Vergroening regionale spoorlijnen

Een verkennend onderzoek naar de financiële consequenties van elektrificatie dan wel het inzetten van (bio-)LNG treinen op regionale diesellijnen in Nederland



Datum: 7 mei 2014
Versie: finaal

FIRST DUTCH

Disclaimer

Dit rapport (het "Rapport") is door First Dutch Capital B.V. ("First Dutch") opgesteld in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu ("IenM"). Het Rapport betreft een onderzoek dat de financiële consequenties van vergroeningsmogelijkheden ten opzichte van de referentiesituatie (diesel) op hoofdlijnen inzichtelijk tracht te maken en om de gevolgen voor individuele lijnen met elkaar te kunnen vergelijken.

Dit Rapport is uitsluitend bedoeld als discussiedocument voor IenM, decentrale overheden en regionale vervoerders. Aan dit Rapport kunnen geen rechten worden ontleend door derden, noch kan deze informatie voor andere doeleinden worden gebruikt. First Dutch is op geen enkele wijze aansprakelijk voor schade, inclusief en zonder beperking, specifieke of indirecte of gevolgschade als gevolg van het gebruik van de informatie uit dit document. Dit Rapport vormt een integraal geheel en kan niet in afzonderlijke delen worden gesplitst.

Dit Rapport is gebaseerd op schriftelijke en mondelinge informatie die door IenM, decentrale overheden, regionale vervoerders en andere partijen aan First Dutch is verstrekt. First Dutch kan de juistheid of volledigheid van de aan haar verstrekte informatie niet garanderen en aanvaardt geen directe of indirecte aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit of samenhangt met de verstrekte informatie. Indien deze informatie onjuist of onvolledig is, dan zou dit de strekking van het Rapport kunnen wijzigen.

Inhoudsopgave

1. Aanleiding en doelstelling onderzoek pagina 4
2. Scope onderzoek pagina 6
3. Beschrijving vergroeningsopties pagina 11
4. Methodiek en bronnen pagina 24
5. Kenmerken lijnen pagina 27
6. Assumpties business cases pagina 31
7. Uitkomsten op totaalniveau pagina 41
8. Uitkomsten op lijnniveau pagina 45
9. Illustratieve verdeling financieel effect pagina 51
10. Conclusies en aanbevelingen pagina 56
Appendix pagina 70

Aanleiding onderzoek

- Bij de begrotingsbehandeling 2014 heeft de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu ("IenM") aangegeven bereid te zijn samen met de decentrale overheden (verleners van regionale concessies), regionale vervoerders (exploitanten van regionale concessies) en het bedrijfsleven de (on)mogelijkheden in kaart te willen brengen van elektrificatie van het regionale spoor en vergroening van de dieseltreinen die op het regionale spoor rijden.

- Op ongeveer 68% van de spoorlijnen die door regionale spoorvervoerders (Arriva, Veolia, Syntus, Breng) worden geëxploiteerd, worden dieseltreinen ingezet vanwege de afwezigheid van elektrische infrastructuur.

- IenM heeft First Dutch verzocht om, ten behoeve van de decentrale overheden en de regionale vervoerders, de belangrijkste financiële consequenties van de onderstaande vergroeningsmogelijkheden voor de diesellijnen in kaart te brengen (zie 2. 'Scope onderzoek'):

    1. Volledige elektrificatie van de diesellijnen;
    2. Inzetten van LNG treinen in plaats van dieseltreinen, al dan niet in combinatie met regeneratie van remenergie;
    3. Inzetten van bio-LNG treinen in plaats van dieseltreinen, al dan niet in combinatie met regeneratie van remenergie.

Doelstelling onderzoek en onderzoeksvragen

- Dit onderzoek heeft als doel om de financiële consequenties van vergroeningsmogelijkheden ten opzichte van de referentiesituatie (diesel) op hoofdlijnen inzichtelijk te maken en om de gevolgen voor individuele lijnen met elkaar te kunnen vergelijken. De uitkomsten bieden een basis en een afwegingskader voor verdiepend onderzoek naar implementatie van elektrificatie of (bio-)LNG. De volgende onderzoeksvragen worden behandeld:

1. *Terugverdientijd en Interne rendementsvoet (IRR*) op totaalniveau:* Wat is bij benadering het totale potentiële financieel effect als alle regionale diesellijnen binnen de scope worden geëlektrificeerd dan wel met (bio-)LNG treinen worden bediend?
2. *Terugverdientijd en IRR per individuele lijn:* Wat is bij benadering het potentiële financieel effect (terugverdientijd, IRR) van elektrificatie dan wel bediening met (bio-)LNG treinen voor elk van de individuele regionale diesellijnen binnen de scope en hoe verhouden de individuele lijnen zich ten opzichte van elkaar?
3. *Verdeling financieel effect en gevolgen voor terugverdientijd:* Welke basisscenario's zijn denkbaar voor de verdeling van het potentiële financieel effect van vergroening van een individuele lijn tussen concessieverlener en exploitant?

** De IRR is een objectieve maatstaf voor het vergelijken van alternatieven in financieel opzicht.*

Invalshoek financiële consequenties

- Om een zo objectief mogelijke vergelijking te krijgen tussen de vergroeningsmogelijkheid en de referentiesituatie (diesel), zonder daarbij het (financieel) belang van exploitant dan wel concessie-verlener te laten prevaleren, gelden de financiële consequenties *voor concessieverlener en exploitant gezamenlijk* als uitgangspunt.

- Dit betekent dat infrastructuur, materieel en exploitatie van concessieverlener en exploitant gezamenlijk in aanmerking worden genomen. Hierbij is een verdeling van investeringen en financiële effecten naar concessieverleners en vervoerders (nog) niet aan de orde.

- De energieleverancier en achterliggende brandstofketen blijven buiten beschouwing. De energieprijs per eenheid 'aan de pomp/draad' is de relevante factor, waarbij wordt aangenomen dat eventueel benodigde investeringen die voor rekening komen van de energieleverancier in deze prijs verdisconteerd zijn. Dit wordt nader toegelicht in hoofdstuk 2.

- Om de financiële consequenties van de vergroeningsopties te begrijpen en aannames in perspectief te kunnen plaatsen, is de achtergrond van de vergroeningsopties nader onderzocht en beschreven in hoofdstuk 3.

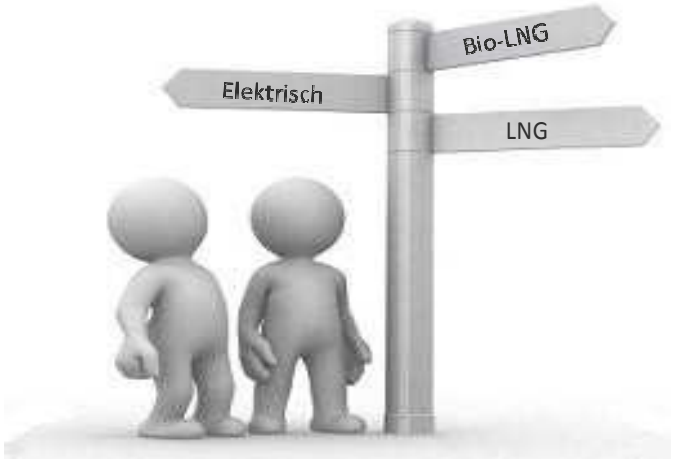
Financiële gevolgen onderdeel van meerdere afwegingen

- De financiële gevolgen van de vergroeningsmogelijkheden vormen altijd een onderdeel van een groter geheel van afwegingen, waaronder politieke en maatschappelijke wenselijkheid, die aan besluitvorming ten grondslag zullen liggen. In dit onderzoek wordt alleen de CO_2 besparing gekwantificeerd.

- De uiteindelijke beslissing over implementatie van een bepaalde vergroeningsoptie en de verdeling van investeringen, kosten en opbrengsten tussen concessieverlener en exploitant op het niveau van een individuele lijn (of cluster) dient tot stand te komen op basis van verdiepend onderzoek (zoals bijvoorbeeld een KBA of LCC analyse) en onderhandeling tussen betrokken partijen.

Vergroeningsmogelijkheden: Elektrificatie, LNG en bio-LNG

- De vergroeningsmogelijkheden die op dit moment het meest realistisch zijn worden nader onderzocht. Hoofdstuk 3 geeft een nadere beschrijving van deze drie vergroeningsopties. Het gaat om:
  1. Elektrificatie (bovenleiding);
  2. LNG met / zonder regeneratie van remenergie;
  3. Bio-LNG met / zonder regeneratie van remenergie.



- De keuze voor de drie vergroeningsopties binnen de scope van dit onderzoek is mede gebaseerd op een onderzoek dat in 2013 door Movares is uitgevoerd in opdracht van de provincies Groningen en Friesland. Movares (2013) heeft onderstaande zes vergroenings-mogelijkheden[1] onderzocht:

  1. GTL-elektrisch;
  2. Waterstof-elektrisch;
  3. LNG-elektrisch;
  4. Bio-LNG-elektrisch;
  5. Elektrische inductie;
  6. Elektrificatie (bovenleiding).

- Movares (2013) concludeerde dat de eindbeelden volledige elektrificatie en bio-LNG de preferente opties zijn. Mede op basis van het onderzoek van Movares is een kwalitatieve vergelijking tussen de vergroeningsmogelijkheden gemaakt, op basis van acht criteria: beschikbaarheid technologie, beschikbaarheid brandstof, flexibiliteit exploitatie, flexibiliteit techniek, milieu, veiligheid, wet- en regelgeving en geluid.

[1] *De voornaamste vergroeningsmogelijkheden gaan uit van een elektrische motor die de aandrijving van de wielen verzorgt. Aandrijvingsmethoden die uitgaan van een ander type motor genereren namelijk onvoldoende vermogen om een trein in beweging te zetten.*

Elektrificatie, LNG, bio-LNG meest kansrijk

- Onderstaande figuur biedt een samenvatting van het kwalitatieve afwegingskader, waarbij ten opzichte van Movares (2013) is geabstraheerd van specifieke regionale afwegingen van de provincies Groningen en Friesland. De meest kansrijke vergroeningsmogelijkheden lijken volledige elektrificatie middels bovenleiding, LNG en bio-LNG.
- Vergroeningsmogelijkheden die uitgaan van GTL-elektrisch, waterstof-elektrisch, elektrificatie via inductie of een partiële bovenleiding bieden substantiële nadelen ten opzichte van de drie overige vergroeningsopties.
- Appendix A.2. biedt een toelichting op onderstaande figuur.

Kwalitatief afwegingskader (referentie: status quo diesel-elektrisch)	GTL-elektrisch	Waterstof-elektrisch	LNG-elektrisch	Bio-LNG-elektrisch	Elektrisch (inductie)	Elektrificatie (partiële bovenleiding)	Elektrificatie (boven-leiding)
Beschikbaarheid technologie	0	–	–	–	–	0	0
Beschikbaarheid brandstof	0	+ +	+	– / + +	+ +	+ +	+ +
Flexibiliteit exploitatie	0	0	0	0	– –	– –	+
Kosten aanleg techniek	0	–	–	–	– / – –	– –	– –
Exploitatiekosten	0	0 / –	+	+	+ +	+ +	+ +
Milieu	+	+ +	+	+ +	+ +	+ +	+ +
Veiligheid	0	– –	–	–	0	0	0
Wet- en regelgeving	0	?	?	?	0	0	0
Geluid	0	+ +	+	+	+	+	+ +
Conclusie	**0**	**–**	**+**	**+**	**–**	**0**	**+ +**

Figuur 2.1: Kwalitatief afwegingskader vergroeningsmogelijkheden, waarbij scores zijn afgezet tegen de status quo (diesel-elektrische tractie). Toelichting scoremogelijkheden: '++' substantiële verbetering, '+' beperkte verbetering, '0' vergelijkbaar met status quo, '-' beperkte verslechtering, '- -' substantiële verslechtering.

Spoorlijnen en baanvakken

- Onderhavig onderzoek is gericht op de regionale spoorlijnen in Nederland, waarop momenteel diesel-elektrisch materieel wordt ingezet. De trajecten onder consideratie staan weergegeven in onderstaande figuur.

Treindiensten	Baanvak niet geëlektrificeerd	Vervoerder
Groningen - Delfzijl	Groningen - Delfzijl	Arriva
Groningen - Veendam / Leer (1)	Groningen - Nieuweschans (2) en Zuidbroek - Veendam (3)	Arriva
Groningen - Roodeschool	Groningen - Roodeschool	Arriva
Groningen - Leeuwarden	Groningen - Leeuwarden (2)	Arriva
Leeuwarden - Harlingen	Leeuwarden - Harlingen Haven (2)	Arriva
Leeuwarden - Stavoren	Leeuwarden - Stavoren	Arriva
Almelo - Mariënberg	Almelo - Mariënberg	Arriva
Arnhem - Doetinchem - Winterswijk	Zevenaar - Winterswijk	Arriva (4)
Zutphen - Winterswijk	Zutphen - Winterswijk	Arriva
Zutphen - Apeldoorn	Zutphen - Apeldoorn	Arriva
Arnhem - Tiel	Elst - Tiel	Arriva
Zutphen - Hengelo - Oldenzaal	Zutphen - Hengelo	Syntus
Roermond - Venlo - Nijmegen (Maaslijn)	Roermond - Venlo - Nijmegen	Veolia

Figuur 2.2: Treindiensten en baanvakken binnen scope onderzoek.

(1) Treindienst eindigt in Duitsland. Op Duits grondgebied is er ook sprake van (een aantal kilometer) niet-geëlektrificeerd spoor.

(2) Onderdeel van langer baanvak Harlingen Haven - Leeuwarden - Groningen - Nieuweschans.

(3) Onderdeel van langer baanvak Zuidbroek - Veendam - Stadskanaal.

(4) Tussen Arnhem en Doetinchem zowel Arriva als Connexxion (onder de merknaam BRENG).

- Naast genoemde lijnen bedient NS twee regionale diesellijnen (Zwolle – Kampen en Zwolle – Enschede). Deze diesellijnen zijn in eerste instantie niet meegenomen in onderhavig onderzoek, omdat deze reeds op de nominatie staan voor elektrificatie en nader onderzocht zijn. Omdat definitieve besluitvorming nog niet heeft plaatsgevonden, is vergroening van deze treindiensten in kaart gebracht middels een addendum op dit rapport.

- Grensoverschrijdende verbindingen maken in beginsel geen onderdeel uit van de scope. Uitzondering hierop is de treindienst Groningen – Leer die voor het overgrote deel over Nederlands grondgebied rijdt. Hoewel besluitvorming ten aanzien van het Duitse baanvak de Duitse overheid raakt is het hele baanvak onder consideratie meegenomen in de calculatie.

Alleen personenvervoer

- Ongeveer 80% van het goederenvervoer per spoor in Nederland betreft een internationale verbinding. Hierbij maakt het grootste deel gebruik van vaste trajecten, zoals bijvoorbeeld de Betuwelijn. In absolute zin is de hoeveelheid goederenvervoer op de regionale lijnen onder consideratie zeer beperkt. Dit is ook het geval indien goederenvervoer wordt afgezet tegen het personenvervoer op de baanvakken onder consideratie.

- Daarnaast geldt dat er bij goederenvervoer, in tegenstelling tot personenvervoer, geen sprake is van een regionale concessie. Goederenvervoer kenmerkt zich door een 'vrije toegang' tot het (regionale) spoor en kent een interregionaal karakter.

- Door het ontbreken van zowel een regionale contractverhouding als de beperkte omvang valt goederenvervoer buiten scope. Het type vervoer dat op de lijnen onder consideratie wordt meegenomen betreft dus louter personenvervoer, dat door een regionaal vervoerder verzorgd wordt op basis van een concessie.

Huidige bedieningspatroon en huidige baanvakcapaciteit

- De analyse gaat er van uit dat het in 2013 gerealiseerde bedieningspatroon wordt voortgezet in de toekomst. Hoewel het mogelijk is dat het bedieningspatroon in de toekomst wijzigt is dit geen onderdeel van onderhavige analyse. Dit ten behoeve van de vergelijkbaarheid van de treindiensten.

- De analyse gaat er van uit dat de huidige baanvakcapaciteit in de toekomst niet wijzigt. Een eventuele, toekomstige uitbreiding is geen onderdeel van de analyse. Dit ten behoeve van de vergelijkbaarheid van de treindiensten.

Uitgangspunt materieel

- Op dit moment maken elf van de dertien treindiensten onder consideratie gebruik van Stadler GTW materieel, zie ook pagina 30. Om een 'ceteris paribus' vergelijking tussen de treindiensten mogelijk te maken wordt in onderhavig onderzoek uitgegaan van de aanname dat (uiteindelijk) alle dertien treindiensten gebruik zullen maken van Stadler GTW materieel[1].

- In de praktijk is de materieelkeuze vrij en afhankelijk van vele factoren, waardoor ook andere materieeltypen en leveranciers in overweging genomen zullen worden. Materieelkeuze is echter geen onderwerp van onderhavig onderzoek. Dit rapport geeft geen waardeoordeel over of voorkeur voor een bepaald materieeltype of leverancier en het verwachte toekomstige gebruik hiervan voor de treindiensten onder consideratie.

[1] *Het LINT-materieel, waarvan twee treindiensten gebruik maken, is namelijk niet geschikt voor ombouw naar elektrische-aandrijving dan wel LNG-aandrijving.*

Energieprijs 'aan de pomp/draad'

- Omwille van de vergelijkbaarheid van de vergroeningsopties is in overleg met stakeholders, bestaande uit opdrachtgever, decentrale overheden en regionale vervoersmaatschappijen, besloten om deze scope nader te beperken tot financiële effecten voor de spoorconcessie (concessieverlener, exploitant), en de energie-leverancier plus achterliggende brandstofketen buiten beschouwing te laten. De business case voor de energieleverancier valt derhalve buiten de scope.

- De energieprijs per eenheid 'aan de pomp/draad' is een relevante factor, waarbij wordt aangenomen dat eventueel benodigde investeringen die voor rekening komen van de energieleverancier in deze prijs verdisconteerd zijn.

- Bij de uitwerking van de vergroeningsopties wordt wel op kwalitatieve basis een doorkijkje geboden naar eventueel benodigde investeringen, kansen en risico's ten aanzien van de energieleverantie. Dit is opgenomen in hoofdstuk 3.

Achtergrond

- Verreweg het grootste gedeelte van het Nederlandse spoorwegennet is geëlektrificeerd (voorzien van een bovenleiding). De elektrificatie van de Nederlandse spoorwegen kent zijn oorsprong in 1908, maar werd voor het grootste deel doorgevoerd in de periode van 1927 tot de Tweede Wereldoorlog en de periode van wederopbouw tot 1958.

- De beweegreden voor de grootschalige elektrificatie was primair het vergroten van de capaciteit van het spoorwegennet; elektrisch materieel was beduidend sneller dan het alternatief (waaronder stoomtreinen). Dit capaciteitsvoordeel, in combinatie met lagere energiekosten en onderhoudskosten, woog op tegen benodigde hoge investeringen in de infrastructuur.

- De overgebleven niet-geëlektrificeerde baanvakken worden nu bediend met dieselmaterieel. Dit betreft met name lijnen in het noorden en oosten van Nederland. De scope van dit onderzoek is beperkt tot de diesellijnen genoemd op pagina 8. Het personen-vervoer op deze lijnen is verdeeld in een aantal regionale concessies (zie pagina 29) die onder verantwoordelijkheid en bevoegdheid van decentrale overheden (provincies en/of stadsregio's) vallen. Voor de exploitatie zijn meerjarige concessies verleend aan vervoers-bedrijven (Arriva, Syntus, Veolia, Connexxion/Breng).

Overweging voor vergroening

- Op hoofdlijnen zijn de financieel-economische overwegingen die midden 20e eeuw hebben geleid tot de grootschalige elektrificatie van het spoornet in Nederland op dit moment weer actueel voor de diesellijnen. Door de toename van de dieselprijs komen alternatieve aandrijfconcepten, zoals elektrische of (bio-)LNG treinen in beeld (zie 2.' Scope onderzoek').

- Daar is een zeer actuele maatschappelijke overweging aan toegevoegd: Dieseltreinen zijn relatief belastend voor het milieu vanwege hun uitstoot van schadelijke gassen en fossiele brandstoffen zoals diesel worden schaars. Vanuit duurzaamheids-oogpunt is er een toenemende maatschappelijke behoefte aan 'vergroening' van het regionaal spoor. Elektrisch materieel produceert lokaal geen uitstoot, de totale uitstoot van schadelijke gassen is afhankelijk van de wijze waarop de stroom opgewekt wordt. Er is altijd sprake van een sterke reductie ten opzichte van diesel en uiteindelijk is zelfs 100% groene stroom mogelijk. Het gebruik van fossiel-LNG ten opzichte van diesel leidt mogelijk ook tot een verlaging van de uitstoot. Toepassing van bio-LNG is zelfs vrijwel CO_2 neutraal.

Referentiesituatie: Diesel

- Op de diesellijnen wordt voornamelijk gereden met Stadler GTW DMU materieel, met uitzondering van de lijnen Almelo – Mariënberg en Zutphen – Oldenzaal waar LINT materieel wordt ingezet.

- Stadler GTW DMU is modern materieel, specifiek ontworpen voor regionaal personenvervoer per spoor. Het type is beproefd, nog steeds in productie en kent een brede toepassing in Europa, naast Nederland onder meer in Duitsland, Italië en Griekenland. De aandrijving geschiedt diesel-elektrisch, wat inhoudt dat een dieselmotor functioneert als een generator en een elektromotor zorgt voor de feitelijke aandrijving.

- Kenmerkend voor de Stadler GTW is de modulaire opbouw: hij is verkrijgbaar met 2 en 3 bakken en de aandrijving is in een aparte aandrijfmodule ondergebracht. Stadler produceert ook een elektrische variant van hetzelfde type (GTW EMU).

- Het LINT materieel is niet meer in productie. Op pagina 30 is per lijn inzichtelijk gemaakt welk type materieel op dit moment op welk baanvak wordt ingezet (type, leeftijd).

- Het rijden met dieselmaterieel stelt, behoudens de aanwezigheid van voldoende tankinstallaties, geen specifieke eisen aan de spoorinfrastructuur. Voor de lijnen onder consideratie zijn er tankplaten aanwezig in Groningen, Leeuwarden, Zwolle, Hengelo, Zutphen, Winterswijk, Arnhem, Nijmegen en Venlo.



Figuur 3.1: Stadler GTW DMU.

3. Beschrijving vergroeningsopties

Vergroeningsoptie 1: Elektrificatie met bovenleiding

- *Business case:* De eerste vergroeningsoptie onder consideratie betreft volledige elektrificatie van de regionale diesellijnen. Deze technologie heeft zich uitgebreid bewezen in het spoorvervoer en is direct beschikbaar. Dit vergt initiële investeringen in infrastructuur en materieel. In de exploitatie heeft dit gevolgen voor de hoogte van de materieelkosten (leasetermijnen en/of rente en afschrijving), energiekosten, onderhoudskosten, handelingskosten (tanken) en gebruiksvergoeding.

- *Infrastructuur:* Langs het gehele baanvak dient een bovenleiding aangelegd te worden, met daarbij behorende onderstations om de bovenleiding te voeden en spanning te regelen. Uitgangspunt van dit onderzoek is elektrificatie op basis van 1.500 volt (gelijkstroom). Hiervan zijn ervaringscijfers beschikbaar, want behoudens enkele specifieke trajecten (HSL-Zuid, Betuwelijn) zijn alle geëlektrificeerde baanvakken in Nederland voorzien van 1.500 volt. Bovendien zorgt dit voor aansluiting met het reeds geëlektrificeerde net en interoperabiliteit van materieel.

1.500 volt of 3.000 volt?

- Het nadeel van het 1.500 volt systeem is dat een relatief zware bovenleiding en veel onderstations nodig zijn, met navenante gevolgen voor het investeringsniveau. De toepassing van andere systemen is onderdeel van de Lange Termijn Spooragenda. ProRail onderzoekt momenteel samen met NS toepassing van 3.000 volt op het HRN. De uitkomsten worden later dit jaar verwacht.

1.500 volt of 3.000 volt? (vervolg)

- De voordelen van 3.000 volt ten opzichte van 1.500 volt zijn gelegen in lagere investeringen (bij een hogere spanning volstaat een dunnere bovenleiding en zijn minder onderstations nodig), capaciteitsvoordelen (door de hogere spanning is er meer vermogen beschikbaar en kunnen treinen sneller accelereren) en exploitatievoordelen (er gaat minder energie verloren in de draad en er kan meer energie worden terug geleverd aan de draad).

- Op grond van genoemde voordelen lijkt het mogelijk dat de terugverdientijd en IRR van elektrificatie uitgaande van een 3.000 volt systeem gunstiger uitpakt dan van elektrificatie met 1.500 volt. Het verdient daarom aanbeveling om de gevolgen voor de business case van de implementatie van 3.000 volt nader te onderzoeken, zodra de uitkomsten van het nu lopende onderzoek naar 3.000 volt beschikbaar zijn.

- In Nederland kan ProRail de aanleg en het beheer van de infrastructuur verzorgen. ProRail investeert zelf niet in de aanleg, maar doet dit in opdracht van (regionale) overheden. Voor het beheer van de infrastructuur ontvangt ProRail van de vervoerders een gebruiksvergoeding. Ten opzichte van de gebruiksvergoeding die vervoerders betalen voor dieseltreinen, bevat de gebruiksvergoeding voor het gebruik van elektrische infrastructuur een additionele component die toeziet op het onderhoud en beheer van de bovenleiding en onderstations.

3. Beschrijving vergroeningsopties

Vergroeningsoptie 1: Elektrificatie met bovenleiding

Verdiepend onderzoek investeringen infrastructuur

- Voorafgaand aan de beslissing om een specifiek traject te elektrificeren is het aan te bevelen om de elektrificatiekosten per trajectkm met inbegrip van specifieke kenmerken nader inzichtelijk te maken. Het is mogelijk om marktpartijen – naast ProRail - ook een offerte uit te laten brengen.

- *Materieel:* Om van het huidige diesel-elektrisch dan wel dieselmaterieel naar elektrisch aangedreven materieel over te stappen zijn er twee mogelijkheden.

1. De eerste optie is om nieuw materieel aan te schaffen ter vervanging van het huidige dieselmaterieel. Er zijn meerdere fabrikanten die elektrisch materieel aanbieden dat qua technologie en omvang geschikt is om op de regionale lijnen in te zetten. In onderhavige analyse wordt het uitgangspunt gehanteerd dat men voor Stadler GTW EMU materieel zal kiezen. (Zie in dit licht ook de nuanceringen zoals op pagina 10 staan vermeld). Dit type materieel wordt namelijk al ingezet op regionale geëlektrificeerde lijnen in Nederland.

Indicatie doorlooptijd verkrijging nieuw (bestaand) materieel

- Voor de levering van nieuw (bestaand) materieel geldt een indicatieve levertijd van ca. drie jaar vanaf het moment waarop de bestelling wordt geplaatst.

2. De tweede optie is om het bestaande GTW DMU materieel om te bouwen naar GTW EMU, door de aandrijfmodule te vervangen. Stadler geeft aan dat dit vanwege de modulaire opbouw van het materieel technisch mogelijk is. De bestaande LINT treinen zijn alleen als diesel geleverd en kunnen niet worden omgebouwd, bovendien is dit type niet meer in productie.

Eenmalige kosten bij ombouw Stadler GTW DMU naar EMU

- Ombouw naar EMU gaat volgens Stadler gepaard met ca. €5 mln. aan eenmalige kosten (homologatiekosten ad ca. €1 mln. en eenmalige ontwikkelingskosten ad ca. €4 mln). Een dergelijke ombouw is mogelijk, maar heeft in de praktijk nog niet plaatsgevonden.

- Dit onderzoek neemt Stadler GTW EMU materieel als uitgangspunt voor de vergelijking met het huidige dieselmaterieel. Of daarbij gekozen wordt voor ombouw of nieuw materieel en wat het meest voor de hand liggende moment is voor de overgang wordt bepaald aan de hand van het huidig materieeltype en resterende levensduur, alsmede de kenmerken van de concessie. Bij de investering in materieel verdient het aanbeveling rekening te houden met de mogelijkheid dat op termijn een 3.000 volt infrastructuur geïmplementeerd wordt. Materieel dat geschikt is voor 3.000 volt kan ook overweg met een spanning van 1.500 volt, maar niet andersom.

Vergroeningsoptie 1: Elektrificatie met bovenleiding

- *Toekomst:* Onderhavig onderzoek gaat uit van elektrificatie van het spoor op basis van bestaande en bewezen technologie. Eventuele additionele voordelen die behaald kunnen worden met nieuwe technologieën worden in onderhavig onderzoek niet nader onderzocht en gekwantificeerd. Het is echter wel mogelijk dat toepassing van dergelijke technologieën leidt tot additionele milieuvoordelen en/of kostenbesparingen. Vermeldenswaardig in dit licht is bijvoorbeeld de proef van Veolia met regeneratie van remenergie (stoptreindienst Heuvellandlijn) en de onderzoeken naar implementatie van een 3.000 volt infrastructuur.

- *Voordelen:*
  - Bewezen technologie, zowel qua infrastructuur als materieel;
  - Schoner: geen lokale uitstoot, tot 100% reductie van totale uitstoot is mogelijk afhankelijk van de wijze waarop de elektriciteit wordt opgewekt;
  - Materieel is beschikbaar (bv. Stadler GTW EMU), dat reeds gehomologeerd is;
  - Betrouwbaarder materieel;
  - Sneller: elektrisch materieel accelereert in beginsel sneller dan dieselmaterieel, wat kan leiden tot een vergroting van de spoorcapaciteit;
  - Stiller;
  - Lagere aanschafprijs dan dieselmaterieel, door eenvoudiger aandrijftechnologie (bij gelijk volume);
  - Lagere energiekosten (elektriciteitskosten per stelkm is goedkoper dan diesel per stelkm);
  - Lagere onderhoudskosten, door eenvoudiger aandrijf-technologie;
  - Lagere handelingskosten (tanken niet nodig).

- *Nadelen:*
  - Vergt een hoge initiële investering in infrastructuur die terugverdiend moet worden;
  - De infrastructuur leidt tot een hogere gebruiksvergoeding voor beheer en onderhoud.



Figuur 3.2: Bovenleiding.

Vergroeningsoptie 2: LNG met/zonder regeneratie remenergie

- *Business case:* De tweede vergroeningsoptie onder consideratie betreft de inzet van LNG (Liquefied Natural Gas) treinen op de regionale diesellijnen, in plaats van de huidige diesel- of diesel-elektrische treinen. Het uitrollen van deze vergroeningsoptie vergt dan initiële investeringen in materieel en de aanleg van tankinstallaties. In de exploitatie heeft dit gevolgen voor de hoogte van de energiekosten. De onderhoudskosten en handelingskosten (tanken) worden in de basis verondersteld gelijk te zijn aan de referentiecasus.

- LNG kan een belangrijke bijdrage leveren aan het schoner maken van de transportsector, maar de technologie staat nog in de kinderschoenen. Om de financiële gevolgen van een LNG eindbeeld ten opzichte van dieseltreinen inzichtelijk te maken, is de business case opgesteld uitgaande van een scenario waarbij de onzekere factoren ten aanzien van brandstof (prijs en beschikbaarheid) en materieel (prijs en specificaties) weggenomen zijn.

- Vanwege genoemde onzekerheden is de business case voor LNG meer gebaseerd op verwachtingen en inschattingen en in mindere mate op ervaringscijfers. De uitkomsten van de business case voor toepassing van LNG kennen daardoor een grotere 'mogelijke reikwijdte' dan bij elektrificatie.

- *Brandstof LNG:* LNG ofwel vloeibaar aardgas is een fossiele brandstof die grotendeels bestaat uit methaan. LNG wordt geproduceerd door aardgas af te koelen tot -162°C. Bij die temperatuur is het gas vloeibaar en heeft het een volume dat ongeveer 600 maal kleiner is dan van aardgas bij normale temperatuur en atmosferische druk. Deze volumereductie is aanzienlijk groter dan bij compressie tot CNG (Compressed Natural Gas) zoals toegepast bij busvervoer, waardoor het nog geschikter is als transportbrandstof.

- LNG heeft een aantal voordelen ten opzichte van diesel. Een LNG motor is tot 50% stiller dan een dieselmotor, de uitstoot van CO_2 wordt met ongeveer 15% verminderd en de prijs per kg LNG is lager dan de prijs per kg diesel. De calorische waarde van LNG is hoger dan van diesel (een kilogram LNG bevat meer energie dan een kilogram diesel), maar de energiedichtheid is lager (een liter LNG bevat minder energie dan een liter diesel).

- De prijsontwikkeling van LNG volgt momenteel grotendeels de dieselprijs (bron: LNG Platform). Een nadere toelichting op de verwachte prijsontwikkeling staat in hoofdstuk 6.

Vergroeningsoptie 2: LNG met/zonder regeneratie remenergie

- *Infrastructuur:* Om LNG treinen te laten rijden is qua infrastructuur in beginsel alleen een investering in tankinstallaties benodigd. Het uitgangspunt van de business case is dat er op de plaatsen waar nu een diesel-tankplaat is, een LNG-tankplaat van voldoende omvang aangelegd wordt. Voor de lijnen onder consideratie zijn er tankplaten aanwezig in Groningen, Leeuwarden, Zwolle, Hengelo, Zutphen, Winterswijk, Arnhem, Nijmegen en Venlo. Verder hoeven er geen investeringen in de bestaande railinfrastructuur plaats te vinden.

- *Materieel:* Om van dieselmaterieel naar LNG-elektrisch aangedreven materieel over te stappen zijn er net als bij elektrificatie twee mogelijkheden:

1. Aanschaffen van nieuw materieel ter vervanging van het huidige dieselmaterieel. De bestaande LINT treinen zijn alleen als diesel geleverd en kunnen niet worden omgebouwd, bovendien is dit type niet meer in productie. Deze treinen zullen per definitie vervangen moeten worden door nieuw LNG-materieel.

2. Ombouw van het bestaande Stadler GTW DMU materieel naar GTW 'LMU', door de aandrijfmodule te vervangen. Stadler geeft aan dat een dergelijke ombouw vanwege de modulaire opbouw van het GTW materieel technisch mogelijk is.

- Op dit moment is er geen kant-en-klaar en gehomologeerd type LNG-trein beschikbaar voor inzet op de regionale diesellijnen. Behoudens enkele proeven op kleine schaal (Linköping, Zweden) en enkele goederentreinen in de Verenigde Staten is de toepassing van LNG als brandstof voor treinen nieuw. Stadler geeft aan dat het technisch mogelijk is om een GTW uit te rusten met een LNG motor en er ook LNG motoren beschikbaar zijn die fysiek passen. De volgende ontwikkelstappen zijn echter nog vereist voordat het daadwerkelijk mogelijk is om LNG-materieel in te zetten:
    - Technische ontwikkeling: motor en brandstoftank (kracht, efficiëntie, gewicht, snelheid);
    - Homologatie van een GTW op LNG ("LMU") voor inzet op het spoor in Nederland;
    - Uitvoeren van een pilot project (praktijktest).

- In dit onderzoek wordt uitgegaan van de inzet van een GTW LMU ter vervanging van GTW DMU. De basisaannames voor de business case zijn dat dit type trein beschikbaar komt met een LNG motor die even efficiënt is en evenveel vermogen levert als een vergelijkbare dieselmotor, waardoor er geen (negatief) effect is op de dienstregeling. Een andere assumptie is dat de fabrikant in staat is om dit materieel aan te bieden tegen een prijs gebaseerd op serieproductie. Stadler heeft deze assumpties bevestigd als zijnde realistische uitgangspunten voor onderhavig onderzoek.

Vergroeningsoptie 2: LNG met/zonder regeneratie remenergie

- *Materieel (vervolg):* Of daarbij gekozen wordt voor ombouw of nieuw materieel en wat het meest voor de hand liggende moment is voor de overgang wordt bepaald aan de hand van enkele specifieke kenmerken van een bepaalde lijn: Huidig materieeltype en resterende levensduur, kenmerken van de concessie.

- Het is mogelijk om LNG-elektrische treinen uit te rusten met een systeem waarmee remenergie teruggewonnen kan worden, waarbij supercaps de voorkeur hebben (Movares, 2013). Dit systeem zorgt ervoor dat de energie die vrijkomt bij het afremmen van de trein, wordt omgezet in elektriciteit die lokaal wordt opgeslagen. De opgeslagen energie kan door de trein worden benut om de LNG motor te ondersteunen, bijvoorbeeld bij acceleratie. Daardoor kunnen efficiencyvoordelen en rijtijdwinsten behaald worden ten opzichte van een trein zonder dit systeem.

- De business case betreffende de vergroeningsoptie LNG maakt in de basis onderscheid tussen twee varianten, namelijk een variant waarin LNG treinen niet uitgerust worden met recuperatie van remenergie en een variant waarin recuperatie van remenergie wel wordt meegenomen.

- *Toekomst:* Of toepassing van LNG als brandstof voor regionale treinen haalbaar en financieel aantrekkelijk is, is afhankelijk van een aantal onzekere, kritische succesfactoren:

1. Beschikbaarheid en prijs ten opzichte van diesel en elektriciteit

- LNG is in Nederland verkrijgbaar als transportbrandstof, maar de infrastructuur en het distributienetwerk zijn momenteel nog volop in ontwikkeling. In 2012 is een 'Green Deal Rijn en Wadden' afgesloten met als doel het gebruik van aardgas in de transportsector te bevorderen. De Ministeries van Infrastructuur en Milieu en Economische Zaken werken samen met industriepartners om de gestelde doelen te realiseren (TNO, 2013; Natural Gas in Transport, an assessment of different routes). Het Nationaal LNG Platform verbindt bedrijven en overheden die werken aan de introductie van vloeibaar aardgas als schone transportbrandstof in Nederland.

- De prijs van LNG correleert momenteel met de olieprijs (en daarmee ook met de dieselprijs). Het aanbod van gas neemt wereldwijd toe door toepassing van nieuwe technieken. Naar verwachting koppelt de prijs van gas steeds meer los van olie. De overheid speelt een belangrijke rol doordat zij maatregelen kan

3. Beschrijving vergroeningsopties

Vergroeningsoptie 2: LNG met/zonder regeneratie remenergie

treffen, die van invloed zijn op vraag en aanbod.

2. Beschikbaarheid, prijs en specificaties materieel

- Hoewel de technologie in beginsel beschikbaar is, moeten er nog stappen gezet worden om deze in de juiste treinen toe te passen en zijn de exacte specificaties nog niet bekend.

- In algemene zin geldt dat de ontwikkeling en inzet van LNG materieel financieel haalbaarder wordt naarmate dit type trein op grotere schaal wordt ingezet. Daardoor kunnen investeringen in de ontwikkeling van de LNG trein en infrastructuur (tankinstallaties) worden gespreid.

- Dit vraagt om een gecoördineerde en structurele keuze voor de toepassing van LNG treinen op het spoor op regionaal, nationaal en mogelijk zelfs op internationaal (Europees) niveau. De overheid speelt bij de uitrol van de LNG-optie een belangrijke rol, omdat zij middels financiële prikkels een sturende rol kan vervullen en financiële drempels kan verlagen. De wijze waarop dit kan vergt nader onderzoek en maakt geen deel uit van onderhavig onderzoek.

Pilotproject LNG trein (eenmalige kosten)

- Om de onzekerheden ten aanzien van de toepassing van LNG op het spoor weg te nemen verdient het aanbeveling om een proefproject (pilot) uit te voeren. Een pilot kan de technische haalbaarheid van toepassing op het spoor bewijzen en genereert de ervaringscijfers en andere gegevens die nodig zijn om de LNG business case met een grotere mate van zekerheid vast te kunnen stellen.

- Stadler heeft aangegeven bereid te zijn mee te werken aan een pilot, indien zij hiertoe opdracht krijgen van bijvoorbeeld vervoerders.

- De kosten om een prototype Stadler GTW LMU te ontwikkelen bedragen naar verwachting ongeveer €15 mln. Hierbij zijn alle eenmalige ontwikkelingskosten van motor en materieel inbegrepen alsmede de eenmalige homologatiekosten ad ongeveer €2,5 mln. Daarnaast zijn er investeringen nodig in een tankinstallatie en moeten er kosten gemaakt worden voor de uitvoering van het project.

- De verwachte doorlooptijd van een pilotproject bedraagt volgens Stadler ongeveer 3 jaar. In deze periode zit ontwikkeling, homologatie en testen van de LNG trein besloten.

Eenmalige kosten bij regeneratie remenergie

- Het inbouwen van supercaps in LNG-elektrische treinen brengt homologatie-kosten met zich mee ad ca. €850k. Dit bedrag is additioneel aan de homologatiekosten zoals voor het pilotproject is weergeven. Uiteraard is het mogelijk om dit element tijdens een pilotproject te incorporeren.

Vergroeningsoptie 2: LNG met/zonder regeneratie remenergie

- *Voordelen:*
  - Schoner: tot 15% reductie van CO_2-emissie, geen uitstoot van SO en fijnstof, tot 90% reductie van stikstofoxiden;
  - Tot 50% geluidsreductie;
  - Mogelijk lagere energiekosten (brandstofkosten LNG per stelkm goedkoper dan diesel per stelkm), afhankelijk van prijs-ontwikkeling en efficiëntie van de toegepaste motor;
  - Te combineren met terugwinning remenergie;
  - Geschikt voor toepassing bio-LNG (zie volgende pagina);
  - Specifiek ten opzichte van elektrificatie: substantieel lagere investeringen in infrastructuur benodigd.

- *Nadelen:*
  - Geen 'proven technology' op het spoor: momenteel nog onzekerheid omtrent technische specificaties LNG materieel (efficiëntie, vermogen, tankinhoud, gewicht, acceleratie) en effecten daarvan op exploitatie;
  - Onzekerheid omtrent homologatie en toelating op Nederlands spoor door ILT;
  - Aanschafprijs LNG materieel is naar verwachting hoger dan dieselmaterieel en elektrisch materieel door gecompliceerdere tankinstallatie. Dit is mede afhankelijk van schaalgrootte;
  - Mogelijk is er een negatief effect op het milieu dat voortkomt uit methaanlekkage;
  - Specifiek ten opzichte van elektrificatie: hogere energiekosten per stelkm, afhankelijk van de prijsontwikkeling van elektriciteit en LNG en efficiëntie van de toegepaste motor;
  - Specifiek ten opzichte van elektrificatie: er blijft sprake van hogere milieubelasting (uitstoot CO_2, geluidsemissie).

Vergroeningsoptie 3: bio-LNG met/zonder regeneratie remenergie

- *Business case:* De business case van deze vergroeningsoptie is in beginsel gelijk aan de vergroeningsoptie LNG omdat het benodigde materieel en de spoor gerelateerde infrastructuur gelijk zijn. Het verschil betreft puur de brandstof (bio-LNG heeft een hogere calorische waarde dan LNG). Vanuit vergroeningsperspectief is bio-LNG een interessante optie, omdat schadelijke uitstoot hiermee verder gereduceerd kan worden.

- De geraadpleegde bronnen geven aan dat toepassing van bio-LNG als brandstof in feite volgt op de uitrol van LNG en daar niet los van gezien kan worden. In eerste instantie moet de toepassing van fossiel-LNG als alternatief ten opzichte van diesel de investeringen in materieel en infrastructuur kunnen verantwoorden, waardoor toepassing van bio-LNG ook mogelijk wordt.

- Bio-LNG wordt nog niet op grote schaal geproduceerd, de technologie om lokaal LNG te kunnen produceren is nog in ontwikkeling. Daardoor zijn de beschikbare gegevens over bio-LNG op dit moment beperkt en gaan deze gepaard met onzekerheden.

- De mogelijkheid om bio-LNG als brandstof voor regionale treinen toe te passen kent een aantal additionele onzekerheden ten opzichte van LNG. Deze betreffen met name de ontwikkeling van het aanbod (voldoende productielocaties en distributiekanalen), de prijs (gedreven door vraag en aanbod) en de rol van de overheid.

- Toepassing van bio-LNG is een optioneel eindbeeld binnen de vergroeningsmogelijkheid LNG, dat op zich extra voordelen biedt ten opzichte van LNG, maar nog relatief onzeker is. Bio-LNG wordt daarom niet kwantitatief uitgewerkt als losstaande optie. In dit rapport wordt binnen Vergroeningsoptie 2 – waar mogelijk en relevant – op kwalitatieve basis aangegeven hoe prijs en beschikbaarheid van bio-LNG zich verhouden tot fossiel-LNG.

- *Brandstof bio-LNG:* Bio-LNG kan worden gemaakt door bijvoorbeeld GFT-afval, slib, mest of voedingsresten te vergisten; Micro-organismen zetten deze afvalstoffen om in methaanhoudend gas. Door dit gas te zuiveren en vervolgens te koelen wordt het LNG. Bio-LNG wordt door haar samenstelling (minimaal 98% methaan) ook wel bio-methaan genoemd. De precieze samenstelling van bio-LNG kan echter verschillen, afhankelijk van de grondstof en het productieproces. Ten opzichte van fossiel-LNG kent bio-LNG over het algemeen een hogere calorische waarde en energiedichtheid. Bovendien kan de CO_2 uitstoot ten opzichte van diesel met ongeveer 80% worden verlaagd in plaats van 15% met LNG.

Vergroeningsoptie 3: bio-LNG met/zonder regeneratie remenergie

- *Toekomst:* De toepassing van bio-LNG in het spoorvervoer lijkt zeker op de lange termijn vele maatschappelijke voordelen te hebben. Het milieuvoordeel ten opzichte van dieseltreinen is significant terwijl de afhankelijkheid van fossiele en geïmporteerde brandstoffen afneemt. In die zin sluit toepassing van bio-LNG in brede zin aan bij duurzaamheidsdoelstellingen van de overheid in Nederland.

- In financiële zin is de benodigde investering in infrastructuur – voor zover het de spoor gerelateerde investeringen betreft – zeer beperkt. Lokale productie van bio-LNG biedt daarnaast mogelijkheden om schakels in de brandstofketen over te slaan en voor een lange termijn afspraken over prijs en hoeveelheid te maken, waarvan zowel de bio-LNG producent als vervoerder kunnen profiteren (bron: Maatman Advise).

- Zowel in het noorden van Nederland als in het oosten onderzoeken partijen, waaronder waterschappen, mogelijkheden om bio-LNG te gaan produceren. Deze partijen staan momenteel nog voor een aantal uitdagingen:

    - Bio-LNG wordt op dit moment uit de markt geconcurreerd door groen gas. Op productie van groen gas zit meer dan €0,40 SDE+ subsidie per kuub. In de hele keten in het wegvervoer zit er op een kilogram groen gas meer dan €0,50 subsidie en een energiebelasting van €0,04 per kilo. Op bio-LNG productie zit geen SDE subsidie en de accijns is €0,155 cent per kilogram. Hoewel de bio-LNG route duurzamer is, levert de groen gas route grote bedrijven die de hele keten in handen hebben momenteel ongeveer €0,60 per kilo voordeel op in vergelijking met de schonere bio-LNG route (bron: Nationaal LNG Platform).

    - Stichting Groen Gas Nederland heeft onderzocht of de productie van bio-LNG een aantrekkelijke optie is voor biogasproducenten. Dit blijkt alleen het geval bij een grote productieschaal, voor partijen die heel goedkoop biogas kunnen maken want de marge bij productie is zeer klein. Uitgaande van de gemiddelde kosten voor opwerken en vervloeien van biogas en transport naar het tankstation blijft er relatief weinig geld over om het biogas te produceren om te kunnen concurreren met fossiel-LNG. Het voordeel voor de producent moet met name komen door met afnemers voor de lange termijn goede prijsafspraken te maken over de groenwaarde, omdat hiermee verderop in de keten biotickets kunnen worden aangemaakt. (bron: Stichting Groen Gas Nederland).

Vergroeningsoptie 3: bio-LNG met/zonder regeneratie remenergie

- *Toekomst (vervolg):* Bio-LNG is op dit moment duurder en in mindere mate verkrijgbaar dan LNG. Of en wanneer het gebruik van bio-LNG financieel aantrekkelijker wordt, is afhankelijk van het omslagpunt van de prijs. Dit omslagpunt wordt niet voor 2017 verwacht en is sterk afhankelijk van het beleid van de overheid ten aanzien van subsidiëring van bio-LNG productie en beprijzing van CO_2 uitstoot.

Onderzoek integrale business case lokale bio-LNG productie t.b.v. regionaal spoorsysteem

- Om te bepalen of en in hoeverre het financieel haalbaar is om lokale bio-LNG productie op te tuigen om een regionaal spoorsysteem te voorzien van bio-LNG, is nader onderzoek naar de technische mogelijkheden en financiële parameters vereist. De voordelen van een dergelijk lokaal 'ecosysteem' kunnen in kaart worden gebracht door een business case voor brandstofproducent, concessieverlener en exploitant gezamenlijk op te stellen.

- Een dergelijke business case met inbegrip van investeringen, opbrengsten en kosten gerelateerd aan de energieketen zou voor de 'BV Nederland' tot aanvullende inzichten kunnen leiden, zeker waar het gaat om bio-LNG ten opzichte van LNG. Het lijkt daarom zinvol om de optie 'bio-LNG' middels een aanvullend onderzoek uit te werken met inbegrip van de energieketen.

- Bio-LNG heeft in de basis dezelfde voor- en nadelen als LNG, met enkele toevoegingen:

- *Voordelen:*
  - Nog schoner dan LNG: tot 80% reductie van CO_2-emissie ten opzichte van diesel;
  - Hogere calorische waarde dan LNG;
  - Verminderde afhankelijkheid van de eindige voorraad fossiele brandstoffen;
  - Verminderde afhankelijkheid van import brandstoffen (mogelijkheid van lokale productie). Volgens het Nationaal LNG Platform is er in 2025 naar verwachting 15.000 ton LNG benodigd voor regionale treinen.

- *Nadelen:*
  - Onzekerheid omtrent ontwikkeling en omvang lokale productie;
  - Onzekerheid omtrent ontwikkeling prijspeil, mede afhankelijk van overheidsbeleid.

Analyse op individueel lijnniveau en op hoofdlijnen

- Om de financiële consequenties van de vergroeningsmogelijkheden op zowel totaalniveau als op het niveau van een individuele lijn inzichtelijk te maken worden de business cases op individueel lijnniveau opgebouwd.

- De kwantitatieve analyse vindt plaats op hoofdlijnen. Dit is mede ingegeven doordat onderhavig project relatief korte tijdslijnen kent. Gevolg hiervan is dat een zeker abstractieniveau wordt gehanteerd bij een aantal assumpties.

- De business cases zijn bezien vanuit het gezichtspunt van het spoor als geheel; dus infrastructuur, materieel en exploitatie van concessieverlener en exploitant gezamenlijk.

Toelichting analyse in relatie tot navolgende hoofdstukken

- In hoofdstuk 5 worden lijn specifieke kenmerken nader bekeken. Dit betreft veelal elementen die op dit moment minder goed te kwantificeren zijn, maar die mogelijk wel een rol spelen bij de keuze dan wel rangschikking van de verschillende spoorlijnen. Waar mogelijk en waar relevant worden geïdentificeerde lijnspecifieke kenmerken meegenomen in de business cases, hetgeen uiteindelijk resulteert in de terugverdientijden en IRR's (hoofdstuk 7 en 8).

- In hoofdstuk 6 worden de belangrijkste assumpties uiteengezet. Hierbij wordt de volgende indeling gehanteerd: Investeringen; exploitatiekosten en CO_2 reductie. Daarnaast wordt aangegeven voor welke onderdelen een assumptie is gehanteerd waar een bepaalde onzekerheid aan kleeft en waarom dit gedaan is.

- In hoofdstuk 7 en 8 worden respectievelijk de uitkomsten op totaal niveau en de uitkomsten op lijnniveau uiteengezet. Daarnaast biedt hoofdstuk 9 inzicht in een illustratieve verdeling van het financieel effect van de vergroeningsmogelijkheden. Hoofstuk 10 concludeert.

Projectinrichting

- In overleg met stakeholders (opdrachtgever, decentrale overheden en regionale vervoerders) is de scope en doelstelling van het onderzoek vastgesteld.

- Vervolgens zijn de opzet en bouwstenen van de business cases bepaald. Hierbij is een uitsplitsing gemaakt tussen de volgende elementen:
  - Algemene bouwstenen, zoals bepaalde investeringen en exploitatiekosten;
  - Specifieke bouwstenen, zoals kenmerken en elementen van individuele lijnen die mogelijk invloed hebben op het financieel effect van de vergroeningsopties voor een bepaalde lijn (bijvoorbeeld gebruiksintensiteit, ligging lijn binnen netwerk etc.);
  - Value drivers, zoals aantal treinstellen, energieprijzen, energieverbruik en stelkm's.

- De vervolgstap betrof inventarisatie en vaststelling van de benodigde informatie, gevolgd door het uitzetten van de informatiebehoefte bij de relevante partijen. Coördinatie van informatiestromen is een continue proces geweest tijdens de looptijd van dit project, waar veel tijd en aandacht aan is besteed.

- Parallel aan het invullen van de informatiebehoefte is voor alle treindiensten in scope de basis voor de financiële business cases in MS Excel opgesteld.

- Tijdens een tussentijds overleg d.d. 19 februari 2014 met stakeholders zijn de voortgang, uitdagingen en beperkingen in de beschikbaarheid van informatie met stakeholders besproken. De ontvangen input van stakeholders is meegenomen in de informatievergaring en de 'finetuning' van de business cases.

- Vervolgens is in overleg met regionale vervoerders in kaart gebracht wat de relevante lijnspecifieke kenmerken zijn. De gevolgen hiervan op de aantrekkelijkheid van de verschillende vergroeningsopties voor de individuele diesellijnen onder consideratie zijn geïdentificeerd.

- Uiteindelijk zijn de business cases ingevuld, de uitkomsten geanalyseerd en is deze rapportage opgesteld. De concept rapportage is op 14 maart 2014 aan de stakeholders plus ProRail en Stadler aangeleverd, met het verzoek om aannames te controleren en feedback te leveren. Op basis van de ontvangen feedback is de finale versie van het rapport vastgesteld en naar stakeholders verstuurd en in een afsluitende meeting d.d. 26 maart 2014 aan stakeholders gepresenteerd.

Belangrijkste geraadpleegde bronnen

- Er is intensief contact geweest met onderstaande bronnen om benodigde informatie te verzamelen. In de kern zijn deze bronnen in te delen in:
  - Regionale vervoerders;
  - Overheden (centraal en decentraal);
  - Specialisten.

- De diverse bronnen hebben onder meer diverse rapporten en overige informatiebronnen ter beschikking gesteld. Appendix A.1 biedt een overzicht van de gebruikte informatie, niet zijnde interviews en specifieke informatie van vervoerders. Onder meer de volgende (bestaande) rapportages zijn behulpzaam geweest:
  - Andersson Elffers Felix (2013);
  - Duinn/Rebelgroup (2010);
  - Lloyd's Register Transportation (2012);
  - Movares (2013);
  - Maatman Advise (2013);
  - Notitie Maaslijn (2013);
  - Provinciale Staten van Overijssel (2014).

ARRIVA
connexxion
syntus
VEOLIA
provinsje fryslân
provincie fryslân
provincie groningen
STADSREGIO ARNHEM NIJMEGEN
regio twente
provincie overijssel
provincie GELDERLAND
provincie limburg
Ministerie van Infrastructuur en Milieu
ProRail
STADLER
Maatman Advise
Advies in maatwerk
Nationaal LNG Platform



Desk research

Invloed van lijn specifieke kenmerken

- Per individuele spoorlijn zijn er een aantal kenmerken die van invloed zijn op de verwachte uitkomsten van de business case in absolute zin, als wel op de uitkomsten ten opzichte van de andere lijnen. De volgende elementen kunnen beïnvloed worden door specifieke kenmerken van een bepaalde lijn:
  - Het meest geschikte moment van implementatie van een vergroeningsoptie;
  - Het meest geschikte type vergroeningsoptie per lijn ('welke optie past beter voor één of meerdere lijnen en waarom');
  - De onderlinge rangorde van de individuele lijnen ('welke lijn komt het eerste in aanmerking voor een specifieke vergroeningsoptie en waarom');
  - De terugverdientijd (en IRR) van de vergroeningsopties per specifieke lijnen onder consideratie.

- Middels gesprekken met regionale vervoerders zijn de diverse kenmerken in kaart gebracht en waar mogelijk en waar relevant zijn geïdentificeerde lijnspecifieke kenmerken meegenomen in de business cases.

Toelichting relevante kenmerken

- *Ligging van een spoorlijn:* De ligging ten opzichte van andere lijnen / aansluiting op een cluster van lijnen biedt mogelijkheden voor grotere schaalvoordelen van materieel (investeringen, onderhoud, reserve-opslag). Dit maakt dat de volgende elementen van belang zijn:
  - Maakt de treindienst onderdeel uit van een concessie met één of meerdere treindiensten (cluster);
  - In geval van meerdere treindiensten, welke een andere aandrijving kennen dan de overige treindiensten in het cluster (elektrisch, diesel).

- *Traject informatie:* Specificaties van de trajecten zijn met name van belang voor de investeringsomvang. Daarnaast verschaft het een beter beeld van de verschillende soorten trajecten. De volgende elementen zijn meegenomen:
  - De trajectkm's: hoe lang is een traject;
  - De niet-geëlektrificeerde baanvakken zijn relevant voor de investeringsomvang in geval van elektrificatie;
  - Enkel- of dubbelspoor: dit is van invloed op de hoogte van de investeringen in geval van elektrificatie;
  - # stations: geeft een indicatie van het aantal momenten dat een treindienst op dient te trekken, hetgeen een relevant element is voor de voordelen (en het vervangingsmoment) van het opvangen van remenergie.

Toelichting relevante kenmerken

- *Gebruiksintensiteit:* Deze kenmerken geven aan in welke mate een traject druk dan wel minder druk wordt bereden. Hierbij geldt dat bij een drukker bereden lijn de exploitatievoordelen relatief groter zijn en de investering zich relatief sneller terugverdiend. De volgende elementen zijn gehanteerd om inzicht in de relatieve gebruiksintensiteit te bieden:
  - Aantal reizigerskm's per trajectkm: dit biedt inzicht in de relatieve vraag op een traject oftewel 'hoe groot is de relatieve vraag op een traject';
  - Aantal stelkm's per trajectkm: dit biedt inzicht in het relatieve aanbod op een traject oftewel 'hoeveel wordt er in relatief opzicht gereden';
  - Goederenvervoer: geeft een indicatie of er andere, reguliere gebruikers zijn op een traject.

- *Materieelinzet:* Dit element maakt het mogelijk om uiteindelijk vast te kunnen stellen (i) of ombouw van materieel überhaupt een mogelijkheid is en (ii) te bepalen in hoeverre deze optie realistisch is gegeven de resterende economische levensduur van het materieel. Ook biedt het inzicht in de hoeveelheidscomponent van de materieelinvesteringen. De volgende elementen worden hierbij onderscheiden:
  - Type materieel op een lijn;
  - Resterende levensduur van het materieel;
  - Aantal treinstellen op een lijn. Dit bevat zowel regulier materieel als reservematerieel.

- *Kenmerken concessie:* Door de kenmerken van de concessie te combineren met de kenmerken van materieelinzet kan het investeringsmoment (voor de verschillende vergroeningsopties) worden geoptimaliseerd. Hierbij zijn een aantal concessie specifieke kenmerken van belang:
  - Reguliere looptijd van de concessie;
  - Resterende looptijd van de concessie;
  - Wie het restwaarde risico van het materieel draagt.

- Op navolgende pagina's wordt een overzicht geboden van de benoemde kenmerken per lijn. Overigens zijn ook andere kenmerken geïnventariseerd. Deze zijn echter minder relevant dan bovenstaande.

Ligging en type traject

Overzicht op individueel lijn niveau	Ligging			Trajectinformatie				
	Concessie	Cluster lijnen?	Elektrische lijnen in cluster?	Trajectkm's	…waarvan niet-geëlektrificeerd (1)	…waarvan enkelsporige trajectkm's (7)	# stations	Goederen-vervoer
Groningen – Veendam / Leer	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	77 km	77 km	55 km	12	Ja
Groningen – Delfzijl	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	38 km	32,5 km (2)	29 km (2)	9	Ja
Groningen - Roodeschool	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	38 km	32,5 km (2)	29 km (2)	10	Ja
Groningen – Leeuwarden	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	54 km	54 km	32 km	11	Nee
Leeuwarden – Harlingen	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	26 km	26 km	26 km	6	Nee
Leeuwarden – Stavoren	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	50 km	50 km	50 km	9	Nee
Almelo – Mariënberg	Vechtdallijnen	Ja	Ja	19 km	19 km	19 km	6	Zeer beperkt
Arnhem – Winterswijk	Achterhoek (3) / SAN (4)	Ja / Nee	Nee	64 km	50 km	50 km	14 / 9	Ja (5)
Zutphen – Winterswijk	Achterhoek (3)	Ja	Nee	42 km	42 km	42 km	6	Nee
Zutphen – Apeldoorn	Achterhoek (3)	Ja	Nee	18 km	18 km	18 km	5	Nee
Arnhem – Tiel	Achterhoek (3)	Ja	Nee	44 km	35 km	25 km	7	Ja (5)
Zutphen – Oldenzaal	Gelijknamig	Nee	Nee	56 km	44 km	44 km	7	Ja
Roermond – Nijmegen	Limburg (6)	Ja	Ja	86 km	85 km	76 km	13	Ja

Figuur 5.1: Lijn specifieke kenmerken: ligging en trajectinformatie.

(1) Op basis van input ProRail. (2) Beide treindiensten rijden over het baanvak Groningen – Sauwerd (11 km, waarvan 7 km dubbelspoor). Dit baanvak is evenredig aan beide treindiensten toegerekend. (3) Concessienaam is voluit Achterhoek-Rivierenland. (4) 2 concessies raken het deeltraject Arnhem – Doetinchem, namelijk Achterhoek-Rivierenland concessie (Arriva) en SAN concessie (Connexxion onder de naam Breng). (5) Goederenvervoer op geëlektrificeerde baanvakken. (6) Concessienaam is voluit: Limburg-Noord en Midden. (7) Niet geëlektrificeerde, dubbelsporige trajectkm's zijn de resultante van kolom 6 minus kolom 7. De grootste mate van detail rondom 'meersporigheid' bij stations, passeerstukken (intuïtief: relatief korte stukken) en rangeerterreinen zijn niet bekend en zijn derhalve niet meegenomen in de analyse.

Gebruiksintensiteit, materieelinzet, concessie specifiek

Overzicht op individueel lijn niveau	Gebruiksintensiteit		Materieelinzet			Concessie specifieke kenmerken		
	# reizigerskm's (in 1.000) per trajectkm (1)	# stelkm's (in 1.000) per trajectkm (2)	Type materieel	# treinstellen	Resterende levensduur materieel	Looptijd concessie	Resterende looptijd concessie	Restwaarde risico materieel
Groningen – Veendam / Leer	806,5	28,6	Stadler GTW	14	23 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (4)
Groningen – Delfzijl	587,9	24,9	Stadler GTW	5	23 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (4)
Groningen - Roodeschool	776,3	25,8	Stadler GTW	9	23 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (4)
Groningen – Leeuwarden	2.427,8	41,5	Stadler GTW	13	23 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (4)
Leeuwarden – Harlingen	780,8	24,9	Stadler GTW	3	23 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (4)
Leeuwarden – Stavoren	600,0	21,1	Stadler GTW	5	23 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (4)
Almelo – Mariënberg	N/b	17,7	LINT	2	15 jaar	15 jaar	14 jaar ('28)	Afwezig (5)
Arnhem – Winterswijk	1.675,0	46,5	Stadler GTW	22	29 jaar	15 jaar / 10 jaar	12 jaar ('26) / 9 jaar ('23)	Overheid (6) / SAN
Zutphen – Winterswijk	681,4	21,0	Stadler GTW	4	29 jaar	15 jaar	12 jaar ('26)	Overheid (6)
Zutphen – Apeldoorn	N/b (3)	26,1	Stadler GTW	4	29 jaar	15 jaar	12 jaar ('26)	Overheid (6)
Arnhem – Tiel	388,6	15,5	Stadler GTW	3	29 jaar	15 jaar	12 jaar ('26)	Overheid (6)
Zutphen – Oldenzaal	1.221,4	26,3	LINT	9	15 jaar	10 jaar	9 jaar ('23)	Afwezig (5)
Roermond – Nijmegen	1.571,4	33,5	Stadler GTW	16	23 jaar	10 jaar (7)	2 jaar ('16)	Geen risico (lease comp.)

Figuur 5.2: Lijn specifieke kenmerken: gebruiksintensiteit, materieelinzet en concessie specifieke kenmerken.

(1) Reizigerskm's conform 'Meten in de Trein' in 2011 (latere cijfers zijn niet voorhanden). (2) Indicatie van hoe druk traject is bereden (aanbod). (3) Reizigerskm's zijn onbekend. O.b.v. gesprekken met vervoerders is een indicatie van een redelijke ordegrootte verkregen, gevolg is een relatief getal in range 1.900 – 2.100. (4) Vooral bij Arriva, want geen verplichte overname van 43 treinstellen bij afloop concessie, wel voor nieuwste 8 treinstellen. (5) Bij afloop concessie is materieel afgeschreven. (6) Risico ligt bij concessieverlener, vervoerder kan 5 jaar voor afloop concessie aangeven of ze het materieel wil overnemen. (7) Looptijd nieuwe concessie is 15 jaar.

Business cases: Delta investeringen en exploitatiekosten

- Kernpunt bij iedere vergroeningsoptie is dat er bepaalde investeringen noodzakelijk zijn om een andere aandrijving mogelijk te maken. Vervolgens geldt dat er delta's in exploitatiekosten en vervangingsinvesteringen kunnen optreden ten opzichte van de huidige situatie (diesel-elektrische aandrijving).

- Onderstaande figuur geeft de belangrijkste financiële elementen van de drie vergroeningsopties weer, die zijn meegenomen in de business cases. Hierbij wordt op hoofdlijnen reeds aangegeven of een element in financieel opzicht een voordeel, een nadeel of (nagenoeg) geen verschil oplevert ten opzichte van de referentie.

- De verwachte CO_2 reductie heeft geen invloed op terugverdientijd of IRR. Dit effect is echter wel separaat gekwantificeerd aangezien het een relevant aspect is voor besluitvorming rondom vergroening van het spoor.

Meest relevante elementen	Diesel ('referentie')	Elektrificatie	LNG (1)	Bio-LNG (1)
Investeringen				
Investeringen infrastructuur	0	–	0	0
Investeringen tankinstallaties	0	0	–	–
Investeringen materieel	0	–	–	–
Exploitatiekosten				
Energiekosten	0	+	+	+
Onderhoudskosten	0	+	0	0
Handelingkosten (2)	0	+	0	0
Gebruiksvergoeding	0	–	0	0

Figuur 6.1: Samenvattend beeld vergroeningsopties ten opzichte van dieselexploitatie ('status quo'). Hierbij wordt met '–' een nadeel t.o.v. de status quo bedoeld en '+' een voordeel t.o.v. dieselexploitatie. '0' geeft aan dat er geen wezenlijke wijziging wordt verwacht. (1) Inclusief opvangen van remenergie. (2) Handelingkosten hebben betrekking op tankwerkzaamheden.

Assumpties investeringen

Assumpties: investeringen	Component	Elektrisch	LNG
Investeringen infrastructuur	Prijs	€1 mln. per trajectkm enkelspoor €1,75 mln. per trajectkm dubbel-spoor	N.v.t.
Investeringen infrastructuur	Hoeveelheid	Aantal niet-geëlektrificeerde baanvakkm's (2)	N.v.t.
Investeringen tankinstallaties	Prijs	N.v.t.	€400k per tankinstallatie
Investeringen tankinstallaties (1)	Hoeveelheid	N.v.t.	8 tankinstallaties
Investeringen materieel	Prijs	Ombouw treinstel: €1,0 mln. Nieuw treinstel: €4,1 mln.	Ombouw treinstel: €850k Nieuw treinstel: €4,6 mln.
Investeringen materieel	Hoeveelheid	Gelijk aan huidig aantal treinstellen (3)	Gelijk aan huidig aantal treinstellen (3)
Investeringen opvangen remenenergie	Prijs	N.v.t.	Inbouw treinstel: €148k
Investeringen opvangen remenenergie	Hoeveelheid	N.v.t.	Gelijk aan huidig aantal treinstellen

Figuur 6.2: Overzicht van assumpties (en calculatie) van investeringen onder de twee vergroeningsopties onder consideratie. Op navolgende pagina´s worden de assumpties nader onderbouwd.

(1) Conform huidige diesel tankinstallaties binnen scope: Leeuwarden, Groningen, Hengelo, Zutphen, Winterswijk, Arnhem, Nijmegen en Venlo. Tankinstallatie in Zwolle buiten scope; De treindienst Almelo – Mariënberg maakt gebruikt van de tankinstallatie in Hengelo.

(2) Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen enkelsporige en dubbelsporige baanvakkm's, zie ook figuur 5.1 op pagina 29. 'Meersporigheid' rondom stations en passeerstukken (intuïtief: relatief korte stukken) zijn niet meegenomen in de analyse. Dit geldt ook voor rangeerterreinen.

(3) Hierbij wordt de aanname gemaakt dat het dat het LINT materieel

Toelichting assumpties investeringen

- *Investeringen infrastructuur elektrificatie:*
  - Hoofdstuk 5 (pagina 29) biedt een overzicht van het niet geëlektrificeerde deel (trajectkm) per baanvak van elk traject binnen scope van onderhavig onderzoek.
  - De business case rekent voor alle lijnen met een investering van €1 mln. per te elektrificeren trajectkilometer enkelspoor en €1,75 mln. per te elektrificeren trajectkilometer dubbelspoor (ProRail).
    - ProRail geeft aan dat dit bedrag in werkelijkheid met 40% kan afwijken, afhankelijk van specifieke traject-kenmerken. Zie gevoeligheidsanalyse in appendix A.4;
    - Ter vergelijking: Movares (2013) hanteert in haar onderzoek een bandbreedte ad €0,7 mln. – €1,2 mln. per trajectkm enkelspoor.
  - De investeringen per trajectkm zijn in de praktijk afhankelijk van specifieke omstandigheden (ProRail). Met name de volgende kenmerken zijn van invloed:
    - Aanpassingen aan railinfra: extra perronaanpassingen, passeersporen, wissels en/of sporen;
    - Keuze uit dag of nachtwerk;
    - Wijze van buitendienststelling: geheel (treindienst vervangende bussen) versus gedeeltelijk (extra kosten voor het rijden als de winkel open blijft);
    - Onderbouw;
    - Grondgesteldheid: veen versus zand;
    - Kruisen van waterwegen: bovenleiding bij (beweegbare) bruggen/viaducten en zinkers voor voedingsbekabeling;
    - Aansluitkosten netbeheerder: afstand tot dichtst-bijzijnde aantakkingspunt van de openbare net-beheerder (10/13/25 kV-aansluitingen);
    - Wijze van intakking op bestaande spoorlijnen;
    - Kruisen van hoogspanningslijnen;
    - Archeologie;
    - Bodemverontreiniging;
    - Kabels en leidingen van derden.
- *Investeringen infrastructuur LNG (tankinstallaties):*
  - De business case gaat ervan uit dat op de volgende locaties (Leeuwarden, Groningen, Hengelo, Zutphen, Winterswijk, Arnhem, Nijmegen en Venlo) een (nieuwe) LNG tankinstallatie komt. De tankinstallatie in Zwolle blijft buiten beschouwing aangezien de treindienst Almelo – Mariënberg gebruik maakt van de tankinstallatie in Hengelo.
  - De investering per tankinstallatie bedraagt gemiddeld €400k (Movares, 2013). De investeringen in tankinstallaties worden evenredig per cluster aan elke lijn toebedeeld.

Toelichting assumpties investeringen

- *Investeringen materieel elektrificatie:*
  - Ombouw van GTW DMU materieel naar GTW EMU materieel kost €1 mln. per treinstel (Stadler);
  - Aanschaf van nieuw GTW EMU materieel bedraagt €3,7 mln. (2-baks materieel) en €4,5 mln. (3-baks materieel) (Stadler):
    - Ter vervanging van LINT materieel wordt gerekend met het gemiddelde van €4,1 mln. per treinstel;
    - GTW DMU materieel kent een aanschafprijs van €4,3 mln. per treinstel (Stadler).
  - NB: De genoemde prijzen zijn indicatief. Zowel Stadler als de regionaal vervoerders kunnen wegens concurrentie-overwegingen geen specifieke prijsopgave doen.

Effect van schaal op materieelinvesteringen

- De aanschafprijs en ombouwprijs van materieel is sterk afhankelijk van de afgenomen hoeveelheid. EMU materieel is in beginsel goedkoper dan DMU materieel. Dit geldt echter indien en enkel voor zover er een voldoende grote afname van treinstellen plaatsvindt. In het geval voor een individuele lijn besloten zou worden om nieuw materieel te bestellen (niet in combinatie met andere treindiensten) dan is het mogelijk dat EMU materieel voor deze individuele treindienst duurder is dan DMU materieel. In de business case blijft dit potentiële effect buiten beschouwing. Dit element speelt echter wel een rol bij besluitvorming op het niveau van één of enkele lijnen.

- *Investeringen materieel LNG:*
  - Ombouw van GTW DMU materieel naar GTW materieel op LNG (GTW LNG) behoeft een investering van €850k per treinstel (Stadler);
  - Nieuw GTW LNG materieel kent naar verwachting een aanschafprijs van €4,6 mln. per treinstel (Stadler);
  - NB: De genoemde prijs is indicatief. Stadler kan geen specifieke prijsopgave doen aangezien dergelijk materieel nog niet in productie is;
  - NB: De GTW LNG trein is technisch mogelijk, maar de feitelijke ontwikkeling van een prototype dient nog plaats te vinden. Hieromtrent dienen eenmalige homologatiekosten te worden gemaakt. De business case laat deze homologatiekosten buiten beschouwing en gaat uit van een 'eindsituatie' waarin het pilottraject succesvol is verlopen en het technologische / ontwikkelingsrisico sterk gereduceerd is.
- *Investeringen opvangen remenergie:*
  - Het investeringsbedrag per treinstel bedraagt €123k (Movares, 2013) exclusief installatiekosten. First Dutch hanteert een opslag van 20% bovenop het investeringsbedrag ten behoeve van installatiekosten.

Assumpties exploitatiekosten

Assumpties exploitatiekosten	Component	Elektrisch	LNG
Energiekosten	Prijs	€0,10 per kWh	€1,0372 per kg
Energiekosten	Hoeveelheid	3 kWh per stelkm	0,72 kg per stelkm Daarnaast 5% (additionele) brandstofbesparing door opvangen remenergie
Onderhoudskosten	Prijs	Besparing van €0,175 per stelkm t.o.v. diesel	Geen verschil met diesel
Onderhoudskosten	Hoeveelheid	Aantal stelkm's	Aantal stelkm's
Handelingkosten	Prijs	€50,- per uur aan arbeidsloon	€50,- per uur aan arbeidsloon
Handelingkosten	Hoeveelheid	Besparing van 1 tankbeurt per ingezet treinstel per dag a ca. 30 minuten * 365 dagen per jaar	Geen verschil met diesel
Gebruiksvergoeding	Prijs	€0,0295 per kWh	Geen verschil met diesel
Gebruiksvergoeding	Hoeveelheid	Heffing per kWh	Geen verschil met diesel

Figuur 6.3: Overzicht van assumpties (en calculatie) van exploitatiekosten onder de twee vergroeningsopties onder consideratie. Op navolgende pagina´s worden de assumpties nader onderbouwd.

Toelichting assumpties exploitatiekosten

- *Energiekosten - basiswaarden:*
  - Diesel: De in de business case gehanteerde dieselprijs en het dieselverbruik zijn gebaseerd op bestaande onderzoeken (AEF, 2013; Movares, 2013 en Lloyds Register, 2012) en interviews met Arriva en Stadler:
    - Prijs: €1,10 per liter diesel. Dit betreft de dieselprijs per januari 2014 inclusief de additionele heffing die de overheid heeft ingevoerd per 1-1-2014;
    - Verbruik: 1 liter per stelkm. Volgens de fabrikant ligt het verbruik van GTW DMU materieel tussen 0,8 – 1,6 liter per stelkm, afhankelijk van # halteringen, snelheid, # bakken per stel en hoogteverschillen.
  - Elektriciteit: De in de business case gehanteerde prijs per kWh en het verbruik per kWh zijn gebaseerd op bestaande onderzoeken (Movares, 2013 en Lloyds Register, 2012):
    - Prijs: €0,10 per kWh;
    - Verbruik: 3 kWh per stelkm;
    - De ervaringscijfers van de regionale vervoerders wijken enigszins hiervan af, maar de totale energiekosten per stelkm zijn van een gelijke ordegrootte (ca. €0,30 per stelkm). Derhalve lijkt dit een goede maatstaf. Dit is onderdeel van de gevoeligheidsanalyse.
  - LNG: De in de business case gehanteerde LNG prijs en het LNG verbruik zijn gebaseerd op deskresearch (www.lng24.com):
    - Prijs: €1,037 per kg LNG (incl. accijnsheffing en excl. BTW). Dit betreft de LNG prijs per januari 2014 (aansluiting bij meetmoment dieselprijs). Hierbij wordt geen directe inkoopkorting meegenomen, omdat mogelijke schaalvoordelen en margeruimte in de prijs onbekend zijn;
    - Verbruik: 0,72 kg per stelkm, gebaseerd op de calorische waardes van diesel en LNG. Hieruit blijkt dat 1,0 eenheid LNG gelijk staat aan 1,17 eenheden diesel;
    - NB: De efficiency van de LNG motor ten opzichte van de dieselmotor is een gevoelige aanname. De business case gaat uit van een gelijke efficiëntie voor LNG en dieselmotoren op basis van technologische ontwikkeling (Stadler). Dit betreft het eindbeeld, zie ook de toelichting op pagina 42. De (huidige) ervaringscijfers gebaseerd op vrachtwagens tonen echter een verminderde efficiency ten opzichte van diesel (LNG Platform). Dit is onderdeel van de gevoeligheidsanalyse (zie hoofdstuk 7 en appendix A.4).

Toelichting assumpties exploitatiekosten

- *Energiekosten – basiswaarden (vervolg):*
  - Bio-LNG: De vraag-en-aanbod volumes van bio-LNG liggen momenteel te laag om een realistische uitgangsprijs te kunnen bepalen. De prijsindicatie voor bio-LNG zou op dit moment boven de prijs van LNG liggen omdat de productie van bio-LNG momenteel hogere kosten kent dan de productie van LNG (Nationaal LNG Platform);
  - Op termijn kan bio-LNG een substituut vormen voor fossiel-LNG. De verwachte prijsontwikkeling is nader toegelicht in appendix A.5.

- *Energieprijzen – prognose toekomstige ontwikkeling:*
  - Onderzoek door First Dutch naar de verwachte prijsontwikkeling van deze brandstoffen (zie ook appendix A.5) leert dat de toekomstige prijsontwikkeling van de brandstoffen in absolute zin, maar zeker ten opzichte van elkaar zeer onzeker is en afhankelijk van vele factoren. Voor alle energiebronnen geldt dat de overheid een belangrijke factor is in de (relatieve) prijsontwikkeling middels haar beleid (accijnzen en/of stimulerende maatregelen);
  - Diesel: De ontwikkeling van de dieselprijs is historisch gezien positief gerelateerd aan de prijsontwikkeling van Brent olie;
  - Elektriciteit: Geproduceerd uit verschillende energiebronnen waaronder aardgas, steenkool, water, wind, zon, kerncentrales, biomassa en andere fossiele brandstoffen. De toekomstige prijsontwikkeling komt mede tot stand op basis van de beschikbare productiecapaciteit en de prijs van onderliggende productiebronnen;
  - LNG: De prijs van LNG en diesel zijn naar verwachting positief gecorreleerd. Doordat LNG een relatief nieuwe brandstof is, kent deze een relatief korte prijshistorie. Als LNG uitgroeit tot een realistisch substituut voor diesel brandstof bestaat de kans dat de prijs van LNG loskoppelt van de dieselprijs. Verwacht wordt dat dit scenario zich niet voor 2017 voordoet (bron: LNG Platform). Of LNG uitgroeit tot een volwaardig substituut voor diesel is afhankelijk van eventueel overheidsbeleid en de ontwikkeling van de infrastructuur;
  - Bio-LNG: De prijsontwikkeling van bio-LNG is zeer onzeker en afhankelijk van de mogelijkheid om op voldoende schaal goedkoop te produceren. De prijs van bio-LNG kan binnen 10-15 jaar onder de prijs van LNG kan komen te liggen, mits de Nederlandse overheid stimuleringsmaatregelen treft (bron: Nationaal LNG Platform). Zonder subsidiegelden en / of

Toelichting assumpties exploitatiekosten

- *Energieprijzen – prognose toekomstige ontwikkeling (vervolg):*

  groei van de markt voor bio-tickets / bio-certificaten kan het 25-40 jaar duren voordat de prijs van bio-LNG onder de prijs van fossiel-LNG komt te liggen (Bron: Nationaal LNG Platform). Het is aannemelijk dat vervoerders dan bio-LNG gebruiken in plaats van fossiel-LNG, wat een mogelijk extra financieel voordeel oplevert binnen Vergroeningsoptie 2;

  - In de business cases is het relatieve prijsverschil tussen diesel, elektriciteit en LNG naar de toekomst toe constant verondersteld, uitgaande van de basiswaarde plus 2% inflatie op jaarbasis. In dit basisscenario wordt derhalve geabstraheerd van de invloed van prijsontwikkeling.

- *Onderhoudskosten:*
  - Ander materieel kan resulteren in een onderhoudsvoordeel of nadeel, afhankelijk van de energiesoort (Arriva);
  - Elektrisch materieel: Voordeel van €0,15 – €0,20 per stelkm. De business case veronderstelt €0,175 per stelkm;
  - LNG materieel: Volgens de beste huidige inzichten is er geen (wezenlijk) verschil ten opzichte van diesel te verwachten. Deze aanname is gebaseerd op ervaringen met CNG bussen in vergelijking met dieselbussen (Arriva). Bronnen tonen geen eenduidig beeld, onderhoud van LNG materieel zou duurder maar ook goedkoper zou kunnen zijn. Dit is onderdeel van de gevoeligheidsanalyse (zie hoofdstuk 7 en appendix A.4).

- *Handelingskosten:*
  - Elektrisch materieel heeft een voordeel qua handelingskosten ten opzichte van dieselmaterieel (Arriva). Elektrisch materieel hoeft niet bijgetankt te worden resulterend in een besparing van €25,- per treinstel per dag aan arbeidsloon;
  - LNG materieel kent een dergelijk voordeel niet. De business case neemt aan dat de benodigde tijd voor het tanken van dit materieel gelijk is aan dieselmaterieel.

- *Gebruiksvergoeding:*
  - ProRail kent een bovenleiding heffing voor het gebruik van elektrisch materieel ad €0,03 per kWh (Netverklaring ProRail 2013):
    - Voor de langjarige prognose heeft First Dutch een inflatiecorrectie toegepast.
  - Mogelijk een additionele heffing van 1% voor elektrisch materieel ten opzichte van diesel door ProRail voor extra beheer- en instandhoudingskosten van elektrische

Toelichting assumpties exploitatiekosten

- *Gebruiksvergoeding (vervolg):*

  infrastructuur. Assumptie: niet opgenomen in de business case aangezien dit een lopende discussie betreft. Resulteert in een mogelijke onderschatting van de gebruiksvergoeding waardoor elektrificatie minder snel aantrekkelijk wordt. Dit is onderdeel van de gevoeligheidsanalyse (zie hoofdstuk 7 en appendix A.4);

  - LNG materieel kent geen wijziging in de gebruiksvergoeding ten opzichte van diesel. Er komt geen component bij en de gewichtsklasse van de trein blijft onveranderd (de laagste gewichtsklasse).

Assumpties CO_2 reductie

- *CO_2 reductie:*
  - Het CO_2 effect voor diesel en LNG wordt benaderd op basis van de 'tank-to-wheel' emissie, waarbij het CO_2 effect de resultante is van het verschil in uitstoot tussen verbruik van een eenheid diesel ('status quo') en een eenheid LNG. Deze benaderingswijze gaat voorbij aan de voorliggende energie-keten en, daarmee, aan de wijze van opwekking van de energie. Deze benadering is vergelijkbaar met het uitgangspunt van 'energieprijs aan de pomp/draad', zoals uiteen is gezet op pagina 10; Indien uitgegaan zou worden van de alternatieve benaderingswijze 'well-to-wheel' zou dit kunnen resulteren in een ander CO_2 effect.

  - Het CO_2 effect voor elektra ten opzichte van diesel is moeilijker vast te stellen, omdat de basis niet goed vergelijkbaar is. De lokale CO_2 reductie ten opzichte van diesel is 100%. In dit rapport wordt voor elektra gerekend met een CO_2 effect waarbij de opwekking van elektriciteit is inbegrepen.

  - De uitstoot per kWh is gebaseerd op de gecorrigeerde emissiefactor voor de Nederlandse handelsmix grijze stroom. In theorie zou de uitstoot naar nul kunnen tenderen indien enkel groene stroom gebruikt zou worden. (De geldelijke tegenwaarde neemt hierbij toe). Het is goed mogelijk dat het nieuwe Vivens[1] contract uit zal gaan van volledige groene stroom.

[1] *(Verenigd Inkoop en Verbruik van Energie op het Nederlandse Spoorwegnet)*

Assumpties CO_2 reductie

- *CO_2 reductie (vervolg):*
  - Een ton CO_2 reductie heeft een geldelijke tegenwaarde ad €62,66 (KBA-kengetallen: Rijkswaterstaat 2011);
  - De uitstoot CO_2 per eenheid brandstof bedraagt:
    - 2,93 kg per liter diesel (CE Delft);
    - 0,459 kg per kWh (CE Delft);
    - 2,7 kg per kg LNG (www.truckvandetoekomst.nl).

Assumpties CO_2 reductie	Component	Elektrisch ('grijs')	LNG
CO_2 reductie	Prijs	€62,66 per ton	€62,66 per ton
CO_2 reductie	Hoeveelheid	0,459 kg per kWh	2,7 kg per kg LNG Daarnaast 5% (additionele) CO_2 reductie door opvangen remenergie

Figuur 6.4: Overzicht van assumpties (en calculatie) van CO_2 onder de twee vergroeningsopties onder consideratie.

Uitgangspunt: Directe implementatie op alle lijnen

- Op basis van de uitgangspunten en aannames beschreven in de hoofdstukken 2, 5 en 6 toont onderstaande figuur de financiële uitkomsten van elektrificatie en overstap naar LNG (excl. en incl. opvangen remenergie) voor de situatie dat **op alle lijnen** binnen de scope **gelijktijdig en per direct** de vergroeningsmogelijkheid wordt geïmplementeerd. Hierbij is geen rekening gehouden met optimalisatie van het moment van implementatie (zie hoofdstuk 8).

- De analyse op totaal niveau gaat uit van ombouw van de huidige 98 treinstellen Stadler GTW DMU (dieselmaterieel) naar GTW EMU (elektrisch) / GTW LNG. De huidige 11 treinstellen LINT materieel worden vervangen door 11 nieuwe treinstellen Stadler GTW EMU / GTW LNG* (conform uitgangspunt materieel op pagina 10).

Elektrificatie: Uitkomsten op totaalniveau

- Indien alle diesellijnen binnen de scope van het onderzoek geëlektrificeerd zouden worden, vergt dat ten opzichte van de referentiecasus een extra **investering** van bij benadering **€761 mln**. waarvan €618 mln. in infrastructuur (voor 565 km aan te elektrificeren spoor) en €143 mln. in materieel.

- De **terugverdientijd** van de totale additionele investering bedraagt **31,0 jaren (exclusief ombouwperiode en transitiekosten).** De **IRR** bedraagt **2,6%**.

- De uitstoot van **CO_2** wordt **met 27.500 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €1,9 mln. per jaar; niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).

Overzicht op hoofdlijn niveau: 13 lijnen binnen scope	Investering totaal (in mln. €)	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Elektrificatie	€761	€618	N.v.t.	€143	31,0 / 2,6%	27.500	€1,9
Ombouw LNG (1)	€137	N.v.t.	€3,2	€134	17,5 / 5,9%	17.430	€1,2
Ombouw LNG (2)	€153	N.v.t.	€3,2	€150	17,5 / 5,8%	19.150	€1,3

Figuur 7.1: Overzicht uitkomsten op totaalniveau. Uitgangspunt is dat alle 13 lijnen onder consideratie worden geëlektrificeerd dan wel omgezet in LNG-exploitatie. Het element CO_2 reductie maakt geen onderdeel uit van de terugverdientijd, maar is een relevant aspect in de besluitvorming. Hierbij is het prijsverschil tussen diesel en, respectievelijk, elektriciteit en LNG in de jaren constant verondersteld. (1) Ombouw exclusief opvangen remenergie. (2) Ombouw inclusief opvangen remenergie.

** Stadler GTW 2/8 materieel heeft bij benadering eenzelfde zit- en staanplaatscapaciteit als LINT materieel. Derhalve wordt aangenomen dat één stel LINT materieel kan worden vervangen door één stel GTW materieel.*

LNG: Uitkomsten op totaalniveau

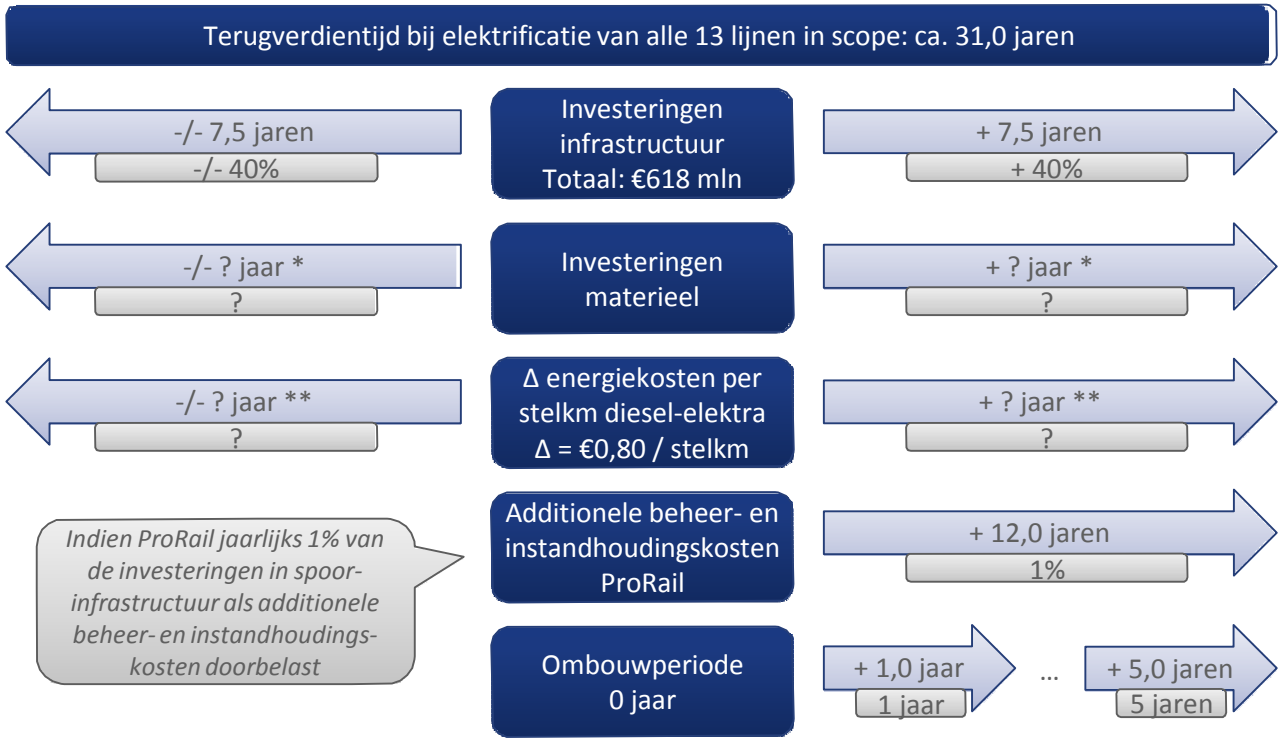
- *Zonder opvangen remenergie:* Indien alle diesellijnen binnen de scope van het onderzoek worden omgebouwd voor gebruik van LNG, vergt dat een **investering** van bij benadering **€137 mln**. waarvan €134 mln. in materieel en €3 mln. in tankinstallaties:
    - De **terugverdientijd** van de totale investering bedraagt **17,5 jaren excl. opvangen remenergie** (dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten**). De **IRR** bedraagt **5,9%**;
    - De uitstoot van **CO_2** wordt **met 17.430 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €1,2 mln. per jaar, niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).
- *Met opvangen remenergie:* Indien de treinstellen worden uitgerust met supercaps voor het **opvangen van remenergie** vergt dit een **additionele investering** van bij benadering **€16 mln**. in materieel:
    - De **terugverdientijd** van de totale investering bedraagt **17,5 jaren incl. opvangen remenergie** (dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten**). De **IRR** bedraagt **5,8%**;
    - De uitstoot van **CO_2** wordt **met 19.150 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €1,3 mln. per jaar; niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).

Conclusie

- **Elektrificatie lijkt minder gunstig dan** voor **LNG**, hetgeen met name wordt veroorzaakt door de **hoge investeringen in infrastructuur**. Dit effect is met name terug te zien in de **langere terugverdientijd** van elektrificatie. De **IRR** neemt kasstromen na de terugverdientijd mee en toont een **kleiner verschil**, zeker bij langere meetperiodes.
- Let wel; de uitkomsten zijn gebaseerd op aannames betreffende een **eindbeeld** (de terugverdientijd neemt de eenmalige ontwikkelingskosten niet mee, zie pagina 14 en 19). Bij de **LNG optie** is het nog onzeker of dit eindbeeld bereikt kan worden wegens de onzekere **factoren technologie, homologatie, prijs materieel, prijs LNG en infrastructuur LNG**. Deze onzekerheden zijn niet verdisconteerd in de uitkomsten van de LNG optie en leiden tot een grotere bandbreedte van mogelijke uitkomsten in vergelijking met de uitkomsten van elektrificatie.
- Vanuit puur financieel perspectief is de **LNG optie excl. opvangen remenergie slechts beperkt rendabeler dan de LNG optie incl. opvangen remenergie**. Dit heeft te maken met de relatief **beperkte levensduur** van supercaps (vervangingsinvesteringen). Het beperkte nadeel kan in de praktijk hoger uitvallen als vervanging niet gelijk met regulier onderhoud kan worden gepland. Desondanks zou besloten kunnen worden tot ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie vanwege de additionele CO_2 reductie.

Elektrificatie: Gevoeligheidsanalyse op totaalniveau

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd. De terugverdientijd van 31,0 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld (hoofdstuk 6).



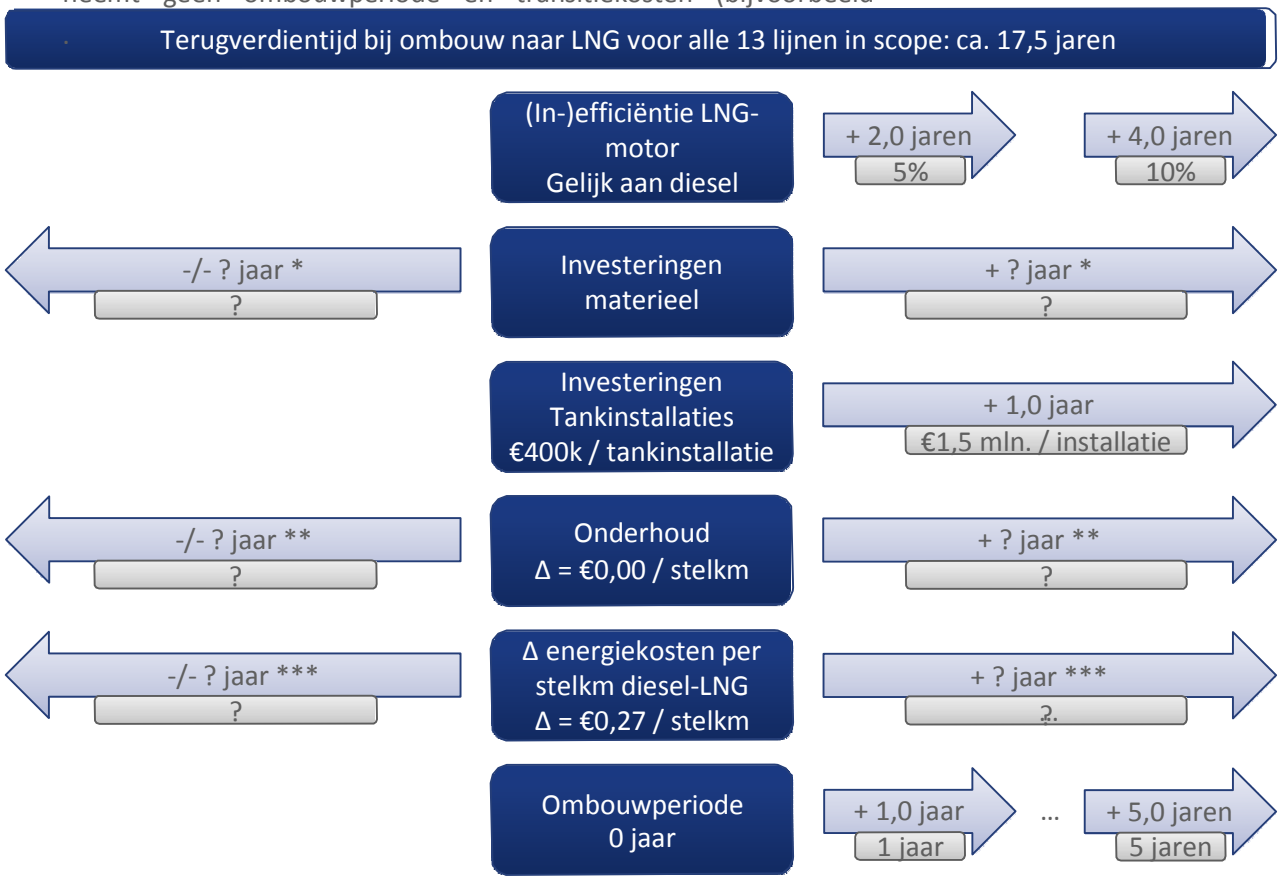
* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 2,0 jaren meer of 1,5 jaar minder.*

** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en elektra 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 4,0 jaren minder of 6,0 jaren meer.*

Figuur 7.2: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van elektrificatie op hoofdlijnen.

LNG: Gevoeligheidsanalyse op totaalniveau

- Onderstaande figuur toont de gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. De terugverdientijd van 17,5 jaar neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen LNG en diesel constant verondersteld.



** Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 4,5 jaren meer of 4,5 jaren minder.*

*** Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in onderhoud tussen diesel en LNG 10% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 3,5 jaren meer of 2,5 jaren minder.*

**** Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en LNG 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 2,0 jaren minder of 3,0 jaren meer.*

Figuur 7.3: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van ombouw naar LNG op hoofdlijnen.

Optimalisatie investeringsmoment per lijn

- Bij de financiële analyse op lijnniveau is rekening gehouden met optimalisatie van het investeringsmoment voor vergroening, om kapitaalsvernietiging van het huidige materieel te voorkomen. Dit moment is met name afhankelijk van:

  (i) De technische mogelijkheid tot ombouw huidig materieel;
  (ii) De resterende levensduur van het huidige materieel;
  (iii) De looptijd van de concessie;
  (iv) De eigendomssituatie van het materieel (restwaarderisico).

- De ombouw van materieel is vanuit bedrijfseconomisch perspectief te prefereren boven aanschaf van nieuw materieel, omdat hier een lager investeringsbedrag mee is gemoeid, terwijl er een gelijk exploitatievoordeel wordt behaald, tenzij de resterende levensduur te kort is om de investering in het materieel terug te verdienen.

- Elf van de dertien lijnen onder consideratie maken gebruik van Stadler GTW DMU materieel dat relatief eenvoudig omgebouwd kan worden naar elektrisch of LNG materieel. Voor deze lijnen geldt dat het huidige materieel een substantiële resterende levensduur kent waardoor de ombouwinvesteringen binnen de resterende levensduur van het materieel en concessielooptijd worden terugverdiend, mits het exploitatievoordeel in eerste instantie wordt gebruikt om de investeringen in materieel te dekken. Afhankelijk van de verdeling van investeringen, kosten en opbrengsten tussen concessieverlener en exploitant kan het 'optimale moment van vergroenen' verschuiven. Dit vergt een verdiepende analyse.

- Op de lijn Roermond – Nijmegen wordt nu GTW DMU ingezet met een substantiële resterende levensduur. Dit kan aan het einde van de lopende concessie (2016) zonder restwaarderisico terug naar de leasemaatschappij, waardoor aanschaf van nieuw materieel ook te overwegen is. De business case gaat uit van ombouw. Zie de gevoeligheidsanalyse voor het effect van nieuw materieel (EMU t.o.v. DMU). Dit effect is inzichtelijk gemaakt in de gevoeligheidsanalyse.

- Op de lijnen Zutphen – Oldenzaal en Almelo – Mariënberg rijdt LINT-materieel dat niet geschikt is voor ombouw, derhalve is aanschaf van nieuw materieel de enige mogelijkheid. Om kapitaals-vernietiging te voorkomen is elektrificatie aannemelijk op het moment dat LINT-materieel bedrijfseconomisch is afgeschreven. Dit is bij benadering rond het einde van de huidige concessie.

Elektrificatie

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn.
- De **terugverdientijden variëren van ca. 20,0 tot ca. 43,5 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Implementatie	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Noordelijke lijnen								
Groningen – Veendam / Leer (1)	Direct	Ombouw	€108	€94	€14	**34,0 / 2,1%**	3.408	€0,2
Groningen – Delfzijl	Direct	Ombouw	€40	€35	€5	**31,0 / 2,7%**	1.467	€0,1
Groningen - Roodeschool	Direct	Ombouw	€44	€35	€9	**31,0 / 2,6%**	1.516	€0,1
Groningen – Leeuwarden	Direct	Ombouw	€84	€71	€13	**27,5 / 3,3%**	3.471	€0,2
Leeuwarden – Harlingen	Direct	Ombouw	€29	€26	€3	**32,5 / 2,4%**	1.002	€0,1
Leeuwarden – Stavoren	Direct	Ombouw	€55	€50	€5	**36,0 / 1,8%**	1.667	€0,1
Achterhoek lijnen								
Arnhem – Winterswijk	Direct	Ombouw	€72	€50	€22	**20,0 / 5,6%**	4.608	€0,3
Zutphen – Winterswijk	Direct	Ombouw	€46	€42	€4	**36,0 / 1,8%**	1.402	€0,1
Zutphen – Apeldoorn	Direct	Ombouw	€22	€18	€4	**32,0 / 2,4%**	726	€0,05
Arnhem – Tiel	Direct	Ombouw	€46	€43	€3	**43,5 / 0,8%**	1.053	€0,1
Overige lijnen								
Almelo – Mariënberg	Einde concessie	Nieuw	€19	€19	-/- €0,4 (2)	**40,5 / 1,2%**	523	€0,05
Zutphen – Oldenzaal	Einde concessie	Nieuw	€42	€44	-/-€2 (2)	**30,0 / 2,7%**	2.281	€0,2
Roermond – Nijmegen	Direct	Ombouw	€108	€92	€16	**28,5 / 3,1%**	4.366	€0,3

Figuur 8.1: Uitkomsten elektrificatie op lijnniveau (1) Inclusief 26 kilometer grensoverschrijdend te elektrificeren spoor. (2) Delta investering t.o.v. dieselmaterieel, zie p.45.

LNG excl. opvangen remenergie

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn exclusief opvangen remenergie.
- De **terugverdientijden variëren van ca. 5,0 jaren tot ca. 18,0 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Moment vergroening	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Noordelijke lijnen			**€43**	**€0,8**	**€42**	**12,5 / 8,8%**	**7.944**	**€0,5**
Groningen – Veendam / Leer	Direct	Ombouw	€12	€0,1	€12	**13,0 / 8,4%**	2.160	€0,1
Groningen – Delfzijl	Direct	Ombouw	€4	€0,1	€4	**11,5 / 10,1%**	930	€0,05
Groningen - Roodeschool	Direct	Ombouw	€8	€0,1	€8	**18,0 / 5,3%**	961	€0,05
Groningen – Leeuwarden	Direct	Ombouw	€11	€0,1	€11	**12,0 / 9,3%**	2.201	€0,1
Leeuwarden – Harlingen	Direct	Ombouw	€3	€0,1	€3	**10,5 / 11,3%**	635	€0,05
Leeuwarden – Stavoren	Direct	Ombouw	€4	€0,1	€4	**10,0 / 11,5%**	1.057	€0,1
Achterhoek lijnen			**€30**	**€1,2**	**€28**	**14,0 / 8,0%**	**4.939**	**€0,4**
Arnhem – Winterswijk	Direct	Ombouw	€19	€0,3	€19	**15,0 / 7,2%**	2.921	€0,2
Zutphen – Winterswijk	Direct	Ombouw	€4	€0,3	€3	**10,0 / 11,7%**	889	€0,1
Zutphen – Apeldoorn	Direct	Ombouw	€4	€0,3	€3	**18,0 / 5,6%**	461	€0,05
Arnhem – Tiel	Direct	Ombouw	€3	€0,3	€3	**10,5 / 11,4%**	668	€0,05
Overige lijnen								
Almelo – Mariënberg	Einde concessie	Nieuw	€1	€0,2	€1	**7,0 / 18,0%**	331	€0,05
Zutphen – Oldenzaal	Einde concessie	Nieuw	€3	€0,2	€3	**5,0 / 25,2%**	1.446	€0,1
Roermond – Nijmegen	Direct	Ombouw	€15	€0,8	€14	**12,5 / 9,1%**	2.768	€0,2

Figuur 8.2: Uitkomsten ombouw naar LNG op lijnniveau (exclusief opvangen remenergie).

LNG incl. opvangen remenergie

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn inclusief opvangen remenergie.
- De **terugverdientijden variëren van ca. 6,0 jaren tot ca. 18,0 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Moment vergroening	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Noordelijke lijnen			**€50**	**€0,8**	**€49**	**12,5 / 8,7%**	**8.730**	**€0,6**
Groningen – Veendam / Leer	Direct	Ombouw	€14	€0,1	€14	**12,5 / 8,2%**	2.374	€0,1
Groningen – Delfzijl	Direct	Ombouw	€5	€0,1	€5	**11,5 / 9,8%**	1.022	€0,05
Groningen - Roodeschool	Direct	Ombouw	€9	€0,1	€9	**18,0 / 5,3%**	1.057	€0,05
Groningen – Leeuwarden	Direct	Ombouw	€13	€0,1	€13	**13,0 / 8,8%**	2.418	€0,2
Leeuwarden – Harlingen	Direct	Ombouw	€3	€0,1	€3	**10,5 / 10,9%**	698	€0,05
Leeuwarden – Stavoren	Direct	Ombouw	€5	€0,1	€5	**9,5 / 11,4%**	1.161	€0,1
Achterhoek lijnen			**€34**	**€1,2**	**€33**	**14,0 / 7,6%**	**5.428**	**€0,4**
Arnhem – Winterswijk	Direct	Ombouw	€22	€0,3	€22	**15,0 / 6,8%**	3.211	€0,2
Zutphen – Winterswijk	Direct	Ombouw	€4	€0,3	€4	**11,0 / 11,1%**	977	€0,1
Zutphen – Apeldoorn	Direct	Ombouw	€4	€0,3	€4	**17,5 / 5,5%**	506	€0,05
Arnhem – Tiel	Direct	Ombouw	€3	€0,3	€3	**11,0 / 11,0%**	734	€0,05
Overige lijnen								
Almelo – Mariënberg	Einde concessie	Nieuw	€1	€0,2	€1	**6,5 / 18,9%**	364	€0,05
Zutphen – Oldenzaal	Einde concessie	Nieuw	€4	€0,2	€4	**6,0 / 20,6%**	1.589	€0,1
Roermond – Nijmegen	Direct	Ombouw	€17	€0,8	€16	**12,0 / 8,5%**	3.042	€0,2

Figuur 8.3: Uitkomsten ombouw naar LNG op lijnniveau (inclusief opvangen remenergie).

Conclusie: Terugverdientijd en IRR op lijnniveau

- Onderstaande figuur geeft een overzicht van de terugverdientijd en IRR op individueel lijnniveau voor de vergroeningsopties. De IRR is berekend op basis van een periode van 50 jaren startend op het moment van de eerste investering. Terugverdientijd neemt niet de kasstromen na het terugverdienen in ogenschouw. IRR neemt deze kasstromen wel mee. LNG incl. opvangen remenergie laat daardoor in sommige gevallen een kortere terugverdientijd zien, die gepaard gaat met een lagere IRR dan de situatie excl. opvangen remenergie.
- De indicatieve terugverdientijd en IRR van elektrificatie lijkt voor alle lijnen minder gunstig dan voor LNG door de hoge investeringen in infrastructuur. De uitkomsten van de LNG optie zijn op dit moment echter nog met een duidelijk grotere onzekerheid omgeven. Vanuit puur financieel perspectief is ombouw naar LNG excl. opvangen remenergie slechts beperkt rendabeler dan ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie. Dit heeft te maken met de relatief beperkte levensduur van supercaps (vervangingsinvesteringen).

Treindiensten	Elektrificatie: terugverdientijd en IRR	Ombouw naar LNG excl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR	Ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR
Groningen – Veendam / Leer	34,0 jaren; 2,1%	13,0 jaren; 8,4%	12,5 jaren; 8,2%
Groningen – Delfzijl	31,0 jaren; 2,7%	11,5 jaren; 10,1%	11,5 jaren; 9,8%
Groningen – Roodeschool	31,0 jaren; 2,6%	18,0 jaren; 5,3%	18,0 jaren; 5,3%
Groningen – Leeuwarden	27,5 jaren; 3,3%	12,0 jaren; 9,3%	13,0 jaren; 8,8%
Leeuwarden – Harlingen	32,5 jaren; 2,4%	10,5 jaren; 11,3%	10,5 jaren; 10,9%
Leeuwarden – Stavoren	36,0 jaren; 1,8%	10,0 jaren; 11,5%	9,5 jaren; 11,4%
Arnhem – Winterswijk	20,0 jaren; 5,6%	15,0 jaren; 7,2%	15,0 jaren; 6,8%
Zutphen – Winterswijk	36,0 jaren; 1,8%	10,0 jaren; 11,7%	11,0 jaren; 11,1%
Zutphen – Apeldoorn	32,0 jaren; 2,4%	18,0 jaren; 5,6%	17,5 jaren; 5,5%
Arnhem – Tiel	43,5 jaren; 0,8%	10,5 jaren; 11,4%	11,0 jaren; 11,0%
Almelo – Mariënberg	40,5 jaren; 1,2%	7,0 jaren; 18,0%	6,5 jaren; 18,9%
Zutphen – Oldenzaal	30,0 jaren; 2,7%	5,0 jaren; 25,2%	6,0 jaren; 20,6%
Roermond – Nijmegen	28,5 jaren; 3,1%	12,5 jaren; 9,1%	12,0 jaren; 8,5%

Figuur 8.4: Terugverdientijd en IRR voor individuele lijnen op basis van eindbeeld (zie ook pagina 41) en uitgesplitst naar de beoordeelde vergroeningsopties.

Conclusie: Waar elektrificatie?

- Indien besloten zou worden tot elektrificatie zouden de volgende drie trajecten, op basis van de gebruiksintensiteit en de financiële analyse, het eerst in aanmerking dienen te komen voor elektrificatie:
    - **Groningen – Leeuwarden;**
    - **Arnhem – Winterwijk;**
    - **Roermond – Nijmegen (Maaslijn).**
- Indien deze lijnen binnen het domein van de concessie waar zij onderdeel van uit maken worden beoordeeld dan zijn de volgende feiten relevant:
    - Voor Groningen – Leeuwarden en Arnhem – Winterswijk geldt allebei dat zij onderdeel uitmaken van een (separaat) cluster van diesel-lijnen. Elektrificatie van deze twee lijnen biedt geen additionele operationele flexibiliteit aan een concessiehouder;
    - Roermond – Nijmegen is de enige 'diesellijn' binnen een concessie met meerdere 'geëlektrificeerde lijnen'. Dit maakt dat elektrificatie van deze lijn additionele exploitatie-voordelen biedt aan de concessiehouder vanwege de toenemende flexibiliteit in het materieelpark. Vanuit kwalitatief oogpunt lijkt elektrificatie van deze lijn een voordeel te hebben boven Groningen – Leeuwarden en Arnhem – Winterswijk.

Conclusie: Waar LNG?

- Ombouw naar LNG lijkt meer geschikt indien dit voor een cluster van (meerdere) lijnen plaatsvindt. Dit wordt ingegeven doordat er een bepaalde schaalgrootte nodig is qua materieelinzet (aanschaf en onderhoud) en om de investeringen in tankinstallaties te kunnen dragen.
    - Binnen spoorexploitatie zijn schaalvoordelen ten aanzien van materieelaanschaf cruciaal. Dit element weegt echter nog zwaarder indien er nog ontwikkelings- en (eenmalige) toelatingskosten gemaakt dienen te worden voor het materieel, zoals bij LNG het geval is;
    - Voor individuele lijnen geldt dat de investering in een tankinstallatie relatief zwaar op de te behalen exploitatie-voordelen drukt, terwijl het bij een cluster van lijnen mogelijk is om met minder tankinstallaties te volstaan (idem aan huidige situatie diesel-tankinstallaties);
- Dit maakt dat implementatie van LNG treinen een mogelijkheid lijkt voor de volgende clusters van lijnen:
    - **Concessie Noordelijke lijnen (6 lijnen);**
    - **Concessie Achterhoek-Rivierenland (4 lijnen)** + eventueel op een later moment (einde huidige concessie) **Zutphen – Oldenzaal + Almelo – Mariënberg** (vanwege de ligging nabij de 4 lijnen van de Achterhoek-Rivierenland concessie).
- In appendix A.4 worden gevoeligheidsanalyses voor genoemde lijnen en clusters getoond.

Gevolg verdeling investeringen en exploitatievoordeel

- De berekende terugverdientijd en IRR gelden voor de business case als geheel, zonder onderscheid te maken tussen overheid (concessieverlener) en exploitant. Er wordt een bepaalde investering gedaan, en die verdient zich in een bepaalde tijd terug doordat er jaarlijks een exploitatievoordeel behaald wordt. Deze aanpak maakt een objectieve vergelijking tussen elektrisch/LNG en diesel mogelijk vanuit totaalperspectief, zonder daarbij specifiek te kijken naar de belangen van vervoerder of overheid.

- Als de overheid (of een andere partij) bereid is (een deel van) de investeringen voor haar rekening te nemen, dan is het aannemelijk dat zij in ruil daarvoor een stukje van het totale exploitatievoordeel, dat naar verwachting in beginsel geheel neerslaat bij de exploitant, naar zich toe wil trekken. Dat kan de overheid doen op basis van een bepaalde aflossings- en rentecomponent of middels een verhoogde concessievergoeding waarin het door de overheid gewenste rendement als het ware verdisconteerd is.

- De oorspronkelijke aanname, uitgaan van het spoorsysteem als geheel, wordt dan losgelaten. Investeringen en exploitatievoordeel worden hierdoor toegerekend aan overheid enerzijds en exploitant anderzijds: de overheid ontvangt rente en aflossing of een hogere concessievergoeding, wat overblijft is voor de exploitant.

- Voor beide partijen is vervolgens een ‘eigen’ terugverdientijd te bepalen. Voor de exploitant kan de terugverdientijd worden bepaald aan de hand van de resterende investering (materieel) en het exploitatievoordeel minus aflossing en rente voor de overheid.

Financiering deel overheid

- In dit onderzoek wordt de overheid gezien als één geheel, zonder onderscheid te maken tussen het Rijk en decentrale overheden. Een eventuele verdeling van investeringen en exploitatievoordelen tussen het Rijk en decentrale overheden is een onderwerp voor verdiepend onderzoek.

- Of en hoe de overheid haar inbreng wil financieren, en hoe zij haar eventuele rendementseis door laat werken in haar eventuele investering is onderwerp voor nader onderzoek.

Financiering deel exploitant

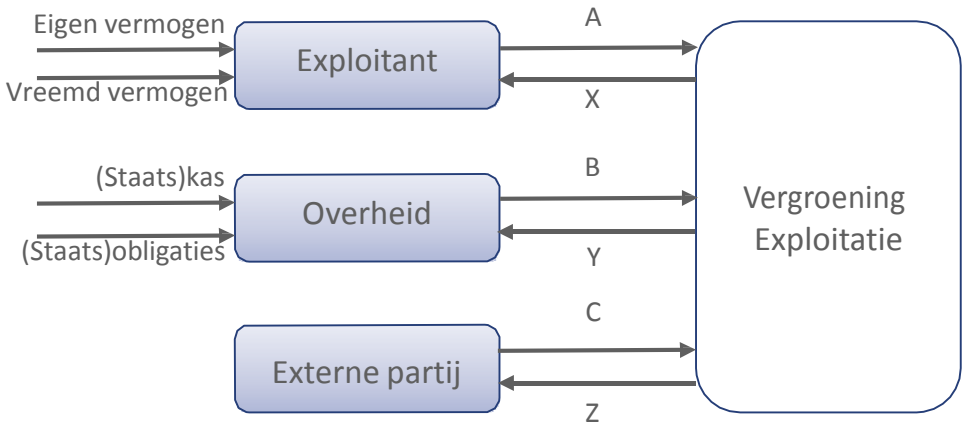
- De exploitant heeft eveneens de keuze om investeringen in materieel te financieren middels (i) eigen vermogen, (ii) vreemd vermogen of (iii) een combinatie van beide. Dit is een mogelijk onderwerp voor verdiepend onderzoek.

- Zie figuur 9.1 op de volgende pagina voor een schematische weergave van bovenstaande.

Illustratieve scenario's verdeling exploitatievoordeel

- Onderstaande figuur toont een schematisch overzicht van de verdeling van de investeringen, de mogelijke wijze waarop partijen hun investering financieren en de manier waarop partijen een deel van het exploitatievoordeel ontvangen.

- Ter illustratie wordt het effect van drie verschillende mogelijkheden voor de inbreng van de benodigde investeringen, waarbij er in beginsel van uit wordt gegaan dat de overheid de investeringen in infrastructuur voor haar rekening neemt:



- Scenario 1: De overheid investeert risicodragend en ontvangt haar deel van het exploitatievoordeel per jaar pro rata parte;

- Scenario 2: De overheid investeert in de vorm van een subsidie, dus zonder rente en aflossing. De exploitant ontvangt het volledige exploitatievoordeel;

- Scenario 3: De overheid investeert in ruil voor een rentecompensatie (bijvoorbeeld tegen rente (2,57% o.b.v. 30-jaars NL staatsobligatie) per jaar (in dit voorbeeld zonder aflossing).

A = Investering exploitant in bv. materieel
B = Investering overheid in bv. Infrastructuur
C = Investering externe partij
A+B+C = Totale investering in vergroening

X = Ontvangst rente, aflossing, winst (dividend)
Y = Ontvangst concessievergoeding, rente, aflossing
Z = Ontvangst rente, aflossing, winst (dividend)
X+Y+Z = Totale exploitatievoordeel

Individuele terugverdientijd / IRR afhankelijk van A/X, B/Y en C/Z.

Figuur 9.1: Schematische weergave financieringsmogelijkheden.

Elektrificatie

- Voor een illustratieve verdeling van het exploitatievoordeel en de investeringen tussen de overheid en exploitant worden drie mogelijke scenario's, zie voorgaande pagina, berekend voor drie mogelijk te elektrificeren lijnen (Arnhem – Winterswijk, Groningen – Leeuwarden en Roermond – Nijmegen).
- Naarmate de overheid genoegen neemt met een lagere vergoeding (bv. lagere rente), komt een groter deel van het exploitatievoordeel toe aan de exploitant. Zo kan de overheid voor de exploitant een acceptabele terugverdientijd en marktconforme IRR laten ontstaan, en een maatschappelijk wenselijk project stimuleren.

Verdeling financieel effect per scenario	Scenario 1			Scenario 2			Scenario 3		
	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR
Arnhem - Winterswijk									
Geheel	€50	€22	20,0 / 5,6%	€50	€22	20,0 / 5,6%	€50	€22	20,0 / 5,6%
Overheid	€50	€0	20,0 / 5,6%	€50	€0	N/A	€50	€0	39,0 / 1,1%
Exploitant	€0	€22	20,0 / 5,6%	€0	€22	7,0 / 17,7%	€0	€22	11,5 / 11,4%
Groningen - Leeuwarden									
Geheel	€71	€13	27,5 / 3,3%	€71	€13	27,5 / 3,3%	€71	€13	27,5 / 3,3%
Overheid	€71	€0	27,5 / 3,3%	€71	€0	N/A	€71	€0	39,0 / 1,1%
Exploitant	€0	€13	27,5 / 3,3%	€0	€13	5,5 / 22,5%	€0	€13	17,0 / 8,3%
Roermond - Nijmegen									
Geheel	€92	€16	28,5 / 3,1%	€92	€16	28,5 / 3,1%	€92	€16	28,5 / 3,1%
Overheid	€92	€0	28,5 / 3,1%	€92	€0	N/A	€92	€0	39,0 / 1,1%
Exploitant	€0	€16	28,5 / 3,1%	€0	€16	5,5 / 17,7%	€0	€16	18,0 / 8,0%

Figuur 9.2: Illustratieve verdeling financieel effect in geval van elektrificatie.

LNG

- Voor een illustratieve verdeling van het exploitatievoordeel en de investeringen tussen de overheid en exploitant worden drie mogelijke scenario's, zie pagina 52, doorgerekend voor de twee meest voor de hand liggende clusters voor implementatie van LNG.
- Naarmate de overheid genoegen neemt met een lagere vergoeding (bv. lagere rente), komt een groter deel van het exploitatievoordeel toe aan de exploitant. Zo kan de overheid voor de exploitant een acceptabele terugverdientijd en marktconforme IRR laten ontstaan, en een maatschappelijk wenselijk project stimuleren.

Verdeling financieel effect per scenario	Scenario 1			Scenario 2			Scenario 3		
	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terugverdien-tijd (in jaren)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR
Noordelijke lijnen									
Geheel	€0,8	€42	12,5 / 8,8%	€0,8	€42	12,5 / 8,8%	€0,8	€42	12,5 / 8,8%
Overheid	€0,8	€0	12,5 / 8,8%	€0,8	€0	N/A	€0,8	€0	39,0 / 1,1%
Exploitant	€0	€42	12,5 / 8,8%	€0,0	€42	12,5 / 8,9%	€0,0	€42	12,5 / 8,9%
Achterhoek lijnen (1)									
Geheel	€1,2	€28	14,0 / 8,0%	€1,2	€28	14,0 / 8,0%	€1,2	€28	14,0 / 8,0%
Overheid	€1,2	€0	14,0 / 8,0%	€1,2	€0	N/A	€1,2	€0	39,0 / 1,1%
Exploitant	€0	€28	14,0 / 8,0%	€0,0	€28	13,5 / 8,4%	€0,0	€28	13,5 / 8,3%

Figuur 9.3: Illustratieve verdeling financieel effect in geval van ombouw naar LNG.

(1) Basis voor de verdeling van het financieel effect wordt gevormd door de vier lijnen uit de Achterhoek-Rivierenland concessie. Op pagina 50 staat beschreven dat dit cluster eventueel kan worden aangevuld met de lijnen Zutphen – Oldenzaal en Almelo - Mariënberg. In bovenstaande cijfers wordt echter enkel uitgegaan van de vier Achterhoek-Rivierenland lijnen.

Conclusie

- De terugverdientijden van de overheid en de exploitant zijn communicerende vaten. Een hoger rentepercentage en/of aflossingsschema resulteert in een kortere terugverdientijd voor de overheid en een langere terugverdientijd voor de exploitant en vice versa. Uit figuur 9.2 en 9.3 blijkt dat naarmate de overheid genoegen neemt met een lagere vergoeding (bv. lagere rente), een groter deel van het exploitatievoordeel toekomt aan de exploitant.

- Als de overheid vergroening voor exploitanten financieel aantrekkelijk wil maken, dan is het aannemelijk dat haar bijdrage qua investeringen en onttrekking van het exploitatievoordeel zodanig moet zijn, dat voor de exploitant een acceptabele terugverdientijd en marktconforme IRR ontstaat (bijvoorbeeld 6%).

- Bij elektrificatie zou scenario 1, waarbij investeringen en exploitatievoordeel pro rata parte verdeeld worden, te weinig rendement opleveren voor de exploitant. Scenario 3 en met name scenario 2 genereren meer dan het geëiste rendement voor de exploitant, omdat de overheid geen aflossing respectievelijk geen rente en aflossing vraagt.

- Bij LNG genereren de drie scenario's voldoende rendement voor de exploitant, uitgaande van het eindbeeld in de business case.

- Bij LNG speelt echter ook mee dat de overheid waarschijnlijk financiële middelen ter beschikking zal moeten stellen om de ontwikkeling van de LNG trein te faciliteren, waarmee alle risico's worden weggenomen die voorafgaan aan het ontstaan van het in dit onderzoek geschetste eindbeeld, waarbinnen de exploitant uiteindelijk genoegen neemt met een marktconform verwacht rendement (6% in dit voorbeeld).

- De balans ligt per regionale lijn anders. In de business case geldt als uitgangspunt dat er bij het bepalen van het 'optimale moment van implementatie' van uitgegaan is dat het exploitatievoordeel in eerste instantie wordt aangewend om de investeringen in materieel te dekken. Uitgaande van een situatie waarbij de overheid meer van het exploitatievoordeel naar zich toe trekt (zoals in scenario 3), zou dat voor sommige lijnen kunnen betekenen dat het 'optimale moment van implementatie' naar achteren verschuift omdat de exploitant de investeringen in ombouw van materieel niet meer binnen de resterende levensduur van dat materieel terugverdiend kunnen worden.

- De geschetste scenario's zijn illustratief. Andere scenario's met een hoger rentepercentage in combinatie met of zonder aflossings-schema zijn ook mogelijk. Dit is een mogelijk onderwerp voor verdiepend onderzoek.

Doelstelling onderzoek en onderzoeksvragen

- IenM heeft First Dutch verzocht om, ten behoeve van de decentrale overheden en de regionale vervoerders, de belangrijkste financiële consequenties van de onderstaande vergroeningsmogelijkheden voor een aantal regionale diesellijnen in kaart te brengen:

    1. Volledige elektrificatie van de diesellijnen;
    2. Inzetten van LNG treinen in plaats van dieseltreinen, al dan niet in combinatie met regeneratie van remenergie;
    3. Inzetten van bio-LNG treinen in plaats van dieseltreinen, al dan niet in combinatie met regeneratie van remenergie.

- Doel van het onderzoek is om de financiële consequenties van vergroeningsmogelijkheden ten opzichte van de referentiesituatie (diesel) op hoofdlijnen inzichtelijk te maken en om deze gevolgen voor individuele lijnen met elkaar te kunnen vergelijken. De uitkomsten bieden een basis en een afwegingskader voor verdiepend onderzoek naar implementatie van elektrificatie of (bio-)LNG.

- De volgende onderzoeksvragen zijn behandeld:

1. *Terugverdientijd en Interne rendementsvoet (IRR*) op totaalniveau:* Wat is bij benadering het totale potentiële financieel effect als alle regionale diesellijnen binnen de scope worden geëlektrificeerd dan wel met (bio-)LNG treinen worden bediend?

2. *Terugverdientijd en IRR per individuele lijn:* Wat is bij benadering het potentiële financieel effect (terugverdientijd, IRR) van elektrificatie dan wel bediening met (bio-)LNG treinen voor elk van de individuele regionale diesellijnen binnen de scope en hoe verhouden de individuele lijnen zich ten opzichte van elkaar?

3. *Verdeling financieel effect en gevolgen voor terugverdientijd:* Welke basisscenario's zijn denkbaar voor de verdeling van het potentiële financieel effect van vergroening van een individuele lijn tussen concessieverlener en exploitant?

** De IRR is een objectieve maatstaf voor het vergelijken van alternatieven in financieel opzicht.*

Invalshoek financiële consequenties

- Om een zo objectief mogelijke vergelijking te krijgen tussen de vergroeningsmogelijkheid en de referentiesituatie (diesel), zonder daarbij het (financieel) belang van exploitant dan wel concessie-verlener te laten prevaleren, gelden de financiële consequenties *voor concessieverlener en exploitant gezamenlijk* als uitgangspunt.

- Dit betekent dat infrastructuur, materieel en exploitatie van concessieverlener en exploitant gezamenlijk in aanmerking worden genomen. Hierbij is een verdeling van investeringen en financiële effecten naar concessieverleners en vervoerders (nog) niet aan de orde.

- De energieleverancier en achterliggende brandstofketen zijn buiten beschouwing. De energieprijs per eenheid 'aan de pomp/draad' is de relevante factor, waarbij wordt aangenomen dat eventueel benodigde investeringen die voor rekening komen van de energieleverancier in deze prijs verdisconteerd zijn.

Financiële gevolgen onderdeel van meerdere afwegingen

- De financiële gevolgen van de vergroeningsmogelijkheden vormen altijd een onderdeel van een groter geheel van afwegingen, waaronder politieke en maatschappelijke wenselijkheid, die aan besluitvorming ten grondslag zullen liggen.

- De uiteindelijke beslissing over implementatie van een bepaalde vergroeningsoptie en de verdeling van investeringen, kosten en opbrengsten tussen concessieverlener en exploitant op het niveau van een individuele lijn (of cluster) dient tot stand te komen op basis van verdiepend onderzoek (zoals bijvoorbeeld een KBA of LCC analyse) en onderhandeling tussen betrokken partijen.

Scope

- In overleg met stakeholders (opdrachtgever, decentrale overheden en regionale vervoerders) is de scope en doelstelling van het onderzoek vastgesteld.

- De vergroeningsmogelijkheden die op dit moment het meest realistisch worden geacht zijn nader onderzocht. Hoofdstuk 2 geeft een nadere beschrijving van deze drie vergroeningsopties. Het gaat om:
  1. Elektrificatie (bovenleiding);
  2. LNG met / zonder regeneratie van remenergie;
  3. Bio-LNG met / zonder regeneratie van remenergie.

- Onderhavig onderzoek is gericht op 13 regionale spoorlijnen in Nederland, waarop momenteel diesel-elektrisch materieel wordt ingezet (zie figuur op pagina 66 voor een overzicht van de spoorlijnen). Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:
  - Alleen personenvervoer;
  - Bedieningspatroon, baanvakcapaciteit en materieeltype (voor zover mogelijk) op basis van de huidige situatie;
  - Elektrificatie op basis van 1.500 volt;
  - Energieprijs 'aan de pomp/draad';
  - Het CO_2 effect wordt weergegeven op basis van 'tank-to-wheel' emissie (diesel, LNG). Voor elektriciteit is dit inclusief CO_2 effect van opwekking ('grijze' stroom). Zie pagina 39.

Uitbreiding scope in addendum

- In aanvulling op de 13 regionale spoorlijnen in scope bedient NS twee regionale diesellijnen (Zwolle – Kampen en Zwolle – Enschede). Deze diesellijnen zijn in eerste instantie niet meegenomen in onderhavig onderzoek en zijn in een later stadium alsnog in kaart gebracht middels een addendum op dit rapport.

- **Het addendum biedt een integrale conclusie van het vergroenings-onderzoek**, bestaande uit (i) de conclusie van onderhavig 'basisrapport' en (ii) aanvullingen/wijzigingen vanwege de toevoeging van de spoorlijnen Zwolle – Kampen en Zwolle – Enschede.

Belangrijkste geraadpleegde bronnen

- Er is intensief contact geweest met onderstaande bronnen om benodigde informatie te verzamelen. In de kern zijn deze bronnen in te delen in:
  - Regionale vervoerders;
  - Overheden (centraal en decentraal);
  - Specialisten.

- De diverse bronnen hebben onder meer diverse rapporten en overige informatiebronnen ter beschikking gesteld.

Beschikbare informatie bio-LNG (nog te) beperkt

- Toepassing van bio-LNG blijkt feitelijk geen parallelle casus, maar een optioneel eindbeeld binnen de vergroeningsmogelijkheid LNG. Bio-LNG biedt extra voordelen ten opzichte van LNG maar is nog relatief onzeker. Bio-LNG wordt namelijk nog niet op grote schaal geproduceerd, de technologie om lokaal LNG te kunnen produceren is nog in ontwikkeling.

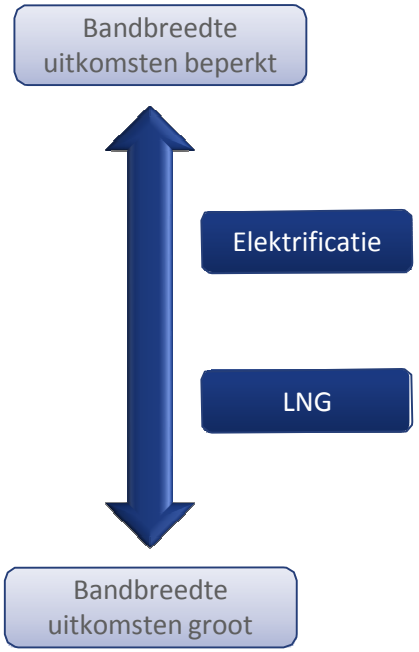
- Dit maakt dat de beschikbare gegevens over bio-LNG op dit moment beperkt zijn en gepaard gaan met de nodige onzekerheden. Hoewel de toepassing van bio-LNG in het spoorvervoer zeker op de lange termijn vele maatschappelijke voordelen lijkt te hebben ten opzichte van de huidige situatie, is het niet mogelijk gebleken om bio-LNG als losstaande optie kwantitatief (met een voldoende bandbreedte in de uitkomsten) uit te werken.

Bandbreedte uitkomsten verschilt per vergroeningsoptie

- De vergroeningsopties elektrificatie en LNG zijn kwantitatief uitgewerkt. De bijbehorende uitkomsten verschillen echter in bandbreedte. Dit komt voort uit een verschil in de mate van zekerheid van de cruciale assumpties.

- In geval van elektrificatie is er sprake van een relatief beperkte bandbreedte van uitkomsten.

- Onder ombouw naar LNG is er echter sprake van een grotere bandbreedte van de mogelijke uitkomsten, hetgeen wordt veroorzaakt door een hogere mate van onzekerheid ten aanzien van het investerings-niveau.



Figuur 10.1: Inzicht in verschil in bandbreedte tussen vergroeningsopties elektrificatie en LNG.

Invloed van lijn specifieke kenmerken

- Per individuele spoorlijn zijn er een aantal kenmerken die van invloed zijn op de verwachte uitkomsten van de business case in absolute zin, als wel op de uitkomsten ten opzichte van de andere lijnen. De volgende elementen kunnen beïnvloed worden door specifieke kenmerken van een bepaalde lijn:
    - Het meest geschikte moment van implementatie van een vergroeningsoptie;
    - Het meest geschikte type vergroeningsoptie per lijn ('welke optie past beter voor één of meerdere lijnen en waarom');
    - De onderlinge rangorde van de individuele lijnen ('welke lijn komt het eerste in aanmerking voor een specifieke vergroeningsoptie en waarom');
    - De terugverdientijd (en IRR) van de vergroeningsopties per specifieke lijnen onder consideratie.
- Middels gesprekken met regionale vervoerders zijn de diverse kenmerken in kaart gebracht en waar mogelijk en waar relevant zijn geïdentificeerde lijnspecifieke kenmerken meegenomen in de business cases.

Relevante lijn specifieke kenmerken

- De volgende clusters van lijn specifieke kenmerken zijn in kaart gebracht:
    - Ligging van een spoorlijn: De ligging ten opzichte van andere lijnen / aansluiting op een cluster van lijnen biedt mogelijkheden voor grotere schaalvoordelen van materieel (investeringen, onderhoud, reserve-opslag);
    - Traject informatie: Specificaties van de trajecten zijn met name van belang voor de investeringsomvang. Daarnaast verschaft het een beter beeld van de verschillende soorten trajecten;
    - Gebruiksintensiteit: Deze kenmerken geven aan in welke mate een traject druk dan wel minder druk wordt bereden. Hierbij geldt dat bij een drukker bereden lijn de exploitatievoordelen relatief groter zijn en de investering zich relatief sneller terugverdiend;
    - Materieelinzet: Dit element maakt het mogelijk om uiteindelijk vast te kunnen stellen (i) of ombouw van materieel überhaupt een mogelijkheid is en (ii) te bepalen in hoeverre deze optie realistisch is gegeven de resterende economische levensduur van het materieel. Ook biedt het benodigd inzicht in het de hoeveelheidscomponent van de materieelinvesteringen;
    - Kenmerken concessie: Door de kenmerken van de concessie te combineren met de kenmerken van materieelinzet kan het investeringsmoment (voor de verschillende vergroenings-opties) worden geoptimaliseerd.

Business cases: delta investeringen en exploitatiekosten

- Kernpunt bij iedere vergroeningsoptie is dat er ten opzichte van de referentiesituatie bepaalde extra investeringen noodzakelijk zijn om een andere aandrijving mogelijk te maken. Vervolgens geldt dat er een verschil in exploitatiekosten en vervangingsinvesteringen op kunnen treden ten opzichte van de huidige situatie (diesel-elektrische aandrijving). Onderstaande figuur toont de financiële elementen die zijn meegenomen in de business cases van de vergroeningsopties.

  Hierbij is op hoofdlijnen aangegeven of een element in financieel opzicht een voordeel, een nadeel of (nagenoeg) geen verschil oplevert ten opzichte van de referentie.

- De verwachte CO_2 reductie heeft geen invloed op terugverdientijd of IRR. Dit effect is echter wel separaat gekwantificeerd aangezien het een relevant aspect is voor besluitvorming rondom vergroening van het spoor.

Meest relevante elementen	Diesel ('referentie')	Elektrificatie	LNG (1)	Bio-LNG (1)
Investeringen				
Investeringen infrastructuur	0	–	0	0
Investeringen tankinstallaties	0	0	–	–
Investeringen materieel	0	–	–	–
Exploitatiekosten				
Energiekosten	0	+	+	+
Onderhoudskosten	0	+	0	0
Handelingskosten (2)	0	+	0	0
Gebruiksvergoeding	0	–	0	0

Figuur 10.2: Samenvattend beeld vergroeningsopties ten opzichte van dieselexploitatie ('status quo'). Hierbij wordt met '–' een nadeel t.o.v. de status quo bedoeld en '+' een voordeel t.o.v. dieselexploitatie. '0' geeft aan dat er geen wezenlijke wijziging wordt verwacht. (1) Inclusief opvangen van remenergie. (2) Handelingskosten hebben betrekking op tankwerkzaamheden.

Uitkomsten op totaal niveau i.g.v. directe implementatie

- Onderstaande figuur toont de financiële uitkomsten van elektrificatie en ombouw naar LNG (excl. en incl. opvangen remenergie) voor de situatie dat **op alle lijnen** binnen de scope **gelijktijdig en per direct** de vergroeningsmogelijkheid wordt geïmplementeerd. Hierbij is geen rekening gehouden met optimalisatie van het moment van implementatie (zie 'optimalisatie investeringsmoment per lijn' hierna).

- De analyse op totaal niveau gaat uit van ombouw van de huidige 98 treinstellen Stadler GTW DMU (dieselmaterieel) naar GTW EMU (elektrisch) / GTW LNG. De huidige 11 treinstellen LINT materieel worden vervangen door 11 nieuwe treinstellen Stadler GTW EMU / GTW LNG (conform uitgangspunt materieel op pagina 10).

- **Elektrificatie lijkt minder gunstig dan** voor **LNG**, hetgeen met name wordt veroorzaakt door de hoge **investeringen in infrastructuur**. Dit effect is met name terug te zien in de **langere terugverdientijd** van elektrificatie. De **IRR** neemt kasstromen na de terugverdientijd mee en toont een **kleiner verschil**, zeker bij langere meetperiodes.

- Let wel; de uitkomsten zijn gebaseerd op aannames betreffende een **eindbeeld** (de terugverdientijd neemt de eenmalige ontwikkelingskosten niet mee, zie pagina 14 en 19). Bij de **LNG optie** is het nog onzeker of dit eindbeeld bereikt kan worden wegens de onzekere **factoren technologie, homologatie, prijs materieel, prijs LNG en infrastructuur LNG**. Deze onzekerheden zijn niet verdisconteerd in de uitkomsten van de LNG optie en leiden tot een grotere bandbreedte van mogelijke uitkomsten in vergelijking met de uitkomsten van elektrificatie.

Overzicht op hoofdlijn niveau: 13 lijnen binnen scope	Investering totaal (in mln. €)	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Elektrificatie	€761	€618	N.v.t.	€143	31,0 / 2,6%	27.500	€1,9
Ombouw LNG (1)	€137	N.v.t.	€3,2	€134	17,5 / 5,9%	17.430	€1,2
Ombouw LNG (2)	€153	N.v.t.	€3,2	€150	17,5 / 5,8%	19.150	€1,3

Figuur 10.3: Overzicht uitkomsten op totaalniveau. Uitgangspunt is dat alle 13 lijnen onder consideratie worden geëlektrificeerd dan wel omgezet in LNG-exploitatie. Het element CO_2 reductie maakt geen onderdeel uit van de terugverdientijd, maar is een relevant aspect in de besluitvorming. Hierbij is het prijsverschil tussen diesel en, respectievelijk, elektriciteit en LNG in de jaren constant verondersteld. (1) Ombouw exclusief opvangen remenergie. (2) Ombouw inclusief opvangen remenergie.

Toelichting uitkomsten op totaalniveau onder elektrificatie

- Indien alle diesellijnen binnen de scope van het onderzoek per direct **geëlektrificeerd** zouden worden, vergt dat ten opzichte van de referentiecasus een **investering** van ongeveer **€761 mln**. waarvan €618 mln. in infrastructuur (voor 565 km te elektrificeren spoor) en €143 mln. in materieel (ombouw waar mogelijk).

- De **terugverdientijd** van de investering bedraagt **31,0 jaren** en de **IRR bedraagt 2,6%**. Dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten** (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Hierbij is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld.

- De uitstoot van **CO_2** wordt **met 27.500 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €1,9 mln. per jaar; niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).

- De belangrijkste onzekere elementen zijn meegenomen in een gevoeligheidsanalyse, zie pagina 43. Hierbij is inzichtelijk gemaakt welk effect een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd heeft. Dit betreft de volgende factoren:
  - Investeringen infrastructuur (bedrag per spoorkm);
  - Investeringen materieel;
  - Verschil in energiekosten per stelkm voor elektra t.o.v. diesel;
  - Additionele beheer- en instandhoudingskosten ProRail;
  - Ombouwperiode.

Toelichting uitkomsten op totaalniveau onder LNG ombouw

- Bij ombouw van alle diesellijnen binnen de scope van het onderzoek **voor gebruik van LNG**, vergt dat ten opzichte van de referentiecasus een **investering** van bij benadering **€137 mln**. waarvan €134 mln. in materieel en €3 mln. in tankinstallaties. Indien wordt gekozen om de treinstellen uit te rusten met supercaps voor het **opvangen van remenergie** vergt dit nog een **additionele investering** van ongeveer **€16 mln.** in materieel.

- De **terugverdientijd** van de investering bedraagt **17,5 jaren excl. opvangen remenergie** (dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten,** bijvoorbeeld voor vervangend vervoer). De **IRR bedraagt 5,9%**. Indien **LNG wordt omgebouwd incl.** het **opvangen van remenergie** dan bedraagt de **terugverdientijd** van de totale investering **17,5 jaren** (dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten).** De **IRR** bedraagt **5,8%**.

- De uitstoot van **CO_2** wordt achtereenvolgens **met 17.430 ton en / of 19.150 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €1,2 mln. per jaar en €1,3 mln. per jaar, respectievelijk; niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).

Toelichting uitkomsten op totaalniveau onder LNG ombouw

- De belangrijkste onzekere elementen zijn meegenomen in een gevoeligheidsanalyse, zie pagina 44. Hierbij is inzichtelijk gemaakt welk effect een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd heeft. Dit betreft de volgende factoren:
  - (In-)efficiëntie LNG-motor;
  - Investeringen materieel;
  - Investeringen tankinstallaties;
  - Onderhoud;
  - Verschil in energiekosten per stelkm voor LNG t.o.v. diesel;
  - Ombouwperiode.

Uitkomst opvangen remenergie op totaalniveau

- Vanuit puur financieel perspectief is de **LNG optie excl. opvangen remenergie slechts beperkt rendabeler dan de LNG optie incl. opvangen remenergie**. Dit heeft te maken met de relatief **beperkte levensduur** van supercaps (vervangingsinvesteringen). Het beperkte voordeel kan in de praktijk nog lager uitvallen als vervanging niet gelijk met regulier onderhoud kan worden gepland. Desondanks zou besloten kunnen worden tot ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie vanwege de additionele CO_2 reductie.

Optimalisatie investeringsmoment per lijn

- Bij de financiële analyse op lijnniveau is rekening gehouden met optimalisatie van het investeringsmoment voor vergroening, om kapitaalsvernietiging van het huidige materieel te voorkomen. Dit moment is met name afhankelijk van:

  (i) De technische mogelijkheid tot ombouw huidig materieel;
  (ii) De resterende levensduur van het huidige materieel;
  (iii) De looptijd van de concessie;
  (iv) De eigendomssituatie van het materieel (restwaarderisico).

- De ombouw van materieel is vanuit bedrijfseconomisch perspectief te prefereren boven aanschaf van nieuw materieel, omdat hier een lager investeringsbedrag mee is gemoeid, terwijl er een gelijk exploitatievoordeel wordt behaald. Tenzij de resterende levensduur te kort is om de investering in het materieel terug te verdienen.

- Elf van de dertien lijnen onder consideratie maken gebruik van Stadler GTW DMU materieel dat relatief eenvoudig omgebouwd kan worden naar elektrisch of LNG materieel. Voor deze lijnen geldt dat het huidige materieel een substantiële resterende levensduur kent waardoor de ombouwinvesteringen binnen de resterende levensduur van het materieel en concessielooptijd worden terugverdiend, mits het exploitatievoordeel in eerste instantie wordt gebruikt om de investeringen in materieel te dekken. Afhankelijk van de verdeling van investeringen, kosten en opbrengsten tussen concessieverlener en exploitant kan het 'optimale moment van vergroenen' verschuiven. Ook niet-financiële aspecten, zoals wensen van concessieverlener en afspraken met de exploitant, kunnen hierbij een rol spelen. Dit vergt een verdiepende analyse.

- Op de lijn Roermond – Nijmegen wordt nu GTW DMU ingezet met een substantiële resterende levensduur. De business case gaat uit van ombouw, maar het materieel kan aan het einde van de lopende concessie (2016) zonder restwaarderisico terug naar de leasemaatschappij, waardoor inzet van nieuw materieel ook te overwegen is. Omdat de GTW EMU in de basis goedkoper is dan de GWT DMU, verkort dit de terugverdientijd. Zie de gevoeligheidsanalyse op pagina 77.

- Op de lijnen Zutphen – Oldenzaal en Almelo – Mariënberg rijdt LINT-materieel dat niet geschikt is voor ombouw, derhalve is aanschaf van nieuw materieel de enige mogelijkheid. Om kapitaals-vernietiging te voorkomen is elektrificatie aannemelijk op het moment dat LINT-materieel bedrijfseconomisch is afgeschreven. Dit is bij benadering rond het einde van de huidige concessie.

Terugverdientijd en IRR op lijnniveau

- Onderstaande figuur geeft een overzicht van de terugverdientijd en IRR op individueel lijnniveau voor de vergroeningsopties. De IRR is berekend op basis van een periode van 50 jaren startend op het moment van de eerste investering. Terugverdientijd neemt niet de kasstromen na het terugverdienen in ogenschouw. IRR neemt deze kasstromen wel mee. LNG incl. opvangen remenergie laat daardoor in sommige gevallen een kortere terugverdientijd zien die gepaard met een lagere IRR dan de situatie excl. opvangen remenergie.
- De indicatieve terugverdientijd en IRR van elektrificatie lijkt voor alle lijnen minder gunstig dan voor LNG door de hoge investeringen in infrastructuur. De uitkomsten van de LNG optie zijn op dit moment echter nog met een duidelijk grotere onzekerheid omgeven. Vanuit puur financieel perspectief is ombouw naar LNG excl. opvangen remenergie slechts beperkt rendabeler dan ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie. Dit heeft te maken met de relatief beperkte verwachte levensduur van supercaps (vervangingsinvesteringen).

Treindiensten	Elektrificatie: terugverdientijd en IRR	Ombouw naar LNG excl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR	Ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR
Groningen – Veendam / Leer	34,0 jaren; 2,1%	13,0 jaren; 8,4%	12,5 jaren; 8,2%
Groningen – Delfzijl	31,0 jaren; 2,7%	11,5 jaren; 10,1%	11,5 jaren; 9,8%
Groningen – Roodeschool	31,0 jaren; 2,6%	18,0 jaren; 5,3%	18,0 jaren; 5,3%
Groningen – Leeuwarden	27,5 jaren; 3,3%	12,0 jaren; 9,3%	13,0 jaren; 8,8%
Leeuwarden – Harlingen	32,5 jaren; 2,4%	10,5 jaren; 11,3%	10,5 jaren; 10,9%
Leeuwarden – Stavoren	36,0 jaren; 1,8%	10,0 jaren; 11,5%	9,5 jaren; 11,4%
Arnhem – Winterswijk	20,0 jaren; 5,6%	15,0 jaren; 7,2%	15,0 jaren; 6,8%
Zutphen – Winterswijk	36,0 jaren; 1,8%	10,0 jaren; 11,7%	11,0 jaren; 11,1%
Zutphen – Apeldoorn	32,0 jaren; 2,4%	18,0 jaren; 5,6%	17,5 jaren; 5,5%
Arnhem – Tiel	43,5 jaren; 0,8%	10,5 jaren; 11,4%	11,0 jaren; 11,0%
Almelo – Mariënberg	40,5 jaren; 1,2%	7,0 jaren; 18,0%	6,5 jaren; 18,9%
Zutphen – Oldenzaal	30,0 jaren; 2,7%	5,0 jaren; 25,2%	6,0 jaren; 20,6%
Roermond – Nijmegen	28,5 jaren; 3,1%	12,5 jaren; 9,1%	12,0 jaren; 8,5%

Figuur 10.4: Terugverdientijd en IRR voor individuele lijnen op basis van eindbeeld (zie ook pagina 62) en uitgesplitst naar de beoordeelde vergroeningsopties.

Conclusie: Waar elektrificatie?

- Indien besloten zou worden tot elektrificatie zouden de volgende drie trajecten, op basis van de gebruiksintensiteit en de financiële analyse, het eerst in aanmerking dienen te komen voor elektrificatie:
    - **Groningen – Leeuwarden;**
    - **Arnhem – Winterwijk;**
    - **Roermond – Nijmegen (Maaslijn).**
- Indien deze lijnen binnen het domein van de concessie waar zij onderdeel van uit maken worden beoordeeld dan zijn de volgende feiten relevant:
    - Voor Groningen – Leeuwarden en Arnhem – Winterswijk geldt allebei dat zij onderdeel uitmaken van een (separaat) cluster van diesel-lijnen. Elektrificatie van deze twee lijnen biedt geen additionele operationele flexibiliteit aan een concessiehouder;
    - Roermond – Nijmegen is de enige 'diesellijn' binnen een concessie met meerdere 'geëlektrificeerde lijnen'. Dit maakt dat elektrificatie van deze lijn additionele exploitatie-voordelen biedt aan de concessiehouder vanwege de toenemende flexibiliteit in het materieelpark. Vanuit kwalitatief oogpunt lijkt elektrificatie van deze lijn een voordeel te hebben boven Groningen – Leeuwarden en Arnhem – Winterswijk.

Conclusie: Waar LNG?

- Ombouw naar LNG lijkt meer geschikt indien dit voor een cluster van (meerdere) lijnen plaatsvindt. Dit wordt ingegeven doordat er een bepaalde schaalgrootte nodig is qua materieelinzet (aanschaf en onderhoud) en om de investeringen in tankinstallaties te kunnen dragen.
    - Binnen spoorexploitatie zijn schaalvoordelen ten aanzien van materieelaanschaf cruciaal. Dit element weegt echter nog zwaarder indien er nog ontwikkelings- en (eenmalige) toelatingskosten gemaakt dienen te worden voor het materieel, zoals bij LNG het geval is;
    - Voor individuele lijnen geldt dat de investering in een tankinstallatie relatief zwaar op de te behalen exploitatie-voordelen drukt, terwijl het bij een cluster van lijnen mogelijk is om met minder tankinstallaties te volstaan (idem aan huidige situatie diesel-tankinstallaties);
- Dit maakt dat implementatie van LNG treinen een mogelijkheid lijkt voor de volgende clusters van lijnen:
    - **Concessie Noordelijke lijnen (6 lijnen);**
    - **Concessie Achterhoek-Rivierenland (4 lijnen)** + eventueel op een later moment (einde huidige concessie) **Zutphen – Oldenzaal + Almelo – Mariënberg** (vanwege de ligging nabij de 4 lijnen van de Achterhoek-Rivierenland concessie).
- In appendix A.4 worden gevoeligheidsanalyses voor genoemde lijnen en clusters getoond.

Illustratieve verdeling financieel effect

- In de hiervoor weergegeven financiële consequenties wordt het uitgangspunt van *concessieverlener en exploitant gezamenlijk* gehanteerd. Een verdeling van investeringen en financiële effecten naar concessieverleners en vervoerders is hierbij (nog) niet aan de orde. Ter illustratie zijn een drietal mogelijke verdelingsscenario's ten aanzien van het exploitatievoordeel inzichtelijk gemaakt.

- Als de overheid / concessieverlener vergroening voor exploitanten financieel voldoende aantrekkelijk wil maken, dan dient haar bijdrage qua investeringen en onttrekking van het exploitatievoordeel zodanig te zijn, dat de exploitant een acceptabele terugverdientijd en marktconforme IRR verdient (bijvoorbeeld 6%). Bij elektrificatie zou het scenario waarbij investeringen en exploitatievoordeel pro rata parte verdeeld worden te weinig rendement opleveren voor de exploitant.

- De mate waarin de overheid een deel van het exploitatievoordeel naar zich toetrekt kan het 'optimale moment van vergroening' beïnvloeden, bijvoorbeeld als de exploitant zijn investering in materieel niet meer terug kan verdienen binnen de resterende levensduur van het huidige materieel. Gevolg is dat vergroening pas opportuun wordt zodra er nieuw materieel aangeschaft dient te worden. Dit dient per specifieke situatie nader bekeken te worden.

Verdiepend onderzoek

- Onderhavig onderzoek van First Dutch beperkt zich tot het inzichtelijk maken van de financiële consequenties op hoofdlijnen en vormt een basis en afwegingskader voor verdiepend onderzoek. De hierna genoemde aspecten zijn geïdentificeerd als zijnde belangrijk om een beter inzicht te krijgen in de (financiële) effecten vergroening van het (regionale) spoor.

- **Nadere uitwerking business cases op individueel lijnniveau:** De uiteindelijke beslissing over implementatie van een bepaalde vergroeningsoptie en de verdeling van investeringen, kosten en opbrengsten op het niveau van een individuele lijn (of cluster) zal tot stand komen op basis van verdiepend onderzoek en onderhandeling tussen betrokken partijen. Verdiepend onderzoek is in deze noodzakelijk aangezien een aantal belangrijke elementen, zoals het investeringsniveau, nu op een 'vuistregel' is gebaseerd. Dit is ingegeven doordat er in geval van elektrificatie geen specifieke investeringsbedragen voor de individuele baanvakken bekend zijn. Dit terwijl de werkelijke investering afhankelijk is van een twintigtal factoren, hetgeen er volgens ProRail toe kan leiden dat de daadwerkelijke investering per spoorkm ca. 40% hoger of lager uit kan vallen. Daarnaast dient in een verdiepende fase ook de specifieke situatie per lijn onderzocht te worden ('meersporigheid' bij stations, passeerstukken en rangeerterreinen) evenals de specifieke situatie t.a.v. het materieeltype en de materieelinzet.

Verdiepend onderzoek (vervolg)

- **Pilot (bio-)LNG treinstellen:** Voor de toepassing van LNG in treinstellen geldt dat, hoewel de technologie in beginsel beschikbaar is, er nog stappen gezet moeten worden om deze in de juiste treinen toe te passen. De exacte specificaties zijn ook nog niet bekend. Om de onzekerheden ten aanzien van de toepassing van (bio-)LNG op het spoor weg te nemen verdient het aanbeveling om een proefproject (pilot) uit te voeren. Een pilot kan de technische haalbaarheid van toepassing op het spoor bewijzen en genereert de ervaringscijfers en andere gegevens die nodig zijn om de LNG business case met een grotere mate van zekerheid vast te kunnen stellen.

- **Elektrificatie op basis van 3.000 volt:** In onderhavige analyse wordt uitgegaan van elektrificatie op basis van 1.500 volt. Deze insteek komt voort uit de aanwezigheid van ervaringscijfers voor deze wijze van elektrificeren. Elektrificatie op basis van een 3.000 volt systeem kent echter een aantal additionele voordelen waardoor het mogelijk lijkt dat de terugverdientijd en IRR in een dergelijke situatie gunstiger uitpakken. Het verdient daarom aanbeveling om de gevolgen voor de business case van de implementatie van 3.000 volt nader te onderzoeken. In dit kader vindt er momenteel een onderzoek plaats uit hoofde van de Lange Termijn Spooragenda naar de toepassing van andere systemen op het HRN. De uitkomsten van dit onderzoek worden later dit jaar verwacht. Op

10. Conclusies en aanbevelingen

basis van deze uitkomsten naar elektrificatie op basis van 3.000 volt zou aanvullend onderzoek kunnen plaatsvinden.

- **Onderzoek integrale business case lokale bio-LNG productie ten behoeve van een regionaal spoorsysteem:** Om te bepalen of en in hoeverre het financieel haalbaar is om lokale bio-LNG productie op te zetten om een regionaal spoorsysteem te voorzien van bio-LNG, is nader onderzoek naar de technische mogelijkheden en financiële parameters vereist. De voordelen van een dergelijk lokaal 'ecosysteem' kunnen in kaart gebracht worden door een business case voor brandstofproducent, concessieverlener en exploitant gezamenlijk op te stellen. Een dergelijke business case met inbegrip van investeringen, opbrengsten en kosten gerelateerd aan de energieketen zou voor de 'BV Nederland' tot aanvullende inzichten kunnen leiden, zeker waar het gaat om bio-LNG ten opzichte van LNG. Het lijkt daarom zinvol om de optie 'bio-LNG' middels een aanvullend onderzoek uit te werken met inbegrip van de energieketen. In dit opzicht is het aan te bevelen dat partijen die mogelijkheden zien om lokaal bio-LNG te produceren, waaronder waterschappen, een prijsindicatie voor bio-LNG afgeven, opdat de aantrekkelijkheid van lokaal geproduceerd bio-LNG inzichtelijk wordt gemaakt.

Appendix

Bestaande onderzoeken

- Andersson Elffers Felix, *Gevoeligheidsanalyse afschaffen accijnsvoordeel 'rode diesel'*, 26 juni 2013.
- Beter en meer, *Werkdocument: Concept operationele uitwerking van de Lange Termijn Spooragenda*, 20 december 2013.
- Breeuwer, J., *Deploying liquid biotmethane in the Dutch transport sector*, 2012.
- CE Delft, *Achtergrondgegevens Stroometikettering 2012*, maart 2013.
- Duinn, *CO_2-presentatie Arriva Achterhoek-Rivierenland 2011*, 30 juli 2013.
- Duinn, *CO_2-presentatie Arriva Achterhoek-Rivierenland 2013*, 4 december 2013.
- Duinn, *CO_2-presentatie Synthus Concessiegebied Veluwe 2012*, 9 december 2013.
- Duinn, *Onderweg naar een hybride-biogastrein?* 9 december 2010.
- Duinn, *Verschillenanalyse Biogas versus Diesel (uitgebreid)*, 8 september 2010.
- Groengasnl, *Een nieuwe horizon, productie van bio-LNG, kansen in een opkomende LNG-markt*, december 2013.
- Lloyd's Register Transportation, Verkenning elektrificatie Zwolle – Enschede, 27 juni 2012.
- LNG24, *Prijshistorie LNG & diesel*, maart 2014.

A.1 Bronvermelding

- Maatman Advise, *2013 Onderzoek LNG/(bio)LNG als strategisch alternatief voor de niet-geëlektrificeerde spoorlijnen in de provincie Gelderland*, november 2013.
- Movares, *Aanvullingen Quickscan Duurzame Trein*, 18 november 2013.
- Movares, *Quick-scan duurzaamheid in het OV: Trein*, 13 december 2013.
- Partij onbekend, *Uitwerking 1ste fase ambitie Maaslijn externe voorgangsrapportage*, december 2013.
- ProRail, *Energie – zorg voor minder CO_2*, 14 september 2009.
- ProRail, *MKBA studie inzake 3 kV versus 1,5 kV, datum onbekend*.
- Provincie Limburg, *Business analyse Maaslijn in concessie 2016 – 2031*, 27 januari 2014.
- Provincie Limburg, *Plan van Aanpak: Business Case Ambitie Maaslijn*, 30 oktober 2013.
- PricewaterhouseCoopers, *The economic impact of smale scale LNG, mei 2013.*
- Stadler, *Energy saving options GTW DMU*, 26 augustus 2013.
- Stadler, *Presentation natural gas engine*, 13 juni 2013.
- Strukton Rolling Stock B.V., *Studie bovenleidingloos rijden*, 9 juli 2013.

Bestaande onderzoeken (vervolg)

- TNO, *Current state and emission performance of CNG/LNG heavy-duty vehicles*, 31 januari 2013.
- TNO, *Natural gas in transport, an assessment of different routes*, mei 2013.

Desk research

- Brandstofprijzen.info, *dieselprijzen NL,* 2014.
- CBS Statline, 2014.
- LNG24, *LNG Facts & Figures*, 2013.
- ProRail, *Netverklaring 2013 Gemengde net – versie 1.5*, 9 augustus 2013.
- ProRail, *Netverklaring 2014 Gemengde net – versie 1.6*, 30 januari 2014.
- ProRail, *Netverklaring 2015 Gemengde net – versie 1.0*, 13 december 2013.
- Provinciale Staten van Overijssel, *Uitvoering motie Quick scan toepassing moderne technieken op provinciaal spoor*, 30 januari 2014.
- RailEvent, *Verkennend onderzoek partiele elektrificatie,* 9 september 2013.
- Rijkswaterstaat, *KBA-kengetallen voor omgevingskwaliteiten: aanvulling en actualisering*, 2011.
- Thomas Cook, *European rail timetable*, September 2011
- U.S. Energy Information Adminstartion, *Annual Energy Outlook 2014 Early Release,* 2014.

Voor- en nadelen vergroeningsopties t.o.v. diesel-elektrisch

- GTL-elektrisch: Deze methode is nagenoeg gelijk aan de huidige situatie met als enige verschil dat er gebruik wordt gemaakt van een milieuvriendelijkere soort diesel (GTL) (Movares, 2013).

- Waterstof-elektrisch: Deze methode wekt elektriciteit op doordat de hulpmotor waterstof verbrandt. Waterstof wordt door middel van elektrolyse gewonnen uit water (bron: Movares, 2013).
  - \+ Milieuvriendelijker en minder geluidsoverlast;
  - \+ Mogelijkheid tot onafhankelijkheid van fossiele brandstoffen;
  - − Technologie is nog niet in de spoorsector toegepast, maar al wel in busvervoer. Implementatie lijkt op korte termijn niet mogelijk;
  - − Waterstof is zeer licht ontvlambaar met een hoge mate van explosiviteit. Hierdoor is veiligheid een cruciaal aspect bij deze toepassing. De bestaande regelgeving voor de spoorsector gaat echter nog niet (direct) uit van de mogelijkheid tot waterstof-aandrijving.

- LNG-elektrisch: Deze methode wekt elektriciteit op door verbranding van LNG (vloeibaar aardgas) (bron: Movares, 2013).
  - \+ Milieu- en geluidsvriendelijker (hoewel er mogelijk methaanlekkage plaats zou kunnen vinden, hetgeen een negatief effect op het milieu heeft);
  - \+ De wereldwijde voorraad LNG is groter dan de voorraad diesel. Volgens LNG24.com (februari 2014) bedraagt de LNG voorraad 250 jaar en diesel voorraad 50 jaar);
  - − Technologie is nog niet in de spoorsector toegepast, maar al wel in busvervoer. Implementatie is op korte termijn mogelijk aangezien treinenbouwer Stadler een LNG-hulpmotor heeft geïdentificeerd die er voor zorgt dat bestaande Stadler GTW treinen op LNG-basis kunnen rijden. Een eerste stap voor toepassing in de spoorsector zou bestaan uit het laten plaats vinden van een pilotproject, zie ook pagina 19;
  - − LNG is explosiever dan diesel.

- Bio-LNG-elektrisch: Het verschil met LNG-elektrisch zit puur in de brandstof die de hulpmotor omzet. De additionele voor- en nadelen zijn (bron: Movares, 2013).
  - \+ Milieuvriendelijker dan LNG-elektrisch;
  - +/− Bio-LNG kan geproduceerd worden uit uiteenlopende rest-producten. Dit kan in de nabijheid van de treindiensten gebeuren, waardoor de potentiele toepassing van deze techniek aantrekkelijker wordt. De productie van bio-LNG geschiedt echter nog slechts op kleine schaal, maar er is voldoende potentiële capaciteit beschikbaar. De combinatie tussen prijs van bio-LNG en bijbehorende calorische waarde bepalen de aantrekkelijkheid.

Voor- en nadelen vergroeningsopties t.o.v. diesel-elektrisch

- Elektrische inductie: Deze methode gaat uit van een grote koperspoel in de spoorbaan die in verbinding staat met het elektriciteitsnet. Bij stilstand van de trein in de nabijheid van deze spoel kan energie overgedragen worden naar de trein zonder dat direct fysiek contact benodigd is (Movares, 2013).
  - \+ Milieuvriendelijker en minder geluidsoverlast;
  - \+ Mogelijkheid tot onafhankelijkheid van fossiele brandstoffen;
  - 0 Relatief hoge investeringen voor aanleg van de infrastructuur worden in de tijd gecompenseerd door een voordeel op de exploitatiekosten;
  - − De technologie is nog niet beschikbaar, waardoor implementatie op korte termijn niet mogelijk is;
  - − Inflexibele methode door noodzaak tot opladen bij elke halte;
  - − Er bestaan substantiële beperkingen ten aanzien van het vermogen dat middels inductie wordt opgewekt.

- Partiële elektrificatie: Bij deze methode wordt een deel van een spoorlijn geëlektrificeerd, waarbij een trein op een geëlektrificeerd baanstuk elektriciteit uit de bovenleiding onttrekt. Hiermee wordt de tractie verzorgd en tegelijkertijd worden de accu's / supercaps opgeladen. Vervolgens haalt een trein op baanstukken zonder bovenleiding energie uit de accu's / supercaps (Movares, 2013).
  - \+ Milieuvriendelijker en minder geluidsoverlast;
  - \+ Mogelijkheid tot onafhankelijkheid van fossiele brandstoffen;
  - 0 Relatief hoge investeringen voor aanleg van de infrastructuur worden in de tijd gecompenseerd door een voordeel op de exploitatiekosten;
  - − Exploitatie wordt inflexibeler;
  - − Net als bij inductie bestaan er substantiële beperkingen ten aanzien van het vermogen dat middels partiële elektrificatie opgewekt wordt. Wel ligt het rendement hoger dan bij inductie.

- Elektrificatie (bovenleiding): Bij deze methode wordt de energie direct vanuit een bovenleiding aangeleverd (Movares, 2013).
  - \+ Milieuvriendelijk met minder geluidsoverlast;
  - \+ Meest energiezuinige methode;
  - \+ Logistieke voordelen in de exploitatie omdat er bijvoorbeeld niet meer getankt hoeft te worden;
  - \+ Mogelijkheid tot onafhankelijkheid van fossiele brandstoffen;
  - − Aanleg van bovenleiding infrastructuur is kostbaar (weliswaar staan er voordelen in de exploitatiekosten tegenover).

Toelichting 1.500 volt versus 3.000 volt

- Bij de vergroeningsoptie 'Elektrificatie' is een onderscheid te maken tussen elektrificatie op basis van 1.500 volt en elektrificatie op basis van 3.000 volt, oftewel een hogere spanning op de bovenleiding.

- De bestaande elektrische infrastructuur in Nederland is gebaseerd op een spanning van 1.500 volt, met uitzondering van de HSL-Zuid, de Betuweroute en de Havenspoorlijn Rotterdam.

- Een 3.000 volt infrastructuur biedt als voordeel lagere investeringen in aanleg en onderhoud, omdat de draad dunner kan zijn en het aantal benodigde onderstations kleiner. Daarnaast kan 3.000 volt materieel sneller accelereren, waardoor rijtijdwinst behaald kan worden. Afhankelijk van de specifieke omstandigheden op een lijn kan dit leiden tot een (kosten-)efficiëntere inzet van materieel.

- Een belangrijk nadeel van 3.000 volt infrastructuur is dat bestaand (elektrisch) materieel hier niet geschikt voor is. Dat heeft als gevolg dat er investeringen in specifiek 3.000 volt materieel noodzakelijk zijn. 3.000 volt materieel kan wel worden ingezet op 1.500 volt infrastructuur, maar vervoerders die reeds beschikken over 1.500 volt materieel kunnen minder schaalvoordelen behalen bij concessies met zowel 1.500 volt als 3.000 volt infrastructuur.

- De mogelijke toepassing van 3.000 volt in plaats van 1.500 volt is onderwerp van onderzoek binnen de Lange-Termijn Spooragenda van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (operationeel spoorconcept).

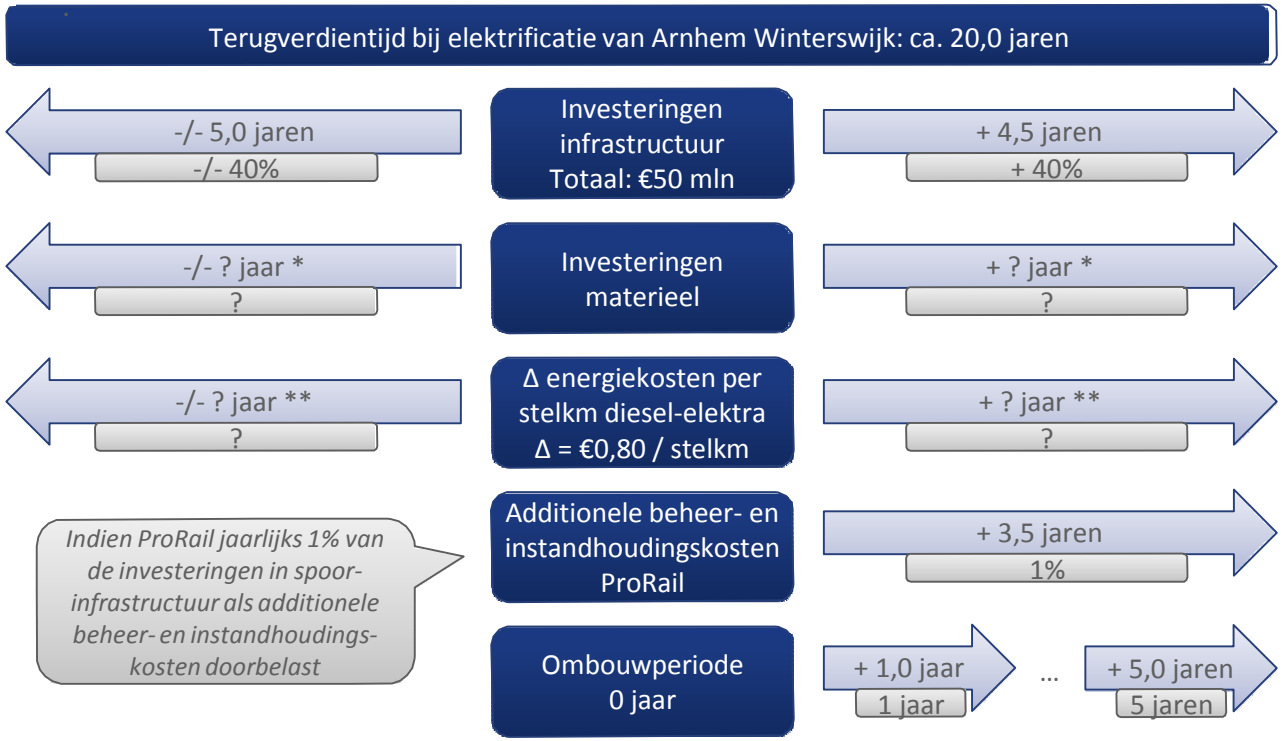
- ProRail onderzoekt in samenwerking met NS de effecten van toepassing van 3.000 volt op het Hoofdrailnet. Of en onder welke omstandigheden de toepassing van 3.000 volt te prefereren is boven 1.500 volt, alsmede de operationele en financiële effecten die hiermee gepaard gaan, is op dit moment nog niet bekend en zal op basis van dit onderzoek worden bepaald.

- Op basis van bovenstaande is de scope van onderhavig onderzoek in overleg met Opdrachtgever beperkt tot 1.500 volt infrastructuur in geval van de vergroeningsoptie 'Elektrificatie'.

- Indien landelijk voor de uitrol van 3.000 volt gekozen wordt, op basis van de uitkomsten van het onderzoek van IenM, ProRail en NS, adviseert First Dutch om de optie 'Elektrificatie' ook uit te werken aan de hand van de dan beschikbare cijfers over 3.000 volt, om de invloed op de uitkomsten van de optie 'Elektrificatie' vast te stellen.

Elektrificatie: Gevoeligheidsanalyse Arnhem - Winterswijk

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd. De terugverdientijd van 20,0 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld (hoofdstuk 6).



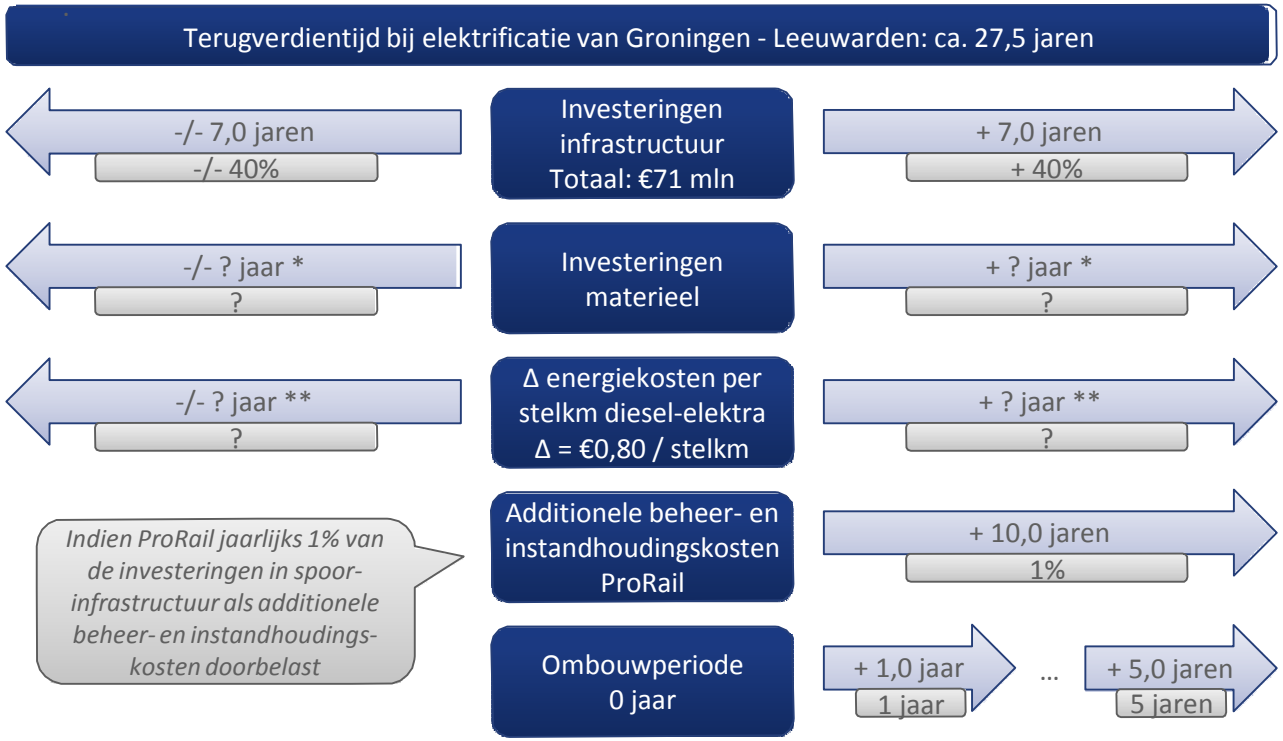
* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 2,5 jaren meer of 2,5 jaren minder.*

** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en elektra 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 3,0 jaren minder of 4,5 jaren meer.*

Figuur A.4.1: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van elektrificatie Arnhem – Winterswijk.

Elektrificatie: Gevoeligheidsanalyse Groningen - Leeuwarden

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd. De terugverdientijd van 27,5 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld (hoofdstuk 6).



* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 1,5 jaar meer of 2,0 jaar minder.*

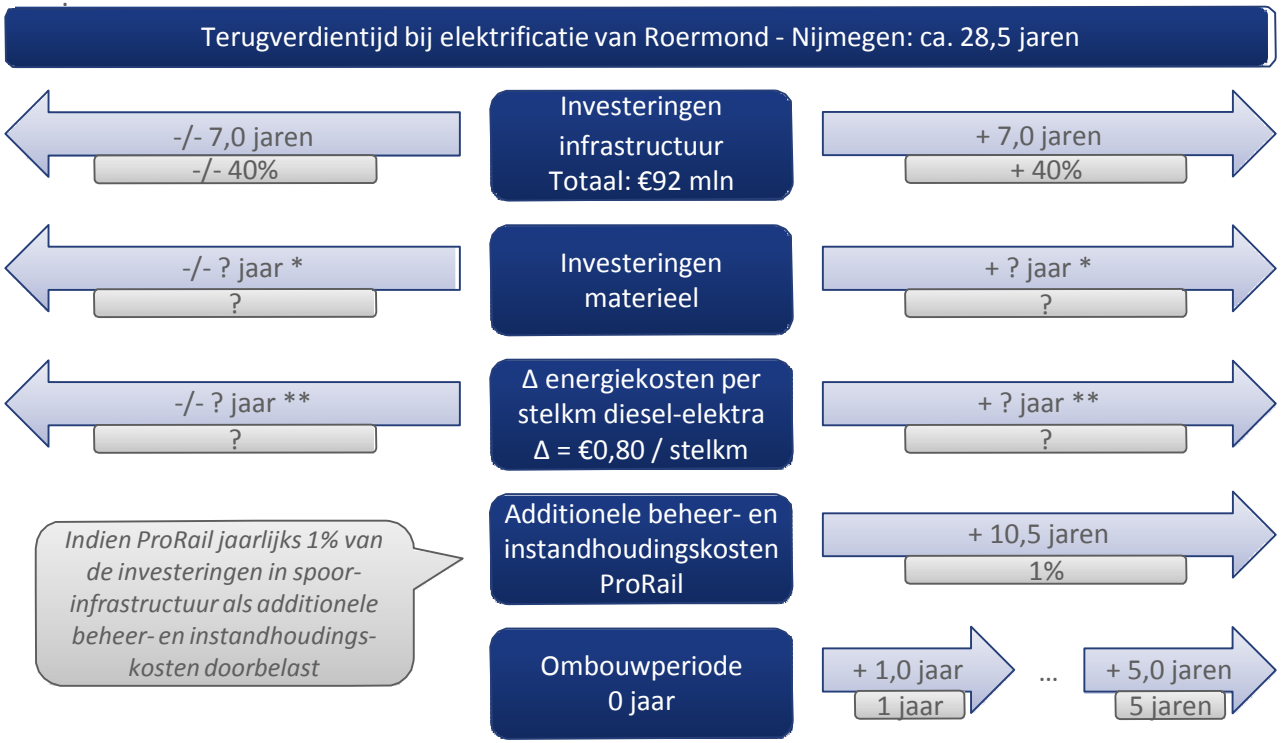
** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en elektra 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 4,0 jaren minder of 5,5 jaren meer.*

Figuur A.4.2: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van elektrificatie Groningen – Leeuwarden.

Elektrificatie: Gevoeligheidsanalyse Roermond - Nijmegen

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd. De terugverdientijd van 28,5 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld.

- Indien op de Maaslijn wordt gekozen voor nieuw materieel, omdat het huidige materieel (GTW DMU) zonder restwaarderisico ingeleverd kan worden bij de leasemaatschappij, bedraagt de terugverdientijd 24,0 jaren in plaats van 28,5 jaren. De oorzaak hiervan is dat de aanschafprijs van GTW EMU naar verwachting lager is dan GTW DMU.



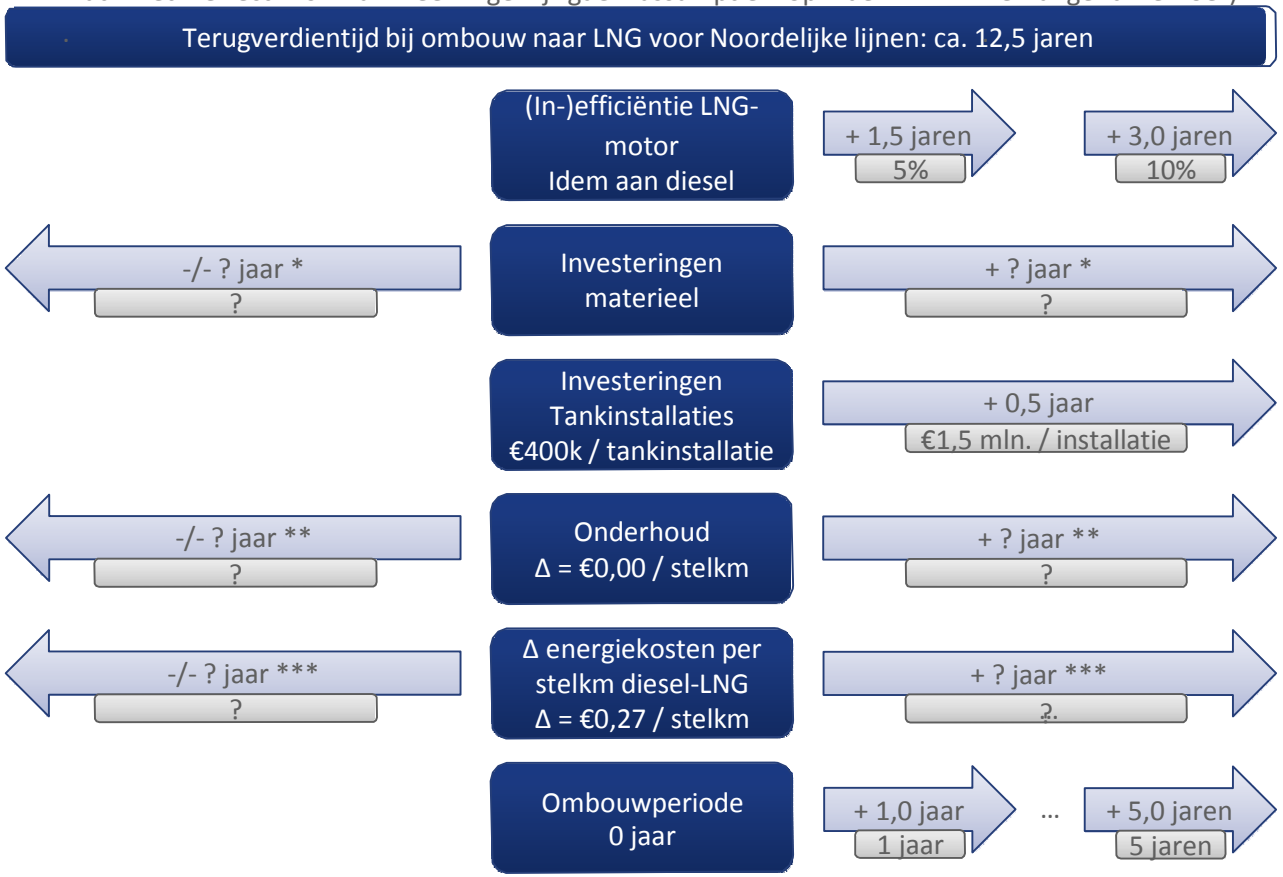
* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 1,5 jaren meer of 1,5 jaren minder.*

** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en elektra 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 4,0 jaren minder of 5,5 jaren meer.*

Figuur A.4.3: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van elektrificatie Roermond – Nijmegen.

LNG: Gevoeligheidsanalyse Noordelijke lijnen

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de Terugverdientijd. De terugverdientijd van 12,5 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen diesel en LNG naar de toekomst toe constant verondersteld.



* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 5,0 jaren meer of 6,0 jaren minder.*

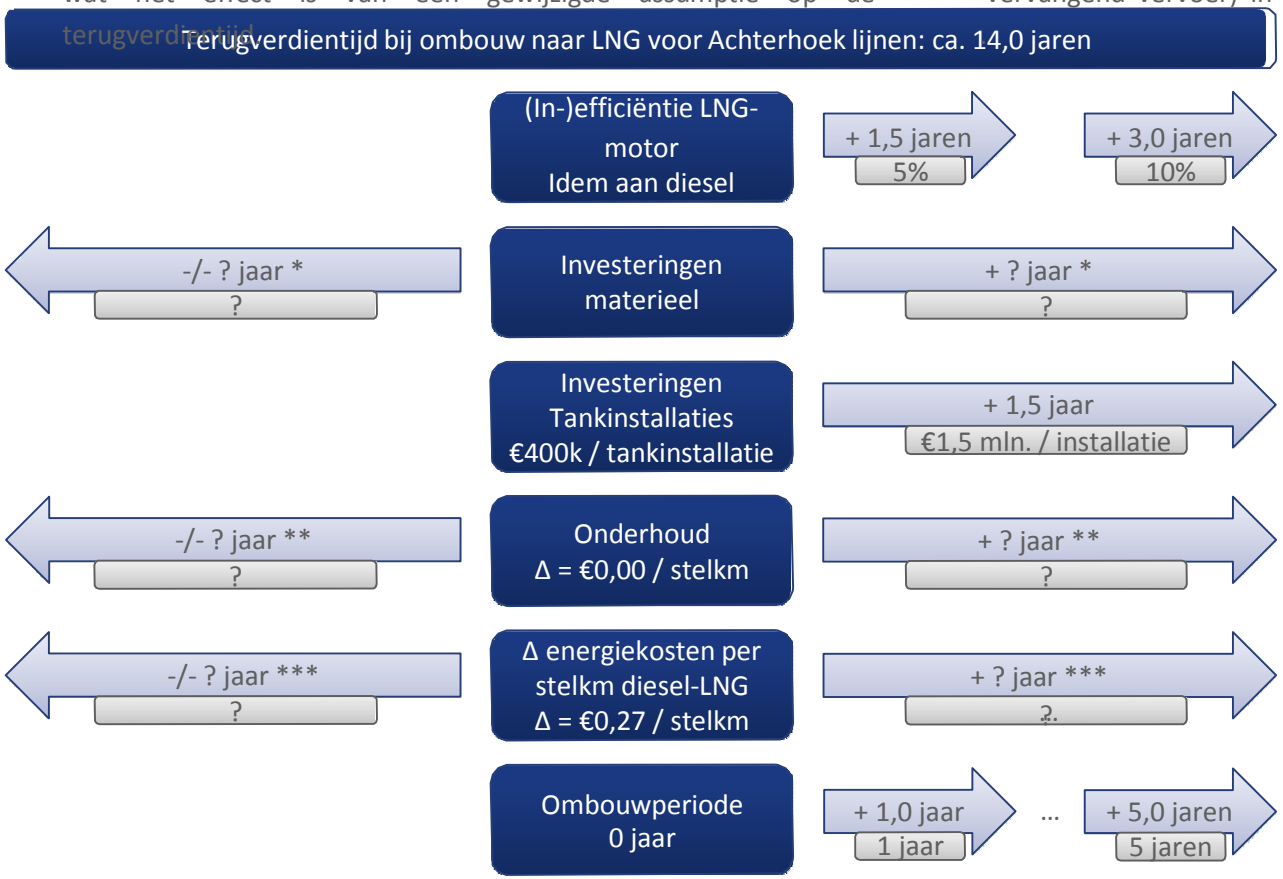
** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in onderhoud tussen diesel en LNG 10% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 2,5 jaren meer of 2,0 jaren minder.*

*** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en LNG 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 1,5 jaren minder of 2,0 jaren meer.*

Figuur A.4.4: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van ombouw naar LNG Noordelijke lijnen.

LNG: Gevoeligheidsanalyse Achterhoek lijnen

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd. De terugverdientijd van 14,0 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen diesel en LNG naar de toekomst toe constant verondersteld.



* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 5,5 jaren meer of 6,0 jaren minder.*

** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in onderhoud tussen diesel en LNG 10% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 3,0 jaren meer of 2,0 jaren minder.*

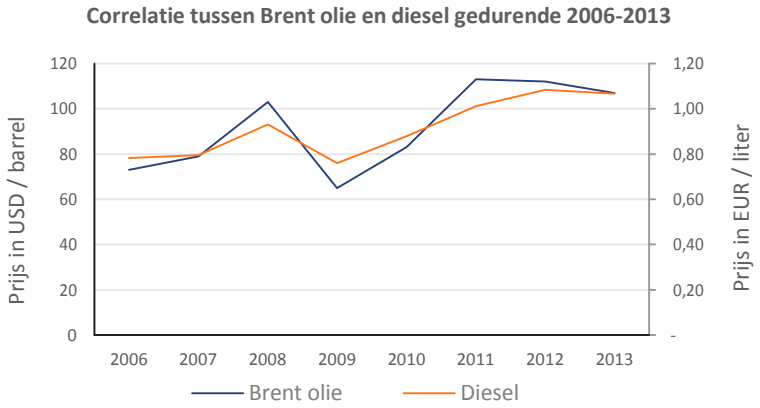
*** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en LNG 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 1,5 jaren minder of 2,0 jaren meer.*

Figuur A.4.5: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van ombouw naar LNG Achterhoek lijnen.

Onderbouwing prognose

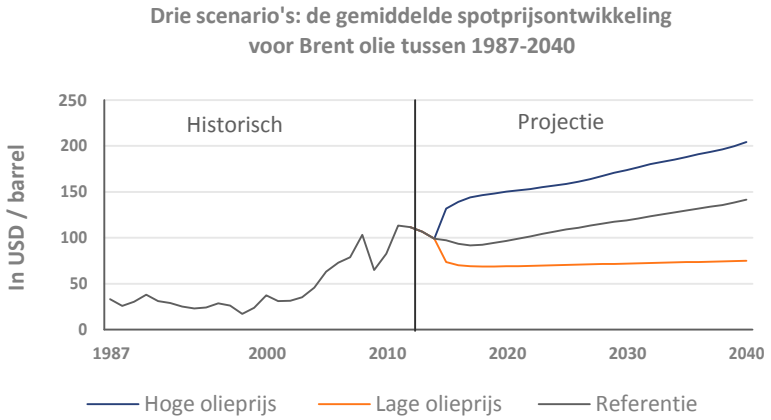
- *Energieprijzen – prognose toekomstige ontwikkelingen:*
  - Onderstaande onderbouwingen hebben betrekking op de gehanteerde toekomst prognose voor de energieprijzen zoals vermeld in hoofdstuk 6.

  - **Diesel**: De historische prijsontwikkeling van diesel kende gedurende 2006-2013 een (positieve) correlatie (0,95) ten opzichte van de historische spotprijsontwikkeling van Brent[1] olie. (bronnen: y-charts.com, brandstofprijzen.info en U.S. Energy Information Administration). Onderstaande figuur geeft een weergave van deze correlatie.



Figuur A.5.1: Correlatie tussen Brent olie en diesel. (bronnen: U.S. Energy Information Administration, 2014 en brandstofprijzen.info, 2014).

  - De verwachtingen omtrent de Brent olie prijs zijn sterk uiteenlopend (bron: U.S. Energy Information Administration) en bieden daarmee zeer veel onzekerheid voor het toekomstige prijsniveau van diesel. Onderstaande figuur geeft een weergave van zowel de historische als de te verwachte sportprijsontwikkeling van Brent olie. De verwachtingen zijn hierbij opgedeeld in drie scenario´s: een hoge olieprijs, een lage olieprijs en het referentie scenario.

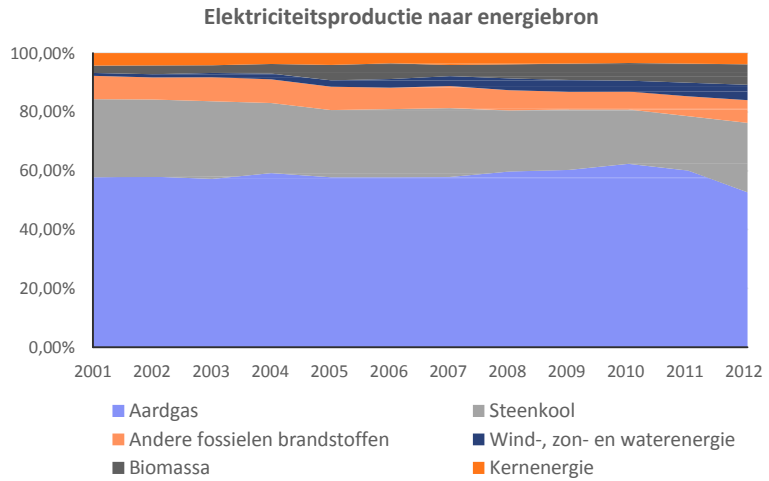


Figuur A.5.2: Gemiddelde spotprijsontwikkeling tussen 1987-2040. (bron: U.S. Energy Information Administration, 2014).

[1]Brent is de Europese benchmarkprijs voor ruwe olie. Deze benchmark dient als referentiekader voor het bepalen van de gehanteerde spotprijsontwikkeling voor ruwe olie.

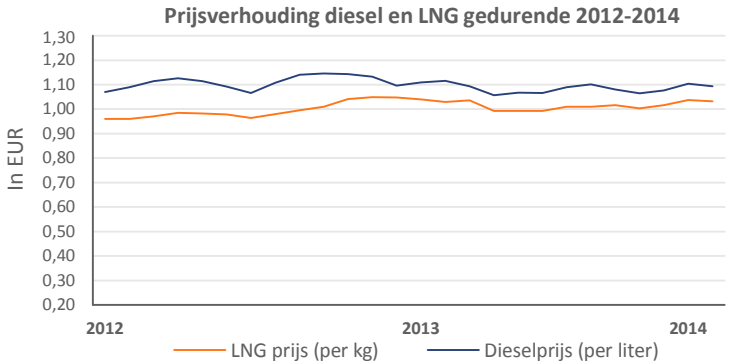
Onderbouwing prognose (vervolg)

- *Energieprijzen – prognose toekomstige ontwikkelingen (vervolg):*
  - **Elektra:** De huidige prijsontwikkeling voor elektriciteit komt mede tot stand op basis van de prijs van onderliggende productiebronnen. De mate waarin elektriciteit afhankelijk is van deze bronnen wordt gepresenteerd in onderstaande figuur.



Figuur A.5.3: Elektriciteitsproductie naar energiebron (bron: CBS Statline, 2014).

  - In de toekomst wordt verwacht dat de mate waarin elektriciteit afhankelijk is van aardgas en steenkool zal afnemen. Dit zal leiden tot een verdere diversificatie van deze brandstofmix.
  - Mede hierdoor zal verdere onzekerheid omtrent het bepalen van de toekomstige prijsontwikkeling toenemen.
  - **LNG:** Gedurende 2012-2014 kende de LNG prijs een positieve correlatie ten opzichte van de dieselprijs. Onderstaande figuur geeft een weergave van deze correlatie.



Figuur A.5.4: Prijsverhouding voor diesel en LNG gedurende 2012-2014 (bron: LNG24, 2014).

  - Daarnaast ligt de prijs van LNG gedurende deze periode beneden de prijs van diesel. PricewaterhouseCoopers verklaart in hun rapport *"The economic impact of smale scale LNG" (mei, 2013)* te verwachten dat de prijs van LNG onder de prijs van diesel zal dienen te liggen om de prikkel voor het overstappen van diesel naar LNG te vergroten.

Onderbouwing prognose (vervolg)

- *Energieprijzen – prognose toekomstige ontwikkelingen (vervolg):*
  - De verwachtingen rondom de toekomstige prijsontwikkeling van LNG en het punt waarop deze brandstof los zou kunnen koppelen van diesel blijven echter zeer onzeker en zijn in grote mate afhankelijk van de stimuleringsmaatregelen vanuit de overheid.

  - **Bio-LNG:** De prijsontwikkeling van bio-LNG is in grote mate afhankelijk van de volgende vier elementen.

    1. Mogelijkheid om op voldoende schaal goedkoop te produceren;
    2. Ontwikkelingen omtrent LNG en de LNG infrastructuur;
    3. Subsidiegelden van de Nederlandse overheid;
    4. Ontwikkeling van de markt voor bio-tickets / bio-certificaten.

  - Wanneer deze vier elementen zich in positieve mate ontwikkelen, kan de prijs van bio-LNG onder de prijs van fossiel-LNG komen te liggen. Of en wanneer dit omslagpunt daadwerkelijk bereikt zal worden is sterk afhankelijk van de stimuleringsmaatregelen van de Nederlandse overheid.

  - Wanneer dit omslagpunt bereikt wordt is het aannemelijk dat vervoerders dan bio-LNG gebruiken in plaats van fossiel-LNG, wat een mogelijk **extra financieel voordeel oplevert binnen Vergroeningsoptie 2**.

  - Naast onderliggende of correlerende bronnen zijn vele andere factoren van invloed op de toekomstige prijsontwikkeling van deze brandstoffen. De belangrijkste factoren zijn hierin productiecapaciteit, import en export volumes, het Nederlandse consumptie gedrag (afhankelijk van economische ontwikkeling binnen Nederland), nationale en internationale voorraden, accijnsheffingen, de prijs van CO_2-emissie rechten, politieke instabiliteit in producerende landen en subsidiegelden vanuit de Nederlandse overheid.

© Copyright 2014 First Dutch Capital B.V. Geen enkel deel van dit document mag worden gereproduceerd, gepubliceerd dan wel geheel of gedeeltelijk openbaar worden gemaakt op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteursrechthebbenden. Dit document bevat informatie van vertrouwelijke aard, die in handen van partijen waarvoor het niet is bedoeld kan leiden tot financiële of andere schade.

© Copyright 2014 First Dutch Capital B.V. No part of this document may be reproduced, published or disclosed in whole or in part, by any means, mechanical, electronic, photocopying, recording or otherwise without the prior written permission of the copyright owners. This document contains information of a confidential nature, disclosure of which to parties to whom it has not been released may result in financial or other damages.

First Dutch Capital B.V.
Gatwickstraat 9-39
1043 GL Amsterdam

tel: +31 (0)20 522 63 70
office@firstdutch.com

www.firstdutch.com

Vergroening regionale spoorlijnen
- addendum bij rapport -

Een verkennend onderzoek naar de financiële consequenties van elektrificatie dan wel het inzetten van (bio-)LNG treinen op regionale diesellijnen in Nederland



Datum: 7 mei 2014
Versie: finaal

FIRST DUTCH

Disclaimer

Dit addendum (het “Addendum”) is door First Dutch Capital B.V. (“First Dutch”) opgesteld in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (“IenM”). Het Addendum betreft een aanvulling op het rapport “Vergroening regionale spoorlijnen - Een verkennend onderzoek naar de financiële consequenties van elektrificatie dan wel het inzetten van (bio-)LNG treinen op regionale diesellijnen in Nederland” (het “Basisrapport”).

Dit Addendum is uitsluitend bedoeld als discussiedocument voor IenM, decentrale overheden en regionale vervoerders. Aan dit Addendum kunnen geen rechten worden ontleend door derden, noch kan deze informatie voor andere doeleinden worden gebruikt. First Dutch is op geen enkele wijze aansprakelijk voor schade, inclusief en zonder beperking, specifieke of indirecte of gevolgschade als gevolg van het gebruik van de informatie uit dit document. Dit Addendum vormt een integraal geheel met het Basisrapport, kan hier niet los van gezien worden en kan niet in afzonderlijke delen worden gesplitst.

Dit Addendum is gebaseerd op schriftelijke en mondelinge informatie die door IenM, decentrale overheden, regionale vervoerders en andere partijen aan First Dutch is verstrekt. First Dutch kan de juistheid of volledigheid van de aan haar verstrekte informatie niet garanderen en aanvaardt geen directe of indirecte aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit of samenhangt met de verstrekte informatie. Indien deze informatie onjuist of onvolledig is, dan zou dit de strekking van het Addendum kunnen wijzigen.

Inhoudsopgave

1. Aanleiding en scope addendum pagina 4

2. Kenmerken lijnen pagina 5

3. Uitkomsten op totaalniveau pagina 7

4. Uitkomsten op lijnniveau pagina 11

5. Conclusies en aanbevelingen pagina 17

Appendix pagina 32

Aanleiding

- Het rapport “Vergroening regionale spoorlijnen” brengt de belangrijkste financiële consequenties van drie vergroenings-mogelijkheden in kaart voor dertien regionale diesellijnen. In het Basisrapport zijn twee regionale diesellijnen Zwolle – Kampen en Zwolle – Enschede niet meegenomen, omdat deze reeds op de nominatie staan voor elektrificatie en nader onderzocht zijn. Daar bij afronding van het Basisrapport nog geen definitieve besluitvorming over deze twee lijnen heeft plaatsgevonden, hebben IenM en de provincie Overijssel First Dutch verzocht om voornoemde lijnen alsnog te onderzoeken volgens dezelfde methodiek.

- Dit addendum maakt de financiële consequenties van de verschillende vergroeningsmogelijkheden voor deze additionele twee lijnen inzichtelijk. Daarnaast biedt hoofdstuk 5 van dit addendum een integrale conclusie van het vergroeningsonderzoek, bestaande uit (i) de conclusie van het Basisrapport en (ii) aanvullingen/wijzigingen vanwege de toevoeging van twee spoorlijnen Zwolle – Kampen en Zwolle – Enschede.

- Voor dit addendum gelden in beginsel dezelfde uitgangspunten, assumpties en nuanceringen zoals ook in het Basisrapport uiteen zijn gezet. Eventuele afwijkingen zijn in dit addendum inzichtelijk gemaakt.

Scope

- Onderstaand figuur biedt inzicht in de (uitbreiding van de) scope.

Treindiensten	Baanvak niet geëlektrificeerd
Scope Basisrapport	
Groningen - Delfzijl	Groningen - Delfzijl
Groningen - Veendam / Leer (1)	Groningen - Nieuweschans (2) en Zuidbroek - Veendam (3)
Groningen - Roodeschool	Groningen - Roodeschool
Groningen - Leeuwarden	Groningen - Leeuwarden (2)
Leeuwarden - Harlingen	Leeuwarden - Harlingen Haven (2)
Leeuwarden - Stavoren	Leeuwarden - Stavoren
Almelo - Mariënberg	Almelo - Mariënberg
Arnhem - Doetinchem - Winterswijk	Zevenaar - Winterswijk
Zutphen - Winterswijk	Zutphen - Winterswijk
Zutphen - Apeldoorn	Zutphen - Apeldoorn
Arnhem - Tiel	Elst - Tiel
Zutphen - Hengelo - Oldenzaal	Zutphen - Hengelo
Roermond - Venlo - Nijmegen (Maaslijn)	Roermond - Venlo - Nijmegen
Uitbreiding scope (middels addendum)	
Zwolle - Enschede	Zwolle - Wierden
Zwolle - Kampen	Zwolle - Kampen

Figuur 1.1: Treindiensten en baanvakken binnen scope onderzoek met een uitsplitsing naar het Basisrapport en het addendum.

(1) Treindienst eindigt in Duitsland. Op Duits grondgebied is er ook sprake van (een aantal kilometer) niet-geëlektrificeerd spoor.

(2) Onderdeel van langer baanvak Harlingen Haven - Leeuwarden - Groningen - Nieuweschans.

(3) Onderdeel van langer baanvak Zuidbroek - Veendam - Stadskanaal.

Ligging en type traject

Overzicht op individueel lijn niveau	Ligging			Trajectinformatie				
	Concessie	Cluster lijnen?	Elektrische lijnen in cluster?	Trajectkm's	…waarvan niet-geëlektrificeerd (1)	…waarvan enkelsporige trajectkm's (2)	# stations	Goederen-vervoer
Zwolle – Enschede	Hoofdrailnet	Ja	Ja	68	40	40	11	Nee
Zwolle – Kampen	Kamperlijn (3)	Nee	Nee	13	13	13	2	Nee

Figuur 2.1: Lijn specifieke kenmerken: ligging en trajectinformatie.

(1) Op basis van input ProRail en NS.
(2) Niet geëlektrificeerde, dubbelsporige trajectkm's zijn de resultante van kolom 6 minus kolom 7. De grootste mate van detail rondom 'meersporigheid' bij stations, passeerstukken (intuïtief: relatief korte stukken) en rangeerterreinen zijn niet bekend en zijn derhalve niet meegenomen in de analyse.
(3) Dit betreft een onderhands gegunde concessie voor één treindienst.

Gebruiksintensiteit, materieelinzet, concessie specifiek

Overzicht op individueel	Gebruiksintensiteit		Materieelinzet			Concessie specifieke kenmerken		
	# reizigerskm's (in 1.000) per trajectkm	# stelkm's (in 1.000) per trajectkm (1)	Type materieel	# treinstellen (2)	Resterende levensduur materieel (3)	Looptijd concessie	Resterende looptijd concessie	Restwaarde risico materieel
Zwolle – Enschede (4) (5)	1.676,5	44,1	DM '90	17	3 jaar	10 jaar (7)	1 jaar ('14)	Afwezig (3)
Zwolle – Kampen (6)	1.384,6	37,7	DM '90	3	3 jaar	3 jaar	2 jaar ('15)	Afwezig (3)

Figuur 2.2: Lijn specifieke kenmerken: gebruiksintensiteit, materieelinzet en concessie specifieke kenmerken.

(1) Indicatie van hoe druk een traject is bereden (aanbod).
(2) Voor beide lijnen worden in de huidige situatie in totaal 20 treinstellen gebruikt, waarvan vier treinstellen zijn aan te merken als reservematerieel. Van het reservematerieel is één treinstel aan Zwolle – Kampen toegerekend en zijn drie treinstellen aan Zwolle – Enschede toegerekend.
(3) Hoewel de resterende levensduur van het DM '90 materieel 3 jaar bedraagt (ultimo 2017 is het materieel afgeschreven) is het mogelijk om een ingrijpende revisie te doen waardoor de levensduur wordt verlengd. Onderhavige analyse gaat uit van de huidige situatie, te weten een resterende levensduur van 3 jaar. Hierdoor resteert er na deze periode geen restwaarde meer. Zie ook de volgende pagina.
(4) Reizigerskm's en stelkm's zijn op basis van prognose 2014, aangezien eerdere jaren niet representatief zijn vanwege de (toenmalige) 'knip' bij Nijverdal).
(5) In onderhavige analyse wordt, conform het op pagina 9 van het Basisrapport uiteengezette uitgangspunt, uitgegaan van een voortzetting van het huidige bedieningspatroon en de huidige baanvakcapaciteit. Het zou echter mogelijk zijn om onderhavige treindienst met twee treinstellen minder te bedienen indien in Enschede korter wordt gekeerd. Gevolg hiervan is wel dat de dienstregeling kwetsbaarder wordt. Een dergelijk element raakt direct de wensen van concessieverlener en de afspraken tussen concessieverlener en exploitant; het (potentiele) effect van dit element is inzichtelijk gemaakt in de gevoeligheidsanalyse (zie Appendix A.1).
(6) Reizigerskm's en stelkm's o.b.v. realisatie 2013 (eerdere jaren zijn minder representatief wegens (relatief recente) opening van de Hanzelijn).
(7) Mogelijk blijft de treindienst Zwolle – Enschede langer onderdeel van het Hoofdrailnet, geëxploiteerd door NS.

Uitgangspunt: Directe implementatie op alle lijnen

- Op basis van de uitgangspunten en aannames beschreven in de hoofdstukken 2, 5 en 6 van het Basisrapport toont onderstaande figuur de financiële uitkomsten van elektrificatie en overstap naar LNG (excl. en incl. opvangen remenergie) voor de situatie dat **op alle lijnen** in scope (inclusief de lijnen Zwolle – Kampen en Zwolle – Enschede) **gelijktijdig en per direct** de vergroeningsmogelijkheid wordt geïmplementeerd. Hierbij is geen rekening gehouden met optimalisatie van het moment van implementatie (zie hoofdstuk 8 van het Basisrapport en hoofdstuk 4 van het addendum).

- De analyse op totaal niveau gaat uit van ombouw van de huidige 98 treinstellen Stadler GTW DMU (dieselmaterieel) naar GTW EMU (elektrisch) / GTW LNG. De huidige 11 treinstellen LINT materieel en de huidige 20 treinstellen DM '90 materieel worden vervangen door 31 nieuwe treinstellen Stadler GTW EMU / GTW LNG*.

Elektrificatie: Uitkomsten op totaalniveau

- Indien alle diesellijnen binnen de scope van het onderzoek geëlektrificeerd zouden worden, vergt dat ten opzichte van de referentiecasus een **investering** van bij benadering **€810 mln**. waarvan €671 mln. in infrastructuur (voor 618 km aan te elektrificeren spoor) en €139 mln. in materieel. De **terugverdientijd** van de investering bedraagt **29,0 jaren (exclusief ombouwperiode en transitiekosten).** De **IRR** bedraagt **3,1%**.

- De uitstoot van **CO_2** wordt **met 32.900 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €2,2 mln. per jaar; niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).

* *Stadler GTW 2/8 materieel heeft bij benadering eenzelfde zit- en staanplaatscapaciteit als DM '90 en LINT materieel. Derhalve wordt aangenomen dat één stel DM '90 of LINT materieel kan worden vervangen door één stel GTW materieel. Hierbij geldt het uitgangspunt ten aanzien van materieel (zie pagina 10 Basisrapport).*

Overzicht op hoofdlijn niveau: 15 lijnen binnen scope	Investering totaal (in mln. €)	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Elektrificatie	€810	€671	N.v.t.	€139	29,0 / 3,1%	32.900	€2,2
Ombouw LNG (1)	€143	N.v.t.	€3,6	€140	15,5 / 6,9%	20.850	€1,4
Ombouw LNG (2)	€162	N.v.t.	€3,6	€159	16,0 / 6,8%	22.920	€1,6

Figuur 3.1: Overzicht uitkomsten op totaalniveau. Uitgangspunt is dat alle 15 lijnen onder consideratie worden geëlektrificeerd dan wel omgezet in LNG-exploitatie. Het element CO_2 reductie maakt geen onderdeel uit van de terugverdientijd, maar is een relevant aspect in de besluitvorming. Hierbij is het prijsverschil tussen diesel en, respectievelijk, elektriciteit en LNG in de jaren constant verondersteld. (1) Ombouw exclusief opvangen remenergie. (2) Ombouw inclusief opvangen remenergie.

LNG: Uitkomsten op totaalniveau

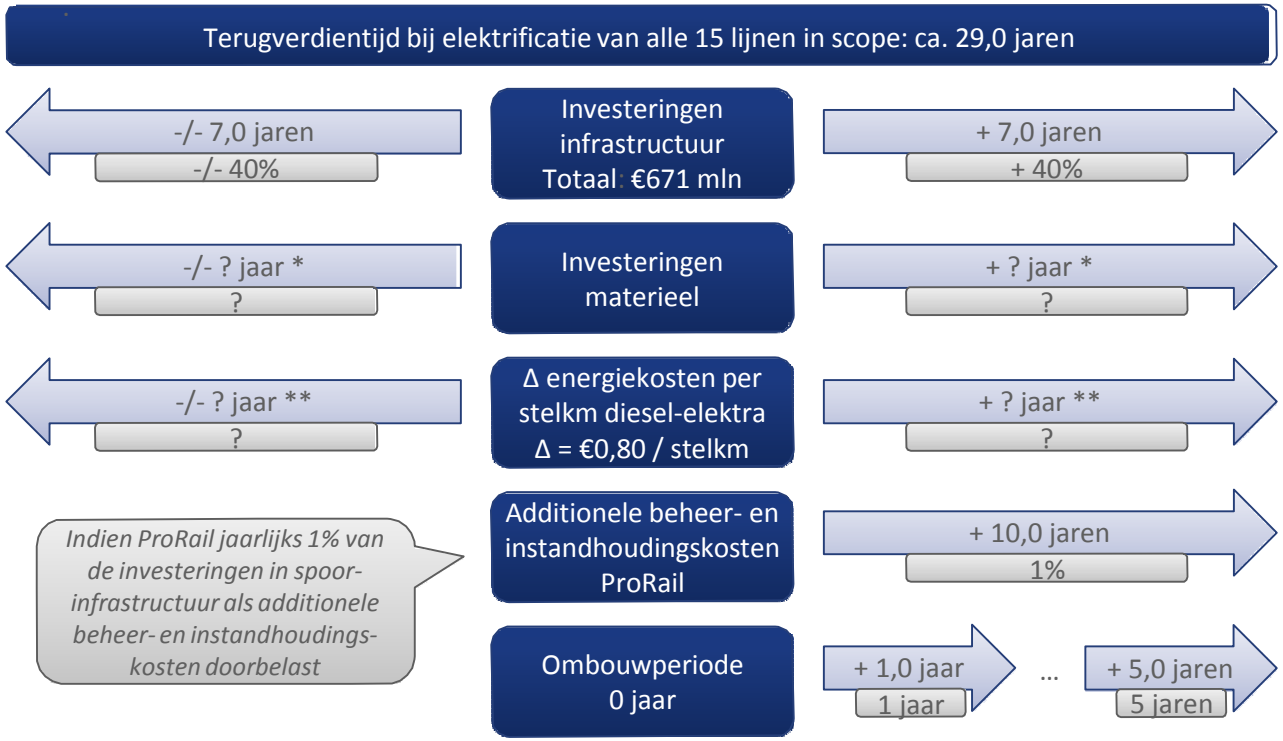
- *Zonder opvangen remenergie:* Indien alle diesellijnen binnen de scope van het onderzoek worden omgebouwd voor gebruik van LNG, vergt dat ten opzichte van de referentiecasus een **investering** van bij benadering **€143 mln**. waarvan €140 mln. in materieel en €3,6 mln. in tankinstallaties:
    - De **terugverdientijd** van de totale investering bedraagt **15,5 jaren excl. opvangen remenergie** (dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten**). De **IRR** bedraagt **6,9%**;
    - De uitstoot van **CO_2** wordt **met 20.850 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €1,4 mln. per jaar, niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).
- *Met opvangen remenergie:* Indien de treinstellen worden uitgerust met supercaps voor het **opvangen van remenergie** vergt dit nóg een **additionele investering** van bij benadering **€19 mln**. in materieel:
    - De **terugverdientijd** van de totale additionele investering bedraagt **16,0 jaren incl. opvangen remenergie** (dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten**). De **IRR** bedraagt **6,8%**;
    - De uitstoot van **CO_2** wordt **met 22.920 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €1,6 mln. per jaar; niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).

Conclusie

- **Elektrificatie lijkt minder gunstig dan** voor **LNG**, hetgeen met name wordt veroorzaakt door de **hoge investeringen in infrastructuur**. Dit effect is met name terug te zien in de **langere terugverdientijd** van elektrificatie. De **IRR** neemt kasstromen na de terugverdientijd mee en toont een **kleiner verschil**, zeker bij langere meetperiodes.
- Let wel; de uitkomsten zijn gebaseerd op aannames betreffende een **eindbeeld** (de terugverdientijd neemt de eenmalige **ontwikkelingskosten** niet mee, zie pagina 14 en 19 van het Basisrapport). Bij de **LNG optie** is het nog **onzeker** of dit eindbeeld bereikt kan worden wegens de onzekere **factoren technologie, homologatie, prijs materieel, prijs LNG en infrastructuur LNG**. Deze onzekerheden zijn niet verdisconteerd in de uitkomsten van de LNG optie en leiden tot een grotere bandbreedte van mogelijke uitkomsten in vergelijking met de uitkomsten van elektrificatie.
- Vanuit puur financieel perspectief is de **LNG optie excl. opvangen remenergie slechts beperkt rendabeler dan de LNG optie incl. opvangen remenergie**. Dit heeft te maken met de relatief **beperkte levensduur** van supercaps (vervangingsinvesteringen). Het beperkte nadeel kan in de praktijk nog hoger uitvallen als vervanging niet gelijk met regulier onderhoud kan worden gepland. Desondanks zou besloten kunnen worden tot ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie vanwege de additionele CO_2 reductie.

Elektrificatie: Gevoeligheidsanalyse op totaalniveau

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd. De terugverdientijd van 29,0 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld (hoofdstuk 6 in het Basisrapport).



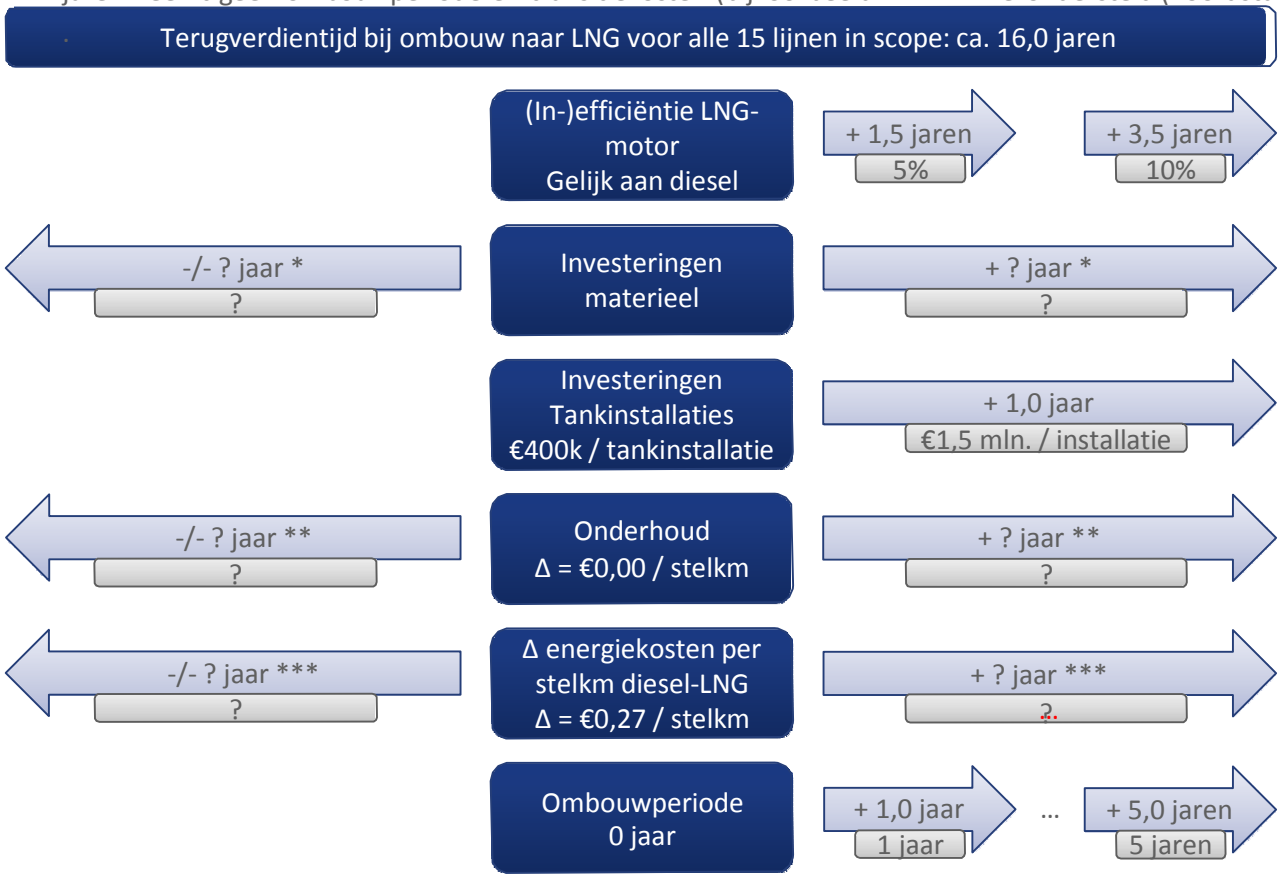
* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 1,0 jaren meer of 1,0 jaar minder.*

** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en elektra 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 4,0 jaren minder of 5,5 jaren meer.*

Figuur 3.2: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van elektrificatie op hoofdlijnen.

LNG: Gevoeligheidsanalyse op totaalniveau

- Onderstaande figuur toont de gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. De terugverdientijd van 16,0 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen LNG en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld (hoofdstuk 6 in het Basisrapport).



** Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 4,0 jaren meer of 4,0 jaren minder.*

*** Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in onderhoud tussen diesel en LNG 10% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 3,0 jaren meer of 2,5 jaren minder.*

**** Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en LNG 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 2,0 jaren minder of 2,0 jaren meer.*

Figuur 3.3: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van ombouw naar LNG op hoofdlijnen.

Optimalisatie investeringsmoment per lijn

- Bij de financiële analyse op lijnniveau is rekening gehouden met optimalisatie van het investeringsmoment voor vergroening, om kapitaalsvernietiging van het huidige materieel te voorkomen. Dit moment is met name afhankelijk van:

  (i) De technische mogelijkheid tot ombouw huidig materieel;
  (ii) De resterende levensduur van het huidige materieel;
  (iii) De looptijd van de concessie;
  (iv) De eigendomssituatie van het materieel (restwaarderisico).

- De ombouw van materieel is vanuit bedrijfseconomisch perspectief te prefereren boven aanschaf van nieuw materieel, omdat hier een lager investeringsbedrag mee is gemoeid, terwijl er een gelijk exploitatievoordeel wordt behaald, tenzij de resterende levensduur te kort is om de investering in het materieel terug te verdienen.

- In aanvulling op hetgeen reeds in het Basisrapport uiteen is gezet geldt voor specifiek de twee additionele lijnen, Zwolle – Enschede en Zwolle – Kampen, dat hier DM '90 materieel rijdt. Dit materieel is niet geschikt voor ombouw, derhalve is aanschaf van nieuw materieel de enige mogelijkheid. Om kapitaalsvernietiging te voorkomen is elektrificatie aannemelijk op het moment dat DM '90 materieel bedrijfseconomisch is afgeschreven. Dit is over 3 jaar het geval.

Elektrificatie

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn.
- De **terugverdientijden variëren van ca. 13,0 tot ca. 24,0 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Implementatie	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Zwolle – Enschede	Direct	Nieuw	€37	€40	-/- €3 (1)	**13,0 / 9,8%**	4.647	€0,3
Zwolle – Kampen	Direct	Nieuw	€12	€13	-/- €0,6 (1)	**24,0 / 4,6%**	759	€0,05

Figuur 4.1: Uitkomsten elektrificatie op lijnniveau (1) Delta investeringen t.o.v. dieselmaterieel, zie ook pagina 45 van Basisrapport.

- In vergelijking met de overige 13 lijnen zijn de terugverdientijden van de investeringen voor elektrificatie van de twee additionele lijnen relatief laag. Dit komt met name voort uit de volgende drie elementen:
  - (i) Het zijn relatief druk bereden trajecten, waardoor het relatieve exploitatievoordeel toeneemt;
  - (ii) Zwolle – Enschede is al voor een substantieel deel (ca. 40%) geëlektrificeerd, waardoor de benodigde infrastructurele investeringen om het hele baanvak te elektrificeren relatief laag zijn, terwijl toch het volledige exploitatievoordeel benut wordt;
  - (iii) Op beide lijnen dient direct nieuw materieel ingezet te worden. Uitgaande van gehanteerde assumpties (zie hoofdstuk 6 Basisrapport), is de aanschaf van elektrisch materieel goedkoper dan dieselmaterieel. Ten opzichte van de referentiecasus resulteert dit dus in een investerings-voordeel (negatieve investering).

LNG excl. opvangen remenergie

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn exclusief opvangen remenergie.
- De **terugverdientijden variëren van ca. 4,5 jaren tot ca. 6,0 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Moment vergroening	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Zwolle – Enschede	Direct	Nieuw	€5	€0,2	€5	**4,5 / 30,8%**	2.946	€0,2
Zwolle – Kampen	Direct	Nieuw	€1	€0,2	€1	**6,0 / 21,8%**	481	€0,05

Figuur 4.2: Uitkomsten ombouw naar LNG op lijnniveau (exclusief opvangen remenergie).

LNG incl. opvangen remenergie

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn inclusief opvangen remenergie.
- In dit geval **variëren de terugverdientijden van ca. 5,5 jaren tot ca. 7,5 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Moment vergroening	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Zwolle – Enschede	Direct	Nieuw	€7	€0,2	€7	**5,5 / 22,5%**	3.238	€0,2
Zwolle – Kampen	Direct	Nieuw	€2	€0,2	€1	**7,5 / 16,4%**	529	€0,05

Figuur 4.3: Uitkomsten ombouw naar LNG op lijnniveau (inclusief opvangen remenergie).

Conclusie: Terugverdientijd en IRR op lijnniveau

- Onderstaande figuur geeft een overzicht van de terugverdientijd en IRR op individueel lijnniveau voor de vergroeningsopties. De IRR is berekend op basis van een periode van 50 jaren startend op het moment van de eerste investering. Terugverdientijd neemt niet de kasstromen na het terugverdienen in ogenschouw. IRR neemt deze kasstromen wel mee.

- De indicatieve terugverdientijd en IRR van elektrificatie lijkt voor beide lijnen minder gunstig dan voor LNG door de hoge investeringen in infrastructuur. De uitkomsten van de LNG optie zijn op dit moment echter nog met een duidelijk grotere onzekerheid omgeven. Vanuit puur financieel perspectief is ombouw naar LNG excl. opvangen remenergie slechts beperkt rendabeler dan ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie. Dit heeft te maken met de relatief beperkte levensduur van supercaps (vervangings-investeringen).

Treindiensten	Elektrificatie: terugverdientijd en IRR	Ombouw naar LNG excl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR	Ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR
Zwolle – Enschede	13,0 jaren; 9,8%	4,5 jaren; 30,8%	5,5 jaren; 22,5%
Zwolle – Kampen	24,0 jaren; 4,6%	6,0 jaren; 21,8%	7,5 jaren; 16,4%

Figuur 4.4: Terugverdientijd en IRR voor de twee additionele lijnen op basis van eindbeeld (zie ook pagina 41 Basisrapport) en uitgesplitst naar de beoordeelde vergroeningsopties.

Conclusie: Waar elektrificatie?

- Indien besloten zou worden tot elektrificatie dan behoren de trajecten Zwolle – Enschede en Zwolle – Kampen, op basis van de gebruiksintensiteit en de financiële analyse, tot de vijf trajecten die het eerst in aanmerking dienen te komen voor elektrificatie:

- Indien deze twee lijnen binnen het domein van de concessie waar zij onderdeel van uit maken worden beoordeeld dan zijn de volgende feiten relevant:

    - Zwolle – Enschede maakt in ieder geval tot en met eind 2014 onderdeel uit van de Hoofrailnet concessie en mogelijk wordt dit verlengd tot en met 2017;
    - Zwolle – Kampen is een concessie die uit één treindienst bestaat.

- Voor de trajecten Zwolle – Enschede en Zwolle – Kampen geldt dat men reeds in een vergaande fase van besluitvorming omtrent elektrificatie is. Onderhavige analyse toont dat deze twee regionale spoorlijnen, in vergelijking met de andere dertien lijnen in scope, in financiële zin behoren tot de vijf lijnen die het eerst in aanmerking zouden komen voor elektrificatie, gegeven de gehanteerde aannames.

- Voor Zwolle – Enschede betekent elektrificatie dat een doorgaande (elektrische) spoorverbinding vanuit regio Twente naar andere landsdelen wordt gerealiseerd. Het is nu namelijk zo dat de grootste drie steden in regio Twente (Almelo, Hengelo en Enschede) onderling middels elektrisch spoor zijn verbonden, maar dat er sprake is van een deels niet-geëlektrificeerd spoor tussen Zwolle en Wierden.

Conclusie: Waar LNG?

- Ombouw naar LNG lijkt meer geschikt indien dit voor een cluster van (meerdere) lijnen plaatsvindt. Dit wordt ingegeven doordat er een bepaalde schaalgrootte nodig is qua materieelinzet (aanschaf en onderhoud) en om de investeringen in tankinstallaties te kunnen dragen.

    - Binnen spoorexploitatie zijn schaalvoordelen ten aanzien van materieelaanschaf cruciaal. Dit element weegt echter nog zwaarder indien er nog ontwikkelings- en (eenmalige) toelatingskosten gemaakt dienen te worden voor het materieel, zoals bij LNG het geval is;
    - Voor individuele lijnen geldt dat de investering in een tankinstallatie relatief zwaar op de te behalen exploitatie-voordelen drukt, terwijl het bij een cluster van lijnen mogelijk is om met minder tankinstallaties te volstaan (idem aan huidige situatie diesel-tankinstallaties).

- Voor Zwolle – Enschede en Zwolle – Kampen is ombouw naar LNG voor de korte termijn geen reële mogelijkheid aangezien een noodzakelijk pilot project ca. 3 jaar duurt (zie ook pagina 17 en 19 van het Basisrapport), terwijl er in beginsel binnen nu en drie jaar nieuw materieel besteld dient te worden.

- Het gevolg is dat er voor Zwolle – Enschede en Zwolle – Kampen *op dit moment* twee mogelijkheden zijn, te weten: (i) nu kiezen voor elektrificatie, ofwel (ii) uitstellen van een keuze en voortzetten van de referentiesituatie (aanschaffen nieuw dieselmaterieel). In afwachting van een (onder meer technisch en economisch) succesvol LNG pilot project blijft dan de mogelijkheid open om in een later stadium voor elektrificatie dan wel LNG te kiezen.

Doelstelling onderzoek en onderzoeksvragen

- IenM heeft First Dutch verzocht om, ten behoeve van de decentrale overheden en de regionale vervoerders, de belangrijkste financiële consequenties van de onderstaande vergroeningsmogelijkheden voor een aantal regionale diesellijnen in kaart te brengen:

    1. Volledige elektrificatie van de diesellijnen;
    2. Inzetten van LNG treinen in plaats van dieseltreinen, al dan niet in combinatie met regeneratie van remenergie;
    3. Inzetten van bio-LNG treinen in plaats van dieseltreinen, al dan niet in combinatie met regeneratie van remenergie.

- Doel van het onderzoek is om de financiële consequenties van vergroeningsmogelijkheden ten opzichte van de referentiesituatie (diesel) op hoofdlijnen inzichtelijk te maken en om deze gevolgen voor individuele lijnen met elkaar te kunnen vergelijken. De uitkomsten bieden een basis en een afwegingskader voor verdiepend onderzoek naar implementatie van elektrificatie of (bio-)LNG.

- De volgende onderzoeksvragen zijn behandeld:

1. *Terugverdientijd en Interne rendementsvoet (IRR*) op totaalniveau:* Wat is bij benadering het totale potentiële financieel effect als alle regionale diesellijnen binnen de scope worden geëlektrificeerd dan wel met (bio-)LNG treinen worden bediend?

2. *Terugverdientijd en IRR per individuele lijn:* Wat is bij benadering het potentiële financieel effect (terugverdientijd, IRR) van elektrificatie dan wel bediening met (bio-)LNG treinen voor elk van de individuele regionale diesellijnen binnen de scope en hoe verhouden de individuele lijnen zich ten opzichte van elkaar?

3. *Verdeling financieel effect en gevolgen voor terugverdientijd:* Welke basisscenario's zijn denkbaar voor de verdeling van het potentiële financieel effect van vergroening van een individuele lijn tussen concessieverlener en exploitant?

** De IRR is een objectieve maatstaf voor het vergelijken van alternatieven in financieel opzicht.*

Invalshoek financiële consequenties

- Om een zo objectief mogelijke vergelijking te krijgen tussen de vergroeningsmogelijkheid en de referentiesituatie (diesel), zonder daarbij het (financieel) belang van exploitant dan wel concessie-verlener te laten prevaleren, gelden de financiële consequenties *voor concessieverlener en exploitant gezamenlijk* als uitgangspunt.

- Dit betekent dat infrastructuur, materieel en exploitatie van concessieverlener en exploitant gezamenlijk in aanmerking worden genomen. Hierbij is een verdeling van investeringen en financiële effecten naar concessieverleners en vervoerders (nog) niet aan de orde.

- De energieleverancier en achterliggende brandstofketen zijn buiten beschouwing. De energieprijs per eenheid 'aan de pomp/draad' is de relevante factor, waarbij wordt aangenomen dat eventueel benodigde investeringen die voor rekening komen van de energieleverancier in deze prijs verdisconteerd zijn.

Financiële gevolgen onderdeel van meerdere afwegingen

- De financiële gevolgen van de vergroeningsmogelijkheden vormen altijd een onderdeel van een groter geheel van afwegingen, waaronder politieke en maatschappelijke wenselijkheid, die aan besluitvorming ten grondslag zullen liggen.

- De uiteindelijke beslissing over implementatie van een bepaalde vergroeningsoptie en de verdeling van investeringen, kosten en opbrengsten tussen concessieverlener en exploitant op het niveau van een individuele lijn (of cluster) dient tot stand te komen op basis van verdiepend onderzoek en onderhandeling tussen betrokken partijen.

Scope

- In overleg met stakeholders (opdrachtgever, decentrale overheden en regionale vervoerders) is de scope en doelstelling van het onderzoek vastgesteld.

- De vergroeningsmogelijkheden die op dit moment het meest realistisch worden geacht zijn nader onderzocht. Hoofdstuk 2 van het Basisrapport geeft een nadere beschrijving van deze drie vergroeningsopties. Het gaat om:

    1. Elektrificatie (bovenleiding);
    2. LNG met / zonder regeneratie van remenergie;
    3. Bio-LNG met / zonder regeneratie van remenergie.

- Onderhavig onderzoek is gericht op vijftien regionale spoorlijnen in Nederland, waarop momenteel diesel-elektrisch materieel wordt ingezet (zie figuur op pagina 4 voor een overzicht van de spoor-lijnen). Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:
    - Alleen personenvervoer;
    - Bedieningspatroon, baanvakcapaciteit en materieeltype (voor zover mogelijk) op basis van de huidige situatie;
    - Elektrificatie op basis van 1.500 volt;
    - Energieprijs 'aan de pomp/draad';
    - Het CO_2 effect wordt weergegeven op basis van 'tank-to-wheel' emissie (diesel, LNG). Voor elektriciteit is dit inclusief CO_2 effect van opwekking ('grijze' stroom). Zie pagina 39 van het Basisrapport.

Belangrijkste geraadpleegde bronnen

- Er is intensief contact geweest met onderstaande bronnen om benodigde informatie te verzamelen. In de kern zijn deze bronnen in te delen in:
    - Regionale vervoerders;
    - Overheden (centraal en decentraal);
    - Specialisten.

- De diverse bronnen hebben onder meer diverse rapporten en overige informatiebronnen ter beschikking gesteld.

Beschikbare informatie bio-LNG (nog te) beperkt

- Toepassing van bio-LNG blijkt feitelijk geen parallelle casus, maar een optioneel eindbeeld binnen de vergroeningsmogelijkheid LNG. Bio-LNG biedt extra voordelen ten opzichte van LNG maar is nog relatief onzeker. Bio-LNG wordt namelijk nog niet op grote schaal geproduceerd, de technologie om lokaal LNG te kunnen produceren is nog in ontwikkeling.

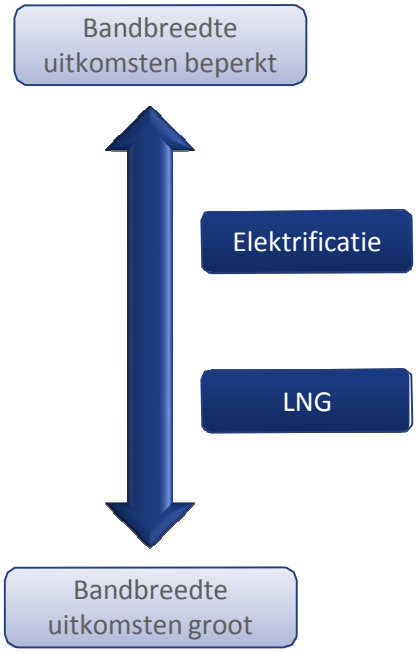
- Dit maakt dat de beschikbare gegevens over bio-LNG op dit moment beperkt zijn en gepaard gaan met de nodige onzekerheden. Hoewel de toepassing van bio-LNG in het spoorvervoer zeker op de lange termijn vele maatschappelijke voordelen lijkt te hebben ten opzichte van de huidige situatie, is het niet mogelijk gebleken om bio-LNG als losstaande optie kwantitatief (met een voldoende bandbreedte in de uitkomsten) uit te werken.

Bandbreedte uitkomsten verschilt per vergroeningsoptie

- De vergroeningsopties elektrificatie en LNG zijn kwantitatief uitgewerkt. De bijbehorende uitkomsten verschillen echter in bandbreedte. Dit komt voort uit een verschil in de mate van zekerheid van de cruciale assumpties.

- In geval van elektrificatie is er sprake van een relatief beperkte bandbreedte van uitkomsten.

- Onder ombouw naar LNG is er echter sprake van een grotere bandbreedte van de mogelijke uitkomsten, hetgeen wordt veroorzaakt door een hogere mate van onzekerheid ten aanzien van het investerings-niveau.



Figuur 5.1: Inzicht in verschil in bandbreedte tussen vergroeningsopties elektrificatie en LNG.

Invloed van lijn specifieke kenmerken

- Per individuele spoorlijn zijn er een aantal kenmerken die van invloed zijn op de verwachte uitkomsten van de business case in absolute zin, als wel op de uitkomsten ten opzichte van de andere lijnen. De volgende elementen kunnen beïnvloed worden door specifieke kenmerken van een bepaalde lijn:
    - Het meest geschikte moment van implementatie van een vergroeningsoptie;
    - Het meest geschikte type vergroeningsoptie per lijn ('welke optie past beter voor één of meerdere lijnen en waarom');
    - De onderlinge rangorde van de individuele lijnen ('welke lijn komt het eerste in aanmerking voor een specifieke vergroeningsoptie en waarom');
    - De terugverdientijd (en IRR) van de vergroeningsopties per specifieke lijnen onder consideratie.
- Middels gesprekken met regionale vervoerders zijn de diverse kenmerken in kaart gebracht en waar mogelijk en waar relevant zijn geïdentificeerde lijnspecifieke kenmerken meegenomen in de business cases.

Relevante lijn specifieke kenmerken

- De volgende clusters van lijn specifieke kenmerken zijn in kaart gebracht:
    - Ligging van een spoorlijn: De ligging ten opzichte van andere lijnen / aansluiting op een cluster van lijnen biedt mogelijkheden voor grotere schaalvoordelen van materieel (investeringen, onderhoud, reserve-opslag);
    - Traject informatie: Specificaties van de trajecten zijn met name van belang voor de investeringsomvang. Daarnaast verschaft het een beter beeld van de verschillende soorten trajecten;
    - Gebruiksintensiteit: Deze kenmerken geven aan in welke mate een traject druk dan wel minder druk wordt bereden. Hierbij geldt dat bij een drukker bereden lijn de exploitatievoordelen relatief groter zijn en de investering zich relatief sneller terugverdiend;
    - Materieelinzet: Dit element maakt het mogelijk om uiteindelijk vast te kunnen stellen (i) of ombouw van materieel überhaupt een mogelijkheid is en (ii) te bepalen in hoeverre deze optie realistisch is gegeven de resterende economische levensduur van het materieel. Ook biedt het benodigd inzicht in het de hoeveelheidscomponent van de materieelinvesteringen;
    - Kenmerken concessie: Door de kenmerken van de concessie te combineren met de kenmerken van materieelinzet kan het investeringsmoment (voor de verschillende vergroenings-opties) worden geoptimaliseerd.

Business cases: delta investeringen en exploitatiekosten

- Kernpunt bij iedere vergroeningsoptie is dat er ten opzichte van de referentiesituatie bepaalde investeringen noodzakelijk zijn om een andere aandrijving mogelijk te maken. Vervolgens geldt dat er een verschil in exploitatiekosten en vervangingsinvesteringen op kunnen treden ten opzichte van de huidige situatie (diesel-elektrische aandrijving). Onderstaande figuur toont de financiële elementen die zijn meegenomen in de business cases van de vergroeningsopties.

  Hierbij is op hoofdlijnen aangegeven of een element in financieel opzicht een voordeel, een nadeel of (nagenoeg) geen verschil oplevert ten opzichte van de referentie.

- De verwachte CO_2 reductie heeft geen invloed op terugverdientijd of IRR. Dit effect is echter wel separaat gekwantificeerd aangezien het een relevant aspect is voor besluitvorming rondom vergroening van het spoor.

Meest relevante elementen	Diesel ('referentie')	Elektrificatie	LNG (1)	Bio-LNG (1)
Investeringen				
Investeringen infrastructuur	0	–	0	0
Investeringen tankinstallaties	0	0	–	–
Investeringen materieel	0	–	–	–
Exploitatiekosten				
Energiekosten	0	+	+	+
Onderhoudskosten	0	+	0	0
Handelingskosten (2)	0	+	0	0
Gebruiksvergoeding	0	–	0	0

Figuur 5.2: Samenvattend beeld vergroeningsopties ten opzichte van dieselexploitatie ('status quo'). Hierbij wordt met '–' een nadeel t.o.v. de status quo bedoeld en '+' een voordeel t.o.v. dieselexploitatie. '0' geeft aan dat er geen wezenlijke wijziging wordt verwacht. (1) Inclusief opvangen van remenergie. (2) Handelingskosten hebben betrekking op tankwerkzaamheden.

Uitkomsten op totaal niveau i.g.v. directe implementatie

- Onderstaande figuur toont de financiële uitkomsten van elektrificatie en ombouw naar LNG (excl. en incl. opvangen remenergie) voor de situatie dat **op alle lijnen** binnen de scope **gelijktijdig en per direct** de vergroeningsmogelijkheid wordt geïmplementeerd. Hierbij is geen rekening gehouden met optimalisatie van het moment van implementatie (zie 'optimalisatie investeringsmoment per lijn' hierna).

- De analyse op totaal niveau gaat uit van ombouw van de huidige 98 treinstellen Stadler GTW DMU (dieselmaterieel) naar GTW EMU (elektrisch) / GTW LNG. De huidige 11 treinstellen LINT materieel en de huidige 20 treinstellen DM '90 materieel worden vervangen door 31 nieuwe treinstellen Stadler GTW EMU / GTW LNG.

- **Elektrificatie lijkt minder gunstig dan LNG**, hetgeen met name wordt veroorzaakt door de hoge **investeringen in infrastructuur**. Dit effect is met name terug te zien in de **langere terugverdientijd** van elektrificatie. De **IRR** neemt kasstromen na de terugverdientijd mee en toont een **kleiner verschil**, zeker bij langere meetperiodes.

- Let wel; de uitkomsten zijn gebaseerd op aannames betreffende een **eindbeeld** (de terugverdientijd neemt de eenmalige **ontwikkelingskosten** niet mee, zie pagina 14 en 19 van het Basisrapport). Bij de **LNG optie** is het nog **onzeker** of dit eindbeeld bereikt kan worden wegens de onzekere **factoren technologie, homologatie, prijs materieel, prijs LNG en infrastructuur LNG**. Deze onzekerheden zijn niet verdisconteerd in de uitkomsten van de LNG optie en leiden tot een grotere bandbreedte van mogelijke uitkomsten in vergelijking met de uitkomsten van elektrificatie.

Overzicht op hoofdlijn niveau: 15 lijnen binnen scope	Investering totaal (in mln. €)	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Elektrificatie	€810	€671	N.v.t.	€139	29,0 / 3,1%	32.900	€2,2
Ombouw LNG (1)	€143	N.v.t.	€3,6	€140	15,5 / 6,9%	20.850	€1,4
Ombouw LNG (2)	€162	N.v.t.	€3,6	€159	16,0 / 6,8%	22.920	€1,6

Figuur 5.3: Overzicht uitkomsten op totaalniveau. Uitgangspunt is dat alle 15 lijnen onder consideratie worden geëlektrificeerd dan wel omgezet in LNG-exploitatie. Het element CO_2 reductie maakt geen onderdeel uit van de terugverdientijd, maar is een relevant aspect in de besluitvorming. Hierbij is het prijsverschil tussen diesel en, respectievelijk, elektriciteit en LNG in de jaren constant verondersteld. (1) Ombouw exclusief opvangen remenergie. (2) Ombouw inclusief opvangen remenergie.

Toelichting uitkomsten op totaalniveau onder elektrificatie

- Indien alle diesellijnen binnen de scope van het onderzoek per direct **geëlektrificeerd** zouden worden, vergt dat een **investering** van bij benadering **€810 mln**. waarvan €671 mln. in infrastructuur (voor 618 km aan te elektrificeren spoor) en €139 mln. in materieel (ombouw waar mogelijk).

- De **terugverdientijd** van de totale investering bedraagt **29,0 jaren** en de **IRR bedraagt 3,1%**. Dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten** (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Hierbij is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld.

- De uitstoot van **CO_2** wordt **met 32.900 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €2,2 mln. per jaar; niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).

- De belangrijkste onzekere elementen zijn meegenomen in een gevoeligheidsanalyse, zie pagina 8 van het Basisrapport. Hierbij is inzichtelijk gemaakt welk effect een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd heeft. Dit betreft de volgende factoren:
  - Investeringen infrastructuur (bedrag per spoorkm);
  - Investeringen materieel;
  - Verschil in energiekosten per stelkm voor elektra t.o.v. diesel;
  - Additionele beheer- en instandhoudingskosten ProRail;
  - Ombouwperiode.

Toelichting uitkomsten op totaalniveau onder LNG ombouw

- Bij ombouw van alle diesellijnen binnen de scope van het onderzoek **voor gebruik van LNG**, vergt dat een **investering** van bij benadering **€143 mln**. waarvan €140 mln. in materieel en €3,6 mln. in tankinstallaties. Indien wordt gekozen om de treinstellen uit te rusten met supercaps voor het **opvangen van remenergie** vergt dit een **additionele investering** van ongeveer **€19 mln.** in materieel.

- De **terugverdientijd** van de totale investering bedraagt **15,5 jaren excl. opvangen remenergie** (dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten,** bijvoorbeeld voor vervangend vervoer). De **IRR bedraagt 6,9%**. Indien **LNG wordt omgebouwd incl.** het **opvangen van remenergie** dan bedraagt de **terugverdientijd** van de totale investering **16,0 jaren** (dit is **exclusief ombouwperiode en transitiekosten).** De **IRR** bedraagt **6,8%**.

- De uitstoot van **CO_2** wordt achtereenvolgens **met 20.850 ton en / of 22.920 ton per jaar gereduceerd** (geldelijke tegenwaarde ad €1,4 mln. per jaar en €1,6 mln. per jaar, respectievelijk; niet meegenomen bij bepaling terugverdientijd).

Toelichting uitkomsten op totaalniveau onder LNG ombouw

- De belangrijkste onzekere elementen zijn meegenomen in een gevoeligheidsanalyse, zie pagina 44 van het Basisrapport. Hierbij is inzichtelijk gemaakt welk effect een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd heeft. Dit betreft de volgende factoren:
  - (In-)efficiëntie LNG-motor;
  - Investeringen materieel;
  - Investeringen tankinstallaties;
  - Onderhoud;
  - Verschil in energiekosten per stelkm voor LNG t.o.v. diesel;
  - Ombouwperiode.

Uitkomst opvangen remenergie op totaalniveau

- Vanuit puur financieel perspectief is de **LNG optie excl. opvangen remenergie slechts beperkt rendabeler dan de LNG optie incl. opvangen remenergie**. Dit heeft te maken met de relatief **beperkte levensduur** van supercaps (vervangingsinvesteringen). Het beperkte voordeel kan in de praktijk nog lager uitvallen als vervanging niet gelijk met regulier onderhoud kan worden gepland. Desondanks zou besloten kunnen worden tot ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie vanwege de additionele CO_2 reductie.

Optimalisatie investeringsmoment per lijn

- Bij de financiële analyse op lijnniveau is rekening gehouden met optimalisatie van het investeringsmoment voor vergroening, om kapitaalsvernietiging van het huidige materieel te voorkomen. Dit moment is met name afhankelijk van:

  (i) De technische mogelijkheid tot ombouw huidig materieel;
  (ii) De resterende levensduur van het huidige materieel;
  (iii) De looptijd van de concessie;
  (iv) De eigendomssituatie van het materieel (restwaarderisico).

- De ombouw van materieel is vanuit bedrijfseconomisch perspectief te prefereren boven aanschaf van nieuw materieel, omdat hier een lager investeringsbedrag mee is gemoeid, terwijl er een gelijk exploitatievoordeel wordt behaald. Tenzij de resterende levensduur te kort is om de investering in het materieel terug te verdienen.

- Elf van de dertien lijnen onder consideratie maken gebruik van Stadler GTW DMU materieel dat relatief eenvoudig omgebouwd kan worden naar elektrisch of LNG materieel. Voor deze lijnen geldt dat het huidige materieel een substantiële resterende levensduur kent waardoor de ombouwinvesteringen binnen de resterende levensduur van het materieel en concessielooptijd worden terugverdiend, mits het exploitatievoordeel in eerste instantie wordt gebruikt om de investeringen in materieel te dekken. Afhankelijk van de verdeling van investeringen, kosten en opbrengsten tussen concessieverlener en exploitant kan het 'optimale moment van vergroenen' verschuiven. Dit vergt een verdiepende analyse.

- Op de lijn Roermond – Nijmegen wordt nu GTW DMU ingezet met een substantiële resterende levensduur. De business case gaat uit van ombouw, maar het materieel kan aan het einde van de lopende concessie (2016) zonder restwaarderisico terug naar de leasemaatschappij, waardoor inzet van nieuw materieel ook te overwegen is. Omdat de GTW EMU in de basis goedkoper is dan de GWT DMU, verkort dit de terugverdientijd. Zie de gevoeligheidsanalyse op pagina 77 van het Basisrapport.

- Op de lijnen Zutphen – Oldenzaal en Almelo – Mariënberg rijdt LINT-materieel dat niet geschikt is voor ombouw, derhalve is aanschaf van nieuw materieel de enige mogelijkheid. Dit geldt ook voor het DM '90 materieel dat momenteel op de lijnen Zwolle – Enschede en Zwolle – Kampen rijdt. Om kapitaalsvernietiging te voorkomen is elektrificatie aannemelijk op het moment dat het materieel bedrijfseconomisch is afgeschreven. Voor het LINT-materieel is dit bij benadering rond het einde van de huidige concessie het geval en voor het DM '90 materieel is hier over 3 jaar sprake van.

Terugverdientijd en IRR op lijnniveau

- Onderstaande figuur geeft een overzicht van de terugverdientijd en IRR op individueel lijnniveau voor de vergroeningsopties. De IRR is berekend op basis van een periode van 50 jaren startend op het moment van de eerste investering. Terugverdientijd neemt niet de kasstromen na het terugverdienen in ogenschouw. IRR neemt deze kasstromen wel mee. LNG incl. opvangen remenergie laat daardoor in sommige gevallen een kortere terugverdientijd zien die gepaard met een lagere IRR dan de situatie excl. opvangen remenergie.
- De indicatieve terugverdientijd en IRR van elektrificatie lijkt voor alle lijnen minder gunstig dan voor LNG door de hoge investeringen in infrastructuur. De uitkomsten van de LNG optie zijn op dit moment echter nog met een duidelijk grotere onzekerheid omgeven. Vanuit puur financieel perspectief is ombouw naar LNG excl. opvangen remenergie slechts beperkt rendabeler dan ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie. Dit heeft te maken met de relatief beperkte verwachte levensduur van supercaps (vervangingsinvesteringen).

Treindiensten	Elektrificatie: terugverdientijd en IRR	Ombouw naar LNG excl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR	Ombouw naar LNG incl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR
Groningen – Veendam / Leer	34,0 jaren; 2,1%	13,0 jaren; 8,4%	12,5 jaren; 8,2%
Groningen – Delfzijl	31,0 jaren; 2,7%	11,5 jaren; 10,1%	11,5 jaren; 9,8%
Groningen – Roodeschool	31,0 jaren; 2,6%	18,0 jaren; 5,3%	18,0 jaren; 5,3%
Groningen – Leeuwarden	27,5 jaren; 3,3%	12,0 jaren; 9,3%	13,0 jaren; 8,8%
Leeuwarden – Harlingen	32,5 jaren; 2,4%	10,5 jaren; 11,3%	10,5 jaren; 10,9%
Leeuwarden – Stavoren	36,0 jaren; 1,8%	10,0 jaren; 11,5%	9,5 jaren; 11,4%
Arnhem – Winterswijk	20,0 jaren; 5,6%	15,0 jaren; 7,2%	15,0 jaren; 6,8%
Zutphen – Winterswijk	36,0 jaren; 1,8%	10,0 jaren; 11,7%	11,0 jaren; 11,1%
Zutphen – Apeldoorn	32,0 jaren; 2,4%	18,0 jaren; 5,6%	17,5 jaren; 5,5%
Arnhem – Tiel	43,5 jaren; 0,8%	10,5 jaren; 11,4%	11,0 jaren; 11,0%
Almelo – Mariënberg	40,5 jaren; 1,2%	7,0 jaren; 18,0%	6,5 jaren; 18,9%
Zutphen – Oldenzaal	30,0 jaren; 2,7%	5,0 jaren; 25,2%	6,0 jaren; 20,6%
Roermond – Nijmegen	28,5 jaren; 3,1%	12,5 jaren; 9,1%	12,0 jaren; 8,5%
Zwolle – Enschede	13,0 jaren; 9,8%	4,5 jaren; 30,8%	5,5 jaren; 22,5%
Zwolle – Kampen	24,0 jaren; 4,6%	6,0 jaren; 21,8%	7,5 jaren; 16,4%

Figuur 5.4: Terugverdientijd en IRR voor individuele lijnen op basis van eindbeeld (zie ook pagina 62 Basisrapport) en uitgesplitst naar de beoordeelde vergroeningsopties.

Conclusie: Waar elektrificatie?

- Indien besloten zou worden tot elektrificatie zouden de volgende vijf trajecten, op basis van de gebruiksintensiteit en de financiële analyse, het eerst in aanmerking dienen te komen voor elektrificatie:
  - **Groningen – Leeuwarden;**
  - **Arnhem – Winterwijk;**
  - **Roermond – Nijmegen (Maaslijn);**
  - **Zwolle – Enschede;**
  - **Zwolle – Kampen.**

- Indien deze lijnen binnen het domein van de concessie waar zij onderdeel van uit maken worden beoordeeld dan zijn de volgende feiten relevant:
  - Voor Groningen – Leeuwarden en Arnhem – Winterswijk geldt allebei dat zij onderdeel uitmaken van een (separaat) cluster van diesel-lijnen. Elektrificatie van deze twee lijnen biedt geen additionele operationele flexibiliteit aan een concessiehouder;
  - Roermond – Nijmegen is de enige 'diesellijn' binnen een concessie met meerdere 'geëlektrificeerde lijnen'. Dit maakt dat elektrificatie van deze lijn additionele exploitatie-voordelen biedt aan de concessiehouder vanwege de toenemende flexibiliteit in het materieelpark. Vanuit kwalitatief oogpunt lijkt elektrificatie van deze lijn een voordeel te hebben boven Groningen – Leeuwarden en Arnhem – Winterswijk.
  - Zwolle – Enschede maakt in ieder geval tot en met eind 2014 onderdeel uit van de Hoofrailnet concessie en mogelijk wordt dit verlengd tot en met 2017;
  - Zwolle – Kampen is een concessie die uit één treindienst bestaat.

- Voor de trajecten Zwolle – Enschede en Zwolle – Kampen geldt dat men reeds in een vergaande fase van besluitvorming omtrent elektrificatie is. Onderhavige analyse toont aan dat deze twee regionale spoorlijnen tot de vijf meest voor de hand liggende opties voor elektrificatie binnen de vijftien lijnen in scope behoren.

- Voor Zwolle – Enschede betekent elektrificatie dat een doorgaande (elektrische) spoorverbinding vanuit regio Twente naar andere landsdelen wordt gerealiseerd. Het is nu namelijk zo dat de grootste drie steden in regio Twente (Almelo, Hengelo en Enschede) onderling middels elektrisch spoor zijn verbonden, maar dat er sprake is van een deels niet-geëlektrificeerd spoor tussen Zwolle en Wierden.

- In appendix A.4 van het Basisrapport worden gevoeligheids-analyses voor de drie lijnen die hier als eerste zijn benoemd getoond. In aanvulling hierop biedt appendix A.1 van onderhavig addendum de gevoeligheidsanalyses voor Zwolle – Enschede en Zwolle – Kampen.

Conclusie: Waar LNG?

- Ombouw naar LNG lijkt meer geschikt indien dit voor een cluster van (meerdere) lijnen plaatsvindt. Dit wordt ingegeven doordat er een bepaalde schaalgrootte nodig is qua materieelinzet (aanschaf en onderhoud) en om de investeringen in tankinstallaties te kunnen dragen.
    - Binnen spoorexploitatie zijn schaalvoordelen ten aanzien van materieelaanschaf cruciaal. Dit element weegt echter nog zwaarder indien er nog ontwikkelings- en (eenmalige) toelatingskosten gemaakt dienen te worden voor het materieel, zoals bij LNG het geval is;
    - Voor individuele lijnen geldt dat de investering in een tankinstallatie relatief zwaar op de te behalen exploitatie-voordelen drukt, terwijl het bij een cluster van lijnen mogelijk is om met minder tankinstallaties te volstaan (idem aan huidige situatie diesel-tankinstallaties);
- Dit maakt dat implementatie van LNG treinen een mogelijkheid lijkt voor de volgende clusters van lijnen:
    - **Concessie Noordelijke lijnen (6 lijnen);**
    - **Concessie Achterhoek-Rivierenland (4 lijnen)** + eventueel op een later moment (einde huidige concessie) **Zutphen – Oldenzaal + Almelo – Mariënberg** (vanwege de ligging nabij de 4 lijnen van de Achterhoek-Rivierenland concessie).
- In appendix A.4 van het Basisrapport worden gevoeligheids-analyses voor genoemde clusters getoond.

Illustratieve verdeling financieel effect

- In de hiervoor weergegeven financiële consequenties wordt het uitgangspunt van *concessieverlener en exploitant gezamenlijk* gehanteerd. Een verdeling van investeringen en financiële effecten naar concessieverleners en vervoerders is hierbij (nog) niet aan de orde. Ter illustratie zijn een drietal mogelijke verdelingsscenario's ten aanzien van het exploitatievoordeel inzichtelijk gemaakt.

- Als de overheid / concessieverlener vergroening voor exploitanten financieel voldoende aantrekkelijk wil maken, dan dient haar bijdrage qua investeringen en onttrekking van het exploitatievoordeel zodanig te zijn, dat de exploitant een acceptabele terugverdientijd en marktconforme IRR verdient (bijvoorbeeld 6%). Bij elektrificatie zou het scenario waarbij investeringen en exploitatievoordeel pro rata parte verdeeld worden te weinig rendement opleveren voor de exploitant.

- De mate waarin de overheid een deel van het exploitatievoordeel naar zich toetrekt kan het 'optimale moment van vergroening' beïnvloeden, bijvoorbeeld als de exploitant zijn investering in materieel niet meer terug kan verdienen binnen de resterende levensduur van het huidige materieel. Gevolg is dat vergroening pas opportuun wordt zodra er nieuw materieel aangeschaft dient te worden. Dit dient per specifieke situatie nader bekeken te worden.

Verdiepend onderzoek

- Onderhavig onderzoek van First Dutch beperkt zich tot het inzichtelijk maken van de financiële consequenties op hoofdlijnen en vormt een basis en afwegingskader voor verdiepend onderzoek. De hierna genoemde aspecten zijn geïdentificeerd als zijnde belangrijk om een beter inzicht te krijgen in de (financiële) effecten vergroening van het (regionale) spoor.

- **Nadere uitwerking business cases op individueel lijnniveau:** De uiteindelijke beslissing over implementatie van een bepaalde vergroeningsoptie en de verdeling van investeringen, kosten en opbrengsten op het niveau van een individuele lijn (of cluster) zal tot stand komen op basis van verdiepend onderzoek en onderhandeling tussen betrokken partijen. Verdiepend onderzoek is in deze noodzakelijk aangezien een aantal belangrijke elementen, zoals het investeringsniveau, nu op een 'vuistregel' is gebaseerd. Dit is ingegeven doordat er in geval van elektrificatie geen specifieke investeringsbedragen voor de individuele baanvakken bekend zijn. Dit terwijl de werkelijke investering afhankelijk is van een twintigtal factoren, hetgeen er volgens ProRail toe kan leiden dat de daadwerkelijke investering per spoorkm ca. 40% hoger of lager uit kan vallen. Daarnaast dient in een verdiepende fase ook de specifieke situatie per lijn ('meersporigheid' bij stations, passeerstukken en rangeerterreinen, materieeltype en materieelinzet).

Verdiepend onderzoek (vervolg)

- **Pilot (bio-)LNG treinstellen:** Voor de toepassing van LNG in treinstellen geldt dat, hoewel de technologie in beginsel beschikbaar is, er nog stappen gezet moeten worden om deze in de juiste treinen toe te passen. De exacte specificaties zijn ook nog niet bekend. Om de onzekerheden ten aanzien van de toepassing van (bio-)LNG op het spoor weg te nemen verdient het aanbeveling om een proefproject (pilot) uit te voeren. Een pilot kan de technische haalbaarheid van toepassing op het spoor bewijzen en genereert de ervaringscijfers en andere gegevens die nodig zijn om de LNG business case met een grotere mate van zekerheid vast te kunnen stellen.

- **Elektrificatie op basis van 3.000 volt:** In onderhavige analyse wordt uitgegaan van elektrificatie op basis van 1.500 volt. Deze insteek komt voort uit de aanwezigheid van ervaringscijfers voor deze wijze van elektrificeren. Elektrificatie op basis van een 3.000 volt systeem kent echter een aantal additionele voordelen waardoor het mogelijk lijkt dat de terugverdientijd en IRR in een dergelijke situatie gunstiger uitpakken. Het verdient daarom aanbeveling om de gevolgen voor de business case van de implementatie van 3.000 volt nader te onderzoeken. In dit kader vindt er momenteel een onderzoek plaats uit hoofde van de Lange Termijn Spooragenda naar de toepassing van andere systemen op het HRN. De uitkomsten van dit onderzoek worden later dit jaar verwacht. Op basis van deze uitkomsten naar elektrificatie op basis van 3.000 volt zou aanvullend onderzoek kunnen plaatsvinden.

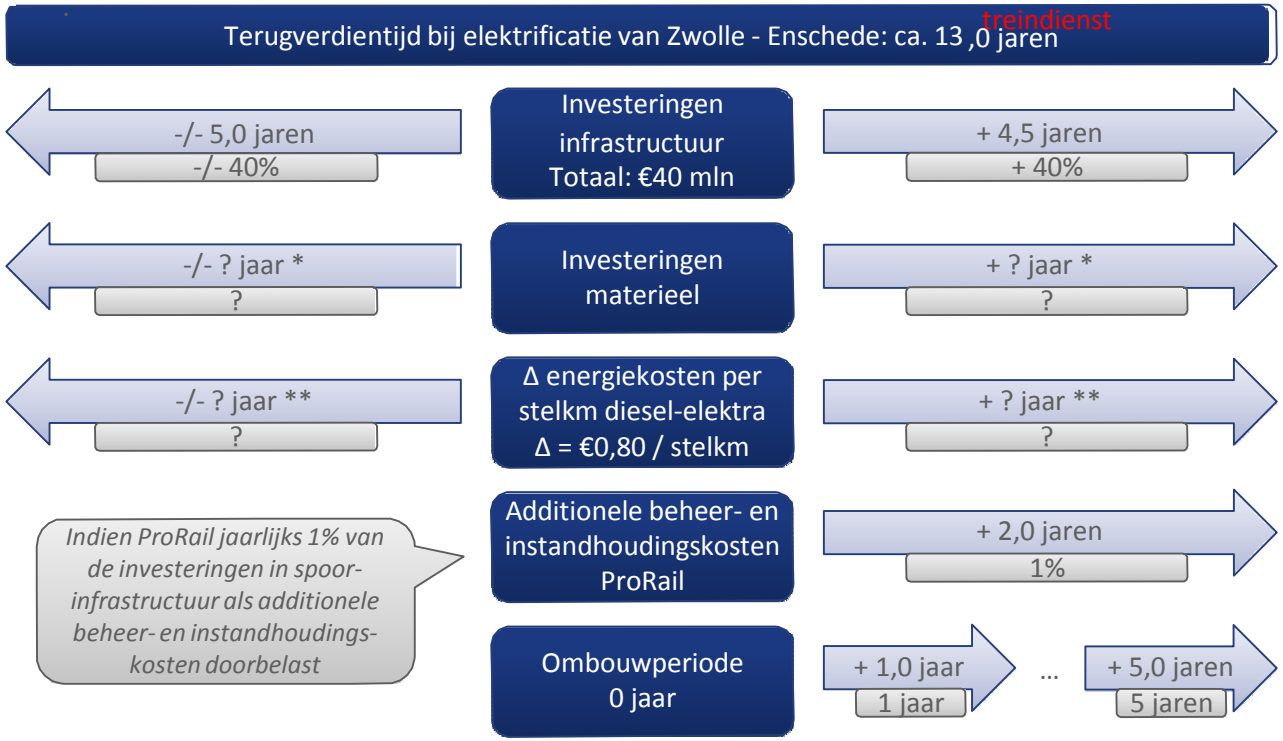
- **Onderzoek integrale business case lokale bio-LNG productie ten behoeve van een regionaal spoorsysteem:** Om te bepalen of en in hoeverre het financieel haalbaar is om lokale bio-LNG productie op te zetten om een regionaal spoorsysteem te voorzien van bio-LNG, is nader onderzoek naar de technische mogelijkheden en financiële parameters vereist. De voordelen van een dergelijk lokaal 'ecosysteem' kunnen in kaart gebracht worden door een business case voor brandstofproducent, concessieverlener en exploitant gezamenlijk op te stellen. Een dergelijke business case met inbegrip van investeringen, opbrengsten en kosten gerelateerd aan de energieketen zou voor de 'BV Nederland' tot aanvullende inzichten kunnen leiden, zeker waar het gaat om bio-LNG ten opzichte van LNG. Het lijkt daarom zinvol om de optie 'bio-LNG' middels een aanvullend onderzoek uit te werken met inbegrip van de energieketen. In dit opzicht is het aan te bevelen dat partijen die mogelijkheden zien om lokaal bio-LNG te produceren, waaronder waterschappen, een prijsindicatie voor bio-LNG afgeven, opdat de aantrekkelijkheid van lokaal geproduceerd bio-LNG inzichtelijk wordt gemaakt .

Appendix

Elektrificatie: Gevoeligheidsanalyse Zwolle - Enschede

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd. De terugverdientijd van 13,0 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld (hoofdstuk 6 in het Basisrapport).

- Door korter te keren op station Enschede kan onderhavige treindienst met twee treinstellen minder worden bereden (NS, Arriva, Lloyds Register). Het effect op de terugverdientijd hiervan is echter nihil.



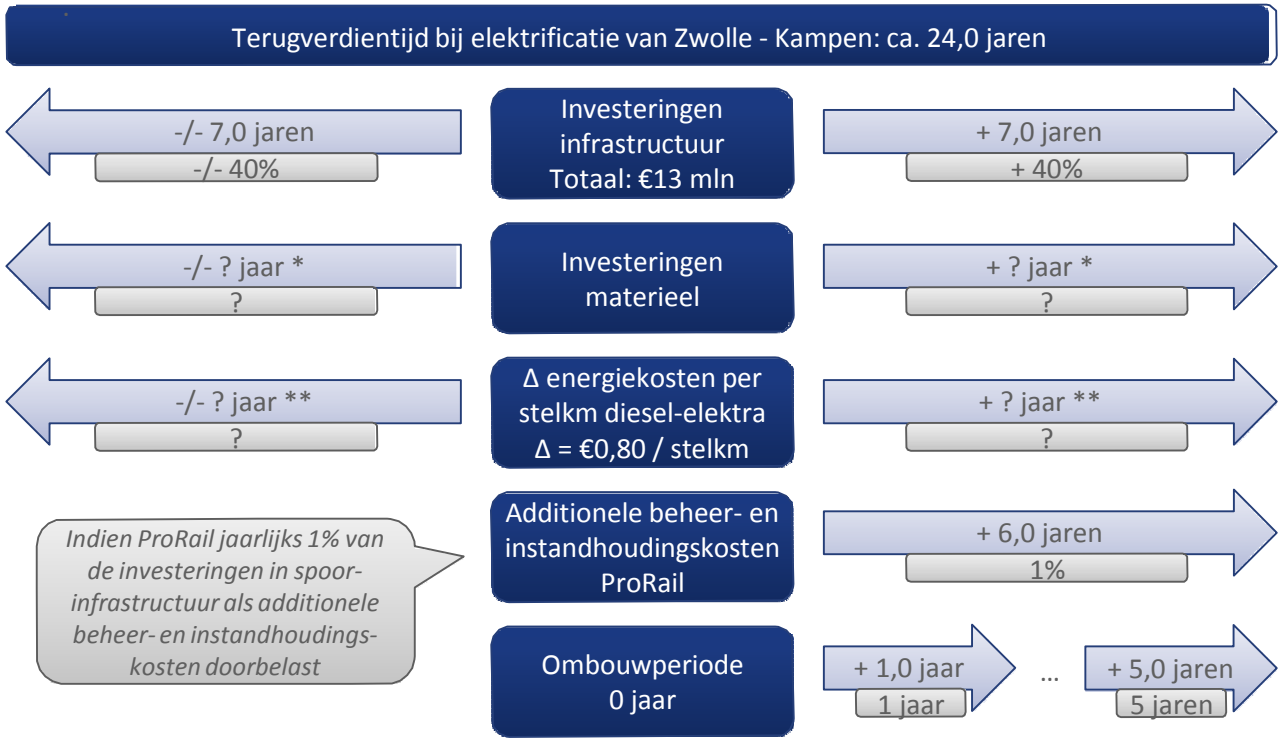
* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 0,5 jaren minder of 0,5 jaren meer.*

** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en elektra 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 2,0 jaren minder of 3,5 jaren meer.*

Figuur A.1.1: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van elektrificatie Zwolle – Enschede.

Elektrificatie: Gevoeligheidsanalyse Zwolle - Kampen

- Onderstaande figuur toont een gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste onzekere elementen. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van een gewijzigde assumptie op de terugverdientijd. De terugverdientijd van 24,0 jaren neemt geen ombouwperiode en transitiekosten (bijvoorbeeld kosten voor vervangend vervoer) in aanmerking. Daarnaast is het prijsverschil tussen elektriciteit en diesel naar de toekomst toe constant verondersteld (hoofdstuk 6 in het Basisrapport).



* *Indicatie gevoeligheid: indien het investeringsbedrag per treinstel 50% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 0,5 jaren minder of 0,5 jaren meer.*

** *Indicatie gevoeligheid: indien het verschil in energiekosten per stelkm tussen diesel en elektra 25% hoger of lager ligt is het effect op de terugverdientijd respectievelijk 4,0 jaren minder of 5,5 jaren meer.*

Figuur A.1.2: Gevoeligheidsanalyse van onzekere elementen bij terugverdientijd van elektrificatie Zwolle – Kampen.

© Copyright 2014 First Dutch Capital B.V. Geen enkel deel van dit document mag worden gereproduceerd, gepubliceerd dan wel geheel of gedeeltelijk openbaar worden gemaakt op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteursrechthebbenden. Dit document bevat informatie van vertrouwelijke aard, die in handen van partijen waarvoor het niet is bedoeld kan leiden tot financiële of andere schade.

© Copyright 2014 First Dutch Capital B.V. No part of this document may be reproduced, published or disclosed in whole or in part, by any means, mechanical, electronic, photocopying, recording or otherwise without the prior written permission of the copyright owners. This document contains information of a confidential nature, disclosure of which to parties to whom it has not been released may result in financial or other damages.

First Dutch Capital B.V.
Gatwickstraat 9-39
1043 GL Amsterdam

tel: +31 (0)20 522 63 70
office@firstdutch.com

www.firstdutch.com

Vergroening regionale spoorlijnen
- addendum bij rapport -

Een verkennend onderzoek naar de financiële consequenties van elektrificatie dan wel het inzetten van (bio-)LNG treinen op regionale diesellijnen in Nederland



Datum: 25 februari 2015
Versie: finaal

FIRST DUTCH

Disclaimer

Dit addendum (het “Addendum”) is door First Dutch Capital B.V. (“First Dutch”) opgesteld in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (“IenM”). Het Addendum betreft een aanvulling op het rapport “Vergroening regionale spoorlijnen - Een verkennend onderzoek naar de financiële consequenties van elektrificatie dan wel het inzetten van (bio-)LNG treinen op regionale diesellijnen in Nederland” (het “Basisrapport” of “Onderzoek 2014”). Het Basisrapport betreft een onderzoek dat de financiële consequenties van vergroeningsmogelijkheden ten opzichte van de referentiesituatie (diesel) op hoofdlijnen inzichtelijk tracht te maken waarbij de gevolgen voor individuele lijnen met elkaar vergeleken kunnen worden. Dit laatste wordt niet beoogd met het Addendum.

Dit Addendum is uitsluitend bedoeld als discussiedocument voor IenM, decentrale overheden en regionale vervoerders. Aan dit Addendum kunnen geen rechten worden ontleend door derden, noch kan deze informatie voor andere doeleinden worden gebruikt. First Dutch is op geen enkele wijze aansprakelijk voor schade, inclusief en zonder beperking, specifieke of indirecte of gevolgschade als gevolg van het gebruik van de informatie uit dit document. Dit Addendum vormt een integraal geheel met het Basisrapport, kan hier niet los van gezien worden en kan niet in afzonderlijke delen worden gesplitst.

Dit Addendum is gebaseerd op schriftelijke en mondelinge informatie die door IenM, decentrale overheden, regionale vervoerders en andere partijen aan First Dutch is verstrekt. First Dutch kan de juistheid of volledigheid van de aan haar verstrekte informatie niet garanderen en aanvaardt geen directe of indirecte aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit of samenhangt met de verstrekte informatie. Indien deze informatie onjuist of onvolledig is, dan zou dit de strekking van het Addendum kunnen wijzigen.

Inhoudsopgave

1. Aanleiding vervolgonderzoek pagina 4

2. Scope addendum en uitgangspunten pagina 5

3. Kenmerken spoorlijnen pagina 8

4. Uitkomsten op lijnniveau pagina 13

Aanleiding is verzoek tot doorrekening van business cases o.b.v. nieuw materieel assumptie i.p.v. ombouw huidig materieel

- First Dutch heeft in haar rapportage d.d. 7 mei 2014 de financiële consequenties van elektrificatie dan wel het inzetten van (bio-)LNG treinen op regionale diesellijnen in Nederland in kaart gebracht (het "Basisrapport" of "Onderzoek 2014").

- In dit onderzoek heeft First Dutch rekening gehouden met optimalisatie van het investeringsmoment voor vergroening, om kapitaalsvernietiging van het huidige materieel te voorkomen. Op hoofdlijnen gold daarbij het uitgangspunt dat er alleen geïnvesteerd wordt in ombouw van bestaand materieel, wanneer deze investering terugverdiend kan worden gedurende de verwachte resterende economische levensduur van desbetreffend materieel. Of ombouw plausibel en rendabel is hangt in de praktijk van vele (lijnspecifieke) factoren af, waaronder materieeltype, besluit-vorming, (transitie)kosten en (tijdige) beschikbaarheid van infrastructuur.

- IenM heeft – naar aanleiding van een verzoek daartoe van Provincie Groningen – First Dutch verzocht om de berekeningen nogmaals uit te voeren met de assumptie dat per vergroeningsmoment nieuw materieel wordt aangeschaft, in plaats van ombouw van huidig materieel.

- Conform hetgeen in het Basisrapport staat beschreven heeft onderhavig onderzoek als doel om de financiële consequenties van vergroeningsmogelijkheden ten opzichte van de referentiesituatie (dieselexploitatie) op hoofdlijnen inzichtelijk te maken. De uitkomsten bieden een basis en een afwegingskader voor verdiepend onderzoek naar implementatie van elektrificatie of (bio-)LNG.

- De onderzoeksvraag ziet toe op de terugverdientijd en IRR* per individuele lijn die samenhangen met de vergroeningsopties in scope. De onderzoeksvraag luidt: wat is bij benadering het potentiële financieel effect (terugverdientijd, IRR) van elektrificatie dan wel bediening met (bio-)LNG treinen voor elk van de individuele regionale diesellijnen binnen scope?

** De IRR is een objectieve maatstaf voor het vergelijken van alternatieven in financieel opzicht.*

10 spoorlijnen zijn onderdeel van onderhavig vervolgonderzoek, het gaat om de Noordelijke lijnen en de Gelderse lijnen

- Het vervolgonderzoek richt zich op 10 spoorlijnen, zie figuur 2.1.

- Onderhavig vraagstuk is voor 5 van de 15 spoorlijnen die in 2014 in scope waren niet opportuun en deze spoorlijnen maken derhalve geen deel uit van het vervolgonderzoek. De redenen hiervoor zijn:
  - Voor alle Overijsselse lijnen is reeds uitgegaan van nieuw materieel (in tegenstelling tot ombouw), waarbij voor 2 treindiensten ombouw niet mogelijk is en voor 2 treindiensten bleek de resterende levensduur van het huidige materieel nihil op vroegste moment van gereedkomen elektrificatie;
  - Voor de Maaslijn is het elektrificatiebesluit reeds genomen.

Treindiensten	Baanvak niet geëlektrificeerd	Vervoerder
Groningen – Delfzijl	Groningen – Delfzijl	Arriva
Groningen - Veendam / Leer (1)	Groningen – Nieuweschans en Zuidbroek – Veendam	Arriva
Groningen – Roodeschool	Groningen – Roodeschool	Arriva
Groningen – Leeuwarden	Groningen – Leeuwarden	Arriva
Leeuwarden – Harlingen	Leeuwarden – Harlingen Haven	Arriva
Leeuwarden – Stavoren	Leeuwarden – Stavoren	Arriva
Arnhem - Doetinchem – Winterswijk	Zevenaar – Winterswijk	Arriva / BRENG
Zutphen – Winterswijk	Zutphen – Winterswijk	Arriva
Zutphen – Apeldoorn	Zutphen – Apeldoorn	Arriva
Arnhem - Tiel	Elst – Tiel	Arriva

Scope Onderzoek 2014 incl. addendum 2014 (initieel)

Scope vervolgonderzoek (nieuw)

Figuur 2.1: Treindiensten en baanvakken binnen scope vervolgonderzoek.
(1) Treindienst eindigt in Duitsland. Op Duits grondgebied is er ook sprake van (een aantal kilometer) niet-geëlektrificeerd spoor.

Vertrekpunt is (zoveel mogelijk) hantering van uitgangspunten en assumpties conform Onderzoek 2014

- Het vertrekpunt van dit vervolgonderzoek is het Basisrapport (en het addendum uit 2014) en de grondslagen die daarin zijn gehanteerd. De belangrijkste onderdelen worden hieronder uiteengezet. Elementen die niet in dit addendum worden besproken zijn gelijk verondersteld met het Basisrapport.

- Dit betekent dat de berekeningen in het vervolgonderzoek worden uitgevoerd voor twee vergroeningsmogelijkheden, te weten:
  1) Volledige elektrificatie middels bovenleiding;
  2) LNG.

- Conform Basisrapport is goederenvervoer geen onderdeel van het vervolgonderzoek. Zie ook hoofdstuk 2 van het Basisrapport.

- Het vervolgonderzoek beperkt zich tot de energieprijs per eenheid ‘aan de pomp / draad’ en bekijkt zodoende de financiële effecten voor de spoorconcessie (concessieverlener en exploitant). De energieleverancier plus achterliggende brandstofketen blijft buiten beschouwing.

- De financiële implicaties worden in het vervolgonderzoek bekeken vanuit het perspectief van de concessieverlener en exploitant gezamenlijk (de ‘BV Nederland’).

- De assumpties rondom de prijscomponent van de verschillende exploitatiekosten en benodigde investeringen zijn niet gewijzigd* (tenzij dit verderop in onderhavig rapport expliciet wordt vermeld). Ditzelfde geldt voor het type materieel (Stadler GTW EMU dan wel ‘LMU’).
  - Merk op dat Stadler GTW materieel in het Onderzoek 2014 als uitgangspunt is gekozen, omdat elf van de vijftien treindiensten (met inbegrip van treindiensten addendum 2014) die toen in scope waren gebruik maken van dit materieel. Om een ‘ceteris paribus’ vergelijking tussen de treindiensten mogelijk te maken is uitgegaan van de assumptie dat (uiteindelijk) alle vijftien treindiensten gebruik zullen maken van Stadler GTW materieel. In de praktijk is de materieelkeuze vrij en afhankelijk van vele factoren, waardoor ook andere materieeltypen en leveranciers in overweging zullen worden genomen. Materieelkeuze is echter geen onderwerp van onderhavig onderzoek. Dit rapport geeft geen waardeoordeel over of voorkeur voor een bepaald materieeltype of leverancier en het verwachte toekomstige gebruik hiervan voor de treindiensten onder consideratie.

** Bij doorrekening op basis van een ander materieeltype wijzigen diverse kernuitgangspunten, waaronder (i) prijs van het materieel, (ii) energiekosten, (iii) onderhoudskosten en eventueel (iv) gebruiksvergoeding. Dergelijke assumpties dienen dan opnieuw te worden vastgesteld, hetgeen substantieel meerwerk met zich meebrengt en hier niet de voorkeur genoot.*

Een aantal uitgangspunten en assumpties zijn gewijzigd: o.a. nieuw materieel per vergroeningsmoment, bedieningspatroon

- Om onderhavig vervolgonderzoek uit te kunnen voeren is het noodzakelijk om een aantal uitgangspunten en assumpties te wijzigen ten opzichte van het Basisrapport (en het addendum uit 2014). Dit enigszins gewijzigde vertrekpunt is in samenspraak met de afgevaardigden van de concessieverleners van de spoorlijnen in scope en opdrachtgever vastgesteld. Hieronder volgt een uiteenzetting van de gewijzigde elementen.

- Onderhavig vervolgonderzoek gaat uit van nieuw materieel per vergroeningsmoment. Dit in tegenstelling tot het in ogenschouw nemen van de mogelijkheid tot ombouw van het huidige materieel Dit uitgangspunt vormt de aanleiding van onderhavig vervolg-onderzoek.
    - Ter achtergrond: het Onderzoek 2014 gaat uit van ombouw van materieel indien en voorzover de investeringen in ombouw terugverdiend zouden kunnen worden gedurende de resterende levensduur van het materieel.

- Het vergroeningsmoment* is afhankelijk van een drietal elementen, te weten: (i) de resterende economische levensduur van het huidige materieel, (ii) de behoefte aan nieuw materieel per ingang van de nieuwe vervoersconcessie (raakt restwaarderisico) en (iii) het ingangsmoment van de nieuwe vervoersconcessie. Het te hanteren vergroeningsmoment is afhankelijk van de feitelijke situatie per spoorconcessie rondom de drie bovengenoemde elementen. In hoofdstuk 3 wordt per spoorlijn ingegaan op het vergroenings-moment dat het uitgangspunt vormt voor de calculatie. De te hanteren assumptie is afgestemd met afgevaardigden van concessieverleners.

- Het Onderzoek 2014 gaat uit van voortzetting van het in 2013 gerealiseerde bedieningspatroon met bijbehorende baanvak-capaciteit. Aanleiding van onderhavig onderzoek is echter een wens tot meer maatwerk rondom materieel. Het gevolg hiervan is dat de individuele business cases een ander vergroeningsmoment kunnen kennen (dit is namelijk afhankelijk van het moment waarop materieel wordt vervangen). In de individuele business cases wordt uitgegaan van een gewijzigd bedieningspatroon en/of baanvak-capaciteit** indien en voorzover nu reeds een besluit hiertoe is genomen dat dit per vergroeningsmoment anders gaat zijn dan in 2013 is gerealiseerd.

** Het vergroeningsmoment is het moment waarop nieuw materieel wordt aangeschaft en benodigde infrastructurele aanpassingen (bv. aanleg van de bovenleiding in geval van elektrificatie) gereed zijn.*
*** Doorrekening gebaseerd op een gewijzigd bedieningspatroon heeft een verminderde vergelijkbaarheid van de uitkomsten van de individuele treindiensten tot gevolg. Gegeven de wens tot meer maatwerk, de aanleiding van het vervolgonderzoek, is de onderlinge vergelijkbaarheid tussen lijnen minder van belang.*

Vergroening Noordelijke spoorlijnen per 2021; vergroening Gelderse spoorlijnen per 2025 dan wel 2032

- Voor de zes Noordelijke spoorlijnen onder consideratie geldt de volgende feitelijke situatie (zie ook figuur 3.1 op pagina 9):
  - Het restwaarde risico van het materieel dat momenteel op deze spoorlijnen rijdt ligt bij de concessionaris (niet bij de concessieverlener);
  - De Noordelijke lijnen vervoersconcessie loopt in 2020 af en gaat in per 2021;
  - Het materieel is in economische zin per 2021 nog niet afgeschreven.

- In samenspraak met Provincie Groningen en Provincie Friesland is het uitgangspunt voor de calculatie afgestemd dat (op basis van de feitelijke situatie) de ingang van de nieuwe vervoersconcessie het geijkte moment is om te 'vergroenen'. Anders geformuleerd: er wordt verondersteld dat per 2021 zowel het nieuwe materieel gereed is voor exploitatie alsook dat de benodigde infrastructurele aanpassingen zijn gerealiseerd. Afhankelijk van de eigendoms-situatie ligt het restwaarde risico bij de vervoerder of lease-maatschappij (en niet bij de concessieverlener).

- Voor de vier Gelderse spoorlijnen onder consideratie geldt de volgende feitelijke situatie (zie ook figuur 3.1 op pagina 9):
  - Het restwaarde risico van het materieel dat momenteel op deze spoorlijnen rijdt ligt bij de concessieverleners (Provincie Gelderland en de Stadsregio Arnhem-Nijmegen);
  - De Achterhoek-Rivierenland concessie loopt in 2020 af met een optie tot verlenging met 5 jaar, indien aan bepaalde randvoorwaarden wordt voldaan;
  - De SAN concessie loopt af in 2022 waarbij de concessie-verlener een overname garantie van het materieel heeft voor een volgende concessieperiode;
  - Per 2032 is het materieel in economische zin nog niet afgeschreven, maar naar verwachting verschuift het restwaarde risico van de concessieverlener naar de concessionaris / leasemaatschappij;
  - Er lijken derhalve twee momenten voor vergroening, namelijk per 2025 of per 2032:
    - 2025: het bestaande materieel dient te worden afgestoten, hetgeen een mogelijk boekverlies dan wel boekwinst met zich meebrengt voor de concessie-verlener;
    - 2032: geen restwaarde risico voor de concessie-verlener.

Situatie rondom gebruiksintensiteit, materieelinzet en concessie specifieke kenmerken

Overzicht op individueel lijn niveau	Gebruiksintensiteit		Materieelinzet			Concessie specifieke kenmerken anno 2015		
	# reizigerskm's (in 1.000) per trajectkm (1)	# stelkm's (in 1.000) per trajectkm (2)	Type materieel	# treinstellen per vergroenings-moment (3)	Resterende levensduur materieel - '15	Looptijd concessie	Resterende looptijd concessie	Restwaarde risico materieel
Groningen – Veendam / Leer	1.147,9	32,2	Stadler GTW	19	22 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (5)
Groningen – Delfzijl	937,6	25,0	Stadler GTW	7	22 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (5)
Groningen - Roodeschool	716,6	22,2	Stadler GTW	10	22 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (5)
Groningen – Leeuwarden	2.901,4	59,3	Stadler GTW	18	22 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (5)
Leeuwarden – Harlingen	934,2	23,1	Stadler GTW	4	22 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (5)
Leeuwarden – Stavoren	730,8	22,0	Stadler GTW	8	22 jaar	15 jaar	6 jaar ('20)	Arriva (5)
Arnhem – Winterswijk	1.675,1	46,5	Stadler GTW	22	28 jaar / 28 jaar	8 jaar / 10 jaar	6 jaar ('20) / 8 jaar ('22)	Overheid (6) / SAN
Zutphen – Winterswijk	698,7	21,5	Stadler GTW	4	28 jaar	8 jaar	6 jaar ('20)	Overheid (6)
Zutphen – Apeldoorn	N/b (4)	26,1	Stadler GTW	4	28 jaar	8 jaar	6 jaar ('20)	Overheid (6)
Arnhem – Tiel	389,2	15,5	Stadler GTW	3	28 jaar	8 jaar	6 jaar ('20)	Overheid (6)

Figuur 3.1: Lijn specifieke kenmerken: gebruiksintensiteit, materieelinzet en concessie specifieke kenmerken.

(1) Reizigerskm's Noordelijke lijnen conform 'Meten in de Trein' in 2011 en vervolgens geëxtrapoleerd naar vergroeningsmoment (2021) o.b.v. jaarlijkse groeiverwachting 'Beter Benutten' zoals aangeleverd door Provincie Groningen en Provincie Friesland. Reizigerskm's Gelderse lijnen conform 'Meten in de Trein' in 2011. De relevante reizigerskm's zijn vervolgens afgezet tegen trajectkm's per vergroeningsmoment. (2) Indicatie van hoe druk traject is bereden per vergroeningsmoment (aanbod). (3) Materieelinzet Noordelijke lijnen per vergroeningsmoment (2021) o.b.v. 'Beter Benutten' zoals aangeleverd door Provincie Groningen en Provincie Friesland (4) Reizigerskm's zijn onbekend. O.b.v. gesprekken met vervoerders is een indicatie van een redelijke ordegrootte verkregen, gevolg is een relatief getal in range 1.900 – 2.100. (5) Vooral bij Arriva, want geen verplichte overname van 43 treinstellen bij afloop concessie, wel voor nieuwste 8 treinstellen. (6) Risico ligt bij concessieverlener, vervoerder kan 5 jaar voor afloop concessie aangeven of ze het materieel wil overnemen.

Ligging en trajectinformatie per vergroeningsmoment (conform beste huidige inzichten)

Overzicht op individueel lijn niveau	Ligging			Trajectinformatie				
	Concessie	Cluster lijnen?	Elektrische lijnen in cluster?	Trajectkm's	…waarvan niet-geëlektrificeerd (1)	…waarvan enkelsporige trajectkm's (6)	# stations	Goederen-vervoer (8)
Groningen – Veendam / Leer	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	77 km	77 km (10)	55 km	12	Ja
Groningen – Delfzijl	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	38 km	32,5 km (2)	29 km (2)	9	Ja
Groningen - Roodeschool	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	45 km (11)	39,5 km (2)	36 km (2)	11	Ja
Groningen – Leeuwarden	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	54 km	54 km	24 km (9)	10	Nee
Leeuwarden – Harlingen	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	26 km	26 km	26 km	6	Nee
Leeuwarden – Stavoren	Noordelijke lijnen	Ja	Nee	50 km	50 km	50 km	9	Nee
Arnhem – Winterswijk	Achterhoek (3) / SAN (4)	Ja / Nee	Nee	64 km	50 km	50 km	14 / 9	Ja (5)
Zutphen – Winterswijk	Achterhoek (3)	Ja	Nee	42 km	42 km	42 km	6	Nee
Zutphen – Apeldoorn	Achterhoek (3)	Ja	Nee	18 km	18 km	18 km	5	Nee
Arnhem – Tiel	Achterhoek (3)	Ja	Nee	44 km	35 km	25 km	7	Ja (5)

Figuur 3.2: Lijn specifieke kenmerken: ligging en trajectinformatie per vergroeningsmoment.

(1) Op basis van input ProRail. (2) Beide treindiensten rijden over het baanvak Groningen – Sauwerd (11 km, waarvan 7 km dubbelspoor). Dit baanvak is evenredig aan beide treindiensten toegerekend. (3) Concessienaam is voluit Achterhoek-Rivierenland. (4) 2 concessies raken het deeltraject Arnhem – Doetinchem, namelijk Achterhoek-Rivierenland concessie (Arriva) en SAN concessie (Connexxion onder de naam Breng). (5) Goederenvervoer op geëlektrificeerde baanvakken. (6) Niet geëlektrificeerde, dubbelsporige trajectkm's zijn de resultante van kolom 6 minus kolom 7. De grootste mate van detail rondom 'meersporigheid' bij stations, passeerstukken (intuïtief: relatief korte stukken) en rangeerterreinen zijn niet bekend en zijn derhalve niet meegenomen in de analyse. (8) Goederenvervoer betreft een weergave van de situatie in 2013. (9) Noodzaak tot uitbreiding van 8 km van het huidige enkelspoor naar dubbelspoor. (10) De opbouw is als volgt: Groningen – Winschoten kent 34 km spoor, Winschoten – Leer (Duitsland) betreft 38 km en de aftakking van Zuidbroek naar Veendam is verantwoordelijk voor 5 km spoor. (11) Deze spoorlijn wordt rond 2017/2018 met ca. 7 km verlengd tot de Eemshaven, waardoor er een treinverbinding ontstaat die aansluit op de veerdienst.

Toekomstig bedieningspatroon per vergroeningsmoment (conform beste huidige inzichten) en beoogde aanvullingen hierop

- Zoals op pagina 7 is aangegeven wordt in beginsel een voortzetting van het in 2013 gerealiseerde bedieningspatroon met bijbehorende baanvakcapaciteit verondersteld. Dit is het uitgangspunt tenzij er op dit moment reeds een besluit is genomen wat een ander bedieningspatroon per vergroeningsmoment betekent. Indien dit het geval is vormen deze inzichten de basis voor de calculatie.

- De belangrijkste wijzigingen (ten opzichte van de situatie in 2013) in het voorziene bedieningspatroon per vergroeningsmoment zijn de volgende:
  - Leeuwarden – Groningen: 1 additionele sneltrein per uur;
  - Leeuwarden – Stavoren: wijziging van 3 stoptreinen gedurende zowel de spits als het dal naar 4 stoptreinen in de spits en 2 in het dal;
  - Groningen – Veendam / Leer: 1 additionele sneltrein per uur tussen Groningen en Winschoten;
  - Groningen – Roodeschool: deze spoorlijn wordt verlengd tot de Eemshaven, waardoor er een treinverbinding ontstaat die aansluit op de veerdienst. Het uitgangspunt is dat er dagelijks 4 retourritten doorrijden tot de Eemshaven (de overige ritten rijden conform huidige situatie tot en met Roodeschool).

- Voor de overige spoorlijnen geldt dat er geen dan wel onvoldoende concreet zicht is op een ander bedieningspatroon per vergroenings-moment ten opzichte van de situatie in 2013.

- Op verzoek van Provincie Groningen wordt voor de treindienst Groningen – Leer in beginsel niet uitgegaan van elektrificatie van het gehele baanvak, maar slechts van het baanvak Groningen – Winschoten*. Het gevolg op de exploitatie is dat er (in geval van vergroening via elektrificatie) tussen Groningen en Leer 'gecombineerd'** wordt gereden, waarbij een dieseltreinstel en een elektrisch treinstel gecombineerd rijden tot en met Winschoten. Vanaf Winschoten rijdt enkel het dieseltreinstel door naar Leer. Het effect op de exploitatie is als volgt:
  - Deeltraject Groningen – Winschoten:
    - Exploitatie van het dieselmaterieel is gelijk aan de referentiesituatie;
    - Exploitatie van het elektrisch materieel resulteert in een delta ten opzichte van de referentiesituatie, conform de gehanteerde assumpties in Onderzoek 2014.
  - Deeltraject Winschoten – Leer:
    - Exploitatie is gelijk aan de referentiesituatie en resulteert daarmee niet in een voor- of nadeel.

** De treindienst Groningen – Leer wordt in onderhavig Addendum tevens berekend op basis van elektrificatie tot en met Leer in plaats van elektrificatie tot en met Winschoten. Zodoende ontstaat tevens inzicht in de uitkomsten bij elektrificatie van het gehele traject.*

*** Exploitatie van een gecombineerde trein resulteert in een besparing ad ± 20% in het brandstofverbruik per stelkm, ongeacht het type aandrijving. Omwille van consistentie met Onderzoek 2014 blijft dit effect buiten beschouwing.*

Toekomstig bedieningspatroon per vergroeningsmoment (conform beste huidige inzichten) en beoogde aanvullingen hierop

- Rondom de treindienst Leeuwarden – Groningen speelt, naast een uitbreiding van het bedieningspatroon, ook een capaciteitstekort in de spits waar men momenteel mee te maken heeft. Hier is rekening mee gehouden door uit te gaan van het totaal aantal benodigde treinstellen per vergroeningsmoment, inclusief de extra materieel-inzet gedurende de spits.

- De nuance rondom het effect van schaal op materieelinvesteringen, zoals ook van toepassing op het Onderzoek 2014, geldt ook voor onderhavig addendum. Pagina 34 van het Basisrapport beschrijft deze nuance:
    - In essentie is de aanschafprijs van materieel sterk afhankelijk van de afgenomen hoeveelheid. EMU materieel is in beginsel goedkoper dan DMU materieel. Dit geldt echter indien en enkel voor zover er een voldoende grote afname van treinstellen plaatsvindt. In het geval voor een individuele lijn besloten zou worden om nieuw materieel te bestellen (niet in combinatie met andere treindiensten) dan is het mogelijk dat EMU materieel voor deze individuele treindienst duurder is dan DMU materieel. In de business case blijft dit potentiële effect buiten beschouwing. Dit element speelt echter wel een rol bij besluitvorming op het niveau van één of enkele lijnen;
    - Tussen het gehanteerde vergroeningsmoment voor de Noordelijke lijnen en de Gelderse lijnen zit ofwel 4 jaar ofwel 11 jaar verschil. Bezien in het licht van materieelinvesteringen betekent dit dat de bestelmomenten in geval van 11 jaar verschil dermate ver uit elkaar liggen dat het niet direct een mogelijkheid lijkt om de aantallen te combineren, waardoor mogelijk een nadelig schaaleffect optreedt. Kwantificering van concrete materieelaantallen op de prijs is een bijzonder concurrentiegevoelig element voor treinfabrikanten, waar-door het zeer lastig is om een delta in kaart te brengen.

Elektrificatie: de terugverdientijden variëren van ca. 14,2 jaren tot ca. 42,2 jaren

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn.
- De **terugverdientijden variëren van ca. 14,2 jaren tot ca. 42,2 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Moment vergroening gereed	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering infrastructuur (in mln. €)	Investering materieel (2) (in mln. €)	Terug-verdientijd (jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Noordelijke lijnen								
Groningen – Veendam / Leer: elektrificatie tot en met Winschoten	2021	Nieuw	€52,7	€55,5	-/- €2,8	**24,8 / 4,2%**	2.703	€0,2
Groningen – Veendam / Leer: elektrificatie volledig baanvak (1)	2021	Nieuw	€89,7	€93,5	-/- €3,8	**28,6 / 3,3%**	3.843	€0,3
Groningen – Delfzijl	2021	Nieuw	€33,7	€35,1	-/- €1,4	**28,3 / 3,4%**	1.472	€0,1
Groningen - Roodeschool	2021	Nieuw	€40,1	€42,1	-/- €2,0	**30,0 / 3,1%**	1.583	€0,1
Groningen – Leeuwarden	2021	Nieuw	€72,9	€76,5	-/- €3,6	**20,1 / 5,6%**	4.957	€0,3
Leeuwarden – Harlingen	2021	Nieuw	€25,2	€26,0	-/- €0,8	**30,9 / 2,6%**	929	€0,05
Leeuwarden – Stavoren	2021	Nieuw	€48,4	€50,0	-/- €1,6	**31,7 / 2,4%**	1.704	€0,1
Gelderse lijnen								
Arnhem – Winterswijk	2025 / 2032 (3)	Nieuw	€45,6	€50,0	-/- €4,4	**14,2 / 8,5%**	4.608	€0,3
Zutphen – Winterswijk	2025 / 2032 (3)	Nieuw	€41,2	€42,0	-/- €0,8	**33,9 / 2,1%**	1.402	€0,1
Zutphen – Apeldoorn	2025 / 2032 (3)	Nieuw	€17,2	€18,0	-/- €0,8	**28,7 / 3,3%**	726	€0,05
Arnhem – Tiel	2025 / 2032 (3)	Nieuw	€41,9	€42,5	-/- €0,6	**42,2 / 0,9%**	1.053	€0,1

Figuur 4.1: Uitkomsten elektrificatie op lijnniveau (1) Inclusief 26 kilometer grensoverschrijdend te elektrificeren spoor. (2) Delta investering t.o.v. dieselmaterieel, zie p.45 van het Basisrapport. (3) De terugverdientijd en IRR blijven ongewijzigd, ongeacht het vergroeningsmoment dat wordt gehanteerd.

LNG excl. opvangen remenergie: de terugverdientijden variëren van ca. 4,5 jaren tot ca. 8,4 jaren

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn exclusief het opvangen van remenergie.
- De **terugverdientijden variëren van ca. 4,5 jaren tot ca. 8,4 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Moment vergroening gereed	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Noordelijke lijnen								
Groningen – Veendam / Leer	2021	Nieuw	€5,8	€0,1	€5,7	**6,3 / 19,8%**	2.436	€0,2
Groningen – Delfzijl	2021	Nieuw	€2,2	€0,1	€2,1	**6,3 / 19,9%**	933	€0,05
Groningen - Roodeschool	2021	Nieuw	€3,1	€0,1	€3,0	**8,1 / 14,8%**	1.004	€0,05
Groningen – Leeuwarden	2021	Nieuw	€5,5	€0,1	€5,4	**4,7 / 28,1%**	3.142	€0,2
Leeuwarden – Harlingen	2021	Nieuw	€1,3	€0,1	€1,2	**6,0 / 21,1%**	589	€0,05
Leeuwarden – Stavoren	2021	Nieuw	€2,5	€0,1	€2,4	**6,2 / 20,3%**	1.080	€0,05
Gelderse lijnen								
Arnhem – Winterswijk	2025 / 2032 (1)	Nieuw	€6,9	€0,3	€6,6	**6,2 / 20,2%**	2.921	€0,2
Zutphen – Winterswijk	2025 / 2032 (1)	Nieuw	€1,5	€0,3	€1,2	**4,5 / 29,6%**	889	€0,1
Zutphen – Apeldoorn	2025 / 2032 (1)	Nieuw	€1,5	€0,3	€1,2	**8,4 / 14,2%**	461	€0,05
Arnhem – Tiel	2025 / 2032 (1)	Nieuw	€1,2	€0,3	€0,9	**4,8 / 27,5%**	668	€0,05

Figuur 4.2: Uitkomsten ombouw naar LNG op lijnniveau (exclusief opvangen remenergie). (1) De terugverdientijd en IRR blijven ongewijzigd, ongeacht het vergroeningsmoment dat wordt gehanteerd.

LNG incl. opvangen remenergie: de terugverdientijden variëren van ca. 5,1 jaren tot ca. 9,5 jaren

- Onderstaande figuur toont de belangrijkste kenmerken en uitkomsten per lijn inclusief het opvangen van remenergie.
- De **terugverdientijden variëren van ca. 5,1 jaren tot ca. 9,5 jaren**.

Overzicht op individueel lijn niveau	Moment vergroening gereed	Materieel	Investering totaal (in mln. €)	Investering tankinstallaties (in mln. €)	Investering materieel (in mln. €)	Terug-verdientijd (in jaren) / IRR	CO_2 besparing per jaar (in 1.000 kg)	CO_2 besparing per jaar (in mln. €)
Noordelijke lijnen								
Groningen – Veendam / Leer	2021	Nieuw	€8,6	€0,1	€8,5	**6,4 / 16,2%**	2.677	€0,2
Groningen – Delfzijl	2021	Nieuw	€3,2	€0,1	€3,1	**6,8 / 16,2%**	1.025	€0,05
Groningen - Roodeschool	2021	Nieuw	€4,6	€0,1	€4,5	**8,6 / 12,0%**	1.103	€0,05
Groningen – Leeuwarden	2021	Nieuw	€8,2	€0,1	€8,1	**5,6 / 21,4%**	3.453	€0,2
Leeuwarden – Harlingen	2021	Nieuw	€1,9	€0,1	€1,8	**6,4 / 17,4%**	648	€0,05
Leeuwarden – Stavoren	2021	Nieuw	€3,7	€0,1	€3,6	**6,4 / 16,6%**	1.187	€0,1
Gelderse lijnen								
Arnhem – Winterswijk	2025 / 2032 (1)	Nieuw	€10,1	€0,3	€9,8	**7,1 / 15,9%**	3.211	€0,2
Zutphen – Winterswijk	2025 / 2032 (1)	Nieuw	€2,1	€0,3	€1,8	**5,1 / 23,9%**	977	€0,1
Zutphen – Apeldoorn	2025 / 2032 (1)	Nieuw	€2,1	€0,3	€1,8	**9,5 / 12,1%**	506	€0,05
Arnhem – Tiel	2025 / 2032 (1)	Nieuw	€1,5	€0,3	€1,3	**5,2 / 23,0%**	734	€0,05

Figuur 4.3: Uitkomsten ombouw naar LNG op lijnniveau (inclusief opvangen remenergie). (1) De terugverdientijd en IRR blijven ongewijzigd, ongeacht het vergroeningsmoment dat wordt gehanteerd.

Conclusie: terugverdientijd en IRR op lijnniveau voor de verschillende vergroeningsopties onder consideratie

- Onderstaande figuur geeft een overzicht van de terugverdientijd en IRR op individueel lijnniveau voor de vergroeningsopties. De IRR is berekend op basis van een periode van 50 jaren* startend op het moment van de eerste investering.

- De indicatieve terugverdientijd en IRR van elektrificatie lijkt voor alle lijnen minder gunstig dan voor LNG door de hoge investeringen in infrastructuur. De uitkomsten van de LNG optie zijn op dit moment echter nog met een duidelijk grotere onzekerheid omgeven. Vanuit puur financieel perspectief is LNG exploitatie excl. opvangen remenergie beperkt rendabeler dan LNG exploitatie incl. opvangen remenergie. Dit heeft te maken met de relatief beperkte levensduur van supercaps (vervangingsinvesteringen).

- Ten opzichte van het Onderzoek 2014 kennen de business cases aanzienlijk verbeterde uitkomsten in termen van terugverdientijd en IRR. Dit is puur het gevolg van de gewijzigde assumptie rondom materieel. Doordat nieuw materieel het uitgangspunt is in onderhavige calculatie hoeft de investering in ombouw zich niet meer terug te verdienen, hetgeen resulteert in een lagere absolute investeringsbehoefte. Keerzijde is dat vergroening pas later in de tijd plaats kan vinden.

* *(Spoor)infrastructuur kenmerkt zich door een lange periode waarin investeringen kunnen worden terugverdiend. Gelet op de mogelijke toekomstige technologisch ontwikkelingen en de levensduur acht First Dutch een terugverdienperiode van ±50 jaren een plausibel uitgangspunt voor de IRR calculatie; Een substantieel langere periode, bv. van 100 jaar, is in de ogen van First Dutch niet plausibel.*

Treindiensten	Elektrificatie: terugverdientijd en IRR	LNG exploitatie excl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR	LNG exploitatie incl. opvangen remenergie: terugverdientijd en IRR
Groningen – Veendam / Leer	24,8 jaren; 4,2% (1) / 28,6 jaren; 3,3% (2)	6,3 jaren; 19,8%	6,4 jaren; 16,2%
Groningen – Delfzijl	28,3 jaren; 3,4%	6,3 jaren; 19,9%	6,8 jaren; 16,2%
Groningen – Roodeschool	30,0 jaren; 3,1%	8,1 jaren; 14,8%	8,6 jaren; 12,0%
Groningen – Leeuwarden	20,1 jaren; 5,6%	4,7 jaren; 28,1%	5,6 jaren; 21,4%
Leeuwarden – Harlingen	30,9 jaren; 2,6%	6,0 jaren; 21,1%	6,4 jaren; 17,4%
Leeuwarden – Stavoren	31,7 jaren; 2,4%	6,2 jaren; 20,3%	6,4 jaren; 16,6%
Arnhem – Winterswijk	14,2 jaren; 8,5%	6,2 jaren; 20,2%	7,1 jaren; 15,9%
Zutphen – Winterswijk	33,9 jaren; 2,1%	4,5 jaren; 29,6%	5,1 jaren; 23,9%
Zutphen – Apeldoorn	28,7 jaren; 3,3%	8,4 jaren; 14,2%	9,5 jaren; 12,1%
Arnhem – Tiel	42,2 jaren; 0,9%	4,8 jaren; 27,5%	5,2 jaren; 23,0%

Figuur 4.4: Terugverdientijd en IRR voor individuele lijnen op basis van eindbeeld (waarbij de eenmalige ontwikkelingskosten niet mee zijn genomen in de terugverdientijden, zie ook pagina 14 en 19 van het Basisrapport) en uitgesplitst naar de beoordeelde vergroeningsopties. (1) Elektrificatie tot en met Winschoten. (2) Elektrificatie volledig baanvak.

© Copyright 2015 First Dutch Capital B.V. Geen enkel deel van dit document mag worden gereproduceerd, gepubliceerd dan wel geheel of gedeeltelijk openbaar worden gemaakt op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteursrechthebbenden. Dit document bevat informatie van vertrouwelijke aard, die in handen van partijen waarvoor het niet is bedoeld kan leiden tot financiële of andere schade.

© Copyright 2015 First Dutch Capital B.V. No part of this document may be reproduced, published or disclosed in whole or in part, by any means, mechanical, electronic, photocopying, recording or otherwise without the prior written permission of the copyright owners. This document contains information of a confidential nature, disclosure of which to parties to whom it has not been released may result in financial or other damages.

First Dutch Capital B.V.
Gatwickstraat 9-39
1043 GL Amsterdam

tel: +31 (0)20 522 63 70
office@firstdutch.com

www.firstdutch.com