

Basisdocument Circulair Ontwerp Wegverbreding InnovA58

Project: InnovA58
Contactpersonen: Joost Hendriksen
Stan Kerkhofs
Wim Leendertse

Datum : 16-02-2017



Figuur 1. Knooppunt de Baars (innova58.nl, 2017)

InnovA58

InnovA58 is een wegverbredingsproject, waarbij meerdere wegvakken van de A58 worden verbreed. Naast de 'reguliere wegverbreding' speelt innovatie een grote rol in de aanpak van de A58. Het doel is om van de A58 een slimme, duurzame en toekomstvaste weg te maken. Om deze reden wordt er naast het reguliere ontwerp een circulair ontwerp voor de A58 uitgevraagd in de planfase.

Het maken van een ontwerp is het maken van keuzes in een ketenproces. Het maken van een circulair ontwerp is een nieuwe discipline en is nog volop in ontwikkeling. Het doel van dit document is om kennis met betrekking tot circulair ontwerpen tussen Rijkswaterstaat en opdrachtnemer te delen en verder te ontwikkelen.

Het document geeft een korte introductie op het thema circulaire economie en beschrijft een denkkader voor het circulair ontwerp aan de hand van een aantal ontwerpprincipes. Daarnaast bevat dit document een procesomschrijving voor opdrachtnemer en opdrachtgever voor het circulaire ontwerp. Aan de hand van een scenario van een circulair knooppunt St. Annabosch worden de ontwerpprincipes uitgewerkt en geïllustreerd met voorbeelden.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	2
2. Circulaire Economie	3
3. Circulaire Ontwerpprincipes	5
4. Procesomschrijving Ingenieursdienst	6
5. Toetsing van de mate van circulariteit.....	8
6. Circulaire Scenario uitwerking.....	9
BIJLAGE A Trends en theorieën in Circulair Ontwerpen	15
BIJLAGE B Circulaire begrippenlijst	23
BIJLAGE C Bronnen.....	26

1. Inleiding

Met de ambitie Nederland Circulair 2050 heeft het kabinet zich uitgesproken voor een transitie naar een economie waarin gebruik van primaire grondstoffen en productie van afval in Nederland verleden tijd zijn.

De grond- weg- en waterbouwsector kent een groot verbruik van primaire grondstoffen en bouwafval. De grote hoeveelheden grondstoffen maakt de sector interessant, maar uiteraard ook lastig om aan de ambitie Nederland Circulair 2050 te voldoen. Om mogelijkheden te verkennen, kennis te verzamelen en te innoveren op het gebied van Circulariteit is het van belang om circulair te gaan bouwen in de praktijk.

InnovA58 is een wegverbredingsproject, waarbij meerdere wegvakken van de A58 worden verbreed. Naast de 'reguliere wegverbreding' speelt innovatie een grote rol in de aanpak van de A58. Door samen met kennispartners, medeoverheden, marktpartijen en omwonenden te innoveren zorgt Rijkswaterstaat ervoor dat de A58 een slimme, duurzame en toekomstvaste weg wordt.

Het innovatieve karakter maakt het mogelijk om aan ambities te werken waar dit in andere projecten niet mogelijk is. InnovA58 maakt het mogelijk om het onderwerp Circulaire Economie verder te ontwikkelen in samenwerking met haar partners. Het circulaire doel van InnovA58 is om de wegverbreding van de A58 circulair te ontwerpen. Ontwerpen is het maken van keuzes in een ketenproces om van beginfase steeds verder 'te trechteren' naar een definitief ontwerp en uiteindelijk de realisatie. Circulair ontwerpen is die keuzes zo maken, dat het gebruik van primaire grondstoffen en 'afval' wordt geminimaliseerd.

Het doel van dit document is om een basis te leggen voor het circulaire ontwerp van de A58. Het innovatieve karakter van InnovA58 brengt veel nieuwe kansen met zich mee. Tegelijkertijd zal een circulair ontwerp ook keuzes met zich mee brengen, die wellicht eerder nog niet van belang waren. Dit document creëert een basis van waaruit het circulaire ontwerp zal plaatsvinden. Dit basisdocument omvat zowel een kort overzicht over bestaande kennis Circulaire Economie en ontwerp, eerste circulaire ontwerpcriteria, mogelijke procesafspraken voor samenwerking tussen opdrachtgever en opdrachtnemer en een visie voor kennisopbouw voor het thema circulair ontwerp.

Dit basisdocument kan gebruikt worden ter inspiratie voor het ontwerpproces.

Method

De totstandkoming van dit basisdocument is een samenwerking tussen Rijkswaterstaat WVL, Afval en Materialen en het projectteam InnovA58. De afgelopen maanden hebben gesprekken met circulaire economie experts, zowel binnen als buiten Rijkswaterstaat plaatsgevonden. Daarnaast is er informatie verzameld uit verschillende werkgroepen en bijeenkomsten rondom het thema Circulaire Economie. De vergaarde informatie is vervolgens toegespitst op de wegverbreding van de A58.

Het definitieve document is vervolgens intern gedeeld met relevante personen, afdelingen, regio's en districten. De feedback hieruit voortgekomen is deels verwerkt in dit basisdocument en deels apart opgenomen. De reden hiertoe is het blootleggen van circulaire dilemma's en eventuele circulaire tegenstrijdigheden. Openheid over dilemma's zijn van groot belang voor het circulaire ontwerpproces.

2. Circulaire Economie

Op 05 oktober 2016 is het Rijksbrede Programma Circulaire Economie vastgesteld door de Tweede Kamer (Tweedekamer, 2016). In het Rijksbrede Programma Circulaire Economie spreekt het kabinet de ambitie uit om vóór 2050 een circulaire economie te hebben gerealiseerd in Nederland. Deze ambitie betekent dat in 2050 grondstoffen efficiënt worden ingezet en hergebruikt, zonder schadelijke emissies naar het milieu. Deze ambitie kent een tussendoelstelling waarbij in 2030 50% minder primaire grondstoffen worden gebruikt. Noodzakelijke primaire grondstoffen, worden op duurzame wijze gewonnen en verdere aantasting van de sociale en fysieke leefomgeving en de gezondheid wordt voorkomen. Producten en materialen worden zo ontworpen dat ze kunnen worden hergebruikt met zo min mogelijk waardeverlies en zonder schadelijke emissies naar het milieu (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, 2016).

In het Rijksbrede Programma Circulaire Economie wordt een drietal ontwikkelingen genoemd die bijdragen aan de noodzaak voor een circulaire economie. De toenemende wereldpopulatie en een stijgende welvaart resulteren in een explosieve vraag naar grondstoffen. Deze toenemende vraag leidt op dit moment tot schaarste op verscheidene grondstoffenmarkten, waarbij de verwachting is dat deze schaarste zal doorzetten. In de bouwsector zijn veel grondstoffen echter niet schaars. Grind voor beton bijvoorbeeld is in Nederland voldoende aanwezig. Echter, het gaat in de bouwsector om enorme hoeveelheden grondstoffen, met een daarbij behorende grote impact. Een tweede ontwikkeling is dat Nederland voor veel grondstoffen afhankelijk is van andere landen. Wanneer er schaarste ontstaat, zal dit vanzelf invloed hebben op de prijs en leveringszekerheid van grondstoffen. Daarnaast zijn veel kritieke grondstoffen afkomstig uit 'kritieke' landen. Dit zijn veelal landen met een onstabiele overheid of landen waarbij de verwachting is dat schaarste leidt tot geopolitieke spanningen. Voor de bouwsector is deze ontwikkeling te relativiseren dat de meeste grondstoffen in Nederland zijn te vinden. De derde ontwikkeling is dat het winnen van primaire grondstoffen in veel gevallen schadelijk is voor het milieu, landschap, gezondheid en bijdraagt aan de mondiale klimaatverandering. Een circulaire aanpak reduceert de ecologische voetafdruk van personen, huishoudens, bedrijven of overheden. Een circulaire economie is daarmee beter voor de mens en het milieu en de fysieke leefomgeving.

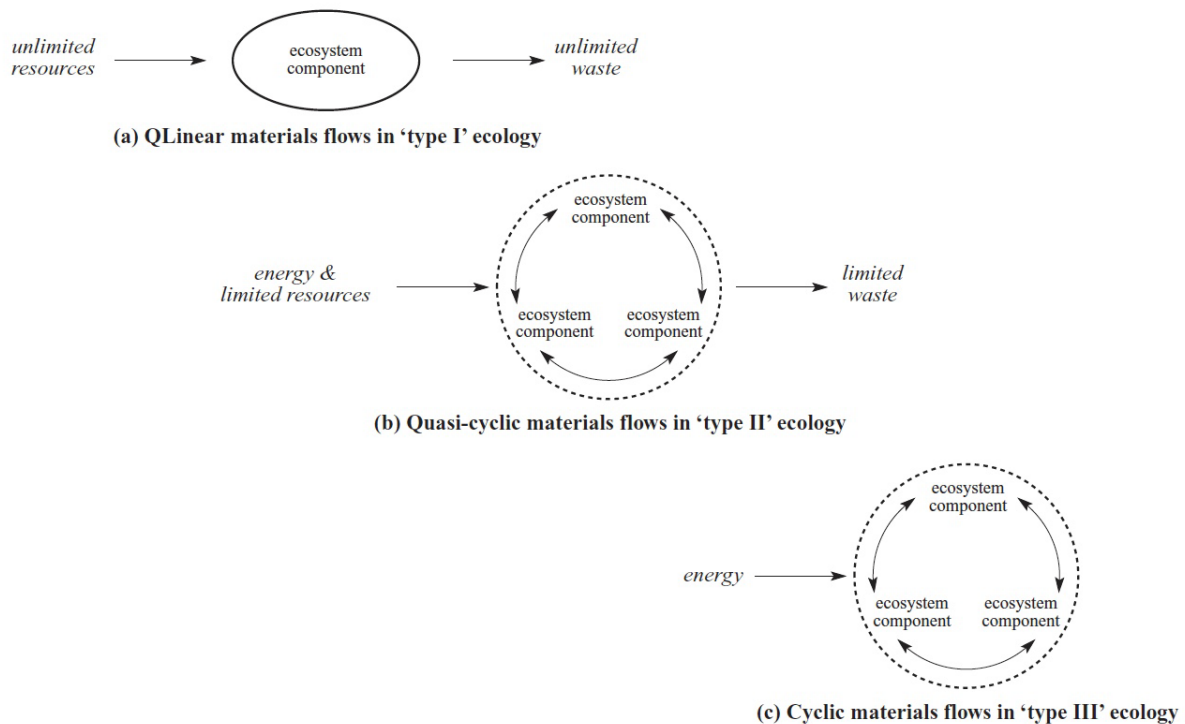
Met het vaststellen van deze ambitie beoogt het Kabinet een transitie van een lineaire economie naar een circulaire economie. Een (volledig) circulaire economie bestaat uit een gesloten systeem waarbij afval en grondstoffen op elkaar aansluiten. In dit systeem is er geen sprake meer van uitstroom van afval en is de instroom van nieuwe grondstoffen onnodig. Een circulaire economie heeft ten doel om producten, halfproducten, materialen en grondstoffen op het hoogste niveau van nut en waarde te behouden.

Om een circulaire economie te bereiken, moet er een veranderproces plaatsvinden van een lineaire vorm van werken naar een circulaire vorm van werken. Figuur 2, ontwikkeld door Lifset & Graedel (2002), geeft drie verschillende systeemtypes aan van materiaalstromen, *lineair*, *quasi-cyclisch* en *cyclisch*.

Systeemtype 1 bestaat uit een lineaire materiaalstroom, er is dan sprake van Make-Take-Waste. Producenten hebben een oneindige voorraad grondstoffen. Deze grondstoffen worden verwerkt tot product, dit wordt geconsumeerd en vervolgens ontstaat er een oneindige voorraad afval.

Systeemtype 2 is de fase waarin Nederland zich op dit moment bevindt. We zijn ons bewust van een grondstoffen schaarste en beseffen dat ook de energie die nodig is, om de grondstoffen te verwerken, eindig is. In de productie en gebruik van het product, wordt dan ook getracht om te hergebruiken indien mogelijk. Dit gebeurt zowel uit motief van milieu, kosten, als leveringsgarantie. Het gevolg is dat er na einde levenscyclus van het product een beperkte hoeveelheid afval ontstaat.

In systeemtype 3 is er sprake een cyclische materiaalstroom. Dit is het model van circulaire economie. In dit systeem bevinden alle grondstoffen zich in het ecosysteem, en is er alleen energie nodig om deze grondstoffen in het ecosysteem te behouden. In dit systeem is geen aanvoer nodig van nieuwe grondstoffen, en is er ook geen sprake van afvoer van afval.



Figuur 2. Systeemtypes materiaalstromen (Lifset & Graedel, 2002)

De ontwikkeling van het gedachtengoed van Circulaire Economie gaat verder op het gedachtengoed van eerdere trends in de bouwsector zoals Duurzaam Bouwen en Cradle to Cradle (C2C). Het Cradle to Cradle beginsel is dan ook een belangrijke basis voor een circulair ontwerp. C2C en Circulaire Economie zijn begrippen met veel overeenkomsten, behalve dat C2C zich beperkt tot de levenscyclus van een object. Circulaire Economie richt zich op het sluiten van de gehele vraag en aanbod van grondstoffen en afval over het gehele economische systeem.

De opkomst van Circulaire Economie is grotendeels te danken aan de koppeling van 'het circulaire gedachtengoed' aan 'het economische systeem'. Deze koppeling is voornamelijk het resultaat van het rapport *Towards The Circular Economy* van de Ellen MacArthur Foundation in samenwerking met McKinsey (Ellen MacArthur Foundation & McKinsey and Company, 2013). Zij benadrukken in hun rapport het belang van hoogwaardig hergebruik om circulariteit te waarborgen en (economisch) waardeverlies te minimaliseren. Producten verliezen waarde door gebruik, schade, slijtage, maar ook economische veroudering, de opkomst van betere alternatieven, etc. Deze stapsgewijze waardevermindering wordt **cascadering** genoemd. Wanneer er sprake is van cascadering, is het van belang om producten en materiaal met zoveel mogelijk behoud van waarde te hergebruiken, of wanneer mogelijk waarde toe te voegen. De gedachte hierachter is dat een product of materiaal geen onnodige waarde verliest, bijvoorbeeld door 'te vroege' recycling (zie tekstkader). Wanneer er geen sprake is van hoogwaardig hergebruik, is er een reële kans dat het product of de grondstof alsnog een onbruikbare afvalstof wordt.

Circulair voorbeeld:

Wanneer een betonpijler wordt vermalen tot granulaat voor funderingstoepassingen is er wel sprake van hergebruik, maar niet van hoogwaardig hergebruik. Het granulaat is namelijk niet meer te gebruiken als betonnen pilaar, zonder dat er waarde toevoeging moet plaatsvinden. Er zijn meerdere hoogwaardige opties beschikbaar, die circulair beter zijn. Een voorbeeld is hergebruik van de gehele pilaar in eenzelfde, of andere, toepassing. Het is geen gegeven dat dit áltijd een beter optie is. Het verwijderen van een betonpijler kan grote milieuhinder veroorzaken, daarbij kost het waarschijnlijk een grote hoeveelheid energie.

3. Circulaire Ontwerpprincipes

Het innovatieve karakter van Innova58 biedt de mogelijkheid voor Rijkswaterstaat om samen met andere partijen te 'leren door te doen' op het thema Circulair Ontwerpen. Circulaire ontwerpstrategieën zijn continu in ontwikkeling en daarom open voor aanvullingen, aanpassingen of verwerpingen. In dit hoofdstuk stellen we vier indicatieve ontwerpprincipes centraal voor de GWW-sector. Deze ontwerpprincipes zijn gebaseerd op een verkenning van 'Theorieën en trends in Circulair Ontwerpen', bijgevoegd in bijlage A.

De ontwerpprincipes:

1. Ontwerp voor meerdere levenscycli
 - 1.1. Ontwerp voor volledige deconstructie tot op grondstoffenniveau (Design for recycle)
 - 1.2. Deconstrueer voor hoogwaardige toepassing op grondstof- object- en componentenniveau (Recycle for design)
 - 1.3. Ontwerp voor een flexibele levenscyclus
2. Ontwerp voor levensduurverlenging binnen de eerste levenscyclus van het object
 - 2.1. Ontwerp voor levenscyclusverlenging
 - 2.2. Stimuleer herstel in plaats van vervanging door te ontwerpen voor eenvoudig onderhoud en beheer
 - 2.3. Ontwerp met gestandaardiseerde modules, geschikt voor een volgende levenscyclus
 - 2.4. Ontwerp flexibel en adaptief
3. Ontwerp voor minimaal primair grondstofgebruik
 - 3.1. Ontwerp voor materiaalarme constructies
 - 3.2. Ontwerp voor maximaal gebruik van secundaire grondstoffen
 - 3.3. Ontwerp voor maximale benutting van grondstoffen uit een voorgaande levenscyclus van de weg
 - 3.4. Ontwerp voor inzetbaarheid van hernieuwbare grondstoffen
4. Voorkom locked-in situaties in de ontwerpketen. Betrek in de ontwerpfase partijen die verantwoordelijk zijn voor volgende fasen in, de levenscyclus en toekomstige levenscycli.
 - 4.1. Ontwerp samen met relevante ketenpartners in de huidige en toekomstige levenscycli
 - 4.2. Ontwerp met oog op alle (7, zie bijlage A) levensfasen van de levenscyclus
 - 4.3. Organiseer garantie van volledige databeschikbaarheid voor alle ketenpartners
 - 4.4. Maak optimaal gebruik van de fysieke en sociale omgeving voor het ontwerp

Deze ontwerpprincipes zijn bedoeld als vertrekpunt en sluiten daarmee andere principes niet uit. Bovendien zijn deze principes geen absolute criteria en bedoeld als *denkkader* voor Circulair Ontwerpen. Van belang is dat de inschrijver kritieke keuzemomenten voor specifieke ontwerpprincipes definieert om in samenspraak met Innova58 keuzes te maken voor de volgende ontwerp-iteratie. Randvoorwaarde voor bovenstaande ontwerpprincipes is dat de principes altijd afgewogen moet worden tegen de milieu impact op het moment van uitvoering.

4. Procesomschrijving Ingenieursdienst

Inleiding

Het maken van een ontwerp is het maken van keuzes in een ketenproces. Vanaf het eerste moment van verkenning voor de verbreding van de A58 bestaat het ontwerpproces uit een reeks van keuzes die leiden tot het definitieve ontwerp van de A58. Om tot een ontwerp van de wegverbreding te komen zullen in het gehele proces integrale keuzes gemaakt moeten worden zoals dit ook in een regulier ontwerpproces plaatsvindt. Voor Innova58 komt er een volledig circulair ontwerpalternatief van de totale wegverbreding van de A58 bij. Circulair ontwerpen is nog in ontwikkeling en er bestaat dan ook (nog) geen eenduidig afwegingskader voor circulariteit. Dit maakt het begrip multi-interpretabel en vereist verdere ontwikkeling. De uitvraag voor een circulair ontwerp richt zich op materiaalstromen.

Het circulaire ontwerp van de A58 wordt uitgevraagd als ingenieursdienst, om vervolgens samen met Rijkswaterstaat te gaan ontwikkelen. In deze uitvraag wordt een beroep gedaan op de denkkraft en ontwerpexpertise van ingenieursbureaus binnen Samenwerkingsovereenkomst Ingenieursdiensten 3 (SO3). Dit hoofdstuk heeft ten doel om procesafspraken te maken wat betreft de ingenieursdienst om gezamenlijk tot een circulair ontwerp te komen van de A58 waarbij zowel Opdrachtgever en Opdrachtnemer werken aan kennisopbouw.

De uitvraag voor een circulair Ontwerpproces

De uitvraag voor de ingenieursdienst omvat o.a. het Ontwerp Tracébesluit en Tracébesluit (OTB/TB), een (concept) Programma van Eisen (PvE) voor de realisatie en een effectrapportage behorend bij het OTB/TB (MER) van het gehele tracé A58. De ambitie om een circulair ontwerp te maken zal van invloed zijn op de reguliere ingenieursdienst. Hoe dit er precies uit gaat zien is nu nog niet vast te stellen. Dit betekent dat er in het proces ruimte is voor het ingenieursbureau om hier zelf invulling aan te geven, maar dat er tegelijkertijd procesafspraken nodig zijn om opdracht en eindresultaat goed op elkaar af te kunnen stemmen.

Ontwerpen is een proces van concretisering van grof naar fijn. Ontwerpen is een proces van keuzes maken. Vanuit de klanteisen wordt in fasen toegewerkt naar een gerealiseerd, te onderhouden en uiteindelijk te amoveren object. De keuzes hangen daarin samen. Het ontwerpproces van de opdrachtnemer staat niet op zichzelf, maar is onderdeel van een grotere ontwerpketen, die op zijn beurt weer onderdeel is van een cyclus. Het ingenieursbureau is afhankelijk van de opdrachtgever voor de input voor de door de opdrachtnemer te leveren dienst. De output van de ingenieursdienst is vervolgens weer de input voor de volgende ontwerpfase in de ontwerpketen. Om een ontwerp circulair te maken, is het van belang om de verschillende fasen in de ontwerpketen, de verschillende fasen in de cyclus en cycli goed op elkaar aan te laten sluiten. Niet-circulaire keuzes in een voorgaande ontwerpfase kunnen grote gevolgen hebben voor keuzes later in het proces.

Input

1. Dit basisdocument Circulair Ontwerp Wegverbreding InnovA58 kan meegenomen worden als vertrekpunt voor de vraag om een circulair ontwerp van de totale wegverbreding op de A58 te maken;
2. Rijkswaterstaat is in het kader van het Living Lab Duurzame Leefomgeving voornemens een kennisplatform Circulair Ontwerpen in de GWW op te zetten, welke voor de uitwerking van het circulair ontwerp benut kan worden.

Zoals in de inleiding reeds naar voren is gekomen, is er geen eenduidig afwegingskader voor circulair ontwerpen. De criteria, scenario's en voorbeelden in dit basisdocument zijn dan ook niet leidend als input voor de ingenieursdienst maar dienen als denkkader voor de opdrachtnemer en dienen nader met de opdrachtgever vorm te worden gegeven.

De ambitie van InnovA58 is om de totale wegverbreding op de A58 volledig circulair te ontwerpen. Het doel hiervan is om inzicht te krijgen in de mogelijkheden en dilemma's die hierbij naar voren komen. Het is niet het doel om het resultaat ook volledig te gaan realiseren, echter om bewust keuzes te kunnen maken welke elementen vanuit het circulair ontwerp zullen worden meegenomen naar de volgende ketenfasen. Omdat er geen eenduidig afwegingskader c.q. methodiek bestaat voor circulair ontwerpen in de GWW zal het ontwerp- en keuzeproces door de opdrachtnemer in intensieve interactie met de opdrachtgever dienen te worden ingericht en afgestemd.

Een volledig circulair ontwerp is niet mogelijk, omdat de eerste fasen van initiatie en verkenning voor de A58 namelijk al geweest zijn en in deze fasen keuzes gemaakt zijn, zonder dat circulariteit

is meegenomen in de afweging. Met dit gegeven is de ambitie van InnovA58 om het ontwerpproces vanaf het moment van aanbesteding circulair te maken. Deze ambitie sluit aan op de ambitie Circulaire Economie van Rijkswaterstaat: *In 2030 werkt Rijkswaterstaat Circulair*. Omdat de hoofdkeuzes voor deze aanbesteding in de planfase worden gemaakt wil InnovA58 een circulair ontwerp in deze planfase uitwerken.

Output

De output voor het circulair ontwerp van de ingenieursdienst bestaat onder andere uit:

1. Een circulair ontwerp van de wegverbreding A58, vastgelegd in een ontwerpnota waarin significante afwegingen, keuzes en dilemma's zijn opgenomen
2. Een effectrapportage behorende bij het Circulair Ontwerp
3. Een actieplan Circulair Ontwerpen in de GWW waarin een programma voor nadere uitwerking van gesignaleerde dilemma's gericht op het halen van de doelstellingen van het kabinet voor 2030 en 2050 betreffende Circulaire Economie
4. Kennisdissiminatie middels workshops, seminars, lesmodules etc.

Procesafspraken Circulair Ontwerpen

Om tot een circulair ontwerp te komen zullen er nieuwe keuzes gemaakt moeten worden in het ontwerpproces. Om tot goede keuzes te komen en weloverwogen beslissingen te maken is het van belang dat opdrachtnemer en opdrachtgever elkaar ten tijde van het ontwerpproces intensief op de hoogte houden omtrent voortgang, te maken circulaire keuzes en dilemma's. Dit is van belang om maximaal gebruik te maken van elkaars expertise en tegelijkertijd te werken aan het vergroten van de expertise van circulair ontwerpen. Daarnaast moeten (maatgevende) keuzes weloverwogen door de opdrachtgever gemaakt kunnen worden. Om dit te bewerkstelligen is een gestructureerd, gefaseerd en transparant ontwerpproces noodzakelijk.

De opdrachtgever wil dat het ontwerpproces zo wordt ingericht, dat :

1. Significante (circulaire) keuzemomenten worden geïdentificeerd, gepland en gerelateerd aan de andere ontwerpactiviteiten van de opdracht, zodat keuzes in afstemming tussen de diverse ontwerpstromen door de opdrachtgever kunnen worden gemaakt;
2. Circulaire keuzes (tijdig) worden voorgelegd aan de opdrachtgever, ten minste bestaande uit:
 - 2.1. De door het bureau voorgestelde keuze
 - 2.2. Een overzicht van de keuzemogelijkheden
 - 2.3. Een effectenoverzicht
 - 2.4. Een afwegingskader van de voorgestelde keuze
 - 2.5. Een uitwerking van de keuzeconsequenties in risico dan wel kans

Living Lab en experimenteerruimte circulair ontwerpen in de GWW

Om de ambitieuze doelen en ambities van InnovA58 te realiseren bestaat het project niet alleen uit een IPM team maar ook uit een Innovatieteam. Dit team moet ervoor zorgen dat de condities gecreëerd worden dat nieuwe producten die bijdragen aan de doelen en ambities daadwerkelijk buiten worden toegepast in de realisatie en in de beheer en onderhoudsfase van InnovA58.

Om dit mogelijk te maken is een goede samenwerking met marktpartijen, kennisinstellingen, overheden, belangenorganisaties en eindgebruikers noodzakelijk. Hiertoe is het programma Smartwayz opgezet. InnovA58 is een van de 8 projecten die onderdeel uitmaken van dit programma. Binnen het programma wordt een Living Lab Duurzame Leefomgeving (naast een Living Lab Smart Mobility) opgezet om kennis en ontwikkeling op het gebied van de duurzame leefomgeving in relatie tot mobiliteitsontwikkeling te delen en te ontwikkelen. Binnen dit Living Lab is het de bedoeling om diverse experimenteerruimtes in te richten. Een van deze experimenteerruimtes betreft het circulair ontwerp van de wegverbreding A58. Deze experimenteerruimte levert kennis op die gebruikt kan worden in het ontwerpproces en het ontwerpproces levert kennis op die gebruikt kan worden in de experimenteerruimte. Alles binnen de kaders en spelregels voor de Living Labs zoals die binnen Smartwayz zijn afgesproken.

5. Toetsing van de mate van circulariteit

Er zijn meerdere actuele vraagstukken die spelen in het kader van circulair ontwerpen van een snelweg. Een belangrijke daarvan is het meten van circulariteit. Dit vraagstuk is in dit hoofdstuk verder uitgewerkt.

Het resultaat van deze uitvraag is een circulair ontwerp voor de wegverbreding van de A58 met een uitstekende milieuscore en tegelijkertijd lage levenscyclus kosten. Uiteraard is het ontwerp geschikt voor de primaire doelen van de wegverbreding.

Het ontwerp komt tot stand in intensief overleg tussen opdrachtgever en opdrachtnemer doordat er op vooraf vastgestelde keuzemomenten in het ontwerpproces keuzes worden gemaakt ten aanzien van ontwerpopties. Het is aan de opdrachtnemer om te bepalen welke opties worden voorgelegd aan de opdrachtgever. De opdrachtgever zal aan de hand van de voorgelegde ontwerpmogelijkheden een besluit nemen. De opdrachtgever beseft dat er meerdere manieren zijn om tot een circulair ontwerp te komen. Voor het ene ontwerp (of onderdeel van het ontwerp) is het bijvoorbeeld zinvol om uit te gaan van een lange levenscyclus die ook realistisch is door een hoge mate van adaptiviteit, in het andere geval is een korte levenscyclus realistischer maar wordt een hoge mate van modulariteit toegepast, in weer een ander geval is hoogwaardige recyclebaarheid (zodanig dat na deconstructie en recycling alle bestanddelen kunnen worden toegepast om er opnieuw materiaal van te maken). Intensieve interactie tussen opdrachtnemer en opdrachtgever voorafgaand en gedurende het ontwerpproces is daarom erg belangrijk.

Een vraag die van belang is: hoe toets je de mate van circulariteit als onderdeel van de toetsing aan functionaliteit, milieueffecten en levenscycluskosten? Rijkswaterstaat werkt momenteel aan een methodiek om circulariteitsaspecten te toetsen als onderdeel van de milieuscore. Al enige jaren werkt Rijkswaterstaat bij aanbestedingen voor de realisatiefase met Dubocalc als praktisch instrument om voor een project de milieuscore te bepalen. De onderliggende LCA-methodiek is in beginsel ook geschikt om over meerdere cycli (MLCA) de milieuscore te bepalen, maar wordt nog niet volwaardig toegepast. Ook zijn er enkele milieueffect categorieën nog niet meegenomen die juist voor de mate van circulariteit van belang zijn. Om die reden wordt gewerkt aan de vernieuwing van het LCA-instrumentarium – en dus uiteindelijk ook Dubocalc – met als doel om circulariteit een volwaardige plaats te geven in de berekening van de milieuscore.

Het is de bedoeling om deze methodiek bij InnovA58 verder te ontwikkelen, samen met belanghebbende deskundigen en marktpartijen. Dit is geen onderdeel van deze opdracht, maar is het wel van belang dat de opdrachtnemer op de hoogte is van de ontwikkeling. Het leveren van de noodzakelijke informatie om het (in ontwikkeling zijnde) instrument te gebruiken voor de (circulaire) ontwerpvoortgang en keuzes van de wegverbreding van de A58 behoort wel tot de verplichting van de opdrachtnemer.

Naast bovengenoemd instrument zal de opdrachtgever in ieder geval de volgende instrumenten gebruiken om de mate van circulariteit in het zich ontwikkelende ontwerp te toetsen als basis voor keuzes in het ontwerpproces. In overleg kan de opdrachtnemer hiervan gebruik maken voor de te leveren informatie op keuzemomenten.

1. Een MKI-waardeberekening met behulp van Dubocalc
2. Een LCC-analyse, één op basis van de gebruikelijke discontovoet en één op basis van een discontovoet van 0%.
3. Een analyse van:
 - 3.1. Toe te passen grondstoffen, gebruik van secundaire grondstoffen met de herkomst van die materialen (waaronder lokaal, uit het InnovA58 projectgebied of elders uit eigen areaal);
 - 3.2. Technische levensduur van constructie en onderdelen, ook voor toekomstige gebruikscycli;
 - 3.3. Technische herbruikbaarheid van onderdelen en grondstoffen;
 - 3.4. Hoogwaardigheid van materiaalhergebruik in termen van geschiktheid om voor het produceren van hetzelfde materiaal;
 - 3.5. De waarschijnlijkheid dat volgende levenscycli inderdaad ook worden toegepast;

N.B. Omdat grondverzet vaak een belangrijk onderdeel is van civiele werken is de vraag relevant of grondverzet primair of secundair is. De definities hiervoor zijn momenteel nog gebrekkig en zullen als onderdeel van dit project nader worden ingevuld, rekening houdend met ontwikkelingen hieromtrent m.b.t. beleid, wet- en regelgeving.

6. Voorbeeld van toepassing van de circulaire ontwerpprincipes uit hoofdstuk 3 voor Sint Annabosch

Inleiding

De A58 wordt op twee wegvakken met een extra rijstrook verbreed. Dit zijn de wegvakken tussen St. Annabosch & Galder en tussen Eindhoven & Tilburg. Het toevoegen van extra rijstroken op de A58 verandert de structuur van de weg en de verkeersknooppunten St. Annabosch en de Baars. Naast het toevoegen van rijstroken worden ook meerdere op- en afritten verlegd ten behoeve van de verkeersdoorstroming. Het gaat om het bouwen van civiele kunstwerken, ontworpen door ingenieursbureaus en uitgevoerd door een aannemer. De geschatte belangrijkste materiaalstromen voor de wegverbreding zijn grond, beton en asfalt. Voor de ombouw van de verkeersknooppunten St. Annabosch en de Baars geldt dezelfde inschatting wat betreft materiaalstromen. Naast de civieltechnische aanpassing van de A58 is er geen grote andere innovatie aan de orde op dit gedeelte van de A58. De wegvakken bieden hiermee een geschikte locatie voor een circulair ontwerp. In dit hoofdstuk worden de ontwerpprincipes van hoofdstuk 3 uitgewerkt aan de hand van een scenario uitwerking van knooppunt St. Annabosch.

Knooppunt St. Annabosch

Het knooppunt St. Annabosch verbindt bij Breda de A27 met de A58. Het knooppunt kent een scherpe lus voor het uitvoegverkeer op de A27 in de richting van Utrecht. De grootste aanpassing is het verwijderen van deze lus uit het knooppunt. Dit is mogelijk door middel van het verleggen van meerdere rijstroken in het knooppunt. Wederom geldt ook hier dat het deze aanpassingen grote veranderingen met zich mee brengen, zoals het toevoegen van viaducten en het verleggen van bestaande rijstroken.

Voor de uitwerking van St. Annabosch wordt het ecosysteemmodel van Arup gebruikt (Bijlage A, Arup, 2016). De reden dat het ecosysteemmodel van Arup gekozen is, is dat dit model het belang van de levenscyclus en toekomstige levenscycli van het knooppunt goed weergeeft.

De term 'ecosysteem' kan de suggestie wekken dat het een autonoom werkend systeem is zoals in de biologie, dit is echter niet het geval. Het ecosysteem modelleert een systeem waarbinnen meerdere levenscycli doorlopen worden, dat daarnaast ook uitwisseling heeft met andere ecosystemen. Om verwarring te voorkomen wordt in de rest van het document het begrip 'systeem' in plaats van ecosysteem gebruikt.

In elke fase van de ontwikkeling van het systeem komen keuzes naar voren wat betreft circulariteit. Voor het ontwerp is het van belang bij de keuzes rekening te houden met circulaire vraagstukken en dilemma's in elk van de levensfasen. De centrale vraag door het hele proces luidt: Welke circulaire keuze maak ik in deze fase en welke gevolgen heeft deze keuze voor de circulariteit in de andere fasen van de ontwerpketen, de cyclus en de cycli?

Onderstaande uitwerking dient, net als de ontwerpprincipes van hoofdstuk 3, als richtinggevend en sluit andere ontwerpprincipes, modellen en keuzes niet uit. De uitwerking heeft niet ten doel om volledig te zijn, maar geeft inzicht in de vraagstukken die ontstaan of kunnen ontstaan bij het circulair ontwerpen van een knooppunt. De keuze voor het knooppunt St. Annabosch heeft ten doel om de ontwerpprincipes uit hoofdstuk 3 te kunnen toelichten door middel van relevante voorbeelden.

Circulair St. Annabosch

0. Systeem

Een **systeem** zoals beschreven door Arup (2016) bestaat uit verschillende componenten en onderlinge relaties en interacties. Een systeem als geheel vertoont vervolgens een gedrag waardoor een functie kan worden vervuld.

In de systeembenadering van St. Annabosch zijn de componenten de samenhangende onderdelen van het knooppunt. Dit is het fysieke systeem, rond dit systeem zijn vervolgens verschillende actoren actief. De relaties en interacties in het systeem resulteren uiteindelijk in de gewenste functie invulling met een bijbehorende **levenscyclus**. De levenscyclus van het systeem bestaat uit (7) verschillende fasen zoals beschreven in het model van Arup (zie bijlage A). Levenscycli volgen elkaar op en zorgen hierbij voor een evolutie die in een circulaire economie oneindig door kan gaan.

Ontwerpprincipe 1.3: Ontwerp voor een flexibele levenscyclus

Op dit moment is het gebruikelijk dat civieltechnische kunstwerken worden ontwikkeld voor een (lineaire) levensduur van 100 jaar. In de praktijk blijft een civieltechnisch kunstwerk echter nauwelijks 100 jaar staan. De levensduur is dus niet flexibel. Door niet te ontwerpen op een (lineaire) levensduureis maar op een cyclische beschouwing van de levensduur met inachtneming van benodigde functionaliteit kan er beter worden ingespeeld op toekomstige veranderingen en aanpassingen.

Uitgelicht: Functie

De meeste knooppunten in Nederland (en Europa) dienen al sinds de Romeinen als verkeersknooppunt. Door de eeuwen heen is de vorm van dit knooppunt op ontelbare wijze veranderd tot en met de huidige vorm: een knooppunt van de A27 en A58. Ook in de komende jaren zal het knooppunt zich op onvoorstelbare manieren ontwikkelen. Door te ontwerpen vanuit een cyclische beschouwing blijft de functie centraal staan, maar kan het systeem zich doormiddel van opvolgende levenscycli blijven ontwikkelen.

1. Design

Het ontwerp van een circulair object is meer dan *Form, Structure and Space* (Arup, 2016). Ontwerpen is het maken van keuzes in een ketenproces, de ontwerpketen.

Een circulair ontwerp is een ontwerp voor alle (7) fasen voor de huidige levenscyclus en toekomstige levenscycli, van de functie mobiliteitsknooppunt. Het ontwerp is een momentopname van de huidige en toekomstige levenscycli.

Ontwerpprincipe 1: Ontwerp voor meerdere levenscycli

Omdat er weinig zekerheid is hoe de toekomstige levenscycli eruitzien, is een belangrijk aspect van een circulair ontwerp, het voorkomen van **locked-in** situaties. Een locked-in situatie ontstaat doordat er in de ontwerpketen een keuze wordt gemaakt die onomkeerbare niet-circulaire gevolgen heeft voor het systeem. Bijvoorbeeld de keuze voor vermenging van materiaalstromen waardoor het onmogelijk blijkt de materiaalstromen voor een tweede levenscyclus hoogwaardig her te gebruiken. Het voorkomen van locked-in situaties is in het ontwerpen voor meerdere levenscycli van groot belang. Het ontwerpen met een cyclische beschouwing van de levensduur, zoals hierboven beschreven, is daar een belangrijk onderdeel van.

Ontwerpprincipe 1.1: Design voor recycle

Een ander belangrijk ontwerpprincipe binnen het ontwerpen voor meerdere levenscycli is **Design voor recycle**. Door vooraf te ontwerpen voor demontabiliteit, deconstructie en terugwinbaarheid van materialen tot op grondstoffen niveau, is toekomstige recycling gemakkelijker. Dit principe, Design voor recycle, wordt veelal gezien als de basis van een circulair ontwerp. Hoe meer materialen aantoonbaar op grondstofniveau herwinbaar zijn, hoe kleiner de kans op een locked-in situatie voor een volgende levenscyclus.

Ontwerpprincipe 2. Ontwerp voor levensduur verlenging binnen de eerste levenscyclus.

Het merendeel van in de literatuur genoemde circulaire ontwerpprincipes bestaan uit verlenging binnen de levenscyclus. Met name de 9R's (beschreven in Bijlage A) richten zich op deze principes. Het gedachtegoed is: door te ontwerpen voor verlenging van de levenscyclus wordt er zowel op

materiaal, energie en daarmee waardeverlies, bespaard. Uiteraard geldt dit ontwerpprincipe onder de voorwaarde dat het de totale flexibiliteit en adaptiviteit van het systeem ten goede komt.

Voorbeelden van dit ontwerpprincipe zijn het ontwerp gericht op duurzaamheid om zo de levenscyclus te verlengen. Daarnaast leidt een *ontwerp gericht op eenvoudig onderhoud en beheer (ontwerpprincipe 2.2)* tot een ontwerp waarbij herstel aantrekkelijker is dan vervanging. Daarnaast kan een ontwerp bestaande uit gestandaardiseerde modules leiden tot gemakkelijker onderhoud, maar kunnen modules ook eenvoudiger worden toegepast in andere- of volgende-levenscycli (*ontwerpprincipe 2.3*). Een ontwerp wat bestaat uit gestandaardiseerde herbruikbare modules kent in veel gevallen een groter waardebehoud bij deconstructie dan bij recyclen. Tot slot kan de levenscyclus van een civieltechnisch kunstwerk verlengd worden door flexibel en adaptief te ontwerpen.

Om te kunnen voldoen aan de functie van verkeersknooppunt, is het in het licht van toekomstige ontwikkelingen van belang dat het systeem in zijn totale vorm flexibel en adaptief is (*Ontwerpprincipe 2.4*). Een **flexibel** systeem is een systeem wat kan meebewegen en 'terugveren' wanneer het onderhevig is aan externe veranderingen. Een systeem is hierdoor minder gevoelig voor externe veranderingen en zijn functie als verkeersknooppunt kan blijven behouden. Een adaptief systeem kan veranderen afhankelijk van wat nodig is door de externe invloed. Een **adaptief** systeem is een systeem dat aangepast kan worden naar aanleiding van externe of interne beïnvloeding. In de praktijk zou dit bijvoorbeeld kunnen zijn: het toevoegen of verwijderen van rijstroken na X aantal jaar op basis van een toename of afname van de verkeersintensiteit.

Het optimale circulaire ontwerp van Knooppunt Sint Annabosch zal dus een evenwicht moeten zijn tussen een zo lang mogelijke levenscyclus en een maximale flexibiliteit en adaptiviteit van het hele systeem.

Uitgelicht: Levenscycli

Levensduurverlengingen kunnen op twee manieren worden uitgelegd. (1) Levensduurverlenging door te ontwerpen voor meerdere levenscycli en levensduurverlenging door de huidige levenscyclus zo lang mogelijk 'op te rekken'. Een levenscyclus is eindig, bijvoorbeeld door technische of economische veroudering. Om deze reden moet er altijd ontworpen worden met het oog voor nieuwe levenscycli. Levensduurverlenging binnen de levenscyclus kent vaak een hoger behoud van waarde (bijvoorbeeld door Refuse of Reduce).

Ontwerpprincipe 4.4: Maak optimaal gebruik van de fysieke en sociale omgeving voor het ontwerp. Een ontwerp vindt nooit plaats zonder context. Een ontwerp ontstaat op een bestaande locatie, waarbij er rekening gehouden dient te worden met deze omgeving. In een circulair ontwerp is het dan ook van belang om te inventariseren wat de mogelijkheden en beperkingen zijn van de bestaande context. InnovA58 is een wegverbreding. De knooppunten De Baars en Sint Annabosch zijn knooppunten in een verschillende omgeving (bijv bodemsamenstelling, landschapstype, bodemgebruik, bevolkingssamenstelling, bevolkingsdichtheid,...etc). De uitdaging hier ligt dus in het optimaal gebruik maken van de gegeven situatie. Dit sluit aan op andere ontwerpprincipes zoals: Materiaalarm ontwerpen, gebruik van gebiedseigen materiaal, maar ook op andere thema's van InnovA58 als beperking energieverbruik en verlaging van de Carbon Footprint.

2. Sourcing

Minimaal gebruik van primaire grondstoffen (ontwerpprincipe 3) is de kern van de circulaire ambitie in het Rijksbrede programma *Nederland Circulair in 2050* (Tweede Kamer, 2016). Gebruik van 0% primaire grondstoffen lijkt met de huidige technologie niet haalbaar. Toch is het van belang het gebruik van primaire grondstoffen te minimaliseren. Onderstaande ontwerpprincipes dragen bij aan deze doelstelling.

Ontwerpprincipe 3.1: Ontwerp voor materiaalarme constructies

Door materiaalarm te ontwerpen zijn er minder grondstoffen nodig voor de constructie van het verkeersknooppunt St. Annabosch.

Ontwerpprincipe 3.2: Ontwerp voor maximaal gebruik van secundaire grondstoffen. Door maximaal in te zetten op secundaire grondstoffen in zijn er vanzelfsprekend minder primaire grondstoffen nodig.

Ontwerpprincipe 3.3: Maximale benutting van grondstoffen uit een voorgaande levenscyclus van het knooppunt. Door slim gebruik te maken van de grondstoffen van het verkeersknooppunt Sint

Annabosch zoals het nu is, is er minder sloopafval uit die levenscyclus en minder 'primaire' grondstof nodig uit de toekomstige levenscyclus. Zoals eerder in dit hoofdstuk naar voren is gekomen, is er bij het knooppunt Sint Annabosch sprake van aanpassingen van de op- en afritten. Het is hierin dus van belang om goed te weten welke materialen en halfproducten het huidige kunstwerk kent en hoe deze te gebruiken zijn in het volgende kunstwerk. In het referentieontwerp komen een tweetal viaducten vrij. Deze viaducten zijn wellicht bruikbaar voor hergebruik in het nieuwe ontwerp.

Het voorschrijven van 'volledig hergebruik van het bestaande kunstwerk' zal niet veel opleveren, aangezien de kans ontstaat dat er onlogische ontwerpenkeuzes worden gemaakt in het nieuwe kunstwerk. Het gebruik van secundaire materialen moet dan ook altijd in dienst staan van het circulaire ontwerp van de (nieuwe) functie die het object moet gaan vervullen.

Ontwerpprincipe 3.4: Ontwerp voor inzetbaarheid van hernieuwbare grondstoffen. **Hernieuwbare grondstoffen** (biobased) worden vaak genoemd als alternatief voor primaire en secundaire grondstoffen. Biobased grondstoffen zijn afbreekbaar en hernieuwbaar door de natuur zelf. Daarnaast is het een vorm van opslaan van CO₂. Toch is het van belang om een goede afweging te maken voor de inzet van biobased grondstoffen. Biobased grondstoffen en producten zijn heel innovatief. Hoewel de hernieuwbaarheid duidt op oneindige levensduur, is er weinig bekend over onderhoud en duurzaamheid in de huidige levenscyclus. Daarnaast kan de bodem die nodig is voor de productie van biobased grondstoffen concurreren met bodem die nodig is voor voedselteelt en voor natuur.

Een belangrijk circulair ontwerpprincipe in deze *sourcingfase* is het *ontwerpen met volledige databeschikbaarheid van de te gebruiken grondstoffen in een ontwerp (ontwerpprincipe 4.3)*. Deze databeschikbaarheid en transparantie in grondstoffen zijn van belang voor de volgende stappen van de ketenpartners in de ontwerpketen en de volgende levensfasen binnen de levenscyclus en toekomstige levenscycli.

Een concreet voorbeeld hiervan is het **grondstoffenpaspoort**. Een grondstoffenpaspoort geeft de beheerder van de huidige- en volgende levenscycli informatie over de samenstelling van de materialen in het knooppunt. In dit grondstoffenpaspoort zijn de gebruikte materialen en modules opgenomen en de manier waarop deze materialen en modules met elkaar verbonden zijn.

De belangrijkste materiaalstromen in het knooppunt Sint Annabosch zijn: grond, beton en asfalt. Deze materialen zijn op dit moment al ruim aanwezig in het systeem en de verwachting is ook dat deze de komende decennia dominant zullen blijven.

3. Construction

Uit het rapport *Risico's van niet circulaire materialen* (Royal HaskoningDHV, 2016) blijkt dat niet zozeer de materialen, maar voornamelijk de verbindingen tussen de materialen een gevaar vormen voor circulariteit. In de bouwfase is het dus van belang om zo weinig mogelijk grondstofstromen met elkaar te vermengen. In de bouwfase moet er een garantie zijn voor deconstructie en herwinbaarheid van de materialen op grondstoffenniveau.

Voorbeelden van constructies die dit proces frustreren zijn verbindingen doormiddel van lijm en kit. Deze verbindingcomponenten hebben een grote invloed op de mate van deconstructie en recycling bij einde levensduur. Een oplossing kan gevonden worden door modulair (prefab) te bouwen. Deze modules hebben vaak slimme verbindingen. Hierdoor zijn er minder onomkeerbare verbindingen in het knooppunt nodig dan gebruikelijk. 'Slimme' verbindingen tussen de prefab onderdelen zijn hier uiteraard van groot belang. Op dit gebied is er veel beweging in de markt en zijn er veel nieuwe innovaties.

4. Operation

De gebruiksfase (operation) van het knooppunt is de fase waarin er relatief weinig circulaire keuze is voor het circulaire ontwerp. Reparatie en onderhoud valt hierbij onder de volgende fase, namelijk Renewal. Zoals het model van Arup (Bijlage A) laat zien hebben de belangrijkste circulaire aspecten betrekking op energieverbruik- en productie. De energie-component van circulariteit is bewust niet meegenomen in dit document. Energieverbruik valt onder een aparte doelstelling binnen InnovA58. Daarnaast hebben de weggebruikers vanzelfsprekend een grote invloed op de circulaire economie in het algemeen. Dit vraagstuk is veel groter dan het circulaire ontwerp van het civieltechnische kunstwerk Sint Annabosch en is daarom ook niet meegenomen.

5. Renewal

Gebruik van het verkeersknooppunt zal altijd leiden tot slijtage. Hierbij is het van belang om het knooppunt in een zo hoog mogelijke staat te behouden. Het *ontwerp gericht op eenvoudig onderhoud en beheer (ontwerpprincipe 2.2)* betekent niet alleen de hoogste kwaliteit voor de functie van het verkeersknooppunt, wat logisch is op het gebied van bereikbaarheid en veiligheid,

maar ook de hoogst mogelijke kwaliteit voor de verschillende onderdelen van de materialen. Het borgen van de kwaliteit van de materialen en halfproducten is van belang omdat er – weliswaar in veel mindere mate dan bij een niet circulair ontwerp - sprake is van afschrijving van deze materialen en halfproducten. Deze zijn tenslotte aan het eind van de levenscyclus niet op, maar kunnen hergebruikt worden in toekomstige levenscycli. In de veronderstelling dat een Circulaire Economie een einde maakt aan het take-make-waste-systeem, is er een incentive goed onderhoud te plegen om geen waarde in de levenscyclus te verliezen. Afschrijving is namelijk minimaal in een circulaire economie, de verschillende onderdelen vormen immers de grondstoffen van de toekomst. Hoewel dit een behoorlijk abstract gedachtengoed is, betekent dit wel een enorme omslag in de financiering in de grond- weg en waterbouw.

Naast het doel om de kwaliteit en waarde van functie en onderdelen te borgen, is het ook van belang om bij schade snel te repareren. Hierdoor wordt functieverlies van het object voorkomen en blijft de waarde van de grondstoffen behouden. Bovendien zijn er minder grondstoffen nodig om te repareren. Onderhoud moet dus altijd gericht zijn op waardebehoud, waardoor herstel aantrekkelijker is dan vervanging.

Uitgelicht: Circulaire business

In de grond- weg- en waterbouw wordt veelal voor één levenscyclus gebouwd en ook op deze aanneme gefinancierd. In de utiliteitsbouw zijn er voorbeelden bekend waarbij er wel gebouwd wordt voor meerdere levenscycli, zoals de tijdelijke rechtbank in Amsterdam. Deze demontabele rechtbank is al verkocht voor een tweede levenscyclus, nog voor de ingebruikname van de eerste levenscyclus (dpcp.nl, 2017). Waardebehoud in de levenscyclus op object- component- en grondstofniveau leidt uiteindelijk tot een hogere restwaarde. Een hogere restwaarde van de eindige levenscyclus betekent een hoge startwaarde voor de nieuwe levenscyclus.

6. Disassembly

Zoals al eerder is genoemd, is de fase van deconstructie van een circulair ontwerp van groot belang voor de potentiële toekomstige levenscycli.

Ontwerpprincipe 1.2: Deconstrueer voor hoogwaardige toepassing op grondstof- object- en componentenniveau. Hier komt tot uiting of het **Design for recycle** principe goed is toegepast. Wanneer het knooppunt volledig uit elkaar te halen is, is het mogelijk om een nieuwe bestemming te geven aan deze materialen, modules en halfproducten. In deze levensfase van het knooppunt is de theorie van de 9R's (Bijlage A) goed toepasbaar. Door het civieltechnische knooppunt op een zo hoog mogelijke waarde uit elkaar te halen, blijft in de meeste gevallen, de meeste waarde behouden. Wederom moet Recycling niet gezien worden als een van de laatste mogelijkheden, maar juist als basis. Recycling tot op grondstoffenniveau is namelijk in veel gevallen de enige mogelijkheid tot een nieuwe levenscyclus.

Uitgelicht: Recyclen = Niet laagwaardig

Een groot misverstand bij de 9R's is dat recycling laagwaardig is. Recycling (terugwinnen en opnieuw gebruiken van materialen en grondstoffen) is namelijk de basis voor circulariteit. Recycling is in veel gevallen de schakel naar een volgende levenscyclus, de andere R's zijn veelal een vorm van levensduurverlenging binnen de huidige levenscyclus.

Voorname het 'gemak' van deconstructie is van groot belang voor een circulair ontwerp. Met genoeg energie is tenslotte alles uit elkaar te krijgen. Het is daarom van belang dat er in het ontwerp rekening gehouden wordt met de eenvoud van de deconstructie, zodat dit aantrekkelijk en rendabel is. Het voorbeeld van gemakkelijke verbindingen op de vorige pagina is hier dan ook van toepassing. Door gebruik te maken van gestandaardiseerde modules en 'slimme' verbindingen zijn modules gemakkelijk uit elkaar te halen, en uiteraard ook gemakkelijk te repareren.

Uitgelicht: Olifantengras

Een nieuwe-veelgehoorde innovatie is het gebruik van olifantengras in de bewapening van beton in plaats van staal. Hoewel olifantengras biobased en daarmee hernieuwbaar is, is het onduidelijk welke gevolgen het heeft voor het recycleproces van beton. Staal kan relatief eenvoudig uit het beton worden gefilterd, van olifantengras is dit onbekend. Dit is dus een voorbeeld van een potentiële locked-in situatie waar het van belang is om eerst meer zekerheid te hebben, alvorens deze innovatie toe te passen.

7. Repurpose

De fase van deconstructie en herwinbaarheid van grondstoffen zoals die hierboven is beschreven, is van belang om hergebruik te kunnen waarmaken. Om ook daadwerkelijk hoogwaardig te kunnen hergebruiken is het van belang vooraf rekening te houden met de toepassing van het object, modules, halfproducten, materialen en grondstoffen. Sommige materialen zullen direct gebruikt kunnen worden in een andere levenscyclus. Andere materialen zullen echter eerst bewerkt moeten worden.

Ontwerpprincipe 1.2: Deconstrueer voor hoogwaardige toepassing op grondstof- object- en componentenniveau is daarom van belang voor **Recycle for Design**. Recycle for design is nodig om te zorgen dat het aanbod van (voormalig) afval aansluit op de vraag voor toekomstige levenscycli. Afstemming van vraag en aanbod is nodig om de materiaalketens te kunnen sluiten.

Hoogwaardig hergebruik in het eigen systeem is uiteraard van groot belang. Zoals dit ook beschreven staat in fase 2, Sourcing, kunnen de materialen op deze manier kortcyclisch gebruikt worden, bijvoorbeeld voor reparatie. Daarnaast kunnen materialen en halfproducten ook weer gebruikt worden voor een compleet nieuwe levenscyclus van het viaduct.

Omdat het systeem van één verkeersknooppunt relatief klein is, is de kans groot dat hoogwaardig hergebruik binnen het systeem niet- of niet optimaal - mogelijk is. Om deze reden is het van belang om te kijken hoe de materialen ingezet kunnen worden in andere ecosystemen in de GWW, of wellicht in compleet andere sectoren. Voorwaarde hiervan is uiteraard wel de garantie op hoogwaardige toepassing.

BIJLAGE A Trends en theorieën in Circulair Ontwerpen

Circulair Ontwerpen

De transitie naar een circulaire Economie is een grote verandering ten opzichte van de huidige lineaire vorm van werken. Om in Nederland tot een circulaire economie te komen, moeten goederen, producten, industrieën, diensten en complete economische sectoren anders worden ontworpen en processen anders worden ingericht. Circulair ontwerpen is daarmee een middel om het doel, een circulaire economie, te bereiken. Tegelijkertijd vormt circulair ontwerpen ook het hart van een circulaire economie. Een circulaire economie houdt zichzelf namelijk niet in stand. Circulair ontwerpen zal altijd nodig blijven om een circulaire economie zonder afval en zonder primaire grondstoffen in stand te kunnen houden.

In de GWW betekent de transitie naar een circulaire economie voornamelijk dat een ontwerp niet langer gemaakt wordt voor één levenscyclus, maar voor een oneindige reeks levenscycli. De huidige levenscyclus en toekomstige levenscycli van het product, is grotendeels het resultaat van het ontwerp. Een weloverwogen circulair ontwerp is daarmee 'de sleutel tot circulariteit'. Circulair ontwerpen is een vorm van ontwerpen waarbij de verwerkte onderdelen en/of grondstoffen aan het eind van de levenscyclus meervoudig hoogwaardig (her)gebruikt kunnen worden met als doel de materiaalkringloop te sluiten.

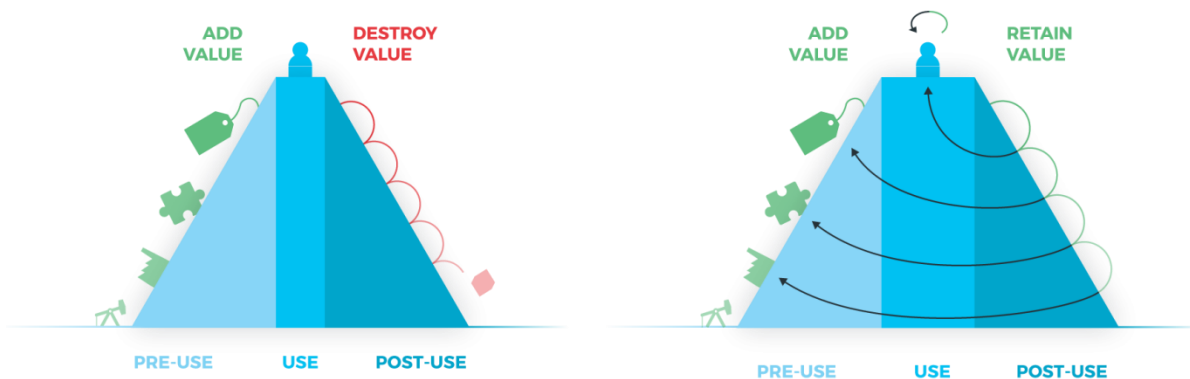
Een ontwerp is meer dan een bouwtekening van een verkeersknooppunt op de tekentafel. Ontwerpen is het maken van keuzes in de gehele keten. Door het maken van keuzes beweegt een ontwerp zich door een ontwerpproces in de vorm van een trechter: van breed naar steeds gedetailleerder. In de GWW betekent dit dat in alle fase van het Mirt-proces keuzes worden gemaakt die uiteindelijk leiden tot een definitief ontwerp.

Uitgelicht: Definitiekwestie

Bij de totstandkoming van dit document blijkt dat het concept Circulair Ontwerpen binnen Rijkswaterstaat veel verschillende beelden oproept. Zo bestaat het idee dat het ontwerp pas begint op de tekentafel van de aannemer. Het definitieve eindproduct wordt echter niet op deze tekentafel bepaald. Een eindresultaat ontstaat door het maken van keuzes in het hele ketenproces. Circulair ontwerpen is het maken van keuzes voor de huidige en toekomstige levenscycli in het hele traject, van verkenning, de tekentafel van de aannemer, het beheer en onderhoud, tot de volgende levenscyclus.

Het verschil van een circulair ontwerp en een regulier ontwerp is te verduidelijken aan de hand van de piramiden in figuur 3. Het ontwerpproces in de reguliere economie is gericht op het toevoegen van waarde in de keten, tot het moment van overdracht van producent naar consument. Vanaf dit moment neemt de waarde vrijwel altijd af. Er is dus sprake van afschrijving vanaf de overdracht naar de consument, hierbij is afval onvermijdelijk. Dit is zichtbaar in de linker waarde-piramide van figuur 3. In een circulair ontwerp ligt de focus op waardebehoud van het product in de gehele levenscyclus, ook ná de producent-consument overdracht. De rechter piramide in figuur 3 geeft dit weer. Door in het ontwerp te zorgen dat er geen- tot minimaal sprake is van waardeverlies, kunnen grondstoffen hergebruikt worden en meerdere levenscycli worden gewaarborgd.

In de grond- weg en waterbouw (GWW) is circulair ontwerpen nog volop in ontwikkeling. Bestaande circulaire ontwerpprincipes komen uit verschillende sectoren, zoals consumentenmarkt en de utiliteitsbouw. Deze ontwerpprincipes zijn veelal sterk theoretisch, maar tegelijkertijd toepasbaar op de GWW-sector. Het doel van dit document is om bestaande theorieën en succesvolle ervaringen te koppelen aan de circulaire ambities en doelstellingen van InnovA58.



Figuur.3 Value Hill (circle-economy.com, 2017)

Ontwerpcriteria Consumentengoederen

De maak-industrie en consumentengoederenproductie loopt voorop in het circulair ontwerpen ten opzichte van de grond-weg en waterbouw. In de maak-industrie is op dit moment veel kennis beschikbaar voor het circulair ontwerpen van producten. In de discipline industrieel ontwerpen zijn verschillende publicaties verschenen over circulaire ontwerpprincipes. Een voorbeeld hiervan is het boek *Products That Lasts* (2014) uitgebracht door de TU Delft. In dit boek worden 6 verschillende circulaire ontwerpprincipes uiteengezet. Deze ontwerpprincipes beschrijven de kernaspecten van het circulair ontwerpen van producten. De ontwerpprincipes zijn gebaseerd op het circulair ontwerpen van producten in de maak-industrie. Volgens de auteur, Conny Bakker, zijn deze principes met elkaar verbonden en kunnen ze niet individueel geïnterpreteerd worden. Toch is het opvallend dat het overgrote deel van de ontwerpprincipes ook in andere sectoren zoals in de bouw terugkomen.

- *Attachment & trust*. Ontwerp producten die langer geliefd zijn, en waar langer op vertrouwd kan worden.
- *Durability*. Ontwerp producten die langer bruikbaar zijn en goed tegen slijtage kunnen.
- *Standardization & Compatability*. Ontwerp producten met onderdelen die ook op andere producten passen.
- *Ease of maintenance & repair*. Ontwerp producten die zo gemakkelijk mogelijk in de beste conditie kunnen worden behouden.
- *Upgradability & Adaptability*. Houd rekening in het ontwerp met toekomstige uitbreidingen, aanpassingen en externe factoren.
- *Disassembly & Reassembly*. Productonderdelen kunnen gemakkelijk van elkaar gescheiden- en samengevoegd worden.

Bovenstaande ontwerpprincipes zijn op *attachment & trust* na direct toepasbaar op een willekeurig circulair ontwerp in de GWW en daarmee ook op InnovA58.

Durability/Duurzaamheid van een ontwerp is van belang in de GWW om de waarde van de grondstoffen in het ontwerp te verlengen en de levenscyclus te verlengen.

Door *Standardization & Compatability/ Standaardisatie en Modulariteit* toe te passen in de GWW, is er minder maatwerk nodig en kunnen modules gemakkelijk hergebruikt worden in een volgende levenscyclus.

Ease of maintenance & Repair/ Gemak van Onderhoud en Reparatie heeft als primaire functie om de levensduur van een levenscyclus te verlengen, door herstel aantrekkelijker te maken dan vervanging. De combinatie van dit ontwerpprincipe met *standaardisatie en modulariteit* kan ook zorgen dat bepaalde verwijderde of gerepareerde onderdelen in een volgende levenscyclus herbruikbaar zijn.

Upgradability & Adaptability zijn in de GWW belangrijk om niet in een locked-in situatie te komen. De verwachting is dat de GWW de komende eeuwen geconfronteerd wordt met externe veranderingen op het gebied van economie, klimaat, mobiliteit en technologische innovaties. Om locked-in situaties van toekomstige levenscycli te voorkomen vraagt een circulair ontwerp om een hoge mate van upgrademogelijkheden en adaptiviteit.

Disassembly & Reassembly is een zeer belangrijk circulair ontwerpcriterium. De mogelijkheid tot deconstructie is een voorwaarde voor het realiseren van een volgende levenscyclus. Deconstructie

omvat meer dan 'het uit elkaar schroeven van het ontwerp'. Onder deconstructie valt ook het ontwerp terugbrengen naar de originele grondstoffen. Deconstructie en Reassembly vormen daarmee de schakel tussen meerdere levenscycli.

Uitgelicht: Attachment & Trust

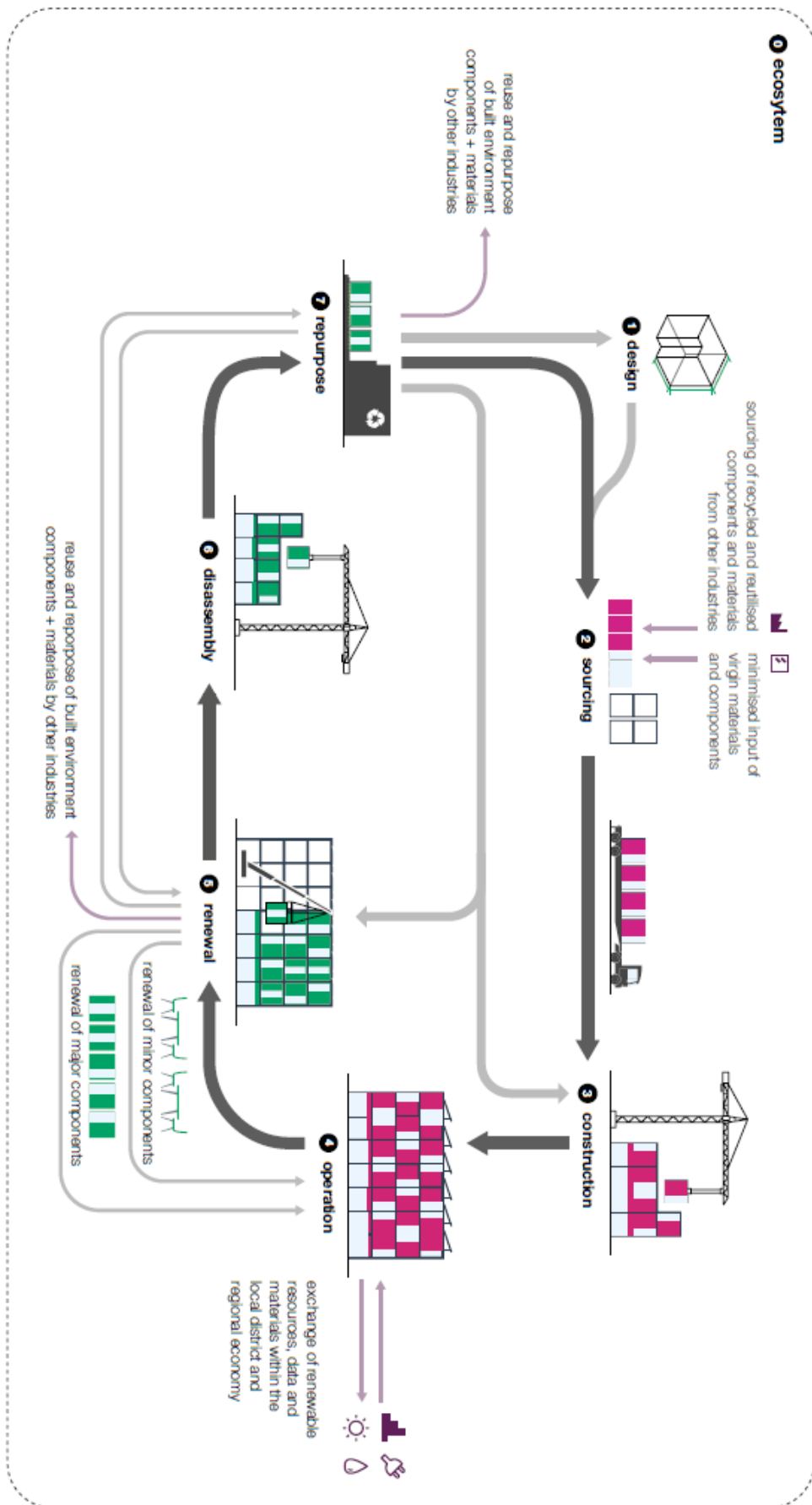
Dit ontwerpprincipe riep tijdens de bijeenkomst 'Circulair ontwerpen voor RWS' veel discussie op wat betreft de toepassing in de GWW. Voorstanders benoemen dat iconische kunstwerken een langere levensduur hebben doordat het kunstwerk een onderdeel van het landschap, de regio of zelfs de cultuur kan worden. Tegenstanders stellen dat dit slechts voor een paar iconische kunstwerken opgaat en dat hierop sturen in de praktijk zinloos is. Daarnaast kan een esthetische waarde de levensduur wel verlengen, maar ook de functionaliteit flexibiliteit en adaptiviteit van het object beperken.

Ontwerpcriteria in de utiliteitsbouw & woningbouw

De utiliteits- en woningbouw loopt op veel vlakken voor op de grond- weg- en waterbouwsector wat betreft circulariteit. Met name op het gebied van energiegebruik en verspillingen zijn er in de utiliteitsbouw en woningbouw veel duurzame voorbeelden. Ook op het gebied van circulariteit is deze sector al decennia bezig met ontwikkelingen, al dan niet onder een andere naam. Het boek *Cradle to Cradle (C2C): Remaking the Way We Make Things* van Braungart en McDonough (2002) heeft geresulteerd in grote stappen in de verduurzaming van de bouw. Het verschil dat met C2C gemaakt wordt, vergeleken met het 'oude' duurzaam ontwerpen, is het **upcyclen** van een product tot een minimaal even hoogwaardig product. Het Cradle to Cradle beginsel is ook een belangrijke basis voor een circulair ontwerp. In de praktijk hebben de begrippen veel overeenkomsten, behalve dat circulair ontwerpen zich niet beperkt tot hoogwaardig hergebruik van afvalstoffen binnen het eigen ontwerp, maar zich richt op het sluiten van de gehele vraag en aanbod van grondstoffen en afval over het gehele economische systeem. Dit betekent dat ook andere producenten, andere ketens, de omgeving en andere economische sectoren een grote rol spelen in circulair ontwerpen. In een circulair ontwerp, ontwerp je niet voor één levensfase van een gebouw, maar ontwerp je voor meerdere levenscycli van de aanwezige materialen. Het doel is om levenscycli zo lang mogelijk te laten 'draaien' met een minimale input van grondstoffen en fossiele energie en een minimale output van reststoffen.

Het adviseurs en ingenieursbureau Arup heeft in het onderzoek *Circular Economy in the Built Environment* (2016) een uitwerking gedaan van een circulaire levenscyclus van een gebouw. Zoals eerder naar voren is gekomen, beperkt een circulair ontwerp zich niet tot een tekening van een civieltechnische inpassing. Een circulair ontwerpproces is het maken van circulaire keuzes in het hele keuzeproces om uiteindelijk tot een ontwerp te komen dat meerdere levenscycli mee kan gaan. Een circulair ontwerp richt zich daarmee op alle levensfasen van het civieltechnische 'kunstwerk'.

In Figuur 4 wordt het belang van de verschillende fasen van de levenscyclus uitgewerkt. Het figuur laat zien dat alle fasen van de levenscyclus van het object met elkaar verbonden zijn. Om tot een goed circulair ontwerp te komen, is het daarmee van belang om alle fasen mee te nemen in de keuzemomenten. De volgende alinea beschrijft de verschillende stappen van de levenscyclus.



Figuur 4. Ecosysteemmodel (Arup, 2016)

In de afbeelding zijn de verschillende fasen genummerd. Onderstaande alinea geeft een toelichting op figuur 4.

0. *Ecosysteem*

Alle fasen van de levenscyclus van een circulair gebouw wordt in dit model ecosysteem genoemd. Om verwarring te voorkomen met biologische ecosystemen wordt in de rest van het document het begrip 'systeem' in plaats van 'ecosysteem' gebruikt. Het systeem in dit model is een systeem waarbinnen meerdere levenscycli zich kunnen herhalen.

1. *Design*

Een circulair ontwerp is meer dan een bouwwerk voor de huidige behoeften. Het is een bouwwerk dat naar de toekomst aangepast kan worden, of wellicht zichzelf aanpast aan de omgeving. Daarnaast kan het bouwwerk gezien worden als een bron of grondstoffendepot van secundaire materialen voor een volgende levenscyclus. Ontwerp is hierdoor meer dan *Form, structure and Space* (Arup, 2016). Het ontwerp gaat namelijk ook over alle 7 fasen binnen de levenscyclus en fasen in toekomstige levenscycli. De ontwerpfase is van groot belang omdat een groot aantal keuzes in deze levensfase van grote invloed- en veelal onomkeerbaar zijn wat betreft circulariteit.

2. *Sourcing*

In een circulaire economie bestaan afval en primaire grondstoffen niet. Grondstoffen die gebruikt worden zijn secundair. Dit betekent dat ze al een keer eerder gebruikt zijn en afkomstig zijn uit een vorige levenscyclus. Dit kan in zijn geheel of in de vorm van een gerecyclede grondstof. Hoogwaardig hergebruik heeft uiteraard voorrang op een laagwaardige toepassing. Het onderzoek naar 'de risico's bij het toepassen van niet circulaire materialen', uitgevoerd door Royal HaskoningDHV in opdracht van Rijkswaterstaat (2016), blijkt dat de vermenging van materiaalstromen en daarmee het frustreren van het renewal- disassembly- repurpose- en recycleproces het grootste risico is van het toepassen van niet circulaire materialen in de GWW.

3. *Construction*

Constructie in een circulaire economie zal bestaan uit verschillende toepassingen van technieken. Constructie met primaire grondstoffen zal vervangen worden door constructie met secundaire grondstoffen. Daarnaast bestaat constructie uit het samenvoegen van gestandaardiseerde modules en halfproducten. Tegelijkertijd is het mogelijk om zeer gericht te kunnen bouwen door het toepassen van 3D printing. Belangrijkste principe in circulaire constructie is het continu afwegen van de bestaande en eventueel toekomstige technieken. Er is namelijk geen 'perfecte circulaire constructie methode.

4. *Operation*

Gedurende de operationele fase, dient een gebouw efficiënt te zijn in functie en verbruik. Energieverbruik is in de fase van gebruik een belangrijk aspect. Hierbij kan gedacht worden aan het circulair maken van interne stromen zoals energie, water of afval. Ook het opwekken van energie valt hier bijvoorbeeld onder. In dit rapport zijn deze componenten niet meegenomen, omdat dit veelal gaat om het gedrag van de gebruikers en valt daarmee buiten de scope van dit onderzoek.

5. *Renewal*

Zoals eerder beschreven heeft elk product last van waardeverlies. Schade, slijtage en gebruikssporen zorgen voor afschrijving. Daarnaast kan ook economische veroudering gevolgen hebben voor de waarde van een product. Het is hierom van belang om materialen en halfproducten op een zo hoog mogelijke waarde te houden. Renewal en reparatie dient plaats te vinden op een zo klein mogelijke schaal. De opkomst van 3D printing is hierbij een belangrijke innovatie. Door 3Dprinting toe te passen, is maatwerk reparatie mogelijk. Hierdoor hoeft niet een complete module vervangen te worden, maar kan slechts een kleine toepassing zorgen voor waardebehoud van de gehele module.

6. *Disassembly*

Het moment van disassembly is een van de meest cruciale momenten in de levenscyclus van een product. Het hele ontwerp staat namelijk in dienst van deze disassembly. Het uit elkaar kunnen halen van het product is namelijk van groot belang. Hierbij geldt wederom dat producten met een zo hoog mogelijke waarde uit het ontwerp moeten kunnen worden gehaald. Dit heeft voorrang heeft op het laagwaardig uit elkaar halen van het product. Hoe 'groter' de waarde is van de demontabele onderdelen, hoe beter het circulaire ontwerp is.

Op het moment van disassembly komen ook eventuele fouten in het circulaire ontwerp naar voren. Wanneer blijkt dat materiaalstromen met elkaar verbonden zijn doormiddel van (bijvoorbeeld) een lijmlaag, is er sprake van waardevermindering, dit frustreert namelijk het recycleproces.

Het moment van disassembly is in het gehele ontwerpproces de belangrijkste stip op de horizon. Twee belangrijke vragen die in alle stappen van het proces gesteld moet worden zijn dan ook:

(1) is het ontwerp, wat ik nu maak, op een later moment uit elkaar te halen?

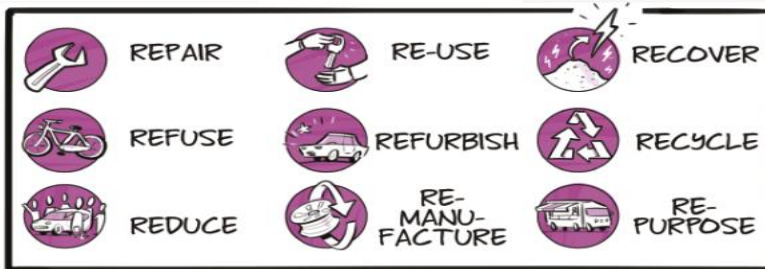
(2) Hoe zorg ik ervoor dat de onderdelen zo veel mogelijk levenscycli mee gaan?

7. *Repurpose*

Het herbestemmen van producten, halfproducten en grondstoffen is een belangrijk aspect in een Circulaire Economie. Dit hoeft niet per definitie in het eigen systeem, project of de eigen organisatie plaats te vinden. Een circulair ontwerp draagt bij aan de gehele circulaire economie. Herbestemming kan dus overal plaats vinden, mits hoogwaardig. Daarnaast is het denkbaar dat het eenvoudiger is om hoogwaardige toepassingen buiten het eigen systeem te vinden, dan binnen de eigen levenscycli. Een gevaar hierin is echter wel het 'over de schutting gooien' van een restproduct. Om dit te voorkomen is een goede afstemming met andere partijen in de levenscyclus noodzakelijk.

9R Principes

In veel trends en theorieën voor circulariteit komen lijsten met R's naar voren. Hoewel deze variant, ontwikkeld door de Raad van de Leefomgeving en Infrastructuur, er 9 beschrijft, zijn er ook voorbeelden van varianten met minder R's. Het model van de 9R's is een systeem wat kan bijdragen bij het afwegen van circulaire keuzes. Bij elk vraagstuk dient bij stap 1 te worden begonnen om uiteindelijk te eindigen bij de laatste stap, recovering. Door de volgorde aan te houden, blijven de cirkels zo kort mogelijk en is er sprake van zoveel mogelijk waardebehoud.



Figuur 5. 9R's in willekeurige volgorde (RLI, 2015)

1. Refuse

In veel gevallen is het 'weigeren' van een bepaalde keuze de beste oplossing. Is vervanging van een product bijvoorbeeld wel nodig? Door het zogenaamd 'afpellen' van het probleem, kan in sommige gevallen de conclusie zijn om helemaal niet over te gaan op actie.

2. Reduce

In een Circulair Ontwerp is 'minder' vaak beter. Het verminderen van absolute hoeveelheden grondstoffen vermindert automatisch de hoeveelheid primaire grondstoffen. Door het beperken van de complexiteit, is het veelal eenvoudiger om het product bij einde levenscyclus te demonteren. Maar in het geval van infrastructuur is ook het verminderen van de belasting van het object positief. Dit leidt tot minder slijtage, minder onderhoud, etc.

3. Reuse

Hergebruik van een object, product of kunstwerk leidt automatisch tot verlenging van de oorspronkelijke levensduur.

4. Repair

Reparatie van een object leidt ook tot langere levensduur. Zoals al eerder vermeld is het van belang om zo 'klein' mogelijk te repareren. Op deze manier gaat er geen onnodige waarde verloren.

5. Refurbish

Refurbish is het terugzetten naar de oorspronkelijk staat van een product. Voornamelijk met elektronica is dit principe van toepassing in de vorm van een 'fabrieksreset'.

6. Remanufacture

Remanufacture is de meest rigoureuze stap van reparatie. In dit proces wordt het object volledig gedemonteerd en de onderdelen volledig teruggebracht naar de oorspronkelijke staat aan het begin van de levenscyclus. Een remanufactured object is niet te onderscheiden van een nieuw object.

7. Repurpose

Wanneer het onmogelijk is om een product in de huidige functie te behouden, kan het product herbestemd worden. Het belangrijkste criterium van herbestemming is dat dit hoogwaardig moet zijn. Laagwaardige herbestemming leidt tot waardevermindering en uiteindelijk tot afval.

8. Recycle

Recyclen is het afbreken van het product tot materiaal en grondstof niveau. Recyclen is een van de belangrijkste circulaire principes. De mogelijkheid tot recycling dient namelijk altijd mogelijk te zijn (zie tekstkader *Recyclen = nietlaagwaardig* p.17). Door recycling kunnen grondstoffen weer hoogwaardig worden hergebruikt. Recycling kan daarmee gezien worden als de schakel tussen meerdere levenscycli. Recyclen staat bijna onderaan deze lijst van 9R's aangezien het terugbrengen van producten tot grondstoffen relatief veel energie kost. Recycling kan beter naast de overige 8 R's staan.

9. Recover

Wanneer bovenstaande niet mogelijk is, is dit de laatste en minst gunstige stap. Dit is namelijk energierugwinning uit materialen. In de vorm van verbranding wordt energie gewonnen uit restmateriaal. Deze stap is discutabel in het gedachtegoed van circulaire economie. Het gaat

tenslotte om een over het algemeen zeer laagwaardige toepassing van grondstoffengebruik. Daarnaast brengt terugwinning vaak milieuaspecten met zich mee. Uitstoot is hierbij ook een vorm van het weglekken van grondstoffen uit een eerder gedefinieerd systeem.

Bovenstaande theorieën en ontwerpprincipes voor circulair ontwerpen zijn allen afkomstig uit presentaties, interviews, rapporten, wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke publicaties uit verschillende sectoren. Opmerkelijk is dat het veelal gaat om soortgelijke 'gedachtengoederen' maar met grote verschillen op detailniveau. Voor de ontwikkeling van circulair ontwerpen in de GWW is het van belang om niet blindelings af te gaan op bestaande circulaire ontwerpcriteria maar om op de juiste momenten de juiste circulaire keuzes te maken. Daarnaast, is het misschien ook verstandig om sommige circulaire keuzes juist niet te maken, omdat ze conflicteren met andere duurzame doelstellingen.

BIJLAGE B Circulaire begrippenlijst

Let op: Onderstaande begrippenlijst dient, net als de ontwerpprincipes van hoofdstuk 3, als richtinggevend en sluit alternatieven niet uit. De begrippenlijst heeft niet ten doel om volledig te zijn, maar is een 'levend' document waarbij gestreefd wordt naar steeds verdere invulling en afbakening doormiddel van aanpassingen en aanvullingen van derden.

Adaptief ontwerpen

Adaptief ontwerpen is een vorm van ontwerpen waarbij in de ontwerpfase ruimte wordt opgelaten om te kunnen anticiperen op toekomstige veranderingen.

Biobased / Hernieuwbare grondstoffen

Biobased materialen zijn hernieuwbaar en afbreekbaar door de natuur zelf. Het voordeel hiervan is dat de kringloop bij voorbaat is gesloten. Hierbij geldt wel de randvoorwaarde van een aannemelijke doorlooptijd. Fossiele brandstoffen zijn namelijk ook hernieuwbaar, maar pas over miljoenen jaren.

Biobased kritiek op biobased bouwen

- Ten koste van andere functies (natuur, akkerbouw)
- In veel gevallen korte levenscyclus
- Weinig zicht op onderhoudsaspecten

Circulaire economie

Een economie waarin de afvalstroom en grondstoffenstroom op elkaar aansluiten. Door grondstoffen efficiënt in te zetten en her te gebruiken zonder schadelijke emissies naar het milieu blijven materialen op hun hoogste waarde niveau. Hoogwaardig hergebruik van grondstoffen leidt tot minder waardeverlies dan in een lineaire economie en maakt een einde aan afval zoals we dat nu kennen.

Circulair ontwerpen

Een ontwerp van een object, product of dienst met het oog op optimaal hoogwaardig hergebruik op object- component en grondstoffen niveau in toekomstige levenscycli. Ontwerpkeuzes zo maken, dat het gebruik van primaire grondstoffen en 'afval' wordt geminimaliseerd

Cascadering

1. De stapsgewijze waardevermindering van een object-component- of grondstof door slijtage, gebruik, externe beïnvloeding etc.
2. Het op een zo hoog mogelijke waarde hergebruiken van een object-component- of grondstof.

Disassembly / Deconstructie

Het uit elkaar kunnen halen van een object of product op verschillende niveau's tot en met grondstoffenniveau.

Design voor recycling

Een ontwerp vorm waarbij is het van belang dat de materialen aanwezig in het ontwerp zo praktisch mogelijk weer uit het object worden onttrokken. Wederom speelt adaptiviteit een grote rol. Wij weten op dit moment immers niet onder welke omstandigheden er in de toekomst gerecycled gaat worden. Om dit realiseren, is het van belang om in het ontwerp al rekening te houden met de toekomstige recycling. Dit betekent dat verschillende soorten materialen zo weinig mogelijk verbindingen moeten bevatten zoals verlijming, versmelting etc.

Grondstoffenpaspoort

Het grondstoffen paspoort is een instrument voor bovenstaande 3 ontwerpprincipes. Het idee achter een grondstoffen paspoort is "meer IQ per kuub". Door data toe te voegen aan grondstoffen, ontwerpen en producten, is er in de gehele keten meer kennis beschikbaar. Hierdoor is het makkelijker om te bouwen, repareren, recyclen etc.

Levenscyclus

De doorlooptijd van een object, component of grondstof in één toepassing. Levenscyclus kan gezien worden als een circulaire levensduur.

Levensduur

De doorlooptijd van een product of object tot einde functie is bereikt. Levensduur is in de huidige economie meestal een lineaire levensduur. De levensduur is bijvoorbeeld ten einde wanneer een product volledig (economisch) is afgeschreven.

Living Lab

Een 'living lab' is een onderzoekomgeving waarbij gelijktijdig onderzoek en innovatie plaatsvinden volgens het principe van co-creatie en participatief ontwerpen.

Bewonersparticipatie is veelal een belangrijk onderdeel van een LL maar niet per se nodig als je bijvoorbeeld probeert uit te vinden hoe RWS het beste z'n assetmanagement circulair kan maken. Cocreatie met de gebruiker (van Minister via RD en District tot de aannemer en leverancier van bouwmaterialen toe) is wel relevant.

Locked-in situatie

Een situatie waarin er geen andere optie meer is behalve de 'gegeven optie'.

Een circulaire locked-in situatie ontstaat doordat er in de ontwerpketen een keuze wordt gemaakt die onomkeerbare niet-circulaire gevolgen heeft voor het systeem.

Ontwerpen

Ontwerpen is het maken van keuzes in een ketenproces om van beginfase steeds verder 'te trechteren' naar een definitief ontwerp en uiteindelijk de realisatie.

Ontwerpketen

Een reeks verantwoordelijke organisaties, ondernemingen, afdelingen, personen etc. waar keuzes worden gemaakt om van beginfase tot een definitief ontwerp en realisatie te komen.

Materiaalarm ontwerpen

Door materiaalarm te ontwerpen neemt de hoeveelheid noodzakelijke materialen in het product en daarmee de kringloop af. Hierdoor zijn er minder primaire grondstoffen nodig, en zijn er minder grondstoffen te verwerken aan het einde van de levensduur. Op deze manier is er minder energie nodig in het bouw en sloop-proces. Daarnaast neemt het ontwerp een kleiner aandeel van de totale beschikbare wereldwijde grondstof in beslag.

Modulair ontwerpen

Het ontwerpen in gestandaardiseerde modules

1. Uniformiteit (denk aan zeecontainers (intermodulair)). Doordat modules van producten goed op elkaar aansluiten, kunnen ze wereldwijd worden ingezet en voor dezelfde doelen gebruikt worden.
2. Versimpeling constructie (denk aan LEGO (intramodulair)). Doordat een ontwerp uit verschillende modules bestaat kan er ook makkelijk een module worden toegevoegd, verwijderd of gerepareerd.

Primaire Grondstoffen

Natuurlijk gedolven of groeiende grondstoffen die verwerkt worden voor hun eerste toepassing

Recycle for design

Bouw moet niet alleen gericht zijn op recycling, maar recycling ook op bouw. Dit betekent dat er in het recycle proces nagedacht dient te worden hoe de objecten, modules grondstoffen weer gebruikt kunnen worden in het volgende ontwerp.

Secundaire Grondstoffen

Stoffen gewonnen uit eerder toegepaste grondstoffen.

Systeem

Een systeem bestaat uit verschillende componenten en onderlinge relaties en interacties. Een systeem als geheel vertoont vervolgens een gedrag waardoor een functie kan worden vervuld.

Upcycling

Hergebruik op object, component of grondstofniveau met waardevermeerdering in plaats van waardevermindering als resultaat

BIJLAGE C Bronnen

Geraadpleegde bronnen:

Bakker, C., den Hollander, M., Van Hinte, E., & Zijlstra, Y. (2014). *Products that last: Product design for circular business models*. TU Delft Library.

Lifset, R., & Graedel, T. E. (2002). Industrial ecology: goals and definitions. *A handbook of industrial ecology*, 3-15.

Ellen MacArthur Foundation & McKinsey & Company (2013). *Towards The Circular Economy*. Geraadpleeg op 06-02-2017 via: <http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/moving-toward-a-circular-economy>

Raad voor Leefomgeving en Infrastructuur (2015) *Maak de keten ronde en waardevol*. Geraadpleegd op 07-12-2016 via: http://www.rli.nl/sites/default/files/flyer_bij_advies_circulaire_economie_nl_pdfa.pdf

Royal HaskoningDHV in opdracht van Rijkswaterstaat (2016) *Onderzoek naar de risico's bij het toepassen van niet circulaire materialen*.

Min. van EZ & Min. IenM (2016) *Nederland Circulair in 2050*. Geraadpleegd op 04-02-2017 via url: <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/dossiers/circulaire-economie>

DPCD.nl (2017) *Tijdelijke Rechtbank Amsterdam*. Geraadpleegd op 06-02-2017 via: <http://www.dpcp.nl>

Geraadpleegde personen:

Barbara van Offenbeek
Diederik Bel
Evert Schut
Ireen Röling
Jan de Weijs
Kees van den Akker
Maaïke Rimmelzwaan
Marjolein van de Klauw
Mado Ruys
Rob van Hout
Rob Dijcker
Simone Houtman
Stan Kerkhofs
Wim Leendertse

Ontwerpconsortium N18