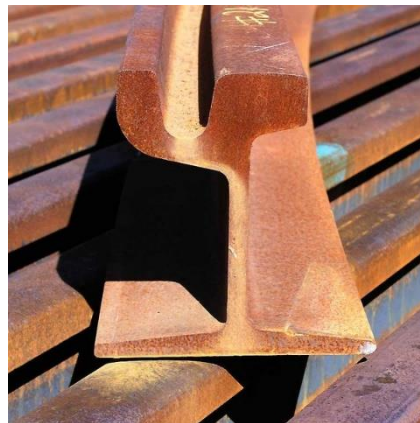


Ketenanalyse Spoorstaven

CO₂-Prestatieladder Strukton Groep NV



Rapportage ten behoeve van de CO₂-Prestatieladder eis 4.A.1 en 4.A.3

Opgesteld door A. de Zeeuw van Strukton Worksphere

Utrecht, december 2021

*Eerste analyse opgesteld in samenwerking met M. Frielink van Antea Group (april 2021)
Toevoeging onderzoek resultaat ProRail in december 2021*

Gezien en akkoord: M. Wijbenga, 22 december 2021



Inhoud

1	Inleiding`	3
2	Analyse:	3
3	Conclusie	7
	Bijlage 1 Scope 3 analyse CO2 Prestatie Ladder deel Strukton Rail	8
	Bijlage 2 ProRail ketenanalyse	11
	Bijlage 3 Richtlijnen, Gebreken, inspectie	15
	Bijlage 4 Eurailscout	19
	Bijlage 5 Dekra Rail	20
	Bijlage 6 Predictive maintenance	21
	Bijlage 7 SGS keten analyse V3	22

1 Inleiding

In de Scope 3 analyse CO₂-prestatieladder (22072020 Rapportage scope 3 externe versie A116) zijn de waardeketen en inkoopstromen van Strukton Rail beschreven en geanalyseerd. Hieruit is een raming van de Scope 3 CO₂ uitstoot opgesteld en is gebleken dat spoorstaven een belangrijk aandeel hebben hierin. Op basis van deze rapportage is besloten om een Strukton ketenanalyse spoorstaven op te stellen. De belangrijkste punten van de Scope 3 rapportage is opgenomen in Bijlage 1.

In 2010 heeft ProRail een ketenanalyse uitgevoerd naar spoorstaven. In Bijlage 2 zijn de belangrijkste punten uit de 2010 rapportage opgenomen. Hieruit zijn vragen gesteld aan ProRail over de stand van zaken van de aanbevelingen die destijds gedaan zijn. Gebleken is dat op dit moment een update van deze ketenanalyse wordt gemaakt. Wanneer deze beschikbaar is wordt deze nieuwe ketenanalyse van ProRail nader beoordeelt op:

- Zijn er grote veranderingen in de gehele keten en zo ja welke effecten heeft dit
- Is er meer inzicht in de CO₂ emissie factor van spoorstaven met name vanwege de herkomst van staal
- Heeft het onderzoek naar Duurzame Spoorstaven maatregelen opgeleverd die doorgevoerd zijn
- Zijn er nieuwe reductie mogelijkheden in de keten benoemd en worden maatregelen benoemd om deze doelstellingen te bereiken

Strukton heeft, vanuit zijn rol als onderhoud contractor, voornamelijk invloed op de instandhouding van de spoorinfra en daarmee op het beperken van spoorstaaf vervangingen. In bijlage 3 t/m 6 worden de relevante aspecten van instandhouding nader toegelicht.

2 Analyse:

2.1 Bijlage 1 Scope 3 analyse Strukton Rail

- Spoorstaven zijn de belangrijkste inkoopinstroom van Strukton Rail
- Spoorstaven vallen in de top 3 voor de CO₂-emissie voor Strukton Rail
- Staal heeft een hoge CO₂ -emissie en Strukton heeft hier geen invloed op
- Omdat Strukton een grote afnemer is van spoorstaal, kan Strukton mogelijk wel invloed hebben op de werkzaamheden van de ketenpartners in het produceren van spoorstaven
- Te denken valt aan mogelijkheden voor hergebruik van spoorstaven en besparing op transporten door staal van Europese producenten te gebruiken.

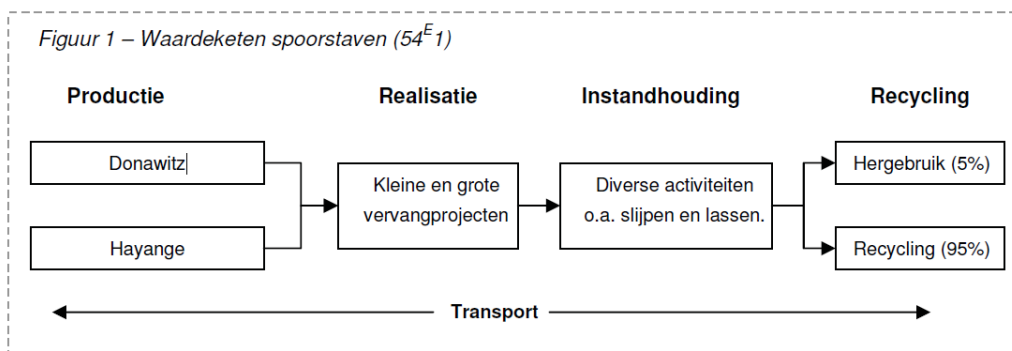
Vanuit Strukton Rail zijn de volgende aanvullingen ontvangen

- In 2020 is ca. 116.000 meter spoorstaven ingekocht
- De forecast voor 2021 is
 - 12.500 meter voor projecten. [Op basis DHV kentallen:](#)
 - [Project 970 ton CO₂](#)
 - [Jaarlijks extra 254 ton CO₂ vanwege instandhouding](#)
 - 18.000-28.000 meter (op basis historie) vervanging vanuit onderhoud
 - [1440-2240 ton CO₂](#)
 - [Geen extra CO₂ vanwege instandhouding](#)
- 2020 en 2021 is single source Voestalpine.
- Arcelor Mital (Spanje) heeft via leverancier ETS in 2019 ca. 13 km geleverd t.b.v. project Spoorzone Groningen. In 2022-2024 volgt nog ca. 10 km.

2.2 Bijlage 2 ProRail keten analyse

- spoorstaven leveren een van de grootste bijdragen aan de totale CO₂ uitstoot van de railinfrastructuur
 - 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.
- 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.
- 1-3-2021 contact met Gerald Oldemommikhof van ProRail. Er wordt nu gewerkt aan een nieuwe ketenanalyse spoorstaven door ProRail. Deze wordt binnen een aantal weken opgeleverd. Op dit moment kan hij nog geen antwoord geven op mijn vragen.
- Tegenwoordig is >90% van de nieuw toegepaste spoorstaven van het type 54^{E1}
- De keten van spoorstaven² 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.



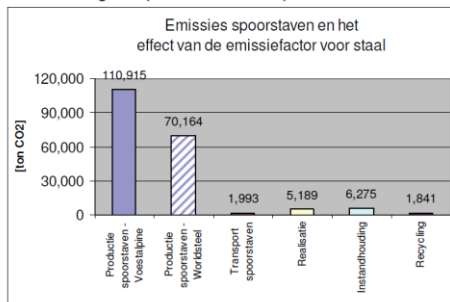
- Na productie worden de spoorstaven per trein getransporteerd naar de opslag in Hilversum
- Hier worden ze per trein of vrachtwagen doorgetransporteerd naar de plaats van realisatie.
- Realisatie of vervangprojecten van spoorstaven kunnen groot- of kleinschalig zijn.
- Bij realisatie zijn vanuit het oogpunt van CO₂ vooral bouw- en transportactiviteiten van belang.
- Na realisatie moet de spoorstaaf zo lang mogelijk in stand worden gehouden.
- De instandhoudingactiviteiten 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 CO₂ emissies;
 - Slijpen van spoorstaven
 - Oplasmaakzaamheden; 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
 1. MGT (million gross ton),
 2. gladheid door bladval,
 3. RCF (rail contact fatigue)
 4. type spoorstaaf.
- 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.
- Nadat de spoorstaven niet meer voldoen aan de gestelde kwaliteitseisen 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.
- 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
- Oude spoorstaven kunnen worden hergebruikt als havensporen, kraanbanen of industriesporen. Daarnaast zouden spoorstaven ook kunnen worden hergebruikt binnen het

spoorstelsel op trajecten met lagere baanvaknelheden (met bijbehorende lagere kwaliteitseisen).

Artikel 4.7.2.1 doc 5 Statement of Work stelt "bij vernieuwing van objecten dient ON gebruik te maken van nieuwe bouwstoffen tenzij ProRail schriftelijk toestemming verleent om hiervan af te wijken"

- Door het slijpen van spoorstaven blijft de kwaliteit langer op peil en worden kleine scheurtjes in de staaf in een vroegtijdig stadium weggeslepen
1-3-2021 Volgens Mark Kuin Contractmanager Strukton Rail is er enkel een contractuele benadering vanuit Strukton op dit gebied. ProRail verzorgt het slijpen via Speno en indien Strukton hier bemoeienissen mee gaat nemen komen er ongewenste contractuele verantwoordelijkheden naar voren.
Uitgangspunt is dat liggingsonderhoud naar behoren uitgevoerd wordt en daarmee problemen zoveel mogelijk voorkomen worden.
- Veruit het grootste deel van de emissies is het gevolg van de productie van spoorstaven
 - productie 88%
 - transport 2%
 - realisatie 4%
 - instandhouding 5%
 - recycling 1%

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



2.3 Bijlage 3 Richtlijnen, gebreken, inspectie

- De spoorstaaf heeft een aantal functies:
 - Dient als geleider voor de treinwielen
 - Biedt een vlakke rijbaan aan de trein
 - Neemt de treinbelasting over en brengt deze over naar de onderliggende delen (dwarsliggers, ballastbed, baan lichaam)
 - Dient als geleider van de retourstroom van de elektrische tractie
 - Dient als geleider van de zwakstroom van het seinwezen
- Een spoorstaaf moet grote dynamische krachten ondergaan. Daarom is het noodzakelijk dat de spoorstaaf regelmatig op scheurtjes onderzocht wordt. De spoorstaaf heeft een levensduur van ongeveer 15 jaar.
- Eisen aan de spoorstaaf
 - Er mogen geen scheuren of breuken voorkomen
 - Mag niet bladderen
 - Mag niet te ver afgesleten zijn
 - Moet zowel aan de bovenkant als aan de zijkant een bepaalde dikte of hoogte hebben
- Het beheer en oplossen van gebreken is geclassificeerd in richtlijnen
 - RLN00036
In deze richtlijn wordt een uniform systeem vastgelegd voor het classificeren van breuken, scheuren en beschadigingen aan spoorstaven al naargelang hun ligging, hun uiterlijk en de oorzaak van de gebreken.
 - RLN00063

Klasse-indeling spoorstaafgebreken + vervolgcacties en normering ultrasoon onderzoek. Naast de indeling in de spoorstaaf gebrek soort is een klasse indeling noodzakelijk (gebaseerd op de ernst van het defect) met de daarbij behorende vervolgcacties (deze RLN00063). Deze richtlijn geeft per foutsoort de aan te houden klasse indeling plus de daarbij behorende vervolgcacties.

- RLN00064
Melding en afhandeling van Spoorstaafgebreken.
Het doel van deze richtlijn is om het proces rond spoorstaafgebreken zodanig te structureren dat voor alle in deze procesgang betrokken partijen duidelijk is wat hun rol in het geheel is en daarmee het gehele proces te kunnen sturen en beheersen.
- Bij de melding en afhandeling van spoorstaafgebreken zijn diverse partijen betrokken, elk met een eigen verantwoordelijkheid en rol in het geheel.
 1. ProRail(Beheer & Instandhouding, productbeheer centraal en regio)
 2. Eurailscout (ERS) meet in opdracht van ProRail regelmatig de spoorinfra en analyseert en presenteert de meetgegevens ten behoeve van een algemene beoordeling van de conditie van de railinfra
 3. Procescontractaannemer Strukton Rail
De procescontractaannemers zijn er verantwoordelijk voor dat het onderhoud aan het spoor op een dusdanige wijze wordt uitgevoerd dat daarmee voldaan wordt aan de eis van veilige berijdbaarheid en beschikbaarheid volgens daartoe opgestelde specificaties
 4. Gebruikers
De verschillende gebruikers van de railinfra (vervoerders, maar ook spooronderhouders) melden incidenteel de door hen geconstateerde gebreken van de spoorstaven aan het Schakel en Meldcentrum (SMC), eventueel via de Verkeersleiding, welke op hun beurt weer de betrokken procescontractaannemer en ProRail regio op de hoogte stelt.
 5. Europa
ProRail productbeheer zoekt aansluiting bij de overige Europese railinfrabeheerders. In deze worden spoorstaafdefecteninformatie uitgewisseld

2.4 Bijlage 4 Eurorail scout

Voor het meten van de conditie van de spoorstaven wordt gebruik gemaakt van

- Ultrasoontreinen
- Ultrasoon handapparatuur.
- Wervelstroommetingen
- Video opname

Hiermee worden in kaart gebracht:

- uitwendige defecten op de spoorstaafkop van de spoorstaaf zoals scheuren aan het spoorstaafoppervlak,
- defecten als gevolg van vermoeidheid door contact met rollend materieel.
- inwendige gebreken in het lijf en de kop van de spoorstaaf aan de loopkant van de spoorstaaf.

De meettreinen voeren ultrasoon metingen uit tussen de normale treinenloop door met snelheden tot maximaal 70 km/h.

2.5 Bijlage 5 Dekra Rail

- In de presentaties staan de invloed factoren en acties benoemd

2.6 Bijlage 6 Predictive maintenance

- Het RCFmodel voorspelt (middels machine learning) spoorstaafschades voor iedere 5 meter spoor voor ontstaan van een scheurtje dieper dan 4 mm in de komende 12 maanden.

- Door verschillende databronnen te koppelen.
- Een concrete toepassing van een voorspellend model ligt in het beheersen van spoorstaafschades.
 - De EddyCurrent-Lorrie (wervelstroom meting) kan beginnende scheuren met een diepte van 0,5 tot 5 millimeter in de spoorstaaf meten.
 - Scheuren die dieper gaan (tot 10 millimeter diep) kunnen met ultrasoon, oftewel via geluidsgolven, gemeten worden.
- Op basis van kansen kunnen rendabele preventieve onderhoudsacties worden gepland.
 - Vervangen van een stuk spoorstaaf is duur, zowel qua materiaal als qua proces.
 - Frezen kan worden ingezet als preventief onderhoud, maar is ook vrij kostbaar dus is gericht inzetten effectief
 - Frezen verlengt de levensduur
- Stel dat er 1 km spoorstaaf gefreesd wordt in plaats van vervangen dan levert dit een totale besparing van 50 ton CO2 op. [Uit de DHV kentallen volgt besparing van 73 ton CO2/km.](#)

[Strukton heeft een andere aanpak en legt de nadruk meer op het liggingsonderhoud.](#)

3 Conclusie

Veruit het grootste deel van de emissies is het gevolg van de productie van spoorstaven. Emissies als gevolg van vervangprojecten, transportbewegingen, instandhoudingactiviteiten en transport ten behoeve van recycling zijn relatief laag

Hergebruik van spoorstaven zal de meeste CO2-besparing opleveren maar dit is aan regels gebonden. Het contractuele uitgangspunt is dat de opdrachtnemer gebruik maakt van nieuwe bouwstoffen tenzij ProRail hiervoor schriftelijk toestemming geeft.

En ProRail stelt dat het hergebruik van spoorstaven grotendeels buiten de invloedssfeer van ProRail valt (par 4.5 bijlage 2).

Strukton heeft alleen invloed op het zoveel mogelijk voorkomen van vervangingen door het uitvoeren van goed liggingsonderhoud. Dit is een deel van het 5% instandhoudingsdeel (par 2.2) en daarmee heel beperkt op het totaal.

Wanneer de nieuwe ketenanalyse van ProRail beschikbaar is zal deze beoordeeld worden op reductiemogelijkheden in de keten waarin Strukton een aandeel kan leveren.

Aanvulling dec 2021

In Bijlage 7 is een samenvatting van de laatste ketenanalyse van SGS opgenomen. De belangrijkste constatering hier zijn:

- [Besparing CO2-uitstoot door elektrificeren slijptrein, dit valt buiten invloed Strukton omdat dit door ProRail zelf geïnitieerd wordt](#)
- [Bij einde levensduur van een spoorstaaf wordt onderscheid gemaakt in](#)
 - [Hergebruik - dit is in de praktijk beperkt mogelijk](#)
 - [Laagwaardig recycle](#)
 - [Hoogwaardig recycle met behoud van legeringscompositie - bij het hoogwaardig recyclen worden spoorstaven gerecycled in een vlamboogoven, zonder dat daar staal van een andere kwaliteit aan wordt toegevoegd](#)
- [De onderzoekers geven aan dat niet bekend is in hoeverre hoogwaardig recycle toegepast wordt en dat dit nader onderzocht dient te worden. Hier zou Strukton nader analyse naar kunnen uitvoeren. Met name hoe bij grootschalige spoorvervanging de voorwaarden van verwijderen en afvoeren naar ? zijn. En onderzoeken wat vervolgens de recycle aanpak is in de keten.](#)

Bijlage 1 Scope 3 analyse CO2 Prestatie Ladder deel Strukton Rail

Par 3.2 waardeketen Strukton Rail

De kernactiviteiten van Strukton Rail zijn:

Nieuwbouw, vernieuwing, beheer en onderhoud van de spoorinfrastructuur. Het betreft zowel de rails, bovenleiding, seinen, telecommunicatie en informatie en besturingssystemen.

In Europa vraagt de spoorinfrastructuur om een veilige en goede beschikbaarheid. De markt vraagt om hooggespecialiseerde bedrijven die daarvoor kunnen zorgen. Het is de missie van Strukton Rail om bij te dragen aan de kwaliteit en veiligheid van het spoorvervoer. Dat betekent technologieën ontwikkelen en oplossingen integreren. Het betekent ook opdrachtgevers prikkelen tot het kiezen voor contractvormen die uitnodigen tot innovatie. Strukton Rail staat voor een eerlijke, integere manier van ondernemen en wil de sector daarin stimuleren.

Par 4.3 Inkoopstromen Strukton Rail 2018, 2019 en ½ 2020

Strukton Rail heeft alle bestedingen in 2018, 2019 en het eerste half jaar van 2020 in een inkoopstelsel opgenomen. In dat stelsel is onderscheid gemaakt tussen onderaannemers en inkopen. De onderaannemers zijn niet in de inkoopanalyse voor de scope 3 emissies meegenomen. Uit het stelsel van Strukton Rail zijn uit de relevante categorieën de belangrijkste producten en diensten gehaald.

- Voor categorie 1 de belangrijkste ingekochte producten in de periode 2018, 2019 en 2020 Q1+Q2 met de belangrijkste ketenpartners. Niet alle producten zijn apart vermeld, maar alleen de belangrijkste. Vele samengestelde producten zijn niet opgenomen omdat het ook onmogelijk is om van al die verschillende samengestelde producten de CO₂-emissie te ramen.
- Voor categorie 4 transport. Via CBS-cijfers en CO₂-emissie van vrachtwagens kan daaruit de CO₂-emissie worden geraamd.
- Voor categorie 7 inhuur personeel via onderaannemers. Daarmee is een raming gemaakt van de CO₂-emissie van het woon-werkverkeer van dit personeel.
- Voor categorie 8 is op basis van het door Strukton Rail bijgehouden overzicht van inzetten (aantal keren). Daaruit kan een raming worden gemaakt van de CO₂-emissie vallend onder deze categorie.

De inkoop van Strukton Rail kenmerkt zich door veel verschillende producten van veel verschillende leveranciers. Verschillende van de kostencategorieën die door Strukton Rail worden gebruikt, herbergen veel verschillende producten van diverse leveranciers. Het is ondoenlijk en niet nodig om deze te analyseren omdat de CO₂-emissie per type product beperkt is ten opzichte van enkele eenduidige producten. In tabel 2A (categorie 1 CO₂-PL) en 2B (categorieën 4, 7 en 8) is het overzicht van de inkopen gegeven in percentage aandeel van het totaal van de categorie totalen. In deze rapportage zijn de inkoopbedragen niet opgenomen, omdat het vertrouwelijke informatie betreft.

cat 1 Strukton Rail 2018, 2019 en 2020 (Q1+Q2)		
materiaal	product	aandeel
staal	spoorstaaf	8,9%
	wissel	4,8%
	wisseldeel	2,5%
	staalconstructie	2,2%
	Lijmias	2,1%
koper	kabel	4,8%
beton	dwarssliggers	5,4%
ballast		2,9%
zand		0,4%
kunststof		0,3%
hout		0,0%
Vermogens elektronica		3,8%
ETM	Elektro technische materialen	3,5%
Elektrotechniek		2,8%
Relais		2,1%
Vele andere samengestelde producten		53,6%

Tabel 2A Belangrijkste inkoopstromen Strukton Rail in de periode 2018, 2019 en de 1^e helft van 2020

Cat 4 Transporten	28%
Cat 7 Ingehuurd personeel	20%
Cat 8 Ingehuurd materieel	52%

Tabel 2B Cat 4, 7 en 8 van Strukton Rail in 2019

Par 5.2 Raming CO₂-emissie Strukton Rail

In tabel 5 is de raming van de CO₂-emissie van de belangrijkste inkoopstromen opgenomen. Deze CO₂-emissie is op dezelfde wijze bepaald als die van Strukton Civiel in paragraaf 5.1. De uitgangspunten daarvoor zijn in bijlage 1 opgenomen.

Materiaal	Raming ton CO ₂ 2018 + 2019 + 2020 (Q1/Q2)
Dwarsligger	32.683
Kabel	26.326
Spoorstaaf	21.565
ETM	10.124
Lijmlas	4.167
Wissel	2.318
Wisseldeel	1.507
Ballast	1.416
Beton	570

Tabel 5 Raming CO₂-emissie van de belangrijkste inkoopstromen scope 3 Strukton Rail

Van een aantal producten is de CO₂-emissie niet bepaald. Het betreft de sub-productgroepen “overige” bij de verschillende productgroepen. Deze sub-productgroep bestaat uit verschillende producten waarvan het inkoopvolume relatief klein is. Het vaststellen van de CO₂-emissie van deze productgroepen is vrijwel onmogelijk omdat het om een veelheid aan verschillende en veelal samengestelde producten gaat van tevens veel verschillende leveranciers/producenten. Deze productgroepen zouden in vele subgroepen uiteenvallen met voor elke subgroep een relatief lage CO₂-emissie ten opzichte van grote eenduidige producten.

De belangrijkste posten voor de CO₂-emissie voor Strukton Rail zijn dus:

Inkoopstroom	Ton CO ₂ 2018, 2019, Q1+Q2 2020	Ton CO ₂ in 1 jaar
Dwarsliggers (beton)	32.683	13.073
Kabels	26.326	10.530
Spoorstaven	21.565	8.626
Elektrotechn. materialen	10.124	4.050
Lijmlassen	4.167	1.667
Wissel + wisseldelen	3.825	1.530
Ballast	1.416	566

H7 Keuze van de twee GHG-genererende (ketens van) activiteiten Staal spoorstaven

Staal heeft een hoge CO₂-emissie. Strukton heeft naar verwachting beperkte invloed op de CO₂-emissie van het staal. De staalindustrie bestaat uit grootschalige fabrieken waarin de procesgang alleen met hoge investeringen is aan te passen. Veel investeringen in de staalindustrie om staal schoner te produceren, zijn in de komende tijd niet te verwachten door het aanbod van grote hoeveelheden goedkoop staal uit China. Dit goedkope staal heeft veelal een hogere CO₂-emissie dan het Europese staal. De invloed van Strukton op deze ontwikkeling in de staalmarkt is verwaarloosbaar.

Omdat Strukton een grote afnemer is van spoorstaal, kan Strukton mogelijk wel invloed hebben op de werkzaamheden van de ketenpartners in het produceren van spoorstaven. Het is een uitdagende route om samen met die ketenpartner te verkennen waar mogelijk CO₂-reducties zijn te behalen in de gehele productieketen van spoorstaven. Te denken valt aan mogelijkheden voor hergebruik van spoorstaven en besparing op transporten door staal van Europese producenten te gebruiken.

Weliswaar heeft ProRail in 2010 een ketenanalyse uitgevoerd naar spoorstaven en in december 2012 is door een leverancier eveneens een ketenanalyse naar spoorstaven uitgevoerd. Maar dit is toch wel wat langer geleden en van vóór de Parijse klimaatspraken

product	materiaal	cradle to gate	end-of-life	totaal	bron	toelichting
spoorstaven	staal			1,2	Prorail	
dwaarsliggers	recycled PE	0,97		0,97	1	
dwaarsliggers	eikenhout	0,47		0,47	3	2 bronnen en 3e bron (Nibé) geeft een CO ₂ -emissie van 0,49
dwaarsliggers (gewapend)	beton (CEM III)	0,158		0,158	2	Alleen de CO ₂ -emissie van de samenstellende materialen is meegenomen. De CO ₂ -emissie van de betoncentrale van Strukton is niet meegenomen omdat deze onder scope 1 valt.
steenslag		0,0029		0,0029	2	
kurkrubber		1,16		1,16	1	
styreen butadieen rubber		2		2	1	
PA66 (nylon)		8,01	-6,83	1,18	1	
aluminium (trademix: 65% primair, 35% sec.)		8,43	-7,05	1,38	1	
koper (trademix: 56% primair, 44% sec.)		2,1	-0,31	1,79	1	
trafo (aanname 75% koper en 25% staal)		1,9	-0,31	1	1	
keramiek		0,33		0,33	1	
gietijzer		3,3	-0,86	2,44	4	1,5 kg CO ₂ /kg (uitgangspunt productie in een BF (blast furnace = hoogoven). De bewerking van dit gietijzer tot een product geeft nog een CO ₂ -emissie van 1,82 kg CO ₂ /kg. Er van uitgegaan wordt dat het gietijzer weer wordt gerecycled bij end-of-life van het product. Dit betekent een aftrek van 0,86 kg CO ₂ /kg
personenauto 100 km		21,8			5	is (well to wheel)
dieplader 100 km		29,6			5	(well to wheel)
liter diesel		3,232			5	in kg CO ₂ /liter diesel Nederland (well to wheel)
personeel emissie per uur		1,3625				Ploeg 2 man in auto 100 km
Krol		(21,8+(3,232*2	96,136			apart
Krol transport		29,6				km
Houten dwarsligger (generiek)				0,82		Op basis van een gemiddelde van water historisch per euro aan houten dwarsliggers gebeurt. totaal €1.330.361 omzet met een emissie van 1.086.150 kg CO ₂ maakt 0,82 kilo emissie per euro omzet.
Spoorstaven (generiek)				1,24		Op basis van een gemiddelde van water historisch per euro aan spoorstaven gebeurt. totaal €24.281.960 omzet met een emissie van 30.109.014 kg CO ₂ maakt 1,24 kilo emissie per euro omzet.
kabel (generiek)				0,11		Op basis van een gemiddelde van water historisch per euro aan kabels gebeurt. totaal €5.891.789 omzet met een emissie van 632.276 kg CO ₂ maakt 0,11 kilo emissie per euro omzet.
Tong (generiek)				0,15		Op basis van een gemiddelde van water historisch per euro aan Tongen gebeurt. totaal €6.083.063 omzet met een emissie van 892.387 kg CO ₂ maakt 0,15 kilo emissie per euro omzet.
Werktrein				974,448		werktrein. Dit contractueel ook zo geregeld. Meer uren worden separaat geregistreerd. Intern hebben we 30911 inzetten met 1036401 liter diesel. Dus per inzet 9 uur x 3,232 kg emissie x 33,5
Werktrein meeruur				108,272		Meer uren worden separaat geregistreerd. Intern hebben we 30911 inzetten met 1036401 liter diesel. Dus per meeruur 1 uur x 3,232 kg emissie x 33,5 liter = 108,272 kg emissie.
bronnen						
1 Vogtländer: A quick reference guide to LCA data, dec. 2010						
2 Ketenanalyse Strukton: betonnen dwarsliggers 2013						
3 Environment Agency 2007 en University of Bath: inventory of carbon & energy 2008						
4 Ketenanalyse hybride rangeer locomotief, Alstom okt 2013:						
5 CO ₂ -emissiefactoren.nl						

Bijlage 2 ProRail ketenanalyse

CO2 ketenanalyse spoorstaven
 Scope 3 berekening voor spoorstaven
 November 2010
 dossier : BA2104-101-101
 registratienummer : MD-AF20101756/SU

Spoorstaaf 54E1

Uit de dominantieanalyse blijkt dat spoorstaven een van de grootste bijdragen leveren aan de totale CO2 uitstoot van de railinfrastructuur. Het huidige net van spoorstaven bestaat voor 67% uit het type 54E1 en tegenwoordig is zelfs >90% van de nieuw toegepaste spoorstaven van het type 54E1. Voor de instandhoudingactiviteiten is dit type spoorstaven gekozen als referentiespoorstaaf.

Om de CO2 emissies in scope 3 van een spoorstaaf te berekenen dient de functionele eenheid en bijbehorende systeemgrens voor de analyse bepaald te worden

H2 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)
- het detecteren van treinen (3)

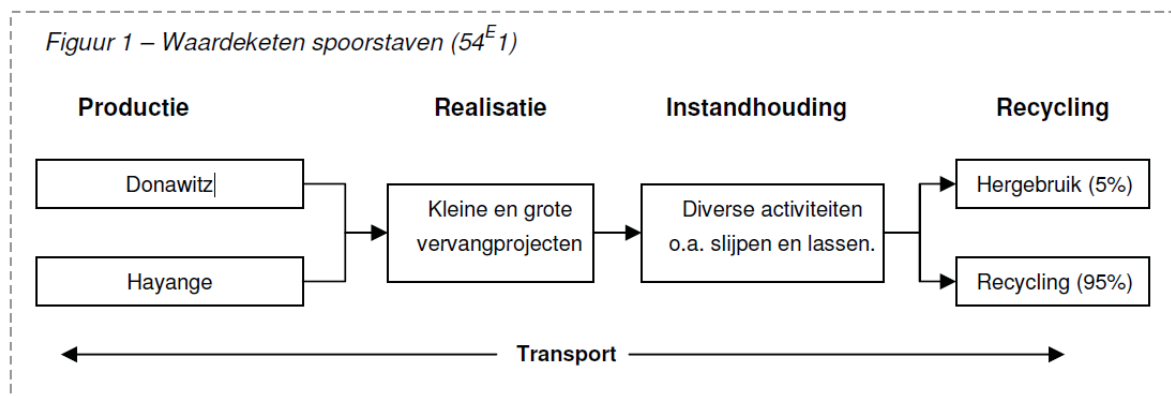
gedurende een periode van 30 jaar* over 1 km van het gemiddelde Nederlandse spoornet. Daarbij is dus uitgegaan van een gemiddelde soort toepassing (traject, baanvaksnelheid, etc.), gemiddeld gebruik en bijbehorende instandhoudingactiviteiten. (bron; Instandhoudingdocument – IHD00018)

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)

H3 Schets van de keten van spoorstaven

De keten van spoorstaven² 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.



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; 54E1 – 260 Mn3.

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 CO2 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 CO2 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.

Par 4.4 Instandhouding

Omdat de spoorstaaf 54E1 – R260 Mn komt het meest voorkomt 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 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 CO2 emissies;

- Slijpen van spoorstaven
- 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.

Par 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 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 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.

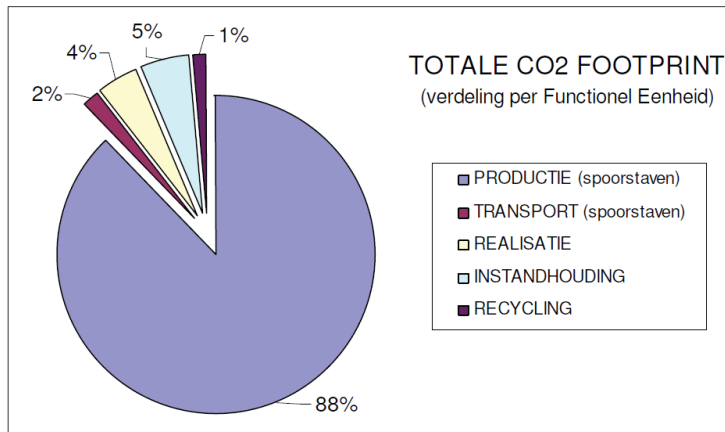
Bij grootschalige vervangprojecten (70%) worden de spoorstaven via RailPro afgevoerd naar de hoogovens in IJmuiden. Er is aangenomen dat oude spoorstaven per (diesel) goederentrein worden vervoerd over een gemiddelde afstand van 100 km.

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".

H6 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 CO2 emissies zijn berekend op basis van de beschreven functionele eenheid (1 km gedurende 30 jaar).

Figuur 1 – Verdeling van de CO₂ emissies van spoorstaven (per functionele eenheid)



H7 Reductie maatregelen

Om de CO2 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 CO2 reductie op van 23 ton/FE10, of een CO2 reductie van 19% ten opzichte van de bestaande CO2 footprint van spoorstaven. Er bestaat binnen ProRail een uitgewerkt plan voor volledige implementatie binnen 5 jaar.

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 CO2 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 baanvaknelheden (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)

Bijlage 3 Richtlijnen, Gebreken, inspectie

Railinfra H10 spoorstaven

Een spoorstaaf is een “op profiel gebracht” stuk ijzer. Er zijn 3 profielen

- NP 46
- UIC 54 deze wordt het meest toegepast
- UIC 60 ontwikkeld voor zwaar goederenvervoer

De spoorstaaf heeft een aantal functies:

- Dient als geleider voor de treinwielen
- Biedt een vlakke rijbaan aan de trein
- Neemt de treinbelasting over en brengt deze over naar de onderliggende delen (dwarsliggers, ballastbed, baan lichaam)
- Dient als geleider van de retourstroom van de elektrische tractie
- Dient als geleider van de zwakstroom van het seinwezen

Een spoorstaaf moet grote dynamische krachten ondergaan. Daarom is het noodzakelijk dat de spoorstaaf regelmatig op scheurtjes onderzocht wordt. De spoorstaaf heeft een levensduur van ongeveer 15 jaar.

Eisen aan de spoorstaaf

- Er mogen geen scheuren of breuken voorkomen
- Mag niet bladderen
- Mag niet te ver afgesleten zijn
- Moet zowel aan de bovenkant als aan de zijkant een bepaalde dikte of hoogte hebben

RLN00036 versie 001

In deze richtlijn wordt een uniform systeem vastgelegd voor het classificeren van breuken, scheuren en beschadigingen aan spoorstaven al naargelang hun ligging, hun uiterlijk en de oorzaak van de gebreken. Tevens worden de mogelijkheden vermeld om de gebreken vast te stellen. Bovendien worden er aanbevelingen gedaan om maatregelen te treffen nadat de gebreken zijn ontdekt.

BEGRIPSBEPALING VAN SPOORSTAAFGEBREKEN

De volgende gebreken kunnen zich voordoen bij de spoorstaven in het spoor:

- de spoorstaaf is beschadigd;
- de spoorstaaf vertoont scheuren;
- de spoorstaaf is gebroken.

Beschadigde spoorstaaf:

Als zodanig wordt iedere spoorstaaf aangemerkt die noch gescheurd noch gebroken is, maar die andere gebreken vertoont, die zich over het algemeen aan het oppervlak van de spoorstaaf bevinden.

Spoorstaaf met scheuren:

Als zodanig wordt iedere spoorstaaf aangemerkt die waar dan ook in de lengte of op sommige gedeelten van het profiel een of meer scheurtjes vertoont, die in welke richting ze ook lopen, zichtbaar of onzichtbaar zijn en die binnen afzienbare tijd tot een breuk kunnen leiden.

Gebroken spoorstaaf:

Onder gebroken spoorstaaf dient te worden verstaan, enerzijds, iedere spoorstaaf die in twee of meer delen is uiteengevallen en anderzijds iedere spoorstaaf waarvan een stuk heeft losgelaten, ten gevolge waarvan in het loopvlak een hiaat is ontstaan van meer dan 50 mm lengte en 10 mm diepte.

DEFINITIE VAN DE AANBEVELINGEN

Spoorstaaf onder controle houden:

Gebreken die in dit stadium geen gevaar voor de exploitatie opleveren.

Spoorstaaf vervangen:

Vervangen van de spoorstaaf tijdens periodiek en geprogrammeerd onderhoud. Gebreken die in dit stadium nog geen directe gevaar voor de exploitatie opleveren, die echter na afloop van een bepaalde termijn gevaarlijk kunnen zijn.

Spoorstaaf onmiddellijk vervangen:

Verplichte vervanging van de spoorstaaf binnen een bepaalde termijn, te bepalen aan de hand van de kenmerken van het gebrek en de plaatselijke situatie. Vervangen houdt een buitengewone maatregel in. Het gebrek kan binnenkort een gevaar voor de exploitatie opleveren, maar er kan nog op het spoor worden gereden mits er speciale maatregelen worden getroffen.

Vervoerstroming en onmiddellijke vervanging van de spoorstaaf:

Gebreken die geen vervoer meer toelaten, ook niet indien speciale maatregelen of provisorische maatregelen gelden.

Opmerkingen:

De groeisnelheid van bepaalde spoorstaafgebreken leidt ertoe dat de aanbevelingen, afhankelijk van de toename van het gevaar, stapsgewijs worden verhoogd.

In alle gevallen dient het gebrek onder controle te worden gehouden en blijven de aanbevelingen van toepassing totdat het gebrek is verholpen.

Ultrasonoor onderzoek kan worden toegepast om:

- interne gebreken op te sporen;
- de groei van een gebrek te controleren dat voor het eerst met het oog werd ontdekt.

Onderzoek met het blote oog kan worden toegepast om:

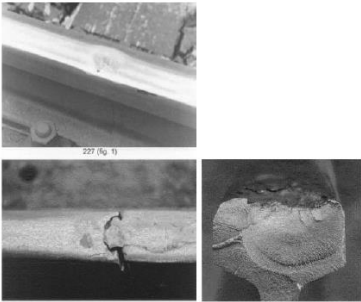
- oppervlaktegebreken te ontdekken en hun verloop vast te stellen;
- de ontwikkeling van het gebrek na te gaan.

Deze richtlijnen bevat verder foto's en beschrijvingen van mogelijke gebreken zoals onderstaand voorbeeld.

Railinfrabeheer. BLN00036

SPOORSTAAFGEBREKEN

227 Squat / scheurvorming en plaatselijke verdieping van het loopvlak



227 (fig. 1)

227 (fig. 2)

227 (fig. 3)

Kenmerken en uiterlijk:

Dit gebrek is te zien op het loopvlak als verbreding en plaatselijke verdieping van de rijspiegel, vergezeld van een donkere plek en boogvormige of V-vormige scheuren (fig. 1). Deze scheuren breiden zich naar de binnenkant van de spoorstaafkop uit. De scheur wordt in eerste instantie groter in een vlakke hoek met het loopvlak. Nadat zulke scheuren een diepte van 3 tot 5 mm hebben bereikt, buigen ze naar beneden af en kunnen een breuk veroorzaken (fig. 2 en 3). Deze gebreken worden ook vaak bij stamplassen, thermitsussen en bij korte golfslagge gootmateerd. Het gebrek is willekeurig en kan herhaaldelijk optreden. In dit geval bestaat het risico dat er een groot stuk spoorstaaf uit breekt.

Deze morfologie kan plaatselijk en periodiek op de rijkant van het bovenbeen van boogspoorstaven in zwaai met Head Checkings optreden (zie gebrek 2223, fig. 4). In dit geval wordt het gebrek onder 2223 geclassificeerd.

Mogelijkheden van constatering:

- met het blote oog;
- ultrason onderzoek.

Aanbevelingen:

- spoorstaaf onder controle houden;
- spoorstaven, die de veiligheid en loopkwaliteit belemmeren, vervangen;
- gebroken spoorstaaf vervangen.

Richtlijn RLN00063

Klasse-indeling spoorstaafgebreken + vervolgacties en normering ultrasoon onderzoek.

Naast de indeling in de spoorstaaf gebrek soort is een klasse indeling noodzakelijk (gebaseerd op de ernst van het defect) met de daarbij behorende vervolgacties (deze RLN00063).

Deze richtlijn geeft per foutsoort de aan te houden klasse indeling plus de daarbij behorende vervolgacties.

Alle spoorstaafgebreken zijn in te delen in een klasse. De onderstaande klasse indeling geeft aan op welke termijn een vervolgactie moet worden uitgevoerd. De volgende klasse-indeling wordt gehanteerd

Klasse	Termijn van aanpak
1 ^{ste} (ééntje)	Direct uitwisselen. Deze gebreken vereisen onmiddellijk maatregelen. In het ergste geval is geen treinverkeer meer mogelijk. Bij dwarsfouten bestaat soms de mogelijkheid om noodlasplaten aan te brengen. In dergelijke gevallen gelden de bepalingen van klasse 3. In alle andere gevallen moeten snelheidsbeperkingen (40 km/h) worden opgelegd, totdat het gebrek is hersteld.
2 ^{de} (tweetje)	Binnen 4 weken uitwisselen. Bij dwarsfouten geldt, indien noodlasplaten zijn aangebracht, de bepalingen van klasse 3 ^{de} .
3 ^{de} (drietje)	Binnen 3 maanden uitwisselen.
4 ^{de} (viertje)	Onder controle procesaannemer. Deze gebreken vereisen niet onmiddellijk maatregelen, maar moeten door de procesaannemer onder controle worden gehouden.
5 ^{de} (vijfje)	Ultrasoon geen indicatie
6 ^{de} (zesje)	Reeds uitgewisseld

Met de volgende factoren moet rekening worden gehouden bij de overweging in welke klasse een gebrek valt:

- de grootte van het gebrek;
- de plaats van het gebrek in de spoorstaaf of de constructie;
- de richting van het gebrek;
- het materiaal (een scheur in mangaanstaal groeit langzamer dan in gewoon spoorstaafstaal);
- de toestand van het spoor (b.v. of op de locatie van het defect een 'roffelend' geluid ontstaat);
- de belasting en de snelheid van het treinverkeer;
- de frequentie van het ultrasoon onderzoek.

RLN00064

Richtlijn: Melding en afhandeling van Spoorstaafgebreken

Het doel van deze richtlijn is om het proces rond spoorstaafgebreken zodanig te structureren dat voor alle in deze procesgang betrokken partijen duidelijk is wat hun rol in het geheel is en daarmee het gehele proces te kunnen sturen en beheersen.

Betrokken partijen

Bij de melding en afhandeling van spoorstaafgebreken zijn diverse partijen betrokken, elk met een eigen verantwoordelijkheid en rol in het geheel.

1. Railinfrabeheer (Beheer & Instandhouding, productbeheer centraal en regio) **ProRail**

Railinfrabeheer is verantwoordelijk voor de veilige berijdbaarheid en beschikbaarheid van de railinfrastructuur in Nederland en treedt namens de rijksoverheid op om tegen acceptabele kosten de railinfrastructuur in stand te houden. RIB treedt op als opdrachtgever voor de de andere bij het proces betrokken partijen, sluit daarmee contracten af en ziet toe op de juiste naleving van deze contracten

2. Eurailscout (ERS)

Eurailscout meet in opdracht van RIB regelmatig de spoorinfra en analyseert en presenteert de meetgegevens ten behoeve van een algemene beoordeling van de conditie van de railinfra. De railinfra wordt per kalenderjaar beoordeeld in pakketten van te meten en analyseren objecten aan de hand van een door RIB ter beschikking gesteld digitaal infrabestand. ERS is daarbij verantwoordelijk een objectief oordeel te geven over de conditie van de railinfra en alle geconstateerde gebreken te melden aan RIB Regio en de procescontractaannemer.

In een raamovereenkomst tussen RIB en ERS is vastgelegd en uitgewerkt voor een bepaalde periode hoe aan deze verantwoordelijkheid vorm wordt gegeven

3. Procescontractaannemer **Strukton Rail**

De procescontractaannemers zijn er verantwoordelijk voor dat het onderhoud aan het spoor op een dusdanige wijze wordt uitgevoerd dat daarmee voldaan wordt aan de eis van veilige berijdbaarheid en beschikbaarheid volgens daartoe opgestelde specificaties.

De werkzaamheden die daarvoor benodigd zijn geschieden volgens de diverse onderhoudsdocumenten en zijn in een contract met RIB geregeld.

De procescontractaannemers voeren een regelmatig inspectie en schouw van de railinfra uit volgens specificaties om de conditie te bewaken en om gebreken op te sporen, te repareren en/of aan RIB regio te adviseren over de nodige te treffen maatregelen.

De door hen geconstateerde spoorstaafgebreken worden gemeld aan Eurailscout en aan RIB Regio. Na het repareren van de gebreken worden dit ook weer aan RIB regio gemeld

4. Gebruikers

De verschillende gebruikers van de railinfra (vervoerders, maar ook spooronderhouders) melden incidenteel de door hen geconstateerde gebreken van de spoorstaven aan het Schakel en Meldcentrum (SMC), eventueel via de Verkeersleiding, welke op hun beurt weer de betrokken procescontractaannemer en RIB regio op de hoogte stelt.

5. Europa

RIB productbeheer zoekt aansluiting bij de overige Europese railinfrabeheerders. In deze worden spoorstaafdefecteninformatie uitgewisseld

Bijlage 4 Eurailscout

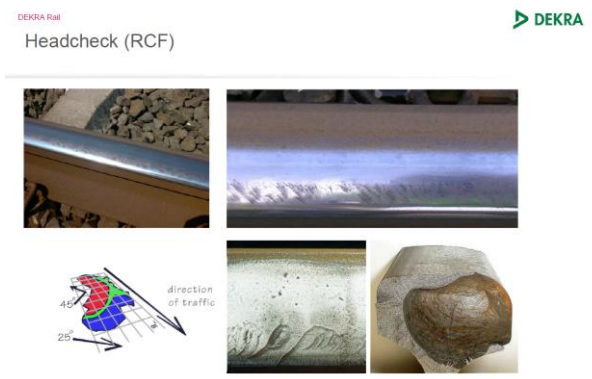
Voor het meten van de conditie van de spoorstaven maken wij gebruik van ultrasoontreinen en ultrasoon handapparatuur. Hiermee sporen we inwendige defecten in de spoorstaaf op. Daarnaast maken we gebruik van wervelstroommetingen om uitwendige defecten op de spoorstaafkop van de spoorstaaf in kaart te brengen, zoals scheuren aan het spoorstaafoppervlak, maar ook defecten als gevolg van vermoeidheid door contact met rollend materieel. Naast de ultrasone en wervelstroommetingen maken we ook video-opnamen in verschillende richtingen.

Ultrasonotasters maken inwendig onderzoek van de spoorstaven mogelijk. Dit onderzoek detecteert inwendige gebreken in het lijf en de kop van de spoorstaaf aan de loopkant van de spoorstaaf. De meettreinen voeren ultrasoon metingen uit tussen de normale treinenloop door met snelheden tot maximaal 70 km/h.

De treinen die zijn uitgerust met 16 kanaals wervelstroom systemen kunnen het gehele oppervlak van de spoorstaaf inspecteren. Hierdoor worden niet alleen head checks (open scheuren) maar ook andere defecten als gevolg van vermoeidheid door contact met rollend materieel (rolling contact fatigue RFC) gedetecteerd.

Bijlage 5 Dekra Rail

Schade aan de spoorstaafkop Een overzicht van beïnvloedende factoren



Bijlage 6 Predictive maintenance

<https://assetinsight.nl/nl/diensten/predictive-modelling/spoorstaafslijtagemodel-rcf>

Asset.Insight. heeft een RCFmodel middels machine learning ontwikkeld, waarmee spoorstaafschades worden voorspeld.

Voor iedere 5 meter spoor wordt het risico voorspeld op het ontstaan van een scheurtje dieper dan 4 mm in de komende 12 maanden. Dit doen we door verschillende databronnen te koppelen. We brengen hierbij verschillende scenario's in kaart, die impact hebben op parameters als lifecycle costs en betrouwbaarheid.

Op basis van deze kansen kunnen aantoonbaar rendabele preventieve onderhoudsacties worden gepland. Met het RCF-model worden stukken spoor aangemerkt waar preventief onderhoud rendabel is.

Een concrete toepassing van een voorspellend model ligt in het beheersen van spoorstaafschades. De EddyCurrent-Lorrie kan beginnende scheuren met een diepte van 0,5 tot 5 millimeter in de spoorstaaf meten. Scheuren die dieper gaan (tot 10 millimeter diep) kunnen met ultrasoon, oftewel via geluidsgolven, gemeten worden. Door de gevonden schadepatronen te analyseren en toe te passen op nieuwe gebieden, kan een voorspelling worden gedaan van de plaatsen waar de kans op spoorstaafschades zodanig groot is dat gericht preventief onderhoud loont. Dit verlengt de levensduur van de spoorstaven.

VERLENGING LEVENSDUUR SPOORSTAVEN

Vervangen van een stuk spoorstaaf is duur, zowel qua materiaal als qua proces. Frezen kan worden ingezet als preventief onderhoud, maar is ook vrij kostbaar. Met ons RCF-model worden stukken spoor aangewezen waar frezen wél rendabel is. Met de door ons gegenereerde ultrasoon rapportages krijgt u inzicht in de ernst van de gemeten RCF. Ook geven wij de GPS-coördinaten weer, zodat wij exact kunnen zien waar RCF optreedt.

De gemiddelde kans op RCF ligt rond de 7 à 8 procent. Dit is nog een behoudend percentage. Met het RCF-model worden stukken spoor aangemerkt waar preventief onderhoud rendabel is. Wij kunnen voorspellen per 5 meter spoor of er sprake is van RCF.

VERMINDERING CO2-UITSTOOT

Spoorstaven worden geslepen, gefreesd of uiteindelijk vervangen. Door ons RCF-model hebben wij goed inzicht in de staat van de spoorstaven en kunnen wij aangeven wat er dient te gebeuren om de levensduur te verlengen. Preventief onderhoud zorgt ervoor dat spoorstaven langer meegaan. Dit levert een enorme uitstootbesparing op ten opzichte van het vervangen.

Stel dat er 1 km spoorstaaf gefreesd wordt in plaats van vervangen. Dan levert dit een totale besparing van 50 ton CO2 op, dat is gelijk aan het verbranden van ongeveer 16.000 liter diesel.

Bijlage 7 SGS keten analyse V3

Het betreft een LCA-berekening van spoorstaven. Dit rapport geeft een onderbouwing voor de milieukostenindicator (MKI) waarde en CO₂-emissies gerelateerd aan de levenscyclus van de spoorstaven.

De LCA-berekening is opgesteld met SimaPro v9.1 software. De toegepaste referentiedatabases zijn:

- Nationale Milieudatabase versie 3.2 [5];
- Ecoinvent database 3.5 [6]

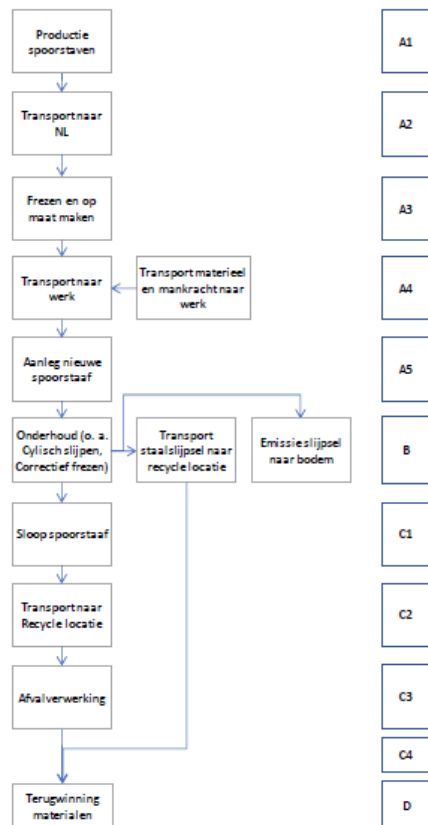
Doelstelling onderzoek:

- Uit de dominantieanalyse door ProRail blijkt dat spoorstaven een van de grootste bijdrage leveren aan de totale CO₂ uitstoot van de railinfrastructuur
- ProRail heeft 10 jaar geleden een CO₂ ketenanalyse laten uitvoeren.
 - Inmiddels zijn er veel ontwikkelingen geweest,
 - zijn er aanpassingen geweest in de vervaardiging van spoorstaven en
 - zijn er ervaringen opgedaan met het beheersen van de levenscyclus van een spoorstaaf.
 - Daarnaast zal het hergebruik van spoor steeds meer een rol gaan spelen.

Vanwege deze reden is besloten om een nieuwe ketenanalyse gemaakt dient te worden, om vervolg stappen te kunnen zetten in het reduceren van de CO₂ uitstoot. Tevens zal een MKI-score worden berekend.

Systeemgrenzen

De procesboom omvat de belangrijkste kwalitatieve processen, die nodig zijn voor de producteenheid of om de functie uit de functionele eenheid te kunnen vervullen. Alle systeem inputs en outputs en kwantitatieve gegevens worden onder het hoofdstuk levenscyclusinventarisatie nader uiteengezet. De procesboom is onderverdeeld in procesfasen conform NEN-EN 15804 [3]. Zie Figuur 1.



Figuur 1 Procesboom spoorstaven

Het onderhoud is een belangrijke stap om de levensduur van spoorstaven te kunnen verlengen. Het belangrijkste onderhoud aan het spoor is het slijpen en/of frezen van de bovenste laag om beginnende defecten/scheurtjes weg te halen zodat deze niet groeien en uiteindelijk vroegtijdige vervangen van de spoorstaaf nodig is.

Bij sloop worden de spoorstaven worden in stukken gesneden en afgevoerd voor recycling of hergebruik.

Milieueffect wegen is een proces waarbij de resultaten van verschillende impactcategorieën worden omgezet op basis van de numerieke factoren op waardekeuzes. Er kan aggregatie van de milieueffectscores plaatsvinden. Om het doel van de studie te bereiken wordt in deze analyse gebruik gemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende impactcategorieën te wegen tot één eindpunt.

In onderstaande tabel staan de uitkomsten als MKI-waarde voor het onderwerp van de analyse weergegeven.

Tabel 10 Resultaten MKI

	1 km spoor vernieuwen	100m spoor vernieuwen	Passtuk plaatsen	1 km spoor vernieuwen per meter	100m spoor vernieuwen per meter	Passtuk plaatsen per meter	Aandeel
Totaal	€ 11.582,33	€ 1.304,56	€ 167,37	€ 11,58	€ 13,05	€ 27,89	
A1 – A3 Grondstoffen en productie	€ 17.410,59	€ 1.741,06	€ 104,47	€ 17,41	€ 17,41	€ 17,41	62,4 - 150,3%
A4 Transport naar Werk	€ 290,10	€ 131,65	€ 97,48	€ 0,29	€ 1,32	€ 16,25	2,5 - 58,2%
A5 Constructie	€ 178,18	€ 53,65	€ 7,13	€ 0,18	€ 0,54	€ 1,19	1,5 - 4,3%
B1-B7 Onderhoud	€ 767,81	€ 76,78	€ 1,10	€ 0,77	€ 0,77	€ 0,18	0,7 - 6,6%
C1 Sloop	€ 442,93	€ 47,22	€ 2,82	€ 0,44	€ 0,47	€ 0,47	1,7 - 3,8%
C2 Transport naar verwerking	€ 33,25	€ 8,25	€ 0,08	€ 0,03	€ 0,08	€ 0,01	0,0 - 0,6%
C3 Afalverwerking	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	0%
C4 Stort	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	0%
D Baten en lasten buiten de systeemgrens	€ -7.540,53	€ -754,05	€ -45,70	€ -7,54	€ -7,54	€ -7,62	-27,3 - 65,1%

Tabel 11 Resultaten GWP (CO₂-eq)

	1 km spoor vernieuwen	100m spoor vernieuwen	Passtuk plaatsen	1 km spoor vernieuwen per meter	100m spoor vernieuwen per meter	Passtuk plaatsen per meter	Aandeel
Totaal	75.608,46	8.904,41	1.377,95	75,61	89,04	229,66	
A1 – A3 Grondstoffen en productie	121.365,50	12.136,61	728,24	121,37	121,37	121,37	52,8 - 160,5%
A4 Transport naar Werk	2.724,79	1.282,61	925,35	2,72	12,83	154,22	3,6 - 67,2%
A5 Constructie	1.336,78	400,80	52,82	1,34	4,01	8,80	1,8 - 4,5%
B1-B7 Onderhoud	5.766,34	576,63	8,24	5,77	5,77	1,37	0,6 - 7,6%
C1 Sloop	3.326,49	354,65	21,18	3,33	3,55	3,53	1,7 - 4,4%
C2 Transport naar verwerking	249,97	69,25	0,69	0,25	0,69	0,11	0,0 - 0,8%
C3 Afalverwerking	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
C4 Stort	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
D Baten en lasten buiten de systeemgrens	-59.161,40	-5.916,14	-358,56	-59,16	-59,16	-59,76	-26,0 - -78,2%

Men heeft op het moment geen goed beeld hoe spoorstaven worden verwerkt. Deze worden namelijk vaak meegegeven met aannemers. Het is daarom goed mogelijk dat de legeringselementen in laagwaardiger staal wordt verwerkt.

Uit de drie opties valt op dat hergebruik en hoogwaardig recyclen scoren fors beter dan laagwaardig recyclen. Op het geheel kan zeker voordeel worden behaald wanneer beide vaker worden toegepast.

Bij hergebruik moet wel een kanttekening gezet worden. Hergebruik is niet altijd mogelijk. Dat hangt af van de kwaliteit van de spoorstaaf bij het einde van zijn leven, maar hangt vooral ook af van de behoefte aan een hergebruikte spoorstaaf. Spoorstaven kunnen alleen opnieuw worden ingezet in zijsporen of anderszins niet vaak bereden spoor. Spoor waar minder frequent wordt gereden gaat echter ook langer mee, dus behoefte aan hergebruikte spoorstaven is laag.

De tweede beste optie is hoogwaardig recyclen van spoorstaven. In dit geval geldt wederom de vraag of de kwaliteit van het staal uit een vlamboogoven voldoende is voor inzet als spoorstaaf. In dit scenario wordt in ieder geval wel voldaan aan de compositie van legeringselementen, maar nader onderzoek van spoorstaaf experts bij ProRail wordt geadviseerd.

CONCLUSIE

Uit de theoretische gevoeligheidsanalyse / analyse van verbetering t.a.v. verduurzaming van spoorstaven, komen een aantal opties naar voren die verder onderzoek behoeven.

Aan de achterkant van de levenscyclus, bij eind van de levensduur, kan mogelijk winst worden behaald. Hergebruik van spoorstaven geeft de grootste winst wat betreft milieupact en CO₂ emissies, al is de mogelijkheid tot hergebruik beperkt. Hoogwaardig recyclen heeft vermoedelijk per saldo een grotere impact (op reductie van milieupact en CO₂ emissie), omdat dit vrijwel altijd mogelijk is. Het idee is om spoorstaven te recyclen tot nieuwe spoorstaven, waardoor men de cyclus (deels) sluit. Dit gebeurt in hoeverre bekend nog niet. Deze optie zou verder moeten worden onderzocht of de kwaliteit van spoorstaven uit vlamboogovens volstaat voor gebruik in het Nederlands spoornetwerk.