

Earth, Life & Social SciencesPrincetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrechtwww.tno.nl

T +31 88 866 42 56

TNO-rapport**TNO 2017 R11509****Circulaire economie indicatoren voor
Rijkswaterstaat**

Datum	11 december 2017
Auteur(s)	Drs. A.K. van Harmelen, L. Kootstra, Drs. E.E. Keijzer, Drs. S.E. de Vos-Effting
Aantal pagina's	59 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectnaam	Indicatoren Circulaire economie voor RWS
Projectnummer	060.28547

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

© 2017 TNO

Inhoudsopgave

Management samenvatting	4
1 Inleiding en leeswijzer	7
2 Criteria aan indicatorontwerp	8
2.1 Eisen.....	8
2.2 Criteria.....	9
3 Indicatorontwerp	10
3.1 Circulaire economie.....	10
3.2 Het meten van CE.....	13
3.3 Prestatie indicatoren voor CE.....	14
3.4 Prestatie Indicator ontwerp voor RWS.....	18
3.5 Procesindicator voor het meten van ‘circulair werken’.....	22
4 Toepassing van de prestatie-indicatoren	25
4.1 Casestudies en workshops.....	25
4.2 A6 Almere.....	25
4.3 A4 Burgerveen-Leiden.....	30
4.4 “Lessons learned” uit de casestudies.....	33
5 Conclusies t.a.v. het indicator ontwerp	36
5.1 CE-indicatoren in een PIN-format.....	36
5.2 Toets van indicator ontwerp aan de hand van criteria.....	41
6 Advies voor implementatie van de CE-indicatoren	44
6.1 Implementatie van de indicatoren.....	44
6.2 Transitie naar een circulaire economie.....	50
7 Referenties	52
8 Ondertekening	55
Bijlage 1 Meten van het CE transitieproces (PBL)	56
Bijlage 2 Material Circularity Indicator (EMF) en Circular Carbon Footprint Formule (EC PEF)	57
Bijlage 3 DuboCalc indicatoren MKI (overgenomen uit “Toxiciteit heeft z’n prijs” (Rijkswaterstaat, 2004))	58

Management samenvatting

Vraag naar indicatoren om ambities circulariteit te meten

Rijkswaterstaat (RWS) heeft de doelstelling om in 2030 volledig circulair te handelen. Het Rijk heeft in het Programma Nederland Circulair de doelstelling vastgelegd om in 2030 50% minder grondstoffen te gebruiken en om in 2050 volledig circulair te zijn. Om circulair denken en handelen binnen RWS een stap verder te brengen en om deze voortgang te monitoren heeft RWS behoefte aan indicatoren voor circulaire economie (CE):

- indicatoren die betrekking hebben op de mate van circulair handelen op het niveau van objecten, materiaalstromen en over heel RWS,
- procesindicator(en), omdat circulair handelen een proces ambitie is. Deze procesindicatoren ondersteunen het monitoren welk deel van de inkoop en assetmanagement is gebaseerd op circulaire principes.

Door gebruik van circulariteitsindicatoren moet het mogelijk worden om vast te stellen of ambities omtrent CE worden gerealiseerd in RWS' objecten en projecten. Bovendien moet het aan de hand van de indicatoren mogelijk worden om inzicht te krijgen waar nog ruimte is om een grotere mate van circulariteit te bereiken. Naast circulair handelen zijn er ook beleidsambities vastgesteld voor het klimaat en een duurzame leefomgeving. Om deze beleidsambities te realiseren moet het meten van de voortgang van circulair handelen in samenhang met het meten van de andere ambities gezien worden.

Indicator ontwerp

TNO heeft een prestatie indicator ontworpen waarmee RWS de impact van circulaire economie op het hulpbronnen beslag en de milieu-impact kan meten.

Tabel 1 Prestatie indicatoren voor CE – in blauw is weergegeven welke indicatoren op dit moment onderdeel uitmaken van de Milieu Kosten Indicator – de integrale score voor milieu-impact die met DuboCalc berekend kan worden.

Hulpbronnen	Milieu	MKI
- Mineralen	- Klimaatverandering	
- Fossiele brandstoffen	- Lucht, water en bodemkwaliteit	
- Landgebruik	- Humane toxiciteit	
- Watergebruik	- Ecologische toxiciteit	

Het indicator ontwerp sluit aan bij de aanpak van DuboCalc en het bepalen van de Milieu Kosten Indicator (MKI): zes van de acht indicatoren zijn op dit moment al aan de hand van DuboCalc te bepalen. Dit stelt RWS in staat om bij de implementatie maximaal gebruik te maken van de informatie en methodes die er al zijn. Het indicator ontwerp maakt onderscheid in hulpbronnen en milieu-impacts, om recht te doen aan de ambitie om beslag op primaire grondstoffen middels circulaire economie te verminderen. Het is van belang om het hulpbronnen beslag apart weer te geven, omdat uit de MKI niet expliciet inzichtelijk is welke reductie aan primaire grondstoffen RWS heeft weten te bereiken. Bovendien krijgen hulpbronnen op basis van de schaduw prijzen relatief weinig waardering ten opzichte van de milieu-impacts, waardoor hulpbronnen de MKI maar heel beperkt invloeden.

Het milieu-impact deel van de indicator borgt samenhang tussen de ambities op het gebied van circulaire economie en de doelstellingen op het gebied van klimaat en milieu-impact.

De twee indicatoren die op dit moment nog geen onderdeel uitmaken van de MKI zijn water- en landgebruik. Deze indicatoren zijn echter belangrijk om mee te nemen als je CE wil beoordelen, omdat naast materiaal- en energiegebruik (belicht in de categorieën mineralen en fossiele brandstoffen) tijdens (circulaire) productie processen ook beslag wordt gelegd op water en land. De schaarste van zoet water is in Nederland nog geen urgent probleem, maar mondiaal wel een van grootste bedreigingen voor de toekomst. Ook het landgebruik zelf en de biodiversiteit staan onder druk om een steeds groter wordende wereldbevolking te voorzien in de behoefte. Dit is ook de reden dat in verschillende LCI-methodieken land- en watergebruik indicatoren zijn opgenomen. Bij het toepassen van het indicatorontwerp is gebleken dat zowel water als land goed gekwantificeerd kunnen worden op basis van de beschikbare LCA-data en methodes. Om beide te implementeren is draagvlak en standaardisatie nodig. Land en water kunnen op basis van schaduwrijzen toegevoegd worden aan de MKI score, waardoor er op termijn mogelijkheid is om de ontwikkelde indicatoren in te zetten als criterium bij aanbestedingen.

Circulair handelen is vertaald in welke mate bij de besluitvorming in MIRT en SLA gebruik is gemaakt is van de prestatie- en effectindicatoren.

Samenvattend is het indicator ontwerp omgezet naar drie PINs (Prestatie Indicatoren) voor circulaire economie:

- (1) Mate van circulair handelen: het aantal projecten binnen RWS waar gestuurd wordt op prestatie van hulpbronnen en milieu-impact door circulair economie is gelijk aan A%.
- (2) Circulair zijn in projecten: door toepassing van CE in projecten is het beslag op hulpbronnen B% veranderd en de milieu-impact C%. RWS is daardoor D% Circulair.
- (3) Assets zijn meer circulair t.o.v. referentiejaar x: door toepassing van CE is het beslag op hulpbronnen E% veranderd en de milieu-impact F%.

Advies voor implementatie

De Nationale Milieu Database en DuboCalc ondersteunen de uitwerking van verschillende circulaire (en niet-circulaire) scenario's nog beperkt, omdat er een beperkt aantal materialen voor handen is en de database zonder of met een beperkte variatie t.a.v. CE (scenario's voor hergebruik en recycling). Ook methodische aandachtspunten zoals multicycli-LCA om materiaalgebruik over meerdere levenscycli te implementeren zijn niet of nog heel beperkt geoperationaliseerd in databases en tools. RWS kan o.a. in de gebruikersgroep van DuboCalc initiëren dat beide (tools en database) door de relevante partners op termijn uitgebreid worden.

We adviseren om de verdere uitwerking van drie PINs te faseren. Fasering maakt het implementatietraject meer hanteerbaar te maken en bovendien is er een onderlinge afhankelijkheid voor het ontwikkelen van de PIN-indicatoren.

Voor het advies ten aanzien van de fasering maken we onderscheid in korte termijn (per direct in gang te zetten), middellange termijn (haalbaar in een tijdsbestek van enkele jaren) en lange termijn (haalbaar in decennia). We adviseren om de 2^e PIN, het meten van circulariteit in projecten, als eerste uit te werken – beperkt tot de indicatoren die nu al onderdeel uitmaken van de MKI – en gericht op circulair inkopen van grote projecten en onderhoud aan asfalt. Voor deze PIN worden de scores van diverse projecten in een jaar bij elkaar opgeteld. Dat kan op basis van de (absolute) MKI scores, of door de reductie per euro investering te bepalen. We adviseren om de manier van optellen van projecten gelijk te maken aan de manier van projecten optellen voor het bepalen van de CO₂ reductie bij RWS

Door te starten met de 2^e PIN, kan het uitwerken van de 1^e PIN, mate van circulair handelen, ook in gang worden gezet – in eerste instantie nog beperkt tot inkoop van grote projecten en asfaltonderhoud. Op korte termijn is het zinvol om voor een referentiejaar op basis van een modelmatige aanpak het materiaalbeslag in de assets van RWS te bepalen. Zo'n referentie stelt RWS op termijn in staat om een norm/doel te bepalen welke reductie in hulpbronnen en milieu-impact over de tijd bezien haalbaar is – zodat inzichtelijk gemaakt kan worden waar RWS kan staan in 2050, met als ambitie om dan 100% circulair te zijn.

Het ontwikkelen van een werkwijze voor MIRT en andere onderhoudsprojecten gaat meer tijd in beslag nemen, en de 1^e indicator voor circulair handelen zal in dat tempo mee moeten ontwikkelen – zodat het op de middellange termijn haalbaar is om circulair handelen aan de hand van een PIN te monitoren. We adviseren om de 3^e indicator voor het monitoren van de circulariteit van de assets uit te stellen totdat beide andere PINs uitgewerkt zijn – naar verwachting naar de meer lange termijn.

1 Inleiding en leeswijzer

Rijkswaterstaat (RWS) heeft de doelstelling om in 2030 volledig circulair te handelen. Het Rijk heeft in het Programma Nederland Circulair de doelstelling vastgelegd om in 2030 50% minder grondstoffen te gebruiken en om in 2050 volledig circulair te zijn. Om circulair denken en handelen binnen RWS een stap verder te brengen en om deze voortgang te monitoren heeft RWS behoefte aan indicatoren voor circulaire economie (CE):

- indicatoren die betrekking hebben op de mate van circulair handelen op het niveau van objecten, materiaalstromen en over heel RWS,
- procesindicator(en), omdat circulair handelen een proces ambitie is. Deze procesindicatoren ondersteunen het monitoren welk deel van de inkoop en assetmanagement is gebaseerd op circulaire principes.

Voor het opstellen van de indicatoren heeft RWS een aantal eisen/ criteria meegegeven. Door gebruik van circulariteitsindicatoren moet het mogelijk worden om vast te stellen of ambities omtrent CE worden gerealiseerd in RWS' objecten en projecten. Bovendien moet het aan de hand van de indicatoren mogelijk worden om inzicht te krijgen waar nog ruimte is om een grotere mate van circulariteit te bereiken. Naast circulair handelen zijn er ook beleidsambities vastgesteld voor het klimaat en een duurzame leefomgeving. Om beide beleidsambities te realiseren moet het meten van de voortgang van circulair handelen in samenhang met het meten van de andere ambities gezien worden. In hoofdstuk 2 zijn de criteria en eisen aan het indicator ontwerp uitgebreider omschreven.

TNO heeft in opdracht van RWS indicatoren voor een circulaire economie opgesteld en toegepast. Het indicator ontwerp is terug te vinden in hoofdstuk 3. Om te toetsen of het indicator ontwerp werkbaar is, heeft TNO de indicator(en) toegepast in twee cases. De resultaten daarvan zijn terug te vinden in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden de Indicatoren voor Circulaire Economie uitgewerkt in het format voor een PIN (Prestatie Indicator) zoals RWS die hanteert in de SLA, en wordt een vergelijking gemaakt van het indicator ontwerp met de gestelde eisen/ criteria, zodat geconcludeerd kan worden in welke mate het indicator ontwerp daaraan voldoet. Hoofdstuk 6 beschrijft het advies voor verdere uitwerking en implementatie van de indicatoren bij RWS.

2 Criteria aan indicatorontwerp

Het indicatorontwerp is tot stand gekomen aan de hand van beschikbare literatuur, een drietal workshops georganiseerd met RWS en eisen opgesteld door RWS voorgaand aan de opdracht. In dit hoofdstuk zullen we de gestelde eisen vertalen naar een aantal criteria voor het indicator ontwerp.

2.1 Eisen

De aan het indicatorontwerp gestelde eisen die RWS in de opdrachtomschrijving aan TNO heeft meegegeven worden hieronder (vrij vertaald door TNO) samengevat:

Scope

- Het indicatorontwerp is toepasbaar op niveau het van materiaalstromen, objecten, projecten en voor RWS als geheel (alle assets);
- Het indicatorontwerp kan worden gebruikt voor natte en droge projecten en voor grote (nieuwe aanleg) en kleinere (onderhouds-)projecten;
- In de scope vallen procesindicatoren ten behoeve van het monitoren welk deel van de inkoop en assetmanagement is gebaseerd op circulaire principes.

Gedegen onderbouwing

- Het indicatorontwerp heeft waar mogelijk een (wetenschappelijk) methodisch fundament t.a.v. relevante aspecten zoals emissies in huidige en toekomstige cycli, herstellend vermogen van natuurlijke hulpbronnen, downcyclen, levensduurverlenging, waardering van verschillende impacts en/of grondstoffen (schaduwrijzen);
- Het indicatorontwerp is betrouwbaar, wat inhoud dat dat de achterliggende gegevens verifieerbaar zijn;
- Het indicatorontwerp moet aanpasbaar zijn op toekomstige ontwikkelingen (zie samenhang).

Samenhang

- Het indicatorontwerp op het niveau van materiaalstromen, objecten en projecten houdt rekening met bestaande ambities en indicatoren voor CO₂, DuboCalc, energieneutraliteit en ontwikkelingen zoals het materiaalpaspoort, MLCA en module D.

Inpassing

- Het indicatorontwerp sluit aan bij de Inkoop van projecten van GPO en PPO, dus kan worden toegepast op zowel aanleg- als onderhoud- en beheerprojecten;
- Het indicatorontwerp sluit zo veel mogelijk aan op DuboCalc;
- Het indicatorontwerp voor beheer van onderhoud past in de Service Level Agreement van RWS met het ministerie van infrastructuur en Milieu;
- Het indicatorontwerp sluit aan bij assetmanagement.

Praktische toepasbaarheid

- De gegevens voor het bepalen van de circulariteitsindicatoren zijn zonder veel extra inspanning opvraagbaar;
- Het indicatorontwerp is efficiënt: het meet de belangrijkste factoren;

- Het indicatorontwerp biedt een referentiepunt voor de monitoring van de voortgang.

2.2 Criteria

De lijst met eisen is verwerkt tot de volgende gecondenseerde lijst van criteria gehanteerd bij het opstellen en beoordelen van de set van indicatoren voor het meten van CE voor RWS:

1. De set van indicatoren kan worden gebruikt voor de monitoring van de voortgang van circulaire economie;
2. De set van indicatoren is onderbouwd, betrouwbaar en robuust;
3. De set van indicatoren is schaalbaar en algemeen toepasbaar;
4. De indicatoren zijn efficiënt en sluiten aan bij bestaande praktijk van RWS.

Naast deze vier criteria wil RWS zich richten op circulair gebruik van schaarse en hernieuwbare bronnen en de milieueffecten van materiaal gebruik. Dit is bij het samenstellen en ontwikkelen van de indicatoren bij dit project dan ook een speerpunt voor TNO.

3 Indicatorontwerp

In dit hoofdstuk wordt het Indicator ontwerp voor RWS onderbouwd. Paragraaf 3.1 beschrijft het begrip Circulaire Economie en paragraaf 3.2 welke benaderingen al ontwikkeld zijn voor het meten van Circulaire Economie in een transitieproces. Paragraaf 3.3 beschrijft prestatie indicatoren die van toepassing zijn op projecten of producten, paragraaf 3.4 het indicatorontwerp en paragraaf 3.5 is gericht op het meten van circulair werken.

3.1 Circulaire economie

3.1.1 *Wat verstaan we onder Circulaire Economie?*

Het begrip Circulaire Economie (CE) is geïntroduceerd als alternatief voor het huidige lineaire 'win, maak en afdank' model (Ellen MacArthur Foundation, 2015). De Ellen MacArthur Foundation definieert CE als "een continue, positieve ontwikkelingscyclus die natuurlijk kapitaal beschermt en uitbreidt, opbrengsten optimaliseert en systeemrisico's minimaliseert door schaarse voorraden en hernieuwbare stromen optimaal te beheren. "CE is gebaseerd op drie principes, die elk verschillende uitdagingen voor de huidige geïndustrialiseerde economie op het gebied van voorraad en systeem adresseren (Ellen MacArthur Foundation, 2015), namelijk:

1. Het beschermen en uitbreiden van natuurlijk kapitaal (door beheer van schaarse voorraden en hernieuwbare bronnen);
2. Het optimaliseren van waarde van de grondstoffen/ materialen (door hergebruiken van producten, componenten en materialen met het hoogste nut in zowel de technische als de biologische systemen);
3. Het bevorderen van systeem effectiviteit (door het blootleggen en vermijden van negatieve externe effecten). Dit betreft het terugdringen van schade aan menselijke behoeften zoals voeding, mobiliteit, onderdak, onderwijs, gezondheid en welzijn, en het managen van externe effecten zoals landgebruik, lucht, water, hinder, de uitstoot van toxische stoffen en klimaatverandering.

Zowel nationaal als internationaal is CE opgenomen in beleid. In december 2015 heeft de Europese Commissie het Pakket Circulaire Economie aangenomen om Europese bedrijven en burgers te helpen bij het maken van de transitie naar een circulaire economie waarin hulpbronnen duurzamer gebruikt worden (EC, 2017). In Nederland heeft de overheid in het Programma Nederland Circulair de ambitie gesteld om in 2030 50% minder grondstoffen te gebruiken en om in 2050 volledig circulair te zijn. Het ministerie wil daarmee de volgende CE-hoofddoelen bereiken (IenM 2013; IenM 2014; IenM 2015):

- minder grondstoffen, duurzaam brongebruik, en voorzieningszekerheid;
- minder afval, minder emissies, meer natuurlijk kapitaal;
- meer verdienvermogen, meer werkgelegenheid.

Een kanttekening bij deze ambities is dat het gebruik van minder grondstoffen of volledig circulair handelen niet in alle gevallen leidt tot het vergroten van de duurzaamheid.

CE is eerder een middel om schaarse en hernieuwbare bronnen te beschermen, deze efficiënt en effectief te benutten tegen zo gering mogelijke schade aan mens en milieu. CE heeft betrekking op de fysieke stromen van schaarse (mineralen en fossiele energie) en hernieuwbare bronnen (biomassa, energie uit zon, wind, water etc.) en grijpt aan op de duurzaamheidsaspecten economie, mens en milieu (*'Prosperity, People & Planet'*).

CE zou als circulair handelen in engere zin gezien kunnen worden als een streven naar robuuste materiaalkringlopen en het niet meer uitputten van schaarse hulpbronnen. Dit neemt echter maar een van de doelen in beschouwing en vergeet de overige duurzaamheidsaspecten. Vandaar dat wij, net als in het nationale en internationale beleid, CE (in brede zin) definiëren als een instrument dat door middel van efficiënt benutten en beheren van schaarse en hernieuwbare bronnen ten doel heeft om duurzaamheid op het gebied van economie, mens en milieu te bereiken.

Milieueffect methodieken (zoals gebruikt in Life Cycle Assessment; LCA) beschouwen uitputting van hulpbronnen vaak als een milieuaspect omdat milieu in zeer brede zin wordt beschouwd. Zo onderscheidt ReCiPe 2016 drie beschermgebieden (*'areas of protection'*), te weten menselijke gezondheid (*'human health'*), ecosystemen (*'ecosystems'*) en schaarste van grondstoffen (*'resource scarcity'*). De eerste twee betreffen de gevolgen van emissies naar het milieu - voor mens en ecosysteem. De laatste betreft uitputting van hulpbronnen. Voor CE is het relevant om het gebruik van hulpbronnen expliciet te onderscheiden naast milieu (effecten op mens en ecosysteem).

3.1.2 *R-strategieën*

CE een dus een middel, een instrument, dat aangrijpt op de fysieke stromen in de economie. Waar 'verlagen van de milieubelasting' vaak geassocieerd wordt met efficiency; kleine stappen van verbetering, wordt Circulaire Economie vaak geassocieerd met een radicale verandering in de manier van werken. Voor het (meer) circulair maken van de economie bestaan verschillende strategieën, de zogenoemde R-strategieën, die er op gericht zijn om het grondstof- en materiaalgebruik in de productketen te verminderen.

Meerdere partijen hebben een overzicht gemaakt van deze R-strategieën, zie de voorbeelden van CE & MVO (2015), EMF (2015), RLI (2015) en Vermeulen et al (2014). Al deze overzichten lijken op elkaar en bouwen zij allen voort op de zogenoemde Ladder van Lansink, met een prioriteitsvolgorde voor afvalverwerkingswijzen. Ook ordenen zij allen R-strategieën geordend op basis van hun circulariteit; lopend van een hoge circulariteit (laag R-nummer) naar een lage circulariteit (hoog R-nummer). De overzichten verschillen echter van elkaar in het aantal en type R-strategieën. Het overzicht van Potting et al (2016) geeft een van het meest recente en complete overzicht en wordt weergegeven in Tabel 1.

Tabel 2 Overzicht van geprioriteerde R-strategieën voor het circulair maken van de economie volgens Potting et al (2016).

R-strategie *	Beschrijving
<i>Product slimmer gebruiken en maken</i>	
R0: Refuse	een product overbodig maken door van z'n functie af te zien, of die met een radicaal ander product te leveren
R1: Rethink	productgebruik intensiveren, bijvoorbeeld door producten te delen, of multifunctionele producten
R2: Reduce	een product efficiënter fabriceren door minder grondstoffen en materialen in het product, of in het gebruik ervan te gebruiken
<i>Levensduur verlengen van product en onderdelen</i>	
R3: Re-use	hergebruik van een afgedankt, nog goed product in dezelfde functie door een andere gebruiker
R4: Repair	reparatie en onderhoud van kapot product voor gebruik in zijn oude functie
R5: Refurbish	opknappen, moderniseren van oud product
R6: Remanufacture	onderdelen van afgedankt product gebruiken in nieuw product met dezelfde functie
R7: Repurpose	een afgedankt product of onderdelen daarvan gebruiken in nieuw product met andere functie
<i>Nuttig toepassen van materialen</i>	
R8: Recycle	materialen verwerken tot dezelfde (hoogwaardige) of mindere (laagwaardige) kwaliteit
R9: Recover	verbranden van materialen met energierecuperatie

*De gehanteerde vuistregel hierbij is: meer circulariteit leidt tot minder grondstof gebruik en minder milieudruk.

De R-strategieën kunnen positieve en negatieve effecten tot gevolg hebben. Negatieve effecten laten zich uitdrukken in termen van energie, materialen en milieueffecten door bijvoorbeeld het transport, de sortering, bewerking en assemblage die benodigd zijn om de R-strategie uit te voeren. Positieve effecten laten zich in dezelfde termen uitdrukken door bijvoorbeeld hergebruik van materialen of verlengen van de levensduur, doordat de R-strategie het circulair handelen verbetert. Positieve effecten van R-strategieën worden gebaseerd op drie principes en laten zich op die manier clusteren. Deze principes worden hieronder besproken.

Het belangrijkste en eerste principe is het verminderen van de in te zetten fysieke producten of productonderdelen door het (a) overbodig te maken (Refuse) of (b) productgebruik te intensiveren door multifunctionaliteit of delen (Rethink). Dit kan ook door de levensduur van een product te verlengen (Re-use, Repair, Refurbish, Remanufacture en Repurpose). Het positieve effect van productdelen en levensduurverlenging is relatief eenvoudig (naar rato) te berekenen. Aandachtspunt bij Rethink (multifunctionaliteit) en Repurpose is dat het product in een andere functie wordt ingezet; dit betekent dat gecorrigeerd moet worden voor een mogelijk waardeverlies. Dit kan op basis van het relatieve waardeverlies of door het berekenen van de impact van additioneel in te zetten producten om het functie- en waardeverlies te compenseren.

Een tweede principe is het na de afdanking van een product terugwinnen en opnieuw inzetten van een materiaal (Recycling). Dit kan gebeuren in de oorspronkelijke toepassing, als het materiaal zijn oorspronkelijke eigenschappen voldoende heeft behouden. Daarnaast kan er sprake zijn van downcyclen (versus ook upcyclen) waarbij het gerecyclede materiaal opnieuw ingezet wordt in een laagwaardigere (voor upcyclen een hoogwaardigere) toepassing. Hoewel bij downcyclen de waarde van een materiaal verminderd, wordt door de inzet van het gerecyclede materiaal in een (bij-)product, de winning en inzet van een (hetzelfde of een ander, laagwaardiger of hoogwaardiger) materiaal vermeden. In LCA wordt de impact (in termen van materialen, energie en milieu) van deze vermeden materiaalwinning op verschillende manieren berekend – en is er op dit moment een levendige dialoog in de LCA-community over ‘module D’; het waarderen van de impact van recycling in andere ketens.

Het derde principe is de terugwinning van energie (warmte en elektriciteit) bij de verbranding van afgedankt materiaal (Recover). Analoog aan de methodiek voor recycling is het positieve effect hiervan de vermeden elektriciteits- en warmteproductie. De effecten hiervan kunnen sterk variëren per type opwekking (denk aan kolencentrales of zonnecellen).

Hoewel de R-strategieën voor de positieve effecten nog te clusteren zijn rondom drie principes, is dit niet mogelijk voor de investeringen en bijbehorende negatieve effect, omdat deze per R-strategie en materiaal sterk verschillen. Het vraagt daarom om gedetailleerde kennis van de fysieke kenmerken van elke R-strategie voor elk product(onderdeel) c.q. (vervangen) materiaal(stroom).

3.2 Het meten van CE

Zowel het nationale beleidsprogramma “Van Afval Naar Grondstof” (IenM, 2013) als het EU-actieplan voor een circulaire economie van de Europese Commissie (EC, 2015) geven het belang aan van het meten van de voortgang richting een circulaire economie. Er bestaat echter nog geen breed geaccepteerde manier om de voortgang van het CE-transitieproces, en de effecten daarvan op circulariteit, milieu en economie te meten (European Environment Agency, 2016). Het Europees milieuagentschap (European Environment Agency) gaat maar beperkt in op het meten van het CE-transitieproces (middelen en activiteiten), en de effecten op milieu en economie, maar richt zich op CE-prestatiedoelen en CE-effectdoelen in relatie tot circulair handelen. Zij stellen daarvoor vragen als:

- Neemt het gebruik van primaire materialen in absolute zin af?
- Is bij het ontwerp rekening gehouden met hergebruik en recycling?
- Neemt het aandeel gevaarlijke stoffen in producten af?
- Worden producten langer gebruikt?
- Behouden materialen hun waarde en is sprake van hoogwaardige recycling?

Potting, et al. (2016) onderscheiden de vier categorieën middelen, activiteiten, prestaties en effecten om het CE-transitieproces te kenschetsen. Deze worden nader toegelicht in Bijlage 1. Het ‘middelen’ deel kan helpen vaststellen welke actoren, financieringsmodellen en andere middelen nodig worden geacht om het CE-doel te bereiken. Het ‘activiteiten’ deel geeft inzicht in beschikbare kennis, in de mate van experimenteren en of de ketenpartners daar betrokken bij zijn.

Het activiteiten deel helpt te identificeren of er weerstand om met Circulaire Economie aan de slag te gaan (bijvoorbeeld in regelgeving) en of er voldoende wordt gedaan om die weerstand weg te nemen. Tot slot wordt aan de hand van de vragen in het activiteiten deel ook geïdentificeerd of er een heldere visie is en in welke mate die visie ook gedeeld wordt. Het tweede deel van de methodiek van Potting richt zich op prestatie en vooral de effecten. Als we deze twee onderdelen uit de methodiek van Potting (middelen & activiteiten versus prestatie & effecten) leggen naast de eisen die RWS aan de indicator stelt (zie paragraaf 2.1), dan zien we dat de geformuleerde indicator eisen goed aansluiten op het tweede deel van de methodiek; meten van prestatie en effecten. Het 'meten' van middelen en activiteiten is meer procedureel van aard en sluit minder goed aan bij de door RWS gestelde indicator eisen. Om die reden is prioriteit gegeven aan het uitwerken van indicatoren op het niveau van prestatie en effecten. De effecten betreffen volgens Potting et al (2016) circulariteit, economie en milieu. De sociale aspecten (werk, gezondheid) zijn daarin opgenomen. Dit is consistent met het eerdere onderscheid van circulair gebruik van hulpbronnen en effecten op milieu, mens en economie.

Naast een indicator voor circulaire prestaties, heeft RWS ook gevraagd een procesindicator te ontwerpen die gericht is op circulair handelen. Circulair handelen is vertaald in welke mate bij de besluitvorming in MIRT en SLA gebruik is gemaakt is van de prestatie- en effectindicatoren. De aanpak van Potting gericht op middelen en activiteiten is meer procedureel van aard en kan behulpzaam zijn om een transitieplan op te stellen voor de ambitie van RWS om 'in 2030 Circulair te werken'. In paragraaf 6.2 wordt geadviseerd om in aanvulling op het indicator ontwerp ook een transitieplan op te stellen, en de voortgang van dat plan te monitoren.

3.3 Prestatie indicatoren voor CE

3.3.1 *Material Circularity indicator*

Een indicator die wordt gebruikt om materiaalgebruik van een product uit te drukken is de Material Circularity Indicator (MCI) beschreven door The Ellen MacArthur Foundation en Granta Design (2015). De MCI beschrijft de circulariteit van materialen als volgt:

$$MCI = 1 - LFI * F.$$

In deze formule is *LFI* de genormaliseerde som van het primair gebruikte materiaal en totaal geproduceerde afval. *F* omschrijft een factor die bruikbaarheid uitdrukt, zodat hergebruik van materialen en verlenging van de levensduur van een product dezelfde impact hebben op de MCI. De MCI loopt op een schaal van 0 tot 1, waar de waarde voor een volledig circulair product gelijk is aan 1 en die voor een volledig lineair product, 0.

Er zijn twee bezwaren aan het een-op-een overnemen van deze indicator voor het uitdrukken van de circulariteit van een product:

- de MCI verschaft alleen inzicht in de circulaire fractie van de massa van een product en gaat voorbij aan diversiteit aan materialen dat gebruikt kan worden. Het SER (2016) pleit dan ook voor een indicator die die aandacht heeft voor de kwalitatieve aspecten boven een algemene indicator omdat deze zich op kwantiteit richt;

- de MCI richt zich alleen op de materiaalstromen en niet de extra milieukosten gepaard met productie of het end-of-life scenario. Omdat dit een beperkt beeld geeft van de totaal gebruikte hulpbronnen wordt in dezelfde rapportage van de Ellen MacArthur Foundation en Granta Design (2015) de suggestie gedaan om de MCI-indicator aan te vullen met risico en impact indicatoren zoals energie- en watergebruik.

3.3.2 *Effectindicatoren*

Potting et al (2017) stelt in een discussiepaper voor de European Network of the Heads of Environment Protection Agencies (EPA Network) een aantal effectindicatoren voor. Als 'lead indicator' wordt genoemd: 'Raw material footprint' (raw material consumption; RMC) of de 'Raw material productivity (GDP/RMC)'. Dat betreft een circulaire economie in engere zin. Er wordt niets gesteld over verschil in materialen, schaarste of aggregeren van verschillende materialen.

Daarnaast worden 'dashboard indicators' voorgesteld die overige hulpbronnen en effecten op milieu en economie meten:

- Land use footprint
- Water exploitation (water footprint)
- Energy footprint (cumulative energy demand (CED))
- Greenhouse gas footprint (Renaming of carbon-footprint)
- Added value
- Jobs

Deze lijst aan indicatoren is voor hulpbronnen vrij compleet en consistent met impact categorieën die gehanteerd worden in Life Cycle Impact (LCI) methodieken zoals ReCiPe en ILCD, namelijk mineralen en energie-, water- en landgebruik (JRC-IES, 2011; Huijbregts et al, 2016). Echter is er maar één indicator die impact op milieu belicht: klimaatverandering.

In 'Rijkswaterstaat Roadmap Materialen 2020, verduurzaming inkoop GWW' (Lieshout et al., 2016) is gekeken naar het monitoren van de milieu-impact van materiaalgebruik met cases over 5 materiaalsoorten. Uiteindelijk wordt ook daar voorgesteld om eenvoudigweg de CO₂-emissie in de keten (zoals in de MKI) als indicator te nemen.

3.3.3 *Indicatoren gebruikt in LCI-methodes*

De meest gezaghebbende methodiek voor de bepaling van milieueffecten in de ruime zin van het woord (voor mens, milieu en hulpbronnen) is de LCA, waarbij er verschillende gevalideerde methodieken zijn om de effecten te bepalen, zoals CML2000, ILCD, ReCiPe (Guinée et al, 2002; JRC-IES, 2011; Goedkoop et al, 2013) en de laatste update hiervan: ReCiPe 2016 (Huijbregts et al, 2016).

RWS gebruikt momenteel DuboCalc voor berekening van de milieukostenindicator (MKI) in aanbestedingen van grootschalige projecten. Deze is gebaseerd op de SBK-bepalingsmethode, die weer aansluit bij de Europese standaard voor milieuprestatie van bouwmaterialen en bouwwerken. Opvallend is dat in DuboCalc de impactcategorieën watergebruik en landgebruik ontbreken. Water is wel een verplichte indicator in de SBK-bepalingsmethode, maar kent geen weefactor.

Resultaten voor watergebruik zijn ook opgenomen in de Nationale Milieudatabase voor bouwmaterialen, maar water wordt niet overgenomen in DuboCalc. Landgebruik ontbreekt zowel in de tool als in de SBK-bepalingsmethode en de Nationale Milieudatabase. Land en water komen beide wel voor in ILCD en ReCiPe en geven weer dat de afgelopen twee decennia de aandacht voor biomassa en de bijbehorende effecten zijn weerslag heeft gehad op de impact analyse. Zo zijn er ook verschillende weegfactoren ontwikkeld om de impact van land en water gebruik te waarderen in vergelijking met andere milieueffecten.

In Tabel 2 is een overzicht weergegeven van de indicatoren die de verschillende impactmethodieken gebruiken. Hoewel de indicatoren verschillen, worden in alle methodieken dezelfde milieuthema's afgedekt. De milieueffecten die zijn verwerkt in de meest actuele impactmethodieken kunnen in acht categorieën worden verdeeld, namelijk:

- abiotische uitputting (fossiel)
- abiotische uitputting (niet-fossiel)
- watergebruik (niet in DuboCalc / MKI)
- landgebruik / biodiversiteit (niet in DuboCalc / MKI)
- klimaatverandering
- lucht, water en bodemkwaliteit
- humane toxiciteit
- ecologische toxiciteit.

Deze impactcategorieën sluiten aan bij de grote mondiale en EU-beleidsdossiers op het gebied van hulpbronnen en milieu, te weten het Circulaire Economie pakket en actieplan van de Europese Commissie (gebruik hulpbronnen), het Parijs klimaatakkoord (klimaatverandering), de verschillende EU-kaderrichtlijnen (op het gebied van lucht-water- en bodemkwaliteit) en REACH (toxiciteit). Onafhankelijk van de te kiezen operationalisering in indicatoren zijn dit de thema's die relevant zijn voor hulpbronnen en milieu.

Deze acht impact categorieën vormen ook samen het indicator ontwerp. Er wordt echter wel een onderscheid gemaakt in de bovenste vier categorieën die de impact op de depletie van hulpbronnen uitdrukken en de onderste vier categorieën die de impact op het milieu afdichten. Samen vormen de categorieën het raamwerk voor meten met impact van CE:

Hulpbronnen

- Mineralen
- Fossiele brandstoffen
- Landgebruik
- Watergebruik

Milieu

- Klimaatverandering
- Lucht, water en bodemkwaliteit
- Humane toxiciteit
- Ecologische toxiciteit

Tabel 3 Overzicht van de indicatoren op het gebied van hulpbronnen en milieu zoals beschikbaar in verschillende bestaande en gevalideerde levenscyclus impactmethodieken (JRC-IES, 2011; Huijbregts et al, 2016; Stichting Bouwkwaliiteit, 2014).

	<i>MKI / CML2000</i>	<i>ReCiPe 2016</i>	<i>ILCD</i>
Hulpbronnen			
Mineralen	Abiotische uitputting, geen fossiele energiedragers	Mineral resource scarcity	Mineral, fossil & renewable resource depletion
Fossiele energie	Uitputting fossiele energiedragers	Fossil resource scarcity	
Watergebruik		Water consumption potential	Water consumption
Landgebruik		Land use (agricultural land occupation potential)	Depletion of Soil Organic Carbon
Milieu			
Klimaatverandering	Klimaatverandering	Climate change	Climate change
Lucht, water en bodemkwaliteit	<ul style="list-style-type: none"> - Ozonlaagaantasting - Fotochemische oxidantvorming - Verzuring - Vermesting 	<ul style="list-style-type: none"> - Ozone depletion - Freshwater eutrophication - Terrestrial acidification - Fine particulate matter formation - Photochemical oxidant formation - Ionizing radiation 	<ul style="list-style-type: none"> - Eutrophication <ul style="list-style-type: none"> • Marine • Terrestrial • Freshwater - Acidification - Photochemical ozone formation - Ionizing radiation - Ozone depletion - Particulate matter
Humane toxiciteit	<ul style="list-style-type: none"> - Humane toxicologische effecten 	Human toxicity <ul style="list-style-type: none"> - Cancer - Non-cancer 	Human toxicity <ul style="list-style-type: none"> - Cancer - Non-cancer
Ecologische toxiciteit	Ecotoxicologische effecten: <ul style="list-style-type: none"> - Zoetwater - Zeewater - Terrestrisch 	<ul style="list-style-type: none"> - Freshwater ecotoxicity - Terrestrial ecotoxicity - Marine ecotoxicity 	Freshwater ecotoxicity

3.3.4 MCI en LCI-indicatoren

De gekozen indicatoren lijken op het eerste gezicht slecht aan te sluiten bij de eerdergenoemde Material Circularity Indicator (MCI). Ter illustratie: de indicator mineralen, welke wordt berekend door het (jaarlijkse) verbruik van een bepaald materiaal te delen door de totale voorraad, omvat niet expliciet de circulaire fractie zoals in de MCI. Echter zijn de mechanismen van de MCI voor het berekenen van indicatoren opgenomen in de LCI-methodes. Er wordt namelijk een analyse gemaakt van begin tot einde levensduur van een product, inclusief de fractie van het materiaal uit secundaire stroom of dat kan worden hergebruikt. Zodoende worden de circulaire principes uit de MCI toch voldoende meegenomen in de analyse. Het verschil betreft vooral een relatieve weergave (% van het gebruikte materiaal blijft in de keten) versus een absolute weergave (aantal kilogram materiaal gaat uit de keten). De uiteindelijk te kiezen presentatievorm komt later aan de orde. Een ander verschil is dat de MCI alle materialen aggregereert op basis van alleen gewichtsaandeel terwijl de LCI materialen ook weegt op basis van specifieke materiaal schaarste.

Een uitgebreide vergelijking van de MCI met berekeningen die in LCI-methodes worden gebruikt kan worden gevonden in Bijlage 2.

3.4 Prestatie Indicator ontwerp voor RWS

In Tabel 2 worden acht (categorieën van) indicatoren onderscheiden. Deze indicatoren waarvan er vier de impact op de depletie van hulpbronnen uitdrukken en vier de impact op het milieu, vormen het raamwerk voor meten met impact van CE. Het indicator ontwerp vat de indicatoren samen die in verschillende LCI-methodieken worden genoemd en meet dus de belangrijkste indicatoren. Bovendien kan het ontwerp gecombineerd worden met nieuwe inzichten in schaduw prijzen e.d.

Het indicatoren raamwerk ziet er als volgt uit:

Hulpbronnen	Milieu
- Mineralen	- Klimaatverandering
- Fossiele brandstoffen	- Lucht, water en bodemkwaliteit
- Landgebruik	- Humane toxiciteit
- Watergebruik	- Ecologische toxiciteit

In zijn algemeenheid sluit het indicator ontwerp goed aan bij de aanpak van DuboCalc met MKI, wat de voorgestelde aanpak efficiënt maakt. Zes van de acht indicatoren beschreven in het indicatoren raamwerk kunnen worden berekend met behulp van DuboCalc. In Bijlage 3 wordt een meer uitgebreide omschrijving van deze indicatoren gegeven. De twee indicatoren waarmee dat (nog) niet kan zijn water- en landgebruik. LCI-methodes zijn echter wel in staat dit te doen.

De indicatoren land- en water gebruik zijn belangrijk om mee te nemen als je CE wil beoordelen, omdat naast materiaal- en energiegebruik (belicht in de categorieën mineralen en fossiele brandstoffen) ook tijdens (circulaire) productie processen ook beslag wordt gelegd op water en land. De schaarste van zoet water is in Nederland nog geen urgent probleem, maar mondiaal wel één van grootste bedreigingen voor de toekomst. Ook het landgebruik zelf en de biodiversiteit staan onder druk om een steeds groter wordende wereldbevolking te voorzien van voedsel en goederen. Dit is ook de reden dat in verschillende LCI-methodieken land- en watergebruik deze indicatoren zijn opgenomen.

De indicator landgebruik wordt gebruikt om de schade aan ecosystemen door gebruik en verandering van land uit te drukken. Dit kan door te kijken naar de hoeveelheid land dat gebruikt of getransformeerd wordt ten dienste van productieproces, het aantal kilogrammen aan koolstofverlies of "potentially disappeared fraction of species", PDF). Op dit moment wordt er nog geen standaard indicator voorgeschreven.

De indicator watergebruik omschrijft de hoeveelheid zoet water dat wordt geconsumeerd en dus onttrokken aan een ecosysteem door evaporatie, opname in product of lozing in ander ecosysteem of zee. Het water dat wordt gebruikt, maar ook weer terug keert naar het ecosysteem, wordt dus niet meegerekend (Falkenmark et al. 2004).

Dit is in overeenstemming met de SKB-bepalingsmethode die gebruikt wordt voor berekening van milieuprofielen in de Nationale Milieudatabase.

Het berekenen van de indicatoren gebeurt op basis van de levenscyclus van materialen in een asset. Tijdens het project werd door RWS de vraag gesteld of de indicatoren uitgewerkt zouden moeten worden tot indicatoren per m² of per kg materiaal. In feite is dat het niveau waarop de nationale Milieudatabase is ingericht. Daarmee weten we ook dat de beoordeling van de indicatoren op het niveau van een object of een project plaats moet vinden; een kg asfalt of een kg beton zijn niet direct met elkaar te vergelijken, maar wel op basis van de hoeveelheden die nodig zijn om een functie te vervullen. Een andere suggestie die gedurende dit project door RWS werd gedaan is om indicatoren alleen te bepalen voor de ingrepen die in het kalenderjaar zelf plaats vinden (dus niet over de hele levenscyclus). We raden dit af om een aantal redenen:

- Een benadering per kalender jaar staat haaks op investeren voor een lange levensduur omdat toekomstige ingrepen voor onderhoud / vroegtijdige vervanging niet inzichtelijk worden.
- Zo'n benadering is veel moeilijker te operationaliseren, omdat de tools en methodes daar niet op ingericht zijn.

3.4.1 *Inschaling*

Om de circulariteit van een project te kunnen beoordelen met behulp van het indicatoren raamwerk, worden de indicatoren uitgedrukt op schaal van volledig circulair (100%) tot volledig lineair (0%). Voor hulpbronnen betekent 0% geheel niet circulair (lineair): het gebruik van alleen primaire grondstoffen en geen enkele terugwinning aan het einde van de levensduur (stort). 100% staat voor totaal circulair, dus geen enkel gebruik van hulpbronnen. Voor milieu-indicatoren ligt dit iets lastiger maar hanteren we hetzelfde idee: 100% betekent in dit verband geen emissie en een totaal schone productketen en 0% staat voor de impact op het milieu in het geval dat een keten lineair is, waarin het product na afdanking wordt verbrand zonder terugwinning van energie.

Het raamwerk van indicatoren kan ook worden gebruikt om alle assets van RWS te beoordelen. Het zou erg theoretisch zijn om voor alle assets een 0% circulair, ofwel een worst-case lineair scenario te bepalen. Daarom wordt voor beoordeling van assets voorgesteld om de indicator te beperken tot het in beeld brengen van de verandering in hulpbronnen gebruik en milieu-impacts ten opzichte van een referentiejaar.

3.4.2 *Aggregatie en weging*

De indicatoren zijn te verdelen in twee sets van vier, welke respectievelijk de hulpbronnen en milieuaspecten van CE belichten. Om zowel de impact van projecten op (depletie van) hulpbronnen en milieu te weergeven, is het essentieel deze twee categorieën afzonderlijk weer te geven.

Aansluitend bij de methode gebruikt in DuboCalc kunnen de indicatoren binnen de twee categorieën worden opgeteld met behulp van een weging op basis van maatschappelijke waarde (schaduw prijzen). Voor de milieu-indicatoren zijn de schaduw prijzen al vastgesteld en veelvuldig gebruikt voor berekening van de MKI.

Voor de hulpbronindicatoren land- en watergebruik zijn de schaduwrijzen nog niet vastgesteld in de SKB-bepalingsmethode, maar er zijn wel diverse schaduwrijzen beschikbaar in andere methodes.

De aggregatie van de categorieën hulpbronnen en milieu kan ook op basis van een weging met behulp van schaduwrijzen. Dit heeft echter het nadeel dat voor sommige materialen en in de huidige set van schaduwrijzen de hulpbron categorie een relatief lage waardering kan krijgen. Deze lage waardering leidt er toe dat de milieu-impacts dominant bijdragen aan het oordeel welk ontwerp de minste impact veroorzaakt. Als alternatief is het ook mogelijk om hulpbronnen en milieu een eigen door RWS bepaalde weging mee te geven, zodat het beslag op hulpbronnen relatief belangrijker wordt t.o.v. de milieu-impact. Bijvoorbeeld een gelijke even weging. De keus is aan RWS om te deze weging te bepalen.

3.4.3 *Presentatie van de indicatoren*

Een prestatie indicator kan op verschillende aggregatieniveaus van het indicatoren raamwerk worden gepresenteerd. Hoewel het vergelijken van één getal eenvoudig lijkt, geeft de weergave van de waardes van de impact op hulpbronnen en milieu - of zelfs op indicatorniveau - veel inzicht in waar daadwerkelijke impact het grootst is. Wij stellen dan ook voor om de afzonderlijke indicatoren weer te geven. Een suggestie voor deze visualisatie is het zogenoemde spinnenwebgrafiek. Elk van de assen van het spinnenweb representeert één indicator en loopt van 0% (lineair) tot 100% (volledig circulair). De score van een of meerdere projecten kan hierop worden geplote. Een voorbeeld van een spinnenwebgrafiek is weergegeven in Figuur 3.

Hieronder volgt een voorbeeld waarin twee ontwerpopties worden vergeleken. In Tabel 3 wordt de fictieve uitkomst van DuboCalc (samen met LCA-software voor landgebruik en watergebruik) weergegeven in absolute waarde. De waarden hoeven niet allen dezelfde eenheid te hebben. Er zijn dus drie berekeningen gedaan, één voor het lineaire scenario en één voor beide ontwerpen.

Tabel 4 Overzicht van de absolute scores voor het lineaire scenario en twee ontwerp opties die worden vergeleken. De waardes zijn fictief en worden alleen ter illustratie gebruikt.

Indicator	eenheid	Lineair	Ontwerp 1	Ontwerp 2	Volledig circulair
Hulpbronnen					
Mineralen	kg Sb	$4,43 \cdot 10^{-5}$	$2,64 \cdot 10^{-5}$	$2,66 \cdot 10^{-5}$	0
Fossiele brandstoffen	kg Sb	1,48	1,21	1,27	0
Landgebruik	m ² jaar/ton	0,6	0,218	0,396	0
Watergebruik	m ³	32,6	29,3	26,1	0
Milieu					
Klimaatverandering	kg CO ₂	88,9	62,2	75,6	0
Lucht, water en bodemkwaliteit	kg SO ₂	0,365	0,358	0,405	0
Humane toxiciteit	kg 1,4-DCB	18,1	18,0	10,9	0
Ecologische toxiciteit	kg 1,4-DCB	$568 \cdot 10^1$	$284 \cdot 10^1$	$399 \cdot 10^1$	0

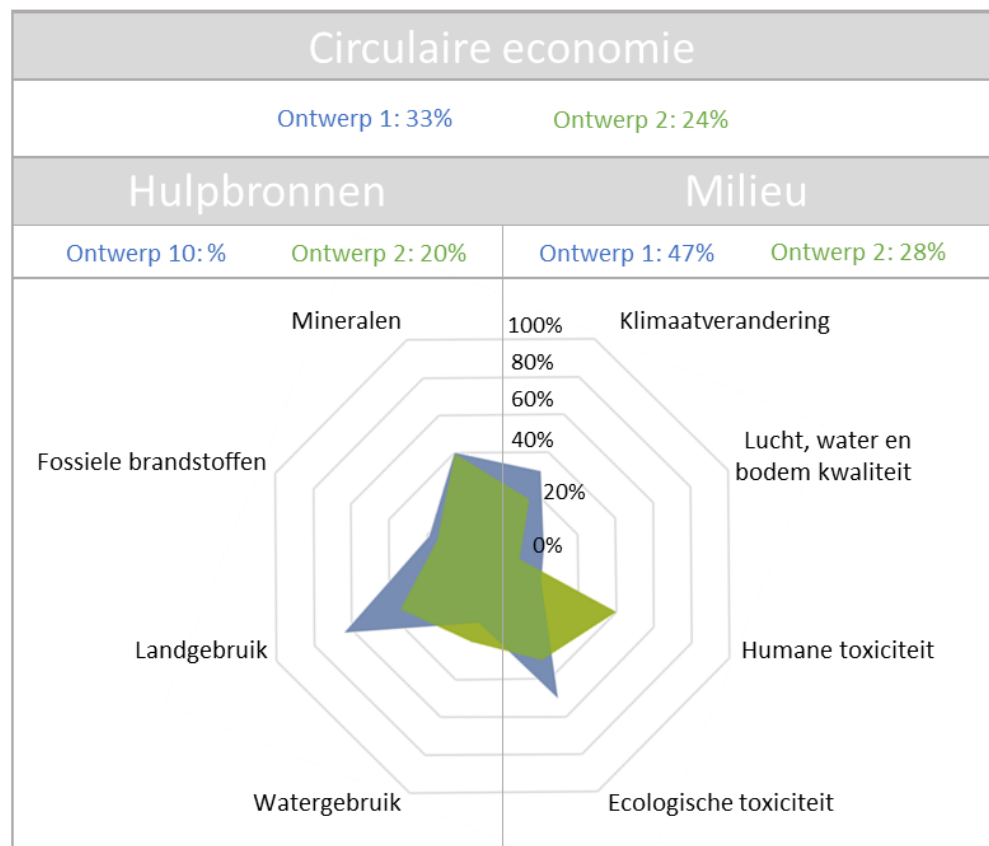
De absolute waarden uit Tabel 3 kunnen vervolgens worden omgerekend naar percentages door het lineaire scenario op 0% en het volledig circulaire scenario op 100% te stellen. Deze relatieve waarden zijn weergegeven in Tabel 4. Het is ook mogelijk een negatieve uitkomst te hebben op het geval dat het ontwerp slechter scoort op indicator dan lineaire scenario. Bijvoorbeeld in het geval dat het recyclen van een materiaal meer energie kost dan in het geval een primair materiaal wordt gewonnen en het product na gebruikt wordt afgedankt. In Tabel 3 is bijvoorbeeld de waarde voor lucht, water en bodemkwaliteit van ontwerp 2 hoger dan de waarde in het lineaire scenario, wat resulteert in een negatief percentage. De percentages representeren niet alleen de mate van circulariteit, maar ook het percentage dat de milieu impact is verbeterd ten opzichte van het lineaire scenario.

Tabel 5 Overzicht van de relatieve waarden voor de twee ontwerp opties uit Tabel 3. De waarden zijn fictief en worden alleen ter illustratie gebruikt.

Indicator	Lineair	Ontwerp 1	Ontwerp 2	Circulair
Hulpbronnen	0%	10%	20%	100%
Mineralen	0%	40%	40%	100%
Fossiele brandstoffen	0%	18%	14%	100%
Landgebruik	0%	64%	34%	100%
Watergebruik	0%	10%	20%	100%
Milieu	0%	47%	28%	100%
Klimaatveranderingen	0%	30%	15%	100%
Lucht, water en bodemkwaliteit	0%	2%	-11%	100%
Humane toxiciteit	0%	0%	40%	100%
Ecologische toxiciteit	0%	50%	30%	100%
Totaal Circulaire Economie*	0%	33%	24%	100%

* Voor weging van de categorieën hulpbronnen en milieu is in dit voorbeeld een even weging gebruikt.

Deze percentages kunnen vervolgens in een spinnenweb visualisatie weergegeven worden, zoals is gedaan in Figuur 3. Hoe groter het oppervlak van de grafiek hoe beter het ontwerp scoort op de indicatoren.



Figuur 1 Voorbeeld van de spinnenweb visualisatie van de impact score van de twee ontwerpopties uit Tabel 4. De waardes zijn fictief en worden alleen ter illustratie gebruikt.

3.5 Procesindicator voor het meten van 'circulair werken'

3.5.1 Meten van circulair werken in MIRT en SLA

Rijkswaterstaat heeft de ambitie om in 2030 100% circulair te werken; welk deel van de inkoop en assetmanagement is gebaseerd op circulaire principes. Na de ontwikkeling van prestatie-indicatoren voor CE ligt het voor de hand om de procesindicator te vertalen naar 'de mate waarin de prestatie-indicatoren' bij RWS gebruikt worden bij de besluitvorming in MIRT en SLA. De volgende stap zou zijn om te kwantificeren welke effect het besluit heeft gehad op hulpbronnen gebruik en milieubelasting.

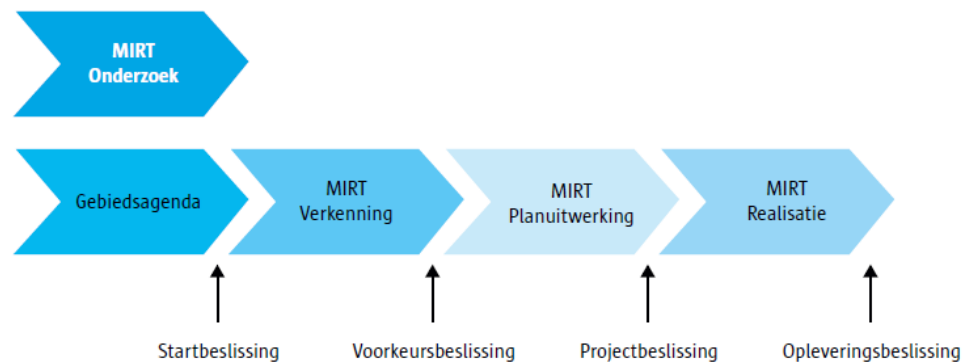


Er is een onderscheid te maken in werkzaamheden die vallen onder:

- de MIRT (Meerjaren Infrastructuur, Ruimte en Transport) – dit heeft betrekking op nieuwe infrastructuur

- en de SLA (Service Level Agreement) – dit heeft betrekking op beheer en onderhoud van de bestaande assets van RWS.

De MIRT kent verschillende besluitvormingsstappen zoals weergegeven in Figuur 2. In elke fase worden keuzes gemaakt die van invloed zijn op het uiteindelijk materiaalgebruik in de realisatiefase. Ter ondersteuning van de besluitvorming wordt in de verschillende stappen kosten en baten in beeld gebracht – waarbij de eerste ramingen in de beginfase, in de daaropvolgende fases steeds beter worden uitgewerkt. In deze analogie is het ook mogelijk om informatie over de materiaalgerelateerde impact-effecten in te brengen voor de besluitvorming. In de eerste verkennende fases zal dat grofstoffelijk moeten plaats vinden, op basis van expert-inschattingen en algemene kentallen van de impact van materialen zoals al bekend uit eerder uitgevoerd werk voor RWS. In de verkennende fase kan bijvoorbeeld meegenomen worden welke (secundaire) grondstofvoorraden in de regio aanwezig en beschikbaar zijn voor het invullen van de bouwopgaaf. In de planuitwerking wordt een referentieontwerp opgesteld (door RWS of in samenwerking met de markt) en dat ontwerp leent zich voor het verkennen van de impact van een aantal R-strategieën. In de realisatiefase maken aannemers(consortia) voorstellen voor de aanleg/ bouw van de nieuwe infrastructuur en geeft RWS (vaak middels EMVI) een prikkel mee om voorstellen met een lage milieubelasting te waarderen.

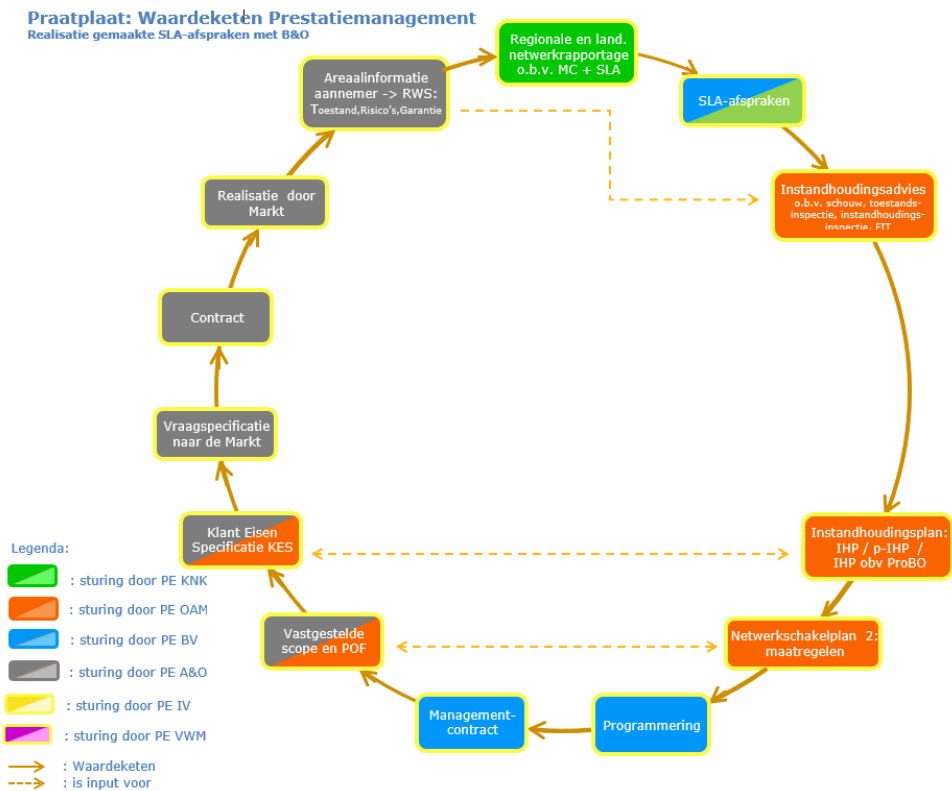


Figuur 2 Schematische weergave van het MIRT-proces (Ministerie IenM, 2016)

RWS ontwikkelt een handreiking verduurzaming MIRT, om ambities t.a.v. energie en klimaat mee te nemen in de diverse MIRT besluitvormingsfases. Zo is er bijvoorbeeld een maatregelenlijst opgesteld om te inspireren welke energiebesparende maatregelen denkbaar zijn. Zo'n handreiking kan uitgebreid worden voor Circulaire economie.

Waar de MIRT zich richt op nieuwe infrastructuur, is de SLA (Service Level Agreement) gericht op onderhoud van bestaande assets. Levensduur van materialen/ assets is een heel invloedrijke parameter omdat de milieuprestatie wordt bepaald voor de hele levenscyclus van een object. Daarmee zijn keuzes voor instandhouding of vervanging ook van grote invloed op het hulpbronnenbeslag en de milieu-impact van de assets. In Figuur 3 wordt weergegeven wie welke sturing geeft in de SLA-cyclus. Het indicator ontwerp voor hulpbronnengebruik en milieuprestatie kan meegenomen worden in de besluitvorming in de verschillende fases van de cyclus.

Voor het aanscherpen van de indicator 'circulair werken' zal een inventarisatie gemaakt moeten worden in welke fasen van de cyclus besluiten worden genomen die van invloed zijn op het materiaalgebruik en daarmee op hulpbronnen en milieu-impact.



Figuur 3 Overzicht van sturing met betrekking tot de Service Level Agreement (SLA) afspraken tussen RWS en het ministerie van IenM

In hoofdstuk 5 is de procesindicator 'de mate waarin de prestatie-indicatoren bij RWS gebruikt worden bij de besluitvorming' uitgewerkt in een PIN-format, en in hoofdstuk 6 wordt geadviseerd welke vervolgstappen genomen kunnen worden om het indicator ontwerp te implementeren in MIRT en SLA.

3.5.2 *Monitoren van de R-strategieën*

De prestatie van CE komt voort uit de mate waarin en welke circulaire (R-) strategieën worden toegepast. CE-strategieën zijn geen doel op zich, het gaat om de effecten op natuurlijke hulpbronnen, milieu (en mens en economie). Algemeen wordt aangenomen dat hogere R-strategieën leiden tot meer materiaalbesparing en minder milieubelasting (Potting et al 2016). Echter, dit is slechts een vuistregel, die in de praktijk afhangt van het specifieke product en materiaal, de benodigde en beschikbare energie(-vorm) voor de R-strategie. Het kan nuttig zijn om te leren wat de effectiviteit van de verschillende strategieën op de verschillende besluitvormingsmomenten is, maar uit de workshops is gebleken dat dit voor Rijkswaterstaat geen prioriteit heeft.

4 Toepassing van de prestatie-indicatoren

4.1 Casestudies en workshops

De methodiek is getest aan de hand van twee casestudies: een aanlegproject (A6 Almere) en een onderhoudsproject (A4 Burgerveen-Leiden). Het doel van de casestudies was om de voor- en nadelen van de prestatie indicator voor het meten van projecten in de praktijk te ontdekken; het doel was niet om een nauwkeurige analyse te doen van de circulariteit van beide projecten. De resultaten zijn bedoeld ter illustratie van deze praktijktest en niet om te gebruiken in de genoemde projecten. Voor de casestudies zijn de aanvullende indicatoren berekend en zijn 0% en 100% circulaire scenario's berekend.

Een tweede doel van de case-analyses was het testen van de toepasbaarheid van DuboCalc bij het bepalen van de circulariteitsindicator. Daarom wordt bij de analyse van beide cases ook aandacht besteed aan de mogelijkheden en beperkingen van DuboCalc ten aanzien van de methodiek.

4.2 A6 Almere

In deze case is het indicator ontwerp getest zoals beschreven in het hoofdstuk 3.4. De volgende punten worden belicht:

- Kunnen de indicatoren land en water gebruik worden berekend?
- Hoe zit volledig circulaire en lineaire scenario eruit en kunnen deze worden berekend?
- Weging, aggregatie en visualisatie van de indicatoren.

4.2.1 Beschrijving

De A6 Almere is een groot aanlegproject waarvoor Rijkswaterstaat in 2016 een aanbestedingsprocedure heeft uitgezet waarin ook de milieu impact van het project een grote rol speelde. Een lage milieu-impact (uitgedrukt in MKI) voor het projectvoorstel leverde een flinke fictieve korting op voor de indieners. Het referentieontwerp van Rijkswaterstaat had een milieu-impact van 12 miljoen MKI; het winnende ontwerp van consortium Parkway6 had een milieu-impact van 6 miljoen MKI.

De voornaamste materialen qua milieu-impact (MKI) in het winnende ontwerp waren:

– IJsselmeerzand	1.405.000	(24%)
– Asfalt (EME)	729.000	(13%)
– Asfalt (ZOAB)	591.000	(10%)
– Asfalt (AC Surf)	552.000	(9%)
– In situ beton (CEM III)	466.000	(8%)

In dit ontwerp wordt al gebruikt gemaakt van circulaire principes, omdat een deel van de materialen wordt hergebruikt (asfalt wordt bijvoorbeeld gerecycled aan het einde van zijn levensduur) en een deel van de materialen uit afvalmaterialen bestaat (bijvoorbeeld asfaltgranulaat of hoogovencement).

4.2.2 *Aanpak*

Voor de efficiëntie van de berekeningen, hebben we de circulariteitsindicator alleen voor ZOAB berekend. De aanpak en berekening is gelijk voor alle materialen en kan op dezelfde manier voor de andere materialen worden uitgevoerd. De analyse bestaat uit twee stappen: eerst zijn de scores voor nieuwe indicatoren (land- en watergebruik) bepaald. Vervolgens zijn de scores van alle indicatoren berekend voor een 0% en 100% circulair scenario.

Watergebruik

Het berekenen van watergebruik is redelijk gemakkelijk. Weliswaar wordt watergebruik niet genoemd in DuboCalc, maar wordt het watergebruik van een product wel vermeld in de Nationale Milieudatabase en in de achterliggende rapportages. De LCA rapportages van materialen in de NMDB zijn echter heel beperkt beschikbaar omdat de meeste producten er voor kiezen deze rapportages vertrouwelijk te houden omdat ze ook data bevatten die ze niet met derden willen delen.

Landgebruik

In tegenstelling tot watergebruik, vergt het berekenen van landgebruik wat meer moeite. Landgebruik wordt (nog) nergens gerapporteerd. Er bestaan echter wel meerdere indicatoren (zie ook paragraaf 3.3.3). Wanneer het milieuprofiel voor een product opgesteld wordt, bijvoorbeeld met als doel dit milieuprofiel op te nemen in de nationale Milieudatabase/DuboCalc, is het eenvoudig om extra indicatoren zoals land te berekenen. Het bijberekenen van landgebruik voor bestaande milieuprofielen vraagt meer werk, omdat de milieuberekening opnieuw uitgevoerd moet worden en het soms lastig is om milieuberekeningen uit het verleden of uitgevoerd door andere partijen exact te herhalen. Zowel voor bestaande als voor nieuwe milieuprofielen is het echter nog wel nodig dat een standaard-indicator (bijv. m²jaar, kg koolstofverlies (kg C) of “potentially disappeared fraction of species”, PDF) voorgeschreven wordt, net als voor alle andere milieueffecten.

100% circulair scenario

Het 100% circulaire scenario is theoretisch en vertegenwoordigt geen enkel (primaire) grondstoffengebruik, en er is ook geen sprake van milieu-impact. Nul impact is niet haalbaar met CE, omdat hergebruik en recycling ook gepaard gaan met energie voor logistiek en bewerking. Het doel van dit nul impact scenario is dat het weergeeft in welke richting RWS ambities heeft; hoe lager de impact, hoe beter¹.

0% circulair scenario

Het 0% circulaire scenario wordt bepaald voor zowel de materialenproductie als voor de einde-levensduurfase. Qua materialenproductie kan er gekozen worden zoveel mogelijk primaire materialen, oftewel asfalt zonder asfaltgranulaat en beton met een hoog portlandcementgehalte en geen secundaire stoffen zoals hoogovencement of vliegias. Qua einde levensduur betekent “0% circulair” dat er niet wordt hergebruikt, gerecycled of verbrand met energierecuperatie; materialen worden gestort.

¹ Bij het uitwerken van de PIN indicatoren (zie hoofdstuk 5) wordt in de paragraaf ‘norm’ omschreven welk percentage circulair of impact reductie percentage RWS nastreeft.

In principe mogen bouwmaterialen in Nederland niet gestort worden, maar om de impact van dit scenario weer te geven is dit afvalscenario wel meegenomen in de berekeningen.

4.2.3 Resultaat

De resultaten van de A6-case zijn berekend voor ZOAB.

Water

Het milieuprofiel van ZOAB dat gebruikt is in de aanbesteding is niet afkomstig uit DuboCalc, maar uit het EcoChain-model. Wanneer we deze berekeningen trachten te herhalen in SimaPro, komen we uit op een watergebruik van 1,68 m³/ton ZOAB. Dit is een andere waarde dan de gerapporteerde waarde in het achterliggende rapport (de Vos et al, 2017), maar de oorzaak van de verschillen zullen we hier niet nader bediscussiëren².

Er bestaat nog geen officiële schaduwprijs (of MKI) voor water, maar er zijn wel eerdere studies beschikbaar die uitkomen op een schaduwprijs rond 1€/m³ (van Harmelen et al., 2012). Dit betekent dat het milieuprofiel van ZOAB met 1,68 MKI/ton verhoogd wordt als water meegerekend wordt. Dit betekent een verhoging van $1,68/12,44 = 14\%$ van de totale milieu-impact.

Land

Landgebruik wordt niet vermeld in het genoemde LCA-achtergrondrapport. Aan de hand van de asfaltsamenstelling en procesgegevens die genoemd worden in het achtergrondrapport zijn de berekeningen nagedaan in LCA-software SimaPro. Hieruit bleek een landgebruik over de hele levenscyclus³ van 10,4 m²jaar/ton ZOAB.

Net als voor watergebruik, bestaat voor landgebruik nog geen officiële schaduwprijs of MKI. CE Delft presenteert wel een schaduwprijs: 0,037 €/m²jaar (De Bruyn et al., 2017). Met deze schaduwprijs zou het landgebruik voor 1 ton ZOAB neerkomen op 0,39 MKI oftewel een toename van $0,39/12,44 = 3\%$ van de totale milieu-impact.

0% en 100% circulair scenario

Het 100% circulaire scenario van ZOAB geeft een impact van 0 MKI, zoals toegelicht in de voorgaande paragraaf. Het 0% circulaire scenario van ZOAB betekent geen circulair materiaal (wat in het huidige milieuprofiel al het geval was) en een niet-circulair afvalscenario: stort. Dit afvalscenario kan niet in DuboCalc worden aangepast, maar wel worden ingezien. Doordat de MKI van het afvalscenario apart vermeld wordt, kunnen er wel alternatieve scenario's berekend worden.

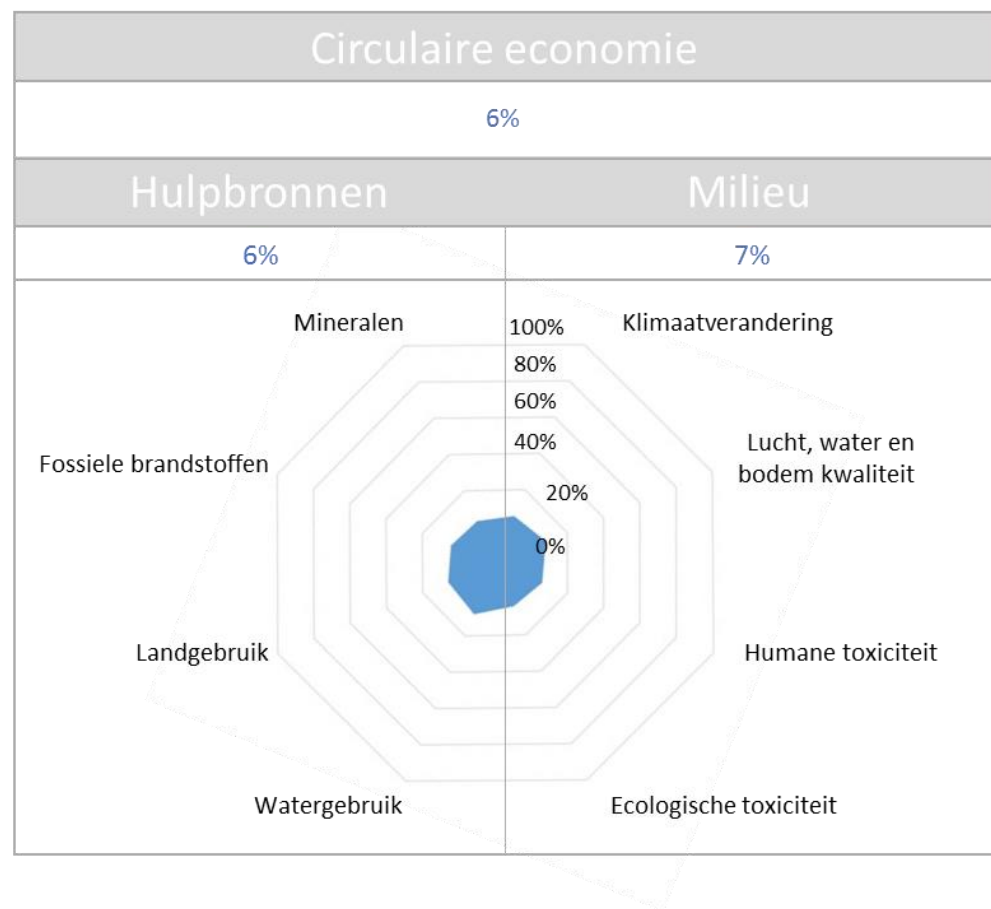
² Het exacte cijfer voor watergebruik varieert: 1) In het achtergrondrapport (de Vos et al., 2017) wordt 0,06 m³/ton ZOAB over de hele levenscyclus gerapporteerd; 2) In een eerdere versie van de rapportage over het EcoChain-model (Mos et al., 2016) werd 63 m³/ton gerapporteerd voor alleen de productie van ZOAB, zonder de rest van de levenscyclus; 3) In een poging de resultaten te simuleren in SimaPro, kwamen we op een waarde uit tussen de oude en de huidige waarde: 1,65 m³/ton.

Dit kan betekenen dat hetzij in de database, hetzij in de impact-beoordelingsmethode inconsistenties zijn tussen beide berekeningen. Dit is een uitdaging die in meer LCA-studies voorkomt en die we niet in deze studie zullen oplossen.

³ Landgebruik van de weg waar het ZOAB ligt, is hierin niet meegenomen; enkel de materiaalproductie-, constructie- en verwijderingsimpacts zijn meegenomen.

In het oorspronkelijke milieuprofiel voor ZOAB dat gebruikt is voor de A6, werd een afvalscenario van 0 MKI aangehouden omdat het ZOAB gerecycled wordt. Indien het ZOAB gestort wordt als inert materiaal⁴ is de impact van het storten 0,84 MKI/ton. Dit betekent een toename van de totale milieu-impact van 7% ten opzichte van de huidige praktijk. Met andere woorden: op een schaal van 0% (worst case) tot 100% (best case) scoort het ZOAB van de A6 qua milieu-impact 7%. Dit is ook weergegeven in Figuur 4. Qua hulpbronnen scoort het ZOAB vergelijkbaar (6%) en daarmee qua totale circulariteit ook 6%.

De percentages voor hulpbronnen, milieu en circulaire economie zijn ook gelijk aan de het percentage waarin het beslag op hulpbronnen en milieu-impact is veranderd ten opzichte van het lineaire scenario.



Figuur 4 Resultaat van de circulaire analyse van ZOAB in de casus A6 Almere. De waarde van circulaire economie is bepaald op basis van een even weging.

Beeldvorming percentages circulariteit

Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat de circulariteit van (het ZOAB in) de A6-case beperkt was op schaal van 0 tot 100%. In de algemene beeldvorming is dit vreemd:

⁴ Ecoinvent (v3.3): "Inert waste, for final disposal {RoW} treatment of inert waste, inert material landfill | Alloc Def".

- De A6 is met en EMVI op MKI aanbesteed en er is door de aannemer juist een grote reductie in MKI gerealiseerd ten opzichte van de referentie berekening die RWS maakt.
- Op dit moment wordt vrijwel alle afval uit de bouwsector gerecycled, en dat is ook een vorm van circulariteit.

Het verschil tussen de perceptie van circulariteit en de berekende percentages heeft een aantal oorzaken, maar de voornaamste is die van het hanteren van een 100% circulair referentie die geen enkele impact veroorzaakt (0 MKI). Daardoor zie je dat het lineaire worst-case scenario en de uitvoering dicht bij elkaar liggen dan de uitvoering en de 0 impact 100% circulair referentie. Daarnaast is in deze berekening slechts één materiaal gebruikt (ZOAB) met als gevolg dat het berekende percentage niet het gehele project representeert. Een andere oorzaak is dat we in deze case, waarbij we naar ZOAB deklagen kijken, begrenst zijn in inzet van gerecycled materiaal. De impact op depletie van hulpbronnen en het milieu zou lager kunnen zijn als er meer secundaire materialen gebruikt waren (asfaltgranulaat). Een voorbeeld hiervan is ZOAB-in-ZOAB-recycling; TNO berekende in opdracht van RWS dat dit milieu-impact circa 10-15% zou kunnen verlagen, mits de levensduur gelijk blijft (Van Meerveld et al., 2016). Het is echter nog niet mogelijk om dit soort alternatieven door te rekenen in DuboCalc, omdat er nog geen milieuprofielen voor ZOAB met gerecycled materiaal bestaan en het niet mogelijk is om in DuboCalc “aan de knoppen te draaien” van bestaande productkaarten.

4.2.4 *Samenvatting*

Uit de aanpak, resultaten en workshopbespreking van de A6-case volgde een aantal conclusies:

- 1) Het is mogelijk om nieuwe indicatoren toe te voegen:
 - a. Watergebruik is eenvoudig toe te voegen aan milieuprofielen, omdat de waarde reeds gerapporteerd wordt voor de nationale Milieudatabase;
 - b. Voor landgebruik aanvullende berekeningen nodig zijn;
 - i. voor nieuwe milieuprofielen is dit eenvoudig, mits er rekenmethodes worden vastgelegd;
 - ii. voor bestaande milieuprofielen vraagt dit om het opnieuw uitvoeren van een deel van de LCA;
 - c. Zowel voor water- als voor landgebruik zijn schaduw prijzen beschikbaar, maar nog opgenomen in de SBK-bepalingsmethode.
- 2) Het berekenen van het “0% circulair-scenario” kent nog uitdagingen:
 - a. Er is sprake van willekeur in het bepalen van het specifieke scenario; hier is sturing van RWS gewenst, bijvoorbeeld door vast te stellen wat de referentie moet zijn;
 - b. Alternatieve keuzes voor materialen zijn afhankelijk van het aanbod in DuboCalc; dat is vooralsnog beperkt. Om meer variatie en impact te bereiken, is uitbreiding van de productendatabase of mogelijkheid tot aanpassen van bestaande productkaarten wenselijk;
 - c. Alternatieven voor de einde levensfase zijn niet te variëren in DuboCalc, maar wel handmatig aanpasbaar buiten DuboCalc.

De toepasbaarheid van de methodiek wordt nader besproken in de volgende casestudie: onderhoud aan de A4 Burgerveen-Leiden.

4.3 A4 Burgerveen-Leiden

In de vorige case is uitgebreid aandacht besteed is aan de berekening van de indicatoren land- en watergebruik en het opstellen en berekenen van een 0% circulair scenario. In deze case hebben we daarom getoetst of de indicator ook kan worden berekend voor projecten waar geen DuboCalc berekening beschikbaar is en of de indicator ook geschikt is als ondersteuning in ontwerpprocessen en beslismomenten in MIRT en SLA. In deze processen moet er een afweging gemaakt worden tussen bijvoorbeeld aanleg van een weg of een tunnel en is het dus lastig om te bepalen.

4.3.1 *Beschrijving*

Het onderhoud aan de A4 tussen Burgerveen en Leiden is een groot project waarvoor geen DuboCalc-berekeningen gedaan zijn. De milieu-impact (MKI) van het hele project is dus niet bekend, noch is er een eenduidig overzicht van de vervangen en aangelegde materialen. Voor de uitvoering van deze case was een variatie aan losse documenten beschikbaar met “weetjes” over het project⁵.

Het onderhoud bij de A4 is niet uitgevoerd om technische redenen; de ZOAB-deklaag die er lag, was pas in 2010 aangelegd en kon nog een aantal jaar mee. Deze deklaag werd echter vervangen door een twee-laags ZOAB (2L ZOAB) om geluidshinder te verminderen. Er is dus sprake van een vroegtijdige vervanging om aan nieuwe functionele eisen te voldoen.

In welk jaar de deklaag exact aangelegd is, is overigens een aanneme; dit was niet te achterhalen op basis van de verstrekte documenten. De onderhoudshistorie en opbouw van de bestaande weg kon via verschillende internetbronnen⁶ gereconstrueerd worden. Gebrek aan informatie over de leeftijd en materialen in een weg (of kunstwerk) zijn een complicerende factor voor het bepalen van de impact van onderhoudswerkzaamheden.

4.3.2 *Aanpak*

In deze case is er een vergelijking gemaakt op systeemniveau. In dit geval betekent dit dat er niet alleen naar de circulariteit van de vervanging van de deklaag gekeken is, maar van de circulariteit van de oplossing van een maatschappelijk probleem op een langere termijn: geluidsreductie.

Op systeemniveau gaat het niet om enkel de aanleg van het 2L ZOAB, maar dit heeft ook invloed op de deklaag die er al lag, want het ZOAB is vroegtijdig vervangen. Er had ook een andere oplossing gekozen kunnen worden om de geluidsreductie te bereiken, wat we in deze case zullen hanteren als het alternatieve scenario. Het meest voor de hand liggende alternatief is om ZOAB te laten liggen en geluidsschermen aan beide zijdes van de snelweg te plaatsen.

Er zijn dus 2 scenario's vergeleken: het geplande project, dus ZOAB weghalen en 2L ZOAB neerleggen (scenario 1) versus de alternatieve oplossing: ZOAB laten liggen en geluidsschermen plaatsen (scenario 2).

⁵ Een voorbeeld: flyer met “Did you nootjes” van de aannemer, met daarin onder andere aantal tonnen afgevoerd asfalt en aantal vrachtbewegingen.

⁶ Onder andere de wegenwiki: [https://www.wegenwiki.nl/A4_\(Nederland\)](https://www.wegenwiki.nl/A4_(Nederland)).

Omdat geluidsschermen 25 jaar meegaan (in DuboCalc) zijn de totale impacts van alle materialen berekend over 25 jaar. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 5. Zowel 2L ZOAB als het gewone ZOAB gaan in 25 jaar niet een afgerond aantal levenscycli mee. Daarom is slechts een percentage van de levenscycli meegenomen: 2 hele + een halve (5/10 jaar = 0,5) voor 2L ZOAB en 1 hele + driekwart (8/12 jaar = 0,75) voor gewoon ZOAB.

jaar	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
kalenderjaar	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
scenario 1: 2L ZOAB																																
ZOAB	1e levenscyclus (7 jaar)							geen ZOAB meer																								
2L ZOAB	geen geluidsmaatregel							1e levenscyclus (10 jaar)										2e levenscyclus (10 jaar)					3e levenscyclus (5 jaar)									
scenario 2: Geluidsschermen + ZOAB																																
ZOAB	1e levenscyclus (12 jaar)												2e levenscyclus (12 jaar)										3e levenscyclus (8 jaar)									
Geluidsscherm	geen geluidsmaatregel							1e levenscyclus (25 jaar)																								

Figuur 5 Gehanteerde scenario's voor geluid reducerende maatregelen op de A4: het geplande project (scenario 1) en de alternatieve oplossing (scenario 2). Grijs gekleurde vlakken zijn niet meegenomen in de berekeningen.

De milieuprofielen van ZOAB en 2L ZOAB konden uit de eerdergenoemde achtergrondrapportage voor branche representatieve asfaltmengsels (de Vos et al., 2017).

Het milieuprofiel voor geluidsschermen was lastiger te verkrijgen. In DuboCalc zit weliswaar een geluidsscherm, maar de afzonderlijke milieueffecten zijn niet kant en klaar in het programma af te lezen⁷. Daarom is voor deze scenariovergelijking gezocht naar een ander milieuprofiel van een geluidsscherm. Het meest bruikbare alternatief was een (ongetoetst) milieuprofiel van "WacerWall" in een presentatie van Kwast Consult (2016). De achtergrond over dit milieuprofiel (bijvoorbeeld de exacte afmetingen van het product⁸) is niet bekend, maar dat is geen belemmering voor deze scenariovergelijking. Het betekent wel dat de resultaten slechts een illustratie zijn van een dergelijke systeemanalyse en niet als een algemeen geldende vergelijking van 2L ZOAB en geluidsschermen beschouwd moet worden.

4.3.3 Resultaat

De totale milieu-impact (MKI) van de twee scenario's verschilt vrij weinig; over 25 jaar is de impact van:

- Scenario 1 (2,5x 2L ZOAB): 3,7 MKI
- Scenario 2 (1x geluidsscherm + 1,75x ZOAB): 3,8 MKI

⁷ Toelichting: DuboCalc toont voor ieder product de totale MKI en de MKI's per levensfase. De onderliggende milieueffecten worden weergegeven voor alle materialen en processen waaruit het product is opgebouwd: dus bijvoorbeeld voor 1 ton beton, 1u hijskraan of 1 tkm transport.

Wanneer je de milieueffecten van 1 product (in dit geval een geluidsscherm) wil weten, moeten deze milieuprofielen handmatig vermenigvuldigd worden met de benodigde hoeveelheid voor 1 geluidsscherm. Daarbij komt dat de getallen 1 voor 1 gekopieerd moeten worden (naar bijvoorbeeld excel), want de getallen worden niet herkend in tabelvorm. Deze stappen zijn niet heel ingewikkeld, maar vragen wel wat tijd en nauwkeurigheid.

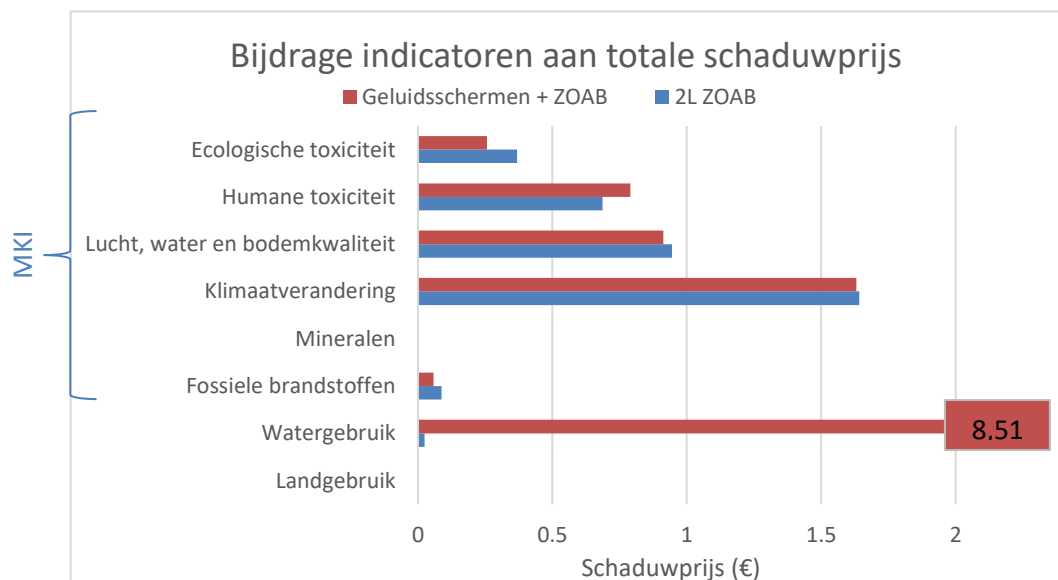
⁸ Bij dit milieuprofiel werd niet vermeld wat de functionele eenheid was. Op basis van de MKI die op het milieuprofiel vermeld werd (30,9 MKI) en de MKI van 1 m² geluidsscherm in DuboCalc (7,4 MKI), veronderstellen we dat dit milieuprofiel voor 1 geheel geluidsscherm is, oftewel circa 4 m².

Dit resultaat is opmerkelijk, want 2L ZOAB heeft een veel hogere milieu impact per ton (1,49 MKI/m²) dan gewoon ZOAB (0,96 MKI/m²) en moet vaker vervangen worden (elke 10 in plaats van 12 jaar). Daarnaast is in het tweede scenario de restlevensduur van het aanwezige ZOAB “gratis” meegenomen, terwijl in het eerste scenario vanaf het startjaar 2L ZOAB aangelegd en onderhouden moet worden. In een vergelijking van 2L ZOAB en ZOAB zou je daarom verwachten dat het eerste scenario een veel hogere MKI heeft. De plaatsing van het geluidsscherm in het tweede scenario compenseert dit MKI-verschil echter volledig; de impact van een geluidsscherm dermate hoog, dat het in feite “quitte” speelt tegenover de hogere impacts van 2L ZOAB.

Zoals toegelicht in de vorige paragraaf, zijn deze berekeningen gebaseerd op data over geluidsschermen waarvan de achtergrond onbekend is en de conclusie zijn dan ook niet algemeen geldend. Deze case toont echter wel aan hoe de impacts van alternatieve systemen vergeleken kunnen worden.

De twee scenario's kunnen ook vergeleken worden op indicatorniveau; dit is getoond in

Figuur 6. Het eerste scenario met 2L-ZOAB is in deze figuur vergeleken met het alternatieve scenario waarin geluidsschermen worden gebruikt. Het is hierin opvallend dat als we alleen naar de MKI-indicatoren kijken, de impact van de twee scenario's dicht bij elkaar ligt. Als echter ook watergebruik wordt meegenomen in de berekening is te zien dat deze vele malen hoger is in het alternatieve scenario. Gezien de betrouwbaarheid van de gegevens, is het niet mogelijk om uit deze gegevens direct een conclusie te trekken. In het geval dat de data wel betrouwbaar zou zijn, kan conclusie worden getrokken dat in de vergelijking van deze twee scenario's de impact van watergebruik het verschil maakt.



Figuur 6 Resultaat van de circulaire analyse geluidsmaatregelen in de casus A4 Burgerveen-Leiden. Hierbij is het uitgevoerde onderhoud (2L ZOAB) uitgezet alternatieve scenario met geluidsschermen.

4.3.4 *Samenvatting*

Uit de aanpak, resultaten en workshopbespreking van de A4-case volgde een aantal conclusies:

- 1) Het bepalen van hulpbron- en milieu-indicatoren is mogelijk voor projecten waar nog geen data in DuboCalc beschikbaar is.
 - a. Je bent echter wel afhankelijk van de informatie die er beschikbaar is. In dit geval kwamen we een heel eind met de 'weetjes' die door de aannemer waren verstuurd. Uit deze informatie konden de hoeveelheden asfalt, transportafstanden etc. gehaald worden.
 - b. Je bent afhankelijk van de milieuprofielen beschikbaar in DuboCalc.
 - c. Individuele milieueffecten zijn wel beschikbaar in DuboCalc, maar ze zijn niet in één oogopslag zichtbaar en het kost enige tijd en moeite om ze te verkrijgen.
 - d. De indicatoren water- en landgebruik worden nog niet gebruikt in DuboCalc.
- 2) Naast van het vergelijken van producten, kan de circulaire methodiek ook toegepast worden om systemen te vergelijken.
 - a. Hierbij moet aandacht besteed worden aan het bepalen van de te vergelijken systemen (functionele eenheid);
 - b. Daarnaast is aandacht nodig voor bepalen van systeemgrenzen, bijvoorbeeld hoe te rekenen met restlevensduur en "halve" levenscycli binnen een bepaalde periode.

4.4 "Lessons learned" uit de casestudies

Beide case studies laten zien dat de circulaire methodiek toepasbaar is in de praktijk van Rijkswaterstaatprojecten. De cases en de workshops hebben een aantal inzichten opgeleverd voor het vervolg van de methodiekontwikkeling en de implementatie ervan.

4.4.1 *Les 1: Onderhoud past in een circulaire economie*

De onderhoudswerkzaamheden van RWS dienen eigenlijk al een belangrijk circulair doel: het zo lang mogelijk functioneel houden van het grootste deel van de materialen in de assets van RWS. Bij het gebruik van de indicator zullen dus onderhoudsprojecten hoger in circulariteit scoren dan aanlegprojecten. Het worst-case scenario is voor beide namelijk gelijk: aanleg van een weg zonder gebruik van secundaire materialen. In aanlegprojecten kan worden gevarieerd met type materialen en transportafstanden om zo de impact op hulpbronnen en milieu te verlagen. In onderhoudsprojecten blijven echter de funderings- en onderlagen intact en draagt dus alleen de impact van de deklagen mee. Dit leidt per definitie tot een flink hogere circulariteitsscore. N.B. tijdens de workshop met RWS is besloten dat de scope voor onderhoudsprojecten beperkt zou moeten blijven tot enkel die materialen waar het onderhoudstraject betrekking op heeft.

4.4.2 *Les 2: Het kiezen van eenduidig '0% circulair referentie' is nu nog lastig; Rijkswaterstaat moet hier een richtlijn voor neerzetten.*

Voor het bepalen van de mate waarin CE heeft bijgedragen aan een verandering van het hulpbronnen beslag en de milieu-impact is een referentie nodig.

Rijkswaterstaat stelt nu vaak ook al een referentieontwerp op dat gebruikt wordt in diverse fases van het MIRT-besluitvormingsproces en uit ervaring blijkt dat het opstellen van een goede referentie behoorlijk uitdagend kan zijn. Voor de variant waarbij de prestatie vergeleken wordt met een 0% circulair scenario geldt die uitdaging ook en kan de score behoorlijk beïnvloed worden door arbitraire keuzes. Wat doe je bijvoorbeeld wanneer '100% primaire materialen' geen reëel alternatief is (funderingslagen) of wanneer stort of verbranden vanuit regelgeving geen optie zijn? Ook het bepalen van de juiste scope (zie les 1) is van invloed. Deze les leidt tot vier aanbevelingen voor verdere uitwerking om het indicator ontwerp te kunnen implementeren:

- Ga op korte termijn in elk geval aan de slag met het referentie-ontwerp dat nu al wordt opgesteld, en vergelijk de prestatie van meer circulaire alternatieven.
- Selecteer een aantal pilotprojecten (5 tot 10), in verschillende fases van besluitvorming, en ga daarvoor een 0% circulair worst-case scenario uitwerken.
- Vergelijk de verschillende 0% circulair referenties en concludeer waar richtlijnen nodig zijn om eenduidigheid te bevorderen, en stel z'n richtlijn op.
- Pas deze richtlijn toe in wederom 5 tot 10 verschillende projecten en toets of de richtlijn werkbaar is of verder verbeterd moet worden.

4.4.3 *Les 3: De indicatoren land- en watergebruik en daarmee de categorie hulpbronnen sluiten goed aan op bestaande milieudata, maar vragen om een uitbreidingslag.*
De cases toonden aan dat land- en watergebruik goed in de huidige milieubeoordelingsystematiek passen, maar dat er nog wel stappen genomen moeten worden om ze daadwerkelijk in DuboCalc op te nemen. Voor watergebruik zijn de data al in de Nationale Milieudatabase beschikbaar en is alleen een aanpassing van DuboCalc nodig. Voor landgebruik is nog geen data rapport en nog geen methode geselecteerd; hier moeten eerst richtlijnen voor opgesteld worden (uitbreiding SBK Bepalingsmethode) en pas daarna kan de uitbreiding meegenomen worden bij het opstellen van nieuwe milieuprofielen.

4.4.4 *Les 4: Bij meer circulariteit horen ook meer keuzemogelijkheden: meer producten of variatiemogelijkheden in DuboCalc zijn gewenst.*
De huidige bibliotheek in DuboCalc is qua keuze in asfaltproducten nog te beperkt diverse circulaire alternatieven door te kunnen rekenen. Er zijn een aantal producten waarvoor alternatieven zijn qua gehalte gerecycled materiaal (een aantal asfaltmengsels, beton met hoogovencement), maar voor veel producten is er echter geen alternatief: bijvoorbeeld staal en plastics.

Een bibliotheek met meer keuzemogelijkheden (bijvoorbeeld asfaltmengsels met verschillende PR-gehaltes, temperaturen of grondstoffen) of een ontwerpmodule waarin deze parameters (zoals transport) gevarieerd kunnen worden, zouden het mogelijk maken verschillende circulaire alternatieven te vergelijken op impact op hulpbronnen en milieu.

4.4.5 *Les 5: Er is meer inzicht nodig in de impact van afvalscenario's. De eerste stap hierin is het opstellen van rekenregels voor recycling (module D en multi-cycli).*
Momenteel is er in DuboCalc weinig inzicht in wat het afvalscenario (bijv. "recycling") van een bepaald product omvat of hoe de impact ervan berekend is.

Hierdoor kunnen moeilijk procesverbeteringen voorgesteld worden, bijv. op het gebied van hoeveel energie er nodig is voor recycling of welke producten er vervangen worden dankzij het recycleproces. DuboCalc-gebruikers hebben nu weinig mogelijkheden om meer circulaire opties te kiezen; een uitbreiding van de mogelijkheden zou wenselijk zijn.

Deze uitbreiding zou hand in hand moeten gaan met het vastleggen van rekenregels voor recycling en hergebruik. Bij veel gerecycled materialen wordt nu nog gerekend met een milieu-impact gelijk aan 0. Deze oplossing doet echter niet geheel recht aan de verschillende levenscycli waarin het product gebruikt wordt; op deze manier draagt de eerste levenscyclus de volledige impact en lijkt de milieu-impact van de tweede levenscyclus zeer rooskleurig.

Er zijn grofweg nog twee andere methoden te onderscheiden: 1) economisch alloceren, bijvoorbeeld door de waarde van de eerste levenscyclus te vergelijken met de (aanschaf)waarde in de tweede levenscyclus en de milieu-impact evenredig te verdelen; 2) Multicycli-LCA, waarbij de materiaalproductie-impact evenredig verdeeld wordt over het totaal aantal (verwachte) levenscycli. Er zijn nog geen standaard rekenregels hoe hiermee om te gaan. Een eerste aanzet hiervoor is gedaan door CE Delft, IVAM en Rebel (2016), maar een concrete vertaling van dit voorwerk naar SBK-voorschriften is noodzakelijk.

5 Conclusies t.a.v. het indicator ontwerp

Het indicator ontwerp zoals omschreven in Hoofdstuk 3 en getoetst in de cases omschreven in Hoofdstuk 4 wordt in dit hoofdstuk verder uitgewerkt in format gebuikt voor het omschrijven van Prestatie Indicator (PIN). Daarnaast zal het ontwerp worden getoetst aan de eisen en criteria omschreven in Hoofdstuk 1.

5.1 CE-indicatoren in een PIN-format

In dit hoofdstuk is het indicatorontwerp uitwerkt in het format voor prestatie indicator. Dit is een opzet van hoe de PIN er uit kan zien – waarbij er onder de definitie verschillende indicatoren zijn uitgewerkt voor de ambitie ‘circulair handelen’ en ‘circulair zijn’ – rekening houdend met de behoefte om meer ervaring op te doen met de verschillende PINS. *In blauw zijn suggesties voor verdere ontwikkeling van de PIN vermeld.*

1. Definitie prestatie indicator

- (1) Mate van circulair handelen: het aantal projecten binnen RWS waar gestuurd wordt op prestatie van hulpbronnen en milieu-impact door circulair economie is gelijk aan A%.
- (2) Circulair zijn in projecten: door toepassing van CE in projecten is het beslag op hulpbronnen B% veranderd en de milieu-impact C%. RWS is daardoor D% Circulair.
- (3) Assets zijn meer circulair t.o.v. referentiejaar x: door toepassing van CE is het beslag op hulpbronnen E% veranderd en de milieu-impact F%.

Bij de verdere uitwerking van deze PIN kan RWS besluiten alle drie de indicatoren te willen monitoren, of daar juist een keuze in te maken voor één of twee indicatoren. We adviseren om de uitwerking van de indicatoren te faseren.

2. Toelichting

Rijkswaterstaat heeft de ambitie om in 2030 volledig circulair te handelen om druk op grondstoffen en milieu aanzienlijk te verminderen. De eerste indicator is ingericht om te monitoren in hoeverre er circulair wordt gehandeld, hoe Rijkswaterstaat stuurt op hulpbronnengebruik en milieu-impact en in de besluitvorming meeweegt welke impact CE daarop kan hebben. *Voor het bepalen van %A zal RWS elk jaar moeten inventariseren welke (hoeveel) projecten relevant zijn voor sturing op hulpbronnen en milieu-impact – om het aantal projecten waarbij deze indicatoren zijn gebruikt in de besluitvorming tegen af te zetten.*

De tweede indicator is gericht op de ambitie van RWS om ‘circulair te zijn’. Wanneer RWS 100% circulair zou zijn, is er geen beslag op hulpbronnen en geen milieu-impact mogelijk.

Als RWS helemaal niet (0%) circulair handelt, dan is het hulpbronnen gebruik en de milieu-impact maximaal. De tweede indicator geeft weer hoe de aanleg en onderhoudsprojecten van RWS in het afgelopen jaar hebben gepresteerd; %B geeft de verandering in hulpbronnen beslag weer en %C de verandering in milieu-impact ten opzichte van het lineaire scenario.

RWS zal voor het vaststellen van deze indicator nog moeten aanscherpen hoe de '0% circulair' referentie bepaald moet worden. Bovendien moet nog uitgewerkt worden hoe de scores over de individuele projecten gesommeerd kunnen worden tot een totale score over heel RWS. Wij adviseren om het percentage zo uit te drukken dat een vermindering aan hulpbron gebruik en milieu impact in een positief getal resulteert. Het is echter ook mogelijk om een toename te hebben van hulpbron gebruik en/of milieu impact door het toepassen van CE maatregelen. In dat geval zou het percentage negatief kunnen worden weergegeven.

% D in de tweede indicator is de weging van de %C en %D en geeft aan hoe dicht RWS is bij de ambitie om 100% circulair te zijn, ofwel geen beslag op hulpbronnen en milieu-impact te hebben. *Voor het bepalen van %D zal het hulpbronnen beslag gewogen moeten worden met de milieu-impacts. Hierin heeft RWS de keuze om de weging te baseren op de schaduw prijzen, of om een van beide (hulpbronnen of milieu-impact) een groter gewicht/ prioriteit te geven.*

De derde indicator geeft inzicht hoe het hulpbronnen beslag en de milieu-impact van RWS als geheel (alle assets) veranderd zijn ten opzichte van een referentiejaar – ofwel hoeveel meer circulair de assets van RWS zijn ten opzicht van het referentie jaar. *Voor de uitwerking van deze indicator zal RWS het referentie jaar moeten bepalen en voor dat jaar een inventarisatie moeten maken welk hulpbronnen beslag en milieu-impacts de assets toen hadden. Daarnaast is het nodig dit elk jaar te herhalen voor het bepalen van de %E en %F. Ook hier adviseren wij om een vermindering weer te geven in een positief percentage en een toename in een negatief percentage.*

3. Doel

Het doel van de indicator is te stimuleren om middels CE de uitputting van grondstoffen en schade aan het milieu te minimaliseren, gegeven dat werk uitgevoerd moet worden door en in opdracht van Rijkswaterstaat.

4. Hoe is de PIN-score te beïnvloeden

Deel (1) van de PIN-score is te beïnvloeden door de circulariteitsindicator vaker toe te passen in de verschillende relevante besluitvormingsprocessen. Hiervoor is het benodigd om inzicht te hebben in het aantal besluitvormingsprocessen dat relevant is om het beslag op hulpbronnen en milieu-impact van RWS te beïnvloeden middels CE. *RWS kan bij de implementatie van deze indicator de scope bepalen, en bijvoorbeeld besluiten om deze PIN in eerste instantie alleen in te zetten op de MIRT-besluitvorming, of op inkoop etc.*

Deel (2) en (3) van de PIN-score is te beïnvloeden door het toepassen van circulaire R-strategieën. Het positieve effect van de strategieën kan worden samengevat in drie principes.

- Verminderen van de in te zetten fysieke producten of productonderdelen het (a) overbodig te maken (Refuse) of (b) productgebruik te intensiveren door multifunctionaliteit of delen (Rethink). Dit kan ook door de levensduur van een product te verlengen (Re-use, Repair, Refurbish, Remanufacture en Repurpose).
- Het terugwinnen en opnieuw inzetten van materiaal na afdanking van een product.
- Het terugwinnen van warmte bij verbranding.

Ondanks dat de strategieën het doel hebben om druk op hulpbronnen en milieu te verlagen, is het slechts een vuistregel dat dit ook gebeurt. De indicator geeft echter wel uitsluitend of het positieve effect wordt behaald.

RWS werkt momenteel aan een handreiking verduurzaming MIRT, waar o.a. een maatregelenlijst in is opgenomen om te inspireren met welke maatregelen het energieverbruik en de klimaatemissies kunnen worden gereduceerd. *De handreiking verduurzaming MIRT zou uitgebreid kunnen worden voor circulariteit om inzichtelijk te maken hoe de PIN indicatoren beïnvloed kunnen worden.*

5. Bronsystemen voor vastlegging

Om PIN-scores te bepalen is registratie noodzakelijk van:

(1) Circulair handelen

- o Totale aantal activiteiten dat relevant is voor het beslag op hulpbronnen en milieu-impact.
- o Aantal activiteiten waarin gestuurd wordt op het verminderen van het hulpbronnen beslag en de milieu-impact aan de hand van de circulariteitsindicatoren .

(2) Mate van circulariteit

- o Voor berekening van de circulariteitsindicator is benodigd:
 - Voor de PIN (2) die relevant is voor projecten: overzicht van materiaalgebruik van lineaire scenario - indien dit al eerder is gedaan voor vergelijkbaar project is dit niet nodig deze opnieuw uit te voeren.
 - Voor de PIN (3) die relevant is voor alle assets van RWS: Overzicht van materiaalgebruik in alle assets van RWS in een gekozen referentiejaar, plus de mutaties die door sloop, aanleg en onderhoud hebben plaats gevonden voor elk jaar dat de indicator bepaalt wordt.

6. Berekening PIN-score:

- a) Deel (1) van de pinscore score wordt berekend door het aantal projecten binnen RWS waar de circulaire indicator wordt toegepast ten behoeve van de besluitvorming te delen door totaal aantal (voor hulpbronnen beslag en milieu-impact) relevante projecten.
Eventueel kan er een weging van de projecten plaatsvinden op basis van de totale milieu impact of (investerings)kosten.
- b) Deel (2) van de pinscore ten gevolge van CE in projecten houdt in dat per project drie berekeningen worden gedaan:

- i. Het worst-case scenario waarin geen enkel circulair principe wordt vastgelegd – berekening van de hulpbron indicator(en) en de indicator(en) voor milieu-impact. *De richtlijn voor het opstellen van een worst-case berekening moet nog worden uitgewerkt.* Indien dit al eerder is gedaan voor vergelijkbaar project is dit niet nodig deze opnieuw uit te voeren.
- ii. Berekening van hulpbron indicatoren en indicatoren voor milieu-impact voor het project zoals het wordt gepland of wordt/ is uitgevoerd (MIRT), of wordt uitgevoerd en behoefte van onderhoud (SLA).
- iii. Berekening van de percentages reductie in hulpbronnen beslag en milieu-impact en berekening van het % circulair, door de reductie af te zetten tegen de impact van het worst-case scenario en de ambitie om 100% circulair te zijn zonder beslag op hulpbronnen of milieu-impact.

Om deze PIN-score op het niveau van Rijkswaterstaat te bepalen zullen de scores van projecten bij elkaar opgeteld moeten worden.

Deze uitdaging om scores van verschillende projecten te sommeren lijkt op de uitdaging om een PIN voor CO₂-reductie te berekenen, waar RWS in een ander traject ook mee bezig is. Voorgesteld wordt om dezelfde methodiek te hanteren voor het integreren van de circulariteitsindicatoren als dat ontwikkeld zal worden voor het integreren van CO₂-reductie scores.

- c) Deel (3) van de PIN-score ten gevolge van CE van de assets ten opzichte van een referentiejaar houdt in dat er drie berekeningen worden gedaan:
 - i. Impact berekening (hulpbronnen beslag, milieu-impact) ten gevolge van het materiaalgebruik van alle assets van RWS in een referentie jaar. *Het referentiejaar moet nog worden vastgesteld door RWS maar kan bijvoorbeeld samenvallen startdatum van het grondstoffenakkoord.*
 - ii. Verschil in de impacts (hulpbronnen beslag, milieu-impact) ten gevolge van de mutaties die door sloop, aanleg en onderhoud hebben plaats gevonden voor elk jaar dat de indicator bepaalt wordt
 - iii. Berekening van het circulariteit percentage ten opzichte van het referentie jaar en de ambitie om 100% circulair te zijn (geen beslag op hulpbronnen en geen milieu-impact)

De berekening van de circulariteitsindicator voor elk van deze punten is hetzelfde en volgt de LCA-methodiek waarin de impact van gehele levensduur van materialen wordt opgeteld. De berekeningen kunnen nu al grotendeels worden gedaan met behulp van de beschikbare middelen voor impact berekeningen: DuboCalc. In Tabel 3 is te zien hoe indicatoren uit berekening met DuboCalc en de circulariteitsindicator samenhangen. In DuboCalc ontbreken op dit moment de indicatoren water- en landgebruik. Landgebruik kan gemakkelijk worden toegevoegd, omdat deze wel wordt vermeld in de onderliggende LCA-rapportages in de milieudatabase. Watergebruik niet en zou dus moeten worden toegevoegd aan de huidige materialen in de milieudatabase.

7. Praktische aanwijzingen voor monitoring

- Omdat de circulariteitsindicatoren nauw aansluiten bij de huidige werkwijze waarin DuboCalc gebruikt wordt (o.a. bij aanbestedingen van grote projecten) – is het haalbaar om de uitvoerende partijen de benodigde info aan te laten leveren – voor het uitwerken van deel 2 van de PIN.
- Voor het bepalen van de impact van de assets (deel 3 van de PIN) zou informatie over de assets zoals vastgelegd in BIM benut kunnen worden. Regio Zuid-Holland heeft alle assets in een BIM-systeem ondergebracht. Ook de kwantitatieve informatie zoals te vinden in het Netwerkmanagement Informatie Systeem (NIS) kan bruikbaar zijn om tot materiaalgebruik van de assets vast te stellen.

8. Norm

Voor deel (1) van de PIN wordt de norm gesteld om in 2030 volledig circulair te handelen. *Echter moeten er nog tussentapen in deze doelstelling worden bepaald (bijvoorbeeld in 2020 20%, 2025 80% en 2030 100%).*

Voor deel (2) PIN ligt het bepalen van de norm iets lastiger, omdat het theoretisch niet mogelijk om 100% circulair te zijn gebied op hulpbronnen en milieu, zolang er energie of materialen moeten worden toegevoegd voor het uitvoeren van activiteiten. Welk percentage wel realistisch en ambitieus is om te behalen in 2030 moet nog worden vastgesteld. Dit kan worden gedaan door (1) overzicht te krijgen in wat percentage momenteel is en (2) dan schatting te maken van haalbare vermindering van druk op milieu en hulpbronnen.

RWS heeft de ambitie om zijn grondstofgebruik in 2030 met 50% te verminderen. Dit is al een goede richtlijn voor het bepalen van de norm voor deel (3) van de PIN. Daarnaast zou een eerste stap ook het inzicht krijgen in het huidige beslag op hulpbronnen en milieu (voor deel van de organisatie). Hieruit lerend kunnen tussendoelstellingen worden geformuleerd en RWS brede ambities worden geformuleerd.

Een eerste stap richting de monitoring is al gemaakt door het gebruik van DuboCalc in aanlegprojecten. Door deze kennis te analyseren kan al een eerste stap worden gemaakt in bepaling van realistische doch ambitieuze doelstellingen voor circulariteit

9. Beoordeling

Door de berekende scores en normwaarde tegenover elkaar te zetten wordt duidelijk of RWS voldoet aan de PIN-norm en/of op koers ligt voor behalen van doelstelling om in 2030 circulair te handelen en druk op hulpbronnen en milieu met X% te verlagen.

De volgende aandachtspunten zijn hier van belang:

- De norm is een gemiddelde van een jaar en kan dus pas na een jaar worden bepaald.
- Het is praktisch niet mogelijk om 100% circulair te zijn en geen enkele impact te hebben op hulpbronnen en milieu.

Het is wel mogelijk, gegeven de processen die uitgevoerd moeten worden, de druk proberen te minimaliseren. De reductie van impact wordt grotendeels worden ingezet door bedrijfsvoering binnen RWS aan te passen, maar blijft ook onderhevig aan externe factoren zoals politieke keuzes.

10. Gegevensleveringsproces

Omdat er eerst nog meer ervaring met de verschillende PIN-onderdelen moet worden opgedaan, is het nu nog te vroeg om het leveringsproces vast te stellen. Het leveringsproces zal waarschijnlijk sterk gaan lijken op het leveringsproces van de CO₂ indicator waarvoor momenteel door RWS in een ander traject ook een PIN wordt opgesteld.

11. Rapportage in NIS

Of en hoe RWS de prestaties op het gebied van hulpbronnen, milieu-impacts en circulariteitspercentage in het Netwerkmanagement Informatie Systeem (NIS) wil vast leggen, zal in een later stadium nog besloten moeten worden. Deel (1) van de PIN leent zich niet voor rapportage in het NIS, omdat deze indicator betrekking heeft op circulair werken. Deel 2 en 3 (prestatie in projecten en op het niveau van alle assets) laat zich mogelijk wel rapporteren in het NIS.

5.2 Toets van indicator ontwerp aan de hand van criteria

In hoofdstukken 2.1 en 2.2 zijn de eisen en criteria genoemd waar het indicator ontwerp aan moet voldoen. In dit hoofdstuk zal worden geëvalueerd in hoeverre aan deze eisen en criteria wordt voldaan met het uiteindelijke indicator ontwerp.

Scope

Het indicator ontwerp kan worden toegepast op zowel materiaalstromen, objecten, projecten RWS als geheel omdat gebruikt wordt gemaakt van de LCA-methodiek met als bron de nationale milieudatabase (NMD). De data achterliggend aan de NMD is echter vereist om indicator ontwerp toe te passen op materiaalstromen. In de cases is het indicator ontwerp toegepast op zowel een GPO als PPO project. Hoewel de data beschikbaar in GPO projecten beter aansluit bij het indicatorontwerp, is het ook mogelijk met om het ontwerp toe te passen op PPO projecten. Het indicatorontwerp is nog niet getest op een 'nat' project.

Gedegen onderbouwing

Dit document bevat de (wetenschappelijke) onderbouwing van het indicator ontwerp en de aansluiting met huidige stand van de wetenschap. De gegevens die worden gebruikt in het indicator ontwerp zijn verifieerbaar, wat het ontwerp betrouwbaar maakt.

Samenhang

In de diverse workshops met RWS ten behoeve van het opstellen van de CE-indicatoren is expliciet de synergie gezocht met de ontwikkeling van indicatoren die parallel aan deze opdracht worden ontwikkeld voor CO₂ prestatieladder en de huidige ontwikkelingen rondom DuboCalc.

Onderlinge afstemmen hoe de indicatoren en processen elkaar kunnen aanvullen is een blijvend aandachtspunt omdat beide indicatoren nog verder zullen ontwikkeling gedurende het in het implementatietraject.

Om het beslag op hulpbronnen en de milieu-impact ten gevolge van CE goed vast te kunnen stellen, is het nuttig als de huidige beoordelingssystematiek zoals vastgelegd in de SBK-bepalingsmethode en geoperationaliseerd in DuboCalc op dit vlak door ontwikkelen. Het gaat dan bijvoorbeeld om het aanscherpen van de vereiste scope met het ook op meerdere malen hergebruik of recycling in dezelfde of andere toepassingen. Sinds een aantal jaren zijn er diverse methodische ontwikkelingen op het vlak van multicycli LCA (MLCA) die, wanneer geharmoniseerd en geïntegreerd in de genoemde standaard en tools, het mogelijk maken om de impact van CE beter te waarderen aan de hand van het indicator ontwerp uit dit project.

Andere ontwikkelingen in het LCA-domein zijn die van het bepalen en waarderen aan de hand van schaduwkosten van water- en landgebruik.

Inpassing

- Het indicatorontwerp sluit aan bij DuboCalc en de SBK-bepalingsmethodiek. De nationale Milieudatabase (NMD) wordt in de nabije toekomst de database van DuboCalc, en deze NMD bevat al gegevens over watergebruik. Wanneer DuboCalc ook de watergegevens uit de NMD overneemt, dan kan het beslag op deze hulpbron zonder aanvullende moeite bepaald worden, tegelijk met de overige voor de MKI relevante indicatoren. Voor landgebruik zijn er internationaal diverse waarderingsmethodieken en LCA-databases die een inventarisatie bevatten van het landgebruik voor materiaal- en energie verbruikende processen. Wat nog ontbreekt is harmonisatie. In samenwerking met de LCA-community kan RWS bewerkstelligd worden dat landgebruik een integraal onderdeel gaat worden van de bepalingssystematiek.
- Het ontwerp is toepasbaar op GPO en PPO projecten, zoals gedemonstreerd in de cases omschreven in Hoofdstuk 4.1. Voor PPO projecten is databeschikbaarheid een aandachtspunt omdat het voor deze projecten nog niet gebruikelijk is om het materiaalgebruik te inventariseren en een DuboCalc berekening uit te voeren.
- De circulariteitsindicator laat zich uitwerken in het PIN-format dat RWS hanteert voor de SLA van RWS met I&M (zie vorige paragraaf in dit hoofdstuk). In dit format zijn drie deelindicatoren uitgewerkt, waarvan de laatste indicator relevant is voor alle assets van RWS, en daarmee aansluit bij het assetmanagement van RWS.

Praktische toepasbaarheid

Het indicatorontwerp vat de indicatoren samen die in verschillende LCA-methodieken worden genoemd en meet dus de belangrijkste indicatoren. Er is echter wel meer werk nodig voor bepalen en doorrekenen van worst-case lineaire projectontwerp en voor het materiaalgebruik in alle assets in een referentiejaar. Voordeel is dat dit – in meeste gevallen – maar eenmaal hoeft te worden uitgevoerd en wel een referentiepunt biedt voor de monitoring van de vooruitgang.

De voorgaande eisen in het achterhoofd kan worden geconcludeerd dat het indicatorontwerp aan de vier genoemde eisen voldoet en dat het dus:

- kan worden gebruikt voor de monitoring van de voortgang van CE;
- onderbouwd, betrouwbaar en robuust is;
- schaalbaar en algemeen toepasbaar is;
- efficiënt is en aansluit bij bestaande praktijk van RWS.

6 Advies voor implementatie van de CE-indicatoren

Dit hoofdstuk betreft een advies om de ontworpen CE-indicatoren geïmplementeerd te krijgen bij RWS, om zo de transitie naar een circulaire economie te versnellen. Voorstellen voor verdere uitwerking zoals die in de voorgaande hoofdstukken van deze rapportage worden gedaan worden in dit hoofdstuk samengevat en er wordt een voorstel gedaan voor het tijdspad.

6.1 Implementatie van de indicatoren

De scope van dit project heeft betrekking op het indicator ontwerp. Het inrichten van een systeem om deze indicatoren te gaan gebruiken en de prestaties te gaan monitoren valt buiten de scope van dit project. Aan de hand van de prestatie indicatoren voor hulpbronnen en milieu en de PIN zoals geformuleerd in hoofdstuk 5 wordt een (mogelijk) tijdspad geschetst voor implementatie van de indicatoren. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in korte termijn (per direct haalbaar), middellange termijn (haalbaar in een tijdsbestek van enkele jaren) en lange termijn (haalbaar in decennia). Ook wordt onderscheid gemaakt in de ontwikkelingen die RWS samen met partners zal moeten oppakken en ontwikkelingen die RWS zelf kan oppakken.

6.1.1 *Prestatie indicatoren voor hulpbronnen en milieu-impact*

Tabel 5 geeft de prestatie indicatoren voor CE weer. Alle indicatoren voor milieu-impact en de helft van de indicatoren voor het hulpbronnen gebruik kunnen bepaald worden op basis van de onderliggende effect-scores van de MKI. De indicatoren die nu al onderdeel uit maken van de MKI zijn goed te operationaliseren (zoals ook bleek in twee cases).

Tabel 6 Prestatie indicatoren voor CE

Hulpbronnen	Milieu	MKI
- Mineralen	- Klimaatverandering	
- Fossiele brandstoffen	- Lucht, water en bodemkwaliteit	
- Landgebruik	- Humane toxiciteit	
- Watergebruik	- Ecologische toxiciteit	

De verschillende hulpbrongebruiken en milieu-impacts kunnen op basis van schaduwpreizen geaggregeerd worden tot één score voor hulpbronnen en één score voor milieu-impact. Omdat beide dan uitgedrukt zijn in maatschappelijke kosten, kunnen de hulpbronnen en de milieu-impacts verder geaggregeerd worden - zoals dat nu in feite ook gebeurt voor het vaststellen van de MKI. Uit de toepassing in de cases bleek echter dat hulpbronnen beslag een relatief lage waardering krijgt in de schaduwkosten methodiek, en daarmee zo goed als weg valt tegen de milieu-impacts. Dat is niet wenselijk omdat CE-reductie van primaire grondstoffen centraal stelt. Om die reden worden beide indicatoren (hulpbronnen en milieu-impact) afzonderlijk weergegeven in het huidige indicator ontwerp.

Weging/ waardering van hulpbronnen vs. milieu-impact	RWS	RWS met partners
Korte termijn		
Middellange termijn	x	
Lange termijn		

RWS kan het wenselijk achten om toch tot één 'impact' indicator te komen voor CE, en kan dan kiezen om:

- De schaduwrijzen weging over te nemen, en te accepteren dat hulpbronnen beslag daarin een relatief lage waardering krijgt.
- Een eigen waardering te gaan hanteren om recht te doen aan de ambitie om het beslag op primaire grondstoffen middels CE te verminderen.

We adviseren om op korte termijn de schaduwrijzen die er zijn te blijven hanteren, en de update die CE daar in maakt in opdracht van RWS te volgen. Door hulpbronnen en milieu apart weer te geven (zoals voorgesteld in het PIN ontwerp) blijven beide aspecten aandacht krijgen. Op termijn kan RWS evalueren of er behoefte is om hulpbronnen en milieu in één indicator onder te brengen en of het dan wenselijk is om de waardering bij te stellen.

Water in DuboCalc	RWS	RWS met partners
Korte termijn		x
Middellange termijn		
Lange termijn		

Watergebruik maakt op dit moment geen onderdeel uit van de DuboCalc database, maar is wel opgenomen in de Nationale Milieu DataBase (NMD). Op termijn is het de ambitie dat de NMD integraal overgenomen wordt als DuboCalc database, en dan komt het beslag van water voor alle in de NMD aanwezige materialen en processen ook in DuboCalc. Partners voor deze ontwikkeling zijn de beheerders/ontwikkelaars van DuboCalc en de beheerder van de NMD: SBK.

Land in DuboCalc	RWS	RWS met partners
Korte termijn		
Middellange termijn		x
Lange termijn		x

Landgebruik maakt op dit moment ook geen onderdeel uit van de DuboCalc database en ook niet van de NMD. In de (inter)nationale LC- community zijn er verschillende databases en waarderingssystemen voor landgebruik beschikbaar. Het ontbreekt echter aan harmonisatie. RWS kan initiëren dat de Nederlandse en Europese LCA voor de bouw community zich gaat oriënteren hoe landgebruik in de toekomst een integraal onderdeel wordt van de normen en de tools. (Europese) harmonisatie is vaak een lang lopend traject, waardoor de verwachting dat het jaren tot decennia duurt totdat landgebruik geïntegreerd is in de normen. Tot die tijd kan RWS aannemers en ingenieursbureaus wel vragen ervaring op te gaan doen met deze indicator, omdat die nu al wel uit te werken is in de meest gebruikte generieke LCA-software.

Richtlijn voor opstellen 0% circulair referentie	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn		
Lange termijn		

Voor de overige effect-categorieën bleek dat vooral de keuze van het referentiescenario om de mate van circulariteit te bepalen uitdagend is. Op dit moment zijn keuzes die daarin gemaakt worden t.a.v. de scope en de uitwerking van de materialisatie nog arbitrair. Voor implementatie van het indicatorontwerp worden de volgende stappen in de tijd voorgesteld – en afstemming te zoeken met de ontwikkeling van de CO₂ PIN:

- Start met het huidige referentie ontwerp zoals dat nu al wordt opgesteld in de verschillende fases van de besluitvorming in MIRT en voor onderhoudsprojecten en vergelijk de prestatie van meer circulaire alternatieven.
- Stel een richtlijn op voor 0% circulair worst-case referentie. Dat zou kunnen door de volgende stappen te doorlopen:
 - Selecteer een aantal pilotprojecten (5 tot 10), in verschillende fases van besluitvorming, en ga daarvoor een 0% circulair worst-case scenario uitwerken.
 - Vergelijk de verschillende 0% circulair referenties en concludeer waar richtlijnen nodig zijn om eenduidigheid te bevorderen, en stel zo'n richtlijn op.
 - Pas deze richtlijn toe in wederom 5 tot 10 verschillende projecten en toets of de richtlijn werkbaar is of verder verbeterd moet worden.

- Verspreid richtlijn en beheer deze richtlijn.

De NMD en DuboCalc ondersteunen de uitwerking van verschillende circulaire (en niet-circulaire) scenario's nog beperkt, omdat er een beperkt aantal materialen voor handen is en de database zonder of met een beperkte variatie t.a.v. CE (scenario's voor hergebruik en recycling). Ook methodische aandachtspunten zoals multicycli-LCA om materiaalgebruik over meerdere levenscycli te implementeren zijn niet of nog heel beperkt geoperationaliseerd in databases en tools. RWS kan o.a. in de gebruikersgroep van DuboCalc initiëren dat beide (tools en database) door de relevante partners op termijn uitgebreid worden.

DuboCalc heeft bij RWS nu vooral een rol bij de aanbesteding van nieuwe infrastructuur of bij grote renovatie. Dan wordt de tool door RWS ingezet om een de milieu impacts van een referentieontwerp te bepalen en door te marktpartijen om een ontwerp te maken waarvoor ze een aanbidding uitbrengen. Het is veel minder gebruikelijk om de tool in te zetten in eerdere besluitvorming in een MIRT-traject en ook voor onderhoudsprojecten is het bepalen van de milieu-impact minder gebruikelijk.

In de workshops met RWS kwam naar voren dat ook in de vroege besluitvormingsfasen er keuzes gemaakt worden die van relatief grote invloed kunnen zijn op het hulpbronnen beslag en de milieu-impact ten gevolge van het materiaalgebruik. RWS ontwikkelt een handreiking verduurzaming MIRT gericht op energiebesparing en CO₂ emissies en deze handreiking zou uitgebreid kunnen worden voor circulaire economie. Ter ondersteuning van de besluitvorming zou het wenselijk zijn om milieu (circulair)-assessments vergelijkbaar uit te voeren zoals dat nu ook voor de kosten gebeurt; van ruwe schets in vroege fasen naar meer uitwerking en onderbouwing in latere besluitvorming. Om dat voor elkaar te krijgen zouden de volgende stappen doorlopen kunnen worden:

- Selecteer een beperkt aantal MIRT-trajecten in verschillende fasen van de besluitvorming, en ga analoog aan de kosten berekening ook een berekening maken van het hulpbronnen gebruik en de milieu-impacts.
- Evalueer welke aanpak daarbij gehanteerd werd – en vat die samen in een aanpak/ werkwijze voor het bepalen van milieu-impact in de verschillende besluitvormingsfasen.
- Verspreid werkwijze en beheer deze.

Voor de CO₂ PIN speelt een vergelijkbare uitdaging om CO₂ in MIRT te monitoren. We adviseren om op korte termijn te starten met het uitwerken hoe de impacts in MIRT gemonitord kunnen worden, voor zowel CO₂ als circulariteit, zodat er op middellange termijn een aanpak werkwijze ontwikkeld kan zijn. Het doorlopen van de stappen die hierboven beschreven zijn zal naar verwachting een redelijke tijdperiode in beslag nemen omdat het aantal MIRT trajecten beperkt is.

Bepalen circulariteits prestatie in MIRT	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn	x	
Lange termijn		

Bepalen circulariteit in onderhoudsprojecten	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	x
Middellange termijn	x	x
Lange termijn		

DuboCalc wordt ook beperkt ingezet voor besluitvorming met betrekking tot onderhoud. Uit toetsing van het indicator ontwerp in de onderhoudscase bleek dat de indicatoren te bepalen zijn, maar dat data beschikbaarheid nu nog heel beperkt is. Om ook voor onderhoudsprojecten te kunnen bepalen welke verandering in beslag op hulpbronnen en milieu-impact gerealiseerd wordt, zou de werkwijze met DuboCalc geïntroduceerd kunnen worden.

Door toepassing wordt helder welke data nog ontbreekt in de database en kan de tooling (DuboCalc) doorontwikkeld worden opdat ook onderhoudsprojecten goed te analyseren zijn. Deze ontwikkeling kan RWS samen met de marktpartijen oppakken die voor RWS onderhoud uitvoeren en kunnen bijdragen aan het verbeteren van de (milieu)prestatie. Voor toepassing van DuboCalc bij onderhoudsprojecten zou een plan uitgewerkt kunnen worden met welk type onderhoudsprojecten gestart gaat worden – bij voorkeur op basis van aandeel aan de impact van RWS. Asphalt en beton zouden dan bijvoorbeeld beide in aanmerking komen; het aandeel van deze materialen is relatief groot en beide kennen materialen kennen een rijk pallet aan innovaties dat past in een circulaire economie.

De Nationale Milieudatabase is recent uitgebreid met milieuprofielen voor asphalt, waardoor het voor groot onderhoud aan asphalt ook mogelijk worden om DuboCalc in te zetten. Naar verwachting volgt daar op een uitbreiding van de database en de tools om ook voor maatregelen als asphaltverjonging de MKI te bepalen. We adviseren dan ook om prioriteit te geven aan het bepalen van circulariteit in onderhoudsprojecten die gericht zijn op groot onderhoud van asphalt. Met die ervaring zou je op middellange termijn in kunnen zetten op de uitbreiding van DuboCalc voor andere typen onderhoudswerkzaamheden.

Keuze in PIN indicatoren	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn		
Lange termijn		

Het indicator ontwerp om de impact op hulpbronnen en milieu ten gevolge van CE te monitoren is uitgewerkt in drie PIN-indicatoren. We adviseren om de verdere uitwerking van deze PINs te faseren. Fasering maakt het implementatietraject meer hanteerbaar te maken en bovendien is er een onderlinge afhankelijkheid voor het ontwikkelen van de PIN indicatoren. We adviseren om de 2^e PIN, het meten van circulariteit in projecten, als eerste uit te gaan werken – beperkt tot de indicatoren die nu al onderdeel uitmaken van de MKI – en gericht op Circulair inkopen van grote projecten en onderhoud aan asphalt. Daardoor kan het uitwerken van de 1^e PIN, mate van circulair handelen, ook in gang worden gezet – in eerste instantie nog beperkt tot inkoop van grote projecten en asphaltonderhoud. Het ontwikkelen van een werkwijze voor MIRT en andere onderhoudsprojecten gaat meer tijd in beslag nemen, en de 1^e indicator voor circulair handelen zal in dat tempo mee moeten ontwikkelen. We adviseren om de 3^e indicator voor het monitoren van de circulariteit van de assets uit te stellen totdat beide andere PINs uitgewerkt zijn – naar verwachting naar de meer lange termijn – maar hiervoor op korte termijn al wel een aantal voorbereidende inspanningen in gang te zetten. In de volgende paragrafen zijn de aandachtspunten voor implementatie per PIN-indicator weergegeven.

Inzicht hoe impact gerealiseerd is	RWS	RWS met partners
Korte termijn		
Middellange termijn	x	x
Lange termijn	x	x

In de workshops voor het ontwerp van de indicatoren kwam ook ter sprake dat het op termijn waardevol zou zijn om inzichtelijk te krijgen welke besluitvorming (deel 1; circulair handelen) heeft geleid tot welke reductie van de impact (deel 2 en 3). Voor de CO₂ PIN geldt een vergelijkbare uitdaging; daar is ook behoefte om inzicht te krijgen in de reductiestrategie dat gaat RWS in de innovatie monitor achterhalen. De innovatiemonitor is op de keten gericht, dus op RWS en de partners van RWS. Bovendien moet uit de innovatiemonitor blijken in welke strategie voor RWS het meest effectief is om CO₂ emissie te reduceren; beleid, welke fase van de MIRT etc.

We adviseren om het monitoren van de CO₂ reductie strategie middels de innovatie monitor te evalueren, en dan te besluiten of het zinvol is deze monitor uit te breiden voor circulariteit.

6.1.2 *PIN (1) voor circulair handelen*

Het eerste deel van de PIN heeft betrekking op de mate van circulair handelen: 'Het aantal projecten binnen RWS waar gestuurd wordt op prestatie van hulpbronnen en milieu-impact door circulair economie is gelijk aan A%'..

Scope voor circulair handelen: identificeren relevante besluitvorming	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn	x	
Lange termijn		

Voor het bepalen van %A zal RWS elk jaar moeten inventariseren welke (hoeveel) projecten relevant zijn voor sturing op hulpbronnen en milieu-impact – om het aantal projecten waarbij deze indicatoren zijn gebruikt in de besluitvorming tegen af te zetten. De definitie voor 'projecten' zal aangescherpt moeten worden; in feite gaat het om de mate waarin de indicator ingezet worden ter ondersteuning van het besluitvormingsproces. We adviseren om op korte termijn de scope te beperken tot inkoop van grote projecten en asfaltonderhoud. Hier is het al gebruikelijk, of op korte termijn haalbaar, om DuboCalc toe te passen en de indicatoren voor circulariteit (beslag op hulpbronnen en milieu-impact) te bepalen. Op middellange termijn kan de scope voor circulair handelen uitgebreid worden naar de andere fases in MIRT en naar andere onderhoudsactiviteiten.

Norm/ doelstelling voor circulair handelen bepalen	RWS	RWS met partners
Korte termijn		
Middellange termijn	x	
Lange termijn		

Voor deze PIN-score wordt de norm gesteld om in 2030 volledig circulair te handelen (100%). Dat maakt het mogelijk om doelstellingen voor de komende jaren te bepalen hoe circulair handelen zich de komende jaren moet ontwikkelen om de doelstelling '100% in 2030' te halen – en dat heeft ook consequenties voor de scope van circulair handelen (Inkoop of ook vroege besluitvorming MIRT). We adviseren om op relatief korte termijn uit te werken hoe het tijdspad naar de ambitie 100% circulair werken in 2030 er uit kan zien. Zo zou bijvoorbeeld vastgesteld kunnen worden dat het tussenliggend doel voor 2020 is om de CE-indicatoren in 20% van de projecten toe te passen, en in 2025 in 80% van de projecten. Zo'n tijdspad is ondersteunend voor het bepalen van de scope voor circulair werken. We adviseren om op middellange termijn ook daadwerkelijk te gaan monitoren aan de hand van de doelstelling.

Uitwerken gegevenslevering voor Circulair handelen	RWS	RWS met partners
Korte termijn		
Middellange termijn	x	
Lange termijn		

Voor een PIN moet ook het gegevensleveringsproces uitgewerkt zijn. Als RWS besluiten heeft genomen over de relevante scope en geïnventariseerd heeft welke projecten/ besluitvorming relevant is voor het materiaalgebruik van RWS, dan kan ook het gegevens leveringsproces voor deze indicator verder uitgewerkt worden.

6.1.3 *PIN deel (2) voor CE in projecten*

Het tweede deel van de PIN is gericht op circulair zijn in projecten: door toepassing van CE in projecten is het beslag op hulpbronnen B% veranderd en de milieu-impact C%. RWS is daardoor D% Circulair.

Voor het verder uitwerken van deze PIN is het van belang om de prestatie indicator verder aan te scherpen, zoals in de vorige paragraaf al geagendeerd. Het gaat dan o.a. om het uitwerken van een richtlijn voor het bepalen van de 0% circulair referentie en een uitbreiding van DuboCalc en de databases om de impact van CE beter te kunnen bepalen. Ook opstellen van een richtlijn voor het gebruik van de indicatoren in de verschillende MIRT-fasen hoort bij de implementatie van deze deel PIN.

We adviseren om op korte termijn deze PIN verder uit te werken voor toepassing van de indicatoren bij de inkoop van grote projecten en asfaltonderhoud – en om dan per project de PIN te bepalen.

Sommen van scores per project tot een score voor heel RWS	RWS	RWS met partners
Korte termijn		
Middellange termijn	x	
Lange termijn		

Voor deze indicator zal nog uitgewerkt worden hoe de scores over de individuele projecten gesommeerd kunnen worden tot een totale score over heel RWS. We adviseren om dezelfde methodiek te hanteren voor het integreren van de circulariteitsindicatoren als dat ontwikkeld zal worden voor het integreren van CO₂-reductie scores – naar inschatting haalbaar op de middellange termijn. Voor de sommatie is het denkbaar om een gemiddelde te berekenen van de percentages verandering in hulpbronnenbeslag, milieu-impact en circulariteit. Op basis van het investeringsbedrag zou dat ook een gewogen gemiddelde kunnen zijn, zodat grote projecten een grotere invloed op het gemiddelde hebben dan kleine projecten. Hoe om gegaan wordt met de fasering (reductie in vroege planfase of in realisatie) zal ook nog verder uitgewerkt moeten worden. Deze uitdaging om scores voor projecten te integreren tot een score voor heel RWS lijkt op de uitdaging om een PIN voor CO₂-reductie te berekenen, waar RWS in een ander traject ook mee bezig is.

Norm/ doelstelling voor circulair in projecten bepalen	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn		
Lange termijn		

Voor de PIN-indicatoren worden doelstellingen geformuleerd, dus voor deze indicator welke percentages gehaald zouden moeten worden voor hulpbronnenbeslag, milieu-impact en circulariteit. Welk percentage ambitieus doch realistisch is, moet nog worden vastgesteld door eerst meer ervaring op te doen bij nieuwe projecten. Ook zou in retrospectief bepaald kunnen worden welke percentages gerealiseerd zijn bij projecten waar MKI een EMVI was.

NIS +uitwerken gegevenslevering voor circulair in projecten	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn		
Lange termijn		

Voor een PIN-indicator moet ook het gegevensleveringsproces uitgewerkt zijn. Het leveringsproces zal waarschijnlijk sterk gaan lijken op het leveringsproces van de CO₂ indicator waarvoor momenteel door RWS in een ander traject ook een PIN wordt opgesteld. TNO adviseert op het leveringsproces voor deze (deel)indicatoren, net als de omgang met NIS, aan te laten sluiten op de uitwerking van de PIN voor CO₂-reductie.

6.1.4

PIN deel (3) voor CE van de assets

Het derde deel van de PIN is gericht op alle assets van RWS. Assets zijn circulair t.o.v. referentiejaar x: door toepassing van CE is het beslag op hulpbronnen E% veranderd en de milieu-impact F%. Voor de uitwerking van deze indicator zal RWS het referentie jaar moeten bepalen en voor dat jaar een inventarisatie moeten maken welke materialen in het areaal aanwezig waren, en hoe die bij hebben gedragen aan het hulpbronnen beslag en milieu-impacts. Daarvoor zijn twee benaderingen denkbaar, die op korte of juist op middellange termijn uit te werken zijn. Op korte termijn is het haalbaar om met een modelmatige werkwijze het materiaalgebruik van de assets in te schatten. RWS hanteerde soortgelijke werkwijze voor het opstellen van de CO₂ footprint van RWS. Het materiaalgebruik in alle assets wordt geschat op basis van omvang van de infrastructuur (km, aantal kunstwerken etc.) in een bepaald jaar en de gemiddelde opbouw en leeftijd van deze infrastructuur. Vervolgens kan berekend worden wat het bijbehorende hulpbronnenbeslag en de milieu-impacts zijn.

Bepalen van impacts van assets in een referentiejaar	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn		x
Lange termijn		x

We adviseren om deze modelmatige benadering van de assets op korte termijn in gang te zetten, omdat het aansluit bij de behoefte van assetmanagement om op een vergelijkbare manier om te gaan met risico's en onderhoud en omdat het ondersteunend is aan de verdere uitwerking van deze PIN (norm bepalen).

Op middellange termijn is het haalbaar om de materiaalhoeveelheden in de assets van RWS te onttrekken uit de datasystemen bij RWS die middels BIM zijn opgebouwd. De regio Zuid-Holland heeft haar assets al in een BIM-omgeving gedocumenteerd en naar verwachting zullen meer regio's zo'n werkwijze gaan volgen. CE Delft bracht eerder een rapport uit waarin wordt omschreven hoe RWS een (BIM) omgeving kan inrichten voor monitoring van het materiaalgebruik en de bijbehorende milieu-impact (Lieshout, et al.; 2016). In het kort samengevat vult RWS het BIM-systeem voor de assets bij elk nieuw project – waarbij de BIM-informatie aangeleverd wordt door de realiserende partij. Dat advies is ook relevant voor het monitoren van deze PIN voor CE – met aanscherping dat voor CE (op termijn) twee nieuwe deelindicatoren verzameld zullen moeten worden en dat het van belang is om hulpbronnen en milieu-impacts gescheiden weer te kunnen geven.

norm/doelstelling voor assets bepalen	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn	x	x
Lange termijn		x

Voor PIN-indicatoren worden doelstellingen geformuleerd die per indicator bepalen welke percentages gehaald zouden moeten worden voor verandering in hulpbronnenbeslag en milieu-impact ten opzichte van het referentiejaar. Om de norm/ doelstelling te kunnen bepalen zal er eerst meer ervaring opgedaan moeten worden welke (jaarlijkse) reductie ambitieus maar realistisch is, gegeven de impact van de assets en de omvang van de werkzaamheden zoals die in een jaar worden uitgevoerd. Wanneer RWS op korte termijn start met een modelmatige benadering van het hulpbronnen beslag en de milieu-impact van de materialen in de assets in een referentie jaar, dan schat TNO in dat het op z'n vroegst haalbaar is om het doel over een aantal jaar te bepalen. Indien RWS er voor kiest om de impact van het referentiejaar te baseren op materiaalgebruik zoals daadwerkelijk aanwezig en geregistreerd in een BIM-systeem, dan is RWS voor het bepalen van de norm afhankelijk van de partners die de relevante BIM-informatie aanleveren.

NIS + uitwerken gegevenslevering voor Circulair van assets	RWS	RWS met partners
Korte termijn		
Middellange termijn	x	
Lange termijn		

Voor een PIN moet ook het gegevensleveringsproces uitgewerkt zijn. Omdat het verschil in impacts veroorzaakt wordt door de realisatie van onderhoud en infrastructuur, lijkt het gegevensleveringsproces voor deze deel PIN voor een groot deel op de gegevens levering voor de impact van projecten. TNO adviseert dan ook om eerst de gegevenslevering voor projecten (deel (2) van de PIN in vorige paragraaf) uit te werken, en er dan op voort te bouwen voor de gegevenslevering van deze deel PIN.

6.2 Transitie naar een circulaire economie

Deze rapportage geeft een indicator ontwerp voor RWS om de impact van CE op hulpbronnen beslag en milieu-impact te monitoren. Het indicatorontwerp sluit aan bij de door RWS gestelde eisen (zie hoofdstuk 5). RWS wenst de transitie naar CE te versnellen door deze prestaties ten gevolge van CE te monitoren. Om deze transitie te versnellen zou het aan te bevelen zijn om een transitieplan in te richten. Voor het opstellen van zo'n transitieplan zouden de diagnostische vragen zoals opgesteld door Potting et al. (2016) voor het meten van het CE-transitieproces gebruikt kunnen worden (zie bijlage 1).

In Tabel 6 worden de diagnostische vragen weergegeven voor het meten van het transitieproces met betrekking tot middelen en activiteiten. Informatie over middelen kan helpen vaststellen welke actoren, financieringsmodellen en andere middelen nodig worden geacht om het CE-doel te bereiken. Informatie over activiteiten geeft inzicht in alle relevante actoren die betrokken zijn en alle activiteiten ter bevordering van de gewenste CE-prestaties.

Tabel 7 Diagnostische vragen met betrekking tot middelen en activiteiten opgesteld door Potting, et al. (2016) voor meten van het CE-transitie proces.

transitieproces en van CE-effecten

Diagnostische vragen	
Middelen	Mobiliseren van middelen - Zijn alle actoren die relevant zijn voor het realiseren van CE-oplossingen, actief betrokken? - Is er voldoende kapitaal beschikbaar voor het realiseren van CE-oplossingen? - Zijn er specifieke fysieke middelen beperkend in het realiseren van CE-oplossingen?
	Kennisontwikkeling - Is er voldoende kennis beschikbaar om CE-oplossingen te ontwikkelen? Over bijvoorbeeld technologie, patenten, consumentgedrag en ketenpartnergedrag?
	Kennisuitwisseling - Wordt er genoeg kennis uitgewisseld over CE-oplossingen in de productketen?
Activiteiten	Experimenteren door ondernemers - Experimenteren de ondernemers voldoende met CE-oplossingen en -verdienmodellen? - Wordt er al opgeschaald met betrekking tot CE-oplossingen?
	Richting geven aan zoekproces (visie, verwachtingen van overheid en kernactoren, regelgeving) - Is er een heldere visie voor de productketen over de circulariteitsstrategie die wordt nagestreefd? - Wordt deze circulariteitsstrategie breed gedeeld? - Structureert deze circulariteitsstrategie de activiteiten van ketenpartners?
	Openen van markten - Zijn de ketenpartners actief in het voorlichten van consumenten over CE-oplossingen? - Wordt er voldoende geïnvesteerd door bedrijven? - Is er flankerend beleid van de overheid dat helpt bij het openen van markten?
	Tegengaan van weerstand - Is er sprake van weerstand tegen CE-oplossingen (zoals in de bestaande productketen, of in de vorm van belemmerende wet- en regelgeving)? - Wordt er voldoende actie ondernomen om weerstand tegen CE-oplossingen tegen te gaan?

Transitieplan opstellen	RWS	RWS met partners
Korte termijn	x	
Middellange termijn		
Lange termijn		

Wanneer RWS een transitieplan in zou richten, dan is de uitvoering van dat plan (proces) ook te monitoren met indicatoren. Dit type indicatoren sluit niet goed aan bij de indicator eisen zoals door RWS gesteld bij het indicator ontwerp en vallen daarmee buiten de scope van dit project (zie paragraaf 3.2). In de workshops met RWS kwam naar voren dat er - in aanvulling op de nu ontworpen indicatoren - wel op relatief korte termijn behoefte is aan een transitieplan en de monitoring daarvan. Monitoring van zo'n transitieplan zou bij voorkeur niet in de SLA of aan de hand van een PIN uitgewerkt zou moeten worden. Een transitieplan kan parallel aan de implementatie van de prestatie indicatoren ontwikkeld worden.

7 Referenties

Bruyn, S. de, Ahdour, S., Bijleveld, M., Graaff, L. de, Schep, E., Schroten, A. en Vergeer, R. (2017). Handboek Milieuprijzen 2017. Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieu-impacts. Delft: CE Delft.

CE & MVO Nederland (2015). *The potential for high value reuse in a circular economy*. Geraadpleegd op 24 mei 2016, van: <http://www.circulairondernemen.nl/uploads/27102a5465b3589c6b52f8e43ba9fd72.pdf>.

European Academies Science Advisory Council (EASAC) (2016). Indicators for a circular economy. *Policy Report 30*. November 2016.

Europese Commissie (EC) (2013). 2013/179/EU Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. *Official Journal of the European Union*. 9 april 2013. Gedownload op 31 juli van <http://data.europa.eu/eli/reco/2013/179/oj>.

Europese Commissie (EC) (2015). *Mededeling van de commissie aan het Europees parlement, de raad, het Europees economische en sociaal comité en het comité van de regio's. Maak de cirkel rond - Een EU-actieplan voor de circulaire economie*. COM(2015)614 final. 2 mei 2015. Gedownload op 26 juli van <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX:52015DC0614>.

Europese Commissie (EC) (2017). *Report from the commission to the European parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions, on the implementation of the Circular Economy Action Plan*. COM(2017) 33 final. 26 januari 2017. Gedownload op 25 juli van <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX:52015DC0614>.

European Environment Agency (2016). *Circular Economy in Europe. Developing the knowledge base*. WWA Report No 2/2016. Kopenhagen: European Environment Agency.

Ellen MacArthur Foundation (z.d). *Circular Economy overview*. Geraadpleegd op 24 juli 2017, van <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-an-overview>.

Ellen MacArthur Foundation (2015): *Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition*. 2 december 2015. Geraadpleegd op 24 juli 2017, van <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>.

Ellen MacArthur Foundation en Granta Material Intelligence (2015): *Circularity Indicators: An approach to measuring circularity, Methodology*. Geraadpleegd op 24 juli 2017, van <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circularity-indicators/>.

Goekoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. De., Struijs, J. en Zelm, R. van (2013). ReCiPe 2008 – A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. *Publicatie van Ministerie van VROM*. Mei 2013.

Guinée, J.B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A. de, Oers, L. van, Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H.A., Bruijn, H. de, Duin, R. van; Huijbregts, M.A.J., (2002). *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Harmelen, T. van, Horssen, A. van, Jongeneel, S., & Ligthart, T. (2012). *Shadow prices of biomass relevant impacts. How to value water scarcity, eco-toxicity and land use in life cycle impact assessments?* (p. 55). Utrecht.

Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshout, P.M.F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A. en Zelm, R. van (2016). ReCiPe2016: a harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2), 138-147. doi:10.1007/s11367-016-1246-y

Kwast, E. (2016). Wacer Wall. Innovatief lichtgewicht geluidsscherm geschikt voor slappe klei- en veenondergrond. Presentatie voor de CROW-werkgroep Effectieve Overgangs Constructies (EOC). Geraadpleegd op 4 september 2017, van: http://www.slappebodem.nl/Bestanden/CoP-XXL-Samenwerking/PSB_CoP-Samenwerking_20161124_WacerWall.

Lieshout, M. van, Bijleveld, M., Bergsma, G. en Naber, N. (2016) *Rijkswaterstaat Roadmap Materialen 2020, Verduurzaming inkoop GWW*. Delft: CE Delft.

Meerveld, H. van, Jansen, B., Keijzer, E., S. de Vos-Effting en Verstraeten-Jochemsens, J.J. (2016). Maatschappelijke kosten-batenanalyse van duurzaam asfalt. TNO-rapport 11332. Utrecht: TNO.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) (2013). *Brief van staatssecretaris Wilma J. Mansveld aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende de opzet van het beleidsprogramma Van Afval Naar Grondstoffen*. 20 juni 2013. Kenmerk: IenM/BSK-2013/104405.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) (2014). *Brief van staatssecretaris Wilma J. Mansveld aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende de invulling van het beleidsprogramma Van Afval Naar Grondstoffen*. 28 januari 2014. Kenmerk: IenM/BSK-2014/12161.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) (2015). *Brief van staatssecretaris Wilma J. Mansveld aan de voorzitter van de Tweede Kamer betreffende de voortgang van het beleidsprogramma Van Afval Naar Grondstoffen*. 15 april 2015. Kenmerk: IenM/BSK-2015/68748.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) (2016). Spelregels van het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Milieu (MIRT).

JRC-IES (Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability) (2011). *ILCD Handbook: recommendation for Life Cycle Impact Assessment in the European context*, European Commission. Ispra (Italië): European Union

Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., en Hanemaaijer, A. (2016). *Circulaire economie: innovatie meten in de keten*. Beleidsstudie. Den Haag: Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL).

Potting, J., Nierhoff, N., Francesca, M., Antikainen, R., Colgan, S., Hauser, A., Günther, J., Wuttke, J., Jørgensen Kjær, B. en Hanemaaijer, A. (2017). *Input to the European Commission from European EPAs about monitoring progress of the transition towards a circular economy in the European Union*. Discussion paper of European Network of the Heads of Environment Protection Agencies (EPA Network) - Interest group on Green and Circular Economy. Geraadpleegd op 24 juli 2017, van http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2017-EPA-network-discussion-paper-monitoring-progress-of-the-circular-economy-in-the-EU_2772.pdf.

Rijkswaterstaat (2014). *Toxiciteit heeft z'n prijs: schaduw prijzen voor (eco-) toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen binnen DuboCalc*. Publicatie van onderzoek uitgevoerd door TNO-MEP. Geraadpleegd op 1 augustus 2017, van http://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi_5_3KyLjVAhUMJ1AKHdkGAt8QFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fpublicaties.mienm.nl%2Fdownload-bijlage%2F15533%2Ftoxiciteit-heeft-z-n-prijs-schaduw-prijzen&usq=AFQjCNHHgfBg66JMLKEVa7jDu9Cuy_ZpWA.

SER (2016). *Werken aan een circulaire economie: geen tijd te verliezen*. Publicatie van Sociaal-economische raad, commissie Duurzame Ontwikkeling. Advies 2016/05. Geraadpleegd op 24 juli 2017, van <https://www.ser.nl/nl/publicaties/adviezen/2010-2019/2016/circulaire-economie.aspx#>.

Stichting Bouwkwiteit (2014). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken*. Geraadpleegd op 25 juli 2017, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2013/03/21/bepalingsmethode-milieuprestatie-van-gebouwen-en-gww-werken>.

Vermeulen, W.J.V., Witjes, S. en D. Reike (2014). *Advies over een Raamwerk voor Impactmeting voor Circulair Inkopen*. Utrecht: Copernicus Institute of Sustainable Development.

Vos-Effting, S. de, Keijzer, E., Jansen, B., Zwamborn, A., Mos, J., Beentjes, T., Jonkers, N. en Leendertse, P. (2017). *LCA-Achtergrondrapport voor Nederlandse Asfaltmengsels*. Rapport voor opname van brancherepresentatieve asfaltmengsels in de Nationale Milieudatabase. TNO-rapport 11029. Utrecht: TNO.

8 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
T.a.v. de heer m. Peerdeman
Postbus 2232
3500 GE Utrecht

Naam en functies van de medewerkers
Drs. A.K. van Harmelen
L. Kootstra
Drs. E.E. Keijzer
Drs. S.E. de Vos-Effting

Periode waarin het onderzoek plaatsvond
Mei 2017- December 2017

Naam en paraaf tweede lezer

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'J' followed by the name 'Jochemsen' written in a cursive script.

J. Verstraeten - Jochemsen MSc

Ondertekening

A handwritten signature in blue ink, appearing as a stylized, elongated 'A' with a long horizontal stroke extending to the right.

A. Zwamborn MSc
Projectleider

Autorisatie vrijgave

A handwritten signature in blue ink, featuring a complex, cursive script with multiple loops and a long horizontal stroke at the end.

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

Bijlage 1 Meten van het CE transitieproces (PBL)

Diagnostische vragen	
Middelen	Mobiliseren van middelen - Zijn alle actoren die relevant zijn voor het realiseren van CE-oplossingen, actief betrokken? - Is er voldoende kapitaal beschikbaar voor het realiseren van CE-oplossingen? - Zijn er specifieke fysieke middelen beperkend in het realiseren van CE-oplossingen?
	Kennisontwikkeling - Is er voldoende kennis beschikbaar om CE-oplossingen te ontwikkelen? Over bijvoorbeeld technologie, patenten, consumentgedrag en ketenpartnergedrag?
	Kennisuitwisseling - Wordt er genoeg kennis uitgewisseld over CE-oplossingen in de productketen?
Activiteiten	Experimenteren door ondernemers - Experimenteren de ondernemers voldoende met CE-oplossingen en -verdienmodellen? - Wordt er al opgeschaald met betrekking tot CE-oplossingen?
	Richting geven aan zoekproces (visie, verwachtingen van overheid en kernactoren, regelgeving) - Is er een heldere visie voor de productketen over de circulariteitsstrategie die wordt nagestreefd? - Wordt deze circulariteitsstrategie breed gedeeld? - Structureert deze circulariteitsstrategie de activiteiten van ketenpartners?
	Openen van markten - Zijn de ketenpartners actief in het voorlichten van consumenten over CE-oplossingen? - Wordt er voldoende geïnvesteerd door bedrijven? - Is er flankerend beleid van de overheid dat helpt bij het openen van markten?
	Tegengaan van weerstand - Is er sprake van weerstand tegen CE-oplossingen (zoals in de bestaande productketen, of in de vorm van belemmerende wet- en regelgeving)? - Wordt er voldoende actie ondernomen om weerstand tegen CE-oplossingen tegen te gaan?
	CE-ontwerp - Wat is de huidige levensduur van producten en in welke mate heeft de CE-transitie die verlengd, vergeleken met de oorspronkelijke levensduur? - Zijn producten makkelijker uit elkaar te halen? - Zijn in het ontwerp gerecyclede materialen gebruikt? - Zijn onderdelen ontworpen met oog op hoogwaardige recycling (zonder milieudruk te veroorzaken)?
	Productie - Neemt het totale (primaire en secundaire) materiaalverbruik door bedrijven af? - Gebruiken bedrijven minder mens- en milieugevaarlijke stoffen? - Gaat de productie gepaard met minder afval? - Verschuiven bedrijven naar CE-verdienmodellen zoals product(component)en hergebruiken, service-based producten?
Prestatie	Consumptie - Vindt er een verschuiving naar CE-producten plaats (ten opzichte van conventionele producten)? - Worden de CE-producten langer of intensiever gebruikt vóór afdanking? - Gaat productgebruik gepaard met minder afval?
	Afval - Is er een verschuiving van storten en verbranden naar recycling? - In welke mate is er sprake van hoogwaardige recycling? - In welke mate is recycling kosten- en milieueffectief?
	Circulariteit (grondstoffenefficiëntie) - Neemt de primaire materiaalinput in kilogram af per functionele eenheid product? - Neemt de primaire materiaalinput in kilogram af voor de hele sector?
Effecten	Milieu Voor alle productgroepen: - Neemt het cumulatieve energieverbruik in MJ _{pr} per functionele eenheid product af? - Neemt het cumulatieve energieverbruik in MJ _{pr} voor de hele sector af? Milieudruk relevant voor specifieke productgroepen: - Neemt de milieudruk per functionele eenheid product af? - Neemt de cumulatieve milieudruk voor de hele sector af?
	Economie - Neemt de toegevoegde waarde van producten of productservices toe? - Neemt de werkgelegenheid in de productketen toe?

Bron: EEA (2016b); Hekkert et al. (2011); Huijbregts et al. (2006)

Bijlage 2 Material Circularity Indicator (EMF) en Circular Carbon Footprint Formule (EC PEF)

In deze bijlage zullen we toelichten hoe de MCI-indicator van de Ellen MacArthur foundation aansluit bij de berekeningen die binnen LCA-methodes worden gebruikt.

De Ellen MacArthur Foundation omschrijft circulariteit van materialen met behulp van de "Material Circularity Indicator" (MCI) (Ellen MacArthur Foundation en Granta Material Intelligence, 2015):

$$MCI = 1 - LFI \cdot F,$$

waarin de F een factor die bruikbaarheid uitdrukt. Door deze factor hebben materialen en levensduurverlening een gelijkwaardige impact op de waarde van de MCI. De MCI loopt op een schaal van 0 tot 1, waar een volledig circulair product scoort als een 1 en een volledig lineair product als 0. In deze formule is LFI de genormaliseerde som van het primair gebruikte materiaal en totaal aan geproduceerde afval en wordt omschreven door:

$$LFI = \frac{V+W}{2M+\sum_{\chi} W_{F(\chi)}+W_{C(\chi)}}.$$

In deze formule is de V de hoeveelheid nieuw materiaal, W de hoeveelheid afval (dat niet kan worden hergebruikt, gerecycled of verbrand met energierugwinning). W_C is de hoeveelheid afval geproduceerd gedurende de recycling van een product(onderdeel), W_F de hoeveelheid afval geproduceerd bij het recyclen van de grondstoffen gebruikt om product te maken en M de massa van product. In deze formule wordt bewust evenveel gewicht gegeven aan W_C als W_F , zodat zowel op hergebruik van materialen en recycling na de levensduur van een product wordt gefocust.

De 'Circular Carbon Footprint formula' van gebruikt in LCI-methodes wordt het totale resulterende hulpbronnengebruik- en emissieprofiel (REaEP) wordt in grove vorm omschreven door de volgende formule (EC, 2013):

$$REaEP = VIRG_{IN} + REC_{IN} + REC_{OUT} + ER_{OUT} + DISP_{OUT},$$

waarin $VIRG_{IN}$ het resulterende hulpbronnen- en emissieprofiel van de verwerving en voorbereiding van nieuw materiaal is, REC_{IN} het profiel in verband met de input van gerecycled materiaal, REC_{OUT} van het recyclings- of hergebruikproces, ER_{OUT} het profiel dat voortvloeit het energiewinningsproces en $DISP_{OUT}$ het profiel van de verwijdering van het overige materiaal.

Het verschil tussen de twee formules is dus dat de MCI alleen op het gewicht van producten is gericht, terwijl de REaEP het totale hulpbronnen- en emissieprofiel belicht. Echter, de overeenkomst is dat beide exact dezelfde elementen meenemen in de berekening, namelijk recycling na end-of-life, secundaire stromen, nieuw materiaal en resterend afval.

Bijlage 3 DuboCalc indicatoren MKI (overgenomen uit “Toxiciteit heeft z’n prijs” (Rijkswaterstaat, 2004))

Uitputting van abiotische grondstoffen (ADP)

Abiotische grondstoffen zijn natuurlijke hulpbronnen die als levenloos worden beschouwd, zoals ijzererts, ruwe olie en windenergie. De uitputting van abiotische grondstoffen is een van de meest bediscussieerde effectcategorieën en er is diensgevolge een grote hoeveelheid verschillende methodes beschikbaar om de bijdrages aan deze categorie te karakteriseren. Het uitputten van schaarse grondstoffen wordt beoordeeld aan de hand van de totale voorraad van de stof (metaal, mineraal, energiedrager) in verhouding tot het jaarlijks verbruik.

Humane, aquatische en terrestrische toxiciteit (HT, FAETP, MAETP, FSETP, MSETP, TETP)

Voor het bepalen van de potentiële toxiciteit van de stof wordt gerekend met een multimediaal verspreidingsmodel, USES 2.0, ontwikkeld door RIVM, en vertaald naar LCA toepassing door de Universiteit van Amsterdam [Huijbregts, M.A.J., Priority Assessment of Toxic Substances in the frame of LCA]. Door middel van stof specifieke verspreidingsfactoren wordt bepaald hoeveel van de initiële emissie uiteindelijk in potentie in andere milieucompartimenten terecht komt. Vervolgens worden de berekende hoeveelheden per stof per milieucompartiment gedeeld door een uit de toxicologie afgeleide factor, zoals acceptable daily intake (ADI) of no-observed-effect concentration (NOEC), afhankelijk van de effectcategorie en de stofgroep. Humane toxiciteit verwijst naar de effecten van toxische stoffen in het (buiten-)milieu op de volksgezondheid. Zoetwater aquatische eco-toxiciteit en mariene aquatische eco-toxiciteit verwijzen naar het effect van toxische stoffen op respectievelijk zoetwater aquatische ecosystemen en mariene aquatische ecosystemen. Zoetwater sediment eco-toxiciteit en mariene sediment eco-toxiciteit verwijzen naar het effect van toxische stoffen op respectievelijk zoetwater sediment ecosystemen en mariene sediment ecosystemen. Terrestrische eco-toxiciteit verwijst naar de effecten van toxische stoffen op terrestrische ecosystemen. De humane toxiciteit, aquatische en terrestrische eco-toxiciteit worden uitgedrukt in 1,4- dichloorbenzeenequivalenten.

Klimaatverandering (GWP)

Klimaatverandering is gedefinieerd als het effect van menselijke emissies op het warmtestraling absorberend vermogen van de atmosfeer. Dit kan op zijn beurt negatieve effecten hebben op de stabiliteit van het ecosysteem, de volksgezondheid en materiële welvaart. Broeikasgassen vergroten het warmtestraling absorberend vermogen waardoor de temperatuur van het aardoppervlak stijgt, in de volksmond ‘het broeikas effect’ geheten. Broeikasgassen hebben elk een verschillende Global Warming Potential en elke afzonderlijke emissie kan worden omgerekend tot een equivalente hoeveelheid kooldioxide (CO₂) emissie.

Verzuring (AP)

Verzurende stoffen hebben een lange reeks effecten op bodem, grondwater, oppervlaktewateren, organismen en ecosystemen. Verzuring wordt veroorzaakt door emissies van verzurende stoffen naar lucht, de voornaamste verzurende emissies zijn SO₂, NO_x en NH_x. Het verzurend vermogen van een emissie wordt omgerekend naar SO₂-equivalenten. Voorbeelden van de gevolgen van verzuring zijn onder meer de afname van bossen, het vergaan van bouwmaterialen en de vissterfte in Scandinavische meren.

Vermesting (EP)

Vermesting beslaat alle potentiële effecten van overmatig hoge niveaus van macronutriënten, de meest belangrijke daarvan stikstof (N) en fosfor (P). Nutriëntverrijking kan ongewenste verschuivingen in de soortensamenstelling en verhoogde biomassa-productie teweegbrengen, in zowel aquatische als terrestrische ecosystemen. Hoge concentraties nutriënten kunnen bovendien oppervlaktewater ongeschikt maken als drinkwater. In aquatische ecosystemen kan de vergrote biomassa leiden tot verlaagde zuurstofniveaus, vanwege het extra zuurstofverbruik door biomassa-afbraak. Het totaal vermestende effect van een emissie wordt omgerekend naar PO₄-equivalenten.

Aantasting ozonlaag (ODP)

De aantasting van de stratosferische ozonlaag door menselijke emissies zorgt ervoor dat een groter gedeelte van de UV-B straling van de zon het aardoppervlak bereikt, met mogelijk schadelijke effecten op volksgezondheid, dierlijke gezondheid, terrestrische en aquatische ecosystemen, biochemische cycli en -stoffen. De belangrijkste ozonlaag aantastende stoffen zijn de zogenaamde chloorfluorkoolwaterstoffen (cfk's) en halonen. Het ozonlaag aantastende vermogen van deze stoffen wordt uitgedrukt in equivalenten van de referentiestof CFK-11.

Fotochemische oxidantvorming (POCP)

Fotochemische oxidantvorming is de vorming van reactieve chemische verbindingen, zoals ozon, door de werking van zonlicht op bepaalde primaire luchtvervuilende stoffen. Deze reactieve verbindingen kunnen schadelijk zijn voor zowel de gezondheid als voor gewassen. Fotochemische oxidanten kunnen onder invloed van ultraviolet licht in de troposfeer gevormd worden, door de fotochemische oxidatie van vluchtige organische stoffen (VOS) en koolmonoxide (CO) in aanwezigheid van stikstofoxiden (NO_x). Het vermogen tot smogvorming van stoffen is bepaald met C₂H₂ als referentie.