



Roadmap duurzaam OV en spoor

Advies aan het PDOVS over CO₂-
emissiereductie, energie-
efficiencyverbetering en modal shift



Committed to the Environment

Roadmap duurzaam OV en spoor

Advies aan het PDOVS over CO₂-emissiereductie, energie-efficiencyverbetering en modal shift

Dit rapport is geschreven door:

Maarten 't Hoen

Eelco den Boer

Lisanne van Wijngaarden

Anouk van Grinsven

Delft, CE Delft, juni 2018

Publicatienummer: 18.4M99.012

Personenvervoer / Openbaar Vervoer / Railverkeer / Duurzaamheid / Beleid / Energieverbruik / Kooldioxide / Afname

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat namens Platform Duurzaam OV en Spoor

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maarten 't Hoen (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
	1.1 Aanleiding	8
	1.2 Doel en afbakening van deze studie	9
	1.3 Methodiek	9
	1.4 Leeswijzer	10
2	Update CO ₂ -footprint voor 2016	11
	2.1 CO ₂ -footprint methodiek	11
	2.2 CO ₂ -footprint OV- en spoorsector 2016	12
	2.3 Energiegebruik, reizigerskilometers, tonkilometers	17
3	Trends middellange en lange termijn	20
	3.1 Algemene mobiliteitstrends	20
	3.2 Goederenvervoer per spoor	21
	3.3 (Maatschappelijke) trends die het OV beïnvloeden	22
	3.4 Conclusie: het OV blijft belangrijk	25
	3.5 Zeven thema's voor de Roadmap Duurzaam OV en Spoor 2050	25
4	Thema's voor de roadmap	27
	4.1 Thema 1: Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking	29
	4.2 Thema 2: Verminderen CO ₂ -uitstoot door bussen	30
	4.3 Thema 3: Verbetering energie-efficiency door energiebesparingsmaatregelen	33
	4.4 Thema 4: Verminderen CO ₂ -uitstoot door materiaalgebruik voor infra en materieel	35
	4.5 Thema 5: Verminderen CO ₂ -uitstoot door goederentreinen	38
	4.6 Thema 6: Verminderen CO ₂ -uitstoot door personendieseltreinen	40
	4.7 Thema 7: Toename OV-gebruik en modal shift goederenvervoer	42
	4.8 Effectinschattingen maatregelen	46
5	Conclusies en aanbevelingen	49
	Literatuur	52
A	Lijst met geïnterviewden	54
B	Aanwezigen bij de workshop Roadmap Duurzaam OV en Spoor 2050	55
C	CO ₂ -footprint per systeemonderdeel	56



D	Fiches voor de zeven thema's	58
	Thema 1: Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking	58
	Thema 2: Vermindering CO ₂ -uitstoot door bussen	60
	Thema 3: Energiebesparing spoor	61
	Thema 4: Vermindering CO ₂ -uitstoot door materiaalgebruik infra en rollend materieel	62
	Thema 5: Vermindering CO ₂ -uitstoot door goederentreinen	64
	Thema 6: Vermindering CO ₂ -uitstoot door personendieseltreinen	65
	Thema 7: Toename OV-gebruik en modal shift	67
E	Energiebesparing reizigerstreinen	69

Samenvatting

Doel en aanpak

In de CO₂-visie OV en Spoor 2050¹ committeren twaalf partijen zich aan doelstellingen om de spoor- en OV-sector volledig CO₂-neutraal te maken in 2050 en de energie-efficiëntie ten opzichte van 2013 te verhogen. Ook stellen de partijen zich ten doel om de uitstoot door mobiliteit verder te beperken door meer reizigers over te halen om het OV te nemen en meer goederen over het spoor te vervoeren. Deze roadmap moet gelezen worden als advies van CE Delft aan het platform op welke wijze de doelstellingen uit de CO₂-visie OV en Spoor 2050 kunnen worden bereikt.

Hiervoor zijn op basis van een update van de CO₂-footprint 2013 en analyse van relevante trends in de spoor- en OV-sector zeven thema's vastgesteld die belangrijk zijn voor het behalen van de doelstellingen van de CO₂-visie OV en Spoor 2050. Voor elk thema is op basis van de beschikbare literatuur, interviews en een workshop met experts uit de spoor- en OV-sector een fiche uitgewerkt met de belangrijkste acties. Het eindresultaat van deze studie is een uitgewerkte roadmap naar 2050 waarin verschillende acties per thema zijn opgenomen. Aan het eind van de samenvatting wordt de roadmap weergegeven in een infographic.

Update CO₂-footprint voor 2016

Voor de spoorsector zijn er in het verleden al meermaals CO₂-footprints opgesteld. In deze studie is een update gemaakt die voortbouwt op die voor 2013, en daarbij dezelfde methodiek hanteert. Hierin worden zowel directe als indirecte emissies meegenomen (zoals de emissies van elektriciteit, infrastructuur, materieel). Naast de spoorsector is in deze footprint ook het overig OV meegenomen: bus, tram en metro. De totale footprint van de spoorsector (exclusief bus, tram en metro) kwam in 2013 uit op 984 kton CO₂-emissie. In 2016 was deze gereduceerd met bijna 50%, vooral door het verhogen van het aandeel groene stroom in de tractie-energievoorziening voor het spoor. De bijdrage van bus, tram en metro aan de footprint in 2016 bedraagt ongeveer 600 kton.

Trends

Uit de analyse van trends op middellange en lange termijn komt naar voren dat het OV een belangrijke rol blijft vervullen in het mobiliteitssysteem en dat een sterke volumegroei verwacht wordt. Er zullen waarschijnlijk grote regionale verschillen optreden in de groei van het OV. In stedelijk gebied en op drukbezette lijnen zal het reizigersvolume sterk stijgen en blijft hoogwaardig openbaar belangrijk om de leefkwaliteit in en bereikbaarheid van steden te garanderen. In dunner bevolkte gebieden zal het (traditionele) OV een lagere groei kennen of krimpen. Op dunne vervoersstromen gaan we meer vraaggestuurd vervoer zien, zoals de deelauto, zelfrijdende auto en andere nieuwe vraaggestuurde mobiliteitsdiensten die samen met de (elektrische) fiets het bestaande OV-aanbod aanvullen, maar mogelijk ook deels vervangen.

¹ De visie is aanvankelijk opgesteld voor de spoorsector maar het Platform Duurzaam OV en Spoor (PDOVS) heeft deze uitgebreid met het overige OV. Daarom is hier sprake van de CO₂-visie OV en Spoor.

Transitiepaden

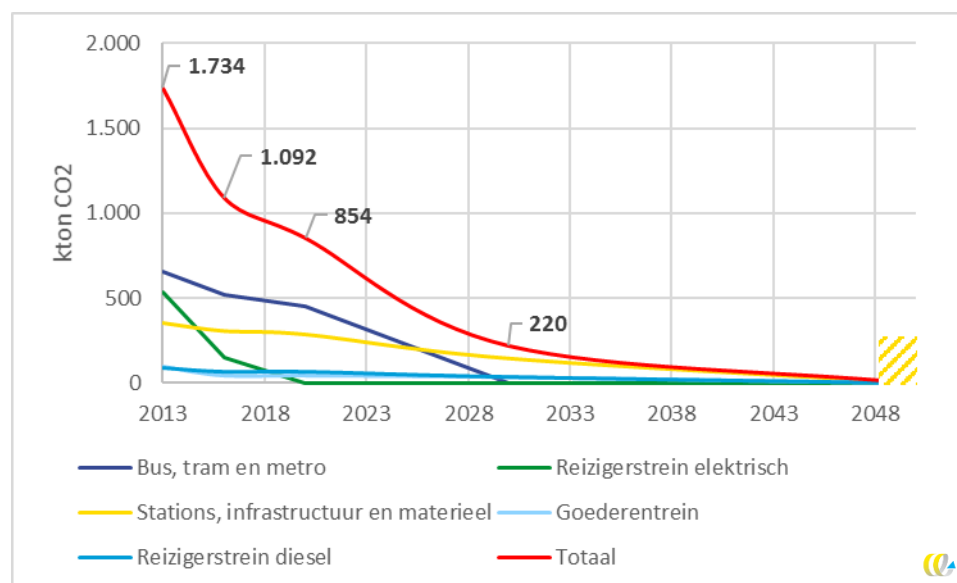
Op basis van de CO₂-footprint 2016 en de verkenning van middellange en lange termijn trends bepalen we zeven thema's waarvoor concrete stappen worden uitgewerkt in deze roadmap. De thema's komen voort uit een combinatie van enerzijds de doelstellingen uit de CO₂-visie OV en Spoor en anderzijds de onderdelen met de grootste CO₂-uitstoot. Voor elk thema zijn de belangrijkste acties benoemd, de periode waarin de acties moeten worden ondernomen, de huidige status en de rol van het PDOVS. Deze zeven thema's zien we als de belangrijkste bouwstenen voor het bereiken van de duurzaamheidsdoelstellingen uit de CO₂-visie OV en Spoor 2050:

1. Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking.
2. Vermindering CO₂-uitstoot door bussen.
3. Verbetering energie-efficiency spoor (besparingsmaatregelen).
4. Vermindering CO₂-uitstoot door goederentreinen.
5. Vermindering CO₂-uitstoot door materiaalgebruik infrastructuur en rollend materieel.
6. Vermindering CO₂-uitstoot door personendieseltreinen.
7. Toename OV- en spoorgebruik en modal shift.

Het gaat hierbij niet om een optiemenu: op al deze thema's is actie nodig om de CO₂- en energie-efficiencydoelen uit de CO₂-visie OV en Spoor te halen. Als CO₂-reductie prioriteit zou krijgen boven energie-efficiency kan Thema 3 terzijde worden gelegd.

In Figuur 1 is de ontwikkeling van de CO₂-emissies opgenomen, waarbij de ontwikkeling richting 2050 is geschetst op basis van trends en transitiepaden die hierboven zijn genoemd.

Figuur 1 – Ontwikkeling van de CO₂-footprint van de OV- en spoorsector tussen 2013 en 2050



De potentiële bijdrage van de modal shift voor personenvervoer aan de CO₂-doelstelling voor transport (TTW) is 1-1,5 Mton CO₂ in 2030. Modal shift goederenvervoer heeft een potentie van 0,2-0,8 Mton CO₂-emissiereductie in 2050.

Sleutelbesluiten en rol platform

De roadmap geeft inzicht in een aantal sleutelbesluiten voor het behalen van de doelen uit de CO₂-visie OV en Spoor. We bevelen aan dat het platform nauw betrokken is bij deze sleutelbesluiten en deze in een proces verankert, en daarbij zorg draagt dat de partijen betrokken worden die daadwerkelijk over de besluiten gaan. De belangrijkste sleutelbesluiten zijn²:

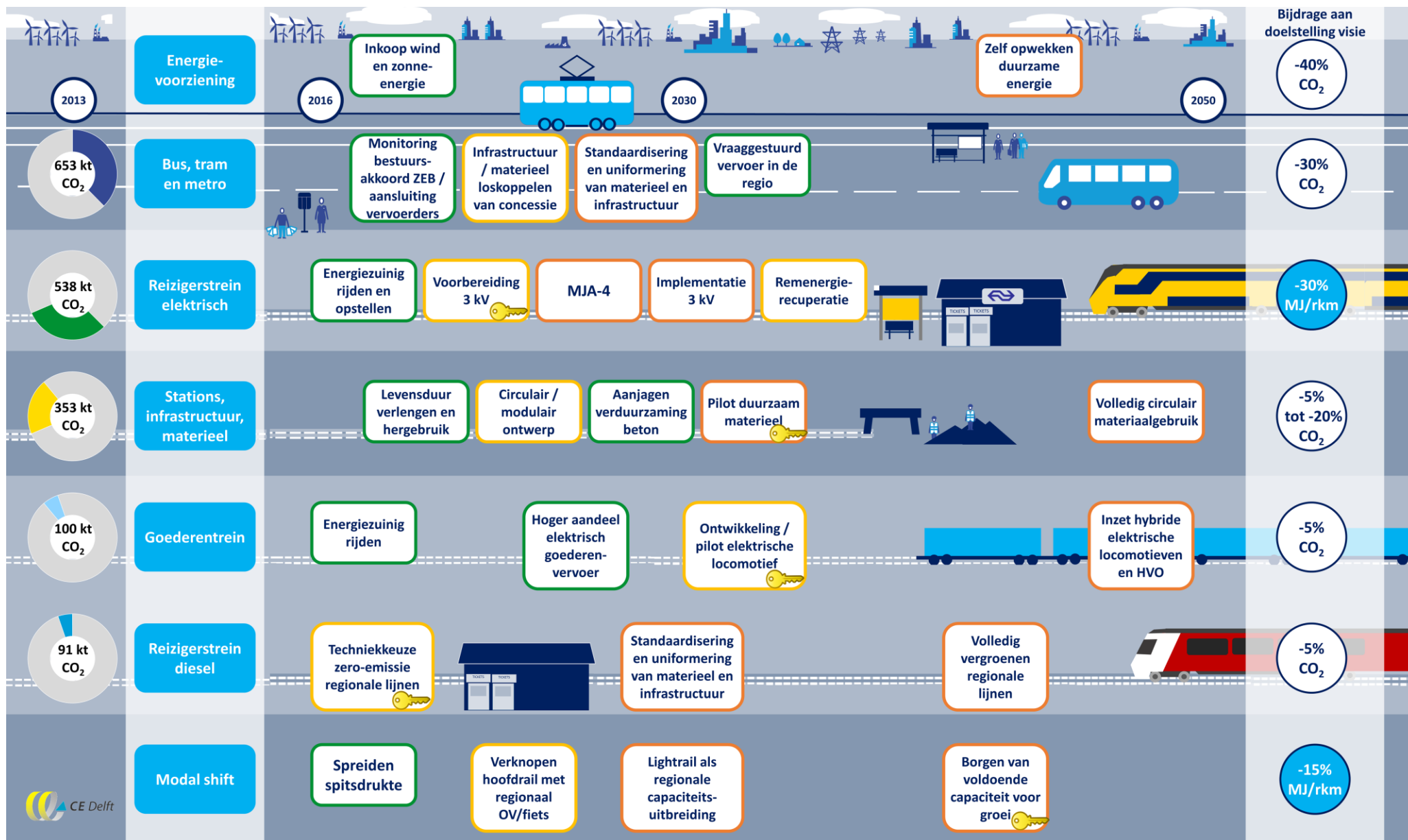
- implementatie van 3 kV en recuperatie remenergie;
- ontwikkeling van pilots duurzaam materiaalgebruik richting volledige circulariteit;
- ontwikkeling van e-hybride goederenlocomotief;
- vergroening van regionale treinen (technieккеuze en termijnen);
- borgen van voldoende capaciteit voor groei van het OV.

Deze roadmap geeft op hoofdlijnen inzicht in de uit te voeren acties. In een volgende stap dienen deze acties meer in detail te worden uitgewerkt tot een actieplan. De rol van het PDOVS is vooral gericht op kennisdeling, initiatie en kanalisatie van discussies, de juiste mensen bij elkaar brengen en het monitoren van de voortgang van de benoemde acties. Uit procesmatige oogpunt bevelen we aan om de meer vervoersautoriteiten te betrekken binnen in het PDOVS. Ze hebben een belangrijke rol in het kader van het bestuursakkoord Zero-Emissie Bussen. Daarnaast kan op deze manier meer kennisuitwisseling plaatsvinden tussen vervoerders en vervoersautoriteiten.

Conclusie

De roadmap laat zien dat het technisch mogelijk is om de meeste vormen van spoor en OV emissievrij te maken. Er bestaan verschillen tussen de verschillende marktsegmenten die vertegenwoordigd zijn binnen het platform. De mogelijke reductiemaatregelen voor personentreinen en bussen zijn reeds relatief ver ontwikkeld, terwijl voor spoorgoederenvervoer de ontwikkelingen nog in een minder ver gevorderd stadium zijn, wat verklaard kan worden door het verschil in economisch kader waarbinnen deze subsectoren actief zijn. Binnen het thema materiaalgebruik is CO₂-reductie onzeker, omdat de sector hier vooral afhankelijk is van ontwikkelingen buiten de eigen sector. Aanbevolen wordt daarom om voor verduurzaming van het materiaalgebruik samen te werken met andere partijen, buiten de eigen sector, om gezamenlijk de vraag naar klimaatvriendelijke materialen te verhogen.

² De maatregelen voor vermindering van de CO₂-uitstoot van bussen zijn ook belangrijk, maar hier niet specifiek genoemd omdat dit reeds in gang is gezet en van het platform niet de grootste aandacht vereist.



Legenda

Groen tekstkader: Actie is (gedeeltelijk) in gang gezet

Geel tekstkader: Actie wordt bestudeerd

Oranje tekstkader: Actie moet nog worden opgestart

Sleutelbesluit:



Noot: Tijdlijn is indicatief.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Met het Parijs-akkoord hebben regeringsleiders afgesproken dat de wereldwijde temperatuurstijging op lange termijn ruim onder de 2°C moet blijven en dat gestreefd wordt naar een maximale opwarming van 1,5°C. Zowel de 2°C als 1,5°C doelstelling vragen om een versnelling van de CO₂-emissiereductie en extra beleid. Dit vraagt ook om een sterke reductie van CO₂-emissies in de mobiliteitssector.

In Nederland is het Energieakkoord de motor van het energie- en klimaatbeleid. Voor de sector verkeer wordt gestreefd naar een daling van de CO₂-uitstoot met 17% in 2030 t.o.v. 1990. Voor 2050 moet er zelfs 60% minder emissies door de sector mobiliteit worden uitgestoten. Deze doelstellingen zijn echter afgestemd op de 2°C-doelstelling, en nog niet op de streefwaarde van 1,5°C opwarming. De komende jaren zal het Parijse klimaatakkoord verder worden uitgewerkt, maar het lijkt vrijwel zeker dat de doelen voor alle sectoren zullen worden aangescherpt. Ook alle modaliteiten binnen de sector mobiliteit zullen hieraan moeten bijdragen, waaronder het openbaar vervoer.

Ondanks de relatief lage CO₂-uitstoot van het OV en spoor ten opzichte van andere modaliteiten, zal ook deze sector zijn uitstoot de komende jaren fors moeten verminderen. In de CO₂-visie OV en Spoor 2050³ (Platform Duurzaam OV en Spoor, 2015), committeren twaalf partijen⁴ zich aan de volgende vier speerpunten:

- volledige CO₂-neutrale footprint van de spoorsector (emissie energie & materialen) in 2050;
- verhogen energie-efficiëntie ten opzichte van 2013 met 35% in 2030 en 40% in 2050;
- verder beperken van de uitstoot door mobiliteit door meer reizigers over te halen om de trein te nemen en meer goederen over het spoor te vervoeren;
- bestuursakkoord Zero Emissie Bus (toegevoegd aan aanvankelijke doelen in de visie).

Het Platform Duurzaam OV en Spoor wil inzicht in de mogelijkheden om de door de sector veroorzaakte emissies tot nul te reduceren en de energie-efficiency te verhogen. In deze studie wordt daartoe een zogenaamde roadmap gepresenteerd met daarin het potentieel van de CO₂-emissie-reducties en energie-efficiencyverbeteringen in de OV-sector en het spoorgoederenvervoer. Daarnaast wordt ook in kaart gebracht in hoeverre een modal shift van weg naar spoor kan bijdragen aan CO₂-emissiereductie in de transportsector. Het Platform zal deze roadmap gebruiken om een actieplan op te stellen. De roadmap moet gelezen worden als advies van CE Delft aan het platform over de benodigde maatregelen om de doelstellingen uit de visie te bereiken.

³ De visie is aanvankelijk opgesteld voor de spoorsector maar het Platform Duurzaam OV en Spoor heeft deze uitgebreid met het overige OV. Daarom is hier sprake van de CO₂-visie OV en Spoor.

⁴ Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Railforum, Koninklijk Nederlands Vervoer, ProRail, Nederlandse Spoorwegen, Arriva, Transdev, Syntus, DB Cargo, Provincie Groningen, Qbuzz en GVB.

1.2 Doel en afbakening van deze studie

Het doel van deze studie is om op hoofdlijnen in kaart te brengen op welke wijze de doelstellingen uit de CO₂-visie OV en Spoor 2050 in brede zin voor het openbaar vervoer in Nederland kunnen worden bereikt. Naast het spoor (zowel personen- als goederenvervoer) is ook het verduurzamen van het openbaar vervoer (bus, tram en metro) onderwerp van deze studie.

De volgende deelvragen zullen beantwoord worden:

1. Wat is de huidige stand van zaken in termen van CO₂-emissie, totaal energiegebruik, energiegebruik per passagierskilometer en modal split voor het openbaar vervoer in Nederland?
2. Welke relevante trends kunnen we op middellange en lange termijn verwachten voor de OV- en spoorsector?
3. Wat zijn de belangrijkste thema's en wat zijn binnen deze thema's de belangrijkste concrete acties? Daarbij gelden de volgende deelvragen:
 1. Wat is de definitie en onderbouwing van de acties?
 2. Hoe moeten de acties in de tijd worden gezien?
 3. Wat is de huidige status van de acties?
 4. Wat is de rol van het PDOVS en andere stakeholders?
 5. In welke mate dragen de acties binnen de thema's bij aan de doelstellingen?
4. Hoe ziet de roadmap eruit voor de verschillende onderscheiden thema's die leiden tot het behalen van de doelstellingen, welke eventuele keuzes moeten tussen technieken/maatregelen genomen worden en wanneer spelen deze keuzes?

1.3 Methodiek

Om deze vragen te beantwoorden maken we allereerst een update van de CO₂-footprint 2013 van de Nederlandse spoorsector (Himbergen & Altenburg, 2015). In deze studie werken we de footprint niet in detail uit, maar hanteren wel dezelfde herkenbare uitgangspunten zoals Scopes 1, 2, 3 en dezelfde systeemgrenzen. Op basis van literatuuronderzoek en interviews identificeren we belangrijke trends voor de spoorsector voor de middellange en lange termijn. De update van de CO₂-footprint en analyse van relevante trends in de spoor- en OV-sector leiden tot zeven thema's die belangrijk zijn voor het behalen van de doelstellingen zoals geformuleerd in de CO₂-visie OV en Spoor 2050.

Voor deze thema's zijn de mogelijke technieken en maatregelen die bijdragen aan het behalen van de doelstellingen voor duurzaam openbaar vervoer en spoor in kaart gebracht. Daarnaast is onderzocht wat er binnen de thema's al gebeurt, welke kosten en fasering bij de maatregelen/opties horen, welke kansen/barrières/voor- en nadelen voor de opties gelden. De effectschattingen binnen de verschillende thema's zijn gebaseerd op beschikbare literatuur en ruwe berekeningen. Per thema is hierover een fiche opgesteld waarin deze informatie is samengevat. In een workshop met experts uit de sector (zie voor de deelnemers aan de workshop Bijlage B) is op basis van deze fiches feedback gegeven op de maatregelen/opties per thema en zijn concrete acties geformuleerd, die een uitgangspunt hebben gevormd voor het schrijven van Hoofdstuk 4.

Het eindresultaat van deze studie is een uitgewerkt transitiepad naar 2050 waarin de verschillende acties per thema zijn opgenomen. In Hoofdstuk 4 wordt een compacte visuele presentatie weergegeven van deze Roadmap.

1.4 Leeswijzer

De update van de CO₂-footprint voor 2016 wordt beschreven in Hoofdstuk 2, inclusief de beschrijving van de efficiency en modal split. Vervolgens stellen we in Hoofdstuk 3 de relevante trends voor middellange en lange termijn voor de OV- en spoorsector vast. De zeven thema's die voortvloeien uit de analyse van de footprint en relevante trends worden in Hoofdstuk 4 uitgewerkt en vertaald in concrete stappen voor in de Roadmap. Hier wordt ook een visuele presentatie van de Roadmap gegeven. De conclusies van dit onderzoek zijn te vinden in Hoofdstuk 5.



2 Update CO₂-footprint voor 2016

In dit hoofdstuk wordt de huidige stand van zaken in kaart gebracht ten aanzien van de CO₂-emissies van de OV- en spoorsector. Dit wordt door middel van een CO₂-footprint gedaan. We houden hierbij de spoorsector apart van de rest van het OV, om een rechtstreekse vergelijking met eerdere CO₂-footprints mogelijk te maken.

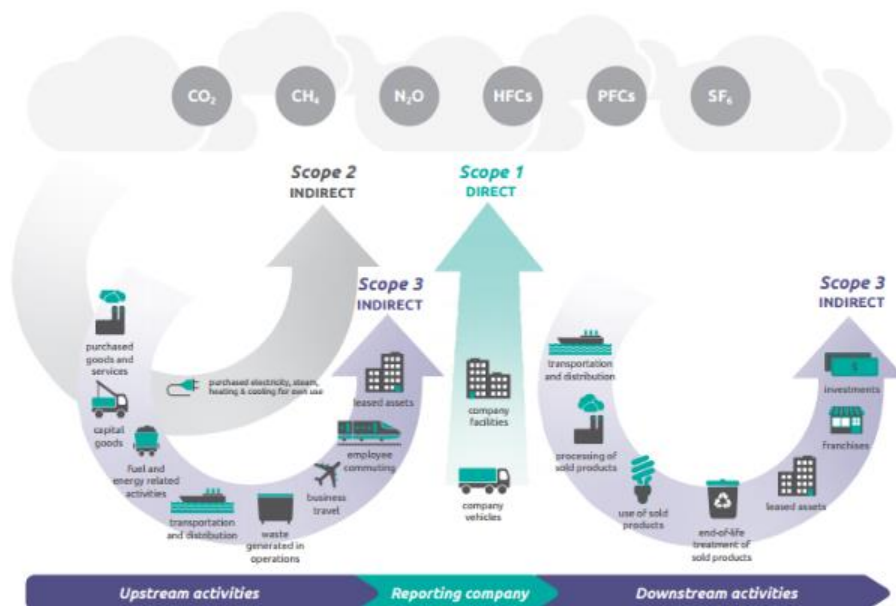
Eerst lichten we de huidige situatie betreffende personen- en goederenmobiliteit in Nederland toe. Vervolgens gaan we in dit hoofdstuk in op de algemene CO₂-footprint methodiek, en voeren daarna een CO₂-footprint uit voor zowel de spoorsector als het overige OV in 2016. Tot slot worden de footprints bij elkaar opgeteld om tot de totale CO₂-uitstoot van het openbaar vervoer in 2016 te komen. Dit is ons uitgangspunt voor de rest van het onderzoek.

2.1 CO₂-footprint methodiek

De CO₂-footprint is een milieumaat voor bedrijven of sectoren, die daarmee inzichtelijk kunnen maken hoeveel CO₂ ze uitstoten. De CO₂-footprint wordt uitgedrukt in kiloton per jaar (kton/jaar) en is onderverdeeld in 3 scopes, conform de indeling uit het Greenhouse Gas (GHG) protocol. Figuur 2 illustreert de verschillende scopes volgens het GHG-protocol.

- Scope 1: hieronder vallen directe emissies door de eigen organisatie, met name als gevolg van brandstofverbruik (diesel en aardgas);
- Scope 2: emissies als gevolg van het gebruik van ingekochte elektriciteit en warmte;
- Scope 3: overige indirecte emissies, zoals de winning en productie van ingekochte materialen en brandstoffen.

Figuur 2 - Overzicht van scopes volgens het GHG-protocol



Bron: Greenhouse Gas Protocol (www.ghgprotocol.org).

Daarnaast wordt de CO₂-footprint nog verder onderverdeeld volgens de systeemgebonden indeling van de spoorsector, dus naar reizigerstrein, goederentrein, infrastructuur en stations. Voor het overige OV wordt onderscheid gemaakt tussen bussen, tram en metro.

Bij de berekening van de footprint hanteren we de meest recent beschikbare emissiekentallen (well-to-wheel) uit STREAM (CE Delft, 2017) en de Nederlandse brandstoffenlijst (RVO, 2016). Hierbij worden alle emissies vanaf de bron meegenomen, inclusief emissies die vrijkomen bij productieprocessen, distributie, transport en gebruik van de energie.

Verder verdelen we de CO₂-emissies van ingekochte materialen of diensten over de gehele levensduur ervan. Op deze manier worden de effecten van grootschalige investeringen, zoals de aanschaf van een nieuwe trein en nieuwbouw van infrastructuur, gelijkmatig verdeeld. Tot slot worden compensatiemaatregelen die buiten de sector getroffen worden, zoals het planten van bomen, niet meegenomen in de CO₂-footprint van de sectoren.

CO₂-emissie elektriciteit

De CO₂-emissies die horen bij de opwekking van elektriciteit zijn afhankelijk van de herkomst van de elektriciteit. In deze studie hanteren we de vereenvoudigde aanname (zonder een expliciet standpunt in te nemen) dat groene stroom (ingekocht via GVO's) meetelt als 0 gram CO₂ per kWh. Op dit punt zijn ook andere aannames mogelijk, zoals de methodiek van economische allocatie, zie (CE Delft, 2017), die de CO₂-emissiereductie van vergroening toekent op basis van de meerkosten en de actoren die de kosten dragen. Vanaf 1 januari 2017 is de inkoop van elektriciteit door de spoorsector 100% groen. De gehanteerde emissiekentallen voor elektriciteit zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 - Gehanteerde CO₂-emissiekentallen voor de opwekking van elektriciteit

Variabele	2013	2016	2017 en verder
CO ₂ -emissiekental	0,418 g CO ₂ /kWh	0,122 g CO ₂ /kWh	0 g CO ₂ /kWh
Aandeel groene stroom	9% (Himbergen & Altenburg, 2015)	73% (NS, 2017)	100%

* Zie (CE Delft, 2015) voor een verdere differentiatie en overweging van de verschillende CO₂-kentallen die voor elektriciteitsopwekking kunnen worden gebruikt.

2.2 CO₂-footprint OV- en spoorsector 2016

Voor de spoorsector zijn voor 2009 en 2013 al CO₂-footprints berekend (Himbergen & Altenburg, 2015). Deze footprint bouwt voort op die voor 2013, en hanteert daarbij dezelfde methodiek. De scope van deze footprint beperkt zich daarom, net als die van 2013, tot het hoofdrailnet (exclusief HSL, inclusief Betuweroute), het rijden van treinen op dat spoor, alsook onderhoud, vernieuwing, revisie en de activiteiten op stations. Naast de spoorsector is in deze footprint ook het overig OV meegenomen: bus, tram en metro. Voor- en natransport (bijvoorbeeld met de auto) zijn niet in de scope opgenomen.

In de volgende paragrafen wordt de CO₂-footprint gepresenteerd voor OV en Spoor voor de verschillende systeemdelen in volgorde van de grootste uitstoot naar kleiner. Achtereenvolgens zijn dit bus/tram/metro (Paragraaf 2.2.1), reizigerstreinen (Paragraaf 2.2.2), railinfrastructuur (Paragraaf 2.2.3), goederentreinen (Paragraaf 2.2.4) en stations (Paragraaf 2.2.5). In Paragraaf 2.3 worden de resultaten gekoppeld aan reizigers- en tonkilometers voor een ruwe berekening van de energie-efficiency van het systeem.

2.2.1 Bus, tram en metro

In deze studie zijn de emissies en het energiegebruik van bus, tram en metro aan de scope toegevoegd ten opzichte van de CO₂-footprint uit 2013. In totaal bedragen de CO₂-emissies 600 kiloton, die voor het overgrote deel toe te schrijven zijn aan het dieselverbruik van OV-bussen, zie Tabel 2.

Tabel 2 – CO₂-footprint bus, tram en metro

	CO ₂ (kton)	CO ₂ (kton)	
Scope	2013	2016	Toelichting
1	533	483	Dieselverbruik OV-bussen in Nederland op basis van CBS Statline.
2	120	36	Totaal energiegebruik tram en metro gebaseerd op jaarverslagen HTM, GVB, RET en Utrecht (U-OV-tram).
3	98	81	Materiaalemissies bussen, tram en metro's, Abri's, infrastructuuremissies tram en metro. Elektriciteitsverbruik van gebouwen.
Totaal	750	600	

De CO₂-emissies van OV-bussen is afkomstig van CBS Statline (Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied; wegverkeer), waarbij de totale CO₂-emissies voor autobussen zijn toegedeeld naar OV-bussen op basis van de uitsplitsing van voertuigkilometers tussen OV-bussen en touringcars. De emissies van CNG-bussen zijn hierin niet expliciet meegenomen, maar zitten wel in de CBS-statistieken. De emissies zijn omgerekend naar well-to-tank-emissies. Het elektriciteitsverbruik van tram en metro bedraagt ongeveer 295 GWh; dat is ongeveer 20% in verhouding tot het totale elektriciteitsverbruik van het spoor. Hierbij is een deel groene stroom aangenomen door de CO₂-factor voor elektriciteit van het spoor aan te nemen. De materieel-emissies, infrastructuur-emissies en indirecte emissies zijn opgenomen in de CO₂-emissies en het energiegebruik in Scope 3. De emissies van productie van het busmaterieel zijn gebaseerd op emissiekentallen voor de productie van personenauto's (TNO, 2015) en bepaald in verhouding tot de massa van de bus. De berekening van de emissies voor productie van trams en metro's is gebaseerd op de emissiekentallen voor reizigers-treinen uit de footprint 2013 van het spoor, en de massa van trams/metro's (afkomstig uit de jaarverslagen en websites van vervoerders). De infrastructuur-emissies zijn genomen uit de dominantieanalyse van ProRail en geschaald naar het aantal kilometers spoor van tram en metro. Tenslotte zijn de emissies van de productie van 30.000 abri's opgenomen (gebaseerd op kentallen voor de rijwielstalling buiten van ProRail (Royal HaskoningDHV, 2017)). Voor de indirecte emissies van gebouwen en eigen wagenpark is het EEP van Arriva en het maatschappelijk jaarverslag van de GVB als uitgangspunt genomen en opgehoogd voor heel Nederland.

Het referentiejaar voor de CO₂-visie OV en Spoor is 2013. Daarom is volgens dezelfde methodiek een inschatting gemaakt voor het jaar 2013, waarbij een hoger CO₂-emissiekental is gehanteerd voor elektriciteit in 2013 dan in 2016. Het resultaat is een CO₂-emissie van 533 kton CO₂ in Scope 1, 120 kton CO₂ in Scope 2 en 98 kton CO₂ in Scope 3. Het verschil in de Scope 1-emissies, voor het dieselverbruik van OV-bussen van 10% tussen 2013 en 2016, is in lijn met de afname van het aantal lijndienstkilometers van ongeveer 10% in dezelfde periode.

2.2.2 Reizigerstrein

Tabel 3 laat de CO₂-footprint zien van het systeemdeel reizigerstrein in 2013 en 2016. Het grootste verschil tussen de twee footprints is te vinden in Scope 2. Dit is het gevolg van het sterk inzetten op groene stroom door middel van Garanties van Oorsprong (GVO's). In 2016 was ongeveer 73% van de stroom die de NS gebruikte vergoend door middel van GVO's (inmiddels is dit 100%). In 2013 was dit ongeveer 9%. Verdere grote emissiereducties vonden plaats in Scope 1, doordat met

name regionale vervoerders minder met dieseltreinen zijn gaan rijden (bijvoorbeeld op het traject Zwolle-Kampen). In Scope 3 zien we een toename in de emissies van de treinmaterialen, de productie en het onderhoud. De emissies zijn hoger doordat er meer nieuwe treinen in de dienstregeling zijn opgenomen (KpVV-CROW, 2017).

Tabel 3 - CO₂-footprint voor het systeemdeel reizigerstrein

	CO ₂ (kton)	CO ₂ (kton)	
Scope	2013	2016	Toelichting
1	91	68	De directe emissies van regionale dieseltreinen en vervangend busvervoer zijn gebaseerd op het EEP van NS (2017-2020), het EEP van Arriva (2017-2020) en reizigerskilometers voor alle regionale dieseltreinen.
2	538	152	Emissies als gevolg van ingekochte elektriciteit en warmte (73% groen in 2016).
3	30	35	Overige indirecte emissies, materiaal en productie treinen en onderhoud.
Totaal	659	220	

2.2.3 Railinfrastructuur

Tabel 4 geeft de CO₂-footprint van het systeemdeel railinfrastructuur in 2013 en 2016. De totale CO₂-emissies zijn 13% lager dan volgens de footprint van 2013. Het is duidelijk te zien dat de grootste afname zit in de Scope 3-emissies. De getallen zijn gebaseerd op de nieuwe dominantieanalyse van ProRail (Royal HaskoningDHV, 2017), waarin nieuwe inzichten in de CO₂-emissieketen zijn meegenomen. De verschillen worden vooral verklaard door betere getallen. Voor Scope 1 en 2 geldt een CO₂-emissiereductie. Het grootste gedeelte van deze reducties vond plaats door minder emissies bij onderhoud en aanleg bij de aannemers van ProRail.

Tabel 4 – CO₂-footprint voor het systeemdeel railinfrastructuur

	CO ₂ (kton)	CO ₂ (kton)	
Scope	2013	2016	Toelichting
1	39,5	34	Directe emissies door brandstofverbruik voor infra, kantoren en het leasewagenpark (ProRail, aannemers en ingenieursbureaus), verbruik door aannemers bij onderhoud en aanleg infra. We hebben de bronnen uit de CO ₂ -footprint 2013 opnieuw geraadpleegd en waar mogelijk geactualiseerd, namelijk de CO ₂ -footprint van aannemers en ingenieursbureaus: Dura Vermeer, Spitzke, Asset Rail, Strukton Rail, BAM Rail, Heijmans, Arcadis, Movares, RHDHV, Sweco.
2	7,5	7	Emissies als gevolg van ingekochte elektriciteit en warmte (infra, kantoren en verkeersleidingsposten, ingenieursbureaus, aannemers). Voornamelijk op basis van de ProRail Emissie Inventaris 2015 en de bronnen die bij Scope 1 zijn genoemd.
3	146	127	Overige indirecte emissies, zoals bij de winning en productie van ingekochte materialen en brandstoffen. Gebaseerd op dominantieanalyse ProRail. In deze emissiegetallen zitten ook de Scope 3-emissies voor stations. Daarnaast zijn de emissies van grondtransport, en transport van materiaal gelijk verondersteld aan 2013.
Totaal	193	168	

2.2.4 Goederentrein

Tabel 5 geeft de CO₂-footprint van het systeemdeel goederentrein in 2013 en 2016. Er is een lichte afname te zien in CO₂-uitstoot van Scope 1. Dit is gebaseerd op een verschuiving in het vlootmaterieel naar elektrische locomotieven. Volgens een interview met DB Cargo was de verhouding in hun eigen park in 2013 ongeveer 2/3 diesellocomotieven, 1/3 elektrisch en is nu iets meer dan de helft elektrisch. Daarnaast is er een grote afname zichtbaar in Scope 2-emissies, vanwege de inkoop van groene stroom vanaf 1 januari 2014. Het elektrische goederenvervoer valt onder het CIEBR-contract, waarin voornamelijk windenergie wordt ingekocht. In deze studie nemen we voor groene stroom het emissiekental van 0 g CO₂/kWh, onafhankelijk van de herkomst van de groene stroom (zie ook Tabel 1). De emissies voor Scope 3 zijn gelijk gebleven.

De Taakgroep Verkeer en Vervoer (Klein et al., 2017) presenteert ook het totaal dieselverbruik van spoorgoederenvervoer in Nederland en komt uit op 0,88 PJ voor 2015 (0,73 PJ in 2013). Dit is hoger dan de inschatting uit (Himbergen & Altenburg, 2015) van 0,5 PJ, waarop we hier voortbouwen.

Tabel 5 – CO₂-footprint voor het systeemdeel goederentrein

	CO ₂ (kton)	CO ₂ (kton)	
Scope	2013	2016	Toelichting
1	47	46	Directe emissies van diesellocomotieven. Berekening gebaseerd op opgave van twee vervoerders in 2013 en hun aandeel (46%) in het park van diesel-locomotieven. Voor de inschatting voor 2016 is de groei van de tonkilometers en de verschuiving van het aandeel elektrische locomotieven meegenomen.
2	53	9	De emissies als gevolg van ingekochte elektriciteit zijn gebaseerd op de opgave van twee goederenvervoerders in 2013 en hun aandeel (74%) in de vervoersprestatie in 2013. De emissie voor 2016 is gebaseerd op de groei van het aantal tonkilometers, de verschuiving van het aandeel elektrische locomotieven en de toename van het aandeel groene stroom van 0% naar ongeveer 85% in 2016.
3	7	7	De overige indirecte emissies betreffen het materiaal, de productie en onderhoud van goederentreinen en zijn berekend volgens dezelfde methodiek als de footprint 2013, inclusief de groei van het goederenvervoer op basis van tonkilometers.
Totaal	107	63	

2.2.5 Stations

In Tabel 6 is de footprint uit 2013 en 2016 voor het systeemdeel stations te zien. De Scope 3-emissies van de stations (ProRail-deel) zijn in de voetafdruk meegenomen in de Scope 3-emissies van de infrastructuur. Er is een lichte daling zichtbaar in de Scope 1-emissies, maar de grootste daling is te zien in Scope 2. Dit is het gevolg van een groter aandeel groene stroom in het elektriciteitsgebruik.

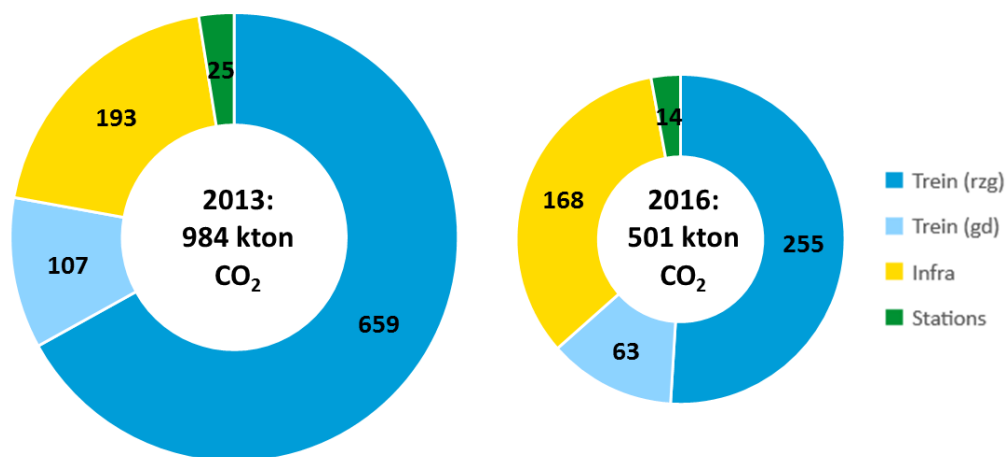
Tabel 6 – CO₂-footprint voor het systeemdeel stations

	CO ₂ (kton)	CO ₂ (kton)	
Scope	2013	2016	Toelichting
1	6,5	6	Directe emissies gasverbruik NS Stations en ProRail, NS Stations genomen uit EEP NS 2017-2020 (waarden voor 2015), ProRail uit ProRail emissie inventaris 2015.
2	18,5	8	Emissies als gevolg van ingekochte elektriciteit en warmte, genomen uit EEP NS 2017-2020 (waarden voor 2015).
3	-	-	Het deel voor ProRail is meegenomen in Scope 3 van Railinfrastructuur, de andere emissies zijn zeer lastig te kwantificeren en daarom (net als voor 2013) niet meegenomen.
Totaal	25	14	

2.2.6 Resultaat

De totale footprint van de spoorsector (exclusief bus, tram en metro) kwam in 2016 uit op 501 kiloton CO₂/jaar, ten opzichte van 984 kiloton CO₂/jaar in 2013 is dit een reductie van bijna 50%. Ten dele is het verschil te verklaren doordat er betere cijfers zijn voor 2016 dan voor 2013, maar de voornaamste verklaring is het verhogen van het aandeel groene stroom in de tractie energievoorziening. In 2013 was 9% van de elektriciteit groen, en 91% grijs. In 2016 was deze verhouding 73% groen en 27% grijs. Voor groene stroom rekenen we met een emissiefactor van 0 kg/kWh. Voor grijze stroom gebruiken we een emissiefactor van 0,489 kg/kWh (CE Delft, 2017). Een gemiddelde emissiefactor kan dan berekend worden op basis van de verhouding tussen groene en grijze stroom. Deze emissiefactor is in 2016 significant lager dan in 2013. De reductie bij Scope 2-emissies van goederentreinen is relatief nog groter dan bij reizigerstreinen omdat de Betuweroute in 2014 volledig is overgegaan is op groene stroom-GVO's. Figuur 3 toont de CO₂-footprint zoals hij voor 2013 en 2016 is vastgesteld.

Figuur 3 - CO₂-footprint Spoor in kton voor 2013 en 2016



Van de resterende emissies is ongeveer de helft toe te delen aan het systeemdeel reizigerstreinen. Ook de infrastructuur speelt een belangrijke rol, en is in 2016 verantwoordelijk voor bijna 40% van de CO₂-emissies. Goederentreinen zijn verantwoordelijk voor ruim 10% van de CO₂-emissies van de spoorsector, terwijl de stations een aandeel van 3% hebben.

Wanneer we het busvervoer, tram en metro (BTM) toevoegen aan de scope, verandert het beeld. In totaal waren de CO₂-emissies van BTM in 2016 hoger dan die van het spoor. Dit is te zien in Figuur 4.

2016: 1.101 kton CO₂

BTM

BTM

fossiel

indirect

elekt

Trein (rzg)

fossiel

Infra

indirect

fossiel

Trein (gd)

fossiel

BTM

fossiel

Infra

Stations

Trein (rzg)

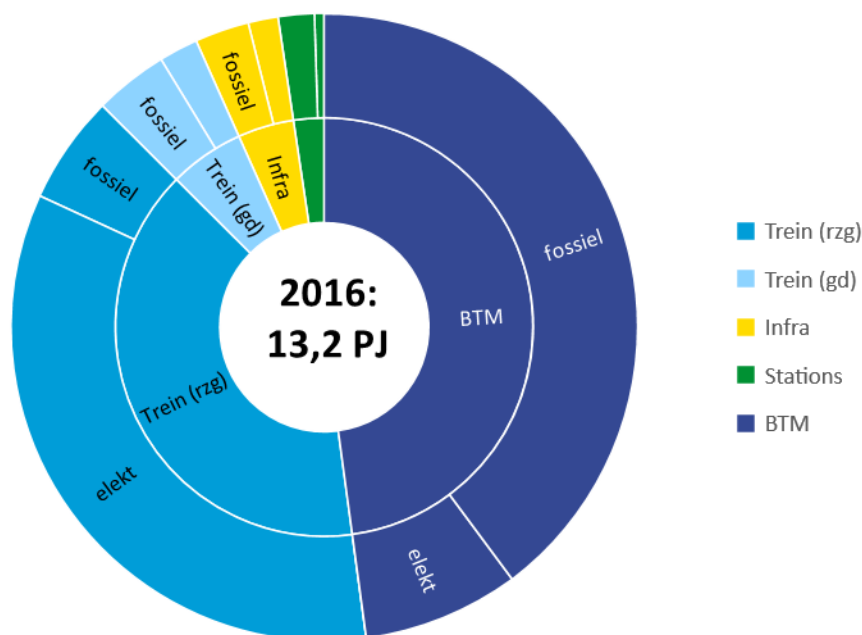
Trein (gd)

Uit deze footprint is op te maken dat het grootste deel van de CO₂-footprint te vinden is bij de bussen, personendieseltreinen, goederentreinen en het resterende elektriciteitsgebruik in de sector. Daarnaast vormen de indirecte emissies van infrastructuur, stations en materieel samen ongeveer 20% van de footprint.

Omdat duurzame bronnen schaars zijn vindt de OV- en spoorsector het ook belangrijk om het specifieke energieverbruik in de sector te verminderen. Naast de CO₂-emissiereductiedoelstelling heeft de CO₂-visie OV en Spoor 2050 ook de doelstelling om een energie-efficiencyverbetering te realiseren van 35% in 2030 en 40% in 2050 ten opzichte van 2013.



Figuur 5 - Energiegebruik OV en Spoor (2016) inclusief bus, tram, metro (Scope 1 en 2)



Hieruit blijkt dat vooral het energiegebruik van reizigerstreinen (elektriciteit) en bussen (diesel) bijdragen aan het totale energiegebruik. Het energiegebruik in Scope 1 en 2 van reizigers- en goederentreinen en BTM vormt samen 93% van het totaal. Omdat het lastig vast te stellen is welk deel van de infrastructuur en stations is toe te delen aan reizigerstreinen, goederentreinen, bus, tram of metro en het directe energiegebruik veruit het grootste deel van het energiegebruik beslaat is de energie-efficiency ingeschat op basis van de Scope 1- en 2-energiegebruiken van treinen en BTM, zoals te zien is in Tabel 7.

De efficiencyverbetering is uitgedrukt ten opzichte van reizigerskilometers. In totaal waren er 18,9 miljard reizigerskilometers over het spoor in 2016 (KiM, 2017). Ongeveer 1,1 miljard reizigerskilometers kwamen van regionale treinen (KpVV-CROW, 2017). De bus, tram en metro realiseerden samen ongeveer 5,3 miljard reizigerskilometers, waarvan 3,4 miljard door de bus (KpVV-CROW, 2017).

Tabel 7 - Energie-efficiency van reizigerstrein, bus en tram/metro

Systeem	Reizigers-kilometers (mrd)	Totaal energiegebruik Scope 1 en 2 (PJ)	Energie-efficiency (MJ/km)	Bron
Hoofdspoornet	17,8	5,2	0,28	Resultaat van totaal en regionaal (KpVV-CROW, 2017) (KiM, 2017)
Regionale treinen	1,1			
Spoor totaal	18,9			
Tram	0,9	1,0	0,57	Jaarverslagen GVB, HTM, RET, Utrecht
Metro	1,0			
Bus	3,4	5,3	1,53	Jaarverslagen GVB, RET (KpVV-CROW, 2017)

De verschillen tussen spoor, bus en tram/metro worden onder andere verklaard door verschillen in bezettingsgraad, rolweerstand, het brandstoftype, aantal halteringen en gemiddelde afstand hiertussen.

In 2013 was het energiegebruik in Scope 1 en 2 voor reizigerstreinen ongeveer 5,6 PJ en het aantal reizigerskilometers 18 miljard. Hieruit volgt een energie-efficiency van 0,31 MJ/rkm. Dat betekent dat de energie-efficiency tussen 2013 en 2016 ongeveer 10% is verbeterd. Volgens Mobiliteitsbeeld 2017 is het aantal reizigerskilometers per OV en spoor tussen de 4% (openbaar vervoer) en 5% (trein) toegenomen tussen 2013 en 2016. Er is dus CO₂-emissiereductie geweest terwijl de vervoersprestatie toenam.

Goederenvervoer

Voor het goederenvervoer geldt dat er volgens CBS Statline in 2016 42,6 kiloton aan ladinggewicht via het spoor werd vervoerd, 6.641 miljoen tonkilometers en ruim 8,2 miljoen treinkilometers (CBS, 2017). Dit is een groei van ongeveer 9% ten opzichte van 2013. In de CO₂-footprint voor 2013 is een tonkilometrage van 13 miljard gerapporteerd, dit betreft het bruto tonkilometrage (lading + wagonset). Dit is weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 - Ontwikkeling volumes spoorgoederenvervoer 2013-2016

Onderwerp	2013	2016	Ontwikkeling 2013-2016	Bron
Vervoerd ladinggewicht (1.000 ton)	38.927	42.615	+9,5%	(CBS, 2017)
Treinkilometers (miljoen km)	7,8	8,2	+5,1%	(CBS, 2017)
Ladingtonkilometers (miljoen tonkm)	6.078	6.641	+9,3%	(CBS, 2017)
Bruto tonkilometers (lading + wagonset)	13,1 mrd	14,1 mrd	+7,6%	(RailCargo, 2014)

Het energiegebruik in Scope 1 en 2 voor de goederentreinen bedraagt ongeveer 0,8 PJ in 2016. De vervoersprestatie in 2016 is volgens (CBS, 2017) 6,6 miljard ladingtonkilometers. Dit levert een energie-efficiency van ongeveer 0,12 MJ/tkm.

De energie-efficiency komt ongeveer overeen met de emissiekentallen uit de studie STREAM Goederenvervoer voor middelzwaar containertransport (CE Delft, 2017), waarin voor de lange elektrische trein een energiegebruik van 0,12 MJ/tkm is opgenomen en voor de lange dieseltrein 0,32 MJ/tkm. Ter vergelijking, de zware trekker-oplegger heeft hier 1,1 MJ/tkm en voor de binnenvaart is het energiegebruik volgens STREAM 0,26 MJ/tkm (Groot Rijnschip, 208 TEU) tot 0,48 MJ/tkm (R.H.K schip, 96 TEU) voor middelzware containers.

3 Trends middellange en lange termijn

Naast de huidige stand van zaken voor CO₂-emissies, energiegebruik en reizigerskilometers is het van belang om voor de Roadmap te inventariseren welke trends we op middellange en lange termijn kunnen verwachten voor de sector. Historisch gezien is de spoorsector bezig met een opmars. In de periode van 2005 tot 2015 nam het aantal reizigerskilometers per trein toe met bijna 22% (Ministerie van I&M, 2017). In diezelfde periode daalde het aantal reizigerskilometers met de bus, tram en metro gereisde kilometers tussen 2005 en 2015 van 6,2 naar 5,4 miljard (KiM, 2016). Hiervan werd de helft afgelegd in de stadsregio Amsterdam en de Metropoolregio Rotterdam Den Haag. Dit hoofdstuk gaat dieper in op de ontwikkelingen in reizigerskilometers en -verplaatsingen die we kunnen verwachten in het OV richting 2050.

Het literatuuronderzoek in dit hoofdstuk is gebaseerd op de NMCA (Ministerie van I&M, 2017), de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO) - Cahier Mobiliteit (CPB ; PBL, 2015) diverse andere literatuurbronnen⁵ en gesprekken met experts (zie Bijlage A). Om die reden refereren wij in dit hoofdstuk ook aan de twee scenario's (Hoog en Laag) van de WLO voor 2040/2050. In scenario Hoog wordt uitgegaan van hoge economische en technologische ontwikkelingen. Het scenario Laag gaat uit van minder snelle ontwikkeling op beide gebieden.

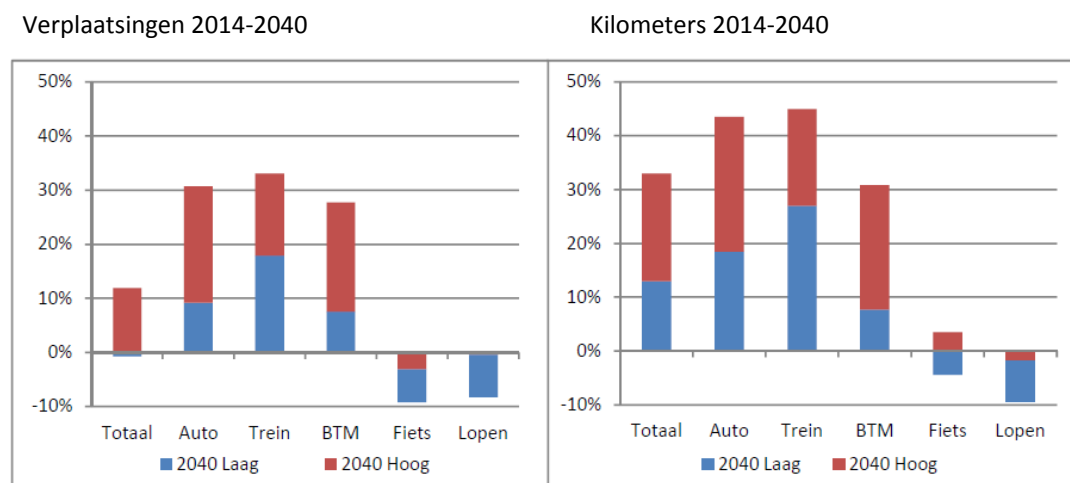
3.1 Algemene mobiliteitstrends

Eén van de belangrijkste ontwikkelingen omvat de groei van de mobiliteitsbehoefte als gevolg van de groei in welvaart, werkgelegenheid en de stijging van het aantal eenpersoonshuishoudens. Hierdoor blijft de mobiliteit van personen richting 2040 toenemen. De mobiliteitsbehoefte voor het personenvervoer neemt het sterkst toe in de gebieden waar zich nu al de grootste knelpunten voordoen. De groei van mobiliteit in aantal kilometers is bovendien niet evenredig verdeeld over de verschillende vervoerwijzen. De groei is vooral zichtbaar bij de auto (+17% tot +44%) en trein (+27% tot +45%), en in mindere mate bij bus, tram en metro (+8% tot +31%) afhankelijk van welk WLO-scenario word gehanteerd.

Figuur 6 laat de groei in het aantal verplaatsingen (links) en reizigerskilometers (rechts) per vervoerswijze zien, zoals berekend in de NMCA.

⁵ Moreelse tafel (Railforum, 2016), Toekomstbeeld OV ("Overstappen naar 2040") (IenM, 2017), MAASiFIE Impact Assessment, Mobility as a Service For Linking Europe (CEDR, 2017), The future of public transport (TU/e en IenM, 2016), Notitie Spoorvisie 2040 bij afscheid kamer (Visser, 2016).

Figuur 6 – Ontwikkeling per vervoerswijze naar aantal verplaatsingen (links) en kilometers (rechts)



Bron: NMCA (2017).

Tussen 2005 en 2015 daalde het aantal met de bus, tram en metro gereisde kilometers van 6,2 naar 5,4 miljard (KiM, 2016). Toch is op basis van de NMCA een groei van 15-27% denkbaar voor het aantal reizigerskilometers met de tram tussen 2014-2040 afhankelijk van het scenario (Ministerie van I&M, 2017). Voor de metro verwacht men in dezelfde periode een groei van 53-72% afhankelijk van het scenario (Ministerie van I&M, 2017). Dit is met name het gevolg van de ingebruikname van de Noord/Zuidlijn in Amsterdam en de Hoekse Lijn als metroverbinding (in plaats van trein) tussen Rotterdam en Hoek van Holland.

Onafhankelijk van het WLO-scenario zijn er in Nederland drie belangrijke trends op het gebied van mobiliteit te zien. Ten eerste worden er in 2040 langere verplaatsingen gemaakt. Er is een sterkere toename van het aantal reizigerskilometers dan het aantal gemaakte reizen, dat gemiddeld met 12% toeneemt. Daarnaast vindt er een verschuiving plaats tussen de verschillende voerwijzen. De groei voor de auto en trein is hoger dan voor de bus, tram of metro. Het aandeel per modaliteit blijft redelijk in lijn met de huidige situatie. Tenslotte blijkt uit de berekeningen in de NMCA dat de ontwikkeling van de mobiliteit ongeacht het WLO-scenario sterk regionaal is gedifferentieerd. Er zijn groeiprovincies (met name de provincies in de Randstad) en krimpprovincies (met name grens-provincies).

3.2 Goederenvervoer per spoor

Het goederenvervoer per spoor is de afgelopen jaren licht gegroeid (zie Paragraaf 2.3). Volgens de NMCA is een verdere groei op de middellange en lange termijn denkbaar. Voor 2040 becijfert de NMCA een groei van het totaal vervoerd volume van het spoorgoederenvervoer naar 60 miljoen ton (+51% ten opzichte van 2014; Scenario-Laag) tot 80 miljoen ton (+88%; Scenario-Hoog) (Ministerie van I&M, 2017). Vergeleken met de andere manieren van goederentransport (over de weg of via de binnenvaart) groeit het spoorvervoer relatief het hardst, zodat een Modal shift waarneembaar is. Het aandeel in de Modal split stijgt volgens de NMCA van 3% (2014) tot 3,8% in 2030 en 4,4% in 2040.

De goederenvervoerders zien een aantal mogelijke barrières voor een verdere groei van het goederenvervoer over het spoor. Dit zijn de vergunningverlening voor het vervoer van gevaarlijke stoffen (deze wordt bemoeilijkt door een relatief slecht imago van het spoor in het veilig vervoeren van gevaarlijke stoffen), en de kosten van doorvoering van innovaties in de spoorsector (zoals ERTMS)

die voor de goederenvervoerders een verslechterde marktpositie oplevert⁶. Dit kan een nadelig effect op de groeipotentie uit de prognoses hebben.

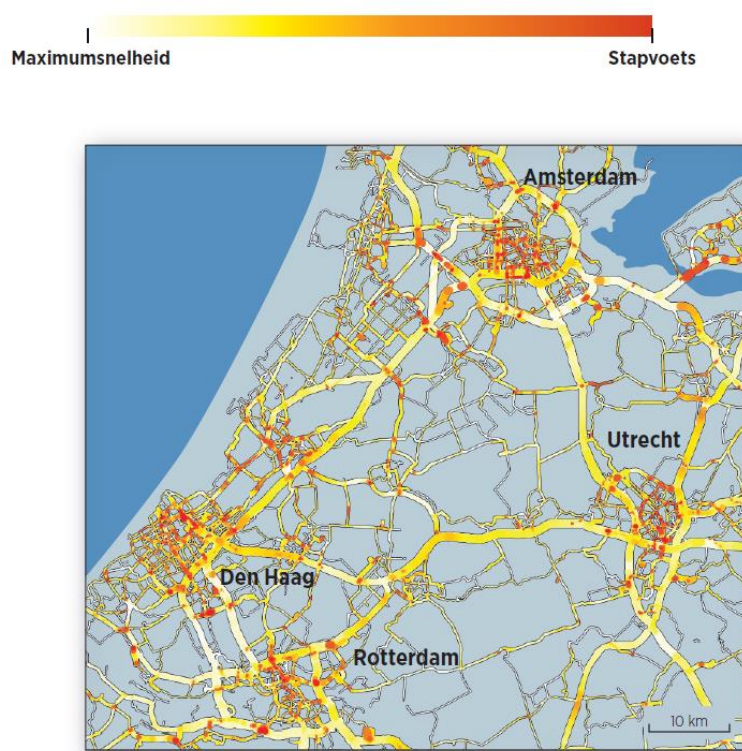
Een mogelijke groei in de vervoersvraag over het spoor kan volgens de NMCA, over het algemeen, worden opgevangen met de beschikbare infrastructuur. Toch is het mogelijk dat vervoerders op enkele specifieke trajecten richting Duitsland niet meer via hun voorkeursroute kunnen rijden.

3.3 (Maatschappelijke) trends die het OV beïnvloeden

3.3.1 Spoorinvesteringen en capaciteit op het spoor voor garantie van bereikbaarheid

De bereikbaarheid van steden komt de komende decennia onder druk te staan door de grote verwachte toename van het autoverkeer, zoals afgeleid kan worden uit Figuur 7.

Figuur 7 - Prognose van de snelheden in de ochtendspits in 2021



Bron: KPVV.

⁶ Volgens DB Cargo kent het spoorvervoer een relatief slechte marktpositie door onder andere hoge kosten, te goedkope vrachtwagenchauffeurs, mindere publiciteit en de toekomstige ERMTS-investeringen. Voor ERTMS wordt volgens DB Cargo maximaal 15% vergoed waardoor de eigenbijdrage neer komt op ongeveer M€ 15.

Het OV kan een belangrijke rol spelen in het verminderen van de autodruk, maar niet zonder meer. Als gevolg van de verwachte groei richting 2040 worden drukke OV-verbindingen tussen de grote steden (Amsterdam, Den Haag, Rotterdam, Utrecht en Eindhoven) nog drukker. Daarnaast zijn er ook potentiële opgaven voor de verbindingen richting Amersfoort, Zwolle, Breda, Tilburg, Den Bosch en Arnhem-Nijmegen. Op de bovengenoemde trajecten ontstaan opgaven voor stationscapaciteit, treinbezetting en opstel terreinen voor de extra lange treinen.

De verwachte groei in spoorgebruik en de knelpunten die als gevolg daarvan ontstaan, verhogen het belang van goede investeringen in de spoorinfrastructuur. Het budget voor infrastructuur is tot 2028 vastgesteld in de Lange Termijn Spoor Agenda (LTSA). De beschikbare middelen in de meerjarenbegroting voor het spoor zijn:

- € 18,4 miljard voor beheer en onderhoud van het spoor;
- € 10,1 miljard voor aanleg.

De belangrijkste grootschalige investeringen die in deze begroting zijn opgenomen zijn het Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) en het beveiligingssysteem ERTMS. Beide zorgen voor een uitbreiding van de capaciteit van het spoornetwerk. Een overgang naar 3 kV-spanning op de bovenleiding kan de benutting van het spoor verbeteren. De NMCA becijfert dat met name door de hogere frequenties het totale aantal treinkilometers voor 2040 ten opzichte van 2014 toeneemt met 13%. In het Intercity-segment met 14% en het Sprinter/stop-segment met 12%.

De OV-studentenkaart is een belangrijke factor voor het gebruik van de trein. In de prognoses is uitgegaan van de (huidige) formule waarbij ook de MBO/BOL-studenten jonger dan 18 jaar recht hebben op deze kaart.

Daarnaast is er de opkomst van lightrailverbindingen tussen en in steden (Randstadrail, Uithoflijn, RijnGouwelijn en Hoekse lijn), die een belangrijke rol kunnen spelen voor de bereikbaarheid van steden vanuit de omliggende regio's. In de periode 2010-2025 neemt het aantal inwoners in de Randstad toe met 700.000 mensen (CBS). Het kabinet heeft aangekondigd extra investeringen in stedelijk OV te willen doen.

3.3.2 Mobility as a Service (MaaS) en de deelauto

Naar verwachting zullen ook veel relatief nieuwe technologieën een verdere doorontwikkeling hebben gemaakt in 2040, zoals de deelauto, de zelfrijdende auto en MaaS. Nieuwe vraaggestuurde mobiliteitsdiensten zullen samen met de (elektrische) fiets en de (zelfrijdende) auto het bestaande OV-netwerk aanvullen, maar mogelijk ook deels vervangen. Toch zal het naar verwachting zo zijn dat autonome ontwikkelingen zoals welvaart en werkgelegenheid een grotere impact hebben op de ontwikkeling dan trends als zelfrijdende auto's en MaaS.

Collectief vervoer zal op 'de dikke lijnen' tussen en in regio's noodzakelijk blijven en in kwaliteit (snelheid en frequentie) verbeteren. Oftewel, HSL/heavy rail/light rail/metro's/(sommige) trams/(eventueel sommige) HOV bussen blijven noodzakelijk om de leefkwaliteit in en bereikbaarheid van steden te garanderen.

Het regionale busvervoer in dunner bevolkte gebieden zal over het algemeen een lagere groei doormaken dan het busvervoer in de stad of zelfs krimpen. Op dunne vervoersstromen gaan we meer vraaggestuurd vervoer zien.

Deelauto

Het bezit van een eigen auto lijkt, met het oog op de toekomst, minder vanzelfsprekend te gaan worden. In de laatste jaren is het gebruik van de deelauto significant gestegen, tot ongeveer 90.000 gebruikers in 2015. Gekoppeld hieraan is de afname onder autodelers in het autobezit. Daarnaast maken autodelers jaarlijks ruim 20% minder autokilometers dan autobezitters, en maken ze meer gebruik van de trein. Naar verwachting zal deze trend zich voortzetten en leidt de deelauto tot een afname van het aantal autokilometers en daaraan gelieerde congestie in Nederland. De mate waarin dit zal gebeuren is echter nog onduidelijk.

De zelfrijdende auto

De zelfrijdende auto en andere innovatieve concepten waarbij openbaar en doelgroepenvervoer slim zijn geïntegreerd, kunnen op den duur een betere invulling geven aan de reizigersvraag. Naar verwachting is het in 2040 realistisch dat 30% van de auto's coöperatief kan rijden. Op dit moment lopen er verschillende (regionale) pilots en experimenten om te ervaren wat wel en niet werkt. De verwachtingen over de rol van zelfrijdende auto's lopen sterk uiteen, ook onder deskundigen.

MaaS

Mobility as a Service betekent dat de reiziger, dus bijvoorbeeld een forens, scholier of toerist, geen eigen fiets of auto meer heeft. De reiziger maakt gebruik van mobiliteitsdiensten van MaaS-providers. MaaS kan het gebruik van het openbaar vervoer laagdrempeliger maken, omdat MaaS-oplossingen een multimodale reisplanning, boeking en betaling integreren. Op kleine schaal zijn dergelijke oplossingen al voorhanden, bijvoorbeeld in de vorm van Beamr, een MaaS-oplossing waar Athlon Lease bij betrokken is. Met de app kan de reiziger de beste rit vinden (route en soort vervoermiddel), boeken én betalen. MaaS kan vooral de optie bieden om voor- en natransport soepeler te laten verlopen.

3.3.3 Klimaatbeleid

Het tegengaan van klimaatverandering en verbeteren van de stedelijke leefkwaliteit worden belangrijke thema's in de komende decennia. Stevig klimaatbeleid kan zorgen voor een gunstigere positie van het OV. Het recente regeerakkoord spreekt de wens uit dat auto's met verbrandingsmotor vanaf 2030 niet meer verkocht worden. Beleidsinstrumenten als de aanleg van infrastructuur, beprijzing, de fiscale behandeling van woon-werkverkeer en accijnsbeleid zijn allemaal sturingsinstrumenten die vervoerswijzen met een kleine impact op het klimaat tot voordeel kunnen zijn. Vooral spoorvervoer zal nog enkele decennia de meest milieuvriendelijke modaliteit zijn.

Met de CO₂-visie OV en Spoor 2050, het bestuursakkoord Zero Emissie Busvervoer (BA-ZEB) en de grootschalige inkoop van groen stroom is het OV op weg om haar klimaatvriendelijkheid als een kans in te zetten.

3.4 Conclusie: het OV blijft belangrijk

Op basis van de bovenstaande analyse kan de conclusie getrokken worden dat OV een spilfunctie zal blijven vervullen in het mobiliteitssysteem van de toekomst. Dit geldt zowel voor OV dat rijdt volgens een lijndienstregeling (met name op de drukbezette lijnen) als voor het vraaggestuurd OV (dat zal groeien in regionale gebieden). Zonder een goed werkend en verder ontwikkeld OV-systeem komt de bereikbaarheid van steden onder druk te staan. De volgende trends bieden kansen om het OV-systeem krachtiger te maken:

- nieuwe concepten/technologieën als MaaS;
- de bereikbaarheidsopgave is een kans;
- klimaatbeleid is een kans om de positie van het openbaar vervoer te versterken.

Het overheidsbeleid is één van de belangrijkste factoren om mobiliteitsgedrag te beïnvloeden. Stevig klimaatbeleid kan voor een gunstigere positie van het OV zorgen. Zo spreekt het recente regeerakkoord de wens uit dat auto's met een verbrandingsmotor vanaf 2030 niet meer verkocht mogen worden. Beleidsinstrumenten zoals de aanleg van infrastructuur, de fiscale behandeling van woon-werkverkeer, de kilometerprijs en accijnsbeleid zijn allemaal sturingsinstrumenten die vervoerswijzen met een kleine impact op het klimaat tot voordeel kunnen zijn. Een verschuiving naar het OV zou dan optreden.

Vooralspoorgebonden vervoer zal nog enkele decennia de meest milieuvriendelijke modaliteit zijn, maar ook in het busvervoer gaan de ontwikkelingen snel. Het OV zal groeien, vooral in stedelijke omgeving en op hoofdrailnet. Zonder verdere maatregelen neemt het energieverbruik toe.

3.5 Zeven thema's voor de Roadmap Duurzaam OV en Spoor 2050

Op basis van de CO₂-footprint 2016, de doelstellingen van de CO₂-visie Spoor 2050 en discussie binnen de werkgroep van het platform, bepalen we zeven thema's waarvoor concrete stappen worden uitgewerkt in deze roadmap.

Uit de CO₂-footprint voor OV en Spoor blijkt dat de CO₂-uitstoot voornamelijk door bussen, personendieseltreinen, goederentreinen en infrastructuur en materieel wordt veroorzaakt (zie Tabel 9). Op deze thema's worden acties geformuleerd om de CO₂-uitstoot te verminderen. Dit betreft Scope 1- en 3-emissies. Daarnaast is de energievoorziening (Scope 2, ongeveer 40% van de CO₂-uitstoot in 2013) een kernthema. Ruim 95% van de CO₂-emissies in 2013 (en ook in 2016) valt binnen deze thema's.

Tabel 9 - Top 10 onderdelen met de grootste bijdrage aan de CO₂-footprint van de OV- en Spoorsector

Positie	Systeemdeel	Scope	CO ₂ (kton) 2013	CO ₂ (kton) 2016	Aandeel 2013 (cumulatief)
1	Reizigerstrein	2	538	152	31%
2	Bus, tram, metro	1	533	483	62%
3	Railinfrastructuur	3	146	127	70%
4	Bus, tram, metro	2	120	36	77%
5	Bus, tram, metro	3	98	81	83%
6	Reizigerstrein	1	91	68	88%
7	Goederentrein	2	53	9	91%
8	Goederentrein	1	47	46	94%
9	Railinfrastructuur	1	40	34	96%
10	Reizigerstrein	3	30	35	98%

Voor verbetering van de energie-efficiency zijn de thema's energiebesparingsmaatregelen en modal shift opgenomen. De energiebesparingsmaatregelen richten zich met name op het spoor, omdat uit de footprint bleek dat daar het overgrote deel van het energiegebruik zit.

Deze zeven thema's zien we als de belangrijkste bouwstenen voor het bereiken van de duurzaamheidsdoelstellingen uit de CO₂-visie OV en Spoor 2050:

1. Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking.
2. Vermindering CO₂-uitstoot door bussen.
3. Verbetering energie-efficiency spoor (besparingsmaatregelen).
4. Vermindering CO₂-uitstoot door goederentreinen.
5. Vermindering CO₂-uitstoot door materiaalgebruik infrastructuur en rollend materieel.
6. Vermindering CO₂-uitstoot door personendieseltreinen.
7. Toename OV- en spoorgebruik en modal shift.

Voor deze zeven thema's is aan de hand van interviews (zie voor een overzicht van de interviews Bijlage A) en de bestudeerde literatuur een overzicht gemaakt van de mogelijke maatregelen, welke kosten en fasering bij de maatregelen/opties horen, welke kansen/barrières/voor- en nadelen voor de opties gelden en wat er binnen de thema's al gebeurd. Per thema is hierover een fiche opgesteld waarin deze informatie is samengevat. In een workshop met sector-experts (zie voor de deelnemers aan de workshop Bijlage B) is op basis van deze fiches feedback gegeven op de maatregelen/opties per thema en zijn concrete stappen geformuleerd.

4 Thema's voor de roadmap

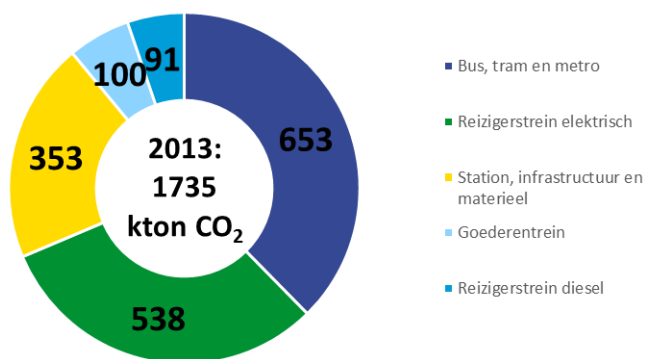
De Roadmap Duurzaam OV en Spoor 2050 is uitgewerkt in zeven thema's of transitiepaden, zoals vastgesteld in Hoofdstuk 3. De thema's zijn uitgewerkt in een workshop met experts uit de spoor- en OV-sector om concrete stappen per thema te benoemen, aangevuld met de expertise en input van CE Delft, het kernteam PDOVS en de stuurgroep PDOVS. In dit hoofdstuk worden de thema's kort toegelicht en de acties gepresenteerd. De opgestelde fiches per thema zijn opgenomen in Bijlage D (conceptversies vormden input voor de workshop).

Bij de acties is steeds aangegeven in welke periode de actie gewenst is, namelijk op korte termijn (0-5 jaar), middellange termijn (5-15 jaar, tot 2030) of lange termijn (15-35 jaar, voor 2050). Daarnaast geven we aan welke rol het Platform Duurzaam OV en Spoor (PDOVS) en indien relevant andere stakeholders kunnen spelen bij het uitwerken of begeleiden van de acties. De rol van het platform ligt vooral in het initiëren en aanjagen van activiteiten, het samenbrengen van de juiste mensen en het inbrengen van informatie relevant voor discussies inzake het verduurzamen van de spoor- en OV-sector.

De meeste acties die in de thema's worden voorgesteld zijn niet compleet nieuw. Een aantal acties is al in voorbereiding of wordt bestudeerd. Sommige acties moeten nog in gang worden gezet (dit zijn meestal acties op de langere termijn). Voor alle acties is de huidige status aangegeven, namelijk 'in gang gezet', 'wordt bestudeerd' of 'moet nog worden opgestart'. De belangrijkste acties die in dit hoofdstuk worden genoemd zijn samengevat in een infographic onderaan deze paragraaf. In de roadmap is de status van de acties aan de hand van de kleur van het kader weergegeven⁷.

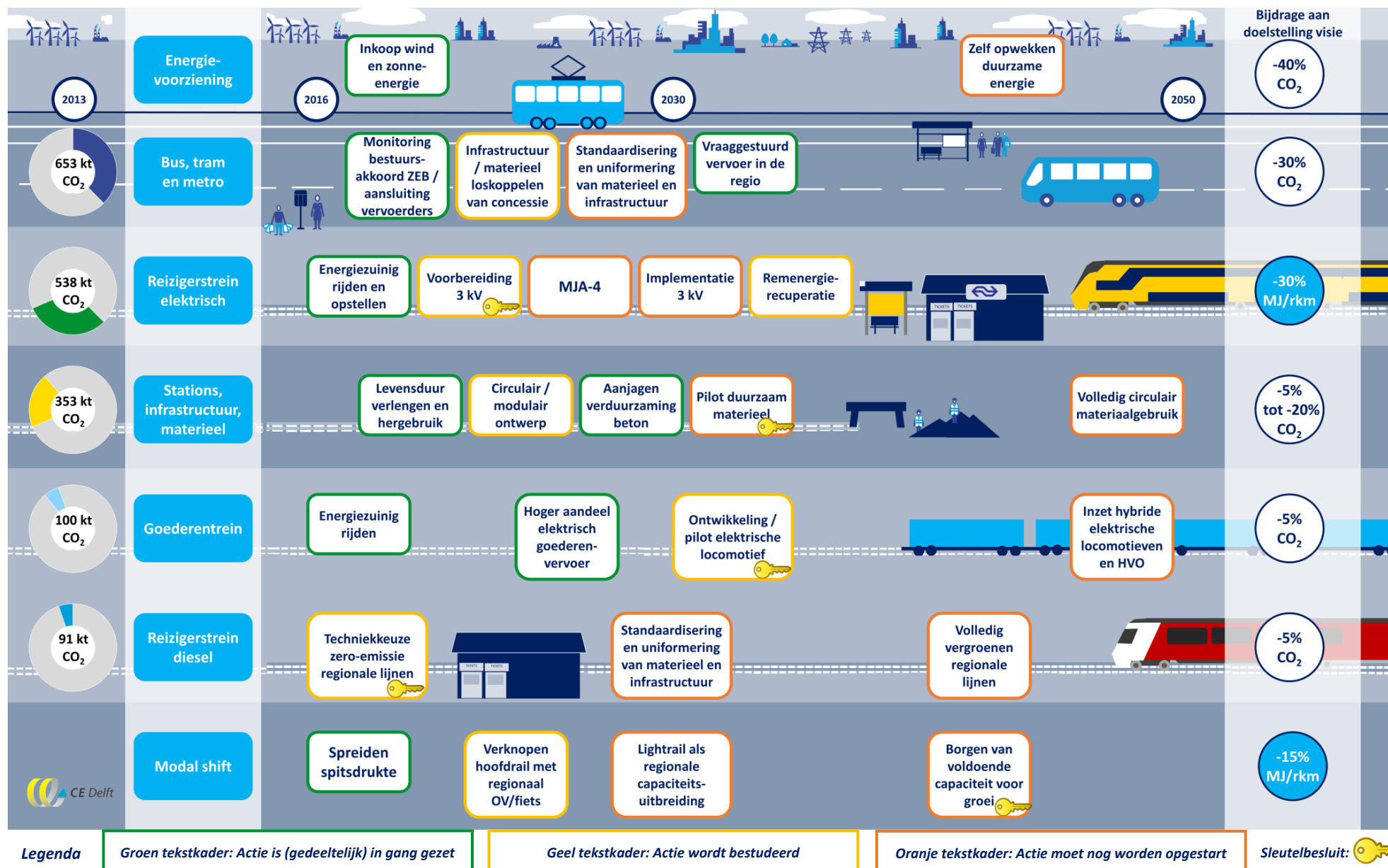
Figuur 8 geeft de verdeling weer van de CO₂-uitstoot die hoort bij de thema's. Hiervoor hebben we de indirecte emissies (van materieel, gebouwen) van treinen, bussen, tram/metro samengevoegd met stations en infrastructuur. De reizigerstrein is gesplitst naar een deel diesel en een deel elektrisch.

Figuur 8 - CO₂-uitstoot naar de verschillende thema's



⁷ In de infographic zijn de acties voor inzet van biobrandstof en CO₂-compensatie niet opgenomen, omdat deze niet bijdragen aan de uiteindelijke CO₂-emissiereductie in 2050 in de OV- en spoorsector. Ze kunnen wel een rol spelen tijdens de transitie.

Figuur 9 - Visualisatie van de Roadmap Duurzaam OV en Spoor 2050



4.1 Thema 1: Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking

De CO₂-footprint van de geconsumeerde elektriciteit in de verschillende systeemdelen bedroeg in 2013 40% van de totale footprint. Vanwege de vergroening van de elektriciteit is dit aandeel in van 2016 gedaald tot ongeveer 20% van de totale footprint. De spoor- en OV-sector kan bij de inkoop van elektriciteit structureel bijdragen aan verdere vergroening van de elektriciteitsmarkt.

Dit kan in twee stappen. Allereerst is het van belang om de CO₂-impact van elektriciteitsproductie omlaag te brengen door contracten af te sluiten op basis van nieuwe in Nederland geproduceerde energie van wind en zon. Door contracten op basis van nieuwe projecten af te sluiten zorgt de OV-sector ervoor dat het aanbod aan duurzame energie groter wordt. Door andere bronnen (biomassa) en het buitenland uit te sluiten wordt het profiel van de ingekochte stroom groener.

Door middel van het contract dat NS namens VIVENS⁸ met Eneco heeft gesloten voor de levering van tractie-elektriciteit is de energievoorziening voor het spoor vanaf 2017 volledig groen. CIEBR heeft een eigen contract voor de groene stroom voor de Betuweroute. De elektriciteit is afkomstig uit nieuwe windparken die stapsgewijs in gebruik zijn genomen in onder meer Nederland, Scandinavië en België. De spoorsector maakt hierdoor geen aanspraak op bestaande duurzame energiebronnen en draagt bij aan de groei van het aanbod van groene stroom op de energiemarkt. Dit zorgt naar 2020 al voor een CO₂-emissiereductie in de CO₂-footprint van ongeveer 15%. Het doel is dat de overige partijen in de OV-sector op dezelfde wijze hun elektriciteit inkopen.

In plaats van inkoop kan de sector deels zelf duurzame elektriciteit produceren daar waar dat realistisch is en fysieke ruimte beschikbaar is (bijv. zonnepanelen op gebouwen en windenergie op beschikbare grondposities). Hiervoor zijn verschillende initiatieven (bijvoorbeeld GVB installeert op metrostations zonnepanelen), maar het is niet de core business van OV-bedrijven.

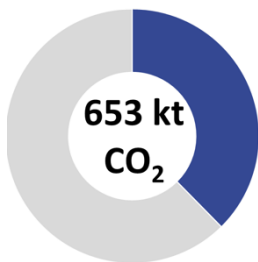
In de workshop is voorgesteld om het opzetten van een 'OV energiecoöperatie' te onderzoeken die verantwoordelijk is voor het realiseren van wind- en zonne-energie op de gronden van onder andere NS en ProRail, waarin de verschillende bedrijven in de sector een aandeel hebben. Er is geopperd dat een eigen opwek ter grootte van ongeveer 20% van de energiebehoefte door het spoor een realistische doelstelling is, maar dit moet nader worden onderzocht. Gekeken moet daarbij worden hoe het energiegebruiksprofiel eruit ziet en welke opwek hier het beste bij past.

De volgende tabel laat de voorgestelde concrete acties zien. Het effect hiervan is niet additioneel maar ze wedijveren deels met elkaar.

Actie	Periode	Rol PDOVS	Status
Inkoop van alleen wind en zonenergie	Korte-middellange termijn	Initiëren van sectorbrede afspraken (heel spoor en OV)	Implementatie gestart (hoofdrail)
Zelf opwekken duurzame energie	Lange termijn	Inventariseren of, hoe en hoeveel de sector in staat is om zelf op te wekken. Onderzoek naar mogelijkheden van opzetten energiecoöperatie voor OV- en spoorsector, bijvoorbeeld via projectgroep met vertegenwoordigers van de PDOVS-organisaties.	Moet nog worden opgestart

⁸ Hierin zitten: NS, ProRail, Arriva, Connexxion, Kombi Rail Europe, DB Schenker, ERS Railways, HSL Logistiek, Rotterdam Rail Feeding en Rurtalbahn Benelux.

4.2 Thema 2: Verminderen CO₂-uitstoot door bussen



De bijdrage van bus, tram en metro aan de CO₂-footprint van OV en Spoor 2013 was in totaal 653 kton CO₂ in Scope 1 en 2 (exclusief materieel, in totaal ongeveer 750 kton CO₂ als materieel wordt meegeteld). De bussen hebben verreweg het grootste aandeel in de CO₂-footprint voor 2016 van bus, tram en metro, hoofdzakelijk als gevolg van dieselverbruik.

Om de CO₂-uitstoot door bussen te verlagen is in 2016 het Bestuursakkoord Zero Emissie Busvervoer (BA-ZEB) gesloten, waarin is afgesproken dat er gezamenlijk wordt gestreefd naar de ambitie dat er geen nieuwe dieselbussen meer het park instromen vanaf 2025 en dat de volledige vloot emissievrij bij de uitlaat zal zijn in 2030. Ook moet vanaf 2025 gebruik worden gemaakt van hernieuwbare energie. Het bestuursakkoord is gesloten tussen provincies, stadsregio's en rijk. De uitvoering van het ZE-busakkoord ligt bij de werkgroep Zero Emissie Bussen, waarin voornamelijk de vervoersautoriteiten zijn vertegenwoordigd. De werkgroep richt zich op onder andere financiële aspecten, systeemaspecten en kennisdeling en monitoring, en beschikt over de benodigde financiële middelen. I&W heeft zitting in de stuurgroep en werkgroep. Het instrumentarium omvat bijvoorbeeld subsidieverstrekking voor pilots, MIA/Vamil en de DKTI-regeling (indirect).

Aansluiting vervoerders bij Bestuursakkoord Zero Emissie Busvervoer

Met het bestuursakkoord is een belangrijke stap gezet om de CO₂-uitstoot van bussen te verminderen door vervangen van de vloot door elektrische en waterstofbussen. In de workshop bleek echter dat buiten de werkgroep ZEB weinig informatie bekend is over de voortgang, en dat de aansluiting vanuit het BA-ZEB met de vervoerders nog niet goed gevonden wordt. Daarom is het belangrijk om de monitor van het BA-ZEB meer (publieke) bekendheid te geven. Het PDOVS kan een bijdrage leveren door de aansluiting met vervoerders te verbeteren en ook oog te hebben voor gezamenlijke vragen die aan de kant van vervoerders leven.

Infrastructuur/kostbaar materieel loskoppelen van concessie

Een mogelijke barrière voor het verminderen van CO₂-uitstoot door bussen vormt de hoge initiële investeringen die gepaard gaan met de aanleg van infrastructuur voor zero-emissie bussen en aanschaf van het materieel zelf. Het ontkoppelen van de oplaadinfrastructuur en mogelijk materieel van de concessieverlening wordt als belangrijk gezien omdat de infrastructuur voor langere periode wordt aangelegd en een langere terugverdientijd heeft dan de concessieduur, en omdat zero-emissie bussen lang meegaan. Vanwege lagere jaarlijkse (afschrijvings)kosten is de haalbaarheid van zero-emissie vervoer dan groter. Er zijn uiteenlopende visies hoe dit te organiseren. Er wordt een aantal innovatieve eigendomsmodellen ontwikkeld, zoals een nationale leasepool of een rolling stock company. Het ontkoppelen van de infrastructuur en materieel van de concessie kan ook grootschalige inkoop van materieel mogelijk maken, waardoor de kosten zullen dalen. De marktdialoog Zero Emissie Busvervoer (APPM, 2017) doet een aantal aanbevelingen voor de modernisering van de concessie-uitvraag (bijvoorbeeld ten aanzien van de leeftijdseis van materieel, spreiding van instroom van nieuw materieel, verlenging van de concessieduur) die hierbij aansluiten.

Standaardisering en uniformering van materieel en infrastructuur

Er bestaan veel verschillen in de technische eisen die de concessieverleners stellen aan het materieel, en de huisstijl (eigen identiteit, kleuren, belettering) die de OV-autoriteit eist. Dit zorgt ervoor dat het materieel niet eenvoudig in een andere concessie kan worden ingezet. Wanneer er in verschillende concessies laadinfrastructuur wordt aangelegd met verschillen in technische specificaties heeft dit hetzelfde effect. Op middellange termijn zal daarom standaardisering en uniformering van materieel en energie-infrastructuur bijdragen aan een (versnelde) transitie naar zero-emissie bussen. Dit draagt bij aan het reduceren van de TCO voor zero-emissie bussen. Standaardisering en uniformering is ook nodig om een gezamenlijke inkoop vanuit meerdere concessies of door een overkoepelende partij kansrijker te maken.

Vraaggestuurd vervoer in de regio

Op korte en middellange termijn zal vraaggestuurd vervoer in de regio een belangrijke rol hebben bij het verder optimaliseren van niet-rendabele OV-verbindingen. De sector heeft daarom belang bij het ontwikkelen en samenwerken met (nieuwe) partijen om dit te realiseren. Eerste experimenten hiermee zijn al uitgevoerd, bijvoorbeeld de dienst Abel (van Connexxion). De buurtbus wordt gezien als een voorbeeld van vraaggestuurd vervoer. Het risico bestaat dat in de vele initiatieven zeer gefragmenteerd wordt geleerd, en daarom is het belangrijk om kennisoverdracht en samen leren te stimuleren.

Inzet duurzame biobrandstof HVO of bio-CNG als transitiebrandstof

Het transitiepad naar zero-emissie bussen zal voor elke concessie een ander verloop kennen. Met name voor het streekvervoer is de stap naar zero emissie op dit moment nog relatief groot, vanwege de hoge kosten. Daarom wordt deze stap waarschijnlijk op een langere termijn gemaakt. In de tussen-periode wordt de inzet van duurzame biobrandstof als transitiebrandstof als kansrijke CO₂-emissiereductiemaatregel gezien. De marktdialoog Zero Emissie Busvervoer (APPM, 2017) beveelt aan om de voor- en nadelen en effecten op de transitie van de inzet van groen gas en biobrandstoffen (zoals HVO) als transitiebrandstof in het streekvervoer te onderzoeken en de mogelijkheid om HVO tijdelijk (fiscaal) te stimuleren.

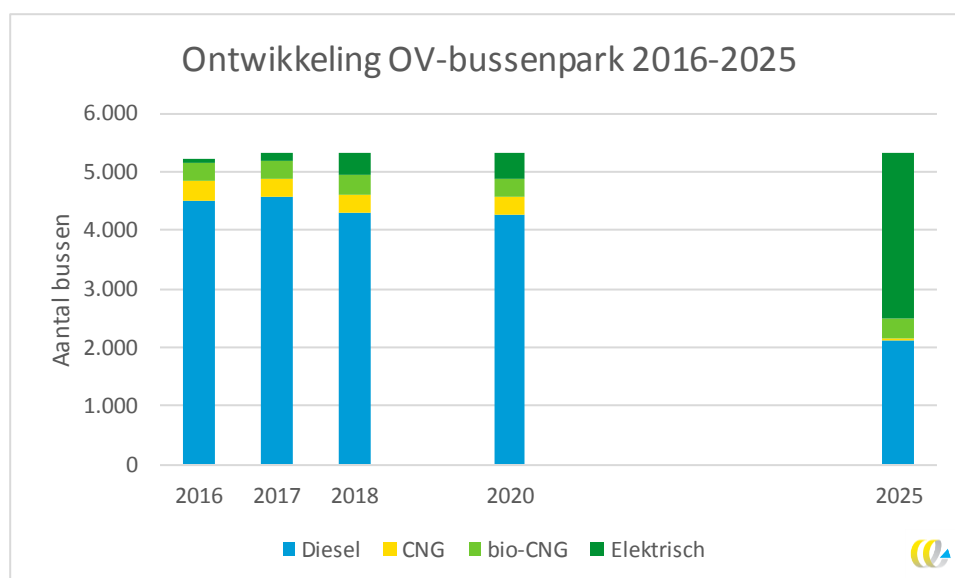
Acties en bijdrage aan doelstellingen visie/CO₂-reductie

In de volgende tabel zijn de voorgestelde acties benoemd. Het effect van de acties is niet additioneel. De eerste drie beogen hetzelfde, namelijk invoering van zero-emissie bussen. De vierde actie beoogt een deel van het traditionele busvervoer te vervangen maar tegelijk ook reizigers uit de auto te lokken. De laatste betreft een transitiemaatregel om CO₂ te reduceren waar dat nog niet mogelijk is door inzet van zero-emissie bussen (effect ongeveer 80% reductie well-to-wheel).

Actie	Periode	Rol PDOVS en andere stakeholders	Status
Aansluiting vervoerders bij Bestuursakkoord Zero Emissie Busvervoer	Korte termijn	Meer bekendheid voor de resultaten vanuit de werkgroep zero-emissie bussen. PDOVS kan bijdrage leveren, met name door het betrekken van vervoerders bij BA-ZEB.	In gang gezet
Infrastructuur/kostbaar materieel ontkoppelen van concessieverlening	Korte/middellange termijn (met vernieuwen van concessies)	Kennisdeling met name over innovatieve leasecontracten en modellen voor assetbeheer.	Wordt bestudeerd
Standaardisering en uniformering van materieel en infrastructuur	Middellange termijn	Ontwikkelen van standaardiseringsconcepten in samenwerking met busfabrikanten en infrastructuur-beheerders.	Moet nog worden opgestart
Vraaggestuurd vervoer in de regio	Korte en middellange termijn	Bijeenbrengen van concessiehouders en -verleners om de problematiek van dunne lijnen te bespreken.	In gang gezet
Inzet duurzame biobrandstof HVO of bio-CNG	Korte/middellange termijn	Brandstofleveranciers.	In gang gezet

Inschatting effecten maatregelen

De notitie 'Prognose ZE-bussen voor BAC' geeft inzicht in hoeverre het er naar uitziet dat de doelstellingen van het Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal OV gehaald gaan worden en welke uitdagingen nog resteren. Hierin is een actueel overzicht opgenomen van alle elektrische OV-bussen die momenteel structureel in de dienstregeling rijden en ZE-bussen die nog dit jaar instromen. Met trolleybussen meegerekend zijn dat bij elkaar: 449 ZE-bussen, ongeveer 9% van het totaal aantal (grote) OV-bussen (5013). Daarnaast zijn er ook ruim 300 groengasbussen: Noord- en Zuidwest-Fryslân (24), Arnhem Nijmegen (210), Veluwe (48) en Zeeland (43), naar de stand van voorjaar 2017. Deze bussen worden in de notitie beschouwd als zijnde CO₂-neutraal, maar ze zijn geen ZE-bussen omdat wel lokale emissies vrijkomen.



De bijdrage van de instroom van ZE-bussen is op basis van deze instroom in het park 27 kton CO₂ in 2020 en 251 kton CO₂ in 2025. Volgens het Bestuursakkoord rijden er in 2030 geen dieselbussen meer, wat betekent dat de CO₂-reductie 483 kton CO₂ is. Hierbij is aangenomen dat de ZE-bussen op groene stroom of waterstof gaan rijden. Als dit niet zo is, levert het instromen van ZE-bussen ongeveer 20% CO₂-reductie op (86 kton CO₂ in 2030).

In de periode 2018-2030 rijdt een deel van het park nog op diesel. De potentiële CO₂-reductie door gebruik van HVO is 337 kton in 2020 en 169 kton in 2025, uitgaande van ongeveer 75% CO₂-reductie WTW bij inzet van HVO. De bijdrage van het rijden op groengas is ongeveer 20 kton CO₂-reductie per jaar, uitgaande van het in stand blijven van het huidige groengas-bussenpark van ruim 300 bussen (6,5% van het totale park).

4.3 Thema 3: Verbetering energie-efficiency door energiebesparingsmaatregelen

De spoorbranche koopt de komende jaren 100% groene stroom in. Hiermee wordt de CO₂-uitstoot nagenoeg nul (zie vorige hoofdstuk). Maar wanneer er energie wordt bespaard, kan de duurzame opgewekte energie voor andere doeleinden gebruikt worden. Dit leidt dus elders tot CO₂-emissiereductie.

Daarom stelt de sector zich, naast de doelstelling om volledig CO₂-neutraal te worden, ook ten doel om een flinke energie-efficiencyverbetering te realiseren (35% in 2030, 40% in 2050). De verbetering van de energie-efficiency (uitgedrukt in direct energiegebruik per reizigerskilometer, zie Paragraaf 2.3) is mogelijk door relatief meer reizigers te vervoeren (dit komt terug in Thema 7) of door directe energiebesparing. Dit thema focust op dat laatste. Het totale energiegebruik in Scope 1 en 2 in de OV- en Spoorsector bedroeg in 2016 ongeveer 13 PJ. Bij elektrificatie van dieseltreinen of bussen wordt ongeveer 50% energie-efficiencywinst behaald, daarmee is de doelstelling voor deze systeemdelen gehaald. Ruim 5 PJ valt onder direct energiegebruik op het spoor (1,4 TWh). Daarom ligt de focus voor maatregelen in dit thema op energiebesparingsmaatregelen op het spoor.

Vorbereiding en implementatie 3 kV

Veruit de belangrijkste maatregel voor additionele verbetering van energie-efficiency op het spoor is de invoering van 3 kV (in combinatie met de recuperatie van remenergie). De huidige spanning op de bovenleiding is 1,5 kV. Het overschakelen naar 3 kV brengt verschillende baten met zich mee. Zo kan er meer energie gerecupereerd worden en worden energieverliezen gereduceerd (Zoeteman, et al., 2014); (NS & ProRail, 2015); (NS & ProRail, 2017); (ProRail, 2015).

Weliswaar neemt door het extra vermogen het energiegebruik met 3,5% toe. Hier staat tegenover dat met 3 kV de transportverliezen afnemen van 11% naar 4% (NS & ProRail, 2017). Daarnaast wordt er circa 16% minder energie verbruikt door de toegenomen recuperatiepotentieel (NS & ProRail, 2017). Ten opzichte van de huidige situatie hoeft er met 3 kV per saldo 19,5% minder energie worden ingekocht (NS & ProRail, 2015); (NS & ProRail, 2017). Daarnaast heeft meer vermogen per trein als voordeel dat stoptreinen sneller kunnen optrekken en gemakkelijker voor doorgaande treinen (snelreinen) kunnen rijden en ontstaat er zo ruimte voor het inbrengen van extra treinen.

De doelstelling om 20% energie te besparen door het verhogen van de bovenleidingsspanning naar 3 kV wordt reëel geacht in 2030. Volgens Movares wordt 3 kV op zijn vroegst in 2023 gerealiseerd (Movares, 2017), maar hiervoor zou de voorbereiding van de daadwerkelijke ombouw al in 2020 moeten beginnen. Voor de roadmap is de invoering van 3 kV in twee acties opgedeeld, namelijk voorbereiding en implementatie. Gezien het grote draagvlak voor 3 kV bij de stakeholders (zowel infrastructuurbeheerders als vervoerders) zou op korte termijn het besluit tot voorbereiding van 3 kV kunnen worden genomen.

Energiezuinig rijden en remenergie-recuperatie

Naast de invoering van 3 kV zijn belangrijke maatregelen:

- Energiezuinig rijden en opstellen: Dit is al in gang gezet door NS en wordt op korte termijn verder uitgerold. Het besparingspotentieel ligt rond de 5-10%.
- Remenergie-recuperatie: Door elektrodynamisch te remmen kan een deel van de remenergie terug aan de bovenleiding worden geleverd. Deze maatregel kent een sterke samenhang met 3 kV omdat het potentieel voor recuperatie veel groter is bij een hogere bovenspanning. Recuperatie van remenergie is ook al mogelijk onder het huidige 1,5 kV-regime. Er zijn meerdere technieken beschikbaar. De potentie hiervan in het Nederlandse spoor is echter nog nauwelijks bekend. De PDOVS-projectgroep recuperatie remenergie werkt hieraan.
- Lichter en volgende generatie materieel met betere stroomlijn. Goede voorbeelden zijn de nieuwe treinconcepten die o.a. door het Duitse onderzoeksinstituut DLR⁹ ontwikkeld worden. Veel treinen zijn in laatste tien jaar vervangen (en er zit nog een deel vlootvervang in de planning), en gaan nog lange tijd mee. Daarom kent deze maatregel op korte/middellange termijn weinig potentieel.

MJA4 voor verdere efficiencyverbetering

De belangrijkste huidige maatregel voor energiebesparing vormen de Meerjarenaafspraken energie-efficiëntie (MJA3). Railsectorbedrijven (ProRail, NS en Arriva Trein) hebben in hun Sector-MeerjarenPlan 2017-2020¹⁰ toegezegd om - inclusief de ingekochte en opgewekte duurzame energie - ruim 4.000 TJ te besparen. De toetsing, monitoring en eventuele handhaving is belegd bij RWS/RVO en bevoegd gezag. Tabel 10 geeft deze voorgenomen besparing weer, en laat zien dat 1/3 van deze besparing voortkomt uit verbetering van de procesefficiency. Doordat de definitie van deze energiebesparing niet geheel in lijn is met de definitie zoals gehanteerd in de footprint, zijn de waarden niet goed vergelijkbaar. In de MJA-systematiek wordt bijvoorbeeld de overstap op duurzame energie als energiebesparingsmaatregel gezien.

Tabel 10 – Voorgenomen besparing (zeker + voorwaardelijk) per jaar per categorie cumulatief (TJ)

Jaar	Procesefficiency	Ketenefficiency	Duurzame energie	Totaal
2017	454	55	2.882	3.390
2018	1.215	55	2.883	4.153
2019	1.389	55	2.888	4.332
2020	1.480	56	2.962	4.497

Wanneer het MJA3 (Rail) programma afloopt (in 2020) wordt een vervolg, in de vorm van MJA4, gezien als een goede maatregel om te zorgen dat kleine kosteneffectieve stapjes in efficiency-verbetering worden doorgevoerd. In de workshop werd geopperd dat hier nog ongeveer 5-10% energiebesparing mogelijk is. Onderzocht kan worden of naast Arriva, NS en ProRail ook andere PDOVS-partijen bij een nieuwe MJA4 kunnen aansluiten.

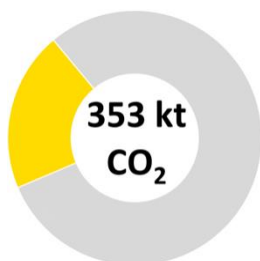
In de volgende tabel zijn de voorgestelde acties benoemd. Het effect van de acties is niet additioneel. De eerste twee beogen hetzelfde, namelijk invoering van 3 kV. Het effect van de vierde is deels afhankelijk van de eerste twee. De vijfde actie is een verzameling van energiebesparende maatregelen, waar ook de eerder genoemde onder kunnen vallen. Een nadere uitwerking van de besparingsmaatregelen en hun afzonderlijke effect met en zonder invoering van 3 kV is opgenomen in Bijlage E.

⁹ www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10467/740_read-916/#/gallery/2043

¹⁰ Een MJP is in feite een samenvoeging van de individuele Energie EfficiencyPlannen.

Actie	Periode	Rol PDOVS en stakeholders	Status
Voorbereiden 3 kV	Korte termijn	Noodzaak van 3 kV benadrukken, gezamenlijke belangen naar voren brengen. Knelpuntanalyse in besluitvorming, samenwerking Landelijke OV en Spoortafel (LAOVST).	Wordt bestudeerd
Implementatie 3 kV	Middellange termijn	Beperkt	Moet nog worden opgestart
Energiezuinig rijden en opstellen	Korte termijn	Kan grotendeels door vervoerders worden opgepakt. PDOVS kan bijdragen door kennisdeling van de best-practices, hiervoor is de website beschikbaar.	In gang gezet
Remenergie-recuperatie potentiebepaling en pilots	Korte - middellange termijn	PDOVS heeft hiervoor een projectgroep opgezet in 2017 die al een eerste advies in combinatie met remenergie-opslag gereed heeft. Sterke samenhang met 3 kV.	Wordt bestudeerd
MJA4 voor verdere efficiencyverbetering	Middellange termijn	Het PDOVS brengt dit in bij het MJA3 Platform middels Railforum die voorzitter is van de stuurgroep MJA3-Rail. Mogelijk uitbreiding van deelnemers door railsector en leden van het PDOVS.	Moet nog worden opgestart

4.4 Thema 4: Verminderen CO₂-uitstoot door materiaalgebruik voor infra en materieel



De railinfrastructuur, stations en het materieel van reizigerstreinen, goederentreinen, bus, tram en metro (Scope 3-emissies) hebben samen een groot aandeel in de CO₂-footprint in 2013 (353 kton CO₂). Het grootste deel hiervan is infrastructuur (111 kton CO₂ in 2016). Het relatieve aandeel van deze systemen is in de footprint van 2016 toegenomen.

De materialen die naar verhouding het meest bijdragen in de infrastructuuremissies zijn beton, staal en ballast. Zij zorgen samen voor ongeveer 80% van de CO₂-emissies in dit systeemdeel. Daarnaast dragen de productie-emissies van treinen, bussen, trams en metro's voor een belangrijk deel bij aan de emissies.

De partijen in de spoor en OV-sector kunnen de CO₂-footprint van materialen beperken door criteria op te stellen bij de inkoop van materialen en producten en door de gebruiksduur zoveel mogelijk te verlengen.

Levensduur verlengen en hergebruik

Het verlengen van de levensduur en hergebruik van materialen kan worden bereikt door:

- tijdens de gebruiksfase het product te hergebruiken met behulp van levensverlengend onderhoud (refurbish);
- na de gebruiksfase te zorgen voor hergebruik van producten of productonderdelen in een andere toepassing (cascadering), door hiervoor strategische partners te zoeken.

Circulair/modulair ontwerp van materieel en infrastructuur

Circulair/modulair ontwerp van materieel en infrastructuur is gericht op:

- minder materiaalgebruik (waarbij nog steeds aan functionaliteitseisen wordt voldaan);
- zoveel mogelijk recycalaat als materiaal te gebruiken (en zo weinig mogelijk 'virgin' materiaal);
- een product dat zoveel mogelijk geschikt is voor hergebruik (re-use) tijdens de gebruiksfase;
- een product dat zoveel mogelijk geschikt is voor recycling (end of life).

Partijen kunnen hierop sturen door bijvoorbeeld de gunningscriteria bij inkoop hierop aan te passen (zoals eisen dat de bouwer een 'Strategie ontwerp en inkoop materialen' volgt).

Vooralsnog is het aanbod aan klimaatvriendelijke materialen beperkt, omdat het vaak om energie-intensieve processen gaat, waarbij de concurrentie groot is en zich niet altijd tot Nederland en Europa beperkt. Daarom stellen wij voor om in de komende jaren vooral te investeren in kennis- en netwerkontwikkeling om verduurzaming van materialen hoger op de agenda te krijgen.

Pilot duurzaam materieel

Volgend op kennis- en netwerkontwikkeling is een concreet doel in het kader van circulair/modulair ontwerp om op middellange termijn een pilot uit te voeren waarin volledig duurzaam materieel wordt aangeschaft. Kennisdeling is hierbij belangrijk. GVB heeft bijvoorbeeld al een eerste stap gezet met een pilot voor duurzame inkoop van de nieuwe tram, waarvan het materiaal 95% recyclebaar moet zijn en waarvoor een zogenaamd 'materialenpaspoort' (waarin de herkomst van materialen staat vermeld) beschikbaar komt. De resultaten van de pilot zijn mogelijk interessant voor andere partijen in de sector.

Aanjagen verduurzaming beton in OV-railsector

Voor het aanjagen van de verduurzaming van de materialen zelf is de betonsector als eerste sector het meest geschikt. Op de staalsector heeft de spoorsector relatief weinig invloed. TU Delft (2017) concludeert bovendien dat er nog weinig ontwikkeling is op het gebied van hernieuwbare energie voor productiefabrieken van staal (en asfalt). De CO₂-prestatieladderbedrijven die in de railsector actief zijn kunnen hierbij een grote rol spelen om gezamenlijk met bijv. ProRail keteninitiatieven te ontwikkelen, eventueel met andere infraontwikkelaars.

CO₂-compensatie

Ondanks de genoemde mogelijkheden om CO₂ te reduceren zal het erg lastig zijn om het materieel en infrastructuur volledig CO₂-neutraal te krijgen. Volgens (TU Delft, 2017) kunnen toekomstige technologieën bijdragen aan grotere reductie van CO₂-eq., maar de verwachting is dat veel beweging pas op gang komt na 2030 en daarmee is de ontwikkeling zeer onzeker. In de workshop is daarom gesproken over mogelijkheden tot CO₂-compensatie van de resterende emissies. RET en ÖBB (Oostenrijk) zijn de afgelopen jaren al bezig geweest met bossenaanplant zonder dit overigens als CO₂-compensatie te zien.

Op korte termijn kan CO₂-compensatie een effectief middel zijn om de CO₂-uitstoot te compenseren in andere sectoren. Op lange termijn is deze optie veel moeilijker in te vullen, daar in een wereld waar de OV-sector naar nul-emissie gaat het zeer aannemelijk is dat ook andere sectoren dit gaan doen. Het installeren van bijvoorbeeld zonnepanelen -niet voor eigen gebruik- kan dan ook niet als een serieuze optie worden gezien binnen een scenario waar de hele maatschappij naar nul-emissie gaat.

Alleen wanneer Nederland of Europa solistisch naar nul-emissie gaat, dan blijven er buiten Europa wel opties over. Zo gebruiken landen op dit moment het CDM-mechanisme om CO₂ te reduceren in ontwikkelingslanden, terwijl de CO₂-baten aan het investerende land toekomen. Op het compenseren van CO₂-uitstoot via bosaanplant wordt kritiek geleverd, omdat aanplant eeuwigdurende zorg en herplanting vereist om het CO₂-effect te behouden.

In de volgende tabel zijn de voorgestelde acties benoemd. Het effect per actie is met de kennis van nu moeilijk in te schatten, en er zal sprake zijn van overlap tussen de effecten per actie.

Actie	Periode	Rol PDOVS en stakeholders	Status
Levensduur verlengen en hergebruik	Korte termijn	Uitdragen van goede voorbeelden en stimuleren van vervoerders, infrabeheerders en onderhoudsbedrijven	In gang gezet
Circulair/modulair ontwerp van infrastructuur en materieel	Korte termijn	Partijen samenbrengen die bezig zijn met het ontwikkelen van klimaatneutrale infrastructuur en/of materieel. Kennisdeling faciliteren, haalbaarheid klimaatneutrale infrastructuur onderzoeken. Relevante stakeholders zijn SKAO, industrie (staal/beton), RWS, ProRail. Voor materieel zijn dit met name vervoerders en fabrikanten.	Wordt bestudeerd
Aanjagen verduurzaming beton in OV-Railsector middels Green Deal Duurzaam GWW, betonakkoord	Middellange termijn	Partijen bij elkaar brengen, Kennisdeling faciliteren. Mogelijk pilot/projecten opstarten.	In gang gezet
Pilot duurzaam materieel	Middellange termijn	Partijen bij elkaar brengen. Initiatief vooral bij vervoerders. Faciliteren van de stap van kennis-ontwikkeling naar daadwerkelijk ontwerp.	Moet nog worden opgestart
CO ₂ -compensatie	Lange termijn	Visie ontwikkelen op CO ₂ -compensatie. Kennis verzamelen, studie naar mogelijkheden, voor- & nadelen.	Moet nog worden opgestart

Indicatieve inschatting effecten maatregelen

Bij infrastructuur is de relatie met de inkoop van materialen als staal, beton en ballast het meest direct. Voor de zeven grootste systeemcomponenten, met een aandeel van 80% in de totale uitstoot van CO₂ door infrastructuur (ballast, fly-over, geluidsschermen, viaduct, spoorstaven, onderdoorgangen en bruggen) is bepaald hoeveel staal en beton hiervoor jaarlijkse geconsumeerd wordt, en wat de bijbehorende emissies zijn.

Tabel 11 – CO₂-emissies door het gebruik van beton, staal en ballast voor verschillende systeemcomponenten (kton)

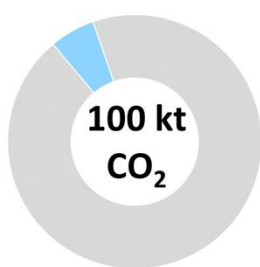
	Beton	Staal	Ballast
Kunstwerken	13,4	11,1	--
dwarsliggers	8,1	--	--
Geluidsschermen	-	-	-
Ballast	--	--	21
Spoorstaven	--	13	--
spoortunnels	7		--
wissels	--	4,7	--
Totaal	28	28	21

Indien de emissies van betonproductie van de genoemde producten met 50% omlaag gaan in het jaar 2035 voor de genoemde systeemcomponenten, betekent dit een reductie van 14 kton.

De emissies van ballast kunnen relatief het eenvoudigst naar beneden omdat ballastwinning relatief eenvoudig verduurzaamd kan worden door de inzet van elektrische aandrijving bij winning. Hiermee kan 21 kton CO₂ bespaard worden. Daarmee zou als beton en ballast zonder CO₂-uitstoot geproduceerd kunnen worden de totale besparing in 2035 35 kton kunnen zijn.

Indien beton, staal en ballast zonder emissies geproduceerd kunnen worden, levert dit een totale reductie op van 78 kton voor deze zeven systeemcomponenten. Voor de overige systeemcomponenten in het spoorstelsel is de bijdrage van staal en beton aan de CO₂-uitstoot beperkt.

4.5 Thema 5: Verminderen CO₂-uitstoot door goederentreinen



De bijdrage van goederentreinen aan de CO₂-footprint van OV en Spoor 2013 was 100 kton CO₂, exclusief ongeveer 7 kton indirecte emissies. Het aandeel in de directe emissies in 2013 was voor de elektrische en dieselgoederentrein beiden ongeveer de helft. In 2016 was dit 55 kton, als gevolg van het gebruik van hernieuwbare elektriciteit.

Om de CO₂-uitstoot van het spoorgoederenvervoer te verminderen is het doel om enerzijds energiezuiniger te rijden en anderzijds op termijn over te stappen naar volledig zero-emissie treinen. Op korte termijn kan de duurdere HVO als transitiebrandstof gebruikt worden.

Energiezuinig rijden en hoger aandeel elektrische locomotieven

Op korte termijn is er een deel CO₂-emissiereductie te behalen met energiezuinig rijden. Hiervoor komt steeds meer ondersteunende software voor machinisten beschikbaar, en wordt een cursus gegeven. De inschatting van DB Cargo is dat hier ongeveer 5-10% CO₂-emissiereductie mee te behalen is. Daarnaast is het van belang om waar mogelijk meer elektrische locomotieven in te zetten. Over het algemeen is dit een kostenbesparende maatregel, en de verdere elektrificatie van het spoor (bijvoorbeeld de Maaslijn) zal hieraan bijdragen.

Inzet (hybride) elektrische locomotieven, inclusief pilots

Ook voor het goederenvervoer geldt dat een deel van de treinen op diesel rijdt. Het is niet gemakkelijk om alle dieseltreinen te elektrificeren, omdat de elektrische infrastructuur niet volledig beschikbaar is. Met name op laad-los terreinen van klanten, is dit een knelpunt. Het is hier ook vaak niet mogelijk om een bovenleiding aan te leggen omdat dit laden en lossen bemoeilijkt. Het aandeel diesel-locomotieven is de afgelopen jaren afgenomen naar momenteel 50/50 en zal naar verwachting nog 25 procentpunten zijn in 2030. Hiermee wordt het aandeel elektrische locomotieven verhoogd.

Op dit moment is de gemiddelde leeftijd van het park aan diesellocomotieven ongeveer 25 jaar. Deze locomotieven zullen de komende 15 jaar om economische redenen nog blijven rijden. HVO zou een optie kunnen zijn om deze te vergroenen, maar heeft geen gunstige businesscase omdat de brandstof grofweg 40% duurder is.

Om het resterende deel van de dieseltreinen te vergroenen is het nodig om hybride elektrische locomotieven (met batterij) te ontwikkelen die een goederentrein kunnen trekken op kleine delen niet-geëlektrificeerd spoor. Dit zal pas op de lange termijn mogelijk zijn, daar er nog geen prototypes van dergelijke treinen bestaan. Op middellange termijn kan een pilot worden ontwikkeld voor het testen van zo'n hybride elektrische (oftewel e-hybride) locomotief. Hierbij kan aangesloten worden op de initiatieven die geleid hebben tot een e-hybride rangeerlocomotief. In Oostenrijk rijdt sinds 2017 een e-hybride rangeerlocomotief¹¹ en ook DB Regio is hier in Duitsland mee begonnen. Waterstof is in principe ook een mogelijkheid voor goederentreinen. Dit zou in Europees verband ontwikkeld kunnen worden.

De rol van het PDOVS in dit dossier is vooral een stimulerende rol, en het aanreiken van in het buitenland ontwikkelde kennis.

De voorgestelde acties zijn weergegeven in volgende tabel. Het effect van de acties is grotendeels additioneel. De laatste betreft een transitiemaatregel om CO₂ te reduceren waar dat nog niet mogelijk is door inzet van elektrisch materieel (effect ongeveer 80% reductie well-to-wheel).

Actie	Periode	Rol PDOVS	Status
Energiezuinig rijden	Korte termijn	Kennisverspreiding.	In gang gezet
HVO als transitiebrandstof	Korte termijn	Onderzoek naar mogelijkheden om de businesscase van HVO sluitend te krijgen.	Wordt bestudeerd
Hoger aandeel elektrische locomotieven	Korte termijn	Beperkt. Deze ontwikkeling wordt positief beïnvloed door lagere kosten van de inzet van elektrische locomotieven.	In gang gezet
Aanschaf dan wel zelf (laten) ontwikkelen van (hybride) elektrische locomotieven, inclusief pilots	Middellange termijn	Partijen enthousiasmeren voor aanschaf of om deze ontwikkeling te starten.	Wordt bestudeerd/pilot in buitenland
Inzet van (hybride) elektrische locomotieven	Lange termijn		Moet nog worden opgestart

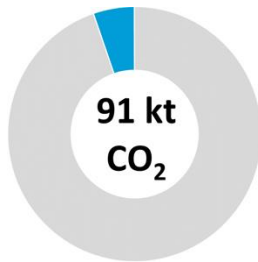
Inschatting effecten maatregelen

In de periode tot aan 2030 nemen de emissies van goederentreinen vooral af door vergroening van de elektriciteit, de introductie van energiezuinig rijden en de uitfasering van diesellocomotieven. Per 2030 leidt een reductie van het aantal diesellocomotieven met 50% tot een reductie van 23 kton CO₂. Als op die termijn ook op het hele spoor energiezuinig gereden wordt, levert dit 2 kton emissie-reductie op. Indien HVO als brandstof wordt ingezet in de overgebleven locomotieven, kan de emissie worden verlaagd met 16 kton, naar uiteindelijk 5 kton.

Door een toename van de modal split van spoor in het goederenvervoer kan een extra bijdrage worden geleverd aan CO₂-reductie. Dit is verder uitgewerkt in Thema 7, Paragraaf 4.7.

¹¹ www.railwaygazette.com/news/single-view/view/oebb-unveils-prototype-electric-supercapacitor-battery-loco.html.

4.6 Thema 6: Verminderen CO₂-uitstoot door personendieseltreinen



De personendieseltreinen (Scope 1 van reizigerstreinen) dragen met 91 kton CO₂ (68 kton in 2016) bij aan de footprint (exclusief de indirecte emissies van het materieel).

Een klein deel van het railvervoer wordt nog met diesellocomotieven uitgevoerd. Het gaat om een deel van de regionale passagierstreinen en daarnaast vracht- en rangeerlocomotieven. Er ligt in Nederland circa 560 kilometer niet-geëlektrificeerd regionaal spoor, met name in Noord- en Oost Nederland. Figuur 10 illustreert de geografische ligging van deze ongeëlektrificeerde lijnen (in het rood). Op 10% van deze lijnen is elektrificatie in voorbereiding en voor nog eens 15% is het besluit daartoe genomen, waardoor er binnenkort nog maar ruim 400 km niet-elektrisch spoor resteert in Nederland.

Figuur 10 – Elektrificatie van de spoorlijnen in Nederland¹²



Naast elektrificatie zijn er twee oplossingsrichtingen om het dieselgebruik op het regionale spoor te vervangen:

- alternatieve brandstoffen zoals (bio-)LNG, HVO/biodiesel, waterstof en GTL;
- hybride oplossingen, zoals partiële/discontinue¹³ elektrificatie (accutrein), diesel-elektrische locomotief, LNG-hybride trein.

¹² Bron: Wikipedia – Spoorlijnen in Nederland.

¹³ Partiële elektrificatie houdt in dat het spoor slechts op een enkele plaats, zoals bij een station, geëlektrificeerd is terwijl discontinu inhoudt dat er slechts de dure plekken, zoals bruggen, *niet* geëlektrificeerd zijn.

In Friesland/Groningen wordt een pilot met een waterstoftrein (Coradia I-Lint van Alstom) voorbereid. Bij aanbesteding van het traject Groningen-Leeuwarden heeft Arriva aangeboden om partiële elektrificatie door te voeren. Er worden 18 nieuwe FLIRTS ingezet in de periode 2020-2035 die partieel of discontinu onder de bovenleiding kunnen rijden. Volgens de provincie Groningen worden alle treinen op dit traject voorzien van batterijen die remenergie opslaan en rijden de achttien nieuwe treinen op 100% hernieuwbare diesel. Lloyds (CPB ; PBL, 2015) stelt dat deze lijn 27% van CO₂-emissie van Noordelijke lijnen veroorzaakt, die ruim 40% van totaal regionale dieseltreinen in Nederland uitmaken. In totaal dus ongeveer 12% van de CO₂-emissies van regionale dieselpersonentreinen.

Afwegen keuzes voor zero-emissie regionale treinen

Er is de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar de vergroening van regionale dieseltreinen. Het is belangrijk dat de (soms inconsistente) resultaten van de verschillende voorstudies die er tot nu toe zijn gedaan (RailEvent ; PTADC, 2013), (First Dutch, 2014), (Lloyd's Register Rail, 2015), (Arcadis, 2016) op een heldere en consistente manier worden samengebracht. Het PDOVS heeft daarom Movares in 2016 opdracht gegeven voor een metastudie. Hun studie beveelt op korte termijn aan om in te zetten op hernieuwbare diesel en terugwinning van remenergie met accu's of supercapacitors. Op (middel)-lange termijn, met zero emissie als doel, zijn er twee oplossingsrichtingen als goedkoper alternatief voor standaard elektrificatie. De eerste is de waterstoftrein. De tweede is een lichtere vorm van elektrificatie door aanpassing van ontwerpeisen voor de energieinfra (TSI Energie) en/of door partiële/discontinue bovenleiding.

Er is inmiddels veel onderzoek gedaan naar de verschillende techniekopties, maar de ontwikkeling (van kosten en technische mogelijkheden) blijft onzeker. In de expert-workshop werd gesteld dat een duidelijke techniekkeuze voor zero-emissie regionale treinen de ontwikkeling hierin zou helpen. We bevelen aan om in de komende vijf jaar een techniekkeuze te maken voor de invulling van de vergroening van de regionale personendieseltreinen.

Standaardisering en uniformering van materieel en infrastructuur

Net als bij de bussen kwam uit de expert-workshop naar voren dat standaardisering en uniformering van het materieel en eventuele (partiële elektrische) infrastructuur bij zal dragen aan de businesscase van vergroening van de regionale personendieseltreinen. Wanneer op elke lijn een andere optie of uitwerking wordt gekozen, is het erg onzeker wat de restwaarde van bijvoorbeeld materieel is aan het eind van de concessie. Daarnaast zijn ook de modellen voor vlootbeheer zoals nationale leasepool of een rolling stock company die genoemd zijn onder het thema bussen hier van toepassing. Voor de uitwisselbaarheid van infrastructuur en materieel is standaardisering van beide van belang.

Volledig vergroenen van regionale personendieseltreinen en inzet biobrandstof

Op termijn is het doel om naar volledig zero-emissie personentreinen te gaan. Zoals hierboven is beschreven is er nog een aantal stappen nodig voordat dit in gang kan worden gezet. Daarnaast zorgt de relatief jonge leeftijd van de regionale treinen ervoor dat deze stap pas realistisch is in de tweede helft van de scope van deze roadmap. In de tussenperiode is de inzet van biobrandstof een optie (zie ook Thema 2, bussen).

De voorgestelde acties zijn weergegeven in volgende tabel. Het effect van de acties is niet additioneel. De eerste drie acties beogen hetzelfde, namelijk invoering van zero-emissie treinen. De laatste betreft een transitiemaatregel om CO₂ te reduceren waar dat nog niet mogelijk is door inzet van zero-emissie treinen (effect ongeveer 80% reductie well-to-wheel).

Actie	Periode	Rol PDOVS	Status
Techniekkeuze voor zero-emissie regionale treinen: Partieel/discontinu elektrificeren regionale treinen of waterstofrein	Middellange termijn	Communiceren of faciliteren van discussie voorbereidend op besluit voor zero-emissie regionale treinen. Coördineren en uitvoeren van pilots. Belangrijke stakeholders zijn concessiehouders, technologie leveranciers, OV-bedrijven.	Wordt bestudeerd
Standaardisering en uniformering van materieel en infrastructuur	Middellange termijn	Inventariseren van knelpunten, barrières, mogelijk effect op businesscases.	Moet nog worden opgestart
Volledig vergroenen van regionale personendieseltreinen	Lange termijn	Monitoring niet-geëlektrificeerd spoor, barrières in kaart.	Moet nog worden opgestart
Inzet duurzame biobrandstof als transitiebrandstof	Korte/middellange termijn	Brandstofleveranciers concessiehouders.	In gang gezet

4.7 Thema 7: Toename OV-gebruik en modal shift goederenvervoer

Aan de energie-efficiencydoelstelling kan, naast de genoemde maatregelen voor energiebesparing in Thema 3, ook worden bijgedragen met behulp van een toename van het OV-gebruik en een modal shift. Modal shift wordt ook gezien als een belangrijke gedragsmaatregel voor het invullen van de additionele CO₂-emissiereductieopgave voor transport bij het halen van de doelstellingen uit het Parijs-akkoord (TNO, CE Delft, ECN, 2017) en zal onderdeel uitmaken van het nieuwe Energie- en Klimaatakkoord.

Uit de verkenning van relevante trends voor de OV- en Spoorsector bleek dat de NMCA 2017 rekening houdt met een groei van het reizigersvolume voor de trein van +27% tot +45% naar 2040, afhankelijk van het economische scenario. Dit komt neer op ongeveer 1 tot 1,5% per jaar. In de workshop werd de ambitie geuit tot een verdubbeling hiervan, namelijk een groei van 2 tot 3% per jaar.

Spreiden spitsdrukte

Om ervoor te zorgen dat de groei van het reizigersvolume tot een optimale verbetering van de energie-efficiency leidt, is het nodig dat de volumegroei vooral in de daluren plaatsvindt, buiten de spits. Het is daarom belangrijk om de spitsdrukte te spreiden. Hiervoor zijn verschillende oplossingsrichtingen denkbaar, zoals maatregelen om studenten meer buiten de spits te laten reizen, verdere differentiatie van tarieven (spitstarief), en apps die spitsmijden stimuleren (zoals de app MyOV waarmee reizigers punten kunnen sparen als ze buiten de spits reizen). De Radboud Universiteit en de HAN in Nijmegen hebben onlangs op verzoek van de NS hun collegetijden in dit kader aangepast. Ook in Groningen wordt door Qbuzz en Arriva geëxperimenteerd. Tenslotte is het belangrijk om een discussie te voeren over de zitplaatskans of het 'recht op een zitplaats' in de spits, omdat zitplaatsgarantie in de spits de mogelijkheden voor het verbeteren van de energie-efficiency beperkt.

Verknopen hoofdrail met regionaal OV/fiets en lightrail als regionale capaciteitsuitbreiding

Om de ambitieuze groei in het OV te realiseren werd in de workshop de verbetering van het OV in de stedelijke omgeving als speerpunt gezien. Twee concrete acties hiervoor zijn het verknopen van het hoofdrailnetwerk met het regionaal OV en de fiets en lightrail als regionale capaciteitsuitbreiding. Het reizen via het nationale spoor is relatief snel ten opzichte van de auto, maar de overstap en last-mile reis vormt een knelpunt. Om de overstap op knooppunten voor de reiziger zo gemakkelijk mogelijk te maken is een kortere overstap nodig of aangenamer wachten. Het minimaliseren van de overstaptijd kan met goede aansluitingen en hoge frequenties. Het comfortabel maken van de overstap kan met wachtruimtes, winkels, een aantrekkelijke vormgeving of bijvoorbeeld kunst. Actuele en gecombineerde reisinformatie is doorslaggevend (Stadsregio Amsterdam, 2008). Lightrail biedt in de drukker wordende stad extra capaciteit en comfortabel en snel vervoer. Hierbij kan het succes van het Randstadrail-netwerk als voorbeeld worden genomen. Het doel is om voor 2030 te zorgen voor nieuwe lightrailverbindingen die aansluiten bij verstedelijking en stedelijke agglomeraties met elkaar verbinden.

Borgen van voldoende capaciteit voor groei

Een laatste belangrijk punt voor de toename van het OV-gebruik is de capaciteit van het OV. Als het reizigersvolume met 2-3% per jaar stijgt zal de capaciteit onder druk komen te staan. Hiermee is geen rekening gehouden in de recente capaciteitsanalyses (NMCA). Het is belangrijk om hiervoor knelpunten in kaart te brengen en waar nodig deze te agenderen.

De voorgestelde acties zijn weergegeven in de volgende tabel. Het effect per actie is met de kennis van nu moeilijk in te schatten, en er zal sprake zijn van overlap tussen de effecten per actie.

Actie	Periode	Rol PDOVS/stakeholders	Status
Spreiden spitsdrukke	Korte termijn	Kennisdeling, discussie over spits. Voornaamste stakeholders zijn vervoerders, onderwijs.	In gang gezet, experimenten
Verknopen hoofdrail met regionaal OV/fiets	Middellange termijn	Inzichtelijk maken baten van verknoping OV-systeem, in samenwerking met stedelijke agglomeraties, rijksoverheid, vervoerders	Wordt bestudeerd
Lightrail als regionale capaciteitsuitbreiding	Middellange termijn	Het maken van een knelpuntanalyse om de noodzaak voor versterking van OV-netwerk aan te tonen. Tegelijkertijd aantonen van de beperkte mogelijkheden voor extra weginfrastructuur.	Moet nog in gang gezet worden
Borgen voldoende capaciteit voor groei	Lange termijn		Moet in gang gezet worden

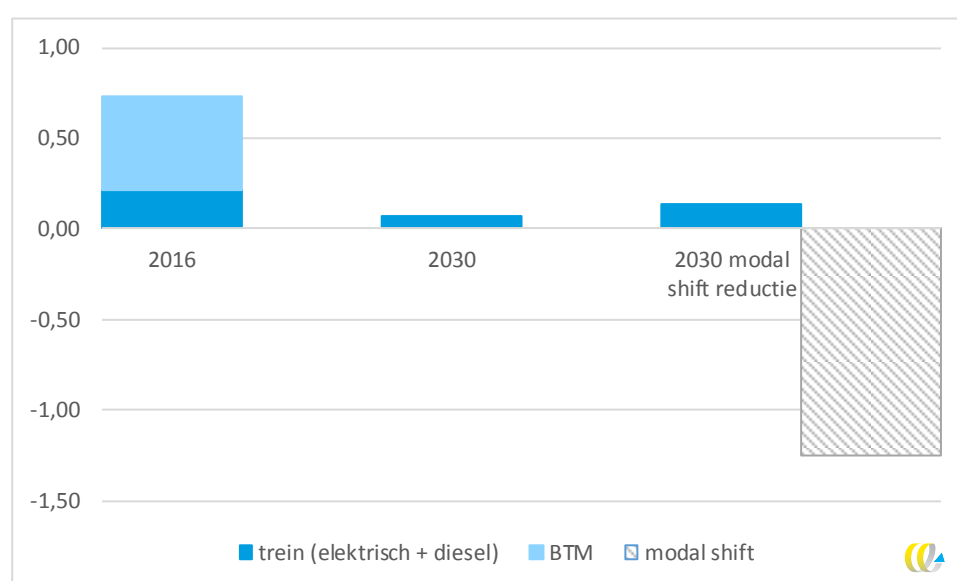
Modal shift personenvervoer

Om met modal shift een CO₂-emissiereductie van 1-1,5 Mton te behalen is ongeveer 10% reductie van het totale aantal autokilometers nodig. Meer dan 80% van de kilometers wordt gereisd in verplaatsingen die langer zijn dan 15 kilometer (CE Delft, 2018). Daarom zijn de modaliteiten OV en spoor cruciaal om hoge besparingen te behalen met modal shift. Met lopen en fietsen kan maar een zeer beperkt aantal autokilometers worden vervangen. Voor daadwerkelijke CO₂-emissiereductie moet het aanbieden van hoogwaardig openbaar vervoer leiden tot een verschuiving van autokilometers naar OV-/fiets-/loop-/treinkilometers. In de praktijk is een deel van de nieuwe reizigers bij aanbod van goedkoper of kwalitatief beter openbaar vervoer reizigers die voorheen de

fiets namen of niet reisden (CPB en PBL, 2016). Dit is een belangrijk aandachtspunt. Om de modal shift succesvol te laten zijn, is beleid op systeemniveau (aanbod fiets-/OV-infrastructuur en diensten, ruimtelijk beleid, prijsbeleid en snelhedenbeleid) en maatregelen op doelgroepen-niveau noodzakelijk (CE Delft, 2018). Ook de borging van voldoende capaciteit op het spoor is van groot belang. De potentiële bijdrage aan de CO₂-doelstelling voor transport (TTW) van de modal shift naar OV- en spoor is 1-1,5 Mton CO₂ in 2030.

in de volgende figuur valt af te lezen dat als in 2030 de doelen voor modal shift gehaald worden, de besparing door de uitval van autokilometers (NEV, 2016) vele malen groter is dan de extra emissies in het openbaar vervoer, omdat in 2030 de gebruiksemissies al grotendeels nul zijn, in tegenstelling tot het autoverkeer.

Figuur 11 – Indicatie effecten van modal shift beleid personenvervoer in 2030 (Mton CO₂)



Modal shift in het goederenvervoer

Naast de modal shift bij het personenvervoer zijn er ook mogelijkheden om bij het goederenvervoer een groter aandeel over het spoor te vervoeren. TNO (2017)¹⁴ heeft de potentie voor modal shift in het goederenvervoer geanalyseerd door te bekijken welke stromen over de weg overlappen met stromen via het spoor. Daarbij is voor de betreffende transportritten ook bekeken of zowel in de herkomstregio als in de bestemmingsregio een spoorterminal aanwezig is en in welke mate voor deze ritten gebruik kan worden gemaakt van bestaande rijdiensten. TNO stelt dat een deel van het goederen wegvervoer ook over het spoor had kunnen worden vervoerd, omdat de routes ervan een overlap met het spoornetwerk vertonen.

¹⁴ Hierbij is alleen naar goederenstromen gekeken die in containers of als stuklading in vrachtwagens worden vervoerd; het transport van droge en natte bulk over de weg is buiten beschouwing gelaten, omdat dit voornamelijk vervoer over korte afstanden betreft. Van de 630 miljoen ton die in 2014 via de weg vervoerd werd, betrof 354 miljoen ton containers of stukgoed.

In deze studie is alleen op nationale schaal gekeken, niet in welke mate het gevonden jaarvolume op regionaal niveau in de praktijk verschoven kan worden. De spreiding van lading over locaties binnen regio's en de spreiding van de volumes per week of per dag kunnen in de praktijk sterk verschillen. Om de effecten hiervan in kaart te kunnen brengen is een aanvullende en meer diepgaande verkenning per regio noodzakelijk.

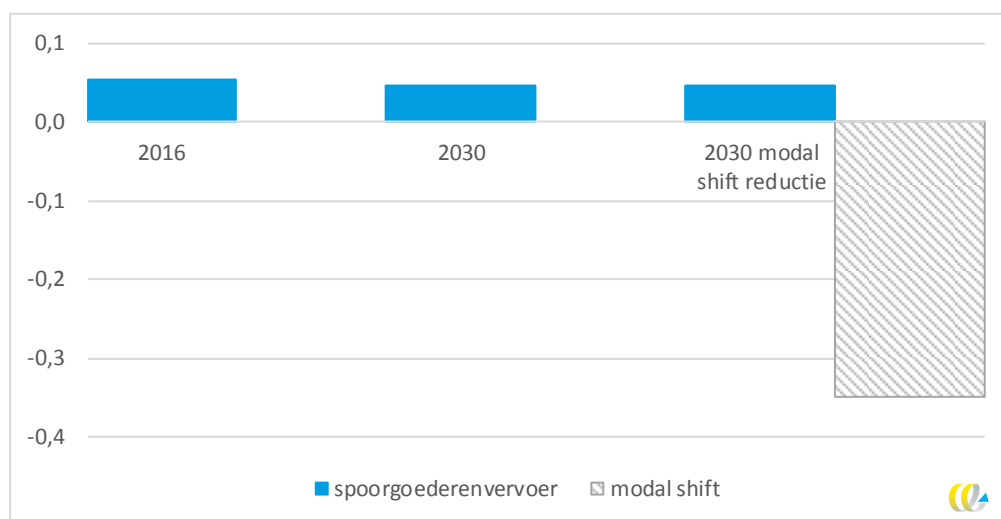
De studie bepaalt daarnaast de potentie voor modal shift op basis van kosten. Als mogelijke belemmering wordt genoemd de beperkte beschikbare capaciteit op het spoor voor goederenvervoer. Het is de moeite waard om te onderzoeken in hoeverre de beschikbare capaciteit een belemmering is en wat er aan gedaan zou moeten worden om die belemmering weg te nemen.

TNO stelt dat een deel van het goederenwegvervoer ook over het spoor had kunnen worden vervoerd, omdat de routes ervan een overlap met het spoornetwerk vertonen. In theorie is dit maximaal ruim 12% (43 miljoen ton), een realistische schatting is een kleine 4% (13 miljoen ton). Voor 2030-2050 loopt dit op tot 13-14% maximaal potentieel en ruim 4% realistisch. De realistische schatting komt voor 2050 overeen met 18 tot 25 miljoen ton, waarvan 5 tot 8 miljoen ton over de Betuweroute. Dit leidt in 2050 tot een reductie van 0,2-0,3 Mton CO₂ in een laag groeiscenario en 0,4-0,8 Mton CO₂ in een hoog groeiscenario, afhankelijk van de technische besparingen in het vrachtverkeer over de weg.

Voor 2030 is dit 0,1-0,6 Mton CO₂. De gevolgen van de realistische potentiële extra modal shift voor de benodigde spoorcapaciteit en mogelijke knelpunten zijn nog niet geanalyseerd. TNO becijfert dat het aantal treinen per dag zal toenemen van 126 in 2015 tot 280-400 in 2050 (in de referentie is dit 218-301 treinen per dag). Het is aan te bevelen dat er een capaciteitsanalyse wordt uitgevoerd die aansluit op deze ambitieuze modal shift.

Figuur 12 laat zien dat de reductie in de uitstoot door het wegvallen van een deel van het wegvervoer veel groter is dan de toename van de emissies van het spoorgoederenvervoer. De verklaring hiervoor is dat spoorvervoer efficiënter is en gebruikt maakt van emissieloze elektriciteit.

Figuur 12 – Indicatie effecten van modal shift beleid goederenvervoer in 2030 (Mton CO₂)



4.8 Effectinschattingen maatregelen

In deze paragraaf wordt een ruwe inschatting gegeven van de bijdrage van de verschillende thema's aan de doelstellingen uit de CO₂-visie OV en Spoor. Van de zeven thema's zijn vijf thema's gericht op het verminderen van CO₂-uitstoot en twee thema's zijn specifiek gericht op het verbeteren van de energie-efficiency (energiebesparingsmaatregelen spoor en modal shift). De aannames voor de bepaling van de verschillende bijdragen zijn weergegeven in de volgende tabel.

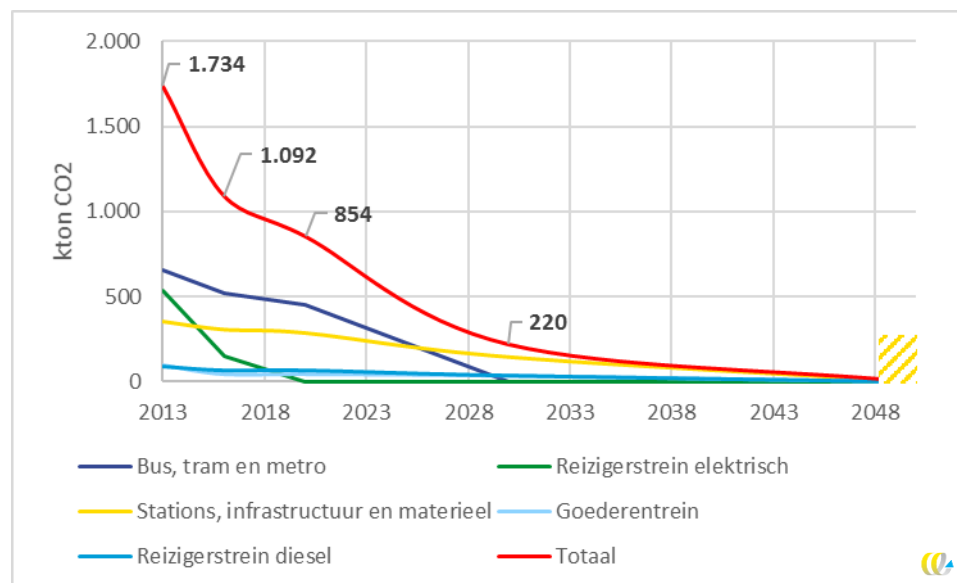
De effectschattingen met betrekking tot CO₂-emissiereductie binnen de verschillende thema's zijn gebaseerd op beschikbare literatuur en ruwe berekeningen.

Thema	Effect in 2030/2050
1. Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking.	De CO ₂ -footprint van de geconsumeerde elektriciteit in de verschillende systeemdelen bedroeg in 2013 40% van het totaal. Vanaf 2017 is de inkoop van elektriciteit voor het spoor volledig groen, het doel is dat de rest van de OV-sector op korte termijn deze aanpak volgt. In 2030 is dan alle inkoop van elektriciteit groen, daarmee zijn de Scope 2-emissies gereduceerd naar 0. Effect: -737 kton t.o.v. 2013; -213 kton t.o.v. 2016
2. Vermindering CO ₂ -uitstoot door bussen.	Alle bussen emissievrij in 2030, zo is de doelstelling van BA-ZEB. Volgens de marktdialoog is het uitvoeren van een gehele concessie (stad- en streekvervoer) zero-emissie mogelijk in 2030. De eerste stap naar 25% is nu al technisch mogelijk, de opschaling naar 75% wordt lastiger ervaren, met name voor streekvervoer. Naar verwachting zijn in 2020 al 800 (van de 5.000) bussen volledig zero-emissie. De herkomst van de energie voor deze bussen moet hiervoor volledig groen zijn. Effect: -533 kton t.o.v. 2013; -483 kton t.o.v. 2016
3. Verbetering energie-efficiency spoor (besparingsmaatregelen).	De energie-efficiencyverbetering hangt direct samen met de energiebesparing. De implementatie van 3 kV en remenergie-recuperatie zorgen ervoor dat per saldo bijna 20% minder energie worden gebruikt (zie Paragraaf 4.3). We nemen aan dat de andere energiebesparings-maatregelen (zoals zuinig rijden en opstellen, en de optelsom van kleine maatregelen die met MJA-afspraken worden geborgd) samen zorgen voor een energiebesparing van nog eens 10 procentpunt op de lange termijn. De totale energie-efficiencyverbetering komt uit op ongeveer 30% MJ/km voor de reizigerstrein. De termijn waarop dit mogelijk is, is afhankelijk van het moment van implementatie van 3 kV. Zonder 3 kV achten we de doelstelling niet haalbaar. Effect: -30% MJ/km
4. Vermindering CO ₂ -uitstoot door materiaalgebruik infrastructuur en rollend materieel.	De reductie van CO ₂ -uitstoot door infrastructuur en rollend materieel is onzeker. Voor de belangrijkste spoorcomponenten wordt onderzocht welke mogelijkheden er tot CO ₂ -emissiereductie zijn. Dit waren in het kader van het project circulair spoor Ballast (21 kton), Spoorstaven (13 kton), Wissels (5 kton), Rijdraad (3 kton) en Fietsenstallingen (4 kton) (samen ongeveer 40% van de footprint van de Scope 3-emissies van ProRail in de materiaalketen), maar het blijkt voorlopig erg lastig om circulaire businesscases uit te werken. Daarnaast ProRail bezig met hergebruik dwarsliggers (totaal 13 kton). In de brochure Duurzaam Spoor 2030 (ProRail, 2017) laat de figuur 'Verschuiving CO ₂ -aandeel spoormaterialen' zien dat de CO ₂ -uitstoot door infrastructuur ongeveer zal halveren. Dit is een ambitieus doel, omdat op dit moment voor de belangrijkste materialen (beton en staal) nog niet in beeld is hoe de CO ₂ -uitstoot hiervan op een kostenefficiënte manier kan worden gereduceerd. De reductie zal op korte en middellange termijn vooral van hergebruik van materialen moeten komen. ProRail wil in 2020 5 kton CO ₂ besparen op de emissie van de ingekochte

Thema	Effect in 2030/2050
	materialen (ProRail, 2017), waarvan tot nu toe ongeveer 1 kton is gehaald. Daarom hanteren we voor de CO ₂ -emissiereductie een onzekerheid in 2050 waarin een kwart van de CO ₂ -emissies is gereduceerd. Effect: -327 kton t.o.v. 2013; -291 kton t.o.v. 2016
5. Vermindering CO ₂ -uitstoot door goederentreinen.	De goederentreinen hebben een aandeel van ongeveer 5% in de footprint van 2013. De inschatting vanuit de sector is dat het aandeel van dieselgoederentreinen mogelijk ongeveer 5-10 procentpunt lager zal liggen in 2030. Dat is 20% van de huidige dieseluitstoot (-1% totale footprint). Voor 2050 is het doel om volledig zero-emissie spoorgoederentreinen te realiseren (-5% totaal). Effect: -47 kton t.o.v. 2013; -46 kton t.o.v. 2016
6. Vermindering CO ₂ -uitstoot door personendieseltreinen.	De CO ₂ -uitstoot in 2016 is voor scope 1 en 2 al ongeveer 25% lager dan in 2013. In 2020 is de Maaslijn geëlektrificeerd en vóór 2030 gaan de Noordelijke lijnen naar zero-emissie (gedeeltelijk via biobrandstoffen), die samen ongeveer 45% van de CO ₂ -emissie van de regionale lijnen in 2016 besloegen. Dit betekent een totale reductie van ongeveer 60% in 2030 (3% van totale footprint 2013). Het doel voor 2050 is dat alle huidige dieselpersonentreinen volledig zero-emissie zijn (-5% totaal). Effect: -91 kton t.o.v. 2013; -68 kton t.o.v. 2016
7. Toename OV- en spoor-gebruik en modal shift.	De energie-efficiency is het resultaat van de toename van het reizigersvolume en de toename van het energiegebruik. Als de reizigersvolumes relatief harder groeien, verbetert de energie-efficiency. Hiervoor is het nodig dat naast de capaciteitsuitbreiding een betere spreiding van de spitsdrukke wordt bereikt. De programma's PHS/ERTMS maken een capaciteitsuitbreiding van ongeveer 10-15% op het spoor mogelijk (evenredig aangenomen met de toename van het aantal treinen volgens NMCA 2017). We gaan daarom uit van een toename van het energiegebruik van ongeveer 10-15% door capaciteitsuitbreiding. De volumegroei wordt in de NMCA geschat op 27% tot 45%, afhankelijk van het economische scenario. Op basis van een ruwe berekening komen we tot een energie-efficiency verbetering van ongeveer 15%. Effect: -15% MJ/km Het is in dit stadium niet zinvol om een inschatting van de efficiencywinst bij een nog hogere modal shift te maken. Afhankelijk van de benodigde capaciteitsuitbreiding en gerealiseerde reizigersvolumes (en spreiding over de spits) leidt dit mogelijk tot een nog hogere efficiencyverbetering.

Het resultaat van deze analyse wordt weergegeven in Figuur 13. De scherpe daling van de CO₂-emissies vanaf 2013 wordt voornamelijk veroorzaakt door de overstap naar volledig groene elektriciteit (2013-2017) en de CO₂-emissiereductie bij de bussen (2020-2030). De onzekerheid voor de CO₂-uitstoot van infrastructuur en materieel is weergegeven met de geel gearceerde onzekerheidsbalk in 2050.

Figuur 13 – Ontwikkeling van de CO₂-footprint van de OV- en spoorsector tussen 2013 en 2050



Bijdrage aan doelstelling Parijs

Naast het reduceren van CO₂ in de eigen sector dragen de voorgestelde acties uit de roadmap bij aan de CO₂-emissiereductie in de brede transportsector en daarmee aan de doelstellingen uit het Klimaatakkoord van Parijs. Nederland heeft zich met dit klimaatakkoord gecommitteerd aan de doelstelling van maximaal 2°C opwarming van de aarde en het streven om de opwarming beperken tot 1,5°C ten opzichte van het pre-industriële tijdperk. Om dit te realiseren zullen de broeikasgasemissies in Nederland sterk moeten worden gereduceerd. Voor de transportsector betekent dit dat de CO₂-uitstoot in de sector in 2030 omlaag moet naar ongeveer 21 Mton. Volgens de NEV 2017 komt de CO₂-uitstoot in 2030 uit op 31,9 (PBL en ECN, 2017). Er is dus nog een extra CO₂-emissiereductie van bijna 11 Mton nodig om het Parijs-doel te kunnen halen. In het klimaatakkoord wordt gestreefd naar een extra CO₂-emissiereductie van 7 Mton. Een modal shift in zowel het personenvervoer (1-1,5 Mton) als het goederenvervoer (0,1-0,6 Mton) kan hier een grote bijdrage aan leveren, zoals beschreven in Paragraaf 4.7.

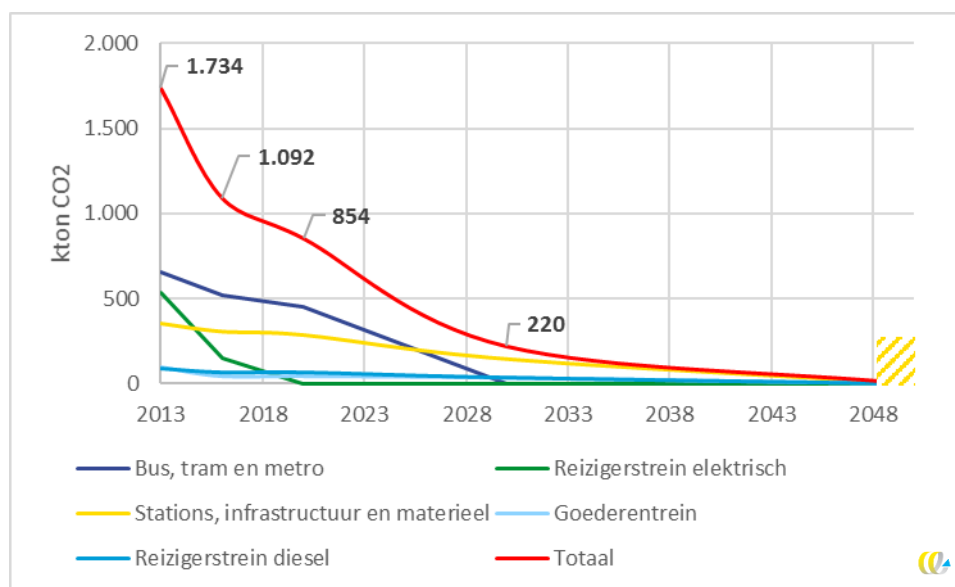
5 Conclusies en aanbevelingen

Ontwikkeling CO₂-footprint OV en Spoor

De totale footprint van de spoorsector (exclusief bus, tram en metro) kwam in 2013 uit op 984 kton CO₂. In 2016 was deze gereduceerd met bijna 50%, grotendeels te verklaren door het verhogen van het aandeel groene stroom in de tractie energievoorziening voor het spoor. In 2013 was 9% van de elektriciteit groen, en 91% grijs. In 2016 was deze verhouding 73% groen en 27% grijs.

In Figuur 14 is de ontwikkeling van de CO₂-emissies opgenomen, waarbij de ontwikkeling richting 2050 is geschetst op basis van trends en transitiepaden waarop we hieronder ingaan.

Figuur 14 – Ontwikkeling van de CO₂-footprint van de OV- en spoorsector tussen 2013 en 2050



Trends

Uit de analyse van trends op middellange en lange termijn komt naar voren dat het OV een belangrijke rol blijft vervullen in het mobiliteitssysteem en dat een sterke volumegroei verwacht wordt. Er zullen waarschijnlijk grote regionale verschillen optreden in de groei van het OV. In stedelijk gebied en op drukbezette lijnen zal het reizigersvolume sterk stijgen en blijft hoogwaardig openbaar vervoer belangrijk om de leefkwaliteit in en bereikbaarheid van steden te garanderen. In dunner bevolkte gebieden zal het OV een lagere groei kennen of krimpen. Op dunne vervoersstromen gaan we meer vraaggestuurd vervoer zien, zoals de deelauto, zelfrijdende auto en andere nieuwe vraaggestuurde mobiliteitsdiensten die samen met de (elektrische) fiets het bestaande OV-netwerk aanvullen, maar mogelijk ook deels vervangen.

In het kader van het te voeren klimaatbeleid binnen de Parijs-afspraken kan het OV een bijdrage leveren aan de verduurzaming van het mobiliteitssysteem, vanwege de nu reeds relatief lage CO₂-uitstoot per passagierskilometer. Hiermee heeft het PDOVS een argument in handen om politieke aandacht te vragen voor de sector als geheel. Het overheidsbeleid is één van de belangrijkste factoren die mobiliteitsgedrag kan beïnvloeden. Stevig klimaatbeleid kan voor een gunstigere positie van het openbaar vervoer zorgen. Beleidsinstrumenten zoals de aanleg van infrastructuur, de fiscale behandeling van woon-werkverkeer, de kilometerprijs en accijnsbeleid zijn allemaal sturingsinstrumenten die vervoerswijzen met een kleine impact op het klimaat tot voordeel kunnen zijn. Vooral spoorgebonden vervoer zal nog enkele decennia de meest milieuvriendelijke modaliteit zijn, maar ook in het busvervoer gaan de ontwikkelingen om de CO₂-uitstoot te laten dalen snel.

Transitiepaden

Op basis van de CO₂-footprint 2016 en de verkenning van middellange en lange termijn trends bepalen we 7 thema's waarvoor concrete stappen worden uitgewerkt in deze roadmap. De thema's komen voort uit een combinatie van de doelstellingen uit de CO₂-visie OV en Spoor 2050 en de onderdelen waar de grootste CO₂-uitstoot plaatsvindt in 2013. Deze zeven thema's zien we als de belangrijkste bouwstenen voor het bereiken van de duurzaamheidsdoelstellingen uit de CO₂-visie OV en Spoor 2050:

1. Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking.
2. Vermindering CO₂-uitstoot door bussen.
3. Verbetering energie-efficiency spoor (besparingsmaatregelen).
4. Vermindering CO₂-uitstoot door goederentreinen.
5. Vermindering CO₂-uitstoot door materiaalgebruik infrastructuur en rollend materieel.
6. Vermindering CO₂-uitstoot door personendieseltreinen.
7. Toename OV- en spoor-gebruik en modal shift.

Het gaat hierbij niet om een optiemenu: op al deze thema's is actie nodig om de CO₂- en energie-efficiencydoelen uit de CO₂-visie OV en Spoor te halen. Als CO₂-reductie prioriteit zou krijgen boven energie-efficiency kan Thema 3 terzijde worden gelegd.

De roadmap laat zien dat het technisch mogelijk is om de doelstelling voor CO₂-reductie te realiseren binnen de meeste geïdentificeerde thema's. Er bestaan verschillen tussen de verschillende marktsegmenten die vertegenwoordigd zijn binnen het PDOVS. De mogelijke reductiemaatregelen voor personentreinen en bussen zijn reeds relatief ver ontwikkeld, terwijl voor spoorgoederenvervoer de ontwikkelingen nog in een minder ver gevorderd stadium zijn, wat verklaard kan worden door het verschil in economisch kader waarbinnen deze subsectoren actief zijn. Het moeilijkste thema is materiaalgebruik, omdat de sector hier vooral afhankelijk is van ontwikkelingen buiten de eigen sector. De aanbevelingen betreffen daarom om voor verduurzaming van het materiaalgebruik samen te werken met andere partijen, buiten de eigen sector, om gezamenlijk de vraag naar klimaatvriendelijke materialen te verhogen, met als voorbeelden beton en staal. De invloed van de sector op het decarboniseren van staal is echter beperkt, vanwege het relatief kleine aandeel van Nederlandse spelers op een wereldwijde markt.

De roadmap gaat uit van een groeiambitie om een bijdrage te leveren aan de vermindering van de CO₂-uitstoot van de totale maatschappij. Om deze doelen te kunnen verwezenlijken zijn serieuze investeringen in de spoorinfrastructuur benodigd, maar hiervoor is nog geen financiële dekking beschikbaar.

Sleutelbesluiten en rol platform

De roadmap geeft inzicht in een aantal sleutelbesluiten. We bevelen aan dat het PDOVS nauw betrokken is bij deze sleutelbesluiten en deze in een proces te verankeren, en daarbij te zorgen dat de partijen betrokken worden die daadwerkelijk over de besluiten gaan. De belangrijkste sleutelbesluiten zijn:

- vergroening van regionale treinen (technieккеuze en termijnen);
- implementatie van 3 kV en recuperatie remenergie;
- ontwikkeling/aanschaf van e-hybride goederenlocomotief;
- ontwikkeling van pilots voor duurzaam materiaalgebruik richting volledige circulariteit;
- borgen van voldoende capaciteit voor groei van het OV.

Verminderen van de CO₂-uitstoot van bussen is ook belangrijk, maar hierboven niet specifiek genoemd omdat dit reeds in gang is gezet en van het PDOVS niet de grootste aandacht vereist.

Uit procesmatige oogpunt bevelen we aan om meer vervoersautoriteiten te betrekken in het PDOVS. Ze hebben een belangrijke rol in het kader van het bestuursakkoord Zero-Emissie Bussen. Daarnaast kan op deze manier meer kennisuitwisseling plaatsvinden tussen vervoerders en vervoersautoriteiten.

Deze roadmap geeft op hoofdlijnen inzicht in de uit te voeren acties. In een volgende stap dienen deze acties meer in detail te worden uitgewerkt tot een actieplan. De rol van het PDOVS is vooral gericht op kennisdeling, initiatie en kanalisatie van discussies, de juiste mensen bij elkaar brengen en het monitoren van de voortgang van de benoemde acties.

Literatuur

- APPM, 2017. *Marktdialoog zero emissie busvervoer - Conclusies en aanbevelingen*, sl: sn
- Arcadis, 2016. *Onderzoek Batterij-Waterstofrein*, Amersfoort: Arcadis.
- CBS, 2017. *CBS Statline*. [Online]
Available at:
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=80429NED&D1=a&D2=47,52,57,62&HDR=T&STB=G1&VW=T>
- CE Delft, 2015. *Emissiekentallen elektriciteit ; Kentallen voor grijze en 'niet-geoommerkte stroom' inclusief upstream-emissies*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017. *Energiebesparing op het spoor*, sl: sn
- CE Delft, 2017. *STREAM Freight Transport 2016 : Version 2*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2018. *Kansen voor CO2-reductie met gedragsmaatregelen verkeer*, nog te verschijnen: sn
- CEDR, 2017. *MAASiFiE Impact Assessment, Mobility as a Service For Linking Europe*, sl: sn
- Climate Neutral Group, 2016. *CO2 Voetafdruk Spoorsector 2015*, Utrecht: Climate Neutral Group.
- CPB ; PBL, 2015. *Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving : Cahier Mobiliteit*, Den Haag: Centraal Planbureau (CPB) ; Planbureau voor de leefomgeving (PBL).
- CPB en PBL, 2016. *Kansrijk Mobiliteitsbeleid*, Den Haag: Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving.
- First Dutch, 2014. *Vergroening regionale spoorlijnen*, Amsterdam: First Dutch Capital B.V..
- Himbergen , A. v. & Altenburg, M., 2015. *CO2-footprint 2013 van de Nederlandse spoorsector*, sl: Platform Duurzaam OV & Spoor.
- IenM, 2017. *Toekomstbeeld OV - Overstappen naar 2040*, sl: sn
- KiM, 2016. *Mobiliteitsbeeld 2016*, Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- KiM, 2017. *Mobiliteitsbeeld 2017*, Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- Klein et al., 2017. *Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands*, sl: sn
- KpVV-CROW, 2017. *Informatiebulletin over actuele verkeers- en vervoersontwikkelingen 186, oktober 2017*, Ede: KpVV-CROW.
- Lloyd's Register Rail, 2015. *Verkenning elektrificatie noordelijke diesellijnen*, Utrecht: Ricardo Rail.
- Ministerie van I&M, 2017. *Nationale Markt- en Capaciteitenanalyse 2017 (NMCA)*, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M).
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Railforum, KNV, ProRail, NS, Arriva, Transdev, DB Schenker Rail, Syntus, Provincie Groningen, 2015. *Samen realiseren we een CO2-neutraal spoor : Visie van de Nederlandse spoorsector voor 2050*, sl: sn
- Movares, 2017. *Reductie van scope 3 CO2-emissies - Ketenanalyse Tractie energie systemen*, sl: sn
- NS & ProRail, 2014. *Beter & Meer: Voorstel voor de operationele uitwerking van de Lange Termijn Spooragenda*, Utrecht: NS & ProRail.
- NS & ProRail, 2015. *Een Maatschappelijke kosten-baten analyse van een verbeterde tractie-energievoorziening*, Utrecht: NS & ProRail.
- NS & ProRail, 2017. *Een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse van een verbeterde tractie energievoorziening - concept versie 11 aug 2017*, Utrecht: NS & ProRail.
- NS, 2017. *NS Jaarverslag 2016*, Utrecht: NS Groep NV.
- PBL en ECN, 2017. *Nationale Energieverkenning 2017*, sl: sn
- Platform Duurzaam OV en Spoor, 2015. *Samen realiseren we een CO2-neutraal spoor - Visie van de Nederlandse spoorsector voor 2050*, sl: sn
- ProRail, 2015. *Memo: Sectorbreed CO2 emissie reductie programma*, Utrecht: ProRail.
- ProRail, 2017. *Brochure Duurzaam Spoor 2030*, sl: sn
- ProRail, 2017. *CO2-besparingsplan - Publieksversie*, sl: sn
- RailCargo, 2014. *Spoor in Cijfers 2014*, Rotterdam: Rail Cargo information Netherlands.
- RailEvent ; PTADC, 2013. *Verkenkend onderzoek partiële elektrificatie*, Steenwijkerwold: RailEvent.



Railforum, 2016. *Moreelse tafel*, sl: sn

Royal HaskoningDHV, 2017. *Dominantieanalyse scope 3 CO2-emissies*, Amersfoort: Royal HaskoningDHV.

RVO, 2016. *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2 emissiefactoren*, Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).

Stadsregio Amsterdam, 2008. *OV-visie 2010-2030: Regionaal OV als impuls voor de Metropool Amsterdam*, sl: sn

TNO, CE Delft, ECN, 2017. *Factsheets CO2 reductiemogelijkheden voor verkeer en vervoer*, sl: sn

TNO, 2015. *Energie- en milieu-aspecten van elektrische personenvoertuigen*, Delft: TNO, Earth, Life & Social Sciences.

TNO, 2017. *Modal shift van weg naar spoor Potentie tot 2050 en effect op CO2-uitstoot*, Den Haag: TNO, Earth, Life & Social Sciences.

TU Delft, 2017. *Tussenrapportage KNINFRA project*, sl: sn

TU/e en IenM, 2016. *The future of public transport*, sl: sn

Visser, 2016. *Notitie Spoorvisie bij afscheid kamer*, sl: sn

Zoeteman, A., Harve, F. t. & Ploeg, T., 2014. Analysing the business case for introducing a 3 kV traction power supply in Dutch railways. *WIT Transactions on the Built Environment*, Volume 135, pp. 745-755.



A Lijst met geïnterviewden

Bedrijf	Contactpersoon
ProRail	Karin te Boome
ProRail	Gerald Olde Monnikhof
NS	Freek Dankers
Connexxion	Coen Storm
GVB	Talitha Koek
DB Cargo	Roel Wachelder
Arriva	Gert Naber, Pieter de Munck

B Aanwezigen bij de workshop

Roadmap Duurzaam OV en Spoor 2050

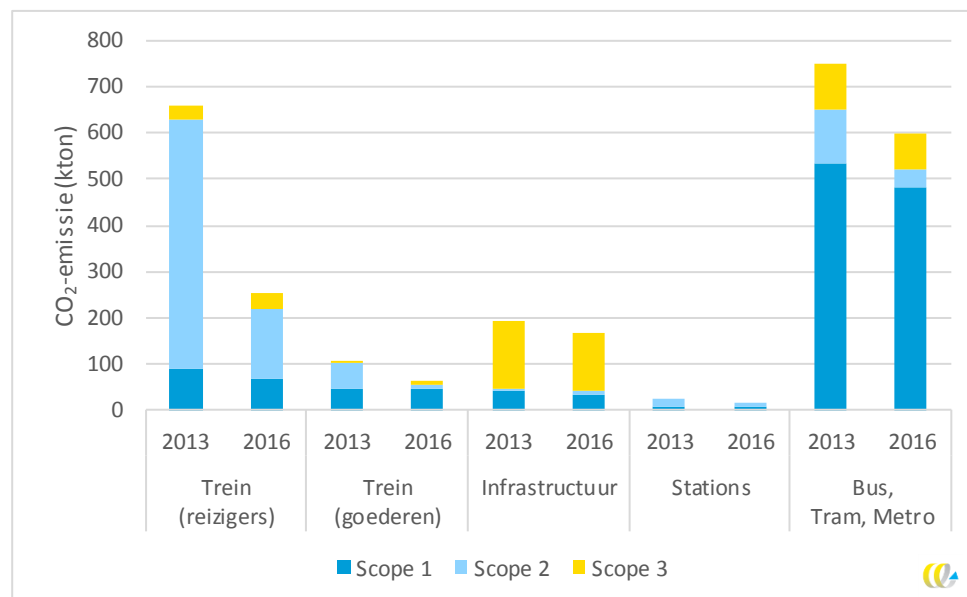
Naam	Organisatie
Hub Cox	Platform Duurzaam OV en Spoor
Remco Hoogma	Platform Duurzaam OV en Spoor
Maarten 't Hoen	CE Delft
Lisanne van Wijngaarden	CE Delft
Eelco den Boer	CE Delft
Diederik Verheul	Movares
Arjan Heinen	Hedgehog
Reinier Berge Henegouwen	Ricardo Rail
Niek Müller	Arcadis
Rene Windhouwer	Arcadis
Robert Jan Roos	Arcadis
Jan Hoogenraad	Spoorglaren
Ton Jurriansen	I&W
Jeroen Hendriks	Rijkswaterstaat
Corina de Jongh	Railforum
Bart Kraayvanger	Transdev/Connexxion
Han van der Wal	Qbuzz
Talitha Koek	GVB
Gert Naber	Arriva
Fedor ten Harve	ProRail
Gerald Olde Monnikhof	ProRail
Marcel Walraven	ProRail
Freek Dankers	NS
Ralph Luijt	NS
Ad Toet	KNV

C CO₂-footprint per systeemonderdeel

Systeemdeel	Jaar	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Totaal	Aandeel
Trein (reizigers)						
	2013	91	538	30	659	38%
	2016	68	152	35	255	23%
	2030	37	0	17	55	25%
	2050	0	0	0	0	
Trein (goederen)						
	2013	47	53	7	107	6%
	2016	46	9	7	63	6%
	2030	37	0	4	41	18%
	2050	0	0	0	0	
Infrastructuur						
	2013	40	8	146	193	11%
	2016	34	7	127	168	15%
	2030	17	0	64	81	37%
	2050	0	0	0	0	
Stations						
	2013	7	19	0	25	1%
	2016	6	8	0	14	1%
	2030	3	0	0	3	1%
	2050	0	0	0	0	
Tram/Metro						
	2013	0	120	36	156	9%
	2016	0	35	30	65	6%
	2030	0	0	15	15	7%
	2050	0	0	0	0	
OV-bussen						
	2013	533	0	62	594	34%
	2016	483	1	51	535	49%
	2030	0	0	25	25	12%
	2050	0	0	0	0	
Totaal						
	2013	717	737	281	1.734	100%
	2016	638	213	251	1.101	100%
	2030	94	0	125	220	100%
	2050	0	0	0	0	

Figuur 15 toont de verdeling tussen de verschillende systeemdelen en scopes voor 2013 en 2016.

Figuur 15 - CO₂-footprint OV en Spoor in 2013 en 2016 (kton)



D Fiches voor de zeven thema's

Thema 1: Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking

Thema 1 - Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking (737 kton CO₂-uitstoot 2013)
Beschrijving maatregelen
- Het inkopen van elektriciteit die structureel bijdraagt aan verdere vergroening van de elektriciteit. - Het produceren van duurzame elektriciteit daar waar dat realistisch is (zonnepanelen op gebouwen en beschikbare grondposities) - niet alle partijen hebben daar de fysieke ruimte voor (bijv. GVB). - Opslag in tijden van overschot aan duurzame energie.
Wat gebeurt er al?
- Alle organisaties gebruiken reeds groene elektriciteit, variërend in herkomst. - Er wordt al energie opgewekt op de daken van werkplaatsen en treinstations (0,5 mln. kWh).
Kosten en fasering
- Additionele netto meerkosten kosten Hollandse groene stroom € 200.000,- per 100 GWh t.o.v. GvO uit buitenland. - De herkomst-discussie moet zo snel mogelijk binnen de sector gevoerd worden. - Op afzienbare termijn zal groene elektriciteit niet veel duurder zijn dan grijze elektriciteit. - Nieuwe CO₂-prijs verhoogt de grijze stroomprijs met circa € 4 per MWh. Elektriciteit die ingekocht wordt met GVO's wordt daardoor ook duurder.
Kansen/barrières/voor- en nadelen
- Zelf opwekken geeft in bescheiden mate de mogelijkheid voor externe profilering (niet veel meer, iedereen doet het). - Zijn OV-bedrijven de aangewezen partijen om elektriciteit op te wekken? Dit is niet de core business van OV-bedrijven. - Beste plekken kiezen, niet per sé voor iedere sector verplichten. - Mogelijk kansen voor opslag en distributie. - Meerkosten - additionele GVO's intern verkopen. - Problemen om te voldoen aan piekvraag/piekvermogen als het niet slim genoeg gedaan wordt. - Subsidies op fossiele bronnen.
Acties in de tijd die nodig zijn
- Enkel inkoop van in Nederland geproduceerde elektriciteit uit zon en wind vanaf 2025. - Bij vernieuwing van de contracten aandacht voor additionele elektriciteitsproductie. - Gezamenlijke inkoop voor heel OV en spoor. - Minimaal zonnepanelen op eigen daken (korte termijn). Daarnaast ontwikkelen van een plan voor verdere eigen opwekking (windmolens, WKO, geothermie, ...). - Plannen/ideeën van de NS delen in de sector (onderzoeken wat nodig is om in 2050 energieneutraal te zijn).
5 concrete actiepunten
- Met GVO's ondervinden partijen nog wel de prijsstijging per MWh als gevolg van de minimum CO₂-prijs. Daarom ook een doelstelling voor de eigen opwek stellen (bijv. 20-40%). - OV-energiecoöperatie opzetten. Barrière hiervoor is met name de regelgeving. Deze coöperatie kan ook Postcoderoos/SDE+ subsidieprojecten opzetten.
Effectschattingen
In totaal draagt de elektriciteitsvraag voor 40% bij aan de CO ₂ -footprint in 2013. Vanaf 2017 is de elektriciteitsvoorziening op het hoofdspoor volledig groen. Het wordt haalbaar geacht dat andere OV partijen voor 2030 ook de inkoop van elektriciteit volledig kunnen vergroenen, voor zover dit nog niet gebeurt. Daarmee draagt dit thema in totaal bij aan 40% CO ₂ -emissiereductie in 2030 en 2050.
RoI PDOVS
- De plaats van het OV in het 'grid' onderzoeken. - Partijen verbinden waar logisch. - Onderzoeken laten uitvoeren. - Discussie eigen opwek faciliteren in breder verband (discussie loopt ook binnen het Rijk). - Onderzoeken van idee voor een OV-energiecoöperatie.

Thema 1 - Inkoop hernieuwbare energie (elektriciteit)/eigen opwekking (737 kton CO₂-uitstoot 2013)
- Keuzes helpen maken. - Initiatieven bundelen in de sector en kennis delen.
Relevante bronnen
Workshop Roadmap Duurzaam OV en Spoor - 29 november 2017 HTM, RET en TNO (2017) MRDH Verkenning verduurzaming railassets

Thema 2: Vermindering CO₂-uitstoot door bussen

Thema 2 - Vermindering CO ₂ -uitstoot door bussen (533 kton CO ₂ -uitstoot 2013)
Beschrijving maatregelen Uitvoering Bestuursakkoord ZE-busvervoer op concessieniveau. Geen nieuwe instroom van dieselbussen meer per 2025. Volledige vloot emissievrij bij de uitlaat in 2030: - Elektrische bussen (stad en deels streek). - Waterstofbussen (overig streek). - Biobrandstof HVO en bio-CNG (als transitiebrandstof).
Wat gebeurt er al? - 43 bussen in gebruik in Eindhoven (203 in 2024). - 100 bussen in gebruik in Amsterdam-Schiphol (160 erbij in 2021). - GVB heeft ambitie om in 2025 gehele vloot ZE te hebben, RET in 2030. - Verwachting 2020: 800+ elektrische bussen geïmplementeerd in de dienstregeling (16%). - Experimenten (Zuid-Holland, Groningen, Brabant) met meer waterstofbussen. - Routekaart opgesteld met implementatie op basis van afgelopen aanbestedingen. - Arriva heeft 44 ZE-bussen. Dit worden er naar verwachting ± 300 in 2026. - In Arnhem is in 2016 gestart met project voor Trolleybus 2.0 (in motion charging). - In het kader van het EU-programma FCH-JU worden in 2019-2020 50 waterstofbussen in een leaseconstructie aangeschaft. - In Gelderland is een vergelijkbare opzet voor mogelijk 200 waterstofbussen ontwikkeld. Afgewacht moet worden of er in deze opzet geen sprake is van ongeoorloofde staatssteun. - Hedgehog Applications wil in Apeldoorn een proefproject Remenergie van treinen voor elektrische stadsbussen realiseren. - In Friesland is door CROW/Duinn in 2016 een onderzoek uitgevoerd naar de CO₂-emissie per lijn resp. CO₂-emissie per km.
Kosten en fasering - Bij aanvang hoge investeringen in de infrastructuur en bussen. - TCO-kosten van de bus op termijn (2020-2025) vergelijkbaar met dieselbussen afhankelijk van inzet. - Infrastructuur maatregelen en –kosten. - Stedelijk netwerk korte termijn, regionale lijnen middellange termijn.
Kansen/barrières/voor- en nadelen - Verwachte kostenontwikkeling van batterijtechnologie zou kunnen leiden tot uitstel van investeringen in elektrisch vanwege prijsdalingen in de toekomst. - Initiatief ligt bij OV-autoriteiten. - ZE-bussen zijn technisch haalbaar. - De hoge kosten van de infrastructuur en ZE-bussen dienen te worden afgeschreven over een periode die de concessieduur overschrijdt. Als een OV-autoriteit hier het voortouw neemt, vergroot dit de kans op ZE-bussen. - Tussentijds vernieuwen is lastig. - Snelheid van de bouw van laadinfra door gemeenten is een beperkende factor (dit kan alleen op eigen terrein). Indien alle garages de stad uit gaan zou dat helpen, net als niet bouwen in openbare ruimte. - Gemeentelijke laadinfrastructuur beperkt de technieke keuze. - Kan het net het aan? Om tijdige beschikbaarheid te garanderen moet er gekeken worden naar de vraag van het grid slim te combineren is over veel schotten (tram, bus, eigen systemen) heen (laderstations gezamenlijk gebruik?). Deze koppeling is door de huidige wet- en regelgeving vaak niet mogelijk. - Veel uitvraag staat nog niet op één lijn. - Van groot belang is dat zowel de stroom voor de elektrische bussen als wel de waterstof 100% groen zijn en wel op korte termijn. Waterstof bij de H₂-tankstations in Arnhem en Rhon is niet CO₂-vrij. - Het ijkjaar 2025 voor start aanschaf van alleen zero-emissie bussen (elektrisch in verschillende verschijningsfasen dan wel waterstof) uit het bestuursakkoord is een beetje snel.
Acties in de tijd die nodig zijn - Uitvoering bestuursakkoord ZE-busvervoer. - Monitoring van de implementatie van het akkoord.

Thema 2 - Vermindering CO₂-uitstoot door bussen (533 kton CO₂-uitstoot 2013)
- Verankering van de doelen in instrumentatie. - Opzet syteempilots en kennisdeling (OV-autoriteiten en marktpartijen). - Verlengen concessieduur naar 15 jaar of werken met overnameregelingen.
5 concrete actiepunten
- Haal het realiseren van de infrastructuur uit de aanbestedingen, dit is momenteel een grote barrière voor de waterstofbus. - Normering, standaardisering en uniformering. - Slimmer omgaan met de concessieduur. Momenteel mogen er al langere concessies verleend worden, alleen gebeurt dit nog niet. - Het bestuursakkoord is mooi, maar is nog niet voldoende. Zo zijn er bijvoorbeeld geen instrumenten gekoppeld aan het akkoord.
Effectschattingen
-100% in 2030, zo is de doelstelling van BA-ZEB. Volgens de marktdialoog is het uitvoeren van een gehele concessie (stad- en streekvervoer) zero-emissie mogelijk in 2030. De eerste stap naar 25% is nu al technisch mogelijk, de opschaling naar 75% wordt lastiger ervaren, met name voor streekvervoer. Naar verwachting zijn in 2020 al 800 (van de 5.000) bussen zero-emissie.
RoI PDOVS
- Becijfer CO₂-emissiereductie als input voor Energie- en Klimaatakkoord 2.0. - Maak model voor public-private partnerships voor financiering van de infrastructuur á la SPV FCH-JU project dan wel verspreid deze kennis zo spoedig mogelijk. Organiseer een workshop voor de vervoerders en concessieverleners.
Relevante bronnen
Marktdialoog Zero Emissie Bussen. Workshop Roadmap Duurzaam OV en Spoor – 29 november 2017.

Thema 3: Energiebesparing spoor

Thema 3 - Verbetering energie-efficiency spoor (reizigerstrein elektrisch -30% MJ/rkm)
Beschrijving maatregelen
Maatregelen behelzen ofwel energiebesparing/energie efficiency verbetering: - 3 kV. - Koppelen bovenleiding & retourleiding (alleen als 3 kV niet doorgaat). - Energiezuinig rijden/energiezuinig opstellen. - Remenergie recuperatie/remblending (ATB-criterium versoepelen zodat ook ED remmen mee telt). - Meer nadruk op buiten de spits reizen (reizigersgroei bij gelijke materiaal inzet). - Staan in de spits acceptabel maken. - 160 km/h. - Aerodynamische treinen. - Groene golf voor goederentreinen.
Wat gebeurt er al?
- Maatregelen aangekondigd in EEP's. - Uitrol nieuwe materieelsoorten. - Discussie over meer reizigers in de daluren in relatie tot modal shift. - Staan werkt als dissatisfier; in huidige concessie nadruk op zitplaatsbelofte.
Kosten en fasering
- Hoge kosten van aanvang investeringen. - Meest effectieve maatregel (3 kV) ook het duurst. - Investeren zwaar in nieuw materieel vanuit aanname/opdracht (concessie) dat zitplaatskans bij groei reizigerskilometers constant moet blijven of beter moet worden.

Thema 3 - Verbetering energie-efficiency spoor (reizigerstrein elektrisch -30% MJ/rkm)
Kansen/barrières/voor- en nadelen
- Impasse in beslissingen overheid grote investeringen (bijv. 3 kV). - Interactie effecten tussen maatregelen: • Koppelen bovenleiding en retourleiding niet nodig/handig indien 3 kV geïmplementeerd wordt. • 3 kV verbetert businesscase andere maatregelen (zoals (partiële) elektrificatie spoor). - Normen zitplaatskans aanpassen en het acceptabel maken van staan in de trein kan maatschappelijke weerstand oproepen.
Acties in de tijd die nodig zijn
- Beslissing over wel/geen 3 kV (korte termijn, 2021?). - Is MJA het juiste instrument om na 2020 een rol te spelen in verdere verbeteringen? - Maatschappelijke campagne zitplaatskans en acceptatie staan in de trein.
5 concrete actiepunten
- Betere communicatie over zin/onzin van 3 kV (ook in termen van CO₂). - Continue aandacht voor energiezuinig rijden en energiezuinig opstellen. Dit gebeurt niet automatisch en moet constant onder de aandacht gebracht worden. - Meer recuperatie van remenergie en aandacht voor remblending. Bijvoorbeeld het ATB criterium aanpassen zodat ED remmen ook meetelt. - Eventueel sterk maken voor een groene golf (voornamelijk bij goederentreinen). In hoeverre dit mogelijk is met toegenomen drukte op het spoor in de toekomst is nog maar de vraag. - Staan in de trein acceptabel maken. - MJA 4 instellen.
Effectschattingen
De energie-efficiencyverbetering hangt direct samen met de energiebesparing. De implementatie van 3 kV en remenergie-recuperatie zorgen ervoor dat per saldo bijna 20% minder energie worden ingekocht (zie Paragraaf 4.3). We nemen aan dat de andere energiebesparingsmaatregelen (zoals zuinig rijden en opstellen, en de optelsom van kleine maatregelen die met MJA-afspraken worden geborgd) samen zorgen voor een energiebesparing van nog eens 10 procentpunt op de lange termijn. De totale energie-efficiencyverbetering komt uit op ongeveer 30% MJ/km voor de reizigerstrein. De termijn waarop dit mogelijk is, is afhankelijk van het moment van implementatie van 3 kV. Zonder 3 kV achten we de doelstelling niet haalbaar.\
Rol PDOVS
- Via overheid maatschappelijk debat beïnvloeden.
Relevante bronnen
EEP's NS & ProRail. Workshop Roadmap Duurzaam OV en Spoor – 29 november 2017.

Thema 4: Vermindering CO₂-uitstoot door materiaalgebruik infra en rollend materieel

Thema 4 - Vermindering CO₂-uitstoot door materiaalgebruik infra + rollend materieel (327 kton CO₂-uitstoot 2013)
Beschrijving maatregelen
- Verlengen levensduur, hergebruik (bijvoorbeeld hergebruik spoorstaven). - Implementatie duurzame alternatieven voor beton, staal en ballast (basalt, porfier, graniet) (80%). - Vastleggen CO₂ in gebruikte materialen. - Inkoop duurzaam rollend en rijdend materieel.
Wat gebeurt er al?
- Er worden eisen gesteld aan recyclage en het materialenpaspoort wordt gebruikt bij inkoop. - Hergebruik 6.000 dwarsliggers Den Bosch. - Op beperkte schaal wordt al geëxperimenteerd met de verduurzaming van rijdend en rollend materiaal. - TU Delft onderzoek naar levensduurverlenging.

Thema 4 - Vermindering CO₂-uitstoot door materiaalgebruik infra + rollend materieel (327 kton CO₂-uitstoot 2013)
Kosten en fasering
- Vooral langere termijn. Korte termijn gebruiken voor het ontwikkelen en opschalen van initiatieven.
Kansen/barrières/voor- en nadelen
- Circulair materieel is (nog) niet voorhanden. - Vrij weinig ontwikkeling. Beperkte druk om materialen duurzaam te krijgen vanwege afstand tot consumenten. - Compensatie is vrij moeilijk. Buiten de eigen sector is op lange termijn weinig compensatie mogelijk. Wel mogelijk door CO₂ vast te leggen in materialen.
Acties in de tijd die nodig zijn
- Verlengen levensduur (levensverlengend onderhoud). - Direct hergebruiken. - Materiaalpaspoort. - Initiatieven/pilot projecten duurzaam materiaalgebruik: • Staal. • Beton. • Ballast. • Treinen. - Gebruik gunningscriteria. - Gebruik gunningseisen. - Bovenleiding: koper vs. aluminium.
5 concrete actiepunten
- Gewichtsbesparing op de bus/tram/metro stimuleren. - Pilots invoeren (bijvoorbeeld 6.500 kg bus van composiet). - Levensduur van onderdelen verlengen. - Focus in eerste instantie op duurzaam beton (niet op staal), in samenwerking met Rijkswaterstaat. De reden hiervoor is dat beton een nationale markt is (waar de Nederlandse spoorsector een grotere impact op heeft dan de staalmarkt die wereldwijd is). - Meer circulair betekent minder nieuwe standaarden. Hergebruik van materieel uit de jaren 80 mag nu niet, omdat het niet meer voldoet aan de nieuwste eisen, terwijl het materiaal zelf nog in prima staat verkeert. Nu moet er daardoor constant materiaal vernieuwd worden.
Effectschattingen
De reductie van CO₂-uitstoot door infrastructuur en rollend materieel is onzeker. Voor de belangrijkste spoorcomponenten wordt onderzocht welke mogelijkheden er tot CO₂-emissiereductie zijn. Dit waren in het kader van het project circulair spoor Ballast (21 kton), Spoorstaven (13 kton), Wissels (5 kton), Rijdraad (3 kton) en Fietsenstallingen (4 kton) (samen ongeveer 40% van de footprint van de Scope 3-emissies van ProRail in de materiaalketen), maar het blijkt voorlopig erg lastig om circulaire businesscases uit te werken. Daarnaast ProRail bezig met hergebruik dwarsliggers (totaal 13 kton). In de brochure Duurzaam Spoor 2030 (ProRail, 2017) laat het figuur 'Verschuiving CO₂-aandeel spoormaterialen' zien dat de CO₂-uitstoot door infrastructuur ongeveer zal halveren. Dit is een ambitieus doel, omdat op dit moment voor de belangrijkste materialen (beton en staal) nog niet in beeld is hoe de CO₂-uitstoot hiervan op een kostenefficiënte manier kan worden gereduceerd. De reductie zal op korte en middellange termijn vooral van hergebruik van materialen moeten komen. ProRail wil in 2020 5 kton CO₂ besparen op de emissie van de ingekochte materialen (ProRail, 2017), waarvan tot nu toe ongeveer 1 kton is gehaald. Daarom hanteren we voor de CO₂-emissiereductie een onzekerheid in 2050 waarin een kwart van de CO₂-emissies is gereduceerd.
Rol PDOVS
- Aanjagen hoe materiaal het beste hergebruikt kan worden. - Link tussen GVB + RET & ProRail. - Coördinerende rol tussen partijen.
Relevante bronnen
Workshop Roadmap Duurzaam OV en Spoor – 29 november 2017.

Thema 5: Vermindering CO₂-uitstoot door goederentreinen

Thema 5 - Vermindering CO₂-uitstoot door goederentreinen (47 kton CO₂-uitstoot 2013)
Beschrijving maatregelen
- Energiezuinig rijden. - Inzet van meer elektrische locomotieven. - Hybride elektrische locomotieven. - HVO voor locomotieven als tussenoplossing. - Groene golf (lastig vanwege spoordrukke).
Wat gebeurt er al?
- Elektrificatie van enkele spoorlijnen is in uitvoering of in voorbereiding. Elektrische locomotieven worden relatief veel op lange afstanden ingezet. - Halveren van huidige vloot diesel (kostengedreven). - In Oostenrijk rijdt sinds 2017 een Zero Emissie E-Hybride rangeerlocomotief, en E Hybrid Innoshunt. DB Regio rijdt sinds eind 2016 met hybride rangeerlocs.
Kosten en fasering
- Biodiesel is ongeveer € 0,40 duurder per liter.
Kansen/barrières/voor- en nadelen
- Volledig uitfasen diesel is lastig op gebieden met niet-geëlektrificeerd spoor. Nu is het nog vaak het geval dat als een stukje van de lijn niet geëlektrificeerd is, de hele lijn met een diesellocomotief gereden wordt. - Levensduur van locomotieven is ongeveer 40 jaar, de huidige vlootleeftijd is 25 jaar (dus moet gemiddeld nog tot 2032 mee). - Diesellocomotieven beheert DB Cargo zelf, elektrische worden gehuurd van het moederbedrijf. - Diesellocs zijn flexibeler inzetbaar dan elektrische locs. - 3 kV maakt het makkelijker voor goederenvervoer in het algemeen om elektrisch te rijden.
Acties in de tijd die nodig zijn
Volledig uitfasen diesel, oplossing voor stukken die niet elektrificeerbaar zijn, zoals het spoor bij terminals (vanwege de mobiele kranen). Businesscase voor duurzaam spoorgoederenvervoer.
5 concrete actiepunten
- Energiezuinig rijden. - HVO als transitiebrandstof. - Hoger aandeel elektrische locomotieven. - Ontwikkelen van (hybride) elektrische locomotieven, inclusief pilots. - Inzet van (hybride) elektrische locomotieven (e-hybride).
Effectschattingen
De goederentreinen hebben een aandeel van ongeveer 5% in de footprint van 2013. De inschatting vanuit de sector is dat het aandeel van dieselgoederentreinen mogelijk ongeveer 5-10 procentpunt lager zal liggen in 2030. Dat is 20% van de huidige dieseluitstoot (-1% totale footprint). Voor 2050 is het doel om volledig zero-emissie spoorgoederentreinen te realiseren (-5% totaal).
Rol PDOVS
Onderzoek naar mogelijkheden om de businesscase van HVO sluitend te krijgen. Politieke aandacht vragen voor spoorgoederensector, door belang van modal shift voor klimaatdoelstellingen te benadrukken. Monitor en kennisdeling op gebied van zero-emissie locomotieven.
Relevante bronnen
RailCargo Spoor in Cijfers jaarverslagen. TNO, 2017. Modal shift van weg naar spoor Potentie tot 2050 en effect op CO₂-uitstoot.

Thema 6: Vermindering CO₂-uitstoot door personendieseltreinen

Thema 6 - Vermindering CO₂-uitstoot door personendieseltreinen (91 kton CO₂-uitstoot 2013)

Beschrijving maatregelen

- Diverse technische oplossingen:
 - Volledige elektrificatie.
 - Partiële/discontinue elektrificatie.
 - Waterstof.
 - Bio-LNG.
 - (Full)Batterijtrein.
 - HVO (hydrotreated vegetable oil).

Elektrificatie

Om volledige elektrificatie van het regionale spoor te realiseren, dient boven het gehele baanvak een bovenleiding aangelegd te worden, compleet met bijbehorende onderstations. First Dutch heeft onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid en kosten van elektrificatie op het Nederlandse regionale spoor (First Dutch, 2014). In vergelijking met dieseltreinen is elektrificatie van het spoor sneller, stiller en goedkoper in omlopen (door o.a. lagere aanschafprijs, lagere energiekosten, lagere onderhoudskosten en lagere handelingskosten van elektrisch materieel ten opzichte van dieselmaterieel) (First Dutch, 2014). Hier staat echter wel een hoge initiële investering in de infrastructuur (bovenleiding) tegenover; deze is afhankelijk van de locatie van de lijnen.

Waterstoffrein

Arcadis heeft in 2016 een onderzoek uitgevoerd naar het potentieel van batterij-waterstoffreinen in Nederland (Arcadis, 2016). De batterij-waterstoffrein is het meest interessant voor de spoorsector vanwege de kenmerkende vermogensbehoefte, namelijk een grote vermogensvraag bij de aanzet en een constante (lagere) vermogensvraag op de maximale snelheid. Een brandstofcel met voldoende vermogen kan voldoen aan de constante (lagere) vermogensvraag op maximale snelheid. Bij de aanzet is echter extra vermogen nodig, waarbij supercapacitors ('supercaps') ingezet kunnen worden om de brandstofcel te ondersteunen. Deze supercaps kunnen weer opgeladen worden bij recupererend remmen. In tegenstelling tot (partiële) elektrificatie, hoeft bij de ombouw naar waterstof veel minder geïnvesteerd te worden in de infrastructuur. Zo hoeven er geen dure bovenleidingen geplaatst te worden, alleen voldoende tankinstallaties. Daarnaast is waterstof een schone energiedrager en heeft de brandstofcel een hogere efficiëntie dan dieselmotoren. In 2017 zijn er in Noord-Nederland diverse waterstofinitiatieven van de grond gekomen waaronder geplande pilots in 2018-19 met de Alstom Coradia I Lint, de H2 trein die anno 2018 al rijdt in Nedersaksen.

(Bio-)LNG

Bio-LNG is één van de drie opties om het regionale spoor te vergroenen. First Dutch heeft onderzoek gedaan naar het potentieel van bio-LNG voor het vergroenen van het regionale spoor (First Dutch, 2014). Voor de overgang naar bio-LNG moet het materieel omgebouwd worden. Grote investeringen in de infrastructuur zijn, in tegenstelling tot bij elektrificatie, niet nodig. Het feit dat bio-LNG momenteel nog niet op grote schaal geproduceerd wordt, maakt deze optie en de bijbehorende kosten onzeker. Verdere onzekerheden worden gekenmerkt door de ontwikkelingen op het gebied van productielocaties, distributiekanaal, de prijs en de rol van de overheid (First Dutch, 2014). In Zweden is tussen 2006 en 2010 een proef met biogas in een oude gerenoveerde trein uitgevoerd; met 2 nieuwe Volvo gasmotoren van 210 kW. Projectkosten anno 2005 € 700.000. Ondanks dat de trein normaal in de dienstregeling heeft meegedraaid 94 keer de aarde rond) en de onderhoudskosten gelijk aan die van de dieseltrein waren is het bij die proef gebleven. Voordelen waren minder geluid, minder trillingen en significant lagere emissies. Anno 2017 werd bij Tekniska Verken overwogen om een Stadler GTW CGN gas-elektrisch te maken. (119 zitplaatsen, max. snelheid 140 km/u).

Volledige batterijtrein en HVO als transitiebrandstof

Naast bovengenoemde opties voor volledig zero-emissie zijn volgens de metastudie van Movares op korte termijn en voor bestaand materieel ook hernieuwbare diesel (HVO) en terugwinning van remenergie met accu's of supercapacitors opties. Hiermee zijn aanzienlijke CO₂-emissiereductie en energiebesparing mogelijk te realiseren. Op (middel)-lange termijn, met zero emissie als doel, is het een optie om een lichtere vorm van elektrificatie in te passen door aanpassing van ontwerpeisen voor de energieinfra (TSI Energie) en/of door partiële/discontinue bovenleiding.

Thema 6 - Vermindering CO₂-uitstoot door personendieseltreinen (91 kton CO₂-uitstoot 2013)
Wat gebeurt er al?
- Elektrificatie van diverse spoorlijnen. - Voorstel voor partiële elektrificatie Leeuwarden-Groningen. - De eerste waterstofrein, de Coradia i-LINT, is in 2014-2017 ontwikkeld door Alstom in samenwerking met Hydrogenics en in Duitsland en Tsjechië al op trajecten getest. Begin 2018 zullen er in Nedersaksen 2 Coradia i-Lint's in de dienstregeling gaan rijden. Eind 2017 werd bekend dat er een vervolgoopdracht voor nog 14 Coradia i-Lint's verstrekt is. Ook is in diezelfde tijd bekend geworden dat Siemens samen met Ballard in de waterstofreinontwikkeling en -productie stapt en bovendien wil fuseren met Alstom¹⁵. De eerste Mireo's zullen volgens planning in 2021 gaan proefrijden - 2-weken durende pilot met een waterstofrein tussen Leeuwarden en Groningen in oktober 2018. In Groningen is sinds de Klimaattop Noord in het kader van het zogenaamde HydrogreenNN-consortium aandacht voor een H₂-treinpilot tussen Groningen en Zuidhorn.
Kosten en fasering
- Totale investeringskosten niet eenduidig bekend uit verschillende studies; dit moet per lijn of concessie worden ingevuld. - Partiële/discontinue elektrificatie veel goedkoper (50%) dan volledige elektrificatie. - Levensduur huidige treinen en concessies in ogenschouw nemen.
Kansen/barrières/voor- en nadelen
- Afnemend aantal passagiers door ontvolking perifere regio's. - Terugverdiertijden zijn erg lang (tientallen jaren). - Veel dieseltreinen zijn op dit moment relatief jong (5-jarig refurbishment kan motoren gereedmaken voor HVO). - Optimale oplossing verschilt per traject. - Harmonisatie van concessies nodig.
Acties in de tijd die nodig zijn
- Inventarisaties uitgevoerd. Voor- en nadelen bekend. Samen met ProRail per lijn de beste variant achterhalen en in een advies verwerken aan alle concessieverleners dan wel I&W - Praktijkproef waterstofrein en evaluatie oplossingen - Andere praktijkproeven à la batterijtrein van Viva Rail¹⁶
5 concrete actiepunten
- Verhelderen van de onderzoeksresultaten over partiële/discontinue elektrificatie. Nu spreken deze elkaar nog vaak tegen, wat beslissingen bemoeilijkt
Effectschattingen
De CO₂-uitstoot in 2016 is voor scope 1 en 2 al ongeveer 25% lager dan in 2013. Vóór 2030 wordt de Maaslijn geëlektrificeerd en gaan de Noordelijke lijnen naar zero-emissie (gedeeltelijk via biobrandstoffen), die samen ongeveer 45% van de CO₂-emissie in 2016 besloegen. Dit betekent een totale reductie van ongeveer 60% in 2030 (3% van totale footprint 2013). Het doel voor 2050 is dat alle huidige dieselpersonentreinen volledig zero-emissie zijn (-5% totaal).
Rol PDOVS
Communiceren of faciliteren van discussie voorbereidend op besluit voor zero-emissie regionale treinen. Coördineren en uitvoeren van pilots. Inventariseren van knelpunten, barrières, mogelijk effect op businesscases van standaardisering en uniformering van materieel en infrastructuur. Monitoring niet-geëlektrificeerd spoor, barrières in kaart brengen.
Relevante bronnen
Verkenning elektrificatie noordelijke diesellijnen, Lloyds RR. Vergroening regionale spoorlijnen, First Dutch. Workshop Roadmap Duurzaam OV en Spoor – 29 november 2017.

¹⁵ Bron: www.railjournal.com/index.php/rolling-stock/siemens-and-ballard-to-develop-fuel-cell-train.html

¹⁶ Zie: www.vivarail.co.uk/vivarail-announces-grant-develop-new-battery-train/

Thema 7: Toename OV-gebruik en modal shift

Thema 7 - Toename OV-gebruik en modal shift (bezetting) (-15% MJ/rkm)
Beschrijving maatregelen
- Positionering van openbaar vervoer als oplossing voor de komende bereikbaarheidsopgave. - Versterking aanleg lightrail. - Introductie programma's die capaciteit op het spoor vergroten (ERTMS, PHS, 3 kV). - Oplossen overblijvende knelpunten. - Invzetten op beter voor- en natransport (bestuursakkoord fietsen). - Invzet op MaaS-oplossingen en deelauto's. - Invzet op stevig klimaatbeleid in verkeerssector: kans voor OV: • Voordeel voor OV in fiscale behandeling woon-werk verkeer. • Accijns. • Uitsluiting verbrandingsmotoren en invoer ZE-zones. - Ook voor het goederenvervoer is een modal shift mogelijk. De potentie voor modal shift kan worden geanalyseerd door te bekijken welke stromen over de weg overlappen met stromen via het spoor. TNO (2017) heeft dit onderzocht.
Wat gebeurt er al?
- Kabinet heeft de ontwikkeling van stedelijk vervoer opgenomen in regeerakkoord. - Brede functionaliteit OV-chipkaart (MaaS), nog verder is mogelijk. - Investeren in ERTMS (infra) + PHS zeker (2028). - Geen financiering voor overige verwachte lokale knelpunten. - Tariefdifferentiatie, spreiding studenten, apps, werkgeversaanpak. - Marktconsultatie MaaS. - Wat betreft de modal shift goederenvervoer heeft TNO (2017) onderzoek gedaan naar de theoretische potentie. TNO stelt dat een deel van het goederen wegvervoer ook over het spoor had kunnen worden vervoerd, omdat de routes ervan een overlap met het spoornetwerk vertonen.
Kosten en fasering
- Grote investeringen gemoeid met infrastructuurontwikkeling.
Kansen/barrières/voor- en nadelen
- In de Randstad worden 100 duizenden nieuwe inwoners verwacht. - Er komen op korte termijn grote bereikbaarheidsproblemen. - Spitsdrukke. - Mogelijke kilometerheffing op termijn. - Capaciteit: Schiphol. - Geld en lobby krachten. - Beheer en onderhoud. - Mogelijke barrières voor een verdere groei van het goederenvervoer over het spoor zijn de vergunningverlening voor het vervoer van gevaarlijke stoffen en de kosten van doorvoering van innovaties in de spoorsector (zoals ERTMS) die voor de goederenvervoerders een verslechterde marktpositie oplevert.
Acties in de tijd die nodig zijn
- Genereren budget voor verdere oplossing knelpunten capaciteit (20 miljard extra nodig). - Genereren van goede PR, welke de kansen van OV laten zien. - Verdere integratie vervoersmodaliteiten door adaptatie MaaS-oplossingen door vervoerders (laagdrempeliger vervoer). - Benoemen van de bereikbaarheidsproblemen en milieuproblemen. - Nieuw bestuursakkoord oplossen knelpunten OV. - Uitvoering en monitoring bestuursakkoord fietsparkeren. - Verbeteren en versterken OV-fiets. - Ruimte voor de (elektrische) fiets, extra stallingen. - Tariefvrijheid. - First & last mile transport. - Onderzoek naar kansen/barrières, benodigde maatregelen voor modal shift goederenvervoer. - De gevolgen van de realistische potentiële extra modal shift in het goederenvervoer voor de benodigde spoorcapaciteit en mogelijke knelpunten zijn nog niet geanalyseerd.

Thema 7 - Toename OV-gebruik en modal shift (bezetting) (-15% MJ/rkm)
5 concrete actiepunten
- Knelpunten identificeren (kan de infrastructuur de groei wel aan?) en stippen op de horizon identificeren die richting geven aan waar de OV-sector heen wil. - Integratie van verschillende modes door middel van verknoping. Dit betreft naast het OV ook de fiets (bijvoorbeeld door meer fietssnelwegen). - Goede informatievoorziening voor de reiziger door middel van beter integratie met ICT. - (Verder) gedifferentieerde tarieven instellen. - Spreiden van de spitsdrukke voor hogere bezetting.
Effectschattingen
De energie-efficiency is het resultaat van de toename van het reizigersvolume en de toename van het energiegebruik. Als de reizigersvolumes relatief harder groeien, verbetert de energie-efficiency. Hiervoor is het nodig dat naast de capaciteitsuitbreiding een betere spreiding van de spitsdrukke wordt bereikt. De programma's PHS/ERTMS maken een capaciteitsuitbreiding van ongeveer 10-15% op het spoor mogelijk (evenredig aangenomen met de toename van het aantal treinen volgens NMCA 2017). We gaan daarom uit van een toename van het energiegebruik van ongeveer 10-15% door capaciteitsuitbreiding. De volumegroei wordt in de NMCA geschat op 27 tot 45%, afhankelijk van het economische scenario. Op basis van een ruwe berekening komen we tot een energie-efficiencyverbetering van ongeveer 15%. Het is in dit stadium niet zinvol om een inschatting voor de benodigde capaciteitsuitbreiding en gerealiseerde reizigersvolumes (en spreiding over de spits) bij een nog hogere modal shift te maken, maar dit leidt mogelijk tot een nog hogere efficiencyverbetering. Voor het goederenvervoer becijfert TNO (2017) dat het aantal treinen per dag zal toenemen van 126 in 2015 tot 280-400 in 2050 (in de referentie is dit 218-301 treinen per dag). De verschuiving van het goederenvervoer naar het spoor leidt in 2050 tot een reductie van 0,2-0,3 Mton CO₂-emissie in een laag groeiscenario en 0,4-0,8 Mton CO₂ in een hoog groeiscenario, afhankelijk van de technische besparingen in het vrachtverkeer over de weg. Voor 2030 is dit 0,1-0,6 Mton CO₂.
Rol PDOVS
- Samenbrengen ICT & vervoerders om inzicht te krijgen in datastromen. - Verknoping bevorderen. - Scenariostudie laten uitvoeren 3-6% reizigersgroei per jaar. - Discussie over beprijzen van verkeer in gang zetten en faciliteren. - Positioneren van de gehele OV-sector als alternatief voor ritten met de auto (over hokjes heen kijken). - Samenwerken met de betreffende afdeling I&W die zich bezig houdt met Toekomst OV 2040.
Relevante bronnen
TNO (2017) Modal shift van weg naar spoor, Potentie tot 2050 en effect op CO₂-uitstoot. NS, GVB, RET, HTM, Qbuzz (2016) Contouren voor een nieuw Nederlands mobiliteitsplan, Duurzame mobiliteit van de toekomst zorgt voor concurrentiekracht, leefbaarheid en sociale kansen. Workshop Roadmap Duurzaam OV en Spoor - 29 november 2017.

E Energiebesparing reizigerstreinen

In deze bijlage geven we een verdere onderbouwing van de inschatting voor energiebesparing bij reizigerstreinen zoals opgenomen in Paragraaf 4.3.

Energiebesparing met 3 kV

Uit de studie Energiebesparing op het Spoor (CE Delft, 2017) blijkt dat 3 kV van alle onderzochte maatregelen het grootste energiebesparings-potentieel heeft. In 2030 is dit ongeveer 19,5% van het jaarlijkse verbruik van de NS. Deze energiebesparing is opgebouwd uit een afname van de transport-verliezen van 11% naar 4%, ongeveer circa 16% minder energie verbruikt door toegenomen recuperatiepotentieel, maar ook uit een extra energiegebruik van 3,5% door toegenomen vermogen.

Naast energiebesparing door 3 kV en additionele maatregelen, is een besparing mogelijk door energiezuinig rijden en opstellen (5-10%) en een vervolg van MJA-afspraken (5-10%). We nemen aan dat de andere energiebesparings-maatregelen (zoals zuinig rijden en opstellen, en de optelsom van kleine maatregelen die met MJA-afspraken worden geborgd) samen zorgen voor een energiebesparing van nog eens 10 procentpunt op de lange termijn. De totale energie-efficiencyverbetering komt uit op ongeveer 30% MJ/km voor de reizigerstrein.

Tabel 12 – Energiebesparingspotentieel van maatregelen met invoering van 3 kV

Maatregel	Energiebesparing
Afname transportverliezen	7%
Remrecuperatie	16%
Extra energiegebruik door toegenomen vermogen	-3,5%

Energiebesparing zonder 3 kV

In het rapport stellen we dat we de doelstelling voor energie-efficiencyverbetering uit de CO₂-visie OV en Spoor zonder 3 kV niet haalbaar achten. Er is een aantal maatregelen die genomen kunnen worden zonder invoering van 3 kV. (CE Delft, 2017) somt hiervan de belangrijkste op en geeft een inschatting van het energiebesparingspotentieel. Het koppelen van de bovenleiding, zuinig rijden en rendementsverbetering van de tractie-installatie in de trein hebben het potentieel om respectievelijk gemiddeld 87, 36 en 7 GWh per jaar te besparen. Het plaatsen van extra tractiemotoren en het vergroenen van het ongeëlektrificeerde spoor (via bio-LNG, waterstof of elektrificatie) leveren geen elektriciteits-besparing op. De overige maatregelen (koppelen retourleiding, onderstations bijplaatsen, terugvoedende onderstations, energieverliezen reduceren, energieopslag langs het spoor) hebben een veel lager besparingspotentieel, variërend van 0,05 tot 1,4 GWh per jaar. De maatregelen worden opgesomd in Tabel 13. In totaal is een besparing mogelijk van al deze maatregelen van ongeveer 9%.

Tabel 13 – Energiebesparingspotentieel van maatregelen zonder invoering van 3 kV

Maatregel	Energiebesparing
Koppelen bovenleiding	6%
Zuinig rijden	1,7%-3,3%
Rendementsverbetering	0,3%-0,7%
Koppelen retourleiding	0,10%
Onderstations bijplaatsen	<0,05%
Terugvoedende onderstations	<0,05%
Energieverliezen reduceren	<0,05%
Energieopslag langs spoor	<0,01%
Remenergierecuperatie	*

Bron: (CE Delft, 2017).

- * *Remenergierecuperatie is in (CE Delft, 2017) niet als aparte maatregel opgenomen, omdat nu al een deel van de remenergie wordt gerecupereerd. Mogelijk extra potentieel staat op gespannen voet bij besparing door zuinig rijden, omdat het aanpassen van snelheid en uitrollen de mogelijkheid tot recuperatie vermindert. De aanpassingen in infrastructuur die het resterend potentieel voor remenergierecuperatie mogelijk maken zijn hierboven wel als maatregel opgenomen.*

Conclusie

De belangrijkste maatregel voor energiebesparing is de invoering van 3 kV. Deze maatregel maakt het mogelijk om een hoger deel van de remenergie terug te winnen en beperkt het verlies op de bovenleiding.