

# CO2 ketenanalyse spoorstaven

## Scope 3 berekening voor spoorstaven



*Fotograaf; Maarten Kleingeld*

## Eindrapportage

ProRail

november 2010  
definitief

# CO2 ketenanalyse spoorstaven

## Scope 3 berekening voor spoorstaven

### Eindrapportage

dossier : BA2104-101-101

registratienummer : MD-AF20101756/SU

versie : defintief

ProRail

november 2010

defintief

<b>INHOUD</b>	<b>BLAD</b>
1 INLEIDING	2
2 FUNCTIONELE EENHEID	4
3 SCHETS VAN DE KETEN VAN SPOORSTAVEN	5
4 TOELICHTING STROMEN EN PROCESSEN	6
4.1 Productie	6
4.2 Transport	7
4.3 Realisatie	7
4.4 Instandhouding	8
4.5 Recycling en hergebruik	8
5 OVERZICHT KETENPARTNERS	10
6 RESULTATEN KETENANALYSE	11
7 REDUCTIEMAATREGELEN EN AANBEVELINGEN	14
8 COLOFON	16

## **BIJLAGEN**

1	REKENSHEET
2	CO2 EMISSIEFACTOREN
3	VALIDATIE EN REVIEW

## 1 INLEIDING

ProRail stelt sinds 2009 innovatieve eisen aan leveranciers in aanbestedingstrajecten op basis van de CO<sub>2</sub>-prestatieladder. Zelf wil ProRail ook invulling geven aan de eisen van deze prestatieladder. DHV heeft voor ProRail de CO<sub>2</sub>-emissies binnen scope 1 en 2 bepaald (over 2008), waarmee (na certificering) ProRail invulling heeft gegeven aan de eis 3A1 van de prestatieladder. Het komend jaar wil ProRail voldoen aan de eisen voor niveau 4 (*zie kader*).

### *Relevante eisen CO<sub>2</sub> prestatieladder niveau 4*

4A1 Bedrijf kan uit scope 3 tenminste 2 analyses van GHG-genererende (ketens van) activiteiten voorleggen conform de eisen daaraan gesteld.

4A3 Tenminste 1 van de analyses uit 4A1 (scope 3) is professioneel ondersteund of becommentarieerd door een ter zake bekwaam, erkend en onafhankelijk kennisinstituut.

4B1 Bedrijf heeft voor scope 3 op basis van 2 analyses uit 4A1 CO<sub>2</sub>reductiedoelstellingen geformuleerd.

5B1 Bedrijf rapporteert minimaal 2x per jaar zijn emissie-inventaris scope 1,2 en 3 gerelateerde CO<sub>2</sub>emissies (intern en extern), alsmede de vooruitgang in reductiedoelstellingen.

Om aan de eisen van niveau 4 te voldoen dient ProRail binnen de activiteiten / producten in scope 3, ten minste 2 ketenanalyses te hebben uitgevoerd conform de eisen van het GHG-protocol (eis 4A1) én daaraan ook doelstellingen te hebben verbonden (eis 4B1). Om een indruk te krijgen van het zwaartepunt van de CO<sub>2</sub>-impact in scope 3 stelt het GHG-Protocol hierbij dat er eerst een dominantieanalyse uitgevoerd dient te worden. Uit de Dominantie-analyse scope 3<sup>1</sup> is gebleken dat het gebruik en instandhouden van spoorstaven een belangrijk zwaartepunt is binnen de scope 3 emissies.

### **CO<sub>2</sub> ketenanalyse**

Om aan de eisen van niveau 4 en 5 te kunnen voldoen heeft ProRail aan DHV – als onafhankelijk kennisinstituut (eis 4A3) – gevraagd om een ketenanalyse van broeikasgas genererende activiteiten uit te voeren. Hiervoor dienen alle emissies te worden gekwantificeerd die het (in)directe gevolg zijn van het gebruiken en bezitten van spoorstaven.

### **Spoorstaaf 54<sup>E1</sup>**

Uit de dominantieanalyse blijkt dat spoorstaven een van de grootste bijdragen leveren aan de totale CO<sub>2</sub> uitstoot van de railinfrastructuur. Het huidige net van spoorstaven bestaat voor 67% uit het type 54<sup>E1</sup> en tegenwoordig is zelfs >90% van de nieuw toegepaste spoorstaven van het type 54<sup>E1</sup>. Voor de instandhoudingactiviteiten is dit type spoorstaven gekozen als referentiespoorstaaf.

### **Leeswijzer**

De aanpak van deze ketenanalyse is gebaseerd op de volgende zes stappen:

- 1) omschrijving van de functionele eenheid (H2)
- 2) het in kaart brengen van de significante ketenactiviteiten (H3)
- 3) het bepalen van de relevante emissiebronnen in scope 3, (H4)

<sup>1</sup> Dominantie-analyse scope 3 – Een verkenning van dominante bijdragen aan de CO<sub>2</sub> uitstoot van procesketens in de spoorinfrastructuur – nov. 2010 – rapportage van DHV.

- 4) identificatie van relevante ketenpartners, (H5)
- 5) kwantificering van de emissies binnen scope 3, (H6)
- 6) reductiedoelstelling en -maatregelen i.s.m. ketenpartners (H7)

#### **Verantwoording**

De beschrijving van de keten van spoorstaven en de bijbehorende kengetallen zijn opgesteld met medewerking van T. Cloosterman, D. van der Gref, P. der Voort, J. van Dalen, J. van Holsteijn, R. Dollevoet (ProRail) en H. van Zelst (VolkerRail), B. Vonk (TataSteel), R. Schulmeister (ETS), E. Brink (RailPro) en G. Kleinherenbrink (KHB-Consultancy).

Naast consultatie van bovengenoemde experts binnen en buiten ProRail is gebruik gemaakt van verschillende interne documenten van ProRail; Instandhoudingsdocument Spoor, OVS00056 en BLD0300-1 én de rapportage van de Dominantie-Analyse.

De exacte bronvermeldingen kunnen worden teruggevonden in de rapportage en in de bijlagen 1 en 2.

## 2 FUNCTIONELE EENHEID

Om de CO<sub>2</sub> emissies in scope 3 van een spoorstaaf te berekenen dient de functionele eenheid en bijbehorende systeemgrens voor de analyse bepaald te worden. Deze is in het tekstblok hieronder gedefinieerd.

### **Functionele eenheid**

De functionele eenheid (FE) is een beschrijving van de kernfunctie; het definieert de dienst van het product. Voor spoorstaven is de FE een combinatie van diensten, kwaliteitseisen en de periode waarover de spoorstaaf dienst doet.

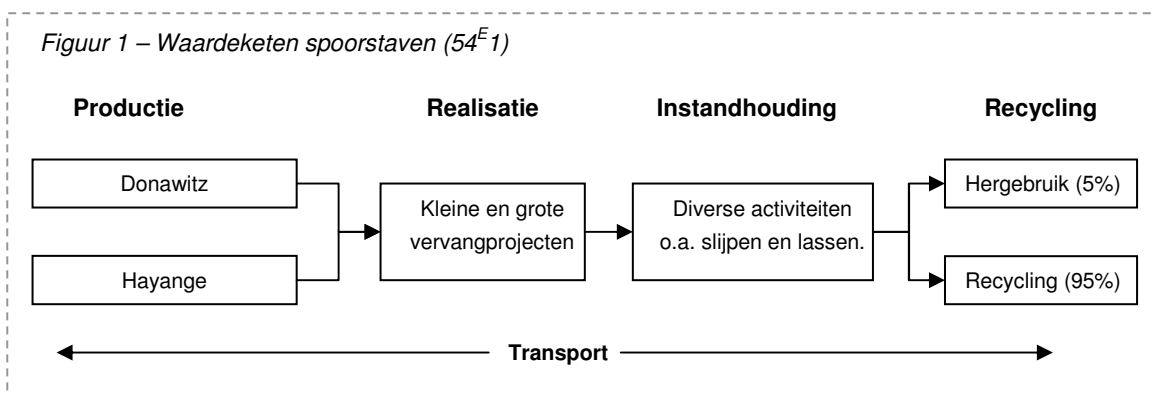
Spoorstaven – voor het dragen, geleiden, aanzetten en remmen van railvoertuigen (1), het geleiden van elektrische stromen en signalen (2) en het detecteren van treinen (3) gedurende een periode van 30 jaar\* over 1 km van het gemiddelde Nederlandse spoornet. Daarbij is dus uitgegaan van een gemiddelde soort toepassing (traject, baanvaksnelheid, etc.), gemiddeld gebruik en bijbehorende instandhoudingactiviteiten. (bron; Instandhoudingdocument – IHD00018)

Alle ondersteunende onderdelen voor spoorstaven zoals ballast, dwarsliggers en verbindingen vallen buiten de systeemgrens van deze ketenanalyse evenals ondersteunende objecten zoals bruggen en viaducten.

*\* De levensduur van een spoorstaaf wordt vaak uitgedrukt in 'Million Gross Ton' (MGT). De gemiddelde levensduur van een spoorstaaf is omgerekend ca. 500 MGT maar varieert afhankelijk van gebruik en omstandigheden zeer sterk. (bron; R. Dollevoet)*

### 3 SCHETS VAN DE KETEN VAN SPOORSTAVEN

De keten van spoorstaven<sup>2</sup> bestaat uit activiteiten met betrekking tot productie, realisatie, instandhouden en recycling, met daartussen de benodigde transportactiviteiten. De ketenactiviteiten voor spoorstaven zijn op hoofdlijnen weergegeven in onderstaand figuur. De analyse wordt uitgevoerd vanaf grondstofproductie tot en met het vervangen van de spoorstaven.



#### Spoorstavenketen in het kort

Spoorstaven worden gemaakt van hoogwaardig staal. Dit gaat in twee stappen; de productie van staal (balken / blooms) gevolgd door een walsproces. Het productieproces van spoorstaven is sterk geoptimaliseerd en hoogwaardig maar dus ook gestandaardiseerd. Het merendeel van alle toegepaste spoorstaven zijn (daarom) van hetzelfde type en kwaliteit; 54<sup>E</sup>1 – 260 Mn<sup>3</sup>.

Na productie worden de spoorstaven per trein getransporteerd naar de opslag in Hilversum. Hier worden ze per trein of vrachtwagen doorgetransporteerd naar de plaats van realisatie. Realisatie of vervangprojecten van spoorstaven kunnen groot- of kleinschalig zijn. Bij realisatie zijn vanuit het oogpunt van CO<sub>2</sub> vooral bouw- en transportactiviteiten van belang.

Na realisatie moet de spoorstaaf zo lang mogelijk in stand worden gehouden. Er worden veel verschillende instandhoudingactiviteiten gedaan maar vanuit CO<sub>2</sub> oogpunt zijn vooral slijp- en lasactiviteiten van belang evenals de bijbehorende transportactiviteiten van en naar het spoor.

Nadat de spoorstaven niet meer voldoen aan de gestelde kwaliteitseisen (zie ook functionele eisen) worden ze vervangen. De oude worden door de aannemers afgevoerd waarbij soms een klein deel als spoorstaaf wordt hergebruikt maar het merendeel wordt gerecycled in de hoogoven.

<sup>2</sup> Ondersteunende infra-objecten om de spoorstaaf zijn functie te kunnen laten vervullen zoals; dwarsliggers, ballast(matten, spoorstaafverbindingen en overwegen, zijn in deze ketenanalyse buiten beschouwing gelaten. (zie hoofdstuk Functionele Eenheid)

<sup>3</sup> Het type nummer 54<sup>E</sup>1 staat voor het gewicht van de spoorstaaf (54,77 kg/meter). De toevoeging 260 Mn (mangaan) is een identificatie van de kwaliteit / hardheid.

## 4 TOELICHTING STROMEN EN PROCESSEN

Alle activiteiten van grondstofwinning tot en met de productie zijn meegenomen en beschreven in de paragraaf Productie. Alle transportbewegingen tussen de leveranciers, aannemers en de bouwplaats zelf zijn apart bekeken in de paragraaf Transport. Alle relevante activiteiten behorend bij de realisatie of het leggen van de spoorstaaf zijn beschreven in de paragraaf Realisatie.

Na realisatie worden gedurende de levensduur van de spoorstaaf diverse instandhoudingsactiviteiten uitgevoerd. De relevante activiteiten zijn uiteengezet in de paragraaf Instandhouding. Tot slot wordt de spoorstaaf aan het einde van haar levensduur verwijderd en vervolgens gerecycled. De bijbehorende activiteiten worden beschreven in paragraaf Recycling en hergebruik.

### 4.1 Productie

Spoorstaven worden gemaakt van een hoogwaardig type staal. Na de productie en afkoeling van stalen *blooms* (stalen blokken / balken) wordt de chemische kwaliteit van het staal beoordeeld. Hierna worden de *blooms* door verschillende stappen net zo lang gewalst tot de juiste vorm bereikt is. Dit proces is vergelijkbaar met het walsen van H- en I-balken die voor bouwconstructies worden gebruikt. Bij voorkeur worden spoorstaven toegepast met een lengte van 100-120 meter. Hierdoor is het aantal lassen in het traject minimaal waardoor het traject snel gelegd kan worden en minder kans op uitval heeft.

De specifieke staalkwaliteit en de (bijbehorende) walsactiviteiten zijn uiteraard afhankelijk van het exacte type en kwaliteit. Het Nederlandse net bestaat uit drie type spoorstaven<sup>4</sup>; 54<sup>E1</sup> (70%), 46<sup>E1</sup> (37%) en 60<sup>E1</sup> (3%), (bron; OVS00056 en BLD0300-1). Binnen deze drie type spoorstaven bestaan kwaliteitsverschillen waarbij vooral de hardheid verschilt<sup>5</sup>. Spoorstaaf van kwaliteit R260 Mn<sup>6</sup> wordt het meest toegepast in Nederland. Omdat de spoorstaaf 54<sup>E1</sup> - R260Mn het meest voorkomend is in het Nederlandse net, beschouwen we dit type als referentiespoorstaaf voor het productieproces.

Productie van spoorstaven voor Nederland vond tot voor kort voornamelijk plaats in de staalfabrieken van Voestalpine in Donawitz (Oostenrijk) en Tata in Hayange (Frankrijk). Op dit moment komt het merendeel van de spoorstaven echter wel uit TSTG in Duisburg (Duitsland) maar gezien de lange levensduur van spoorstaven is de kans klein dat een gemiddelde spoorstaaf uit Duitsland komt. Verreweg de meeste spoorstaven zullen geproduceerd zijn in Donawitz.

De emissiefactoren voor staal lopen uiteen tussen verschillende producenten, leveranciers en regio's. De keuze van systeemgrenzen en de wijze waarop recycling wordt toegerekend alsmede de input van brandstoffen kan variëren, waardoor verschillende resultaten ontstaan. Gekozen is om bij de berekening gebruik te maken van de emissiefactor van Voestalpine (worst case). Deze emissiefactor is 1,9 ton CO<sub>2</sub>/ton staal en verschilt significant met de emissiefactor van Worldsteel 1,2 ton/ton (zie bijlage 2). Het is

<sup>4</sup> Het type 46<sup>E1</sup> werd vroeger veel toegepast in Nederland en de 60<sup>E1</sup> werd recentelijk toegepast op de Betuwelijn en de HSL.

<sup>5</sup> Naast de meest voorkomende R260 Mn, met relatief veel toegevoegd mangaan, bestaan ook andere hardere typen zoals 350 HT en 370 LHT. Hardere type spoorstaven wordt o.a. toegepast voor en rond wissels.

<sup>6</sup> Exacte chemische samenstelling 54<sup>E1</sup> R260Mn (in %): C: 0,55-0,75, Si: 0,15-0,60, Mn: 1,30-1,70, P: max 0,025, S: 0,008-0,025, Cr: < 0,15, Al: max 0,004, V: max 0,030 en N: max 0,010. Daarnaast nog wat *residual elements*; Mo: 0,02, Ni: 0,10, Cu: 0,15, Sn: 0,030, Sb: 0,020, Ti: 0,025, Nb: 0,01, Cu & 10 Sn: <0,35, Cr+Mo+Ni+Cu+V: <0,35.



vooral nog onbekend waarom deze emissiefactoren zover uiteen liggen. Om deze reden is ProRail in gesprek met de verschillende partijen om de verschillen te verklaren en daarmee een nauwkeurige benadering van de werkelijkheid te krijgen.

## 4.2 Transport

Spoorstaven worden na productie in Donawitz (Oostenrijk) of Hayange (Frankrijk) met een diesel goederentrein vervoerd naar RailPro in Hilversum. Er is uitgegaan van transportafstanden<sup>7</sup> van 1122 km (Donawitz) en 430 km (Hayange). Daarbij komt ca. 95% van de spoorstaven uit de productielocatie in Donawitz en komt de rest uit Hayange. Vanuit Hilversum worden de spoorstaven over een gemiddelde afstand van 100 km vervoerd per diesel goederentrein of – in geval van kleinschalige vervangprojecten – per vrachtwagen naar de bouwlocatie.

Transport van werkmaterieel en werknemers vindt plaats over de weg. Voor het materieel (vrachtwagen) en werknemers (transportbus) wordt uitgegaan van een gemiddelde transportafstand<sup>7</sup> van 100 km over de weg. Bij gebruik van een transportbus wordt uitgegaan van een bezetting van 4 personen.

## 4.3 Realisatie

Bij realisatie wordt onderscheid gemaakt in grootschalige projecten, >300 m vervangen, en kleinschalige vervanging, < 300 m nieuwe spoorstaaf. Voor de verhouding kleinschalig vs grootschalig is aangenomen 30% vs 70% (gebaseerd op lengte). Van de jaarlijkse ca. 200 km aangebrachte nieuwe spoorstaven in het Nederlandse spoornet wordt dus 40 km per jaar aangebracht via kleinschalige projecten en 160 km per jaar aangebracht via grootschalige vervangprojecten. In deze analyse is uitgegaan van een gemiddeld kleinschalig project van 100 meter en een gemiddeld grootschalig project van 700 meter. (bron; VolkerRail)

Bij een gemiddeld grootschalig project (700 m) wordt aangenomen dat de spoorstaven worden aangevoerd per trein (goederentrein diesel). Hiervoor zijn op bouwlocatie vervolgens 2 krollen en 2 rail-auto's nodig. Daarnaast dienen gemiddeld 6 termietlassen uitgevoerd te worden waarvoor in totaal ca. 6 kg propaan, 60 kg metaalpoeder en 3 liter diesel ten behoeve van het slijpen nodig is. Voor alle activiteiten is een ploeg van ca. 12 man gemiddeld 1 nacht bezig voor het vernieuwen en inlassen van 700 meter spoorstaaf. (bron; Volkerrail & ETS)

Bij een gemiddeld kleinschalig project (100 m) wordt aangenomen dat spoorstaven (< 24 m) per vrachtwagen worden aangevoerd. Hiervoor zijn op de bouwlocatie gemiddeld 1 rail-auto en 2 krollen ingezet. Daarnaast dienen gemiddeld 2 termietlassen uitgevoerd te worden waarvoor in totaal ca. 2 kg propaan, 20 kg metaalpoeder en 1 liter diesel ten behoeve van het slijpen nodig is. Voor alle activiteiten zijn ca. 8 man gedurende 1 nacht bezig voor het vervangen en inlassen van de spoorstaaf. (bron; Volkerrail & ETS)

---

<sup>7</sup> Voor de berekening van CO<sub>2</sub> emissies van transport worden hier de enkele reis afstanden gerapporteerd. Bij de emissiekengetallen voor goederen (tkm) zijn de emissies als gevolg van het leeg terug rijden verdisconteerd in de emissiefactor (zie bijlage 2). De emissiefactoren van het transport van mensen is berekend per km waar het terug rijden niet in is verdisconteerd.

## 4.4 Instandhouding

Omdat de spoorstaaf 54<sup>E1</sup> – R260 Mn komt het meest voor in het Nederlandse net is deze als referentiestaaf gekozen voor de instandhoudingactiviteiten. Het betreft hier niet de instandhoudingactiviteiten aan wissels, die in de praktijk intensiever zijn dan aan gewone baanvakken.

Om spoorstaven in stand te houden / de kwaliteit te handhaven worden veel verschillende instandhoudingactiviteiten uitgevoerd. Daarbij wordt het daadwerkelijk vernieuwen of vervangen van een (deel van een) spoorstaaf niet als instandhouding gezien, maar wordt dit beschouwd als kleinschalige vervanging. Het effect hiervan is daarmee als zodanig meegenomen in de gemiddelde levensduur van de spoorstaaf.

De instandhoudingactiviteiten<sup>8</sup> aan de spoorstaaf zijn zeer afhankelijk van het gebruik en lokale omstandigheden. De instandhoudingactiviteiten verschillen daarom voor ieder traject en of baanvaktype. Voor een gemiddelde spoorstaaf in het Nederlandse spoornet zijn de volgende twee activiteiten significant van invloed op CO<sub>2</sub> emissies;

- Slijpen van spoorstaven; het slijpen gebeurt tegenwoordig gemiddeld 1 keer per 3 jaar en wordt gedaan met een zware slijptrein (diesel). Het energiegebruik van deze trein is 4.1 lit/km. In deze factor is in totaal 200 km aan 'omrijdkilometers' verdisconteerd. (bron; KHB)
- Oplaswerkzaamheden; spoorstaven dienen na realisatie / vervanging aan elkaar te worden gelast. Daarnaast worden, afhankelijk van de toestand van de spoorstaaf, diverse lasactiviteiten uitgevoerd aan een spoorstaaf gedurende zijn levensduur. Het aantal is daarbij zeer afhankelijk van MGT (*million gross ton*), gladheid door bladval, RCF (*rail contact fatigue*) en het type spoorstaaf. Aan een gemiddelde spoorstaaf van 100 meter vindt tegenwoordig ca. iedere 3 jaar tenminste één lasactiviteit plaats. (bron; Volkerrail & ETS)

Naast bovenstaande activiteiten worden ook diverse andere werkzaamheden verricht die vaak zijn geïntegreerd in reguliere treindiensten zoals het *roestrijden* en *frictie verbeteren*.

## 4.5 Recycling en hergebruik

Indien spoorstaven binnen een half jaar niet meer aan de kwaliteitsnormen en/of de slijtagenorm (OHD 00033-1) voldoen, dan dienen deze te worden vervangen. De levensduur van spoorstaven varieert in de praktijk zeer tussen ca. 1 jaar tot 40-60 jaar. Gemiddeld genomen blijft een spoorstaaf 30 jaar liggen voordat deze wordt vervangen.

Gezien de hoge kwaliteit en zuiverheid van het staal mag worden aangenomen<sup>9</sup> dat alle staal wordt gerecycled of hergebruikt. Aangenomen is dat verreweg de meeste spoorstaven worden gerecycled in staalovens (>95%). Daarnaast worden staven soms hergebruikt op bedrijventerreinen of op laagwaardige

<sup>8</sup> Het instandhouden van het spoor vergt ook onderhoud aan andere (ondersteunende) onderdelen zoals de ballast, dwarsliggers en verbindingen maar deze zijn in deze analyse buiten beschouwing gelaten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het herstellen van de geometrie.

<sup>9</sup> Over de wijze van verwerking (plaats en toepassing) van spoorstaven bestaat geen eenduidig en helder overzicht. Bekend is dat het staal van spoorstaven zeer geliefd is bij oudijzer handelaren in binnen en buitenland waardoor aangenomen wordt dat het staal altijd een nuttige bestemming krijgt.

spoorbanen (<5%). Voorschriften van ProRail maken hergebruik vaak lastig als gevolg van eisen aan de voet en of kop van de spoorstaaf waar scheurtjes in kunnen zitten.

Bij vrijwel alle vervangprojecten (95% van de lengte) worden de spoorstaven afgekort in lengtes van 6 meter waarna ze per as (vrachtwagen) worden afgevoerd. In het geval van kleinschalige projecten (30%) wordt het via een lokale oudijzerhandelaar afgevoerd naar de lokale hoogoven (IJmuiden). De totale transportafstand is daarmee 140 km.

Bij grootschalige vervangprojecten (70%) worden de spoorstaven via RailPro afgevoerd naar de hoogovens in IJmuiden. Er is aangenomen dat oude spoorstaven per (diesel) goederentrein worden vervoerd over een gemiddelde afstand van 100 km.

Gezien de huidige praktijk met betrekking tot hergebruik is alleen het transport van de spoorstaven naar een nieuwe verwerker meegenomen. Het slopen van de spoorstaven wordt al meegenomen onder de activiteiten bij vervanging. Het feit dat alle staal in de praktijk wordt gerecycled komt al tot uitdrukking in de productie van staal. Hierbij wordt per definitie een groot deel schroot ingezet en een klein deel primair staal uit erts. Het hergebruik van spoorstaven valt grotendeels buiten de invloedssfeer van ProRail en geeft (nog) geen relevante of meetbare "besparing".

## 5 OVERZICHT KETENPARTNERS

ProRail maakt gebruik van verschillende leveranciers van 54<sup>E1</sup> spoorstaven en een beperkt aantal grote aannemers voor realisatie en beheer- en onderhoudactiviteiten. De belangrijkste partners zijn opgenomen in onderstaande tabel.

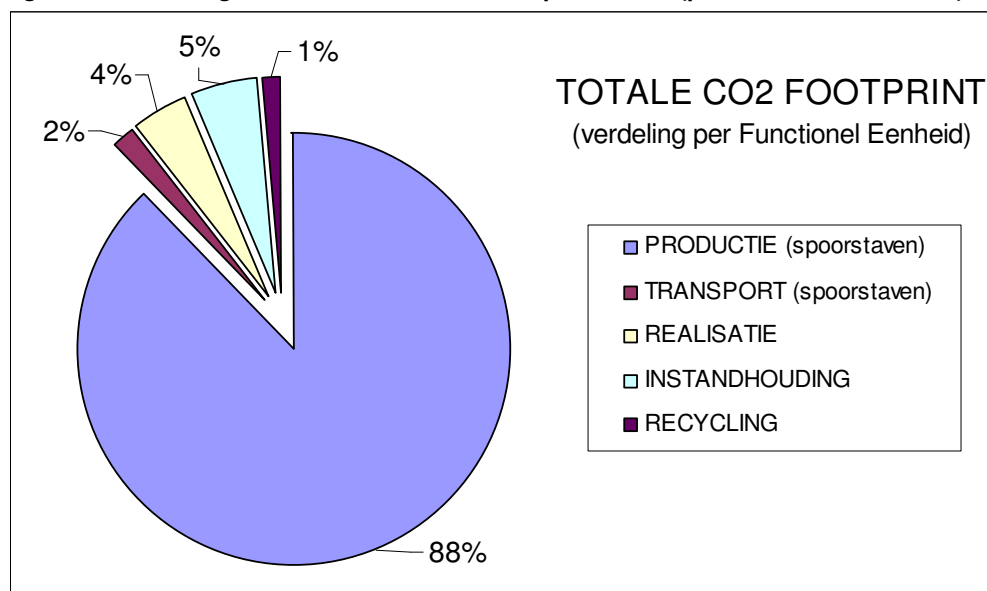
Producenten spoorstaven	Tata Steel (Hayange - FR), Voestalpine Stahl (Donawitz – AU), TSTG (Duisburg – DL), Rail S.P.A. / Luchini (Vezzano – Italie)
Leverancier spoorstaven	RailPro (Hilversum)
Onderhoudsaannemers / Spooraanemers	VolkerRail, Bam Rail, Spitzke Spoorbouw, Strukton Rail, Asset Rail, Dura Vermeer Railinfra, Eiffage Rail.
Overige partijen	o.a. Speno (slijpen) en ETS (lassen)

Naast bovenstaande partijen heeft ProRail uiteraard belangrijke contacten met (groot)gebruikers van het spoor zoals de NS, goederenvervoerders en regionale vervoerders die op hun beurt weer afhankelijk zijn van leveranciers van (trein)materieel.

## 6 RESULTATEN KETENANALYSE

Uit de berekeningen blijkt dat veruit het grootste deel van de emissies het gevolg is van de productie van spoorstaven. Emissies als gevolg van vervangprojecten, transportbewegingen, instandhoudingactiviteiten en transport ten behoeve van recycling zijn relatief laag. De resultaten worden per ketenonderdeel weergegeven in de figuren en tabel hieronder. De totale CO<sub>2</sub> emissies zijn berekend op basis van de beschreven functionele eenheid (1 km gedurende 30 jaar). De totale CO<sub>2</sub> emissie hiervan bedraagt 126 ton.

**Figuur 1 – Verdeling van de CO<sub>2</sub> emissies van spoorstaven (per functionele eenheid)**



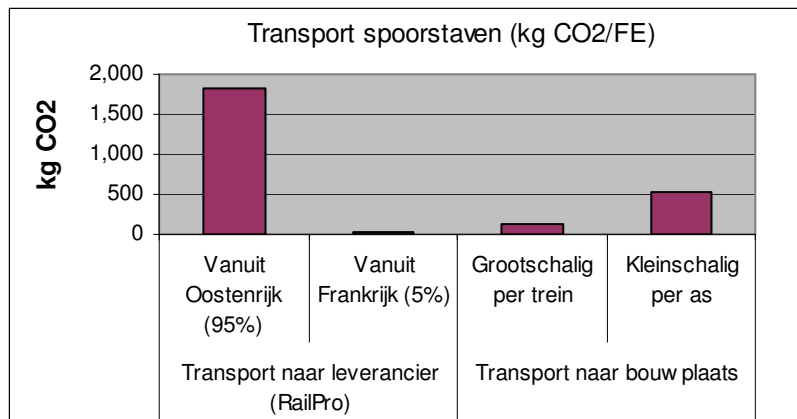
**Tabel 1 – CO<sub>2</sub> emissies van spoorstaven per FE**

Ketenonderdeel en activiteit / materiaal	Toelichting	Kg CO <sub>2</sub> / FE
<b>Productie (spoorstaven)</b>		<b>110,915</b>
Spoorstaaf (54E1)	nu veel toegepast	74,070.9
Spoorstaaf (46E3)	vroeger veel toegepast	33,354.4
Spoorstaaf (60E1)	toegepast in betuweroute en HSL (2006)	3,489.8
<b>Transport (spoorstaven)</b>		<b>2,510</b>
Transport naar leverancier (RailPro)	Vanuit Oostenrijk (95%)	1,835.8
	Vanuit Frankrijk (5%)	37.0
Transport naar bouwplaats	Grootschalig per trein	120.6

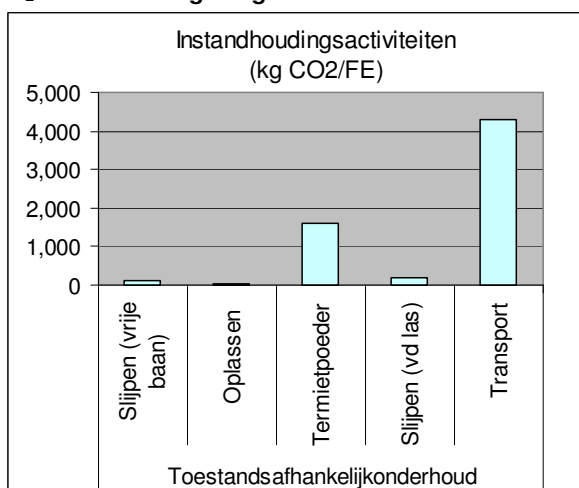
		Kleinschalig per vrachtwagen (as)	516.7
<b>Realisatie / vervangprojecten</b>			<b>5,189</b>
Kleinschalige projecten			
Transport tbv 1 kleinschalige project á 100 m			
	Materieel	2 krollen (op <10 ton vrachtwagen)	2,700
		1 railauto's (bestelbus)	129
	Mankrachten	2 bestelbussen voor 8 man	258
Activiteiten tbv 1 kleinschalig project á 100 m			
	Tillen en liften	6 actieve draaiuren	384
	Lassen	2 termietlassen	3
	Slijpen	1 uur	9
	Termietpoeder	metaalpoeder	97
Grootschalige projecten			
Transport tbv 1 grootschalig project á 700 m			
	Materieel	2 krollen (op <10 ton vrachtwagen)	900
		2 railauto's (bestelbus)	86
	Mankrachten	3 bestelbussen voor 12 man	129
Activiteiten tbv 1 grootschalig project á 700 m			
	Tillen en liften	18 actieve draaiuren	384
	Lassen	6 termietlassen	3
	Slijpen	3 uur	9
	Termietpoeder	metaalpoeder	97
<b>Instandhouding</b>			<b>6,276</b>
	Slijpen (vrije baan)	vrije baan slijpen	129.0
	Oplassen	termietlassen	56.9
	Termietpoeder	metaalpoeder	1,612.3
	Slijpen (vd las)	agregaat	177.2
	Transport	bestelbus	4,300.0
<b>Recycling</b>			<b>1,841</b>
	Transport (hergebruik)	Per trein	8.6
	Transport (klein)	Per vrachtwagen	687.2
	Transport (groot)	Per vrachtwagen	1,145.3
<b>TOTAAL</b>			<b>126,214</b>

Uit de figuren hieronder blijkt de verdeling van de emissies binnen de verschillende ketenonderdelen. Hieruit is duidelijk te zien dat de emissies van transport voor het bestaande spoornet vooral het gevolg zijn van het transport uit Oostenrijk en het eindtransport per vrachtwagen bij kleinschalige vervangprojecten. In de huidige situatie levert het transport (vanuit Duitsland) een kleinere bijdrage. In de praktijk kan dit echter vaker wisselen, wanneer een andere leverancier wordt gekozen.

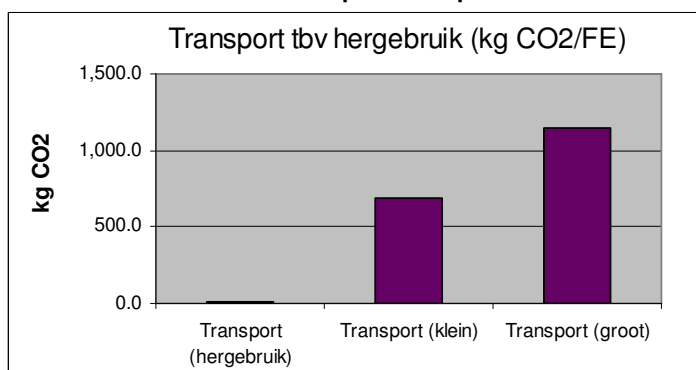
**Figuur 2 – CO<sub>2</sub> emissies door het transporteren van spoorstaven**



**Figuur 3 – CO<sub>2</sub> emissies als gevolg van het instandhouden van spoorstaven**



**Figuur 4 – CO<sub>2</sub> emissies door transport van spoorstaven naar verwerking**



## 7 REDUCTIEMAATREGELEN EN AANBEVELINGEN

### Reductiemaatregelen

Om de CO<sub>2</sub> emissies van spoorstaven te reduceren worden onderstaande maatregelen overwogen waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen maatregelen op de korte en lange termijn. De meeste maatregelen zijn gericht op levensduurverlening door voorkoming van bijvoorbeeld spoorstaafbreuk en *squats* of *headchecks*. De maatregelen passen derhalve ook goed binnen andere activiteiten van ProRail om de beschikbaarheid van het spoor te maximaliseren.

#### *Frequentieverhoging van het cyclisch slijpen*

Door het slijpen van spoorstaven blijft de kwaliteit langer op peil en worden kleine scheurtjes in de staaf in een vroegtijdig stadium weggeslepen. Hierdoor kan de levensduur van spoorstaven op termijn 20% langer worden. Nu wordt een spoorstaaf gemiddeld 1 keer per 3 jaar geslepen maar ProRail werkt toe naar 1 keer per jaar in 2015. Het potentiële effect van deze maatregel levert een CO<sub>2</sub> reductie op van 23 ton/FE<sup>10</sup>, of een CO<sub>2</sub> reductie van 19% ten opzichte van de bestaande CO<sub>2</sub> footprint van spoorstaven. Er bestaat binnen ProRail een uitgewerkt plan voor volledige implementatie binnen 5 jaar. (bron; Dick van der Greff)

#### *Wiel-Rail-Conditionering*

Fricie tussen wiel en spoorstaaf leidt tot slijtage van de spoorstaven. Het toepassen van een 'frictieverbeteraar' is één van de manieren om slijtage te verminderen (en leidt daarnaast ook tot minder geluidsoverlast). Als gevolg hiervan hoeft het spoor niet meer 1 keer per jaar maar 1 keer per 2 jaar geslepen te worden. De hogere slijpfrequentie (zie maatregel slijpfrequentie) kan daarmee voor een deel weer teniet worden gedaan. Het effect van het toepassen van frictieverbeteraar is gering, namelijk ca. 129 kg/FE. Aangezien Wiel-Rail-Conditionering nog in de pilot fase zit, er is nu een eerste pilot gericht op veilig aanbrengen en geluidsreductie op de Vallei-lijn, is nog niet duidelijk op welke termijn de maatregel effectief kan worden. (bron; Joeri van Holsteijn)

#### *Duurzame spoorstaaf*

Het research project 'De duurzame spoorstaaf' heeft als hoofdvraag: Hoe kan de gemiddelde levensduur van een spoorstaaf aanzienlijk worden verlengd (verdubbeld)? Hierbij is de zoekrichting het ontwikkelen van een nieuwe staalsoort voor spoorstaven. Voor dit research project is de onderzoeksvraag gedefinieerd en samenwerking met Stichting Technische Wetenschap (STW) en Tata Steel geïnitieerd. Het onderzoek zal naar verwachting van 2011 tot 2015 lopen. (bron; Paul van der Voort & Rolf Dollevoet)

#### *Hergebruik van spoorstaven*

Door spoorstaven direct her te gebruiken (producthergebruik) kan de levensduur van de spoorstaven aanzienlijk verlengd worden en wordt de bijbehorende CO<sub>2</sub> footprint dus gereduceerd. Nu gaan 95% van de spoorstaven terug naar de hoogoven (materiaalrecycling) maar na revisie / reprofileren kunnen spoorstaven ook worden hergebruikt. Zo kunnen oude spoorstaven worden hergebruikt als havensporen, kraanbanen of industriesporen. Daarnaast zouden spoorstaven ook kunnen worden hergebruikt binnen het spoorstelsel op trajecten met lagere baanvaksnelheden (met bijbehorende lagere kwaliteitseisen). Voor een deel wordt dit door Planvorming in een regio al gedaan maar dit is nog geen vaste activiteit maar slechts een idee. (bron; Paul van der Voort)

<sup>10</sup> De besparing wordt alleen gerealiseerd indien cyclisch slijpen 100% functioneel wordt uitgevoerd in Nederland. Wanneer zoals in 2009 het geval was 20% van het slijpprogramma uitvalt (bij huidige programma van 1 keer per 3 jaar slijpen) dan is het evenwicht zoek en wordt de besparing niet gehaald.

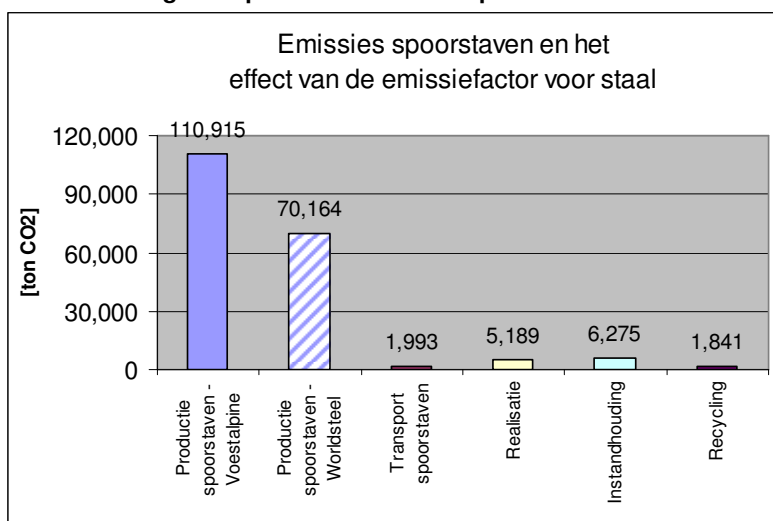


**Aanbevelingen**

Deze ketenstudie heeft geleid tot de volgende aanbevelingen:

- Gegeven de gevoeligheid van de emissiefactor van spoorstaven / staalproductie verdient het aanbeveling om deze met partners (Tata, Railpro, Voestalpine, etc) nader te kunnen onderbouwen. Het verschil tussen de opgegeven factoren van 1.2 (Worldsteel) en 1.9 (Voestalpine) is nu nog onverklaarbaar. (zie onderstaand figuur)

**Figuur 5 – Emissieverdeling van spoorstaven en de impact van de emissiefactor van productie**



- Doordat er geen overzicht bestaat over de plaatsen van recycling van spoorstaven bestaat er geen harde onderbouwing van deze emissies. Zowel de afstand als de wijze van transport zijn beide dus aannames. Om de onzekerheid hierin weg te nemen verdient het aanbeveling om hier met aannemers of RailPro nader onderzoek naar te doen.
- Reductiemaatregelen die leiden tot relevante levensduurverlenging of producthergebruik van spoorstaven in dezelfde toepassing, resulteren al snel in een zeer relevante besparing op de productie en dus op de gehele keten. Het is aan te bevelen om dergelijke veelbelovende maatregelen verder te onderzoeken. In het kader van ketenintegratie kan ProRail in overleg met haar aannemers reductiemaatregelen op het gebied van transport en werkwijze bespreken.

## 8 COLOFON

---

Opdrachtgever	: ProRail
Project	: CO2 ketenanalyse spoorstaven
Dossier	: BA2104-101-101
Omvang rapport	: 16 pagina's
Auteur	: Douwe van der Wall Bake
Bijdrage	: Renilde Spriensma
Interne controle	:
Projectleider	: Renilde Spriensma
Projectmanager	: Jan Bart Jutte
Datum	: 19 november 2010
Naam/Paraaf	: Jan Bart Jutte

---

**DHV B.V.**

*Laan 1914 nr. 35*

*3818 EX Amersfoort*

*Postbus 1132*

*3800 BC Amersfoort*

*T (033) 468 20 00*

*F (033) 468 28 01*

*E [info@dhv.com](mailto:info@dhv.com)*

*[www.dhv.nl](http://www.dhv.nl)*

## **BIJLAGE 1      REKENSHEET**

Voor de dataverzameling / het verzamelen van kengetallen is gebruik gemaakt van verschillende documenten en experts binnen ProRail en bij ketenpartners. Zo is voor de diverse onderhoudsactiviteiten gebruik gemaakt van het IHD (InstandhoudingsDocument) spoor aangevuld met expertise en ervaring van aannemers. Voor de data met betrekking tot de productie van staal is vooral gebruik gemaakt van interne data. Voor de emissiefactor van spoorstaven is in de berekening gebruik gemaakt van data van Voestalpine (die emissiecijfers nauwkeurig rapporteert in haar milieujaarverslag).

## DHV B.V.

Onderdelen	Materiaal	toelichting	hoeveelheid eenheid	opmerkingen	emissiefactor eenheid	kg CO2
<b>PRODUCTIE (spoorstaven)</b>						<b>110,915.2</b>
	Spoorstaaf (54E1)	nu veel toegepast	38,339.0 kg	54E1 á 54,77 kg/m - wordt voor 70% toegepast	1.93 kg CO2/ kg	74,070.9
	Spoorstaaf (46E3)	vroeger veel toegepast	17,264.2 kg	46E3 á 46,66 kg/m wordt voor 27% toegepast	1.93 kg CO2/ kg	33,354.4
	Spoorstaaf (60E1)	toegepast in betuweroute en	1,806.3 kg	60E1 á 60,21 kg/m wordt voor 3% toegepast	1.93 kg CO2/ kg	3,489.8
<b>TRANSPORT (spoorstaven)</b>						<b>2,510.1</b>
	Transport naar leverancier (RailPro)	Vanuit Oostenrijk (95%)	61,193 tkm	obv vervoer van Voestalpine (Donawitz - Aust) --> RailPro (Hilversum) over 1122 km (leeg terug) obv een aandeel van 95% van het totale gewicht van spoorstaven.	0.03 kg CO2/ tkm	1,835.8
		Vanuit Frankrijk (5%)	1,234 tkm	obv vervoer van Tata (Hayange - FR) --> RailPro (Hilversum - NL) over 430 km (leeg terug) obv een aandeel van 5% van het totale gewicht van spoorstaven.	0.03 kg CO2/ tkm	37.0
	Transport naar bouwplaats	Grootschalig per trein	4,019 tkm	obv vervoer van Railpro (Hilversum) --> Bouwplaats over 100 km (per dieseltrein) (leeg terug)	0.03 kg CO2/ tkm	120.6
		Kleinschalig per as	1,722 tkm	obv vervoer van Railpro (Hilversum) --> Bouwplaats over 100 km (per vrachtwagen) (leeg terug)	0.30 kg CO2/ tkm	516.7
<b>REALISATIE</b>						<b>5,188.6</b>
	<b>Kleinschalige projecten</b>		100 m	gemiddelde grootte kleinschalig project (bron; VolkerRail)		
			0.3	aandeel van het spoor wat middels kleinschalige projecten wordt vervangen (bron; VolkerRail)		
	Transport tbv 1 kleinschalig project á 100 m					
	Materieel	2 krollen (op <10 ton vrachtw)	3,000 tkm	obv 2 kranen á 15 ton over 100 km (aannemer --> bouwplaats (leeg terug))	0.30 kg/tkm	2,700
		1 railauto's (bestelbus)	200 km	obv 1 railauto over totaal 200 km (aannemer <--> bouwplaats)	0.22 kg/km	129
	Mankrachten	2 bestelbussen voor 8 man	400 km	obv 2 bestelbussen over ieder totaal 200 km (aannemer <--> bouwplaats)	0.22 kg/tkm	258
	Activiteiten tbv 1 kleinschalig project á 100 m					
	Tillen en liften	6 actieve draaiuren	40.8 lit diesel	obv 6.8 liter/uur (30 ton - 60% use factor)	3.14 kg/lit	384
	Lassen	2 termietlassen	1.9 kg propaan	afgeleid van 33 kg voor 35 lassen (bron; ETS)	0.60 kg/kg	3
	Slijpen	1 uur	1.0 lit diesel	obv 4 KW agregaat gedurende 0.5 uur/las á 0.500 ml diesel (bron ETS)	3.14 kg/lit	9
	Termietpoeder	metaalpoeder	20.0 kg poeder	~10 kg/las - afhankelijk van profielgrootte (Bron; ETS)	1.61 kg/kg	97
	<b>Grootschalige projecten</b>		700 m	gemiddelde grootte grootschalig project (bron; VolkerRail)		
			0.7	aandeel van het spoor wat middels grootschalige projecten wordt vervangen (bron; VolkerRail)		
	Transport tbv 1 grootschalig project á 700 m					
	Materieel	2 krollen (op <10 ton vrachtw)	3,000 tkm	obv transport van 2 kranen á 15 ton over 100 km (aannemer --> bouwplaats (leeg terug))	0.30 kg CO2/ tkm	900
		2 railauto's (bestelbus)	400 km	obv 2 railauto's over totaal 200 km (aannemer <--> bouwplaats)	0.22 kg CO2/ tkm	86
	Mankrachten	3 bestelbussen voor 12 man	600 km	obv 3 bestelbussen over ieder totaal 200 km (aannemer <--> bouwplaats)	0.22 kg CO2/ tkm	129
	Activiteiten tbv 1 grootschalig project á 700 m					
	Tillen en liften	18 actieve draaiuren	122.4 lit diesel	obv 6.8 liter/uur (30 ton - 60% use factor)	3.14 kg/lit	384
	Lassen	6 termietlassen	5.7 kg propaan	afgeleid van 33 kg voor 35 lassen (bron; ETS)	0.60 kg/kg	3
	Slijpen	3 uur	3.0 lit diesel	obv 4 KW agregaat gedurende 0.5 uur/las á 0.500 ml diesel (bron ETS)	3.14 kg/lit	9
	Termietpoeder	metaalpoeder	60.0 kg poeder	obv ~10 kg/las - afhankelijk van profielgrootte (Bron; ETS)	1.61 kg/kg	97

## DHV B.V.

Onderdelen	Materiaal	toelichting	hoeveelheid eenheid	opmerkingen	emissiefactor eenheid	kg CO2
<b>INSTANDHOUDING</b>						<b>6,275.5</b>
Toestandsafhankelijk	Slijpen (vrije baan)	vrije baan slijpen	10.0 km	obv 1 keer per 3 jaar slijpen/jaar (bron; ProRail)	12.90 kg/km	129.0
	Oplassen	termietlassen	94.3 kg propaan	obv 1 thermitlas/ 100 meter / 3 jaar (bron; Volkerrail)	0.60 kg CO2/kg pro	56.9
	Termietpoeder	metaalpoeder	1000.0 kg poeder	obv in totaal 100 lasactiviteiten & 10 kg/las (afhankelijk van profielgrootte) (Bron; ETS)	1.61 kg CO2 / kg th	1,612.3
	Slijpen (vd las)	agregaat	25.0 lit diesel	obv in totaal 100 lasactiviteiten & 0.5 lit/las (met 4 KW agregaat gedurende 0.5 uur) (bron ETS)	7.09 kg / lit	177.2
	Transport	bestelbus	20000 km	obv in totaal 100 lasactiviteiten & 200 km/lasactiviteit (bouwplaats <-> aannemer)	0.22 kg/km	4,300.0
<b>RECYCLING</b>						<b>1,841.1</b>
	Transport (hergebruik)		287 tkm	obv transport direct per rail in totaal 100 km (leeg terug)	0.03 kg/tkm	8.6
	Transport (klein)		2,291 tkm	obv transport per vrachtwagen via ijzerhandelaar in totaal 140 km (leeg terug)	0.3 kg/tkm	687.2
	Transport (groot)		3,818 tkm	obv transport direct per rail in totaal 100 km (leeg terug)	0.3 kg/tkm	1,145.3

**BIJLAGE 2 CO2 EMISSIEFACTOREN**

Primair is gebruik gemaakt van de emissiefactoren zoals gegeven door ProRail in het document: De CO2 prestatieladder – Het Certificeren (deel 3). Indien er hier geen CO2 emissiefactor in gegeven is, is gebruik gemaakt van de Eco-invent 2.0 database in het LCA programma SimaPRo. Waar nodig zijn sommige emissiefactoren nog aangevuld met eigen berekeningen of aannames. In onderstaande tabellen zijn de gebruikte emissiefactoren met bronvermelding op een rij gezet.

**Conversiefactoren**

Materiaal	eenheid	kg CO2	bron	Opm
Spoorstaven	kg	1.222	LCI - Tatasteel	Op basis van 80% hergebruik
Spoorstaven	kg	1.932	Voest Alpine (via E. Brink - RailPro0	Op basis van productie bij Voest Alpine in Oostenrijk.
Thermit (metaalpoeder)	kg	1.612	Internet+Eco-invent	

Activiteiten	eenheid	kg CO2	bron	Opm
liften en tillen	uur	127.908	ProRail conversiefactor icm aannames	Obv 6 werkuren op basis van 6.8 lit/u (uitgegaan van kraan 30 ton)
thermitlas (propan)	kg	0.604	Eco-invent/Volkerrail/internet	Obv 0.94 kg propan/thermitlas
slijpactiviteit (klein / 4 KW aggregaat)	uur	7.090	Consultatie Speno / KHB Consultancy	Obv 11550 E/maand diesel á 0.95 E/ lit en 24 inzetten per maand van gem. 6 werkuren met een gemiddelde van 4 km/u. Daarnaast is per inzet 200 km transportafstand (omrijdkilometers) meegenomen.
slijpactiviteit (groot / slijptrein)	km	12.898	Consultatie Speno / KHB Consultancy	Obv 22700 E/maand diesel á 0.95 E/ lit en 24 inzetten per maand van gem. 6 werkuren met een gemiddelde van 7 km/u. Daarnaast is per inzet 200 km transportafstand (omrijdkilometers) meegenomen.

Transport	eenheid	kg CO2	bron	Opm
bestelbus (minibus)	km	0.215	ProRail conversiefactoren	
vrachtwagen (3.5-10 ton)	tkm	0.480	ProRail conversiefactoren	
vrachtwagen (10-20 ton)	tkm	0.300	ProRail conversiefactoren	
vrachtwagen (>20 ton)	tkm	0.130	ProRail conversiefactoren	
rail diesel (goederen - bulk)	tkm	0.030	ProRail conversiefactoren	
zeevaart (150 TEU)	tkm	0.085	ProRail conversiefactoren	

Energie	eenheid	kg CO2	bron	opm
electra (nationaal)	kWh	0.413	ProRail conversiefactoren	
gas	m3	1.825	ProRail conversiefactoren	
diesel	liter	3.135	ProRail conversiefactoren	

### **BIJLAGE 3      VALIDATIE EN REVIEW**

De gegevens en berekeningen zijn op diverse manieren getoetst:

- De gegevens van leveranciers zijn alle schriftelijk geverifieerd.
- De gegevens die zijn aangeleverd door systeemexperts van Prorail zijn intern geverifieerd.
- De activiteiten met betrekking tot onderhoud en instandhouding zijn geanalyseerd op basis van de beschreven onderhoudsprocedures. Aangenomen mag worden dat deze activiteiten in de praktijk ook op deze manier worden uitgevoerd.
- De CO<sub>2</sub> data uit de eco-invent database zijn per definitie uitgebreid getoetst en geverifieerd.
- De analyses en berekeningen zijn uitgevoerd door 2 specialisten van DHV en gecontroleerd op basis van het 4 ogen principe.

DHV is akkoord met het document, de resultaten en de gevolgde werkwijze,

Namens DHV,  
Renilde Spriensma,  
Sr. LCA specialist,

Amersfoort, 15 november 2010