kunnen worden en/of er besparingen elders kunnen worden gerealiseerd. Als er nog grote extra investeringen (bovenop Mistral) nodig zijn om ERTMS in het spoor te implementeren, lijkt het saldo van de MKBA negatief uit te pakken.

#### *Effecten op interoperabiliteit, veiligheid en CO2 uitstoot lijken beperkt*

Opvallend is dat de gemonetariseerde effecten van ERTMS op interoperabiliteit, veiligheid en CO2 uitstoot beperkt lijken. Wat betreft interoperabiliteit komt dit doordat ook in het nulalternatief de belangrijkste internationale trajecten al zijn uitgerust met ERTMS<sup>3</sup>. De veiligheidsbaten lijken beperkt omdat het veiligheidsniveau ook in het nulalternatief al hoog is<sup>4</sup>. De besparing op CO2 uitstoot legt gemonetariseerd weinig gewicht in de schaal.

#### *Belangrijke baten alleen door samenwerking in sector te incasseren*

Zoals hierboven al geconstateerd leggen de reistijd- en capaciteitsbaten maatschappelijk veel gewicht in de schaal. Maar deze baten kunnen alleen in samenhang met andere maatregelen (met de bijbehorende kosten) en samen met NS/ProRail worden gerealiseerd. De “realiseerbaarheid” van deze baten is daarmee een belangrijk aandachtspunt en de medewerking van NS, de overige goederen- en personenvervoerders en ProRail een vereiste. Aan deze medewerking koppelt NS de eis van een redelijk subsidieniveau om de ombouw van materieel te bekostigen.

#### *Financiële baten personenvervoerders kleiner dan 50% van de ombouwkosten materieel*

De personenvervoerders hebben financiële baten als gevolg van energiebesparing en reizigersgroei. De omvang van deze financiële baten is met de beschikbare informatie, weliswaar niet exact aan te geven, maar uit de berekeningen volgt wel dat de omvang van deze baten kleiner lijkt dan 50% van de ombouwkosten van het materieel (zie ook de stakeholdersanalyse in paragraaf 4.6).

Uit de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses blijkt nog het volgende:

---

<sup>3</sup> Daarnaast zijn de interoperabiliteitsbaten afhankelijk van buitenlandse investeringen. Zolang onduidelijk is of onze buurlanden, buiten het TEN netwerk, investeren in ERTMS, zijn er geen verdere interoperabiliteitsbaten toe te kennen aan ERTMS in Nederland

<sup>4</sup> Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de materiële schade en de gevolgschade niet in de analyse zijn meegenomen omdat er geen informatie over beschikbaar is.

*Het lange tijd rijden met deelparken lijkt geen grote voordelen te hebben*

Uit gevoeligheidsanalyses met een verschillende omvang van ERTMS deelparken (alleen een deel van de treinen is geschikt gemaakt voor ERTMS, maar wel zo ingezet dat op de delen van het netwerk waar ERTMS geïmplementeerd is, ook de vruchten hiervan kunnen worden geplukt) blijkt dat het saldo van kosten en baten weinig varieert. Het lijkt daarom verstandig om, als wordt gekozen voor een tijdelijke situatie met deelparken, deze periode zo kort mogelijk te houden, mede omdat deelparken voor de vervoerders logistieke nadelen hebben.

*Dual signalling mogelijk interessant bij invoering ERTMS op beperkte schaal*

Dual signalling (zowel ERTMS als ATB in het spoor) kan als transitie nodig zijn (afhankelijk van de strategie), maar scoort als structurele oplossing in kosten en baten slechter dan ERTMS only. Als wordt gekozen voor een grootschalige invoering van ERTMS waarbij dual signalling het transitiepad is, dan is het dus verstandig om de periode waarin dit nodig is zo kort mogelijk te maken.

Voor een langere periode kan dual signalling alleen interessant zijn als ERTMS op beperkte schaal wordt geïmplementeerd (hiervoor zou kunnen worden gekozen als de kosten van ERTMS fors hoger blijven dan van ATB). Door ERTMS op een beperkt aantal corridors middels dual signalling toe te passen is het niet nodig om de volledige materieelvloot om te bouwen en wordt toch aan de Europese regels voldaan. Als ERTMS wel grootschalig wordt geïmplementeerd in het Nederlandse netwerk, lijkt het verstandiger dit zo snel mogelijk middels een 'ERTMS-only' systeem te doen.

*Bij keuze voor grootschalige ERTMS implementatie is het verstandig om nieuw materieel met ERTMS uit te rusten*

Als wordt gekozen voor een grootschalige ERTMS implementatiestrategie, dan is het, bij het bestellen van nieuw rollend materieel, verstandig om dit meteen te bestellen met ERTMS apparatuur, later ombouwen is relatief duur. Voorwaarde hiervoor is wel dat met de leverancier goede (kwaliteit/kosten) afspraken over latere upgrades kunnen worden gemaakt.

*Het zoveel mogelijk op 'natuurlijke' momenten investeren in infrastructuur loont*

Uit gevoeligheidsanalyses blijkt dat als in de verschillende onderzochte strategieën zoveel mogelijk wordt geïnvesteerd op natuurlijke vervangingsmomenten (geen dubbele investeringen/kapitaalvernietiging) het MKBA saldo gunstiger wordt. Een goede afstemming met het Mistral programma drukt de kosten. ERTMS implementatie dient bij voorkeur gelijk met de relevante Mistral maatregelen, of pas veel later plaats te vinden. Voorkomen dient te worden dat relatief kort na de vervanging van de interlockings in het Mistral programma op dezelfde locaties ERTMS wordt geïmplementeerd.

## **1.2 Risico-analyse**

De verschillende strategieën die onderzocht zijn hebben hun eigen risico's. Omdat het saldo van de MKBA geen duidelijke voorkeursstrategie laat zien, gaan risico's een belangrijke rol spelen in de

afweging van de verschillende alternatieven. Risico's kunnen onder meer van technisch, operationeel, financieel, maatschappelijke, juridische of organisatorische aard zijn. Aangezien er nog veel onzeker is over de techniek zijn de risico's op dat vlak ook het grootst. Deze risico's werken echter via de (oplopende) kosten van de maatregelen ook meteen weer door in de financiële en maatschappelijke risico's. Het inschatten van juridische risico's was geen integraal onderdeel van de opdracht. Wel is de mogelijke subsidiering van vervoerders een aandachtspunt in verband met de Europese regels voor staatssteun. Organisatorisch gezien is er een groot risico: eenzijdige implementatie door overheid, inframanager of vervoerder leidt alleen tot kosten, niet tot baten. Samenwerking is essentieel.

Onderstaand gaan we voor de verschillende alternatieven nader in op de belangrijkste technische/operationele risico's en de doorwerking op kosten en baten.

#### **Nulalternatief**

Een mogelijk risico, dat veel genoemd wordt, is dat de beschikbaarheid van onderhoudsmedewerkers die met B-relais-technologie overweg zou kunnen afnemen. Tot op heden is dit echter niet waar te nemen. Mocht dit toch gebeuren dan kan onderhoud aan spoor daarmee langer gaan duren en meer geld gaan kosten. Hier is geen rekening mee gehouden in de berekeningen. Aan de andere kant geldt dat kennis van software ook snel verdwijnt. Een elektronisch gestuurd systeem is daarmee geen garantie voor een lager risico op dit gebied.

Een ander risico is dat de kosten van ERTMS fors kunnen gaan dalen in de toekomst en ERTMS daarmee het meest aantrekkelijke beveiligingssysteem wordt. Door in het vervangingsprogramma Mistral ATB te blijven gebruiken, kunnen op bepaalde corridors baten worden misgelopen waar deze met ERTMS gerealiseerd zouden kunnen worden. Wegen de kosten van ERTMS nu nog niet tegen deze baten op, over vijf jaar zou dat anders kunnen zijn. Dit risico geldt vooral als de betreffende corridors een belangrijke schakel vormen tussen andere trajecten die in de toekomst van een nieuw beveiligingssysteem moeten worden voorzien. Ook voor corridors waarbij de baten tegen de marginale kosten voor implementatie in infrastructuur zouden opwegen (als alle treinen al van ERTMS voorzien zouden zijn) speelt dit risico. Wil men die baten dan in de toekomst realiseren, dan is de kans groot dat de kosten op dat moment (implementatie van ERTMS in combinatie met het verwijderen van de nieuw aangeschafte ATB installaties en het versneld afschrijven ervan) groter zijn dan de additionele kosten van ERTMS nu.

#### **Alle projectalternatieven**

Alle alternatieven waarin nu ERTMS L2 wordt geïmplementeerd hebben te maken met het risico dat de baten van ERTMS onzeker zijn. Er zijn nog geen goede praktijkvoorbeelden van reistijd en capaciteitsverbeteringen op conventionele lijnen in Nederland als gevolg van ERTMS.

Ook hebben alle ERTMS scenario's de risico's die horen bij de implementatie van grootschalige nieuwe computergestuurde systemen. Denk hierbij aan uit de hand lopende ontwikkelkosten, specificatie- en compatibiliteitsproblemen, vertragingen etc.

Een ander risico hangt samen met de vraag of er sprake zal zijn van daadwerkelijke concurrentie onder leveranciers van ERTMS. Indien dit niet het geval is bestaat het risico dat er na een initiële aanbesteding een groeiende afhankelijkheid van ProRail van de systeemleveranciers optreedt. Indien de verschillende systemen niet uitwisselbaar zijn, dan zal er slechts een partij overblijven voor onderhoud en aanpassingen.

Een ander risico is de kans dat een beter alternatief zich voor gaat doen in de toekomst, waardoor investeringen in Level 2 niet de kans krijgen zich terug te verdienen. Het is de verwachting dat het superieur veronderstelde ERTMS L3 verder ontwikkeld gaat worden in de toekomst. Op dit moment speelt sterk de vraag of dit, zeker voor drukke baanvakken en emplacementen, een vooruitgang is. De draadloze communicatie leidt tot een vertraging van informatie-uitwisseling tussen trein en wal, waardoor de capaciteit van het spoor wel eens achteruit zou kunnen gaan in plaats van verbeteren. Als deze problemen worden opgelost, zullen in de infrastructuur weinig aanpassingen benodigd zijn voor de omschakeling naar ERTMS L3, omdat er in principe alleen maar minder systemen aan de baanzijde nodig zijn dan bij ERTMS L2. De treinen zullen echter wel opnieuw moeten worden aangepast.

Overigens speelt ten aanzien van de draadloze communicatie ook nog een capaciteitsvraagstuk dat ook relevant is bij de implementatie van Level 2. Op drukke knooppunten is het de vraag of de bandbreedte van de techniek voldoende is.

Ook zitten er risico's verbonden aan het implementeren van ERTMS vanaf 2015. Baseline 3, de versie van Level 2 ERTMS waarop wordt gewacht, kan net zoals baseline 2 (die inmiddels is doorontwikkeld tot versie 2.3.0.d), met kinderziektes kampen. Het risico bestaat dat er enige tijd overheen gaat voordat ook deze versie stabiel is.

Ook aan het retrofitten van materieeleenheden risico's. Dit is een complexere aangelegenheid dan het inbouwen van ERTMS in nieuwe treinen. Bij grootschalig retrofitten kunnen eventuele tegenvallers daarom ook aanzienlijke kosten met zich meebrengen. Bij kleinschalig retrofitten kunnen ombouwkosten per trein hoger uitvallen, afhankelijk van de series die worden omgebouwd. Wordt van meerdere materieeltypen een kleine serie omgebouwd, dan worden per type de ontwikkelings- en certificeringskosten gemaakt en kunnen deze over een kleiner aantal treinen worden verdeeld, dan wanneer een volledige materieelserie wordt omgebouwd.

### **Sector strategie**

In deze strategie zijn de grootste risico's:

- Overgang van ATB only naar ERTMS level 2 only
- Afhangelijkheid deelprojecten
- Grootschaligheid/"point of no return"

De wijze waarop een omschakeling van ATB only naar ERTMS only op drukke trajecten en knooppunten kan plaatsvinden is onduidelijk. Indien hiervoor geen oplossing wordt gevonden kan dit leiden tot de noodzaak van tijdelijke dubbele systemen en/of een tijdelijke buitengebruikstelling met bijbehorende extra kosten.

Door de harde fasering eerst materieel, dan infrastructuur ontstaan er een afhankelijkheid. Bijna het volledige materieelpark moet voorzien zijn van ERTMS voordat kan worden overgegaan op implementatie in het spoor. Een vertraging hierin, betekent een vertraging in de gehele implementatiestrategie, waardoor ook baten pas later worden gerealiseerd. Een probleem ontstaat als druk bezette corridors waar met ERTMS hoge baten mogelijk zijn, hoognodig aan vervanging toe zijn. Als uitstel van vervanging van het ATB systeem niet mogelijk is, kan het traject niet van ERTMS worden voorzien, omdat er nog onvoldoende treinen zijn. Daarmee kan een groot gedeelte van de te behalen baten wordt misgelopen.

Een ander risico ten opzichte van de natuurlijke vervangingsstrategie, is dat het punt eerder is bereikt waarop er geen weg terug meer is. Door om te bouwen naar een 'ERTMS-only' systeem moeten nieuwe treinen uitgerust blijven met ERTMS, ook als dit hoge kosten met zich zou brengen. Mocht het systeem ook niet zo functioneren als gewenst, kan er niet worden teruggevallen op ATB als backup. Men wordt geheel afhankelijk van aanpassingen in het ERTMS systeem, iets dat tijd en hoge kosten met zich mee kan brengen. Dit risico kan gedeeltelijk worden beperkt door ATB installaties pas echt te verwijderen, als uitgebreid met ERTMS is gereden op het traject. In dit geval zal er dus wel een periode van dubbele systemen aanwezig zijn in de infrastructuur, zoals dit ook het geval is in de natuurlijke vervangingsstrategie.

### **Natuurlijke vervanging**

De natuurlijke vervangingstrategie kent een aantal risico's die alleen van toepassing zijn op deze strategie vanwege de duale systemen. De belangrijkste zijn:

- De implementatie en het gebruik van twee systemen naast elkaar in praktijk.
- De realiseerbaarheid van baten bij duale systemen.

In het Nederlandse spoor is nog geen dual signalling Level 2 systeem werkend. Er bestaat een kans dat het daadwerkelijk functioneren van twee systemen tegelijkertijd ook problemen gaat opleveren. Het is technisch gezien geen groot probleem twee systemen naast elkaar in het spoor te hebben, maar wellicht kunnen deze niet gelijktijdig werken. Technische problemen spelen hierin waarschijnlijk niet de grootste rol. Het is vooral voor zowel machinisten als de verkeersleiding moeilijk om te gaan met twee systemen die tegelijkertijd in werking zijn.

Deze complexiteit is het grootst wanneer slechts een beperkt aantal treinen op een baanvak is voorzien van ERTMS. In dat geval is onderscheid in het gebruik van regels, zoals maximum snelheid en stops, zeer lastig te maken. Als alle treinen van hetzelfde type op een baanvak ERTMS gebruiken (bijvoorbeeld alle intercity's of alle stoptreinen), dan kan implementatie van ERTMS tot baten gaan

leiden. Deze mogelijkheid verbeterd nog aanzienlijk als werkelijk alle treinen op een traject voorzien zijn van ERTMS.

Dat is ook de reden dat er in deze strategie vanuit is gegaan dat er in deelparken moet worden gereden om de meeste baten te realiseren. Zo kan op de ERTMS trajecten die aangelegd zijn, volledig met ERTMS worden gereden. ATB is alleen nodig als backup voor het geval er verstoringen plaatsvinden en treinen moeten worden omgeleid of wanneer treinen naar de werkplaats moeten. Als deze vorm van een stand-by ATB systeem als backup ertoe leidt dat de projectering van het ERTMS systeem ook geheel moet worden aangepast op de mogelijkheden van ATB (zoals nu gebeurt op Amsterdam – Utrecht), dan kan een groot gedeelte van de baten niet worden gerealiseerd. Kortere opvolgtijden bij emplacementen en complexe kruisingen en het beperken van onnodige remmingen zijn bijvoorbeeld afhankelijk van de blokverdichtingen die met ATB niet of moeilijker te realiseren zijn.

Een laatste risico zijn de operationele gevolgen van het rijden in deelparken. Het staat vast dat materieel minder efficiënt kan worden ingezet en dat planners van de vervoerders met meer zaken rekening dienen te houden als er in ERTMS deelparken wordt gereden. Wat de exacte kosten, mogelijkheden en problemen hiervan zijn, is moeilijk in te schatten. Deze kunnen meevallen maar ook tegenvallen.

### **Upgrading**

De risico's in deze strategie zijn vrijwel gelijk aan die in de sector strategie. Onderscheidend in aard of in omvang zijn:

- Voorbereidingstijd ombouw materieel
- (Kosten van) upgrading

Het risico voor de vertraging in ombouw van materieel is in deze strategie groter dan in de sectorstrategie, aangezien de voorbereidingstijd korter is. Een belangrijk aanvullend risico van deze strategie zit in de kosten van upgrades van het materieel. Naar verwachting zijn deze beperkt in verhouding tot de ombouwkosten, maar hierover bestaat nog de nodige onzekerheid.

## 2 Inleiding

### 2.1 Achtergrond

Binnen de Europese Unie bestaan meer dan twintig verschillende treinbeveiliging-/verkeersmanagementsystemen naast elkaar. Dit is een belemmering voor de ontwikkeling van het internationale spoorvervoer. Vandaar dat de EU stuurt op het implementeren van een uniform 'European Rail Traffic Management System', ERTMS. Voor nieuwe hoge-snelheidsrailinfrastructuur is ERTMS binnen Europa al verplicht, en aan EU subsidies voor investeringen in spoorwegen is de verplichting gekoppeld om ERTMS te implementeren. In Nederland zijn de HSL zuid en de Betuweroute<sup>5</sup> al uitgerust met ERTMS. En ook het spoor tussen Amsterdam en Utrecht beschikt zeer binnenkort over ERTMS. Daarnaast heeft de EU in juli 2009 besloten om ERTMS in 2020 te verplichten op de verbindingen naar de grote internationale havens, zoals Amsterdam, Rotterdam en Antwerpen en wordt ook de Hanzelijn met ERTMS uitgerust. Er gebeurt dus al het nodige op het gebied van ERTMS in Nederland.

#### *Wat is ERTMS?*

Conventionele treinbeveiligingssystemen maken gebruik van seinen naast het spoor en van fysieke systemen, die een instructie doorgeven wanneer een trein passeert. Hierdoor hebben machinisten weinig mogelijkheden om te anticiperen op wat er voor de trein gebeurt door bijvoorbeeld vroegtijdig de snelheid aan te passen. Met ERTMS wordt gebruik gemaakt van nieuwe technologieën als draadloze communicatie en computersystemen waardoor het mogelijk wordt om treinen continu en real-time te volgen en waardoor machinisten precies kunnen weten wat er voor hen gebeurt. Daarnaast biedt ERTMS mogelijkheden om remcurven te optimaliseren.

Er wordt onderscheid gemaakt naar drie ERTMS levels, Level 1, 2 en 3. Level 1 is min of meer vergelijkbaar met het Nederlandse ATB-NG systeem (alle instructies worden via het spoor doorgegeven aan de trein) en voegt dus weinig meerwaarde toe. Bij Level 2 is continue informatie-uitwisseling mogelijk en worden instructies aan de trein draadloos doorgegeven vanuit een centrale locatie. Er zijn geen seinen en andere bekabelde systemen die instructies aan de trein geven meer nodig langs het spoor. De systemen in het spoor zijn alleen nog nodig voor treindetectie en locatiebepaling. De verkeersleiding weet waar de trein zich bevindt en de trein weet welke instructies opgevolgd moeten worden. Bij level 3 is er continue informatie uitwisseling tussen trein en verkeersleiding, en zijn systemen in het spoor niet meer nodig. Treinen weten waar zij zich bevinden en via de verkeersleiding ook waar alle andere treinen zich bevinden. Op basis daarvan berekenen ze zelf of en hoe snel ze mogen rijden. Level 3 bestaat echter nog niet, en het is onbekend wanneer dit level volledig operationeel zal zijn.

Binnen elk level bestaat een aantal versies, of 'baselines'. De meest actuele werkende versie van ERTMS is level 2, versie 2.3.0.d. Omdat de functionaliteit van deze versie voor sommige landen te beperkt is, wordt momenteel een nieuwe versie ontwikkeld, level 2, baseline 3. Deze versie voegt

---

<sup>5</sup> Op twee kleine stukken, 'de eilanden van de Betuweroute' na.



een aantal specifieke functies toe, zoals het functioneren als een kloon van beperktere bestaande beveiligingssystemen of het verbeteren van de mogelijkheden voor de machinist tijdens het rangeren of wegvallen van het systeem. Level 2, baseline 3 moet in 2015 klaar zijn, zo is afgesproken door de Europese commissie en (organisaties van) de industrie, de Europese spoorwegen en vervoerders<sup>6</sup>.

## 2.2 Aanleiding voor de studie

In 2006 heeft de Nederlandse spoorsector een implementatiestrategie voor ERTMS ontwikkeld. De kern van deze Sectorstrategie is dat eerst al het treinmaterieel wordt omgebouwd met ERTMS apparatuur en vervolgens de railinfrastructuur. In de Tweede Kamer is vervolgens gesuggereerd om een alternatieve aanpak te ontwikkelen waardoor de voordelen van ERTMS al eerder kunnen worden geïncasseerd. Deze studie is uitgevoerd om de maatschappelijke kosten en baten van de verschillende strategieën met elkaar te kunnen vergelijken om zo een verantwoorde keuze te kunnen maken.

Een andere aanleiding voor de studie vormt de discussie over de overheidsbijdrage voor de investering in de ombouw van treinmaterieel. De minister van V&W is bereid om een overheidsbijdrage van maximaal 50% te leveren, maar de operators eisen een subsidie van 100%. Deze MKBA moet duidelijk maken wat de invloed is van het subsidieniveau op de maatschappelijke kosten en baten en aangeven welk subsidieniveau kan worden gezien als eerlijk en efficiënt.

## 2.3 Vraagstelling en aanpak

De vragen waarop het onderzoek een antwoord moet vinden zijn de volgende:

1. Geef aan wat de maatschappelijke kosten en baten zijn van de verschillende ERTMS implementatiestrategieën
2. Geef aan wat het effect is van verschillende subsidieniveaus voor de ombouw van het rollend materieel
3. Breng de risico's in beeld die bij de verschillende strategieën aan de orde zijn
4. Voer daartoe gevoeligheidsanalyses uit, waarmee tevens de robuustheid van de onderzoeksresultaten worden getoetst.
5. Geef aan welke implementatiestrategie en welk subsidieniveau de beste verhouding tussen maatschappelijke kosten en baten opleveren.

Het onderzoek is uitgevoerd in nauwe samenwerking met de mensen van het Ministerie en de spoorsector (ProRail, NS, KNV). Veel van de informatie is ontleend aan bronnen die door de sectorpartijen zijn aangeleverd. Om de objectiviteit van deze input te kunnen beoordelen en ook om de technische kant van ERTMS te dekken, heeft Decisio het onderzoek uitgevoerd samen met Systra, een ingenieursbureau gespecialiseerd in spoorvervoer en ERTMS uit Frankrijk.

---

<sup>6</sup> "Memorandum of Understanding", ondertekend door de Europese Commissie, CER, UIC, UNIFE, EIM, GSM-R Industry Group en ERFA (2008).



Het onderzoek is zoveel mogelijk uitgevoerd conform de hiertoe door het Rijk ontwikkelde OEI leidraad waarmee MKBA's voor alle grote infrastructuurprojecten in Nederland worden uitgevoerd. Een belangrijk aspect van de OEI leidraad is het nulalternatief. Dit is het alternatief waartegen de implementatiestrategieën worden afgezet. In dit project is uitgegaan van twee nulalternatieven (eigenlijk een nul- en een nul+alternatief), die van elkaar verschillen wat betreft de kosten in het vervangingsprogramma Mistral dat ProRail laat uitvoeren op het spoor. In hoofdstuk 3 wordt hierop dieper in gegaan.

## 2.4 Technisch rapport

De voorliggende rapportage is een samenvattend rapport, waarin de resultaten worden beschreven en de conclusies en aanbevelingen zijn samengevat. Voor een gedetailleerde beschrijving van de achtergronden van het onderzoek en gebruikt bronnenmateriaal verwijzen we graag naar het engelse technische rapport dat in het kader van dit project is opgesteld<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Decisio/SYSTRA (2009), Social Cost Benefit Analysis of implementation strategies for ERTMS in the Netherlands.

### 3 De alternatieven: ERTMS implementatiestrategieën

In dit onderzoek zijn vier implementatiestrategieën van ERTMS met elkaar vergeleken:

1. Het nulalternatief
2. Het nulplusalternatief
3. De Sectorstrategie (eerst materieel ombouwen, daarna de infrastructuur)
4. De strategie 'Natuurlijke vervanging' (waarbij zoveel mogelijk wordt aangesloten bij de natuurlijke vervangingsmomenten)
5. Upgrading (zo snel mogelijk ombouwen en later ERTMS upgraden)

#### 3.1 Het nulalternatief

Het **nulalternatief** is niet gelijk aan "niets doen". Het ligt immers voor de hand dat ook zonder implementatiestrategie voor ERTMS er nog ontwikkelingen zijn op het spoor. Het gaat om het volgende:

- Infrastructuur: Programma's als MISTRAL en PHS gaan ook in het nulalternatief door, en er zijn ook specifieke ERTMS projecten: Amsterdam-Utrecht, de Hanzelijn, en de verbinding van de havens van Rotterdam, Amsterdam en Antwerpen met het Europese TEN-netwerk (eilanden Betuweroute, verbinding haven Amsterdam – Betuweroute, IJzeren Rijn). Tot 2020 wordt het ERTMS netwerk in Nederland uitgebreid naar ca. 430 tracékilometers.
- Materieel: alleen hogesnelheidstreinen (met uitzondering van de ICE's) worden voorzien van ERTMS, overige passagierstreinen worden niet voorzien van ERTMS. Op dit moment zijn er ca. 100 ERTMS goederentreinen, waarvan het aantal verder toeneemt via de natuurlijke vervanging: alle nieuwe goederentreinen worden voorzien van ERTMS samen met het nieuwe materieel dat nodig is om de groeiende vraag naar goederenvervoer op te vangen.

#### 3.2 Het nulplusalternatief

Het **nulplusalternatief** is geïntroduceerd omdat de wijze van uitvoeren van MISTRAL mogelijk van invloed kan zijn op de kosten van ERTMS implementatie ten opzichte van vervanging door ATB systemen. Waar het uitgangspunt in het nulalternatief is dat MISTRAL met relatief goedkope b-relais technologie wordt gerealiseerd, is het ook mogelijk dit te doen met elektronische interlockings, zoals op de eerste drie corridors in Mistral de bedoeling is. Deze zijn duurder, waarmee het kostenverschil tussen ERTMS en ATB kleiner wordt. Volgens ProRail is het gebruik van alleen maar elektronische interlockings in Mistral echter niet reëel bij het huidige kostenniveau, als niet vaststaat dat naar ERTMS wordt gemigreerd. De nulplusvergelijking levert echter ook een goede indicatie op van het effect van een kostendaling van ERTMS, wanneer bijvoorbeeld de combinatie van ERTMS met b-relais een reële optie zou worden. Ontwikkelingen in infrastructuur en materieel zijn verder identiek aan het nulalternatief.

### 3.3 De Sectorstrategie

De **Sector strategie** is vergelijkbaar met de strategie die in 2006 door de spoorwegsector is gepresenteerd. Het principe van de Sectorstrategie is “migratie via dubbele systemen in materieel”. Dat betekent dat eerst al het materieel wordt voorzien van dubbele systemen (ATB en ERTMS), waarna de infrastructuur corridor voor corridor kan worden omgebouwd naar “ERTMS-only”<sup>8</sup>. Dubbele systemen in de infrastructuur (“dual signalling”) zijn dan dus niet nodig. Uitgangspunt in de analyse is echter wel dat wordt gewacht op de beschikbaarheid van Level 2, baseline 3, voordat wordt gestart met de ombouw van het materieel. Dit is volgens de “Memorandum of Understanding” van de industrie, de Europese Commissie, inframanagers en operators uiterlijk 2015. Vanaf dit moment wordt in een periode van 5 jaar al het materieel omgebouwd. Daarna, vanaf 2020, wordt gestart met de implementatie van ERTMS in de infrastructuur.

- Infrastructuur: door de verschuiving in de tijd ten opzichte van de oorspronkelijk Sectorstrategie (start ERTMS in de infrastructuur vanaf 2020 in plaats van 2012) is de koppeling met MISTRAL (voor 2020) niet meer mogelijk. Om het eindbeeld van de sector toch te realiseren in een vergelijkbare periode van 23 jaar dient er naast natuurlijke vervangingen dus nog extra in ERTMS te worden geïnvesteerd. Het resultaat is dat in 2043 het streefbeeld van de sector wordt gerealiseerd met ca. 2000 tracékilometers voorzien van ERTMS.
- Materieel: vanaf de beschikbaarheid van Level 2, baseline 3 in 2015 wordt al het materieel in 5 jaar tijd omgebouwd, zowel passagiers- als goederentreinen.

### 3.4 Natuurlijke vervanging

Bij **Natuurlijke vervanging** gelden twee uitgangspunten: kosten beperken door aan te sluiten bij natuurlijke vervangingsmomenten van materieel en infrastructuur, en daarnaast met een minimum van omgebouwd materieel zo veel mogelijk gebruik maken van de ERTMS infrastructuur die er al is (dus ook in het nulalternatief bestaat). Hierdoor bestaat de noodzaak van een hybride systeem: zolang niet een bepaalde (aanzienlijke) hoeveelheid van het rollend materieel is voorzien, zullen dubbele systemen in zowel infrastructuur als in het rollend materieel nodig zijn.

- Infrastructuur: vanaf de beschikbaarheid van baseline 3 wordt ca. 50% van de MISTRAL corridors uitgevoerd met ERTMS (dual signalling). Dual signalling is noodzakelijk zodat werkplaatsen bereikbaar zijn voor treinen zonder ERTMS en bij verstoringen treinen een alternatieve route kunnen gebruiken. Wanneer veel ERTMS materieel beschikbaar is (85%), wordt uiteindelijk 100% van alle vervanging van de oude seininstallaties uitgevoerd als ERTMS-only.
- Materieel: om het rijden in ERTMS deelparken mogelijk te maken moet volgens NS minimaal 50%-70% van het totale NS materieelpark voorzien zijn van ERTMS. Om

---

<sup>8</sup> Hierbij is vastgehouden aan het principe van de oorspronkelijke Sectorstrategie uit 2006. 100% van het materieel wordt eerst van ERTMS voorzien, voordat ombouw in de infrastructuur begint. Inmiddels bestaan er echter ideeën bij de sectorpartijen om hierin te optimaliseren, waarbij mogelijk niet de volledige 100% dient te worden omgebouwd. Dit zou een kostendrukkend effect kunnen hebben.

de baten op bestaande corridors te kunnen realiseren wordt daarom uitgegaan van een ombouw van 50% van de vloot in de periode 2015-2020 (berekeningen worden ook uitgevoerd bij 0%, 30%, 70% en 100%). Goederentreinen met ERTMS zijn er in hetzelfde aantal als in het nulalternatief.

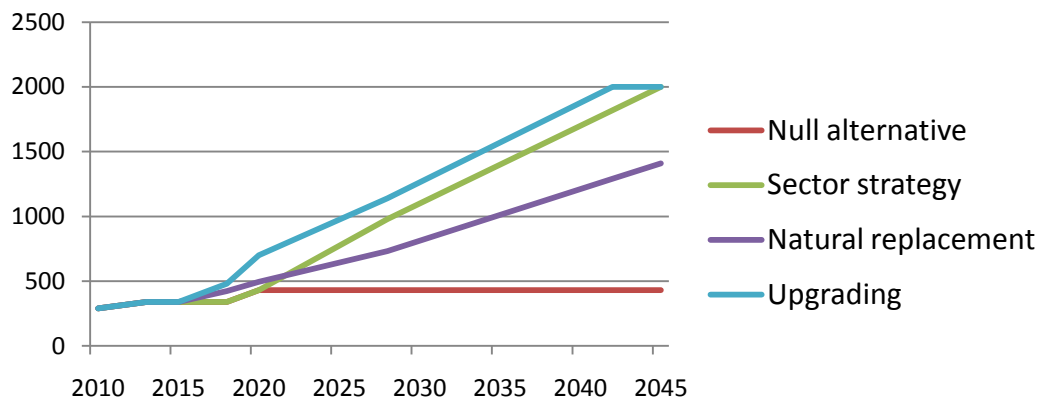
### 3.5 Upgrading

Bij **Upgrading** (toegevoegd op verzoek van de Kamerleden Roemer en Cramer) wordt uitgegaan van een zo vroeg mogelijke start van de implementatie van ERTMS, d.w.z. voor 2015. Daarmee ontstaat de noodzaak het materieel dat voor 2015 wordt omgebouwd, na 2015 te upgraden naar baseline 3.

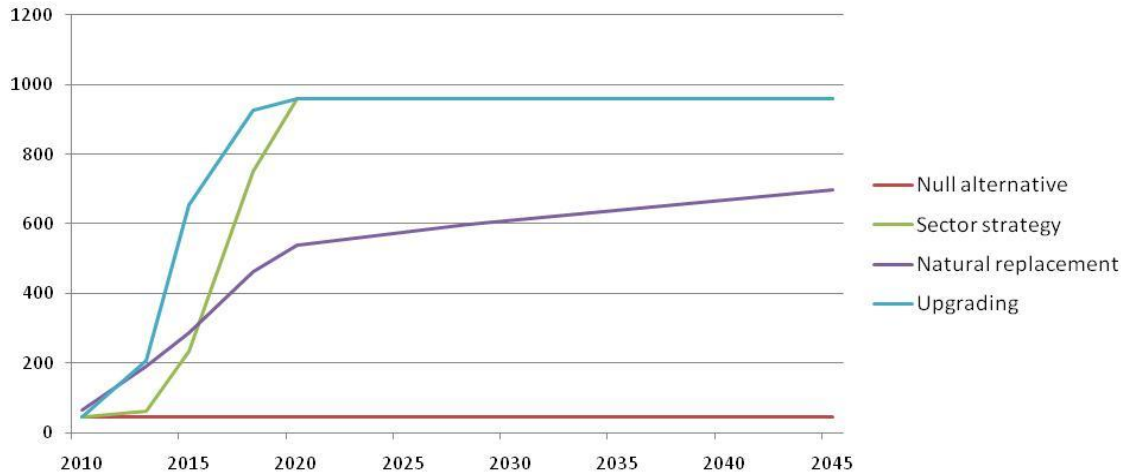
- Infrastructuur: implementatie is gelijk aan de Sectorstrategie: wanneer al het materieel is omgebouwd wordt gestart met de implementatie in de infrastructuur. Dit kan vanaf 2017. Door deze eerdere implementatie zijn interacties met PHS en het huidige Mistral programma mogelijk.
- Materieel: vanaf 2012 wordt al het materieel in 5 jaar tijd omgebouwd, zowel passagiers als goederentreinen. Materieel dat voor 2015 wordt voorzien van ERTMS krijgt daarna een upgrade.

In onderstaande figuren is de ontwikkeling van de ERTMS infrastructuur en het ERTMS materieel in de verschillende strategieën weergegeven.

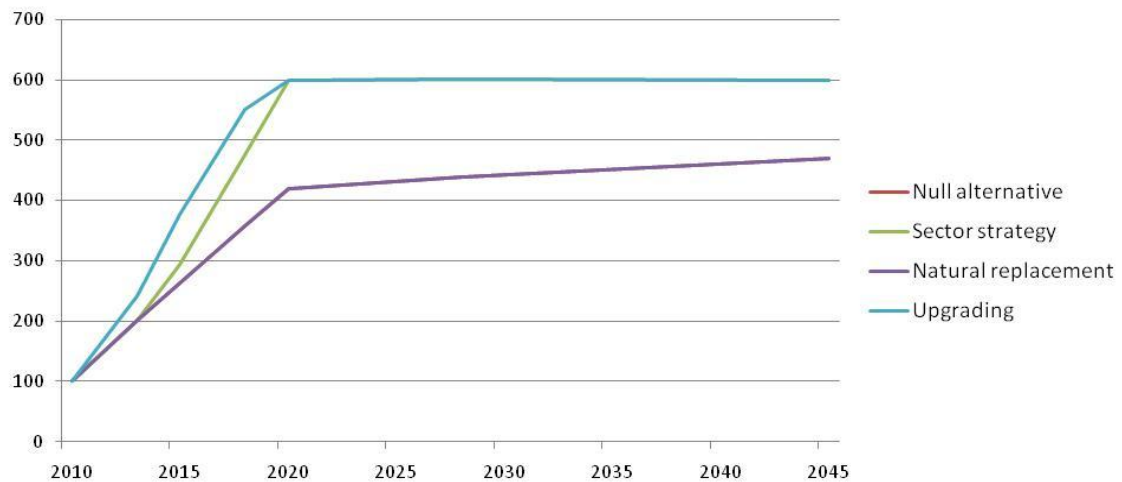
*Figuur 1: Ontwikkeling ERTMS infrastructuur in tracékilometers*



Figuur 2: Ontwikkeling ERTMS materieel personenvervoer in aantal treinen



Figuur 3: Ontwikkeling ERTMS materieel goederenvervoer in aantal treinen



## 4 De maatschappelijke kosten en baten vergeleken

Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende effecten van de verschillende ERTMS implementatiestrategieën. Voor zover mogelijk worden deze effecten ook in geld uitgedrukt en weergegeven in de netto contante waarde over de gehele levensduur van de investering. Om recht te doen aan de onzekerheden waarmee deze resultaten omgeven zijn, wordt er een hoge en een lage schatting van de effecten gepresenteerd (zie voor achtergronden de gevoeligheidsanalyses in het technische rapport), die overigens niet als absolute bandbreedte moeten worden beschouwd.

### 4.1 De kosten

#### *Investeringskosten in infrastructuur*

Het ATB beveiligingssysteem in het Nederlandse spoor netwerk is op een aantal locaties aan vervanging toe. De technische levensduur van de beveiligingsinstallaties inclusief treindetectie, bekabeling en seinen is ongeveer 40 tot 50 jaar. De oudste systemen in Nederland zijn afkomstig uit de jaren 50 en hebben deze periode dus inmiddels overschreden. Vervanging van installaties zal hoe dan ook plaats moeten vinden, hetzij door vervanging met opnieuw ATB systemen, hetzij door vervanging met ERTMS. Het vervangingsprogramma waarin dit wordt vastgelegd heet Mistral, maar de exacte invulling na 2013 is nog onbekend. De alternatieven verschillen in de wijze waarop deze vervanging wordt ingevuld. Het gebruikte beveiligingssysteem (ATB of ERTMS), de onderliggende techniek (B-relais of elektronische interlockings) en het tempo van implementatie verschillen in de alternatieven.

In de onderstaande tabel is de bandbreedte van de omvang van de investeringskosten in infrastructuur weergegeven voor de verschillende alternatieven. Deze bandbreedte wordt onder meer bepaald door de onzekerheid over Mistral (zie 3.1 en 3.2).

Tabel 4.1: Kosten investeringen infrastructuur voor ERTMS implementatie (mln. € NCW)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	-€ 40	-€ 109	-€ 45
Hoog	-€ 686	-€ 575	-€ 820

De meerkosten van ERTMS ten opzichte van het nulplusalternatief (electronische interlockings) zijn relatief beperkt. De kosten van de Sectorstrategie kunnen ten opzichte van het nulplusalternatief worden beperkt tot ongeveer € 40 mln (NCW) indien ook het op korte termijn opnieuw aanpassen van net vernieuwde Mistral corridors tot een minimum wordt beperkt. Omdat de Upgrading strategie eerder start, is de netto contante waarde van de kosten van deze strategie iets hoger. Natuurlijke vervanging kost minimaal € 109 mln doordat dubbele systemen duurder zijn.

De hoge kosten kunnen optreden wanneer wordt uitgegaan van B-relaistechniek in het nulalternatief en dit niet bruikbaar blijkt bij ERTMS implementatie. In dat geval heeft Natuurlijke vervanging de laagste kosten omdat slechts een deel van het netwerk wordt voorzien van ERTMS. Het verschil in de netto contante waarden tussen de Sectorstrategie en Upgrading komt voornamelijk door het verschil

in fasering. Doordat in Upgrading kosten eerder worden gemaakt, wegen deze zwaarder in de netto contante waarden.

#### *Besparingen op capaciteitsmaatregelen*

ERTMS kan ook raakvlakken hebben met andere investeringen in het spoor. Een belangrijk investeringsprogramma is PHS (programma hoogfrequent spoor). Het is denkbaar dat ERTMS bepaalde maatregelen in dit programma overbodig zou kunnen maken. Met behulp van ERTMS kan mogelijk extra capaciteit op het spoor worden gecreëerd, waardoor andere investeringen niet meer nodig zouden kunnen zijn. De omvang van deze capaciteitswinst en van de vermeden investeringen is echter niet bekend<sup>9</sup>. In deze MKBA zijn deze mogelijke synergiebaten daarom niet kwantitatief meegenomen. Doordat in het PHS al wordt gewerkt met zo min mogelijk harde infrastructuur, zou naar verwachting van ProRail experts slechts een beperkt gedeelte van de totale PHS investeringen (€4,5 mld) met ERTMS kunnen worden vermeden. Gezien de omvang van dit totaalbedrag zou dit desalniettemin een belangrijke impact kunnen hebben.

*Tabel 4.2: Besparingen op capaciteitsmaatregelen*

	<b>Sector strategie</b>	<b>Natuurlijke vervanging</b>	<b>Upgrading</b>
Besparingen op capaciteitsmaatregelen	0	0	+ PM

#### *Investeringen in materieel*

Naast de infrastructuur moeten ook treinen aangepast worden om van het nieuwe beveiligingssysteem gebruik te kunnen maken. Een gedeelte van de treinen zal worden omgebouwd, een ander gedeelte kan via de natuurlijke instroom van nieuwe treinen worden voorzien van ERTMS. Nieuwe treinen voorzien van ERTMS is goedkoper dan het inbouwen in bestaande treinen. Indien treinen van ERTMS apparatuur voorzien worden vóór 2015, dan hebben zij een upgrade nodig op het moment dat een volgende ERTMS versie beschikbaar komt. Ook hier zijn kosten mee gemoeid.

Doordat in de *Sectorstrategie* pas na 2015 wordt begonnen met de ombouw van materieel speelt het upgraden in dit alternatief niet. Al het materieel zal in deze strategie de komende decennia van dubbele systemen moeten worden voorzien, omdat de ombouw naar ERTMS in het volledige netwerk enkele tientallen jaren duurt en treinen tot die tijd ook over ATB spoor moeten kunnen rijden.

Bij de *Upgradingstrategie* vallen de kosten wat hoger uit dan bij de *Sectorstrategie*. Dat dit verschil relatief beperkt is, wordt veroorzaakt doordat in deze strategie een minder groot aantal treinen achteraf moet worden omgebouwd. Een groter deel van de vloot kan nieuw met ERTMS apparatuur worden gekocht.

<sup>9</sup> ProRail onderzoekt momenteel de capaciteitsbaten. Vervolgens is een objectspecifieke analyse nodig op PHS om te beoordelen welke investeringen vermeden kunnen worden.

De *Natuurlijke vervanging strategie* heeft lagere ombouwkosten voor het materieel omdat het materieel pas later wordt omgebouwd. Maar in dit alternatief speelt wel een andere kostencomponent. Omdat niet alle treinen op korte termijn worden voorzien van ERTMS, maar in deze strategie wel geprobeerd wordt om zo vroeg mogelijk baten te realiseren, wordt er in deelparken gereden. Op ieder traject waar ERTMS ligt (al dan niet met dubbele systemen in het spoor), wordt in principe alleen met ERTMS treinen gereden. Dit leidt ertoe dat het materieel minder efficiënt kan worden ingezet dan wanneer materieel zonder beperkingen landelijk ingezet kan worden. Zolang er in deelparken wordt gereden is daarom extra materieel benodigd. Deze buffer kan weer verdwijnen op het moment dat voldoende materieel is voorzien van ERTMS. Omdat de omvang en de kosten van deze deelparken onzeker is, is de bandbreedte rond deze kosten in de onderstaande tabel hoger.

Tabel 4.3: Kosten investeringen in materieel (mln. € NCW)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	-€ 396	-€ 174	-€ 421
Hoog	-€ 433	-€ 354	-€ 466

De laagste kosten in de tabel voor Natuurlijke vervanging treden op wanneer niet wordt toegewerkt naar een deelpark van enige omvang. Hoewel de kosten dan beperkt zijn, treden er dus ook geen baten op. In de Sectorstrategie kunnen kosten worden verlaagd door nieuw materieel ook al voor 2015 te voorzien van ERTMS apparatuur: de meerkosten daarvan, inclusief upgrading naar een volgende versie in 2015 lijken lager te zijn dan retrofitten. De laagste kosten voor Upgrading (waar standaard veel kosten voor het upgraden inzitten) zijn berekend bij een langere ombouwperiode (waardoor ook de baten worden uitgesteld).

De hoge kosten voor de Sectorstrategie en bij Upgrading treden op bij de standaardberekening. De meerkosten van het upgraden in Upgrading zijn relatief beperkt, omdat materieel dat nieuw instroomt voor 2015 meteen wordt voorzien van ERTMS. Inclusief de upgrade na 2015 is dit voordeliger dan het retrofitten. De hoge kosten bij Natuurlijke vervanging zijn lager dan die voor de andere strategieën omdat uiteindelijk het materieel niet volledig of pas laat in de tijd van ERTMS wordt voorzien. De bovenkant van de bandbreedte in Natuurlijke vervanging doet zich voor in de situatie waarin sprake is van een deelparkomvang van minimaal 70% en forse additionele kosten bij het rijden in deelparken.

#### Onderhoudskosten

De laatste jaren zijn de onderhoudskosten van het beveiligingssysteem in het spoor gedaald. Onderhoudsvrije relais en LED-seinen hebben de kosten doen afnemen. In theorie kan het onderhoud aan ERTMS infrastructuur nog goedkoper zijn, omdat er minder bekabeling en geen seinen meer nodig zijn. In de praktijk is deze kostendaling nog niet waargenomen. Het feit dat onderhoud alleen door de leverancier kan worden uitgevoerd en deze tot nu toe een gehele onderhoudsorganisatie moet hebben voor een beperkt aantal kilometers spoor, heeft ervoor gezorgd dat de waargenomen onderhoudskosten voor ERTMS hoger zijn dan voor ATB. Ook de complexiteit van de computergestuurde techniek kan leiden tot hogere onderhoudskosten, omdat meer specialistische kennis vereist is.



Naar verwachting zal de netto contante waarde van de onderhoudskosten hoger zijn dan in het nulalternatief.

Tabel 4.4: Kosten onderhoud (mln. € NCW)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	-€ 3	-€ 2	-€ 3
Hoog	-€ 102	-€ 91	-€ 127

Aan de onderkant van de bandbreedte blijven deze kosten beperkt wanneer uitgegaan wordt van elektronische interlockings in het nulplusalternatief. Bij de Sectorstrategie en Upgrading zijn deze lage waarden alleen te realiseren als er geen snelle ERTMS ombouw plaatsvindt van recent vernieuwde Mistral corridors. Aan de bovenkant van de bandbreedte wordt uitgegaan van de additionele kosten van de ERTMS implementatiestrategieën ten opzichte van een situatie met B-relaistechniek in het nulalternatief.

#### Opleidingskosten

Het introduceren van een nieuw beveiligingssysteem leidt ertoe dat machinisten moeten worden bijgeschoold. Aan de andere kant leidt een uniform Europees systeem ertoe dat machinisten op internationale corridors nog maar één systeem hoeven te kennen. Ook kan het zijn dat het systeem eenvoudiger werkt en minder kennis benodigd is om een trein te besturen. Zo kan op de lange termijn bespaard worden op de opleidingskosten. Op de korte termijn worden alleen maar additionele opleidingskosten gezien, omdat het betekent dat machinisten met een extra systeem overweg moeten kunnen. Het netto effect is onbekend, maar is naar verwachting van de NS van beperkte omvang.

Tabel 4.5: Verandering in opleidingskosten

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Opleidingskosten	+/-PM	+/-PM	+/-PM

## 4.2 De directe effecten (maatschappelijke baten)

#### Interoperabiliteit

Een belangrijke reden om te investeren in ERTMS is de interoperabiliteit: bij internationale reizen hoeft er geen rekening te worden gehouden met verschillende systemen. Materieel hoeft niet voorzien te worden van meerdere systemen naast elkaar en/of er hoeft niet meer aan de grens te worden gewisseld van locomotief. Dit werkt in principe kosten- en tijdsbesparend. Omdat de belangrijkste internationale lijnen ook in het nulalternatief echter al over ERTMS beschikken, zijn deze effecten in de andere alternatieven echter niet veel groter. Een belangrijke notie bij de interoperabiliteitsbaten is bovendien dat er alleen voordelen zijn als ook aan de andere kant van de grens wordt geïn-

vesteerd in ERTMS. Om deze redenen worden er geen interoperabiliteitsbaten toegekend aan de projectalternatieven ten opzichte van het nulalternatief<sup>10</sup>.

Tabel 4.6: Interoperabiliteitseffecten

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Interoperabiliteit	0	0	0

Overigens is de interoperabiliteit tussen netwerken behalve van het beveiligingssysteem ook afhankelijk van bijvoorbeeld de netspanning in de bovenleiding en spoorbreedte. Omdat in het railgoederenvervoer relatief veel gebruik maakt van diesellocomotieven en de nieuwere elektrische goederentreinen met meerdere voltages overweg kunnen, speelt het beveiligingssysteem een belangrijkere rol voor interoperabiliteit dan de spanning op de bovenleiding.

#### Reistijdwinst

Met ERTMS kan in theorie reistijd worden gewonnen. Enerzijds kan dit doordat op een viertal trajecten 160 km/u kan worden gereden (waar de spoorconfiguratie dat toelaat), anderzijds kan dit doordat er minder tijd wordt verloren bij het passeren van de grotere emplacementen omdat verschillende treinbewegingen beter op elkaar kunnen worden afgestemd.

Deze reistijdwinst is mede afhankelijk van andere factoren, zoals de 'incasseerbaarheid' van de theoretische tijdwinst in de dienstregeling. De omvang van de reistijdwinst is daarom moeilijk te bepalen. In de MKBA berekeningen is met aannames een schatting gemaakt van de reistijdwinst die met ERTMS kan worden gehaald. De onderstaande tabel laat de bandbreedte zien van een uitslag van 50% naar boven en naar beneden ten opzichte van de basisberekening van de reistijdbaten.

Tabel 4.7: Baten reistijdwinst reizigers (mln. € NCW)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	€ 327	€ 97	€ 377
Hoog	€ 982	€ 582	€ 1.132

De reistijdbaten zijn de belangrijkste batenpost, maar de realiseerbaarheid van deze baten is tamelijk onzeker. Deze hangt af van de inpasbaarheid in dienstregelingen. Bovendien kan er verschil optreden wanneer wordt uitgegaan van dual signalling (en dus de bestaande "projecties") of ERTMS only (waarbij verder kan worden geoptimaliseerd voor hogere snelheden en andere remcurven). De lage waarden treden op als wordt uitgegaan van een korting van 50% op de basisberekening voor de Sector strategie en Upgrading. Voor Natuurlijke vervanging treedt de laagste waarde op indien zou blijken dat pas baten kunnen worden gerealiseerd als kan worden overgegaan op ERTMS only (als inpassing van hogere snelheden en geoptimaliseerde remcurves bij dual signalling dus niet mogelijk blijkt). De hoge waarden treden op wanneer de berekende reistijdbaten met 50% worden verhoogd.

<sup>10</sup> Dit betekent niet dat interoperabiliteit onbelangrijk is. Op een corridor als Rotterdam – Genua kan een reistijdwinst worden geboekt van een uur of twee, maar dit zou in het nulalternatief dus ook al het geval zijn als de investeringen in het buitenland tijdig plaats vinden.

De reistijdbaten voor het goederenvervoer zijn nog moeilijker te bepalen: enerzijds hebben goederentreinen minder voordeel van ERTMS omdat ze minder voordeel hebben van uitgesteld remmen (vanwege de massa van goederentreinen moeten ze toch vroeg remmen), anderzijds kunnen juist goederentreinen profiteren van extra capaciteit op het spoor waardoor zij gemakkelijker in de dienstregeling kunnen worden ingepast (dit laatste is een capaciteitseffect, maar kan leiden tot een significant reistijdeffecten voor individuele goederentreinen). De som van deze twee effecten is niet exact te berekenen omdat met name de capaciteitsbaten afhankelijk zijn van de dienstregeling. De onderstaande tabel laat zien wat het effect zou zijn als de goederentreinen dezelfde tijdswinst zouden boeken als personentreinen bij het passeren van een emplacement<sup>11</sup>.

Tabel 4.8: Schatting reistijdbaten goederenvervoer (mln. € NCW)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	€ 21	€ 8	€ 26
Hoog	€ 64	€ 46	€ 77

De lage waarden zijn ook voor vracht voor de Sector strategie en Upgrading gebaseerd op de gevoeligheidsanalyse waarin de reistijdbaten zijn gehalveerd. Voor Natuurlijke vervanging geldt de onderkant van de bandbreedte, als alleen baten kunnen worden gerealiseerd op corridors met ERTMS only. De bovenkant van de bandbreedte geldt voor alle strategieën bij een opslag van 50% op de initieel berekende baten.

#### Capaciteitswinst/Comfort

Met ERTMS kan in theorie capaciteitswinst op het spoor worden geboekt. Door blok lengtes te optimaliseren en treinen dichter op elkaar te laten rijden kunnen op knooppunten en trajecten met capaciteitsstekort meer treinen over bestaand spoor worden afgewikkeld. Zoals reeds genoemd is het onduidelijk welke capaciteitswinst hiervan het gevolg is en welk deel van deze winst ook daadwerkelijk kan worden benut in de dienstregeling. In de MKBA berekeningen is ervan uitgegaan dat met ERTMS een 10/10/10 schema mogelijk is op de PHS corridors wanneer er 6 treinen per uur rijden, terwijl er met ATB een 8/12 schema is. De betere voorspelbaarheid van de reistijd wordt door de reiziger positief gewaardeerd, waardoor ERTMS de volgende baten oplevert.

Tabel 4.9: Baten comfort van een regelmatigere dienstregeling (mln. € NCW)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	€ 46	€ 0	€ 52
Hoog	€ 138	€ 96	€ 156

De lage waarden treden wederom op als wordt uitgegaan van een korting van 50% op de basisberekening voor de Sector strategie en Upgrading. Voor Natuurlijke vervanging treedt de laagste waarde weer op indien zou blijken dat pas baten kunnen worden gerealiseerd bij ERTMS only. Aangezien in

<sup>11</sup> Ook hier zijn weer twee waarden gepresenteerd, een lage schatting van 50% onder de waarde waarmee is gerekend en een hoge schatting van 50% boven deze waarde.

de berekeningen is verondersteld dat de PHS corridors op relatief korte termijn worden aangepast, zal dat dus niet op deze corridors zijn. In dit geval treden deze baten dus niet op in Natuurlijke vervanging. De hoge waarden treden op wanneer de berekende comfortbaten met 50% worden verhoogd.

#### *Exploitatie vervoerders*

Als gevolg van de reistijdwinst wordt het reizen met de trein aantrekkelijker en kan er een reizigersgroei plaatsvinden. Dit levert de vervoerders van reizigers extra inkomsten op. In de onderstaande tabel is de verandering van het bedrijfsresultaat van de NS berekend op basis van de veronderstelde verandering in de reistijden en reistijdelasticiteiten. Hierbij is ervan uitgegaan dat de nieuwe reizigers een bijdrage aan het bedrijfsresultaat van NS leveren die even groot is als de gemiddelde bijdrage van de bestaande reizigers.

*Tabel 4.10: Baten exploitatie reizigersvervoer<sup>12</sup> (mln. € NCW)*

	<b>Sector strategie</b>	<b>Natuurlijke vervanging</b>	<b>Upgrading</b>
Reizigersvervoer laag	€ 21	€ 8	€ 25
Reizigersvervoer hoog	€ 63	€ 51	€ 74
Goederenvervoer	+PM	+PM	+PM

De laagste waarden voor de Sector strategie en Upgrading zijn wederom toe te schrijven aan een beperking van de reistijdbaten. Door het gebruik van elasticiteiten worden de exploitatiebaten toe te schrijven aan extra passagiers gehalveerd. Bij Natuurlijke vervanging treedt de laagste waarde wederom op als alleen baten kunnen worden gerealiseerd bij ERTMS only. De hoge waarden treden op wanneer de reistijdeffecten 50% hoger worden verondersteld.

### **4.3 Externe effecten (maatschappelijke baten)**

#### *Veiligheid: slachtoffers*

Vervoer per trein behoort tot de veiligste wijzen van mobiliteit. Gemiddeld vallen er nog geen twee doden per jaar onder passagiers en personeel. Het aantal gewonden onder hen blijft tot enkele tientallen beperkt. De meeste doden en gewonden (excl. suïcide) vallen onder personen die niet in de trein zitten, zoals bijvoorbeeld door stilstand op overwegen<sup>13</sup>. Het aantal fatale ongevallen waarbij het beveiligingssysteem in het geding is, is lager. Het ATB systeem functioneert alleen bij snelheden boven de 40 km/u, rijdt een trein langzamer, dan kan deze een rood sein passeren zonder dat het beveiligingssysteem ingrijpt. Door deze zogenoemde 'Stop Tonend Sein passages' (STS) raken gemiddeld ruim 30 personen per jaar licht gewond en 5 personen per jaar zwaar gewond. In de afgelopen vijf jaar is er één dode gevallen doordat het beveiligingssysteem niet ingreep<sup>14</sup>. Inmiddels is een

<sup>12</sup> Omdat de reistijdvoordelen voor het goederenvervoer onduidelijk zijn, zijn de effecten op de exploitatie van de goederenvervoerders niet goed te berekenen. Deze zijn hier dus PM gehouden.

<sup>13</sup> Inspectie Verkeer en Waterstaat (2008), Trendanalyse spoorveiligheid 2007

<sup>14</sup> Inspectie Verkeer en Waterstaat (2008), STS passages 2007

verbeterprogramma gestart, waarbij op de meest risicovolle locaties in Nederland, het aantal STS-passages wordt gereduceerd. ERTMS is in staat het aantal STS-passages nog verder te verlagen<sup>15</sup>. In de berekening zijn alleen de effecten op persoonlijk letsel en overlijden meegenomen, materiële schade is als PM post benoemd.

Tabel 4.11: Veiligheid (reductie doden en gewonden, mln. € NCW, materiële schade PM)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	€ 4 + PM	€ 2 + PM	€ 4 + PM
Hoog	€ 5 + PM	€ 3 + PM	€ 6 + PM

De onderkant van de bandbreedte in de tabel doet zich voor als wordt uitgegaan van langere ombouwtijden. Hiervan kan sprake zijn bij langere implementatietrajecten in de Sector-strategie en Upgrading en doordat baten pas bij ERTMS only optreden bij Natuurlijke vervanging. De bovenkant van de bandbreedte treedt op in de situatie dat de Sector-strategie en Upgrading versneld kunnen worden geïmplementeerd (bij zo veel mogelijk ERTMS-voorbereid bouwen). Natuurlijke vervanging reduceert het meeste STS passages als zo snel mogelijk kan worden overgegaan tot implementatie van ERTMS only op specifieke corridors.

ERTMS zou ook kunnen bijdragen tot het veiliger laten werken van baanwerkers, door baanwerkers in staat te stellen het stuk spoor waar ze op werken zelf te beheren en de maximum snelheid van passerende treinen te verlagen. De sector verwacht zelf dat dit tot een reductie van 10 tot 25 procent van het aantal ongevallen met baanwerkers kan leiden<sup>16</sup>. Uitgedrukt in netto contante waarde betekent dit dat de baten 40 tot 100% hoger zouden kunnen liggen dan hierboven gepresenteerd.

#### *Veiligheid: materiële en gevolgschade*

De materiële en gevolgschade van ongevallen is onbekend, omdat niet wordt bijgehouden hoe lang het treinverkeer gestremd wordt door deze ongevallen en wat de financiële schade is. Het mag duidelijk zijn dat een ongeval als onlangs bij Barendrecht, waarbij de Rotterdamse haven een week lang slecht bereikbaar was, voor miljoenen aan schade met zich meebrengt. Overigens is, evenals de schade bij het gemiddelde ongeval, ook van dit ongeval de schade nog onbekend. Omdat onbekend is hoe groot de materiële schade en gevolgschade is van ongevallen door falende beveiliging, kan dit effect niet worden gekwantificeerd en is het in de bovenstaande tabel PM gehouden.

#### *Energiegebruik en CO2 reductie*

Met de invoering van ERTMS is het mogelijk energie te besparen. Met ERTMS kan bijvoorbeeld beter worden geanticipeerd op voorliggende treinen, zodat er minder onnodig hoeft te worden geremd en opgetrokken. Een mogelijke extra energiebesparende optie zou kunnen ontstaan wanneer met ERTMS de teruggave van stroom aan het net kan worden geoptimaliseerd.

<sup>15</sup> Berekeningen Systra op basis van oorzaken STS-passages (Inspectie Verkeer en Waterstaat (2008), STS passages 2007)

<sup>16</sup> Implementatiestrategie ERTMS, Prorail (2006)

De mogelijkheden om te kunnen anticiperen op voorliggende treinen en stroom terug te geven aan het netwerk, zijn nog in de ideeënfase en nog niet geïntegreerd in ERTMS. ERTMS maakt deze zaken in theorie wel eenvoudiger te implementeren dan met ATB het geval is. Momenteel bestaat routelint als systeem om machinisten inzicht te geven in welke type treinen er op de aankomende kilometers spoor te verwachten zijn. Dit systeem staat geheel los van het beveiligingssysteem en de machinist moet zelf inschatten hoe hij de snelheid moet aanpassen. Met ERTMS moet het mogelijk zijn een dergelijk systeem te integreren en treinen adviessnelheden mee te geven. Een stroombesparing van 5 tot 25 procent voor de treinen die onder ERTMS rijden levert in de scenario's de volgende bandbreedte aan energiebesparing op.

Tabel 4.12: Energiebesparing (mln. € NCW)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	€ 23	€ 3	€ 25
Hoog	€ 150	€ 98	€ 158

Een besparing van energiegebruik, gaat gepaard met een reductie van CO2 uitstoot. Deze reductie wordt als volgt geschat.

Tabel 4.13: Reductie CO2 (mln. € NCW)

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Laag	€ 7	€ 1	€ 7
Hoog	€ 43	€ 28	€ 45

De onderkant van de bandbreedte wordt bepaald door 5%, de bovenkant door 25% besparing vanaf het moment dat onder ERTMS kan worden gereden. In de Natuurlijke vervangingsstrategie kunnen de besparingen achterblijven indien de baten slechts optreden wanneer ERTMS only kan worden geïmplementeerd.

#### 4.4 Indirecte effecten (maatschappelijke baten)

##### Arbeidsmarkt

Een verbetering van de bereikbaarheid door ERTMS heeft in theorie een positief effect op de arbeidsmarkt. Immers, doordat de reistijden korter worden en de dienstregeling geoptimaliseerd, wordt het bereik van werknemers op de arbeidsmarkt iets groter. Dit kan leiden tot een betere afstemming van vraag en aanbod op de arbeidsmarkt al zal het veelal ook gaan om herverdelingseffecten. Dit effect is niet gekwantificeerd, maar is in alle alternatieven vermoedelijk beperkt.

Tabel 4.14: Arbeidsmarkteffecten

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Effect op arbeidsmarkt	+PM	+PM	+PM

#### *Concurrentiekracht Nederlandse havens*

Als gevolg van de implementatie van ERTMS in Nederland kan de internationale achterlandbereikbaarheid van de havens van Rotterdam en Amsterdam via het spoor worden verbeterd. Omdat in het nulalternatief de havenspoorlijnen ook van ERTMS moeten zijn voorzien, is het netto effect van de ERTMS strategieën vermoedelijk beperkt. Afhankelijk van buitenlandse investeringen kunnen er (op de lange termijn) wel meer routes naar de havens komen, maar daarvan is de vraag of deze passen binnen de toekomstvaste goederenrouting in het PHS, waarbij goederenvervoer waarschijnlijk gebundeld gaat worden over een beperkt aantal corridors.

*Tabel 4.15: Concurrentiekracht Nederlandse havens*

	<b>Sector strategie</b>	<b>Natuurlijke vervanging</b>	<b>Upgrading</b>
Effect op concurrentiekracht Nederlandse havens	+PM	+PM	+PM

#### *Meer internationale concurrentie in het vervoer*

Als gevolg van ERTMS kunnen de tarieven van internationaal spoorvervoer dalen en stijgt de kwaliteit van het vervoer per spoor. Dit leidt tot een sterkere concurrentie in het internationale vervoer en op termijn mogelijk ook in het nationale vervoer, wat welvaartsverhogend werkt. De omvang van dit effect is niet gekwantificeerd.

*Tabel 4.16: Toename internationale concurrentie in het vervoer*

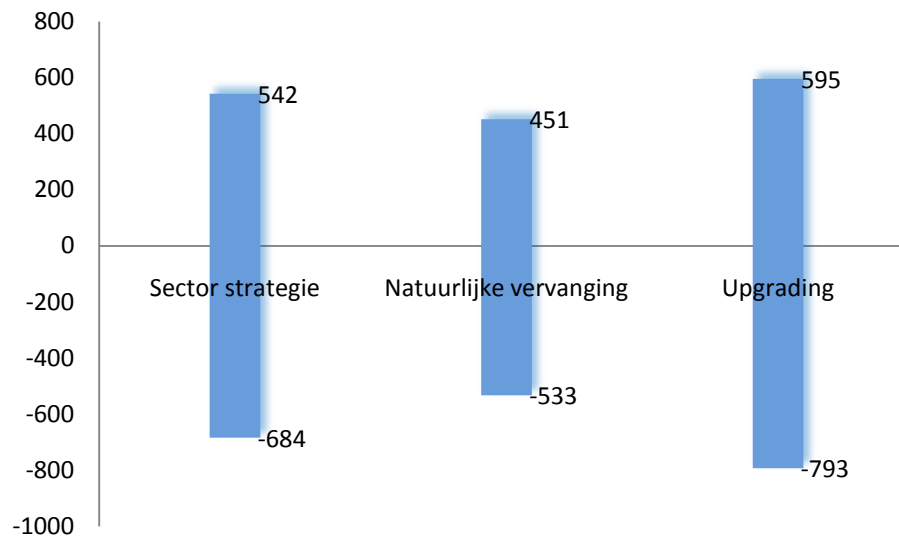
	<b>Sector strategie</b>	<b>Natuurlijke vervanging</b>	<b>Upgrading</b>
Toename internationale concurrentie vervoer	+PM	+PM	+PM

## **4.5 Overzicht resultaten**

Vanwege de vele onzekerheden over kostenontwikkeling, wijze van uitvoering en daadwerkelijke baten is de bandbreedte van uitkomsten erg groot. De onderstaande grafieken vatten de resultaten samen. In bijlage 1 zijn de bijbehorende OEI-tabellen opgenomen.

Figuur 4.1 laat de volledige bandbreedte zien van het MKBA saldo in de verschillende strategieën op basis van alle gevoeligheidsanalyses. Alle waarden zijn netto contante waarden (discontovoet 5,5%, prijspeil 2009).

Figuur 4.1: Overzicht volledige berekende bandbreedten (in mln Euro NCW) ten opzichte van nul(plus)alternatief



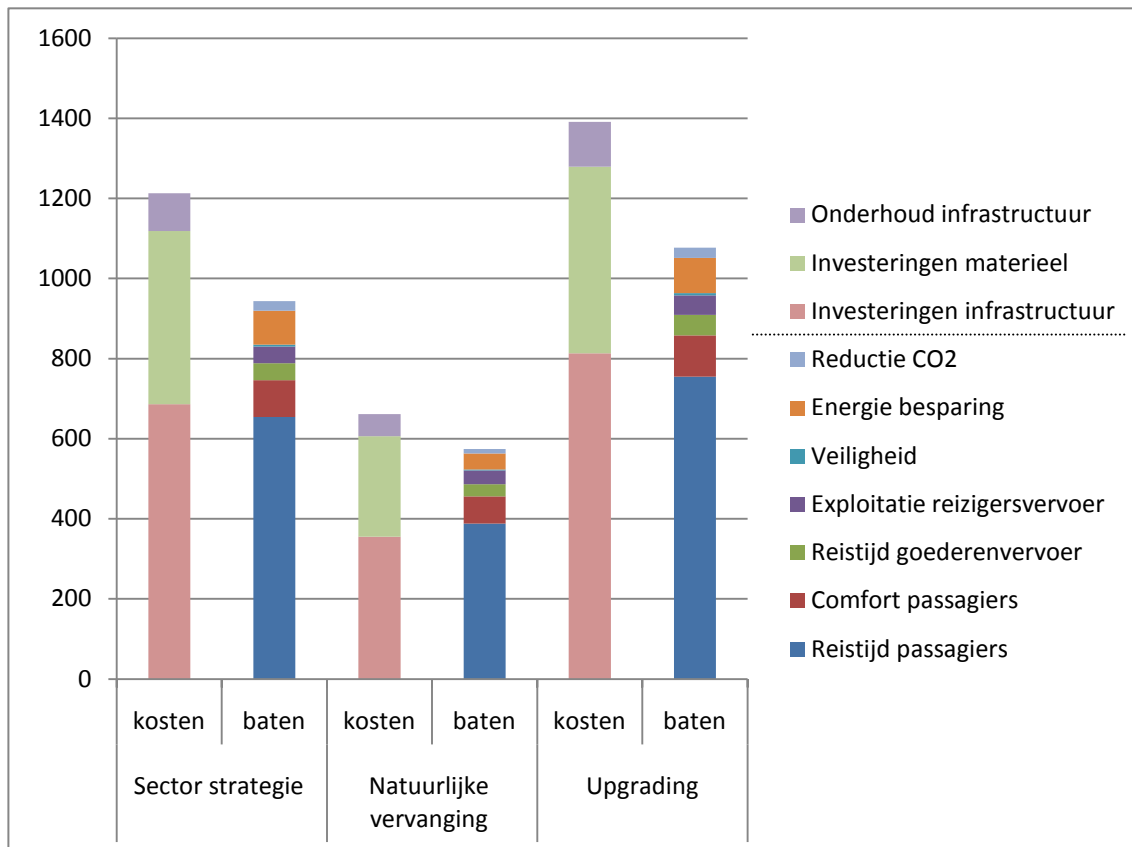
De bandbreedte van de resulterende verhouding tussen de maatschappelijke kosten en baten in de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses is weergegeven in de onderstaande tabel.

Sector strategie		Natuurlijke vervanging		Upgrading	
Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag
-€ 684 +PM	+€542 + PM	-€ 533 +PM	+€451 +PM	-€ 793+PM	+€595 +PM



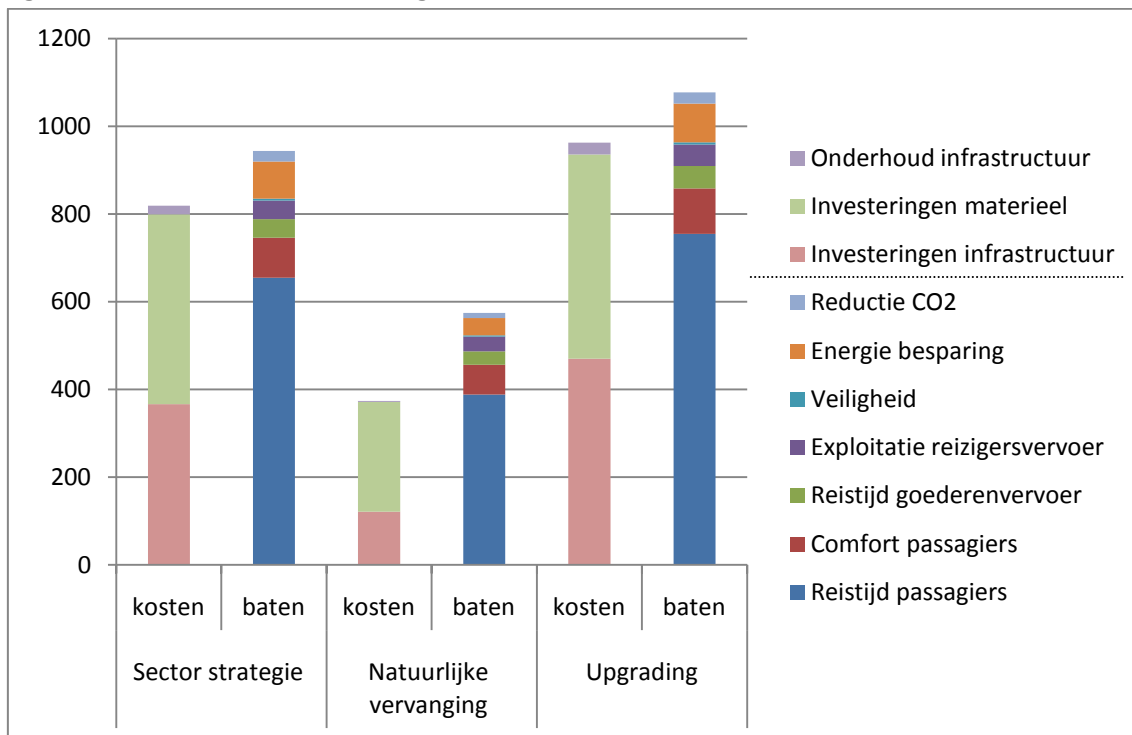
Figuur 4.2 laat de basisberekeningen zien ten opzichte van het nulalternatief, waarin de verschillende effecten apart zijn uitgesplitst. Alle waarden zijn netto contante waarden (discontovoet 5,5%, prijspeil 2009).

Figuur 4.2: Overzicht basisberekening (in mln Euro NCW) ten opzichte van nulalternatief



Figuur 4.3 laat de basisberekening zien ten opzichte van het nulplusalternatief waarin de verschillende effecten apart zijn uitgesplitst. Alle waarden zijn netto contante waarden (discontovoet 5,5%, prijspeil 2009).

Figuur 4.3: Overzicht basisberekening (in mln Euro NCW) ten opzichte van nulplusalternatief



In bijlage 1 zijn de tabellen opgenomen die de basis vormen voor de bovenstaande grafieken.

## 4.6 Stakeholderanalyse

Onderstaand worden de maatschappelijke kosten en baten toegedeeld naar de verschillende stakeholders. Achtereenvolgens zijn dit de vervoerders (reizigers en goederen), de infrastructuurmanagers, de reizigers en de maatschappelijk als geheel.

### Reizigersvervoerders

Vervoerders maken kosten om hun materieel te voorzien van ERTMS. De reizigersvervoerders zien hier opbrengsten van terug in de vorm van een lager energieverbruik en hogere exploitatieopbrengsten. Hogere exploitatieopbrengsten zijn te verwachten wanneer meer reizigers voor de trein zullen kiezen als de snelheid, betrouwbaarheid en kwaliteit toeneemt. Ook een verbetering van de veiligheid (minder materiële schade, vertragingen en ongevallen onder personeel) en de mogelijkheden om onregelmatigheden en vertragingen soepeler op te lossen kunnen tot baten voor het reizigersvervoer leiden. In tabel 4.17 zijn de gevolgen voor de reizigersvervoerders opgenomen, vergeleken met het nulalternatief.

Tabel 4.17: Kosten en baten reizigersvervoerders (in mln Euro NCW) ten opzichte van nulalternatief

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Kosten ombouw materieel	-€ 384	-€ 237	-€ 410
Exploitatieopbrengsten	€ 42	€ 34	€ 49
Energiebaten	€ 84	€ 40	€ 88
Veiligheid	+PM	+PM	+PM
Vertragingen	+PM	+PM	+PM
<b>Totaal</b>	<b>-€ 258 +PM</b>	<b>-€ 163 +PM</b>	<b>-€ 273 +PM</b>

Een subsidie van vijftig procent voor de ombouw van materieel lijkt op basis van de bovenstaande gegevens onvoldoende om reizigersvervoerders te bewegen over te gaan op ERTMS. De baten voor de vervoerder wegen in deze berekening niet op tegen de kosten. Dit geldt nog sterker wanneer rekening wordt gehouden met de hogere discontovoet die marktpartijen doorgaans hanteren, de huidige onzekerheid omtrent baten en de kortere tijdshorizon van vervoerders .

#### Goederenvervoerders

Voor goederenvervoerders gaat de analyse ervan uit dat ook in het nulalternatief via natuurlijke vervanging op termijn 100% van de vloot wordt voorzien van ERTMS. ERTMS is noodzakelijk voor het rijden op internationale corridors als Rotterdam-Genua. Gedeeltes hiervan, zoals de Betuweroute zijn nu al alleen toegankelijk voor treinen met ERTMS. Bovendien verwachten goederenvervoerders reistijdwinsten van enkele uren op een rit met meerdere grenspassages.

In de Sector en Upgrading strategie kan het mogelijk zijn dat de ombouw eerder plaats moet vinden, dan in het nulalternatief zou gebeuren. Ook treinen die niet op de grotere internationale corridors in het TEN-netwerk worden ingezet, moeten in de Sector en Upgrading strategie op korte termijn worden voorzien van ERTMS. Daar staat tegenover dat goederenvervoerders de reistijdwinst wel zelf incasseren en deze niet volledig afvloeit naar de reizigers, zoals gebeurt bij de reizigersvervoerders. In deze analyse is de reistijdwinst voor goederenvervoerders gelijk gesteld aan de reistijdwinst voor reizigersvervoerders. In de praktijk zal de reistijdwinst voor goederenvervoerders op een rit nihil zijn of meer dan een half uur bedragen, omdat een trein wel of niet onderweg (lang) moet wachten om reizigers-treinen te laten passeren.

Tabel 4.18: Kosten en baten goederenvervoerders (in mln Euro NCW) ten opzichte van nulalternatief

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Kosten ombouw materieel	-€ 49	€ 0	-€ 56
Reistijdwinst (op nationaal spoor)	€ 42	€ 31	€ 51
Energiebaten	+PM	+PM	+PM
Veiligheid	+PM	+PM	+PM
Vertragingen	+PM	+PM	+PM
<b>Totaal</b>	<b>-€ 6 +PM</b>	<b>€ 31+PM</b>	<b>-€ 5+PM</b>

### Infrastructuurmanager

De beheerder van het spoorwagernet maakt voornamelijk kosten met de invoering van ERTMS. Ervaringen tot nu toe zijn dat het nieuwe beveiligingssysteem duurder is dan ATB en dat ook de onderhoudskosten hoger liggen. Op termijn zouden kosten kunnen dalen, van zowel het onderhoud als ERTMS aanleg zelf. Met name de ontwikkeling en procedures om het systeem goedgekeurd te krijgen per project zijn op dit moment omvangrijk.

Verder biedt ERTMS ook mogelijkheden om te besparen op aanleg en onderhoud, want er zijn minder onderdelen in de baan benodigd. Daarbij geldt wel dat de meeste kosten van de daadwerkelijke vervanging in arbeid zitten en deze vooralsnog niet sterk afnemen. Gaten voor kabels moeten blijven worden gegraven, alleen hoeft er misschien een kabel minder in. Ten slotte kan de veiligheid van baanwerkers toenemen.

Waar op de langere termijn het beveiligingssysteem zelf kan leiden tot kostenbesparingen, zijn er op kortere termijn misschien al besparingen mogelijk in capaciteitsvergrotenende maatregelen in de infrastructuur. In onder meer PHS worden diverse maatregelen genomen om capaciteitsknelpunten op te lossen om zo hoogfrequent spoor mogelijk te maken. Mogelijk kan een deel van deze maatregelen goedkoper worden uitgevoerd, of worden uitgespaard indien met ERTMS wordt gereden.

Tabel 4.19: Kosten en baten infrastructuur manager (in mln Euro NCW) ten opzichte van nulalternatief

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Kosten ombouw infrastructuur	-€ 686	-€ 356	-€ 813
Kosten onderhoud infrastructuur	-€ 94	-€ 55	-€ 112
Besparingen capaciteitsmaatregelen	+PM	+PM	+PM
Veiligheid	+PM	+PM	+PM
<b>Totaal</b>	<b>-€ 780 +PM</b>	<b>-€ 411 +PM</b>	<b>-€ 925 +PM</b>

### Reizigers

De reiziger heeft de grootste voordelen van ERTMS. Deze komen met name voort uit een verbeterde reistijd en regelmatigere dienstregeling. De omvang is behoorlijk onzeker en hangt af van de mogelijkheden op het Nederlandse spoornetwerk en van de benutting van deze mogelijkheden. Worden blokken verdicht, procedures en dienstregeling aangepast etc.? Daarbij bestaat er een uitruil tussen de baten voor veiligheid, reistijd en capaciteit (hier leidend tot een betere dienstregeling). Ze kunnen alle drie gezamenlijk verbeteren ten opzichte van ATB, maar niet onbepaald. Hogere veiligheidseisen betekenen een lagere capaciteit en of snelheid (en daarmee reistijd). Een hogere snelheid leidt tot meer benodigde afstand tussen treinen en daarmee een lagere capaciteit. Het gekozen evenwicht bepaalt welke baten van ERTMS daadwerkelijk zullen optreden.

Tabel 4.20: Baten Reizigers (in mln Euro NCW) ten opzichte van nulalternatief

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Reistijd	€ 654	€ 388	€ 755
Regelmatiger dienstregeling	€ 91	€ 68	€ 103
Vertragingen	+PM	+PM	+PM
Veiligheid	+PM	+PM	+PM
<b>Totaal</b>	<b>€ 746 +PM</b>	<b>€ 456 +PM</b>	<b>€ 858 +PM</b>

#### Overige maatschappelijke baten

Naast de direct betrokkenen bij het spoorwegvervoer, kunnen ook andere partijen voordelen hebben van ERTMS. Een lager energieverbruik leidt tot minder CO<sub>2</sub>-uitstoot. Een hoger veiligheidsniveau heeft ook voordelen voor omwonenden en overig verkeer bijvoorbeeld bij spoorwegovergangen. Kortere reistijden kunnen er in theorie toe leiden dat frictie op de arbeidsmarkt wordt verkleind. Ten slotte kan ERTMS ervoor zorgen dat de Nederlandse markt beter toegankelijk wordt voor buitenlandse partijen. Buitenlandse goederenvervoerders met ERTMS aan boord kunnen op termijn op meerdere plaatsen de grens over (als zij het Belgische of Duitse beveiligingssysteem aan boord hebben, of als daar ook ERTMS is aangelegd) en zij kunnen hun goederen naar meer locaties in Nederland vervoeren. Ook kan de toegenomen concurrentie leiden tot prijsdalingen. Dit verbetert de bereikbaarheid en internationale concurrentiepositie van de Nederlandse havens.

Het internationale reizigersvervoer kan van dezelfde voordelen profiteren als het goederenvervoer. Voor het nationale reizigersvervoer blijft de concurrentie op de markt beperkt. Praktisch is het niet haalbaar meerdere reizigersvervoerders over dezelfde lijnen te laten rijden. Concessies worden afgegeven aan één vervoerder. Dat is nu het geval en er is geen reden om aan te nemen dat ERTMS daar verandering in zal brengen. Of de concurrentie om de markt (wie wint de concessie) sterker wordt dan nu het geval is, is onwaarschijnlijk: pas als het gehele Nederlandse spoorwegnet is voorzien van ERTMS, zou ERTMS een bijdrage kunnen leveren aan meer concurrentie. Tot die tijd moeten vervoerders hun treinen voorzien hebben van ATB, dus kan het gekozen beveiligingssysteem geen rol spelen in de concurrentie om de markt.

Tabel 4.21: Maatschappelijke baten overige partijen (in mln Euro NCW) ten opzichte van nulalternatief

	Sector strategie	Natuurlijke vervanging	Upgrading
Reductie CO <sub>2</sub>	€ 24	€ 12	€ 26
Veiligheid	+PM	+PM	+PM
Arbeidsmarkt	+PM	+PM	+PM
Bereikbaarheid Nederlandse havens	+PM	+PM	+PM
Meer concurrentie op het spoor	+PM	+PM	+PM
<b>Totaal</b>	<b>€ 24 +PM</b>	<b>€ 12 +PM</b>	<b>€ 26 +PM</b>

## **Bijlage 1: Overzicht OEI-tabellen**

In deze bijlage staan drie OEI-tabellen. In deze tabellen zijn de absolute kosten van het nul(+)alternatief opgenomen, voor de kosten en de overige effecten van de drie strategieën zijn de waarden ten opzichte van nul(+) opgenomen. De eerste tabel laat de volledige bandbreedte zien van de uitkomsten op basis van alle gevoeligheidsanalyses. De tweede tabel laat de basisberekeningen zien ten opzichte van het nulalternatief, de derde tabel de basisberekening ten opzichte van het nulplusalternatief. Alle waarden zijn netto contante waarden (discontovoet 5,5%, prijspeil 2009).

Tabel B1: OEI-tabel met volledige berekende bandbreedten (in mln Euro NCW), waarden implementatiestrategieën zijn additioneel ten opzichte van nul(plus)alternatief

	Nul(+)alternatief	Natuurlijke		
		Sector strategie	vervanging	Upgrading
<b>Directe effecten</b>				
<b>Kosten</b>				
Investerings infrastructuur	-€ 1.719 - -€ 1.173	-€ 686 - -€40	-€ 575 - -€ 109	-€ 820 - -€ 45
Investerings materieel	€ 0	-€ 433 - -€ 396	-€ 354 - -€ 174	-€ 466 - -€421
Onderhoud infrastructuur	-€ 536 - -€ 660	-€ 102 - -€ 3	-€ 91 - -€2	-€ 127 - -€3
Besparingen capaciteitsmaatregelen	€ 0	€ 0	€ 0	+PM
Opleidingskosten	€ 0	+/-PM	+/-PM	+/-PM
<b>Totale kosten</b>	<b>-€ 2.379 - -€ 1.709</b>	<b>-€ 1.213 - -€476</b>	<b>-€ 916 - -€ 308</b>	<b>-€ 1.413 - -€514</b>
		+/-PM	+/-PM	+PM
<b>Baten</b>				
Interoperabiliteit	-	€ 0	€ 0	€ 0
Reistijd passagiers		€ 327 - € 982	€ 97 - € 582	€ 377 - € 1.132
Regelmatigere dienstregeling		€ 46 - € 138	€ 0 - € 96	€ 52 - € 156
Reistijd goederenvervoer		€ 21 - € 63	€ 8 - € 46	€ 26 - € 77
Vertragingen		+PM	+PM	+PM
Exploitatie reizigersvervoer		€ 21 - € 63	€ 8 - € 51	€ 25 - € 74
<b>Totale baten</b>		<b>€ 436 - € 1.225</b>	<b>€ 113 - € 756</b>	<b>€ 505 - € 1.413</b>
		+PM	+PM	+PM
<b>Saldo directe effecten</b>		<b>-€ 797 - +€428</b>	<b>-€ 548 - +€398</b>	<b>-€ 911 - +€476</b>
		+PM	+PM	+PM
<b>Externe effecten</b>				
Veiligheid		€ 2 - € 5 +PM	€ 1 - € 3 +PM	€ 2 - € 6 +PM
Energie besparing		€ 23 - € 150	€ 3 - € 96	€ 25 - € 156
Reductie CO2		€ 7 - € 43	€ 1 - € 28	€ 7 - € 45
<b>Saldo externe effecten</b>		<b>€ 32 - € 198</b>	<b>€ 5 - € 127</b>	<b>€ 34 - € 207</b>
		+PM	+PM	+PM
<b>Indirecte effecten</b>				
Arbeidsmarkt		+PM	+PM	+PM
Nederlandse havens		+PM	+PM	+PM
Toename concurrentie		+PM	+PM	+PM
<b>Saldo indirecte effecten</b>		<b>+PM</b>	<b>+PM</b>	<b>+PM</b>
		+PM	+PM	+PM
<b>Totaal saldo</b>		<b>-€ 684 - +€542</b>	<b>-€ 533 - +€451</b>	<b>-€ 793 - +€595</b>
		+PM	+PM	+PM

Tabel B2: OEI-tabel basisberekening ten opzichte nulalternatief (in mln Euro NCW), waarden implementatiestrategieën zijn additioneel ten opzichte van nulalternatief

Nulalternatief	Natuurlijke			
	Sector strategie	vervanging	Upgrading	
<b>Directe effecten</b>				
<b>Kosten</b>				
Investerings infrastructuur	-€ 1.173	-€ 686	-€ 356	-€ 813
Investerings materieel	€ 0	-€ 433	-€ 250	-€ 466
Onderhoud infrastructuur	-€ 536	-€ 94	-€ 55	-€ 112
Besparing op capaciteitsverhoging	€ 0	€ 0	€ 0	+PM
Opleidingskosten	€ 0	+/-PM	+/-PM	+/-PM
<b>Totale kosten</b>	<b>-€ 1.709</b>	<b>-€ 1.213 +/-PM</b>	<b>-€ 661 +/-PM</b>	<b>-€ 1.391 +/-PM</b>
<b>Baten</b>				
Interoperabiliteit	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
Reistijd passagiers	€ 654	€ 388	€ 388	€ 755
Regelmatigere dienstregeling	€ 91	€ 68	€ 68	€ 103
Reistijd goederenvervoer	€ 42	€ 31	€ 31	€ 51
Vertragingen	+PM	+PM	+PM	+PM
Exploitatie reizigersvervoer	€ 42	€ 34	€ 34	€ 49
<b>Totale baten</b>	<b>€ 830 +PM</b>	<b>€ 521 +PM</b>	<b>€ 521 +PM</b>	<b>€ 958 +PM</b>
<b>Saldo directe effecten</b>	<b>-€ 382 +PM</b>	<b>-€ 140 +PM</b>	<b>-€ 140 +PM</b>	<b>-€ 433 +PM</b>
<b>Externe effecten</b>				
Veiligheid	€ 5 +PM	€ 2 +PM	€ 2 +PM	€ 5 +PM
Energie besparing	€ 84	€ 40	€ 40	€ 88
Reductie CO2	€ 24	€ 12	€ 12	€ 26
<b>Saldo externe effecten</b>	<b>€ 114 +PM</b>	<b>€ 54 +PM</b>	<b>€ 54 +PM</b>	<b>€ 119 +PM</b>
<b>Indirecte effecten</b>				
Arbeidsmarkt	+PM	+PM	+PM	+PM
Nederlandse havens	+PM	+PM	+PM	+PM
Toename concurrentie	+PM	+PM	+PM	+PM
<b>Saldo indirecte effecten</b>	<b>+PM</b>	<b>+PM</b>	<b>+PM</b>	<b>+PM</b>
<b>Totaal saldo</b>	<b>-€ 269 +PM</b>	<b>-€ 86 +PM</b>	<b>-€ 86 +PM</b>	<b>-€ 314 +PM</b>
<b>Baten/kostenverhouding</b>	<b>0,78</b>	<b>0,87</b>	<b>0,87</b>	<b>0,77</b>



Tabel B3: OEI-tabel basisberekening ten opzichte nulplusalternatief (in mln Euro NCW), waarden implementatiestrategieën zijn additioneel ten opzichte van nulplusalternatief

Nulplusalternatief	Natuurlijke			
	Sector strategie	vervanging	Upgrading	
<b>Directe effecten</b>				
<b>Kosten</b>				
Investerings infrastructuur	-€ 1.719	-€ 366	-€ 121	-€ 470
Investerings materieel	€ 0	-€ 433	-€ 250	-€ 466
Onderhoud infrastructuur	-€ 660	-€ 19	-€ 2	-€ 27
Besparing op capaciteitsverhoging	€ 0	+PM	+PM	+PM
Opleidingskosten	€ 0	PM	PM	PM
<b>Totale kosten</b>	<b>-€ 2.379</b>	<b>-€ 818</b>	<b>-€ 374</b>	<b>-€ 963</b>
<b>Baten</b>				
Interoperabiliteit		€ 0	€ 0	€ 0
Reistijd passagiers		€ 654	€ 388	€ 755
Regelmatigere dienstregeling		€ 91	€ 68	€ 103
Reistijd goederenvervoer		€ 42	€ 31	€ 51
Vertragingen		+PM	+PM	+PM
Exploitatie reizigersvervoer		€ 42	€ 34	€ 49
<b>Totale baten</b>		<b>€ 830</b>	<b>€ 521</b>	<b>€ 958</b>
<b>Saldo directe effecten</b>		<b>€ 12</b>	<b>€ 147</b>	<b>-€ 4</b>
<b>Externe effecten</b>				
Veiligheid		€ 5	€ 2	€ 5
Energie besparing		€ 84	€ 40	€ 88
Reductie CO2		€ 24	€ 12	€ 26
<b>Saldo externe effecten</b>		<b>€ 114</b>	<b>€ 54</b>	<b>€ 119</b>
<b>Indirecte effecten</b>				
Arbeidsmarkt		+PM	+PM	+PM
Nederlandse havens		+PM	+PM	+PM
Toename concurrentie		+PM	+PM	+PM
<b>Saldo indirecte effecten</b>		<b>+PM</b>	<b>+PM</b>	<b>+PM</b>
<b>Totaal saldo</b>		<b>€ 125</b>	<b>€ 201</b>	<b>€ 115</b>
<b>Baten/kostensaldo</b>		<b>1,01</b>	<b>1,39</b>	<b>1,00</b>