

**Earth, Life & Social Sciences**Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 42 56

**TNO-rapport****TNO 2014 R10907**

White Paper "Circulair Spoor":

Visie op de circulaire economie voor de spoorsector

|                 |   |
|-----------------|---|
| Datum           | 20 juni 2014  |
| Auteur(s)       | J.N. (Jacco) Verstraeten-Jochemsen MSc (TNO), Dr. A.G.T.M. (Ton) Bastein (TNO), Drs. S.E. (Suzanne) de Vos-Effting (TNO), Dr. ir. Hermen Jan van Ree (Royal HaskoningDHV), Ir. Thijs Cloosterman (ProRail), |
| Aantal pagina's | 27  |
| Aantal bijlagen | -   |
| Opdrachtgever   | ProRail   |
| Projectnaam     | Circulair Spoor   |
| Projectnummer   | 060.07087   |

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2014 TNO



## Inhoudsopgave

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Inleiding .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2</b>  | <b>De noodzaak van efficiënter gebruik van grondstoffen .....</b> | <b>7</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Wat is de circulaire economie? .....</b>                       | <b>9</b>  |
| <b>4</b>  | <b>Reële kansen voor een circulaire economie .....</b>            | <b>11</b> |
| <b>5</b>  | <b>Potentiele baten als basis voor business cases .....</b>       | <b>13</b> |
| <b>6</b>  | <b>Het stimuleren van circulariteit: het 7R-model .....</b>       | <b>17</b> |
| <b>7</b>  | <b>Uitdagingen en voorwaarden bij implementatie .....</b>         | <b>21</b> |
| <b>8</b>  | <b>De spoorsector als logische koploper .....</b>                 | <b>23</b> |
| <b>9</b>  | <b>Next steps: van theorie naar de praktijk .....</b>             | <b>25</b> |
| <b>10</b> | <b>Ondertekening .....</b>  | <b>27</b> |



# 1 Inleiding

De circulaire economie is als vernieuwend economisch model sterk in opkomst. Een strategische bedrijfsvoering binnen de spoorsector gericht op de circulaire economie kan op basis van voorzichtige eerste schattingen mogelijk tientallen miljoenen euro's per jaar opleveren. Zeker is dat een bijdrage aan de circulaire economie een aantal voordelen kan opleveren voor de concurrentiepositie van de spoorsector als geheel, het milieu en individuele bedrijven. Er is bijvoorbeeld een sterke relatie tussen materiaalgebruik en CO<sub>2</sub>-emissies doordat productieprocessen mondiaal en ten behoeve van de spoorsector een groot deel van het energieverbruik voor hun rekening nemen.

Het project "Circulair Spoor", een initiatief van ProRail, Royal HaskoningDHV, RailPro, BAM en AssetRail, tracht de voordelen van een circulaire economie als onderdeel van de bedrijfsstrategie te demonstreren. Gezamenlijk wordt gezocht naar geschikte business cases die niet alleen bijdragen aan een circulaire economie, maar ook de bedrijven en de sector zelf vooruit helpen. De aanpak die deze ketenpartners daarmee ontwikkelen, maakt het mogelijk om circulariteit tot een kernstrategie van een bedrijf en keten te maken. Ze zijn hiermee koplopers in en buiten Nederland: vergelijkbare initiatieven concentreren zich tot nu toe veelal op een enkel product of materiaal en niet op een bedrijf of keten als geheel.

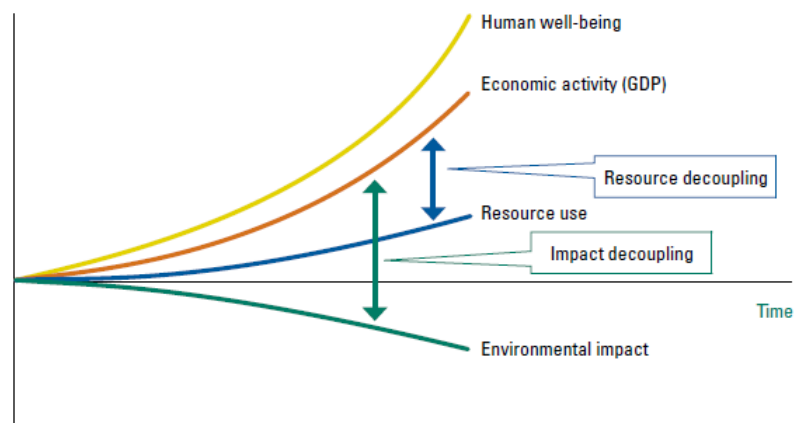
ProRail heeft TNO de opdracht gegeven om de huidige stand van zaken met betrekking tot de circulaire economie te schetsen. De komende pagina's van deze White Paper schetsen de visie op de circulaire economie in het algemeen en de spoorsector in het bijzonder, die "Circulair Spoor" wilt uitdragen naar de spoorsector en andere partijen in Nederland. Deze rapportage maakt daarmee duidelijk wat het initiatief "Circulair Spoor" beoogt en is het beginpunt voor de verkenningen die zij momenteel uitvoert, op zoek naar de juiste business cases. Het vinden van een dergelijke business case is niet het uiteindelijke doel van "Circulair Spoor": het gaat er om te laten zien hoe een circulaire business case gevonden en onderbouwd kan worden, zodat lang nadat het project "Circulair Spoor" is afgerond andere ketenpartners dezelfde stappen kunnen herhalen en een circulaire economie een continu streven is geworden.



## 2 De noodzaak van efficiënter gebruik van grondstoffen

Gedurende de 20<sup>e</sup> eeuw is de groeiende wereldbevolking een factor 34 keer meer materialen gaan gebruiken, 27 keer meer mineralen, 12 keer meer fossiele brandstoffen en 3,6 maal meer biomassa<sup>1</sup>. Het niveau waarop de mensheid natuurlijke hulpbronnen zoals water, energie, grondstoffen en vruchtbaar land consumeert stijgt nog steeds in rap tempo. De bevolkingsgrootte blijft toenemen, zodat naar schatting de wereldbevolking de 9 miljard in 2050 passeert en in 2100 tot 10,1 miljard is gestegen<sup>2</sup>. Als gevolg daarvan is er sprake van toenemende schaarste en stijgen prijzen van brandstoffen en vele grondstoffen en mineralen. Daarnaast wordt ons milieu belast door uitstoot van materialen via emissies en afval, nemen bosarealen en visvoorraden af en sterven dier- en plantensoorten uit.

Om ondanks bevolkingsgroei en welvaartsgroei de grenzen van de aarde niet te overschrijden, zullen we moeten zorgen voor een enorme verbetering in de wijze waarop we met onze hulpbronnen omgaan<sup>3</sup>. In de achter ons liggende decennia zijn op dat terrein grote stappen gemaakt. Zo onttrok de wereldeconomie in 2005 ongeveer 30% minder grondstoffen per euro omzet dan in 1980<sup>4</sup>. Toch is in absolute zin de onttrekking van natuurlijke hulpbronnen in diezelfde periode sterk gestegen. 'Gewone' toename van de efficiëntie waarop we met hulpbronnen omgaan is niet toereikend. We zullen moeten streven naar manieren die leiden tot meer welvaart voor meer mensen met minder materialen en vooral lagere milieudruk: de zogenaamde ontkoppeling.



Figuur 1: Ontkoppeling (*decoupling*) volgens het UNEP<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UN Environment Programme, 2011, "Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth"

<sup>2</sup> UN Department of Economic and Social Affairs, 2013, "World Population Prospects: The 2012 Revision"

<sup>3</sup> Rockström, J; Steffen, WL; en 26 co-auteurs, 2009, "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity"

<sup>4</sup> SERI, 2009, "Overconsumption? Our use of the world's natural resources"

‘Resource decoupling’ staat tegenwoordig hoog op de nationale en Europese politieke agenda onder de term ‘resource efficiency’: het efficiënt omgaan met grondstoffen.

Dit is onder andere terug te vinden in de “Roadmap to a Resource Efficient Europe” van de Europese Commissie<sup>5</sup> en het programma van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu genaamd “Van Afval naar Grondstof”<sup>6</sup>. Voor de spoorsector is het ook een onderwerp in de voorlopige versies van beheerconcessie van 2015-2025<sup>7</sup>, waarin de kaders voor de werkzaamheden van ProRail worden vastgesteld.

Een praktische uitwerking van *resource efficiency* is de circulaire economie: een economie waarin materialen zo lang mogelijk blijven circuleren in kringlopen. Het concept circulaire economie staat breed in de belangstelling in het bedrijfsleven en wekt zowel interesse als enthousiasme. Een belangrijke reden hiervoor is dat het concept positief ingestoken: het benadrukt economische kansen in plaats van ecologische bedreigingen. Het concept stelt de levensduur en herbruikbaarheid van producten en grondstoffen centraal via bijv. gedeeld gebruik, reparatie, hergebruik, renovatie en recycling. Dit is ook een kracht van circulaire economie: het geeft een groot scala aan opties voor verbetering.

---

<sup>5</sup> European Commission, 2011 (Brussels), “Roadmap to a Resource Efficient Europe”

<sup>6</sup> Brief aan de 2<sup>e</sup> kamer van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, 20 juni 2013, “Van Afval naar Grondstof”

<sup>7</sup> Ministerie van Infrastructuur en Milieu, april 2014, kamerstuk 29984 nr. 482, “Concept-ontwerpbeheer concessie 2015-2015”

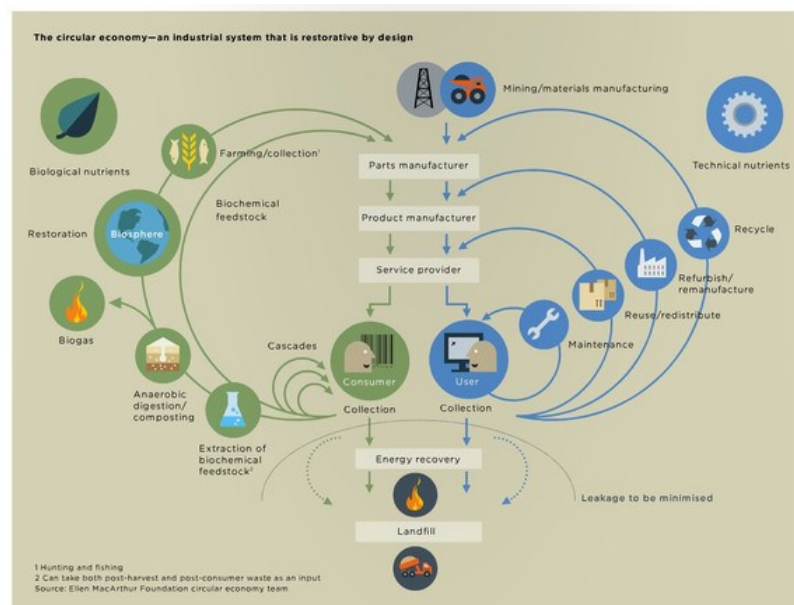


### 3 Wat is de circulaire economie?

De circulaire economie, zoals beschreven door de Ellen MacArthur Foundation (EMF) is een economisch systeem waarin verbruik van grondstoffen en afvalproductie geminimaliseerd is<sup>8</sup>. Producten worden zo ontworpen dat zij aan het einde van hun levensduur biologisch afbreekbaar of technisch demontabel zijn. De grondstoffen en productonderdelen die worden teruggewonnen, worden (her)gebruikt voor soortgelijke of nieuwe toepassingen. Materialen blijven hierdoor in en tussen ketens circuleren, vandaar de term. Belangrijk aspecten daarbij zijn dat materialen korte ketens doorlopen, zo lang mogelijk circuleren, gecascadeerd worden en zo lang mogelijk zuiver en kwalitatief hoogwaardig blijven.

Het EMF model kent een zogenaamde bio-cyclus en een techno-cyclus, beide met hun eigen ontwerpcriteria. De bio-cyclus bevat organische stoffen zoals plantaardige en dierlijke (bij)producten. In de bio-cyclus keren producten na gebruik als biomassa terug in de biosfeer – hetzij rechtstreeks, hetzij na een cascade van opeenvolgend gebruik. Aan het einde van hun levensduur vormen producten voedingsstoffen voor bijvoorbeeld de bodem, zonder het milieu negatief te beïnvloeden.

De techno-cyclus bevat anorganische producten en materialen zoals metalen en kunststoffen. Deze dienen we te behouden om de behoefte aan niet-hernieuwbare grondstoffen en hulpbronnen te reduceren en de daarmee gemoeide vervuiling te voorkomen. Dit vraagt om goed doordachte structuren betreffende materiaalstromen en informatie alsmede nieuwe netwerken voor het collecteren en uitwisselen van materialen.



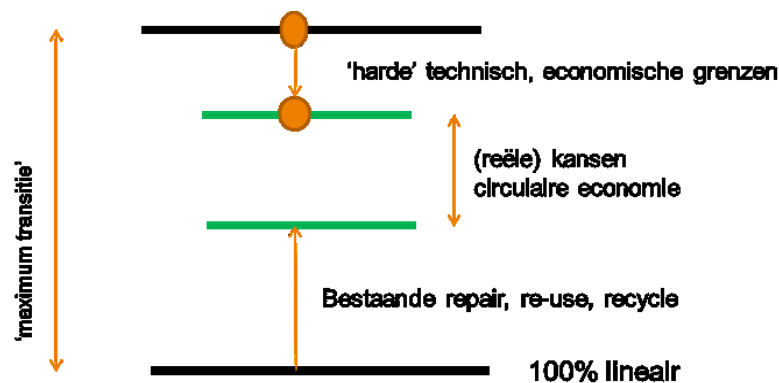
Figuur 2: De circulaire economie volgens de Ellen MacArthur Foundation<sup>4</sup>

<sup>8</sup> Ellen MacArthur Foundation, 2013, "Towards The Circular Economy, Volume 1"



## 4 Reële kansen voor een circulaire economie

Een deel van onze economie is al circulair. Denk aan de kleermaker om de hoek, de composthoop in de tuin of de advertenties op marktplaats.nl. In Nederland recyclen we al 78% van ons afval, 19% wordt verbrand en slechts 3% wordt gestort<sup>9</sup>. Ons land neemt daarmee een vooraanstaande positie in Europa op het gebied van afvalverwerking. Dit is echter nog niet voldoende: veel recycling maakt van hoogwaardige producten een laagwaardig product (“downcycling”). Daarentegen zal het ook niet mogelijk zijn om een 100% circulaire economie te bereiken: er zijn ‘harde’ technische en economische grenzen aan ons huidige kunnen. Het is bijvoorbeeld onmogelijk om op korte termijn helemaal over te stappen op duurzame energie: ons huidige energienet kan dat technologisch nog niet aan.



Figuur 3: De reële kansen van de circulaire economie

Ondanks dat een volledig circulaire economie niet realistisch is, zijn de verwachte baten van de reële kansen voor een meer circulaire economie substantieel. Financiële kostenbesparingen en extra inkomsten vanuit duurzame, hoogwaardige producten kunnen binnen 10 jaar leiden tot jaarlijkse baten voor Nederland van € 7,3 miljard waarmee 54.000 banen gemoeid zijn<sup>10</sup>. Als we kijken naar de relatieve grootte van de spoorsector in de Nederlandse economie (en de verschillen tussen economische sectoren voor het gemak even buitenwege laten) komt dit voor de spoorsector neer op enkele tientallen miljoenen per jaar aan potentiële economische baten.

<sup>9</sup> Rijkswaterstaat Leefomgeving, 2013, “Nederlands afval in cijfers, gegevens 2006-2010”

<sup>10</sup> TNO, 2013, “Kansen voor de circulaire economie in Nederland”



## 5 Potentiele baten als basis voor business cases

Introductie van de circulaire economie als onderdeel van de bedrijfsstrategie is gebaat bij het inzichtelijk maken van de kosten en baten. Goede indicatoren voor circulaire economie reflecteren de (maatschappelijke) effecten van circulaire economie aanpakken, sluiten aan bij ambities en doelstellingen van de organisatie en ondersteunen besluitvormingsprocessen. De indicatoren moeten daarvoor begrijpelijk zijn en beperkt in aantal.

Een deel, maar niet alle effecten van circulaire economie laten zich bovendien kwantificeren. Door te kwantificeren welke kosten en baten verwacht worden kunnen alternatieven en business cases sneller geprioriteerd worden. Hierbij is de huidige gang van zaken de referentie, en gaat het om het duiden van de veranderingen. Onderstaand figuur somt de voornaamste mogelijke voordelen op, en waar mogelijk wordt aangegeven hoe deze te kwantificeren zijn.

Tabel 1 Potentiele baten voor economie, milieu en de bedrijfsvoering als gevolg van circulaire economie. De baten met een voetnoot zijn te kwantitatief vast te stellen aan de hand van indicatoren. De overige baten zijn kwalitatief in te schatten.

| Potentiele baten in de bedrijfsvoering   | Potentiele baten voor de economie  | Potentiele baten voor het milieu  |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verminderen van ketenrisico's (zoals prijsfluctu)</li> <li>• Duurzame klantrelaties</li> <li>• Kostenbesparingen<sup>11</sup></li> <li>• Stimuleren van innovatie in bedrijf en keten</li> <li>• Bijdrage aan MVO-beleid</li> <li>• Bijdrage aan CO<sub>2</sub>-prestatieladder<sup>12</sup></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extra werkgelegenheid<sup>13</sup></li> <li>• Productiviteitsgroei<sup>14</sup></li> <li>• Betere internationale concurrentiepositie<sup>15</sup></li> <li>• Minder afhankelijkheid van kritieke grondstoffen<sup>16</sup></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot gedurende de levenscyclus van producten<sup>8</sup></li> <li>• Vermindering van het gebruik van (schaarse) grondstoffen<sup>17</sup></li> <li>• Vermindering van milieuvervuiling (MKI) over de levenscyclus<sup>18</sup></li> </ul> |

<sup>11</sup> Levenscycluskosten [Euro's]

<sup>12</sup> Verschil in CO<sub>2</sub> footprint [kg CO<sub>2</sub>-eq.] – aansluitend bij de CO<sub>2</sub> prestatieladder en onderliggende maat in de Milieu Kosten indicator uit de bepalingsmethode voor milieuprestatie gebouwen/ GWW werken (beide gehanteerd in aanpak Duurzaam GWW)

<sup>13</sup> Banen [zowel werkzame personen als arbeidsvolume]

<sup>14</sup> Toegevoegde waarde per werknemer [Euro's per fte]

<sup>15</sup> Handelsbalans [export – import]

<sup>16</sup> Milieurekeningen en data m.b.t. internationale handel [import van specifieke grondstoffen en intermediaire producten, uitgedrukt in volumes (kg, ton) etc.]

<sup>17</sup> Verschil in schaarste ten gevolge van gebruik van abiotische grondstoffen, [kg SB.-eq]. Deze maat voor schaarste ligt onder de MKI berekening (zie voetnoot 15).

<sup>18</sup> Milieu kosten indicator [MKI]. LCA-maat zoals voorgeschreven in bepalingsmethode voor milieuprestatie gebouwen/ GWW werken en gehanteerd in DuboCalc (duurzaam GWW)

Circulair economische concepten kunnen binnen de bedrijfsvoering van een individuele ondernemer al tot grote voordelen leiden, bijvoorbeeld door kostenbesparingen. In veel gevallen echter zal implementatie van circulair economische concepten leiden tot nieuwe en nauwe samenwerkingsverbanden met toeleveranciers en afnemers om gezamenlijk te werken aan optimalisatie van dienst, proces of product. Een dergelijke ketenintegratie levert potentiële baten zoals leveringszekerheid en prijszekerheid. Tegelijk kunnen leveranciers hiermee een intensievere klantrelatie vorm geven, waarbij nieuwe producten en diensten worden ontworpen en risico's en investeringen worden gedeeld. Tenslotte leveren de maatschappelijke baten van een circulaire economie een bijdrage aan het MVO-beleid van een onderneming en kunnen ze voordelen opleveren in aanbestedingen met EMVI-criteria en verkopen aan bedrijven met een duurzame inkoopbeleid.

Zoals de term circulaire economie al doet vermoeden, biedt het concept ook potentiële voordelen voor de economie als geheel. Kort gezegd kan het stimuleren van de circulaire economie zorgen voor meer werkgelegenheid en productie in Nederland door nieuwe bedrijvigheid. Dit is een beoogde netto toename van welvaart, geen herverdeling van welvaart of zelfs maar een vergroting van de economie door het vergroten van de publieke bestedingen. De welvaartstoename komt voort uit het beter benutten van productiefactoren (o.a. grondstoffen, arbeid, machines) en/of door een verbetering van de handelsbalans. Een voorbeeld is het voorkomen van import van producten uit het buitenland: in plaats van het importeren van grondstoffen worden lokaal grondstoffen gerecycled. Tenslotte is de verwachting dat ten gevolge van schaarste de prijzen voor kritieke grondstoffen gaan stijgen, wat zijn invloed zal hebben op de economische ontwikkeling.

Naast commerciële en economische baten biedt een meer circulaire economie ook mogelijke milieuvoordelen. De winning van grondstoffen heeft gevolgen voor de toekomstige beschikbaarheid van die grondstoffen (schaarste) en gaat meestal gepaard met milieuschade, net als de verwerking van afval. Uiteindelijk belanden alle materialen in de vorm van emissies of (rest)afval in het milieu. Momenteel wordt er binnen en buiten de spoorsector veel belang gehecht aan het verminderen van de uitstoot van CO<sub>2</sub> door de grote gevolgen die klimaatverandering kan hebben. De brede range van andersoortige milieueffecten, zoals toxiciteit, luchtkwaliteit en verzuring, wordt in de infrasector veelal samengevat met een Milieu-Kosten Indicator (MKI)<sup>19</sup>. Schaarste van abiotische grondstoffen (materialen en energie) is een van de onderliggende milieueffecten in de MKI berekening. Schaarste wordt hier berekend op basis van die hoeveelheid benodigde abiotische grondstoffen (energie en materialen zoals ijzer, koper etc.) en de mate van schaarste van die grondstoffen op basis van de voorraden die er wereldwijd zijn.

Bij de introductie van de circulaire economie kunnen de baten verschuiven, waardoor er niet alleen winnaars zijn, maar mogelijk ook verliezers of nadelen voor de economie of het milieu. Uitbreiding van de marktpositie van het ene bedrijf, kan krimp voor het andere bedrijf betekenen. Innovatie in het kader van de circulaire economie kan er ook toe leiden dat er juist arbeidsplaatsen verloren gaan ("creatieve destructie").

---

<sup>19</sup> In de aanpak Duurzaam GWW, waar veel infrastructuur organisaties inclusief ProRail hun commitment aan hebben gegeven middels een Green Deal, wordt gewerkt met CO<sub>2</sub> en MKI prestatie-indicatoren in aanbestedingen. Zie ook [www.duurzaamgww.nl](http://www.duurzaamgww.nl).

Een laatste voorbeeld: een oplossing die een financiële business case levert zou in plaats van een verlaging van de milieubelasting ook een verhoging van de milieubelasting kunnen opleveren, net als dat milieubesparende oplossingen soms meer geld kosten.

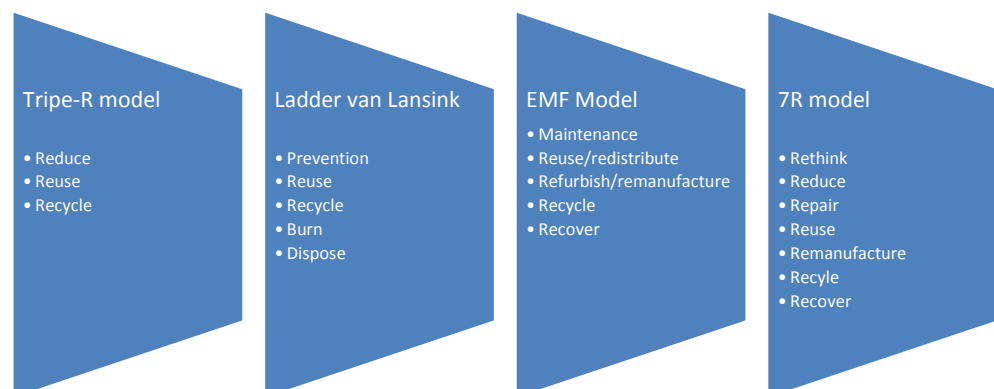
Kortom, een evenwichtige business case brengt winnaars en verliezers in kaart en hier zal zorgvuldig mee omgegaan moeten worden.





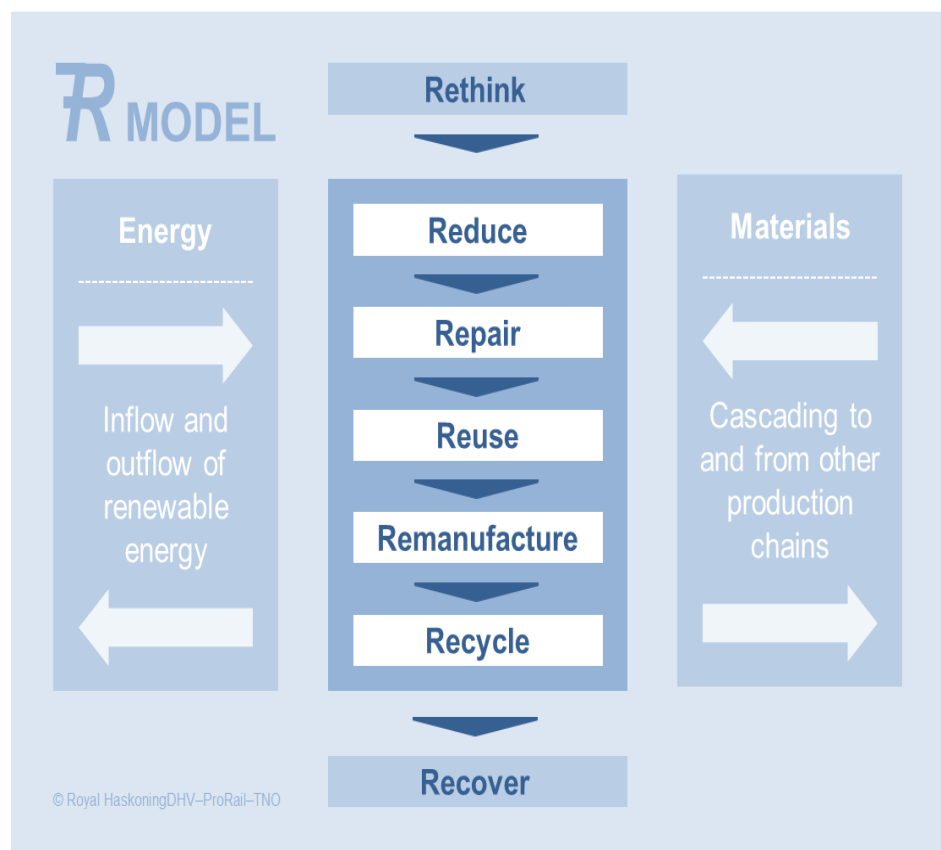
## 6 Het stimuleren van circulariteit: het 7R-model

In de circulaire economie staat het efficiënt gebruik van grondstoffen centraal, waarbij onderscheid wordt gemaakt in de wenselijkheid van verschillende manieren van (her)gebruik. In de laatste decennia zijn verschillende “afval hiërarchieën” ontwikkeld die aangeven welke vorm van materiaalgebruik te prefereren is en die ook toepasbaar zijn op de circulaire economie. Eén van de eersten waren het Triple-R model (Reduce, Reuse, Recycle) en de Nederlandse Ladder van Lansink<sup>20</sup>. Ook de Ellen McArthur Foundation (EMF) stelt een afval hiërarchie voor op basis van haar systeemmodel van de circulaire economie. De genoemde hiërarchieën hebben een grote mate van overlap maar ook een aantal termen die niet gedeeld worden. Voor toepassing op de spoorsector hebben we daarom het 7R model ontwikkeld: geen nieuwe hiërarchie, maar een samenvoeging van de belangrijkste voorgangers in één uniform model. De elementen van deze hiërarchie zijn (op volgorde van wenselijkheid): *Rethink*, *Reduce*, *Repair*, *Reuse*, *Remanufacture*, *Recycle* en *Recover*. Als men daarbij de principes voegt die gebaseerd zijn op de herkomst van materialen (het gebruik van hernieuwbare bronnen en cascadering naar zo hoogwaardig mogelijke toepassingen) komt men tot het volledige 7R model.



Nadeel van afval hiërarchieën is dat de nadruk wordt gelegd op het volume materiaal dat wordt gebruikt. Hiermee wordt niet gelet op het verminderen van de negatieve effecten van materiaalgebruik (de gevolgen voor ecosystemen, schaarste, etc.) of op de positieve effecten voor bedrijven (klantrelatie, leveringszekerheid, etc.) of economie (banen en toegevoegde waarde). Het efficiënter omgaan met grondstoffen hoeft niet altijd positieve gevolgen voor de bedrijfsvoering of het milieu te hebben: overstappen naar een materiaalsoort met een langere levensduur kan ook betekenen dat er meer energie wordt verbruikt in het productieproces of de productie afhankelijk wordt van een schaarse grondstof met sterk fluctuerende prijzen. In de spoorsector is het 7R model daarom vooral te gebruiken om mogelijke circulaire alternatieven voor de huidige producten te identificeren, maar niet direct om ze te prioriteren.

<sup>20</sup> De ladder van Lansink is vernoemd naar de politicus Ad Lansink, die in 1979 een motie voor deze vorm van afvalbeheer indiende in de 2e kamer. De herkomst van het Triple R-model is onbekend bij de schrijvers van dit rapport.



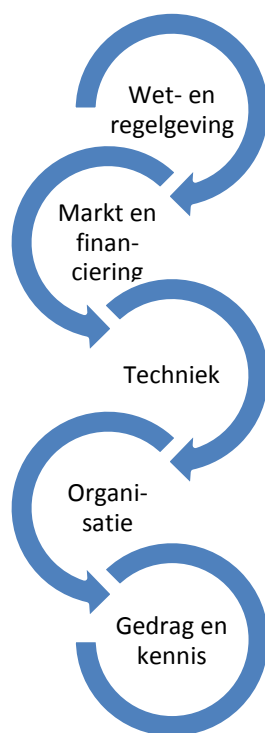
Figuur 4: Het 7R model

| Begrip               | Definitie   | Voorbeelden   |
|----------------------|---|---|
| <b>Rethink</b>       | Verminder <b>materiaalgebruik</b> van het gehele systeem door het gebruik van producten en materialen te heroverwegen en alternatieven voor producten en materialen te vergelijken.   | Het vervangen van een centrale energievoorziening voor treinstellen via bovenleidingen met een autarkisch aandrijvingssysteem op de treinen zelf. |
| <b>Reduce</b>        | Verminder het <b>materiaalgebruik</b> door slimmer productontwerp waardoor minder materiaal nodig is, of door materiaal of producten met een langere levensduur te gebruiken  | Gebruik van holle dwarsliggers met dezelfde functionaliteit   |
| <b>Repair</b>        | Verleng de levensduur van een <b>product</b> door slim ontwerp en goed onderhoud waardoor het langer door het bedrijf zelf in gebruik kan worden gehouden   | Door slim monitoren en onderhoud het vervangen van complete spoorstaven zo lang mogelijk uitstellen.  |
| <b>Reuse</b>         | Verleng de levensduur van een <b>product</b> door slim ontwerp of beperkte aanpassingen door het over te dragen aan andere gebruikers die het in originele vorm willen blijven gebruiken  | Het hergebruik van spoorstaven uit het reguliere spoornet op emplacementen.   |
| <b>Remanufacture</b> | Verleng de levensduur van <b>productonderdelen</b> door slim ontwerp en goed onderhoud, waardoor het product uit elkaar te halen is en de nog goed functionerende onderdelen kunnen worden hergebruikt, dan wel niet-functionerende onderdelen van het product kunnen worden vervangen. | Materieel zoals onderhoud- en schoonmaakapparatuur retourneren aan de producent die onderdelen hergebruikt in nieuwe producten.                   |
| <b>Recycle</b>       | Verleng de levensduur van <b>materialen</b> door slim ontwerp en goed onderhoud, waardoor het mogelijk is het product uit elkaar te halen en de materialen in andere producten te verwerken.  | Het staal voor spoorstaven opwerken en omsmelten, bijv. door toevoeging van schroot, voor gebruik in de bouwsector.                               |
| <b>Recover</b>       | (Her)win de <b>energie</b> die is opgeslagen in een product, productonderdeel of materialen door het te verbranden  | Houten dwarsliggers verkopen als brandhout.   |



## 7 Uitdagingen en voorwaarden bij implementatie

Bedrijven zijn vaak al goed in het grijpen van kansen als het gaat om mogelijkheden om meer toegevoegde waarde te creëren binnen hun huidige bedrijfsprocessen en met de huidige producten. De meest trefzekere aanpak voor een bedrijf is daarom naar zijn eigen bestaande bedrijfsprocessen te kijken en deze te optimaliseren. Welke afdelingen zijn momenteel al bezig met de inkoop van materialen of de reparatie van materieel? Soms kunnen bepaalde barrières echter zorgen dat kansen niet gegrepen worden binnen een organisatie, terwijl deze wel gunstig zouden uitpakken.



Deze barrières kunnen zowel binnen het bedrijf als daarbuiten liggen, en dit heeft invloed op hoe zeer een bedrijf invloed heeft. Er zijn vijf typen barrières (op volgorde van extern naar intern): barrières gerelateerd aan beleid, wet- en regelgeving, financiële en markt-gerelateerde obstakels, technologische problemen, organisatorische barrières en gedrag-gerelateerde obstakels<sup>21</sup>.

Deze barrières staan niet op zich maar treden vaak samen op. Tegelijk kan een verandering (bijv. wetgeving of nieuwe financieringsmogelijkheden) als vliegwiel functioneren om alle andere obstakels te slechten. Daarom is duidelijk dat de transitie vaak zal vragen om samenwerking tussen overheid, wetenschap en bedrijfsleven zodat tegelijkertijd de kaders, kennis en producten kunnen worden ontwikkeld. Idealiter middels een verband waarin alle spelers uit een productieketen zijn vertegenwoordigd. Een verband waarin kennis, ervaring en *best practices* in een competitievrije omgeving kunnen worden gedeeld.

<sup>21</sup> TNO, 2012, "Business barriers to the uptake of resource efficiency measures"

| Type obstakel                      | Definitie  | Voorbeelden  |
|------------------------------------|--|--|
| <b>Beleid, wet- en regelgeving</b> | Obstakels veroorzaakt door het politieke en juridische landschap | Voorschriften en richtlijnen voor de spoorsector, Europese normen en aanbestedingsregels                   |
| <b>Markt en financiering</b>       | Obstakels veroorzaakt door het economisch landschap              | Monopolies, transparantie, subsidies, machtsverhoudingen   |
| <b>Techniek</b>                    | Complicaties voorkomend uit de inzet van techniek                | Hoge aanschafkosten, complexe technologie, technologie nog niet volledig ontwikkeld                        |
| <b>Organisatie</b>                 | De sociale context binnen het bedrijf en in de keten.            | Beperkende strategische focus, geen investeringsbereidheid, bestaande processen en afdelingen voldoen niet |
| <b>Gedrag</b>                      | Waarden en houding van individuele personen                      | Gebrek aan aandacht, gevoel van machteloosheid, beperkte ervaring of kennis                                |

Niet alle obstakels zijn te overwinnen: een sluitende business case, is een voorwaarde voor succes voor bedrijven en daarmee eerder een vereiste dan een obstakel die in dit rijtje moet worden opgenomen. Om de circulaire economie tot strategie van het bedrijf te stellen, zal dus voor elke sector een set specifieke randvoorwaarden gelden. In het geval van het spoor zal beschikbaarheid en veiligheid van de spoortrajecten bovenaan de prioriteitenlijst staan. Een vaak gebruikte methode om randvoorwaarden te benoemen is RAMS (afkorting voor *Reliability, Availability, Maintainability* en *Safety*, voor de spoorsector o.a. uitgewerkt in Europese norm EN50126 en een leidraad van RWS<sup>22</sup>. ProRail hanteert zelf een leidraad waarin de methode wordt uitgebreid met *Health* en *Environment* (RAMSHE) waardoor ook duurzaamheidsaspecten tot randvoorwaarde worden gesteld<sup>23</sup>. Het initiatief “Circulair Spoor” kan daardoor worden gezien als een initiatief dat probeert verdere invulling te geven aan het deelaspect *Environment* in de uitvoering van de leidraad.

<sup>22</sup> Rijkswaterstaat, 2010, “Leidraad RAMS: sturen op prestaties van systemen”

<sup>23</sup> ProRail, “Leidraad voor RAMSHE – LCM-studie”

## 8 De spoorsector als logische koploper

Het Nederlandse spoornet bestaat uit een omvangrijk aantal componenten en bouwwerken, waaronder:

- 6,317 km spoor
- 7,505 wissels
- 11,683 seinen
- 2,731 overwegen
- 1,253 kunstwerken
- 404 stations

Deze componenten van het spoornet bevatten en gebruiken grote hoeveelheden materialen als koper, staal, aluminium en beton. Alleen al door de grote materiaalstromen die zijn gerelateerd aan de spoorsector in Nederland, is de circulaire economie voor deze sector een logisch perspectief op zoek naar duurzamere bedrijfsprocessen. Daarnaast heeft de spoorsector een aantal kenmerken waardoor zij zich uitermate goed leent om het voortouw te nemen in de transitie naar een meer circulaire Nederlandse economie. Deze kenmerken maken dat de uitdagingen bij implementatie voor ProRail kleiner kunnen zijn dan voor andere bedrijven:

### Beleid, wet- en regelgeving

- ProRail schrijft veel regelgeving zelf en heeft mogelijkheden om de regelgeving en standaarden in de sector (binnen een bepaalde bandbreedte) aan te passen<sup>24</sup>
- ProRail is betrokken bij het opstellen en ondertekenen van een aantal Green Deals, die beperkende wet en regelgeving kunnen aanpassen<sup>25</sup>
- Fictieve korting op aanbestedingssommen op basis van het niveau op de CO<sub>2</sub> Prestatie Ladder is ondertussen gemeengoed – hetzelfde concept is denkbaar voor circulaire initiatieven (“Circulaire Prestatie Ladder”)

### Markt en financiering

- De spoorinfra sector wordt de komende jaren geconfronteerd met structurele budgetverlagingen waardoor de zoektocht naar kostenbesparende maatregelen meer aandacht krijgt.
- In de spoorsector is een relatief kleine groep financiers en afnemers actief waardoor een sectortransitie een beperkt aantal koplopers vergt.

### Techniek

- Spoorsector is van oudsher systeemgericht, waardoor veel spoorcomponenten modulair van aard zijn

---

<sup>24</sup> Zoals de eerder besproken “Leidraad voor RAMSHE – LCM-studie”

<sup>25</sup> Bijvoorbeeld de Green Deal “Duurzaam GWW”, d.d. 10 juni 2014, met 21 ondertekenaars waaronder ProRail en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

- Veel spoorcomponenten zijn eenvoudig van materiele aard, d.w.z. bevatten slechts enkele dominante grondstoffen en zijn weinig complex qua ontwerp

### Organisatie

- Het ministerie van Infrastructuur & Milieu heeft duidelijke ambities op het gebied van circulaire economie<sup>26</sup>
- Efficiënt materiaalgebruik wordt als prioriteit beschreven in de Lange Termijn Spoor Agenda<sup>27</sup>
- ProRail is een multidisciplinaire organisatie met o.a. integratie van afdelingen gericht op inkoop, onderhoud, reparatie en gebruik, waardoor integrale afweging in het kader van circulaire processen mogelijk is.

### Gedrag

- Veel werknemers en werkgevers binnen de spoorsector willen graag bijdragen aan een duurzame samenwerking<sup>28</sup>
- Er is een sterke focus op duurzaam gedrag door o.a. de CO<sub>2</sub> Prestatie Ladder en het samenwerkingsverband Duurzaam GWW<sup>29</sup>.

---

<sup>26</sup> Brief aan de 2<sup>e</sup> kamer van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, 20 juni 2013, "Van Afval naar Grondstof"

<sup>27</sup> Ministerie van Infrastructuur en Milieu, april 2014, kamerstuk 29984 nr. 482, "Concept-ontwerpbeheer concessie 2015-2015"

<sup>28</sup> Een mooi voorbeeld van samenwerking, gericht op maatschappelijke meerwaarde, in de sector is de vereniging Railforum ([www.railforum.nl](http://www.railforum.nl))

<sup>29</sup> Duurzaam GWW is een samenwerkingsverband van opdrachtgevers in de GWW-sector, waaronder ProRail, gericht op het duurzamer maken van de Spoor- en Grond, Weg- en Waterbouw. Zie ook [www.duurzaamGWW.nl](http://www.duurzaamGWW.nl).



## 9 Next steps: van theorie naar de praktijk

Als initiatiefnemers van “Circulair Spoor” willen ProRail, Royal HaskoningDHV, RailPro, BAM en AssetRail het goede voorbeeld geven. Op basis van een *quick scan* inzake materiaal intensieve spoorelementen, uitgevoerd door Royal HaskoningDHV, zullen zij het aankomende half jaar werken aan een circulaire business case voor ballast, spoorstaven, wissels, rijdraden en etagerekken. De volgende vijf spoorcomponenten zijn geselecteerd om in “Circulair Spoor” onder de loep te nemen, waarbij elke partner ‘sponsor’ is van 1 casus:

**Ballast** - Iedere kilometer spoor wordt op zijn plaats gehouden door 5.850 ton ballast. Daarmee ligt er ruim 37 miljoen ton ballast in het Nederlandse spoor. Momenteel wordt een beperkt deel direct op locatie hergebruikt, maar het is niet duidelijk waar gebruikt ballast verder terecht komt. Aan ProRail de uitdaging om te beschouwen hoe ballast een meer circulair karakter kan krijgen.

**Spoorstaven** - Met 6.317 kilometer spoor, ligt er 12.634 kilometer spoorstaaf in Nederland. Met een gewicht van 54 ton per kilometer, ligt er dus zo’n 682.236 ton staal in het Nederlandse spoor. Momenteel wordt een groot deel van de gebruikte stukken spoorstaaf opgeknipt en afgevoerd naar de hoogoven of naar het buitenland. Aan RailPro de uitdaging om te beschouwen hoe spoorstaven een meer circulair karakter kunnen krijgen.

**Wissels** - Het Nederlandse spoornet kent 7.505 wissels, hoofdzakelijk 1:9 wissels bestaande uit 27 meter spoorstaaf. Met een gewicht van 54 kilogram per meter, komt dat overeen met 10.942 ton staal. De komende jaren worden vele wissels gesaneerd om het spoor meer robuust te maken. Hierdoor komen wissels vrij die bijvoorbeeld op een andere locatie ingezet kunnen worden. Aan Asset Rail de uitdaging om te beschouwen hoe deze wissels een meer circulair karakter kunnen krijgen.

**Rijdraad** - Van het gehele spoornet is momenteel 6.069 kilometer geëlektrificeerd. Met een gewicht van 1,79 ton per kilometer, hangt er zo’n 10.864 ton koper boven het Nederlandse spoor. Met de kennis dat koper steeds kostbaarder wordt, is het interessant om meer materiaal binnen de sector te houden. Aan BAM de uitdaging om te beschouwen hoe rijdraad een meer circulair karakter kan krijgen.

**Etagerekken** - Het totaal aantal stallingsplaatsen bij stations is nu zo’n 400.000 en groeit de komende jaren naar ruim 500.000. Het afgelopen decennium zijn er ruim 250.000 fietsplaatsen nieuw gebouwd en gemoderniseerd. Ruim de helft daarvan bestaat uit zogenaamde etagerekken – weer de helft daarvan is overkapt. Deze 125.000 etagerekken bevatten 6.112 ton staal, 451 ton zink, 266 ton RVS, 25 ton kunststof, 22 ton rubber, 1.755 ton glas, 823 ton aluminium en 7.843 ton beton. Hoe er gedurende en aan het einde van de levensduur met deze materialen wordt omgegaan is vooralsnog onduidelijk. Aan Royal HaskoningDHV de uitdaging om te beschouwen hoe deze stallingsplaatsen een meer circulair karakter kunnen krijgen.

Deze *White Paper* levert een gedeeld begrip van en visie op de circulaire economie en de reële potentie voor de spoorsector. Het geeft ook de basis voor een concreet stappenplan:

1. Dit begint met het definiëren van de baten die de verschillende betrokken partijen hopen te realiseren, zowel op bedrijfsniveau, als voor de Nederlandse economie en het milieu. De baten die zijn beschreven in hoofdstuk 5 kunnen hierbij een leidraad vormen.
2. Het 7R-model, zoals beschreven in hoofdstuk 6, geeft een manier om de huidige situatie m.b.t. de bovengenoemde spoorcomponenten te beoordelen en verschillende alternatieven, zoals meer hergebruik of beter onderhoud, te kunnen verkennen.
3. Door deze alternatieven te beoordelen op hun bijdrage aan de gewenste baten, kunnen de meest veelbelovende alternatieven worden geselecteerd. Hierbij moeten ook de belangrijkste randvoorwaarden, zoals RAMSHE (hoofdstuk 7) worden meegenomen in de overweging.
4. Tenslotte kunnen de obstakels die een mogelijke implementatie in de weg staan worden bekeken aan de hand van de voorbeelden in hoofdstuk 7. Het wegnemen van deze obstakels en het veranderen van de keten vormt daarmee het concrete handelingsperspectief dat Circulair Spoor uiteindelijk wil bieden.

Het uiteindelijke doel van Circulair Spoor is uiteindelijk niet slechts een eenmalige verbetering van een product, maar het toepassen en communiceren van het heldere stappenplan waarmee in het vervolg structureel gezocht kan worden naar nieuwe, circulaire, business cases.

## 10 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever

ProRail

T.a.v. Ir. T. (Thijs) Cloosterman

Moreelsepark 3

3511 EP Utrecht

Naam en functies van de medewerkers:

J.N. (Jacco) Verstraeten-Jochemsen MSc (TNO), Dr. A.G.T.M. (Ton) Bastein (TNO), Drs. S.E. (Suzanne) de Vos-Effting (TNO),

Dr. ir. Hermen Jan van Ree (Royal HaskoningDHV), Ir. Thijs Cloosterman (ProRail)

Periode waarin het onderzoek plaatsvond

April tot juni 2014

Naam en paraaf tweede lezer



Dr. ir. M.S. (Sten) de Wit

Ondertekening

Autorisatie vrijgave



J.N. (Jacco) Verstraeten-Jochemsen MSc  
Auteur

Ir. R.A.W. Albers MPA  
Research Manager