



# Circulaire Innovaties GWW



project 28.026: Circulaire Innovaties GWW

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat (WVL)  
Dhr. Bon Uijting



Opdrachtnemer: NIBE Research bv  
Bussummergrindweg 1B  
1406 NZ Bussum  
(T) 035-6948233  
(E) info@nibe.org  
website: www.nibe.org



document: 28.026.18.09.011/ml  
versie: def 2.4  
datum: 22 september 2018

projectleider: Mantijn van Leeuwen

Projectleden: Gert Jan van Beijnum  
Olga van der Velde  
Joost van Leeuwen

© 2018 NIBE Research bv

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 het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie.

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie is het niet toegestaan om:

- a) een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze openbaar te doen maken;
- b) een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures en ten behoeve van reclame of vergelijkende reclame;
- c) de naam en/of het logo van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, in welke verbinding dan ook, te gebruiken bij het openbaar maken van een deel of gedeelten van een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport en/of voor een of meer van de sub. b. genoemde doeleinden.

Het ter inzage geven van het rapport van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie aan direct belanghebbenden is toegestaan.

## INHOUD

1	SAMENVATTING.....	5
2	INTRODUCTIE.....	7
	2.1 Circulaire Economie.....	7
	2.2 Aanleiding van deze studie.....	7
	2.3 Doelstelling project.....	7
3	METHODE EN UITGANGSPUNTEN.....	8
	3.1 Grosslist.....	8
	3.1.1 Aanvulling vanuit de markt.....	8
	3.2 Vaststellen indicatoren.....	9
	3.3 Innovatiedossier.....	9
	3.4 Datakwaliteit.....	9
	3.5 Rekenmodel.....	10
4	REFERENTIES.....	13
5	BEOORDELINGSCRITERIA.....	15
	5.1 Circulariteit.....	15
	5.1.1 Ellen MacArthur – Material Circularity Indicator ( <i>bron: Ellen MacArthur Foundation</i> ).....	15
	5.2 Milieu.....	17
	5.3 Kosten.....	18
	5.4 Randvoorwaarden.....	18
	5.4.1 TRL.....	18
	5.4.2 REACH.....	19
	5.4.3 Overige randvoorwaarden.....	19
	5.5 Overzicht datakwaliteit.....	19
6	RESULTATEN.....	22
	6.1 Biobased Asfalt.....	22
	6.2 Houten geleiderail.....	23
	6.3 Houten Portaal.....	23
	6.4 Greenwall.....	25
	6.5 Accoya viaduct.....	26
	6.6 LE2AP.....	27
	6.7 LTA STAB.....	27
	6.8 Freement.....	29

6.9 Geopolymeren .....	30
6.10 Slimbreken van beton (zonder terugwinning cement) .....	31
6.11 H2H Accoya damwanden.....	32
<b>7 CONCLUSIES &amp; ADVIES .....</b>	<b>33</b>
7.1 Conclusies.....	33
7.1.1 Status CE innovaties.....	33
7.1.2 Opschaling.....	34
7.1.3 Data-kwaliteit en volwassenheid van de markt.....	34
7.1.4 LCC-data.....	34
7.1.5 Potentie .....	34
7.2 Advies .....	34
7.2.1 Implementatie.....	34
7.2.2 Uitwerking LCC-methode.....	35
7.2.3 Doorontwikkeling van het model.....	35
<b>8 BRONNEN.....</b>	<b>36</b>
BIJLAGE A. OVERZICHT VAN HET DOSSIER .....	37
BIJLAGE B. LIJST MET GEBRUIKTE AFKORTINGEN .....	39
BIJLAGE C GROSS LIST NA AANVULLING UIT DE MARKT .....	40
BIJLAGE D GEDETAILEERDE INVOER INNOVATIES.....	47
BIJLAGE E. LIJST VAN DEELNEMERS AAN DE WORKSHOP OM DE INDICATOREN VAST TE STELLEN.....	52
BIJLAGE F REFERENTIES.....	53

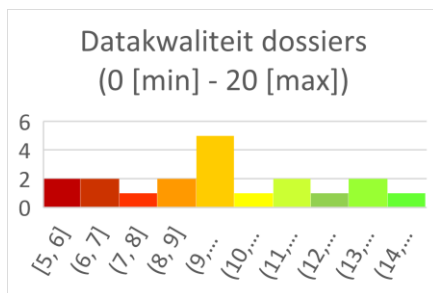
## 1 SAMENVATTING

In opdracht van Rijkswaterstaat is een overzicht opgesteld van circulaire innovaties, die beschikbaar zijn of op korte termijn beschikbaar komende en grootschalig kunnen worden toegepast op het RWS areaal. Daarbij rekening houdend met mogelijke risico's om "regret" maatregelen te vermijden. Dit heeft geresulteerd in een overzicht van 11 circulaire innovaties met impact, die snel zijn op te schalen en zonder aanwijsbare risico's. De tabel hieronder geeft het overzicht, waarbij de impact zowel is uitgedrukt als percentage reductie ten opzichte van het huidige gangbare referentie product als ook de potentiële reductie als de innovaties ingevoerd zou zijn op het gehele huidige RWS areaal. Dit laatste als indicatie van mogelijke procentuele verbetering bij RWS brede invoering, onder de aanname dat de uitvoeringsopdracht van de komende jaren ongeveer gelijk is qua opbouw als het huidige RWS areaal.

	Innovatie	Product			Areal		
		MKI	CO2	Primaire grondstof	MKI	CO2	Primaire grondstof
<b>Asfalt</b>	LE2AP	-52,8%	-53,5%	-93,0%	-12,8%	-11,6%	-17,1%
	Biobased	-10,3%	-12,7%	-2,1%	-5,0%	-5,8%	-1,2%
	LTA STAB	-15,1%	-29,2%	-19,8%	-3,7%	-6,9%	-7,6%
<b>Beton</b>	Freement	-40,0%	-41,9%	-94,9%	-6,5%	-7,1%	-30,0%
	Geopolymeer	-10,8%	-31,3%	-8,9%	-0,1%	-0,2%	-0,1%
	Slimbreken	-21,2%	-15,3%	-84,4%	-3,2%	-2,1%	-26,7%
<b>Biobased</b>	Geleiderail	-69,0%	-77,1%	-95,7%	-7,6%	-4,6%	-0,2%
	Greenwall	-14,6%	-62,1%	-98,1%	-0,4%	-2,3%	-2,9%
	Damwand	-72,2%	-95,9%	-100,0%	NB	NB	NB
	Viaduct	72,3%	-23,8%	-96,3%	4,4%	-1,7%	-9,7%
	Portaal	-78,0%	-94,2%	-87,9%	-0,4%	-0,6%	-0,04%

Overzicht van de prestaties van de berekende innovaties. NB=niet berekend. Alles weergegeven als procent verandering tov de referentie op Product niveau en op totaal areaal van RWS berekend.

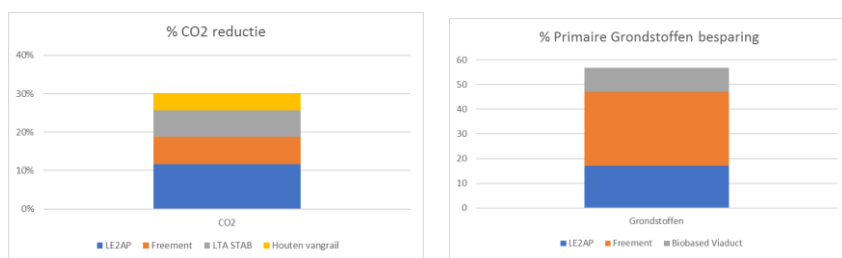
In de impact analyse per innovatie is uitgegaan van een beschouwingsperiode van 30 jaar, in afwijking van de gebruikelijke RWS standaard om 100 jaar te beschouwen. De periode van 30 jaar is gekozen, omdat zowel het klimaatakkoord als de transitieagenda circulaire bouwconomie uitgaan van het eindjaar 2050. Beide grote transities zijn beoogd voor 2050 voltooid te zijn, het voelt dus logisch om bij de beschouwing van de impact van maatregelen zich ook tot deze periode te beperken.



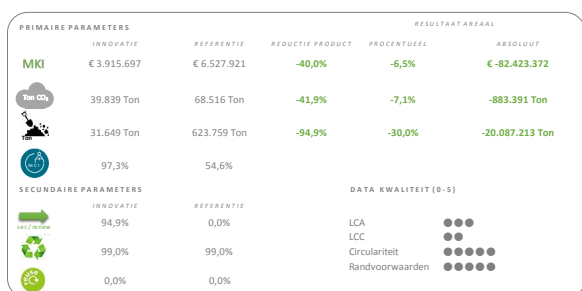
De beoordeling van de individuele innovaties is gedaan op basis van een dossier dat is uitgevraagd aan de innovatie eigenaren. De datakwaliteit van een dossier is beoordeeld aan de hand van een nieuw opgestelde methodiek (hfd 5) met als uitkomst een waarde tussen 0 (slecht) en 20 (optimaal). De verdeling van de datakwaliteit van de ontvangen dossiers is hiernaast weergegeven. In het algemeen was de kwaliteit laag en vrijwel alle dossiers waren incompleet. Met name informatie over LCC (life Cycle Costing) ontbrak of was zeer beperkt.

De analyse van de resultaten geeft qua impact van de innovaties wel een hoopvol beeld. Het lijkt ons dat met 3-5 innovaties (generieke innovaties, met per innovatie mogelijk meerdere uitvoerders of producent specifieke

oplossingen), met grote impact, RWS al een reductie van 30% op CO<sub>2</sub> en 50-60% op primair grondstofverbruik zou kunnen realiseren. Eigenlijk dus al bijna genoeg om tot 2030 aan de belangrijkste beleidsdoelen te voldoen, zoals de figuur hieronder laat zien.



De gebruikte methode en opgebouwd model levert per innovatie een score card af, met daarin de belangrijkste impacts van de innovatie kernachtig weergegeven. Een voorbeeld van een scorecard is hieronder opgenomen.



De kracht van de methode is zowel per innovatie een impact analyse te maken, maar indien gewenst ook per uitvoeringsopgave (bijvoorbeeld heel RWS areaal, maar mogelijk ook een individueel project).

Dashboard Freemont, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

Opvallend was het gebrek aan LCC data in de innovatie dossiers. Men zou toch denken dat een LCC essentieel is om de potentie van een innovatie goed in te schatten. Maar de praktijk leert ons dat vrijwel geen dossier een LCC berekening bevat en dat de meeste marktpartijen geen ervaring hebben met het opstellen van een LCC berekening. Hier is veel ruimte voor verbetering.

Het aspect van opschaalbaarheid is nu nog onvoldoende belicht. Ter illustratie: bij de houten producten is er nog geen duidelijk beeld van de hoeveelheid landoppervlak dat er nodig zou zijn om bijvoorbeeld de hele uitvoeringsopdracht van RWS de komende 10 jaar te bedienen. Idem dito is voor de Freemont toepassing nog niet geanalyseerd welke breker capaciteit nodig zou zijn, hoeveel brekers dit zou betekenen en welke investering hier bijvoorbeeld mee gemoed zou zijn en of dit realistisch zou zijn om dit in 10 jaar tijd op de markt te mogen verwachten. Een soortgelijke discussie speelt bij asfalt. Als we asfaltinnovaties met hoge percentages recycling en lage productietemperaturen willen, dan zullen er aanzienlijke investeringen gedaan moeten worden in de bestaande asfaltcentrales. Het is de vraag in hoeverre de markt in staat is deze investeringen te doen en hoe het risico op deze investeringen zal uitvallen.

## 2 INTRODUCTIE

### 2.1 Circulaire Economie

In september 2016 heeft het Rijk het Rijksbrede programma Circulaire Economie (CE) gelanceerd. Hierin wordt het perspectief op een toekomstbestendige, duurzame economie en een leefbare aarde voor toekomstige generaties geschetst. De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50% minder primaire grondstoffengebruik (mineraal, fossiel en metalen) en om in 2050 100% hernieuwbare (hergebruikte, gerecyclede/recyclebare en biobased) materialen toe te passen.

Rijkswaterstaat staat voor 'samen werken aan een veilig, leefbaar en bereikbaar Nederland'. In de grond-, weg- en waterbouw (GWW) sector worden vooral veel ruim voorradige grondstoffen gebruikt. Dit geldt in grote mate ook voor Rijkswaterstaat. De grootste materialenstromen zijn grond (incl. zand), asfalt en beton. Rijkswaterstaat heeft zelf de doelstelling om in 2030 'circulair te werken' en 50% minder primaire grondstoffen te verbruiken. Dit betekent dat in 2030 alle processen en werkwijzen zo zijn ingericht dat er optimaal circulair wordt gewerkt, een belangrijke tussenstap naar het circulair zijn in 2050. Hiertoe is het Impulsprogramma Circulaire Economie in de GWW ontwikkeld.

### 2.2 Aanleiding van deze studie

Eén van de hoofdthema's uit het Impulsprogramma is:

#### *Advies voor projecten en regio's, implementatie laaghangend fruit*

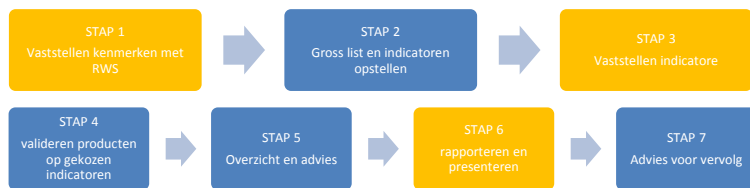
Innovaties die geen belemmering opleveren, proberen we breed op te schalen en te implementeren. Met deze concrete circulaire resultaten bieden we al op korte termijn handelingsperspectief en vervullen we een zichtbare voorbeeldrol. Dit vereist ook advies op maat voor projecten, afdelingen en regionale diensten. Zodoende is het noodzakelijk om inzicht te hebben in wat er op dit moment al mogelijk is op het gebied van Circulaire Economie qua (gedeeltelijke) circulaire oplossingen (bestaande uit producten, toepassingen, materialen en/of beschikbare technologieën) voor toepassing in het RWS areaal.

### 2.3 Doelstelling project

Doel is om een overzicht te krijgen van de huidige beschikbare en op korte termijn beschikbaar komende (deels) circulaire oplossingen, die kunnen worden toegepast op het RWS areaal. Dit overzicht van oplossingen moet gevalideerd worden op basis van een aantal indicatoren, zoals de mate van circulariteit, haalbaarheid en geschiktheid voor brede toepassing. Nevendoel is een breed overzicht van huidige en toekomstige circulaire oplossingen, het neerzetten van een basis voor het inrichten van een continu proces voor het inventariseren van circulaire toepassingen en het inrichten van vervolgstappen in het innovatieproces om circulaire innovaties te stimuleren.

### 3 METHODE EN UITGANGSPUNTEN

NIBE heeft de volgende procesaanpak gekozen:



De 2 belangrijkste beleidsdoelen van het kabinet hebben we centraal geplaatst: CO<sub>2</sub> reductie en reductie van gebruik van primaire grondstoffen. In overleg met RWS is vervolgens de set van kenmerken opgesteld:

- |                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| • Technologie Readiness Level (TRL) | randvoorwaarde            |
| • Schaalbaarheid                    | randvoorwaarde            |
| • Risico's (no-regret)              | randvoorwaarde            |
| • Kosten                            | Key Performance Indicator |
| • Milieuprestatie                   | Key Performance Indicator |
| • Circulariteit                     | Key Performance Indicator |

Vervolgens is er een gross list van innovaties opgesteld, uit de door RWS aangedragen bronnen en overige publieke bronnen en eigen projecten van NIBE. De gross list is gepubliceerd en er is een oproep aan de markt gedaan om innovaties aan te dragen, die nog niet op de gross list staan.

Daarna is in overleg met RWS een set van indicatoren opgesteld, die in een workshop met stakeholders definitief is vastgesteld. Aan de hand van de set van indicatoren zijn vervolgens innovatiedossiers opgesteld, welke zijn uitgevraagd aan de innovatie-eigenaren, voor innovaties die in een QuickScan uit het grote aanbod zijn gekozen. Innovaties met een ingeleverd dossier zijn vervolgens beoordeeld. Hieronder worden de processtappen in meer detail behandeld.

Al vroeg in het project is gekozen om in deze studie te focuseren op de droge infra. De vaar- en waterwegen en het hoogwaterbeschermingsprogramma van Rijkswaterstaat zijn buiten beschouwing gelaten in deze studie. Daarbij zijn ook gebouwen van Rijkswaterstaat (kantoren en andere gebouwen op het areaal) niet meegenomen in deze studie.

#### 3.1 Grosslist

Bij de start van het project is een eerste gross list opgesteld, die bestond uit het voorlopig startpakket innovaties van het projectteam InnovA58 [7], de ideeënlister van het projectteam N33 [12], de innovaties in het infra-innovatienetwerk van het CROW [13] en de gross list van het project voor de Stad Antwerpen van NIBE [14]. Dit resulteerde in een gross list, die is gepubliceerd.

##### 3.1.1 Aanvulling vanuit de markt

Op de publicatie van de gross list heeft de markt gereageerd met meer dan 40 inzendingen van innovaties. Deze zijn allemaal aan de gross list toegevoegd (complete lijst is opgenomen in bijlage C) en vervolgens is deze lijst door een quick scan gehaald. Hierbij is de focus geweest om productinnovaties te identificeren, die een TRL hadden van 7 of hoger, de potentie om areaal-breed ingevoerd te worden en de potentie om op de eigen functie een significante (>25%) reductie op 1 van de KPI's te halen (zie volgende paragraaf). Met deze quick scan zijn 60 productinnovaties gekozen en daarvoor zijn de dossiers bij de eigenaren uitgevraagd. Hierop zijn ruim 20



dossiers ingeleverd binnen een periode van 8 weken. Deze innovaties zijn beoordeeld, indien de dossiers van voldoende kwaliteit waren om dit mogelijk te maken.

### 3.2 Vaststellen indicatoren

In een workshop met zowel deelnemers vanuit RWS, als ook van andere opdrachtgevers, brancheverenigingen en kennisinstututen (lijst met deelnemers staat in bijlage D) is vervolgens gezocht naar invulling van deze indicatoren. Dit heeft geresulteerd in de volgende set:

- TRL niveau
- Schaalbaarheid
  - Beschikbaarheid van grondstoffen voor grootschalige invoering
  - Brede toepasbaarheid
- Risico's (no-regret) analyse
  - Introductie van ongewenste stoffen of componenten
- Kosten
  - LCC voor 30 jaar (aanleg en Beheer & Onderhoud). Eventueel kosten nu (niet opgeschaald) en bij bereiken "Economy of scale" inschatten
- Milieuprestatie
  - MKI voor aanleg en Beheer & Onderhoud voor 30 jaar, modules (A,B, C en D) ook apart laten zien, CO<sub>2</sub> eq. ook apart laten zien
- Circulair
  - Gebruik primaire, secundaire en hernieuwbare grondstoffen (aanleg), ontwerpprincipes die zijn toegepast (bijv 10 R model) en het resulterende Eindelevensduur-scenario (toegepast in de LCA). De MCI (Madaster, Ellen MacArthur Foundation).

### 3.3 Innovatiedossier

Met deze set aan indicatoren is het innovatiedossier opgebouwd. Het uiteindelijke dossier is opgenomen in bijlage A. Dit dossier is uitgevraagd aan de innovatie-eigenaren. Bij retourontvangst van de uitgevraagde dossiers bleek al snel dat er een groot verschil was in niveau van invullen en kwaliteit van de dossiers. Dit heeft ons ertoe gebracht een indicator te ontwikkelen om de datakwaliteit van een dossier aan te geven.

### 3.4 Datakwaliteit

De datakwaliteit van de aangeleverde dossiers is beoordeeld op basis van 4 kerncriteria: Circulariteit, LCA, LCC en Randvoorwaarden. Bij deze beoordelingen wordt er niet gekeken naar hoe goed de innovatie scoort op het gebied van bijvoorbeeld circulariteit, maar wel of het dossier betrouwbare en goed onderbouwde gegevens bevat omtrent dit onderwerp. Een producent kan namelijk wel stellen dat haar product heel milieuvriendelijk is, maar hoe toon je dat aan? En zelfs als de producent bijvoorbeeld een Levenscyclus Analyse (LCA) heeft uitgevoerd, op basis van welke data dan? En welke LCA-methodes zijn er gebruikt? Mede door deze onzekerheden kunnen er per criteria verschillende resultaten worden behaald, waardoor het belangrijk is dat de data betrouwbaar is en consistent wordt gebruikt.

De kwaliteit van de categorie 'milieu' wordt beoordeeld op de aanwezigheid en de kwaliteit van een LCA of MKI-indicator. De circulariteit wordt met name bepaald o.b.v. de MCI. De data-kwaliteit van de kosten hangen af van de aanwezigheid en/of de kwaliteit van een LCC. In de randvoorwaarden zijn de overige indicatoren meegenomen. Tabel 1 laat een overzicht zien van de eisen waarlangs de kerncriteria zijn getoetst. Verder in dit rapport, in hoofdstuk 5, zullen deze criteria uitgebreider omschreven worden.

MILIEU		CIRCULARITEIT	
Data: categorie 1 gereviewd	5	MCI is te berekenen incl. recyclingefficiëntie	5
Data: categorie 2 gereviewd	4	MCI is te berekenen, incl. een gedegen uitspraak over de levensduur	4
Data: categorie 1 of 2 ongereviewd	3	MCI is te berekenen	3
Data: categorie 3 of alleen hoofd materialisatie inschatting	2	% benoemd, maar MCI is niet te berekenen	2
Andere LCA methode of indicator dan MKI	1	Circulaire principes zijn toegelicht	1
Geen informatie	0	Geen informatie	0

KOSTEN		RANDVOORWAARDEN	
LCC analyse	5	TRL, Reach, schaalbaarheid, doelgroep, complete omschrijvingen	5
LCC is te berekenen	4	TRL, Reach, schaalbaarheid, doelgroep	4
Indicatie (bv besparing €5/m3)	3	TRL, Reach, schaalbaarheid	3
Grove indicator (bv 2x zo goedkoop)	2	TRL, Reach	2
Tekstuele indicator (duurder/goedkoper dan)	1	TRL	1
Geen informatie	0	Geen informatie	0

Tabel 1: Overzicht van de kwalitatieve beoordelingscriteria voor de data-kwaliteit (score van 0-5). In het geval van de randvoorwaarden krijgt het dossier een punt voor elke randvoorwaarde waaraan is voldaan.

### 3.5 Rekenmodel

Er is een rekenmodel gebouwd in Excel, dat het complete areaal van RWS beschrijft. Hierin is voor elk object een referentie materialisatie opgenomen, bestaande uit producten, die de stand der techniek van vandaag de dag weergeven. Figuur 1 Laat zien hoe de selectie plaatsvindt van de onderdelen uit de referentie waar we vervolgens een innovatie voor gaan kiezen, die ter vervanging dient.

#### Stap 1: Opvoeren van de te vervangen standaard areaal onderdelen (referentie)

REFERENTIE (leeg = alleen)											
Innovatie?	Lie Risico-risico (1)	Fase van LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvt	Transportmiddel (4)	Cpm	
nee	A-en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 AC bin/base 50% PR	kg	Asfalt - AC bin	100 jr	6.332.000	A4 - Nederlandse asfaltmengs els	250mm-80mm, blijft zitten.
nee	A-en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 AC bin/base 50% PR	kg	Asfalt - AC bin	30 jr	3.008.000	A4 - Nederlandse asfaltmengs els	80mm afvreezen na 30 jaar
nee	A-en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 2L-ZOAB onderlaag	kg	Asfalt - ZOAB	13 jr	1.440.000	A4 - Nederlandse asfaltmengs els	45mm
nee	A-en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 2L-ZOAB toplaag	kg	Asfalt - ZOAB	10 jr	800.000	A4 - Nederlandse asfaltmengs els	25mm

Figuur 1: invoer referentie die door de innovatie vervangen wordt in het rekenmodel. Voorbeeld: biobased asfalt.

Innovaties worden in het model geplaatst en daarbij wordt dan het vergelijkbare referentieproduct in het areaal vervangen door de innovatie, waarbij op basis van een reference service life en beschouwingsperiode een vervangingsratio wordt vastgesteld (1:1 of anders). Het is daarnaast mogelijk om met een innovatie of combinatie van innovaties een (combinatie van) referentieproduct(en) te vervangen. Figuur 2 laat zien hoe we voor elk van de asfaltlagen nu een biobased profiel kiezen en daar de referentielagen 1:1 mee vervangen.

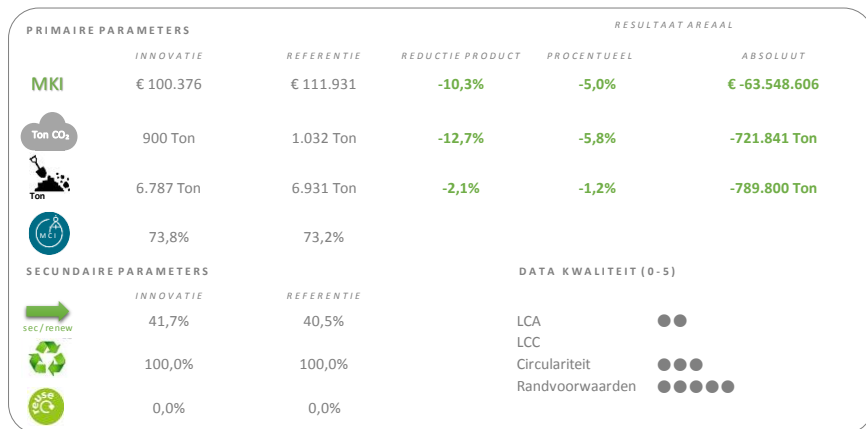
**Stap2: Opvoeren van de innovatie(s) die de standaard onderdelen uit het areaal vervangen (innovatie)**

Innovatie	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder deast	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmiddel
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	Bio onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 Bio AC bin/base 50% PR	kg	Asfalt - AC bin	100 jr	6.392.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	Bio onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 Bio AC bin/base 50% PR	kg	Asfalt - AC bin	30 jr	3.008.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	Bio ZOAB onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 Bio 2L-ZOAB onderlaag	kg	Asfalt - ZOAB	13 jr	1.440.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	Bio ZOAB toplaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 Bio 2L-ZOAB toplaag	kg	Asfalt - ZOAB	10 jr	800.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels

Figuur 2: invoer van de innovatie die de referentie vervangt. Voorbeeld: biobased asfalt.

Het rekenmodel rekent nu de impact uit en geeft dit weer in een dashboard per innovatie. Telkens wordt de impact van een innovatie op productniveau en op areaal niveau weergegeven. (resultaten staan in hoofdstuk 5).

**Stap 3: Inzicht in de geformuleerde KPI's op innovatieniveau (ofwel productniveau) en areaalniveau**



Figuur 3: Resultaat dashboard van de innovaties op de KPI's en data kwaliteit. Voorbeeld: biobased asfalt.

Figuur 3 laat het dashboard zijn van dit voorbeeld voor biobased asfalt. Allereerst worden de primaire parameters weergegeven, dit zijn de MKI [€], CO<sub>2</sub> eq. [ton], verbruik primaire grondstoffen [ton] en de MCI [%]. Deze primaire parameters worden weergegeven voor de innovatie en de referentie voor het totaal aan gekozen onderdelen in de gekozen referentie, in dit geval asfaltlagen in A- en N-wegen voor 1 km weg. Vervolgens wordt de procentuele verbetering door gebruik van deze innovatie weergegeven voor de drie primaire parameters. En



als laatste onderdeel op de primaire parameters wordt de procentuele en absolute besparing weergegeven als deze innovatie op het totale areaal van RWS zou zijn toegepast, als vervanging voor de gekozen referentie producten. In dit voorbeeld dus vervanging van alle asfaltlagen in het RWS areaal door biobased varianten. Dit geeft dus weer wat het effect zou zijn als we het hele areaal van RWS opnieuw zouden aanleggen en daarbij de referentie asfaltlagen zouden vervangen door biobased asfaltlagen van het gekozen soort. Dit is uiteraard een fictief scenario, maar geeft een beeld van het potentieel van deze innovatie, ware het toegepast op het gehele RWS areaal.

Het rekenmodel staat toe om in plaats van het gehele RWS areaal een specifieke uitvoeringsopdracht als referentie in te voeren, bijvoorbeeld een specifiek project. In dat geval zouden we de opbouw van het RWS areaal, dat nu als referentie in het model zit, vervangen door de referentie opbouw van het specifieke project. Vervolgens zou de impact van de innovaties, die nu in het rekenmodel zitten, berekend kunnen worden voor het project.

Het rekenmodel is flexibel en staat eenvoudig toe dat er nieuwe innovaties worden toegevoegd.

Na de primaire parameters is ervoor gekozen om een aantal parameters toe te voegen op gebied van circulariteit. Achtereenvolgens wordt gebruik van secundaire plus hernieuwbare grondstoffen, percentage recycling bij einde levensduur en percentage hergebruik bij einde levensduur, weergegeven. Alle drie zowel voor de referentie als voor de innovatie.

Als laatste wordt de datakwaliteit van de gekozen innovatie weergegeven per categorie (LCA, LCC, Circulariteit en randvoorwaarden). Dit wordt weergegeven met bolletjes van 0 (min) tot 5 (max) per categorie.

## 4 REFERENTIES

Referenties zijn kleine ‘lego blokjes’ uit het totale areaal van Rijkswaterstaat. Hierin is voor elk ‘lego blokje’ een referentie materialisatie opgenomen, bestaande uit producten, die de stand der techniek van vandaag de dag weergeven. Het totale areaal is ingeschat door de ‘lego blokjes’ te vermenigvuldigen met het aantal dat op het areaal aanwezig is.

Een inschatting van het totale areaal van Rijkswaterstaat is overgenomen uit het rapport ‘Circulair sturen op hoogwaardig hergebruik van toegepaste en toe te passen materialen’ van Royal Haskoning DHV [4]. Deze informatie is verder aangevuld vanuit RWS intern, resulterend in een overzicht van wat er onder beheer is bij RWS op haar areaal (Tabel 2).

Bulkmaterialen als zand en grond worden in grote hoeveelheden gebruikt op het Areaal van RWS, maar zijn buiten beschouwing gelaten, omdat dit het resultaat van de innovaties vertroebelt. Het handelingsperspectief voor zand en grond is echter vrij duidelijk; o.a. het nieuwe draaien (reductie) en de overschakeling naar duurzame energiebronnen. Hierin is in deze studie verder geen aandacht aan gegeven.

De beschouwingsperiode van deze studie is op 30 jaar gehouden omdat dit zowel de tijdsspanne is van het klimaatakkoord als het grondstoffenakkoord (2050). Derhalve hebben alle objecten een gemaximaliseerde levensduur van 30jaar. En is de beschouwingsperiode eveneens op 30jaar gehouden.

Product	Referentie eenheid	RSL	Areaalgegevens	Eenheid
A- en/of N-wegen	1 kilometer	30 jr	5500	km
Geleiderail	1 meter	20 jr	7.409.000	m
Portaal	1 stuk	20 jr	6000	stks
Lichtmast	1 stuk	30 jr	89837	stks
Geluidsscherm	1 m <sup>2</sup>	30 jr	2.580.000	m2
Viaduct	1 stuk	30 jr	2785	stks
Brug	1 stuk	30 jr	746	stks
Tunnel	1 stuk	30 jr	22	stks
Aquaducten	1 stuk	30 jr	12	stks
Damwanden	1 m <sup>2</sup>	30 jr	1	m2

Tabel 2: Referentiegegevens

Voor ieder van de objecten in het areaal (tabel 2) zijn gemiddelde materialisaties opgesteld, gebaseerd op opdrachten uitgevoerd door het NIBE in opdracht van RWS (o.a. Haalbaarheidstoets Innovatiedoelen en -ambities InnovA58), interne bronnen van RWS en, indien verder niet beschikbaar, aangevuld met gegevens van aannemers van RWS projecten. De materialisaties zijn weergegeven in bijlage F.

Uit het rapport van Royal Haskoning DHV [4] komt naar voren dat RWS 88.9 km<sup>2</sup> verhardingsareaal beheert. Daarnaast is er in hetzelfde rapport te lezen dat de A- en N-wegen een gezamenlijke lengte hebben van 5500 km. Door het verhardingsareaal te delen door de totale lengte van de wegen onder beheer van RWS is er afgeleid dat de wegen een gemiddelde verharde breedte hebben van 16 meter. Deze breedte wordt naast de referenties voor asfalt ook gebruikt bij constructies die de verharding overspannen (portalen, viaducten).

Per kilometer rijksweg wordt er gebruik gemaakt van 1350 meter geleiderail. Deze waarde is hoger dan 1 km, omdat geleiderail aan beide zijden van de weg kan worden geplaatst en er niet overal geleiderail wordt geplaatst.

Op dit moment bestaan de portalen onder beheer van RWS uit twee types, het model 2005 en het model 2011. In de referenties is er gekozen voor het gemiddelde materiaalverbruik van beide modellen.



De referentie van de lichtmast is gebaseerd op gegevens uit 'Haalbaarheidstoets Innovatiedoelen en -ambities InnovA58' [7]. Er is uitgegaan van een gemiddelde van 16,67 lichtmasten per kilometer rijksweg (plaatsing om de 60m), waarbij elke lichtmast conform DuboCalc een gewicht heeft van 538 kg.

De eenheid waarin de groep geluidschermen wordt uitgedrukt is  $m^2$ . Deze eenheid is gekozen vanwege de verschillende hoogtes en eisen die voor deze groep worden toegepast. Bovendien zorgt deze eenheid er voor dat schaalbaarheid goed mogelijk is.

Bruggen, viaducten en tunnels zijn in veel gevallen uniek. Om deze reden is er besloten om typerende case-studies te gebruiken ter referentie. Voor de brug is het ontwerp voor een brug over het Wilhelminakanaal uit de planfase voor de uitbreiding van de A58 gehanteerd [7]. Voor een tunnel is een tenderontwerp van een van de marktpartijen voor de Blankenburgtunnel gehanteerd [15]. Voor het viaduct is een standaard ontwerp voor een viaduct overgenomen uit de studie voor innovA58 over het meten van circulariteit welke opgesteld is door NIBE [8]. Voor deze studie is er geen referentieontwerp voor een aquaduct beschikbaar. Voor een aquaduct is de aanname gedaan dat deze overeenkomt met 1/3 tunnel (op basis van lengte) en dit aantal is opgeteld bij de hoeveelheid aan tunnels.

De geïnventariseerde referentieobjecten hebben alleen betrekking op het droge deel van het RWS Areaal. De houten innovaties voor damwanden zijn echter zo interessant dat er  $1 m^2$  damwand als totale hoeveelheid is toegevoegd aan het RWS areaal zodat deze innovatie beoordeeld kan worden, maar dan zonder een inschatting van de impact op het totale areaal.

## 5 BEOORDELINGSCRITERIA

Zoals beschreven in hoofdstuk 3.4 worden de aangeleverde dossiers geëvalueerd op datakwaliteit. Dit is uitgevoerd om na te kunnen gaan hoe waardevol en geloofwaardig de ingevulde dossiers zijn per innovatie. Hierbij wordt gekeken of de aangeleverde statements onderbouwd zijn o.b.v. erkende methodieken. De volgende paragrafen bevatten een korte uitleg van de principes die gehanteerd zijn. Aansluitend zal er een overzicht worden gegeven van de data-kwaliteit van de dossiers.

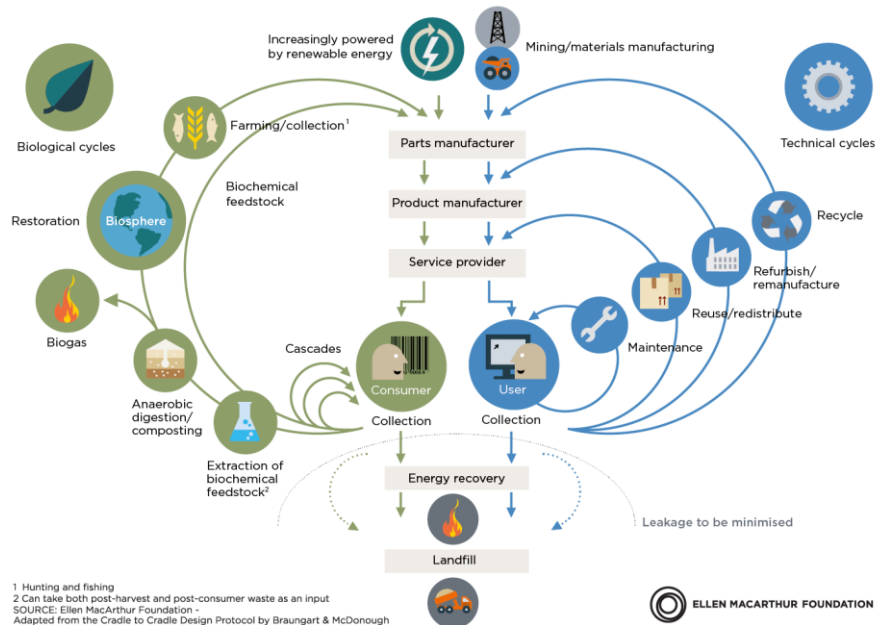
### 5.1 Circulariteit

De principes van de circulaire economie zijn gericht op de transitie van een lineair consumptiepatroon, naar een meer circulair consumptiepatroon, waarbij grondstoffen zo efficiënt mogelijk worden ingezet, afval hergebruikt of gerecycled wordt en verbranding en stort worden voorkomen. Dit leidt tot minder vraag naar primaire grondstoffen.

De volgende paragraaf beschrijft de Materiaal Circulariteits-Indicator (MCI), ontwikkeld door de Ellen MacArthur Foundation (Ellen MacArthur Foundation et al, 2015). Deze methode maakt het mogelijk de circulariteit van een product in een kengetal uit te drukken (tussen 0,1 en 1). Deze methode is gebaseerd op materiaalstromen (in kilogram) en neemt grondstoffen, levensduur, recycling, hergebruik, verbranding en stort in beschouwing. Bij recycling wordt rekening gehouden met de recycling efficiëntie.

#### 5.1.1 Ellen MacArthur – Material Circularity Indicator (bron: Ellen MacArthur Foundation)

De definitie van circulair heeft voor de Ellen MacArthur foundation puur betrekking op grondstoffen welke kunnen circuleren in de technische en/of biologische kringloop:



Figur 4: Een schematische overzicht van de biologische en technische kringloop [2]

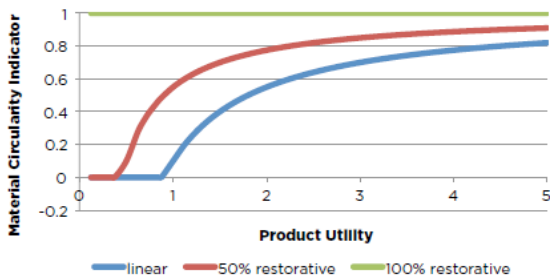
Om de technische kringloop te beschrijven is de Materiaal Circulariteit Indicator (MCI) ontwikkeld. Over de biologische kringloop zegt de Ellen MacArthur Foundation dat biologisch gewonnen materialen alleen als onderdeel van een circulaire economie kunnen worden gezien als ze niet sneller worden gebruikt dan dat ze worden bijgevoerd.

De MCI wordt berekend aan de hand van een zogeheten Linear Flow Index (LFI) en de utiliteitsfactor (X). De LFI bepaalt hoe lineair of circulair een product is. Als een product geheel uit virgin materiaal wordt gemaakt en aan het einde geheel afval wordt, dan is de LFI 1. Is de stroom geheel circulair dan is de LFI 0. Verderop wordt toegelicht hoe dit wordt bepaald. X is de utiliteitsfactor. Deze wordt bepaald aan de hand van hoe lang of hoe vaak het product kan worden ingezet tegenover het branchegemiddelde:  
 $X = (L/L_{gem}) * (U/U_{gem})$

Hierin staat L voor de Levensduur en U voor het aantal keren dat het product kan worden gebruikt. Aangeraden wordt om X aan de hand van 1 van beide te bepalen. Dus stel de levensduur van een product is 10 jaar en het branchegemiddelde is 5 jaar, dan wordt dit gewaardeerd met  $X = 2$ .

De MCI wordt als volgt bepaald (ondergrens nul):  
 $MCI = 1 - LFI * 0,9/X \geq 0$

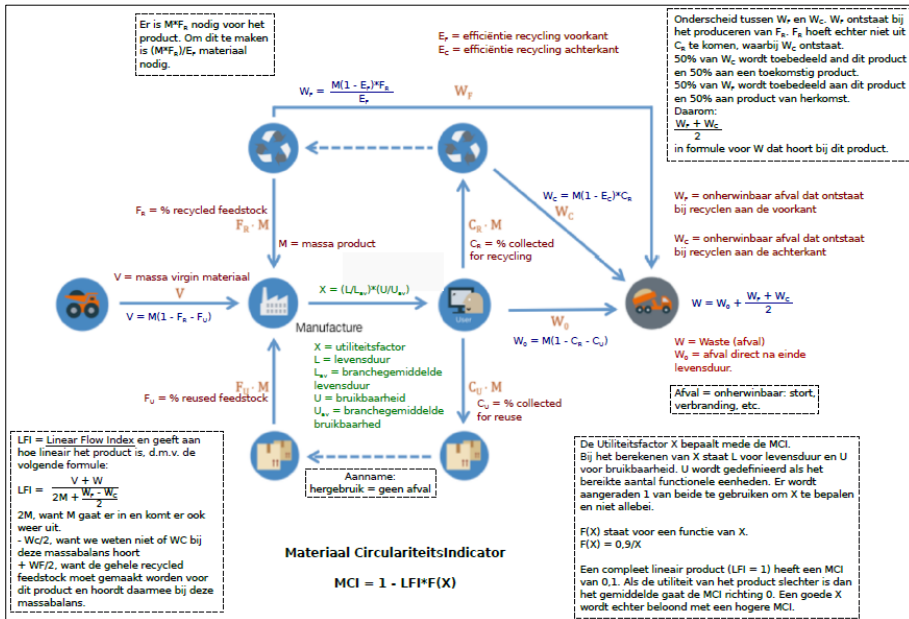
Een hoge LFI levert dus een lage MCI score op en een hoge X wordt juist beloond met een verhoging van de MCI. Dit is terug te zien in de grafiek:



Figuur 5: Relatie tussen de utiliteitsfactor (product utility) en de MCI voor een geheel lineair product (LFI=1), een product met 50% grondstofverlies (LFI=0,5) en een product zonder verlies (LFI=0).



In onderstaande figuur is samengevat hoe de MCI wordt berekend.



Figuur 6: Schematisch overzicht van de berekening van de MCI.

Naast de MCI geeft Ellen MacArthur suggesties voor complementaire indicatoren die toegepast zouden kunnen worden in een keuzeproces zoals: prijs, schaarste, energieverbruik, CO<sub>2</sub>-emissies.

De MCI is in onze ogen een heldere methode om de mate van circulariteit te meten. De recyclingefficiëntie bepalen is het meest ingewikkeld, daarentegen is de opzet van de methode met het oog op circulariteit van grondstoffen redelijk alomvattend.

De MCI methode richt zich alleen op de technische kringloop. Om toch een indicatie te geven hebben wij in het rekenmodel biobased materialen gewaardeerd als hernieuwbaar en daarmee niet van primaire oorsprong. Hierbij is het uitgangspunt dat de groeiensnelheid van de biobased materialen niet langer is dan de RSL van het product en daarmee 100% nagroeibaar. Het nadeel hiervan is dat er nu nog geen bekende methode is om te controleren of dit echt zo is.

## 5.2 Milieu

De levenscyclusanalyse is een veel gebruikte methode om de milieulasten van een materiaal of product te bepalen. Hierbij worden alle levensfasen van het betreffende materiaal of product meegewogen: winning van grondstoffen, transport, productieproces, constructie, gebruiksfase en eindelevensduur.

Voor de Nederlandse bouw en de GWW is bepaald dat een LCA moet voldoen aan de SBK Bepalingsmethode v2.0, welke is gebaseerd op de EN 15804. Wanneer de LCA is uitgevoerd op basis van de SBK Bepalingsmethode v2.0 kan het product of materiaal worden opgenomen in de Nationale Milieu Database (NMD) en gebruikt

worden in DuboCalc. Wanneer een LCA voor de NMD uitgebreid wordt met enkele aanvullende eisen die Milieu Relevante Product Informatie (MRPI) stelt is het mogelijk om opgenomen te worden bij Ecoplatform. In dat geval wordt een LCA/EPD erkend door meerdere Europese EPD-programma's.

In de Bepalingsmethode NL wordt onderscheidt gemaakt in drie verschillende categorieën data. Deze categorieën zijn mede gehanteerd om de datakwaliteit van een dossier op milieu te toetsen.

- **Categorie 1:** merkgebonden en getoetst. Data van een specifieke fabrikant die een LCA heeft laten opstellen en deze heeft laten goedkeuren door een onafhankelijke derde partij.
- **Categorie 2:** merkongebonden en getoetst. Data van een specifieke branche die een LCA heeft laten opstellen voor een gemiddeld brancheproduct en deze LCA heeft laten goedkeuren door een onafhankelijke derde partij.
- **Categorie 3:** niet getoetste data. Data is bijvoorbeeld afkomstig uit literatuuronderzoek en niet getoetst door een onafhankelijke derde partij. Deze generieke data krijgt een toeslag van 30% als een soort boete waarmee de milieubelasting wordt verhoogd. In de beoordeelde innovaties is deze toeslag niet meegenomen

### 5.3 Kosten

LCC staat voor Life Cycle Costing. In een LCC-analyse worden niet alleen de kosten van de investering meegenomen, maar tevens de kosten van instandhouding, onderhoud, vervanging en sloop. Uit voorbeelden van duurzame oplossingen blijkt dat de LCC-kosten vaak aanzienlijk lager zijn dan van minder duurzame oplossingen. LCC-analyses zijn vooral productgericht.

Voor een geschikte LCC wordt er vaak uitgegaan van het 'cradle to grave'-principe. Echter kan er op vergelijkbare wijzen als bij een LCA rekening worden gehouden met het gebruik van secundair materiaal en alternatieve 'end-of-life'-strategieën. Daarnaast kunnen er complicaties optreden wanneer de scope van een LCC niet accuraat bepaald is. Milieutechnische en sociale veranderingen hebben vaak ook economische impacts. Echter worden deze vaak nog buiten beschouwing gelaten in een LCC. Met name omdat de invloeden niet nauwkeurig te bepalen zijn en/of de invloeden in het specifieke geval te verwaarlozen zijn (BSRIA, 2006).

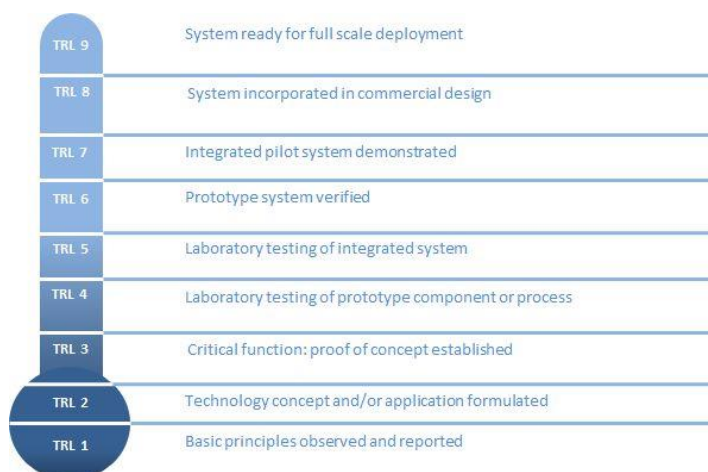
### 5.4 Randvoorwaarden

Als beoordelingscriteria voor de gekozen randvoorwaarden (TRL, schaalbaarheid en risico's) is na de workshop met stakeholder in overleg met RWS gekozen voor een invulling op:

- TRL niveau
- Schaalbaarheid
  - Beschikbaarheid van grondstoffen voor grootschalige invoering
  - Brede toepasbaarheid
- Risico's (no-regret) analyse
  - Introductie van ongewenste stoffen (REACH lijst van zeer zorgwekkende stoffen)

#### 5.4.1 TRL

De TRL geeft de mate van ontwikkeling van een bepaalde technologie of innovatie aan. Hierbij is TRL 1 typerend voor een technologie die aan het begin van de ontwikkeling staat en TRL 9 is een technologie of innovatie die zowel technologisch als commercieel gereed is om toegepast te worden.



Figuur 7: Schematische weergave van de verschillende TRL niveaus.[3]

#### 5.4.2 REACH

REACH is een bindende regeling van de Europese Unie om de gezondheid van de mens en het milieu beter te kunnen beschermen tegen de risico's en gevolgen van chemische stoffen. Tegelijkertijd is de REACH gericht op het verbeteren van het concurrentievermogen van de chemische industrie in de EU.

Het principe van REACH is toepasbaar op alle chemische stoffen, naast de industriële stoffen zijn dit ook de stoffen die men in het dagelijks leven gebruikt. Hierdoor is REACH relevant voor de meeste ondernemingen binnen de EU, van schoonmaakproducten en verf tot meubels en elektrische apparaten. De innovatie-eigenaren is gevraagd of de innovatie stoffen bevat die op de REACH-lijst staan.

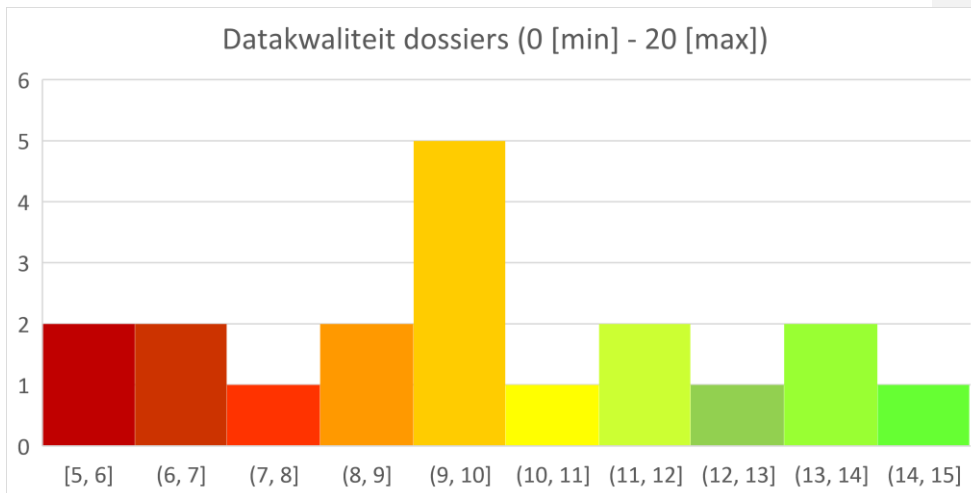
#### 5.4.3 Overige randvoorwaarden

De overige randvoorwaarden meegenomen in de beoordeling van de data-kwaliteit zijn schaalbaarheid, doelgroep aanduiding en complete omschrijving van de innovatie (zie dossier in bijlage A).

### 5.5 Overzicht datakwaliteit

Alle innovatiedossiers zijn door ons beoordeeld, beschreven zoals in 3.4. Deze beoordeling heeft niet kunnen plaatsvinden voor alle innovaties op de longlist, maar gelukkig hebben wij wel een significant deel van de lijst kunnen evalueren. Hierdoor is er een goed beeld ontstaan van de algemene kwaliteit van de dossiers. Zoals beschreven in 3.4, kunnen de ingevulde dossiers op vier onderwerpen een score op een schaal van 0 tot 5 ontvangen. Dit heeft geresulteerd in de score-verdeling (totaal over de 4 onderwerpen), zoals weergegeven in Figuur 8.

De tabel laat zien dat er sprake is van een grote spreiding (scores tussen 5 en 15), met een gemiddelde van alle innovaties van 10.1. Geen enkel dossier heeft een score van 16 of hoger. Vooraf was er wel de verwachting dat scores van 16 of hoger haalbaar zouden zijn. Naar ons idee is een score van 16 of hoger zelfs noodzakelijk om een goed gefundeerd oordeel te kunnen geven. In het algemeen valt de kwaliteit van de dossiers ons zeer tegen.



Figuur 8: Overzicht data-kwaliteit per score.

Criterion	Gemiddelde score
Circulariteit	2.6
Milieu	1.6
Kosten	1.3
Randvoorwaarden	4.6

Tabel 3: Gemiddelde score per criterium

Wanneer de focus wordt gelegd op de vier specifieke criteria zien we dat bedrijven over het algemeen al hoog scoren voor de 'randvoorwaarden' (tabel 3). Hiervoor wordt een gemiddelde score behaald van 4.6. Dit resultaat valt ook te correleren met de ervaring die bedrijven al hebben met deze indicatoren. Zo is REACH al langere tijd een verplichting en bijvoorbeeld schaalbaarheid en doelgroep omschrijving zijn vaak goed bekend bij de onderneming.

Circulariteit haalde een gemiddelde score van 2.6. Veel van deze producenten zijn actief bezig met recycling en circulariteit, maar het transparant aantonen hoe circulair de innovatie is, is vaak nog een obstakel. De meerderheid van de innovaties krijgt een score van 2 of 3 wat inhoudt dat het circulaire percentage is te berekenen of dat de MCI te berekenen valt.

Minder goed scoren de criteria LCA en LCC, respectievelijk 1.6 en 1.3. Voor de LCA is dit zeer teleurstellend, met alle ontwikkelingen op dit vlak mag toch worden verwacht dat een bedrijf dat serieus aan een innovatie werkt op zijn minst de verbetering op milieuprestatie door de innovatie weet aan te geven. Dat het dan misschien niet altijd direct met een gereviewde LCA volgens de bepalingsmethode kan is te accepteren, maar een eerste indicatieve berekening, ongereviewd (datakwaliteit 3) mag toch worden verwacht.

Voor de LCC zien we met name scores van 0 of 1. Dit betekent dus dat de producenten nog geen LCC hebben uitgevoerd. Een score van 1 geeft aan dat er alleen een tekstuele kwalitatieve vergelijking is gemaakt, waarbij er wordt gekeken naar andere innovaties in dezelfde sector. Kwantificatie op basis van deze gegevens is niet



mogelijk. Een oorzaak van deze lagere scoring zou ook de onbekendheid van de LCC kunnen zijn. Regelmatig ontvangen wij bericht dat LCC's als te ingewikkeld worden ervaren.

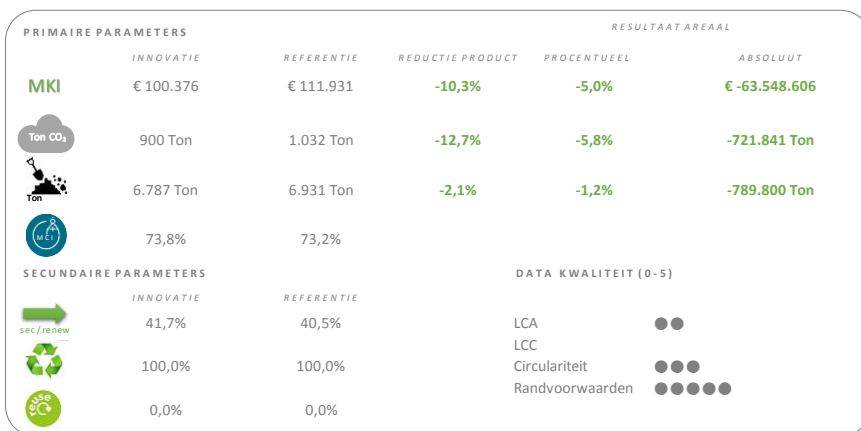
## 6 RESULTATEN

Uiteindelijk zijn er 11 innovaties, met voldoende dossiers, doorgerekend. Deze worden hieronder getoond, met telkens een korte omschrijving van de innovatie, het dashboard met impact indicatoren vanuit het model en een korte interpretatie. Hierbij komen zowel producent specifieke innovaties voor als ook generieke innovaties (zoals bijvoorbeeld LTA STAB), waar dan vaak meerdere uitvoeringsvormen van bestaan. In de innovatie gross list is terug te vinden welke specifieke uitvoeringsvormen er voor bepaalde innovaties bekend zijn bij het team. In hoofdstuk 7 wordt er een reflectie gegeven op de totale resultaten.

### 6.1 Biobased Asfalt

Er zijn diverse partijen bezig met ontwikkelingen op gebied van biobased asfalt. In deze studie hebben we ons nu beperkt tot het initiatief in Zeeland, waarbij lignine als vervanger van bitumen wordt ingezet (50% vervanging) en het asfalt bij een lagere temperatuur kan worden geproduceerd (130-140 graden in plaats van 170). Uitvoerders zijn Wageningen University & Research, Asfalt Kennis Centrum, H4A, Cargill en Zeeland Seaports. Overzicht van stand van zaken is te vinden in de uitgave “Monitoring biobased economy in Nederland 2017”[11].

Voor Biobased Asfalt zijn nog geen cat. 1 of cat.2 LCA's beschikbaar. Het milieuprofiel is bepaald door 50% van de bitumen te vervangen door lignine en de energiereductie (20%) in mindering te brengen op de van toepassing zijnde asfaltmengsels van de Nederlandse asfaltbranche [16].



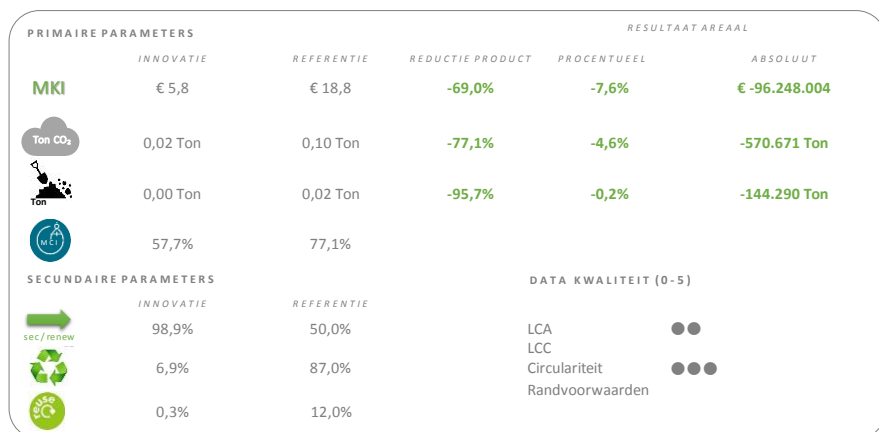
Figuur 9: Dashboard Biobased Asfalt, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

Biobased asfalt (STAB, onderlaag ZOAB en toplaag ZOAB) behaalt op productniveau een reductie van 10,3% op de MKI, 12,7% op CO<sub>2</sub> uitstoot en 2,1% op het gebruik van primaire grondstoffen (bitumen heeft een klein aandeel in het totaal gewicht).

Asfalt is een product dat veel op het areaal van RWS wordt toegepast. Daarom is de invloed op het totale areaal aanzienlijk; een reductie van 5,0% op MKI, bijna 6% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en 1,2% op primair grondstofgebruik wordt bereikt. De innovatie behaalt een MCI van 73,8% wat net wat hoger is dan de referentie. De MCI stijgt door het vervangen van 50% van de bitumen, wat een primaire grondstof is, voor lignine een afvalstroom uit de papierindustrie. De MCI wordt met name bepaald door het gebruik van ca. 50% aan secundaire grondstoffen en dat asfalt voor 100% gerecycled wordt, voornamelijk als PR in nieuwe asfaltlagen.

## 6.2 Houten geleiderail

In een samenwerking tussen TNO, TU Delft, Rijkswaterstaat en houtproducent Wijma is een houten geleiderail ontworpen. Deze constructie is goedgekeurd voor toepassing en is enkele malen toegepast langs rijks- en provinciale wegen. Voor dit product is geen LCA beschikbaar, maar op basis van de door de producent aangeleverde basisinformatie m.b.t. materialisatie is een eenvoudige berekening opgesteld. Deze berekening is niet zo nauwkeurig als een volledige LCA, maar geeft wel een eerste indicatie van de mogelijke milieu-impact van dit product. Hiermee is een impactanalyse uitgevoerd voor deze innovatie.



Figuur 10: Dashboard Houten Geleiderail, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

De houten geleiderail, gemaakt van Robinia, Angelim en een kleine hoeveelheid staal, behaalt op productniveau een grote reductie op MKI, CO<sub>2</sub> uitstoot en primair grondstofgebruik. Door het toepassen van duurzame en na-groeibare grondstoffen waar weinig primaire energie voor nodig is, behaalt de houten geleiderail grote reducties van 69% op de MKI, 77,1% op CO<sub>2</sub> uitstoot en maar liefst 95,7% op het gebruik van primaire grondstoffen.

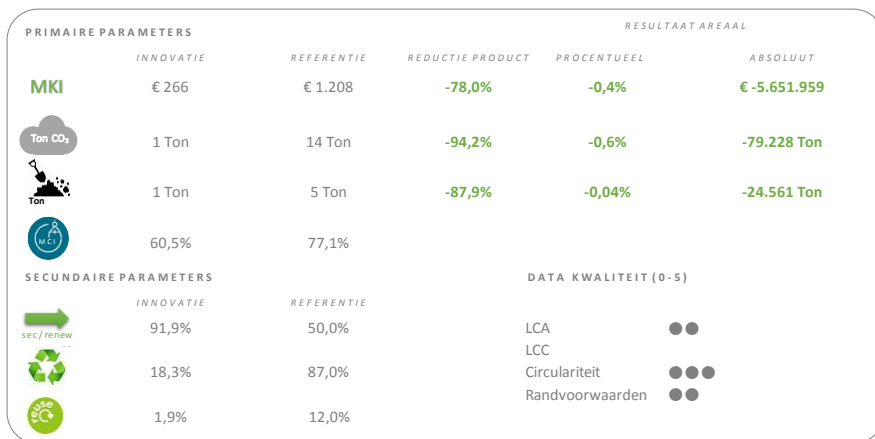
Per kilometer snelweg staat op het areaal van RWS 1,35 km geleiderail met een levensduur van 20 jaar. De geleiderails zijn her te gebruiken, maar dit gebeurt nauwelijks. De invloed van de toepassing van houten geleiderails op het RWS areaal geeft een mooie reductie van 7,6% op MKI, 4,6% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en 0,2% op primair grondstof gebruik.

De innovatie behaalt een MCI van 57,7%, wat een verlaging is van 20% ten opzichte van de stalen geleiderail die op het RWS areaal staat. De MCI daalt, ondanks dat hout een na-groeibare grondstof is (98,9%), doordat hout in Nederland grotendeels verbrand wordt en nagenoeg niet gerecycled of hergebruikt wordt.

## 6.3 Houten Portaal

In Nederland staan zeven houten wegportalen (drie bij knooppunt Zonzeel en vier bij Alkmaar). De eerste portalen bij knooppunt Zonzeel zijn in 1999 geplaatst. Ze staan er nu circa 17 jaar en hebben in die tijd geen onderhoud gehad en functioneren nog volledig. De houten portalen zijn door SHR (Stichting Hout Research) tot 2008 continu gemonitord en jaarlijks geïnspecteerd. De conclusie hiervan is dat de wegportalen zonder enig onderhoud, stabiel blijven en goed blijven functioneren. Een extra inspectie in 2013 heeft aangetoond dat er geen redenen gevonden zijn voor onderhoud op korte termijn. Dit leidt tot de onderbouwde aanname dat de

houten wegportalen minimaal 20 jaar onderhoudsvrij kunnen worden toegepast. Voor deze producten heeft Centrum voor Hout een dossier aangeleverd en op basis daarvan is een berekening uitgevoerd.



Figuur 11: Dashboard houten Portaal, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

De houten portalen, gemaakt van Lariks en staal, behalen door het toepassen van duurzame en na-groeibare grondstoffen waar weinig primaire energie voor nodig is, grote reducties van 78% op de MKI, 94,2% op CO<sub>2</sub> uitstoot en maar liefst 87,9% op het gebruik van primaire grondstoffen. Op productniveau is dit de innovatie waar de hoogste reducties behaald worden.

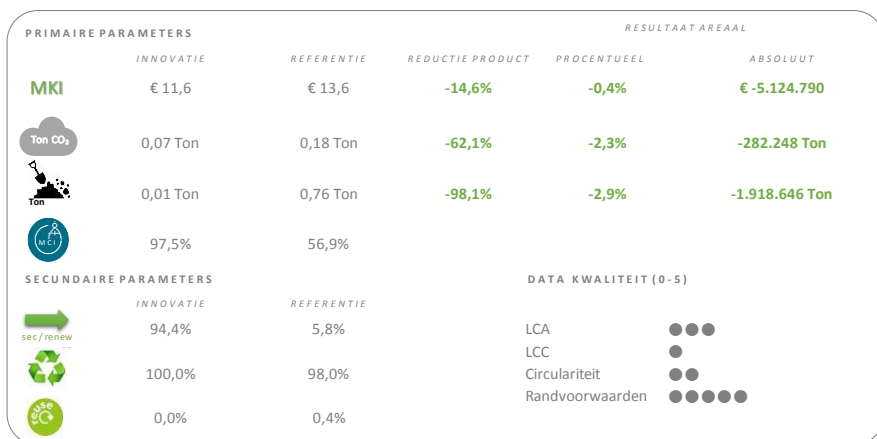
Op het RWS Areaal staan naar schatting 6000 stuks portalen. De invloed van de toepassing van houten portalen is daarom minder groot dan bijvoorbeeld geleiderails, die een groter aandeel in het areaal hebben. Op het RWS areaal is de invloed van houten portalen daarom bescheiden met een reductie van 0,4% op MKI, 0,6% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en 0,0% op primair grondstof gebruik.

De innovatie behaalt een MCI van 60,5% wat een verlaging is van bijna 17% ten opzichte van de stalen portalen die op het RWS areaal staan. De MCI daalt, ondanks dat hout een na-groeibare grondstof is (91,9%), doordat hout in Nederland grotendeels verbrand wordt en nagenoeg niet gerecycled of hergebruikt wordt.



## 6.4 Greenwall

De Greenwall Construct biedt de mogelijkheid om een geluidsscherm fundering-loos tot 7 meter hoog te bouwen. Ter plaatse wordt de constructie gemonteerd en afgevuld en vervolgens naar keuze intensief of extensief beplant. De breedte van de voet wordt bepaald door de te bereiken hoogte. De Greenwall Construct wordt toegepast als geluidsscherm langs rijkswegen, het spoor, in de openbare ruimte en langs gemeentelijke en provinciale wegen. Van 1 uitvoeringsvorm (Greenwall®) is een LCA uitgevoerd en deze is opgenomen in de Nationale Milieu Database. De producent heeft een innovatiedossier aangeboden en daarop is de berekening gebaseerd.



Figuur 12: Dashboard Greenwall, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

Voor Greenwall is er een LCA in voorbereiding en bijna afgerond. In deze studie is het voorlopige resultaat gebruikt, nog zonder review, vandaag dat de datakwaliteit op LCA nu 3 bedraagt.

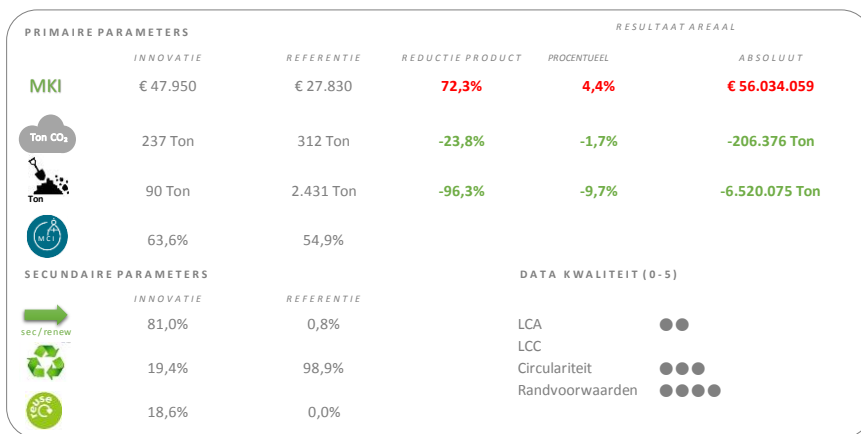
Op Areaal niveau behaalt Greenwall beperkte reductie op MKI van 0,4%. Echter de invloed op CO<sub>2</sub> uitstoot is toch aanzienlijke op areaal niveau met 2,1% en op primair grondstofgebruik 2,9%.

De MCI van Greenwall benadert het optimale van 100%. Dit komt door de toepassing van 94,4% aan secundaire/na-groeibare grondstoffen en een recyclebaarheid van het product van 100%.

## 6.5 Accoya viaduct

2009, januari - In de nacht van zaterdag op zondag 30 november 2008 werd onder enorme belangstelling in Sneek een bijzondere houten brug (Krúsrak) over de N7 op haar definitieve locatie gezet, bij de kruising Akkerwinde. 'De brug' maakt deel uit van het project A7 Sneek en verbindt de wijk Duinterp en met de stad. Krúsrak is de eerste brug van de twee houten bruggen bij Sneek. De tweede brug, Dúvelsrak, volgde in 2010.

Voor het ontwerp tekende Achterbosch Architectuur en Onix; de bouw lag in handen van de Duitse firma Schaffitzel. Opdrachtgevers waren de gemeente Sneek, de provincie Fryslân en Rijkswaterstaat. Kosten: € 3,7 miljoen. (Civiele Techniek 1, 2009)



Figuur 13: Dashboard Accoya viaduct, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

In tegenstelling tot de verwachting behaalt het Accoya viaduct op MKI geen reductie. Dit komt door de milieueffectcategorie humane toxiciteit, waarop het acetyler proces niet goed scoort. Wel behaalt het Accoya viaduct een mooie reductie van 23,8% op CO<sub>2</sub> uitstoot en 96,3% op primair grondstof gebruik. Een kanttekening bij deze uitkomsten is dat het architectonische ontwerp, van het voorbeeld dat gehanteerd is, veel meer materiaal gebruikt dan technisch nodig is voor een viaduct. We bevelen aan om een vernieuwd ontwerp te maken, dat geen overmatig materiaalgebruik heeft voor de uitstraling van het viaduct, maar geoptimaliseerd is voor de constructieve toepassing met zo klein mogelijke milieuprestatie en zo minimaal mogelijk gebruik van primaire grondstoffen.

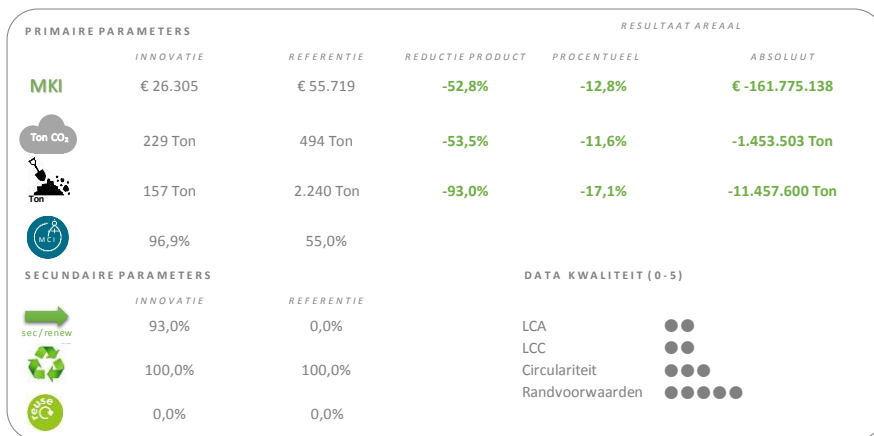
Op areaal niveau heeft het Accoya viaduct (nog) geen reductie op MKI, echter de reductie op de CO<sub>2</sub> uitstoot op areaal niveau is 1,7% en op primair grondstof gebruik 9,7%.

De innovatie behaalt een MCI van 63,6%, wat een verhoging is van bijna 10%. De MCI zou hoger zijn wanneer de na-groeibare grondstof (81%) niet grotendeels verbrand zou worden, maar gerecycled of hergebruikt wordt.

## 6.6 LE2AP

LE2AP is een productieproces dat erin resulteert dat hoogwaardig deklaagasfalt kan worden geproduceerd bij verlaagde temperatuur, sterk gereduceerde uitstoot bij zeer hoge percentages hergebruik en met controle over mengselsamenstelling en kwaliteit van mengsel-ingredienten. LE2AP is in 2016 twee maal toegepast voor de productie van 2-laags ZOAB. In 2018 is LE2AP toegepast bij de productie van SMA 8. In alle gevallen betreft het werken bij de provincie Noord-Brabant en provincie Gelderland. De producent heeft een compleet innovatiedossier aangeleverd, waarop de analyse is gebaseerd.

De LCA voor LE2AP is niet gedeeld, derhalve is het milieuprofiel bepaald o.b.v. de ontvangen analyses. Uit de analyse volgt dat LE2AP op diverse relevante milieueffecten een reductie van 51-72% behaald. Vanwege de onzekerheid is een overall reductie van 51% gehanteerd, dat in mindering is gebracht op de productiefase van de van toepassing zijnde asfaltmengsels van de Nederlandse asfaltbranche.



Figuur 14: Dashboard LE2AP, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

De innovatie LE2AP richt zich op energiereductie en reductie van primair grondstoffen gebruik. LE2AP behaalt daarom op productniveau een aanzienlijke reductie van 52,8% op de MKI, 53,5% op CO<sub>2</sub> uitstoot en maar liefst 93% op het gebruik van primaire grondstoffen.

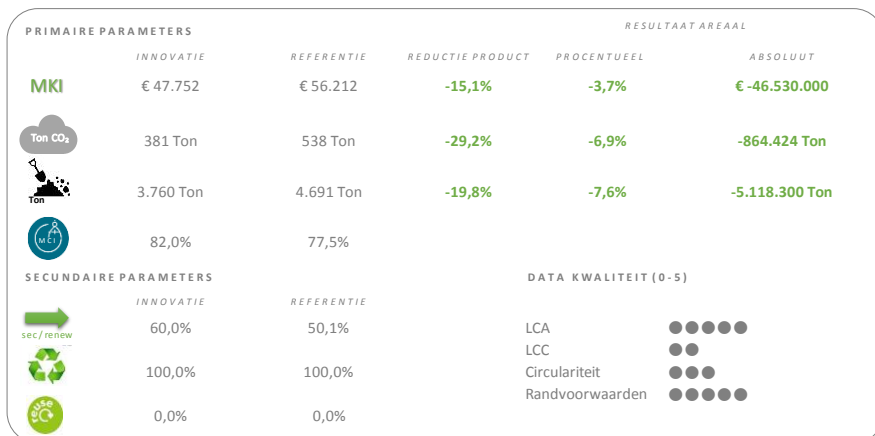
ZOAB is een product dat veel op het areaal van RWS wordt toegepast met een relatief korte levensduur. Daarom is de invloed op het totale areaal aanzienlijk; een reductie van 12,8% op MKI, bijna 11,6% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en 17,1% op primair grondstofgebruik wordt bereikt. Daarmee heeft deze innovatie, van de beschouwde innovaties, de grootste impact op het areaal van RWS

De innovatie behaalt een MCI van 96,9% wat meer dan 40% hoger is dan de ZOAB referentie op het areaal. De MCI stijgt met name door het grote aandeel PR in LE2AP, waar 0% (!) gebruikelijk is in ZOAB.

## 6.7 LTA STAB

Lage Temperatuur Asfalt (LTA) is toegestaan voor toepassing in STAB lagen. Er zijn verschillende commerciële producten beschikbaar en data hiervoor zijn ook beschikbaar in de database van DuboCalc. In deze studie

hebben we de beschikbare data van LEAB in de DuboCalc database gehanteerd als bron. De LCA van LEAB is een gereviseerde LCA, waardoor er geen aanvullende stappen nodig zijn geweest om de MKI en CO<sub>2</sub> uitstoot te bepalen.



Figuur 15: Dashboard LTA STAB, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

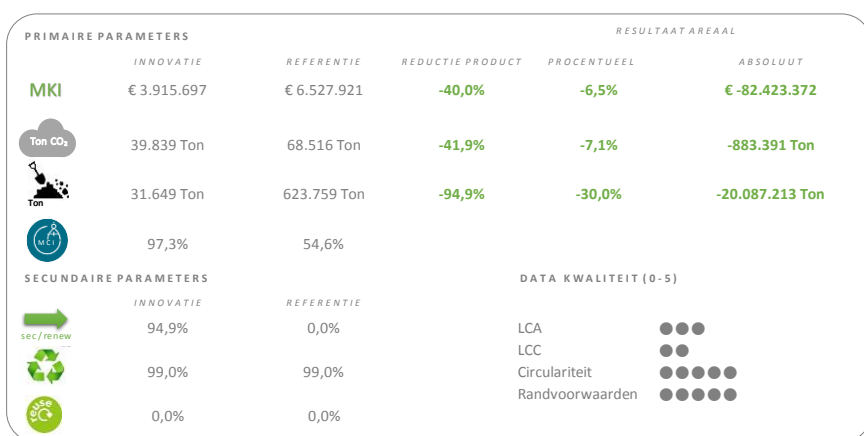
De innovatie LTA STAB richt zich met name op energiereductie en 20% meer PR dan gebruikelijk. LTA STAB behaalt daarom op productniveau een mooie reductie van 15,1% op de MKI, 29,2% op CO<sub>2</sub> uitstoot en 19,8% op het gebruik van primaire grondstoffen.

STAB is een product op het areaal van RWS dat met een dikte van ca. 250 mm wordt aangebracht. Dit is 3x zo dik als de ZOAB laag. Daarom is de invloed op het totale areaal significant met een reductie van 3,7% op MKI, bijna 7% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en 7,6% op primair grondstof gebruik.

De innovatie behaalt een MCI van 82% wat ca. 5% hoger is dan de STAB referentie op het areaal. De MCI stijgt door 60% PR toe te passen, waar 50% gebruikelijk is in STAB.

## 6.8 Freement

Dit is een specifieke technologie om beton te recycleren, gebaseerd op het principe van slimbreken. Hierbij worden het zand, grind en cement in beton effectief van elkaar gescheiden, dat optimaal hergebruik van de grondstoffen mogelijk maakt. Bij deze specifieke technologie is de producent erin geslaagd om uit de fijne fractie een productstroom te isoleren, die grotendeels bestaat uit ongehydrateerd cement. Deze fractie is dus in feite ongebruikt, origineel cement en kan weer als cement worden ingezet. De producent (Rutte Groep) heeft een compleet innovatiedossier ingeleverd en hiermee zijn de impactanalyses uitgevoerd.



Figuur 16: Dashboard Freement, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

Bij de innovatie Freement worden bijna alleen maar secundaire grondstoffen ingezet, die ook nog op een efficiënte wijze gewonnen worden uit oud beton. De innovatie Freement behaalt daarom op productniveau een aanzienlijke reductie van 40% op de MKI, bijna 42% op CO<sub>2</sub> uitstoot en maar liefst 94,9% op het gebruik van primaire grondstoffen.

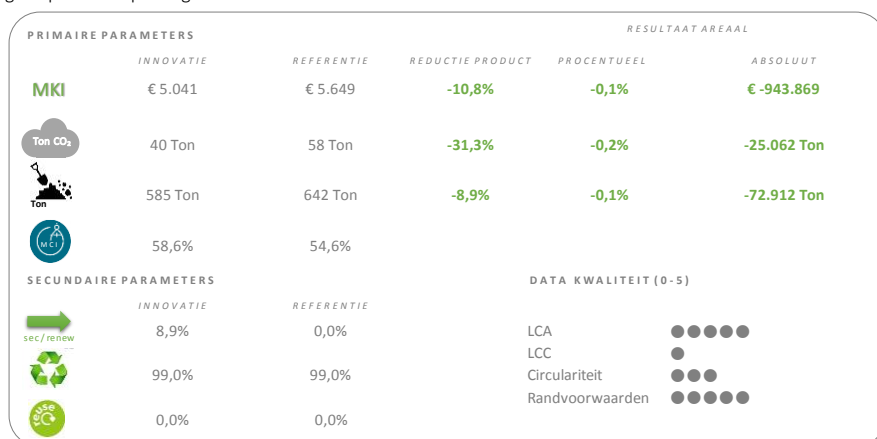
Op het areaal van RWS wordt veel beton ingezet in viaducten, bruggen, tunnels, etc. Dit zorgt er voor dat de impact op areaalniveau aanzienlijk is met een reductie van 6,5% op MKI, 7,1% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en maar liefst 30% op primair grondstofgebruik.

De innovatie behaalt een MCI van 97,3%, wat bijna 45% hoger is dan het beton wat normaal op het areaal van RWS wordt ingezet. De MCI stijgt met name doordat het product voor het overgrote deel uit secundaire grondstoffen bestaat die uit de smart crusher van Rutte Groep voortkomen.

## 6.9 Geopolymeren

Geopolymeren is een populaire aanduiding voor een brede groep van materialen. In deze studie wordt met de aanduiding geopolymeren het gebruik van alkalische activatie voor bindmiddelfunctie bedoeld. Hierbij worden vaak secundaire stromen (bijv. vliegassen, staalslakken, andere slakken uit thermische processen, papierassen) toegepast. Dit levert vaak een positieve bijdrage aan het nuttig inzetten van reststromen, waar niet altijd een andere nuttige functie voor beschikbaar is. Bij gebruik van geopolymeren is het zeker mogelijk om voor de toeslag materialen (zand, grind) secundaire materialen in te zetten. Of dit wordt gedaan hangt sterk af van de situatie.

Bij het beoordelen van de innovatie zijn voornamelijk alleen de talubekledingen in geopolymeren uitgevoerd. Op dit moment zijn gewapende toepassingen nog niet beschikbaar, aangezien er nog geen technische aanbevelingen beschikbaar zijn vanuit CROW en voorheen SBRCUR. De impact op areaal niveau is nu nog klein, maar de potentie van deze innovatie op beton is echter groot. Het is de verwachting dat binnen 2-3 jaar de gewapende toepassingen ontwikkeld kunnen worden.



Figuur 17: Dashboard Geopolymeren, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

De innovatie geopolymeren behaalt op productniveau een reductie van 10,8% op de MKI, 31,3% op CO<sub>2</sub> uitstoot en 8,9% op het gebruik van secundaire grondstoffen. Doordat de stoffen die de bindmiddelfunctie vervangen wat hoger scoren op andere milieueffecten dan CO<sub>2</sub>, is de reductie op MKI minder groot dan de reductie op CO<sub>2</sub>.

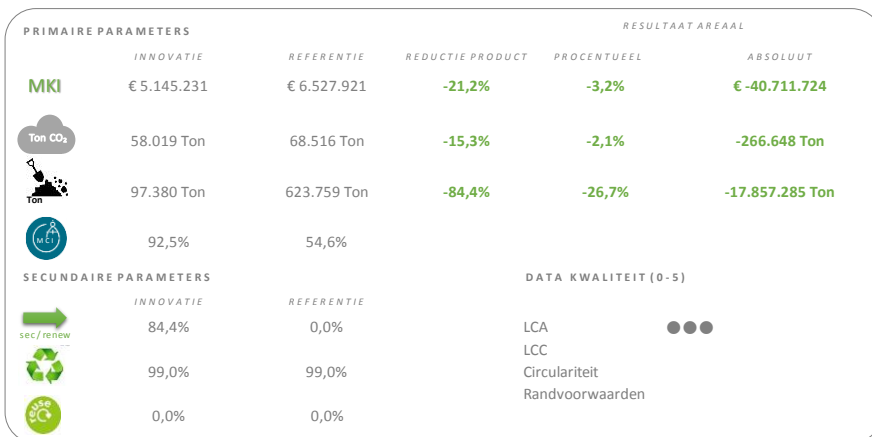
Doordat voornamelijk alleen de talubekleding als geopolymer is en kan worden uitgevoerd, is de impact op areaal niveau niet zo groot; met een reductie van 0,1% op MKI, 0,2% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en 0,1% op primair grondstofgebruik. Daarbij moet wel in ogenschouw worden genomen dat de potentie van deze innovatie groter is.

De innovatie behaalt een MCI van 58,6% wat ca. 4% hoger is dan de standaard talubekleding op het areaal. Deze verhoging van de MCI is toe te schrijven aan een groter aandeel secundaire grondstoffen in geopolymeren.

Qua schaalbaarheid hebben geopolymeren, zoals ze nu doorgaans worden toegepast, een mogelijk probleem met beschikbaarheid van grondstoffen. De nu veel gebruikte grondstoffen als vlieg-as en slakken zullen afnemen in beschikbaarheid te komende tijd. Dit is nu al merkbaar in de markt. Het zal dus zaak zijn om andere grondstoffen te vinden, geschikt om geopolymeren van te maken. Hier wordt al aangewerkt, maar het is nog onzeker of het ook op tijd succesvol zal zijn.

### 6.10 Slimbreken van beton (zonder terugwinning cement)

Een verzamelaan voor een aantal verschillende technologische ontwikkelingen met hetzelfde doel: het effectiever scheiden van zand, grind en cementsteen bij het breken van beton. Door vernieuwende breek- en scheidingstechnieken in te zetten, zijn deze technieken in staat deze drie componenten in hoge mate van elkaar te scheiden. Waarna de inzet van de drie stromen los van elkaar effectiever kan plaats vinden dan bij traditioneel breken van beton, waarbij de drie componenten aan elkaar blijven zitten en gezamenlijk tot verschillende fracties worden gebroken. Bij slimme breektechnieken komt een fractie cementsteen vrij. Dit is een poedervormige fractie, die als een vulmiddel in beton kan worden ingezet. Op deze manier kan deze fractie andere vulstoffen vervangen en daarmee een milieu- en grondstoffenbesparing opleveren.



Figuur 18: Dashboard Slimbreken beton zonder cement terugwinning, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

Bij de innovatie Slim breken (zonder terugwinning cement) wordt, net als bij Freemont, het beton gescheiden in een grind, zand en cementpoederfractie. Het niet gereageerde cement wordt niet teruggewonnen, hierdoor is de impact minder groot, echter nog steeds relevant. De innovatie behaalt op productniveau een mooie reductie van 21,2% op de MKI, 15,3% op CO<sub>2</sub> uitstoot en maar liefst 84,4% op het gebruik van primaire grondstoffen.

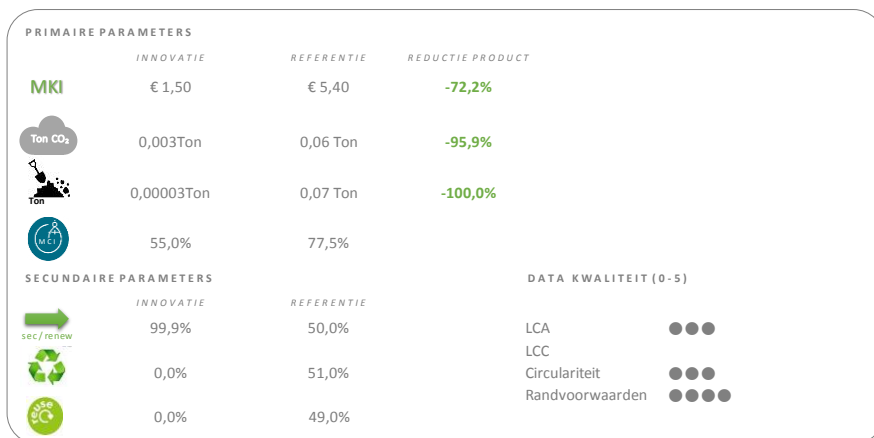
Op het areaal van RWS wordt veel beton ingezet in viaducten, bruggen, tunnels, etc. Daarnaast is de beschouwingsperiode van deze studie op 30 jaar gehouden, omdat dit de tijdsspanne van de klimaatagenda is. Dit zorgt voor een reductie op areaalniveau van 3,2% op MKI, 2,1% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en maar liefst 26,7% op primair grondstofgebruik.

De innovatie behaalt een MCI van 92,5%, wat bijna 38% hoger is dan het beton wat normaal op het areaal van RWS wordt ingezet. De MCI stijgt met name doordat het beton met zand, grind en vulstoffen uit oud beton voor het overgrote deel uit secundaire grondstoffen bestaat.

## 6.11 H2H Accoya damwanden

Sinds kort is de H2H Accoya damwand verkrijgbaar op de Nederlandse markt, een samenwerking tussen Van Swaay en Accoya. Deze damwand bestaat uit 2 houtsoorten, waarbij de sterke kanten van beide houtsoorten gecombineerd worden. De bovenste 70 of 100cm bestaat uit Accoya hout, dat zeer bestendig is tegen rotting. Het overige deel, dat zich onder de waterlijn bevindt, bestaat uit Europees naaldhout, wat van dichtbij komt en lichter is. Hierdoor ontstaat er een damwand die een lage milieu-impact heeft en een lange levensduur door het Accoya deel.

Voor deze innovatie is de impact op areaalniveau nog niet bepaald; de hoeveelheden op het areaal zijn nog niet bekend.



Figuur 19: Dashboard H2H Accoya damwanden, NIBE, Circulaire innovaties GWW, augustus 2018

De innovatie H2H Accoya damwanden behaalt op productniveau ten opzichte van stalen damwanden een grote reductie van 72,2% op de MKI, 95,9% op CO<sub>2</sub> uitstoot en maar liefst 100% op het gebruik van primaire grondstoffen.

De innovatie behaalt een MCI van 55% wat een verlaging is van 22,5% ten opzichte van de stalen damwanden veelal op het RWS areaal gebruikt worden. De MCI daalt, ondanks dat hout een na-groeibare grondstof is (99,9%), doordat hout in Nederland grotendeels verbrand wordt en nagenoeg niet gerecycled of hergebruikt wordt.



## 7 CONCLUSIES & ADVIES

Een overzicht van de berekende innovaties is weergegeven in Tabel 4. Uiteindelijk zijn er 11 innovaties helemaal doorgerekend. Dit is minder dan de ambitie bij begin van het project. Het gebrek aan dossiers van voldoende kwaliteit is de belangrijkste reden dat het aantal doorgerekende innovaties niet hoger is uitgekomen.

Tabel 4. Overzicht van de prestaties van de berekende innovaties. NB=niet berekend. Alles weergegeven als procent verandering tov de referentie op Product niveau en op totaal areaal van RWS berekend.

	Innovatie	Product			Areaal		
		MKI	CO2	Primaire grondstof	MKI	CO2	Primaire grondstof
<b>Asfalt</b>	LE2AP	-52,8%	-53,5%	-93,0%	-12,8%	-11,6%	-17,1%
	Biobased	-10,3%	-12,7%	-2,1%	-5,0%	-5,8%	-1,2%
	LTA STAB	-15,1%	-29,2%	-19,8%	-3,7%	-6,9%	-7,6%
<b>Beton</b>	Freement	-40,0%	-41,9%	-94,9%	-6,5%	-7,1%	-30,0%
	Geopolymeer	-10,8%	-31,3%	-8,9%	-0,1%	-0,2%	-0,1%
	Slimbreken	-21,2%	-15,3%	-84,4%	-3,2%	-2,1%	-26,7%
<b>Biobased</b>	Geleiderail	-69,0%	-77,1%	-95,7%	-7,6%	-4,6%	-0,2%
	Greenwall	-14,6%	-62,1%	-98,1%	-0,4%	-2,3%	-2,9%
	Damwand	-72,2%	-95,9%	-100,0%	NB	NB	NB
	Viaduct	72,3%	-23,8%	-96,3%	4,4%	-1,7%	-9,7%
	Portaal	-78,0%	-94,2%	-87,9%	-0,4%	-0,6%	-0,04%

### 7.1 Conclusies

Er komen duidelijk een paar innovaties boven drijven, die grote impact kunnen hebben. De methode lijkt te helpen om onderscheid te maken, ondanks dat we tot nu toe maar een beperkt aantal dossiers voldoende ingevuld hebben mogen ontvangen.

Het lijkt ons dat met 3-5 innovaties (generieke innovaties, met per innovatie mogelijk meerdere uitvoerders of producent specifieke oplossingen), met grote impact, RWS al een reductie van 30% op CO<sub>2</sub> en 50-60% op primair grondstofverbruik zou kunnen realiseren. Eigenlijk dus al bijna genoeg om tot 2030 aan de belangrijkste beleidsdoelen te voldoen.

Het rekenmodel kan innovaties beoordelen, maar het kan ook gebruikt worden om op een specifieke uitvoeringsopgave (bijvoorbeeld een project of een jaaropgave van een regio) een impact studie te verrichten. Afhankelijk van de specifieke situatie kan het rekenmodel een inschatting geven welke innovaties of welke groep van innovaties de meeste impact zouden geven. Dit kan helpen om focus aan te brengen. Naar mate het aantal innovaties, dat beschikbaar is in het model, toeneemt, neemt ook de waarde van het model toe.

#### 7.1.1 Status CE innovaties

De meeste innovaties, die zijn aangemeld, zijn al enige tijd in ontwikkeling, vaak al van voordat dit Circulaire Innovaties of Circulaire Economie is gaan heten. In het algemeen zijn het innovaties gericht op besparing van energie en materiaal en verlaging van de milieu-impact. Echte disruptieve circulaire innovaties, waarbij er geheel vanuit circulariteit een nieuwe ontwerp is gemaakt, komen nog niet veel voor.

### 7.1.2 Opschaling

Het aspect van opschaalbaarheid is nu nog onvoldoende belicht. Ter illustratie: bij de houten producten is er nog geen duidelijk beeld van de hoeveelheid landoppervlak dat er nodig zou zijn om bijvoorbeeld de hele uitvoeringsopdracht van RWS de komende 10 jaar te bedienen. Idem dito is voor de Freement toepassing nog niet geanalyseerd welke breker capaciteit nodig zou zijn, hoeveel brekers dit zou betekenen en welke investering hier bijvoorbeeld mee gemoeid zou zijn en of dit realistisch zou zijn om dit in 10 jaar tijd op de markt te mogen verwachten. Een soortgelijke discussie speelt bij asfalt. Als we asfaltinnovaties met hoge percentages recycling en lage productietemperaturen willen, dan zullen er aanzienlijke investeringen gedaan moeten worden in de bestaande asfaltcentrales. Het is de vraag in hoeverre de markt in staat is deze investeringen te doen en hoe het risico op deze investeringen zal uitvallen.

### 7.1.3 Data-kwaliteit en volwassenheid van de markt

In het algemeen valt op dat de innovaties maar zeer beperkt met data zijn ondersteund. De ingevulde dossiers zijn van beperkte data kwaliteit. Bij aanvang van de studie was gedacht dat er kwalitatief betere dossiers zouden worden ingediend. Naar ons idee is dit een indicatie dat het innovatie ontwikkelingsproces bij veel marktpartijen nog onvoldoende ontwikkeld is. Wellicht heeft men ook onvoldoende inzicht in wat een goed opgebouwd innovatiedossier inhoudt en heeft men weinig ervaring dat men hiernaar wordt gevraagd. Hier ligt duidelijk ruimte voor verbetering. Als marktpartijen de innovaties beter kunnen onderbouwen met data maakt dat het beoordelen van de innovaties betrouwbaarder.

### 7.1.4 LCC-data

Bijzonder opvallend was het gebrek aan LCC data in de innovatie dossiers. Men zou toch denken dat een LCC essentieel is om de potentie van een innovatie goed in te schatten. Maar de praktijk leert ons dat vrijwel geen dossier een LCC berekening bevat en dat de meeste marktpartijen geen ervaring hebben met het opstellen van een LCC berekening. Hier is veel ruimte voor verbetering.

### 7.1.5 Potentie

Het lijkt ons dat met 3-5 innovaties (generieke innovaties, met per innovatie mogelijk meerdere uitvoerders of producent specifieke oplossingen), met grote impact, RWS al een reductie van 30% op CO<sub>2</sub> en 50-60% primair grondstofverbruik zou kunnen realiseren. Eigenlijk dus al bijna genoeg om tot 2030 aan beleidsdoelen te voldoen.

We hebben eigenlijk nog geen goed perspectief voor viaducten. Daar zouden we graag meer tijd aan besteden om de opties, die in beeld zijn, beter uit te werken. Het Biobased viaduct dat we nu in deze studie hebben gebruikt is niet geoptimaliseerd voor materiaalgebruik of milieuprestatie, maar voor architectonische kwaliteit. Het geeft geen juist beeld van de potentie van de technologie. Het is ten eerste aan te rade om een geoptimaliseerd ontwerp met deze technologie op te (laten) stellen, met als uitgangspunt een optimale milieuprestatie en minimaal materiaalgebruik.

## 7.2 Advies

### 7.2.1 Implementatie

Er is nu een model gebouwd en één maal getest op een set van innovaties. Dit heeft geresulteerd in een overzicht van de ingeschatte prestaties van de innovaties. Hierop zou Rijkswaterstaat een eerste focus kunnen aanbrengen, welke innovaties zij voor haar uitvoeringsopdracht van essentieel belang acht.

Het werk is hiermee verre van klaar. Er zijn nog veel meer innovaties, die nu nog niet doorgerekend zijn en er zullen nog vele nieuwe in ontwikkeling zijn en komen. Het is ons advies dat het proces van beoordelen van

innovaties voor de GWW op een eenduidige manier een plek vindt bij een onafhankelijke deskundige organisatie.

Het model (spreadsheet) is toch nog behoorlijk groot en complex geworden. Overdracht naar een uitvoeringsorganisatie zouden we willen realiseren met één of meerdere overdracht sessies met de mensen die eigenaar gaan worden. Dat werkt in onze ogen beter dan een handleiding schrijven.

Naast een organisatie, die het model in beheer kan nemen, is het ook van essentieel belang dat er een transparant proces komt waar eigenaren van een innovatie om een beoordeling van hun dossier kunnen vragen. Een mogelijke instantie om dit proces van validatie van innovaties uit te voeren is CROW. Daar is ook het asfalt kwaliteitsloket nu gevestigd. Een algemeen innovatie validatieloket zou mogelijk ook daar gevestigd kunnen worden.

### **7.2.2 Uitwerking LCC-methode**

In het project hebben we geconstateerd dat er vrijwel geen dossiers met LCC informatie zijn ingediend. Dit is zorgwekkend. Daarbij hebben we ook gezien dat bij de dossiers die wel LCC data hadden er een groot verschil in gebruikte data kan bestaan. Anders dan bij milieuprestatie berekeningen is er voor LCC berekeningen geen nationale database met geharmoniseerde datasets om als basis data te gebruiken. Dit heeft bij ons de vraag opgeroepen of de huidige methode van LCC berekeningen uitvoeren wel geschikt is om er vergelijkingen tussen producten mee uit te voeren. Wellicht is het nodig om hiervoor een andere LCC methodiek of database(s) voor op te zetten. Het is ons advies om hier met een gespecialiseerde instantie naar te kijken en te onderzoeken of er een verbeterde methodiek uitgewerkt kan worden, die waar mogelijk synergie vertoont met de LCA methodiek die gebruikt wordt om de MKI te bepalen.

### **7.2.3 Doorontwikkeling van het model**

Het water areaal van RWS is nu buiten beschouwing gelaten, doordat hier te weinig informatie over beschikbaar was. Dit is een belangrijk ontwikkelpotentieel voor het model en het is aan te raden dit onderdeel van de uitvoeringsopdracht van Rijkswaterstaat aan het model toe te voegen.

Het model is nu gebaseerd op de meest voor de hand liggende parameters, maar is nog zeker niet compleet. Een duidelijk gemis zou nog zijn dat het model geen rekening houdt met biodiversiteit en landgebruik. Met de herziening van de Europese norm voor bouwproducten (EN 15804) komt er ook een nieuw impact assessment model beschikbaar voor landgebruik. Dit zou na inwerkingtreding van de nieuwe versie van de norm aan het model kunnen worden toegevoegd. Dit zou ook kunnen gelden voor waterschaarste. Ook hiervoor wordt een kernindicator aan de nieuwe norm toegevoegd en deze zou dus na ingang van de nieuwe norm aan het model kunnen worden toegevoegd.

Idem dito is er een uitvoerige discussie gaande over het belang van aanvullende indicatoren voor circulariteit, bijvoorbeeld om het gebruik van circulaire ontwerp principes (zoals het 10R model) te duiden. Wanneer uit deze discussie een indicatie ontstaat welke circulaire parameters in het algemeen als waardevol worden gezien, dan zouden deze mogelijk ook aan het rekenmodel kunnen worden toegevoegd.

## 8 BRONNEN

1. BSRIA, 2006, Gehaald van <https://www.bsria.co.uk/news/article/what-is-whole-life-cost-analysis/> op 10-07-2018
2. Circularity indicators, An approach to measuring circularity, methodology, Ellen MacArthur Foundation, may 2015.
3. Kruit J., 2017, Technology Readiness Level (TRL) en subsidieregelingen, Gehaald van <https://innovencio.nl/technology-readiness-levels/> op 10-07-2018
4. Royal Haskoning DHV, 2018, Circulair sturen op hoogwaardig hergebruik van toegepaste en toe te passen materialen
5. Transitieagenda circulaire bouweconomie 2018 (onderdeel van de transitieagenda circulaire economie), transitieteam bouw, met begeleiding van RVO, 15 januari 2018.
6. Nederland circulaire in 2050, Rijksbreed programma circulaire economie, S.A.H. Dijkma en H.G.J. Kamp, 2015
7. Haalbaarheidstoets Innovatiedoelen en -ambities InnovA58, NIBE in opdracht van Rijkswaterstaat, 16 februari 2017
8. Toetsen van circulariteit in InnovA58, NIBE, NIBE in opdracht van Rijkswaterstaat, 3 april 2018
9. Bepalingsmethode milieuprestatie gebouwen en GWW-werken, versie 2.0 November 2014, waarin is opgenomen wijzigingsbladen van 1 juni 2017 en 1 augustus 2017, deze versie van de bepalingmethode is te vinden op [www.milieudatabase.nl](http://www.milieudatabase.nl), Stichting Bouwkwiteit.
10. Horizontale PCR voor bouwproducten, NEN-EN 15804:2012, verkrijgbaar via [www.nen.nl](http://www.nen.nl)
11. "Monitoring biobased economy in Nederland 2017", 22 februari 2018, definitieve versie, Rijksdienst van Ondernemend Nederland.
12. Innovatie-inventarisatie voor N33 als energie-neutrale weg, verkregen van Rijkswaterstaat, 15 maart 2018
13. Inventarisatie duurzame bouwmaterialen en bedrijven, NIBE en Witteveen+Bos, in opdracht van Stad Antwerpen, definitief rapport wordt verwacht in 4<sup>e</sup> kwartaal 2018.
14. Blankenburg tunnelontwerp, NIBE, verkregen van Boskalis, vertrouwelijk.
15. LCA Achtergrondrapport voor Nederlandse Asfaltmengsels, versie 2.1, TNO 2017 R11029, TNO e.a., 8 maart 2018.

## BIJLAGE A. OVERZICHT VAN HET DOSSIER

### Algemeen

Naam innovatie

---

Afbeelding innovatie

---

Naam en contactgegevens indiener

---

Naam bedrijf innovatie

---

Voor welke opdrachtgevende  
doelgroep is of kan de innovatie  
interessant zijn? (vervang vakje door  
kruisje)

provincie  
 gemeente  
 waterschap  
 RWS  
 overig

---

Omschrijving van de innovatie

---

Welk probleem lost de innovatie op?

---

Wat is er innovatief aan het idee?

---

Hoe vaak is het toegepast?

---

### Toepasbaarheid

In welke TRL zit de innovatie?  
(vervang vakje door kruisje)

TRL1 – Basic principles observed  
 TRL2 – Technology concept formulated  
 TRL3 – Experimental proof of concept  
 TRL4 – Technology validated in lab  
 TRL5 – Technology validated in relevant environment  
 TRL6 – Technology demonstrated in relevant environment  
 TRL7 – System prototype demonstration in operational environment  
 TRL8 – System complete and qualified  
 TRL9 – Actual system proven in operational environment

---

### Schaalbaarheid

Is het mogelijk om het hele areaal van RWS met de innovatie uit te voeren? Is de beschikbaarheid van grondstoffen bijvoorbeeld voldoende? Zo nee, welke schaal is haalbaar?

---

Bevat het product stoffen die op de “zeer zorgwekkende stoffen”-lijst van REACH staan?

---

### Kosten

Hoe verhouden de kosten zich tot vergelijkbare producten op de markt? Hebben jullie een LCC berekening? Zo ja, willen jullie deze met ons delen?

---

### Milieu

---

Hebben jullie een LCA berekening? Zo ja, willen jullie deze met ons delen?

**Circulariteit**

Zijn circulaire ontwerpprincipes toegepast?

Toegepaste ontwerpprincipes:

Kun je dit uitdrukken in 1 van de 10 R'en?

- R0 Refuse
- R1 Rethink
- R2 Reduce
- R3 Re-use
- R4 Repair
- R5 Refurbish
- R6 Remanufacture
- R7 Repurpose
- R8 Recycle
- R9 Recover

---

Hoeveel gerecycled/hergebruikt materiaal is toegepast? In % van het totale grondstofgebruik

---

Hoeveel biobased/hernieuwbaar materiaal is toegepast? In % van het totale grondstofgebruik

---

Hoeveel % van het product is bij einde levensduur recyclebaar?

---

Hoeveel % van het product is bij einde levensduur composteerbaar?

---

Heeft u een eigen recyclingsproces?

---

Heeft het product bij einde levensduur een positieve restwaarde? Zo ja, hoeveel % van de nieuwwaarde zou het product nú als restwaarde hebben?

---

## BIJLAGE B. LIJST MET GEBRUIKTE AFKORTINGEN

2L ZOAB	dubbellaags ZOAB
AC	Asfalt Constructie
AGRAC	Asfaltgranulaat cement stabilisatie
B&O	Beheer en Onderhoud
BEE	Biodiversiteit, Ecosystemen & Economie
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems
CW	Contante Waarde
DVM	Dynamisch Verkeersmanagement
GWW	Grond-, Weg- en Waterbouw
ihwg	in het werk gestort
LAP2	Landelijk Afval Plan 2
LCA	Levens Cyclus Analyse
LCC	Life Cycle Costing
LED	Light Emitting Diode
LTA	Lage Temperatuur Asphalt
LVO	Levensduur Verlengend Onderhoud
MIRT	Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport
MKI	Milieu Kosten Indicator
NMD	Nationale Milieu Database
OPA	Offenporiger Asphalt
PR	Partiele recycling
PV	Photo Voltaic
RSL	Reference Service Life
RWS	Rijkswaterstaat
SBK	Stichting Bouwkwiteit
SSK	Standaard Systematiek voor Kostenramingen
STAB	Steenslagasfaltbeton
TRL	Technology readiness Level
UHSB	Ultra Hoge Sterkte Beton
VKA	Voorkeursalternatief
WIM	Weigh-in-motion
ZOAB	Zeer Open Asphaltbeton

## BIJLAGE C GROSS LIST NA AANVULLING UIT DE MARKT

### Productinnovaties voor aanleg

De lijst is opgebouwd volgens de productrubrieken, zoals die in DuboCalc worden gehanteerd. De blauwe lijnen geven de rubrieken aan. In elke rubriek zijn telkens de innovaties opgenomen met een generieke omschrijving, gevolgd door de nu bekende merken of uitvoeringen.

	Naam innovatie	Ons bekende merken/producten
	<b>56 Conserveringswerken</b>	
	Luchtzuiverende coating	Airlite, Ecotex
	<b>31 Wegverharding II</b>	
	Lage Temperatuur Asfalt in ZOAB deklagen	Ecopave
	Lage Temperatuur Asfalt in STAB	Greenway, LEAB
	Hoger percentage Partiele Recycling in asfalt	Greenfalt, HERA, LE2AP
	STAB met gereinigde granulaten	Boskalis
	3 <sup>e</sup> generatie poreus asfalt	OPA 8
	Selfhealing asfalt deklaag	
	Biobased asfalt	Biorepavation, Ecofalt, KonweBio, Roelofs
	Plastic snelweg	Plastic road (KWS)
	Asfalt met wapening	Fortifix
	Stil Mastiek Asfalt (SMA) deklaag	Reef-infra
	Recall cellulose als afdruipremmer in asfalt	Recell® (Vazena)
	<a href="#">Complete asfaltconstructie in één laag</a>	Recoflex
	Asfalt met rubber erin verwerkt	Roelofs
	Prefab beton met Myscanthus	Biobound
	Epoxy deklaag	Dura Vermeer en TU Delft
	Asfalt met warmte terugwinning	KWS
	<b>52 Kust- en oeverwerken</b>	
	<a href="#">Baggertubes</a>	NETICS B.V.
	Keermuur van geperst baggerspecie	GEOWALL®
	<b>22 Grondwerken</b>	
	Thermisch gereinigd zand	ATM
	EPS ophoog materiaal 100% Recycled EPS	Oosterbeek EPS
	Geocelsysteem	PRS-NEOWEB®
	Het nieuwe draaien	Aannemerij NL
	<b>25 Leidingwerk</b>	
	PVC (deels recycled); 3 lagen buis	



<b>28 Funderingslagen</b>	
Wegconstructie met AEC-bodemassen (schoon)	
Fundering gebonden met alternatieve bindmiddelen	AGRAX, Geosta, Geocete
Compactietechniek granulaire ondergrond	Geotechnics
Hergebruik van lava als funderingsmateriaal	Lavaplus
<b>30 Wegverharding I</b>	
<b>42 Betonconstructies</b>	
Beton ballon	
Ultra Hoog Sterkte Beton bij kunstwerken	HiCON
Selfhealing betonconstructie	Basilisk
AEC-bodemassen in betonconstructies	Diverse aanbieders
Geopolymeerbeton	SQAPE
Circulair viaduct	Consortium "circulair viaduct"
<b>61 Werk algemene aard</b>	
Circulaire bouwhekken	
Biobased hectometerpaaltjes en reflectiepaaltjes	
Olivijn om CO2 te binden (bijvoorbeeld in middenberm)	
Biobased hectometerpaaltjes en borden	Diverse aanbieders
Eco-keeper Boomankers	Natural PLastics
<b>41 Funderingsconstructies</b>	
<b>36 Geluidbeperkende constructies</b>	
zigzag geluidsscherm	
Innovatieve geluidsreductie modulaire geluidschermen	DiffraCTOR
Aangroeibare geluidsconstructie	Greenwall, Wacerwall
Geluidsscherm poriebeton	
Beton met houtvezel of Myscanthus	Durisol, Faseton Block, Ecoslicence
<a href="#">Levend Bamboe Geluidsscherm</a>	
<a href="#">Geluidrail</a>	
<a href="#">Het innovatieve lage geluidsscherm</a>	
Houten geluidsscherm	Soundsafe (De Groot Vroomshoop)
<b>34 Verlichting</b>	
Led verlichting (Dimbaar en powerline sturing)	
Fibre-Ledlamp	
Led in vangrail	
Houten lichtmasten	Accoya,
luminescerende of reflecterende belijning	Glow in the dark, FlowithDglow

	Biobased lichtmast	Greenfiber, De Jong Zuurmond
	23 Drainage	
	32 Wegbebakening	
	26 Kabelwerk	
	17 Verontreinigde grond en verontreinigd water	
	33 Afschermingsvoorzieningen	
	Biobermen	
	Renovatie geleiderail	Renorail
	Houten vangrail	Wijma Kampen, De Groot Vroomshoop,
	38 Spoorwerken	
	43 Staalconstructies	
	Grondstof	
	Slim breken beton (Smart Crusher)	Rutte, GBN,
	Biomassa bermen als grondstof voor biobased materialen / biobased wegmeubilair	
	Bermgras/hout verkopen, inkomsten benutten voor beheer en onderhoud	
	Biocomposiet van houtvezel	Kreunen
	Vrijkomende veengrond gebruiken voor grondwallen	
	Kunstwerken van gerecyclede kunststoffen;	
	Houtconstructies	
	Houten portalen	De Groot Vroomshoop
	Bruggen en viaducten gelaagd hout cf bruggen	Accoya, De Groot Vroomshoop
	Composiet kunstwerken	
	Composiet(delen) in kunstwerken	FiberCore V, Delft Infra Composites, Bijl bruggen,
	Composiet (delen) in sluizen	FiberCore V. MF Emmen,

### Innovaties gericht op onderhoud

	Naam innovatie	Ons bekende merken/producten
	Verjongingsmiddelen ZOAB	Diverse aanbieders
	Sappen van geperst brengas als strooimiddel	
	ZOAB-cleaner voor B&O	
	<a href="#">Herstel afwatering onder geleiderail</a>	KLEISER
	<a href="#">Herstel verkeersveiligheid gevaarlijke bermen</a>	
	<a href="#">Ophogen stootplaten met expansiehars</a>	
	<a href="#">AsphaltProtection</a>	Ecosel
	<a href="#">Zelfreinigende Berm</a>	RONA
	<a href="#">Levensduurverlenging betonplatenweg middels injecteren cementgebonden vloeistof</a>	
	<a href="#">Non-destructief onderzoek naar de weg</a>	
	Warm aangebracht asfalt reparatie systeem	<a href="#">ChipFill</a>
	Biologische circulaire verfsystemen	Relius

Hierna is er een lijst opgenomen met innovaties gericht op energiebesparing en duurzame opwekking. Deze lijst heeft een deel overlap met de lijst met productinnovaties voor aanleg, voor bijvoorbeeld verlichting. Deze overlap is in de lijst aangegeven.

### Innovaties gericht op energiebesparing en duurzame opwekking

	Naam innovatie	Mogelijke producten
	Zonnepanelen in de vangrails en op geluidscherm	
	zonnecellen geïntegreerd in asfalt	Solaroad
	Overhoeken benutten voor zonnepanelen	
	Drijvende zonnepanelen in binnenlussen van aansluitingen	
	Kleine windmolens combi met geluidschermen	
	inductie in of langs de weg	
	Smart grid/lokaal energienet	
	luchtschermen tbv vermindering luchtweerstand voertuigen	
	Windturbine integreren in kunstwerk	
	Kleine windmolens op geleiderail	
	Wegverwarming mbv zonnepanelen	
	<a href="#">Plant-e</a>	
	Energie uit biomassa icm veen	
	Warmte uit gaslocaties voor wegverwarming	

	Rolweerstand reductie	
	<b>Herhaling van tabel aanleg innovaties:</b>	
	Led verlichting (Dimbaar en powerline sturing)	
	Fibre-Ledlamp	
	Led in vangrail	
	Houten lichtmasten	
	luminscerende of Reflecterende belijning	Glow in the dark, FlowithDglow
	Energie-neutrale biobased lichtmast	

Tenslotte zijn er nog 2 lijsten opgenomen: één met innovaties die beoogd zijn via beleidsmaatregelen in te voeren en tenslotte een lijst met innovaties gericht op biodiversiteit en landschappelijke inpassing. De innovaties in deze laatste twee lijsten zijn niet meegenomen in de impactsanalyse in het kader van het lopende project.

#### Innovaties die beleidsmatig moeten worden toegepast

	Naam innovatie
	Uitvragen en ontwerpen tbv lagere LCC kosten
	Uitvragen en ontwerpen tbv lagere CO2 footprint
	Uitvragen en ontwerpen op CE
	uitvragen en ontwerpen tbv minder miliehinder
	Dunne geluidreducerende deklaag
	Chippen van assets
	Botsveilige draagconstructies
	sturen op slimme bouwlogistiek
	Stuur op gebruik gerecyclede en geupcyclede materialen
	Opname CO2 door aanleg bos
	CO2 project boekhouding
	Stimuleren elektrisch rijden
	Grondverzet regionaal organiseren
	Rondom de weg een proeftuin van innovaties
	Service punt voor afhalen/wegbrengen pakketten
	E-neutraal oplaadstations voor elektronica producten
	Oplaadstations voor b.v. elektrisch rijden op verzorgingsplaatsen
	Verkooppunt biobrandstoffen en waterstof
	Service voor gratis banden oppompen
	Etalage voor bedrijfsleven, gemeenten en streekproducten evt in Pop-Up stores
	Publieks serviceloket voor C-ITS Pilots (Roamler (als voorbeeld))
	Services aanbieden zoals G5 informatie en Roamler
	Bewegingstuin (b.v. energieneutraal)
	P+R overstap van auto - fiets

	Automatisering visuele inspecties
	Weigh In Motion (WIM)
	Grondstoffenpaspoort
	Circulair assetmanagement
	Stimuleren/aanleggen snelfietspaden
	Dynamische snelheden bij smogvorming
	ontwikkeling en certificering PAL-V ONE
	Augmented reality
	InSAR
	Gedifferentieerd dimensioneren vd weg (vluchtstrook)
	Vluchtstrook van beton
	Led voor guidance met actieve wegingdeling
	schroeffundamenten voor wegmeubilair
	Stallingsmogelijkheden langs de weg
	Testlocatie biobased materialen
	Parallelweg als pilot biobased weg;
	Meer houten constructies / kleine kunstwerken gelaagd hout cf bruggen sneek/leeuwarden
	Biobased carpoolplaats (ook als info/communicatieplaats)
	Productie hout
	Beton en staal 3D printen [aardbevingsbestendig?]
	Grondstoffenpaspoort
	Vangrails circulair maken;
	Alle materialen uit regio (< 50 km)
	Circulair slopen
	C2C design te re-use
	Minder borden
	Géén verzinkte geleiderails
	Fossilvrije N33
	Alle objecten modulair / afbreekbaar
	Verlichting als service; niet als eigendom
	Waterberging onder rijbaan
	Testlocaties voor regionale bedrijven / biobased producten
	Circulaire businessmodellen; materialen leasen
	Markt vroegtijdig betrekken
	Universiteiten betrekken
	Marktplaats voor overbodige producten
	Leasen van wegmeubilair (andere verdienmodellen)
	Ontwerp toespitsen op verdienkansen (wind mee)
	Onderhoudsarme weg
	Doorsteken voor een 2-0 systeem tbv onderhoud
	Testbaan zelfrijdende auto's
	Zelfsturend OV
	Weg / brug 3D printen
	Proefvakken duurzame materialen

	Aanvoer materiaal over water (Eemskanaal/ Winschoterdiep)
	Kortste route is meest duurzaam [aanleg / mobiliteit = 1/10 ]
	Combinatie met herstel aardbevingsschade en uit te kopen woningen\
	Combinatie met recreatieve functies zoals fietsroutes
	LCA methodieken toepassen
	Fair Infra' sociale arbeidsomstandigheden in de keten
	Snel fietspad langs de weg
	Geschiedenis van het landschap
	Carpoolplaatsen om autoverkeer te beperken
	Versterken relaties met andere modaliteiten
	Houtige biomassateelt in wegbermen
	Houtige biomassateelt ter versterking van dijken
	Ontwikkelen en implementeren van inkoopcriteria voor hergebruikt hout(en producten)

#### Innovaties gericht op biodiversiteit en landschap

	Naam innovatie
	Biobased verankering bomen
	verbeter de bodemkwaliteit
	meenemen werking ecosysteemdiensten
	Beton als drager van diverse mossen
	Verkeersbegeleiding door LED in geleiderail of in wegdek
	Bermen inzetten voor biodiversiteit
	Verhogen organisch materiaal in de bodem
	Groene schermen (beplanting, mos, hедера, sedum ..)
	Biodiversiteitsstroken langs de N33
	Bijenhotel met hony highway
	Landelijke bijencorridor; beplanting die bestuiving bevordert
	Ontwikkeling samen met landbouwsector
	Weg opnemen in landschap
	Inpassing; zichtlijnen in het landschap
	Waterzuiverende berm/sloten
	<u>RONA®Stilwildrooster</u>

## BIJLAGE D GEDETAILEERDE INVOER INNOVATIES

Naam Innovatie **Biobased Asfalt (km)**

Levensduur object (RSL):

2

Delete

Copy rij

REFERENTIE (leeg = allen)

Innovatie?	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee	A- en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 AC bin/base 50% PR	kg		100 jr 6.392.000		
nee	A- en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 AC bin/base 50% PR	kg		30 jr 3.008.000		
nee	A- en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 2L-ZOAB onderlaag	kg		1.440.000		
nee	A- en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 2L-ZOAB toplaag	kg		800.000		

INNOVATIE

Innovatie?	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder dekant	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del	Opm
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	Bio onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 Bio AC bin/base 50% PR	kg	Asfalt - AC bin	100 jr	6.392.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	250mm-80mm, blijft zitten.
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	Bio onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 Bio AC bin/base 50% PR	kg	Asfalt - AC bin	30 jr	3.008.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	80mm afvrezen na 30 jaar
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	Bio ZOAB onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 Bio 2L-ZOAB onderlaag	kg	Asfalt - ZOAB	13 jr	1.440.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	45mm
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	Bio ZOAB toplaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 Bio 2L-ZOAB toplaag	kg	Asfalt - ZOAB	10 jr	800.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	25mm

Naam Innovatie **Houten geleiderail (m)**

Levensduur object (RSL):

56

Delete

Copy rij

REFERENTIE (leeg = allen)

Innovatie?	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee	Geleiderail (m)					-		41		

INNOVATIE

Innovatie?	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder dekant	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del	Opm
ja	Geleiderail (m)	A1	Houten vangrail, staal	Materiaal	steel, medium construction products	kg	steel, medium construction products - BmS (MRPI)	20 jr	2	0%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	aantal obv areaal RWS
ja	Geleiderail (m)	A1	Houten vangrail, Angelim	Materiaal	South American hardwood, dried (12%), rough sawn, from sustainable managed forest [VVNH]	kg	Hout, schoon	20 jr	8	0%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	aantal obv areaal RWS
ja	Geleiderail (m)	A1	Houten vangrail, Azobe	Materiaal	African hardwood, dried (12-16%), rough sawn, from sustainable managed forest [VVNH]	kg	Hout, schoon	20 jr	67	0%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	aantal obv areaal RWS

Naam Innovatie **Houten portaal (stuk)**

Levensduur object (RSL):

Innotatie nummer:

63

Delete

Copy rij

**REFERENTIE (leeg = allen)**

Innovatie?	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee			Portaal (stks)			-		9.319		

**INNOVATIE**

Innovatie?	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder del	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del	Opm
ja	Portaal (stks)	A1	Lariks portaal, hout	Materiaal	European softwood, dried (15%), planned, from sustainable managed forest [VVNH]	kg	Hout, schoon	20 jr	5.846,00	0%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	Rapport 2002 vergelijk houten en stalen portalen.
ja	Portaal (stks)	A1	Lariks portaal, staal	Materiaal	steel, medium construction products	kg	steel, medium construction products - BmS (MRPI)	20 jr	1.132,00	0%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	Rapport 2002 vergelijk houten en stalen portalen.

Naam Innovatie **Greenwall (m2)**

Levensduur object (RSL):

Innotatie nummer:

33

Delete

Copy rij

**REFERENTIE (leeg = allen)**

Innovatie?	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee			Geluidsscherm (m2)			-		805		

**INNOVATIE**

Innovatie?	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder del	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del	Opm
ja	Geluidsscherm (m2)	A1	Geluidsscherm, Greenwall	Materiaal	A1-A3+A5 Greenwall	kg	Greenwall	50 jr	258	0%	#####	A4 Greenwall	156 m per km, 3m hoog, 258kg per m2

Naam Innovatie **Accoya brug (stuk)**

Levensduur object (RSL):

Innotatie nummer:

43

Delete

Copy rij

**REFERENTIE (leeg = allen)**

Innovatie?	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee			Viaduct (stks)			-		2.451.720		

**INNOVATIE**

Innovatie?	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder del	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del	Opm
ja	Viaduct (stks)	A1	Accoya brug, accoya	Materiaal	Accoya Radiata pine	kg	Hout, verontreinigd	100 jr	293.250	0%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	excl fundering, 575m3 x sg van 510
ja	Viaduct (stks)	A1	Accoya brug, staal	Materiaal	steel heavy construction products	kg	steel heavy construction products - BmS (MRPI)	100 jr	180.000	0%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	excl fundering



Naam Innovatie **LE2AP (km)**

Levensduur object (RSL):

Innotatie nummer: 9

Delete

Copy rij

**REFERENTIE (leeg = allen)**

Innovatie	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee	A- en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 2L-ZOAB onderlaag	kg		1.440.000		
nee	A- en/of N-wegen (km)			Materiaal	A1-A3+A5 2L-ZOAB toplaag	kg		800.000		

**INNOVATIE**

Innovatie	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder deel	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del (4)	Opm
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	LE2AP onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	LE2AP, onderlaag	kg	Asfalt - ZOAB	13 jr	1.440.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	45mm
ja	A- en/of N-wegen (km)	A1	LE2AP toplaag, wegdek 1km	Materiaal	LE2AP, toplaag	kg	Asfalt - ZOAB	10 jr	800.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	25mm

Naam Innovatie **Freement**

Levensduur object (RSL):

Innotatie nummer: 19

Delete

Copy rij

**REFERENTIE (leeg = allen)**

Innovatie	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee	Brug (stks)			Materiaal	Betonmortel C12/15 (CEM III)	kg		64.800		
nee	Brug (stks)			Materiaal	Civiele bouw C30/37 XD3, XF2 S3 20% granulaat	kg		578.400		
nee	Brug (stks)			Materiaal	beton C35/45, milieuklasse XD3 (CEM III/A)	kg		420.000		
nee	Geluidsschermm (m2)			Materiaal	beton C35/45, milieuklasse XD3 (CEM III/A)	kg		106		
nee	Geluidsschermm (m2)			Materiaal	Betonmortel C12/15 (CEM III)	kg		144		
nee	Tunnel (stks)			Materiaal	beton C35/45, milieuklasse XD3 (CEM III/A)	kg		271.171.200		
nee	Tunnel (stks)			Materiaal	Betonmortel C12/15 (CEM III)	kg		9.139.200		
nee	Tunnel (stks)			Materiaal	Betonmortel C20/25 (CEM III)	kg		73.348.800		
nee	Tunnel (stks)			Materiaal	Civiele bouw C30/37 XD3, XF2 S3 20% granulaat	kg		267.530.400		
nee	Viaduct (stks)			Materiaal	Civiele bouw C30/37 XD3, XF2 S3 20% granulaat	kg		1.505.890		

**INNOVATIE**

Innovatie	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder deel	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del (4)	Opm
ja	Brug (stks)	A1	Freement	Materiaal	Freement Beton (Rutte) - CEM III	kg	Beton, standaard NL	100 jr	1.063.200	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Geluidsschermm (m2)	A1	Freement	Materiaal	Freement Beton (Rutte) - CEM III	kg	Beton, standaard NL	100 jr	250	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Tunnel (stks)	A1	Freement	Materiaal	Freement Beton (Rutte) - CEM III	kg	Beton, standaard NL	100 jr	621.189.600	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Viaduct (stks)	A1	Freement	Materiaal	Freement Beton (Rutte) - CEM III	kg	Beton, standaard NL	100 jr	1.505.890	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	

Naam Innovatie **Geopolymeer beton**

Levensduur object (RSL):

18

Delete

Copy rij

REFERENTIE (leeg = allen)

Innovatie?	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee	Brug (stks)		Taludbekleding; grassteen	Materiaal	Betontegels met milieukeur	kg		3.271		
nee	Brug (stks)		Basaltonzulen	Materiaal	Betonzulen, basaltion	kg		472.000		
nee	Viaduct (stks)		Taludbekleding; grassteen	Materiaal	Betontegels met milieukeur	kg		21.220		
nee	Viaduct (stks)		Basaltonzulen	Materiaal	Betonzulen, basaltion	kg		146.000		

INNOVATIE

Innovatie	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder deurt	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del	Opm
ja	Brug (stks)	A1	Taludbekleding; grassteen	Materiaal	Geopolymer mix design 20%	kg	Beton, standaard NL	50 jr	3.271	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Brug (stks)	A1	Basaltonzulen	Materiaal	Geopolymer mix design 20%	kg	Beton, standaard NL	100 jr	472.000	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Viaduct (stks)	A1	Taludbekleding; grassteen	Materiaal	Geopolymer mix design 20%	kg	Beton, standaard NL	50 jr	21.220	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Viaduct (stks)	A1	Basaltonzulen	Materiaal	Geopolymer mix design 20%	kg	Beton, standaard NL	100 jr	146.000	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	

Naam Innovatie **Slimbreken, generiek (zonder CEM terugwinning)**

Levensduur object (RSL):

20

Delete

Copy rij

REFERENTIE (leeg = allen)

Innovatie?	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmidd del (4)	Opm
nee	Brug (stks)			Materiaal	Betonmortel C12/15 (CEM III)	kg		64.800		
nee	Brug (stks)			Materiaal	Civiele bouw C30/37 XD3, XF2 S3 20% granulaat	kg		578.400		
nee	Brug (stks)			Materiaal	beton C35/45, milieuklasse XD3 (CEM III/A)	kg		420.000		
nee	Geluidsschermm (m2)			Materiaal	beton C35/45, milieuklasse XD3 (CEM III/A)	kg		106		
nee	Geluidsschermm (m2)			Materiaal	Betonmortel C12/15 (CEM III)	kg		144		
nee	Tunnel (stks)			Materiaal	beton C35/45, milieuklasse XD3 (CEM III/A)	kg		271.171.200		
nee	Tunnel (stks)			Materiaal	Betonmortel C12/15 (CEM III)	kg		9.139.200		
nee	Tunnel (stks)			Materiaal	Betonmortel C20/25 (CEM III)	kg		73.348.800		
nee	Tunnel (stks)			Materiaal	Civiele bouw C30/37 XD3, XF2 S3 20% granulaat	kg		267.530.400		
nee	Viaduct (stks)			Materiaal	Civiele bouw C30/37 XD3, XF2 S3 20% granulaat	kg		1.505.890		

INNOVATIE

Innovatie	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder deurt	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmidd del	Opm
ja	Brug (stks)	A1	Freement	Materiaal	Slimbreken Beton, zonder CEM terugwinning	kg	Beton, standaard NL	100 jr	1.063.200	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Geluidsschermm (m2)	A1	Freement	Materiaal	Slimbreken Beton, zonder CEM terugwinning	kg	Beton, standaard NL	100 jr	250	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Tunnel (stks)	A1	Freement	Materiaal	Slimbreken Beton, zonder CEM terugwinning	kg	Beton, standaard NL	100 jr	621.189.600	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	
ja	Viaduct (stks)	A1	Freement	Materiaal	Slimbreken Beton, zonder CEM terugwinning	kg	Beton, standaard NL	100 jr	1.505.890	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	

Naam Innovatie		H2H Accoya damwanden										Delete		Copy rij		Met opmerkingen [MvL1]: ??	
Levensduur object (RSL):		51															
Innotatie nummer:		51															
<b>REFERENTIE (leeg = allen)</b>																	
Innovatie?	Uit Referentie (1)	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel (2)	Ehd	Waste scenario (3)	Totale hvh	Transportmiddel (4)	Opm							
nee			Damwanden (m2)	Materiaal		-		133									
<b>INNOVATIE</b>																	
Innovatie	t.b.v. Referentie	Fase v/d LCA	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onder deet	Netto hvh	Constr. Afval %	Afstand project	Transportmiddel	Opm				
ja		A1	Damwanden (m2)	Materiaal	H2H Accoya (gem.)	kg	Geen afval	60 jr	26,89	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecifield)	Afvalscenario in Productie derhalve geen afval				

## BIJLAGE E. LIJST VAN DEELNEMERS AAN DE WORKSHOP OM DE INDICATOREN VAST TE STELLEN.

Bon Uijting **RWS**  
Mantijn van Leeuwen **NIBE**  
Eric de Munck **Centrum Hout**  
Olga van der Velde **NIBE**  
Gert Jan van Beijnum **NIBE**  
Roy Voorend **CROW**  
Chantal Serree **Prorail**  
Katja Nelissen **Prorail**  
Lucinda Kootstra **TNO**  
Evert Schut **RWS**  
Dineke van der Burg **RWS**  
Matthijs Erberveld **RWS**  
Machiel Crielaard **RWS**  
Eize Drenth **RWS**  
Marc Peerdeman **RWS**  
Mandy Willems **RWS**  
Joke de Jager **RWS**  
Rob Hofman **RWS**  
Valerie Diemel **RWS**  
Frederieke Knopperts **RWS**  
Wisse ten Bosch **Witteveen en Bos**  
Zev Starmans **RWS**  
Jan Pieter den Hollander **Bouwen met staal**  
Henk Schuur **Betonhuis**  
Jonathan Wolvers **RWS**

## BIJLAGE F REFERENTIES

Fase Referentie v/d Lt	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderde	Netto hvh	Constr. Afval	Afstand project	Transport-middel	Opm
A- en/of N-wegen (km)	A1 fundering, wegdek 1km	Materiaal	Menggranulaat wegebouw 0/31,5	kg	Steenachtig materiaal GWW	100 jr	8.880.000	0%	30 km	Vrachtwagen (unspecified)	300mm, 30 km
A- en/of N-wegen (km)	A1 onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 AC bin/base 50% PR	kg	Asfalt - AC bin	100 jr	6.392.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	250mm-80mm, blijft zitten.
A- en/of N-wegen (km)	A1 onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 AC bin/base 50% PR	kg	Asfalt - AC bin	30 jr	3.008.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	80mm afvrenen na 30 jaar
A- en/of N-wegen (km)	A1 ZOAB onderlaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 2L-ZOAB onderlaag	kg	Asfalt - ZOAB	13 jr	1.440.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	45mm
A- en/of N-wegen (km)	A1 ZOAB toplaag, wegdek 1km	Materiaal	A1-A3+A5 2L-ZOAB toplaag	kg	Asfalt - ZOAB	10 jr	800.000	0%	1.000 km	A4 - Nederlandse asfaltmengsels	25mm

Fase Referentie v/d Lt	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderde	Netto hvh	Constr. Afval	Afstand project	Transport-middel	Opm
Damwanden (m2)	A1 Stalen Damwand	Materiaal	steel heavy construction products	kg	steel heavy construction products - 1.000 jr BmS (MRPI)	1.000 jr	133	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	Gemiddelde van mogelijke varianten (132,08 kg/m2)

Fase Referentie v/d Lt	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderde	Netto hvh	Constr. Afval	Afstand project	Transport-middel	Opm
Geleiderail (m)	A1 Vangrail	Materiaal	A1-A3+A5 - Geleiderail, VLP 22 C133-80	kg	Geleiderail, VLP 22 C133-80	20 jr	41	3%	1.000 km	A4 - Geleiderail, VLP 22 C133-80	aantal obv areaal RWS 1350m per km. Gewicht = 40,7kg per m1

Fase Referentie v/d Lt	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderde	Netto hvh	Constr. Afval	Afstand project	Transport-middel	Opm
Geluids scherm (m2)	A1 Betonmortel C55/67 CEM I-CEM III	Materiaal	Betonmortel C55/67 (CEM I-CEM III)	kg	Beton, standaard NL	50 jr	480	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	InnovA58, 700m2 beton; 140m3
Geluids scherm (m2)	A1 Wapeningsstaal	Materiaal	Wapeningsstaal	kg	Metalen (via rest materialen)	50 jr	40	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	InnovA58, 700m2 beton; 28 ton
Geluids scherm (m2)	A1 Profielstaal (verzinkt)	Materiaal	steel, medium construction products	kg	steel, medium construction products - BmS (MRPI)	50 jr	30	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	InnovA58, 700m2 beton; 21 ton
Geluids scherm (m2)	A1 Betonmortel C12/15 (CEM III)	Materiaal	Betonmortel C12/15 (CEM III)	kg	Beton, standaard NL	50 jr	144	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	InnovA58, 700m2 beton; 42m3
Geluids scherm (m2)	A1 Heipaal, Beton C35/45	Materiaal	beton C35/45, milieuklasse XD3 (CEM III/A)	kg	Beton, standaard NL	50 jr	106	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	InnovA58, 700m2 beton; 31m3 (99,4%)
Geluids scherm (m2)	A1 Heipaal, Voorspanstaal	Materiaal	Wapeningsstaal	kg	Metalen (via rest materialen)	50 jr	5	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	InnovA58, 700m2 beton; 31m3 (0,0468ton/ton)

Fase v/d Lt	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderde	Netto hvh	Constr. Afval	Afstand project	Transport-middel	Opm
A1	Lichtmast	Materiaal	steel, medium construction products	kg	steel, medium construction products - BmS (MRPI)	35 jr	538,00	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.b.v. RWS Areaal: 16,6 stuks op 1km snelweg. Gewicht o.b.v. DC: 538kg

Fase Referentie v/d Lt	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderde	Netto hvh	Constr. Afval	Afstand project	Transport-middel	Opm
Portaal (stks)	A1 Portaal	Materiaal	steel, medium construction products	kg	steel, medium construction products - BmS (MRPI)	20 jr	9.319,00	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	Gemiddelde van modellen 2005 en 2011. Aanname dat portaal 1 rijrichting overspannen gem. 25m lang is

Referentie	Fase v/d Lt	Beschrijving	Type Milieuprofiel	Milieuprofiel	Ehd	Waste scenario	RSL onderd. eel	Netto hvh	Constr. Afval	Afstand project	Transport-middel	Opm
Brug (stks)	A1	Taludbekleding; grass	Materiaal	Betontegels met milieukeur	kg	Beton, standaard NL	50 jr	3.271	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Basaltonzuilen	Materiaal	Betonzuilen, basalton	kg	Beton, standaard NL	100 jr	472.000	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Beton C12/15	Materiaal	Betonmortel C12/15 (CEM III)	kg	Beton, standaard NL	100 jr	64.800	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Beton C28/35	Materiaal	Gviele bouw C30/37 XD3, XF2 S3 20% granulaat	kg	Beton, standaard NL	100 jr	578.400	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Beton C35/45	Materiaal	beton C35/45, milieuklasse XD3 (CEM III/A)	kg	Beton, standaard NL	100 jr	420.000	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Prefab ligger	Materiaal	beton C60/75, milieuklasse XD3	kg	Beton, standaard NL	100 jr	672.800	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m C60/75 SJP Flex
Brug (stks)	A1	Betonpalen	Materiaal	beton C60/75, milieuklasse XD3	kg	Beton, standaard NL	100 jr	384.730	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Staal: betonconstructi	Materiaal	Wapeningsstaal	kg	Metalen (via rest materialen)	100 jr	5.000	5%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Staal: stootvloer	Materiaal	steel heavy construction products	kg	steel heavy construction products - BmS (MRPI)	100 jr	5.000	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Staal: constructiefund	Materiaal	steel heavy construction products	kg	steel heavy construction products - BmS (MRPI)	100 jr	2.600	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Staal: Oplegbalk	Materiaal	steel heavy construction products	kg	steel heavy construction products - BmS (MRPI)	100 jr	21.000	3%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Zand	Materiaal	Ophoozand (NVLB: B1)	kg	Zand gemiddeld NL	100 jr	0	0%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	Niet in de scope O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m
Brug (stks)	A1	Zandcement	Materiaal	Zandcement (gestabiliseerd)	kg	Steenachtig materiaal GWW	100 jr	89.375	1%	150 km	Vrachtwagen (unspecified)	O.B.V. 1 brug, wilhelminak anaal max. oversp. 95m