



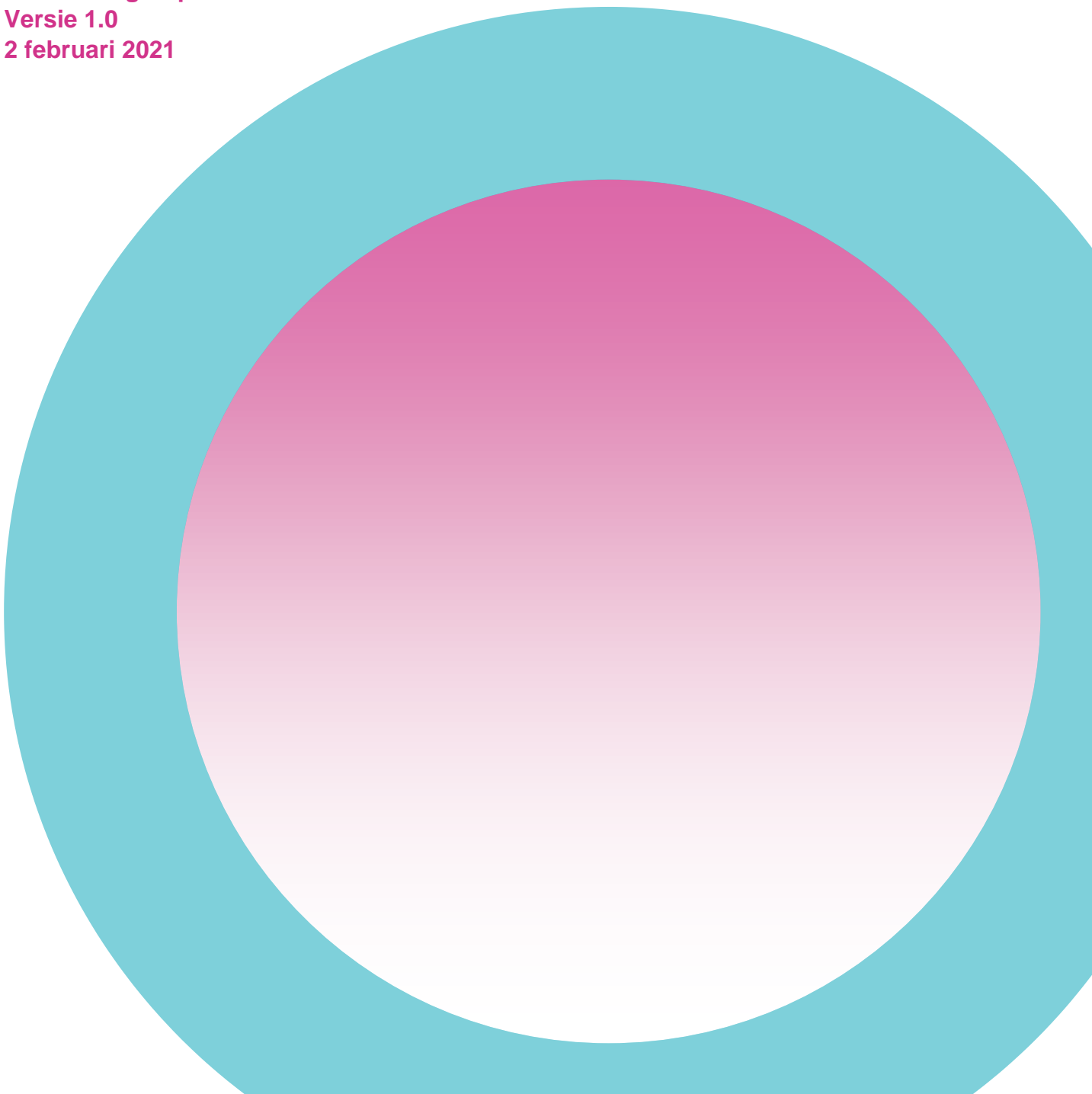
**Kennis- en Innovatieprogramma**

# **Circulair Ontwerpen voor Gebouwen en Infrastructuur**

**BTIC-werkgroep COGI**

**Versie 1.0**

**2 februari 2021**



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Kennis- en innovatieprogramma</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>K&amp;I lijn 1: Ontwerp (product)</b>	<b>6</b>
3.1	Uitdagingen ontwerp	6
3.2	Kennisvragen ontwerp	8
3.3	Innovatie ontwerp	9
<b>4</b>	<b>K&amp;I lijn 2: Ontwerpen (proces)</b>	<b>10</b>
4.1	Uitdagingen ontwerpen	10
4.2	Kennisvragen ontwerpen	11
4.3	Innovatie ontwerpen	12
<b>5</b>	<b>K&amp;I lijn 3: Waardering (evaluatie)</b>	<b>13</b>
5.1	Uitdagingen waardering	13
5.2	Kennisvragen waardering	15
5.3	Innovatie waardering	15
<b>6</b>	<b>K&amp;I lijn 4: Materialen (keten)</b>	<b>16</b>
6.1	Uitdagingen materialen	16
6.2	Kennisvragen materialen	17
6.3	Innovatie materialen	18
<b>7</b>	<b>K&amp;I lijn 5: Context ('enablers')</b>	<b>19</b>
7.1	Uitdagingen context	19
7.2	Kennisvragen context	20
7.3	Innovatie context	20
<b>8</b>	<b>Verantwoording</b>	<b>21</b>
8.1	Auteurs	21
8.2	Bronnen	22

# 1 Inleiding

In 2016 is de Bouwagenda gelanceerd met het doel te komen tot een ambitieus vernieuwingsprogramma rond grote maatschappelijke uitdagingen gerelateerd aan onder andere de energietransitie, duurzaam gebruik van grondstoffen, klimaatverandering, circulariteit, mobiliteit, digitalisering en gezondheid. Doel is het versterken van de brede bouw- en infrasector en Nederland toekomstbestendig te maken. Circulair bouwen is binnen de Bouwagenda één van de thema's, waarbij wordt gestreefd naar het structureel opnemen van circulariteit in de uitvraag, naar het stimuleren en opschalen van innovatie en normering die de bouwindustrie uitdaagt. Het Bouw en Techniek Innovatiecentrum speelt hierop in door de noodzakelijke kennis- en innovatieprogramma's op te zetten. Dat doet zij door te inventariseren wat nodig is, dit te agenderen en de totstandkoming ervan te faciliteren en organiseren door middel van het samenbrengen van markt-kennis-overheid in consortia die concreet werken aan het onderzoeken en in de praktijk toepassen van innovaties die op middellange termijn opschaalbaar worden. Dit leidt tot vernieuwende technologieën, processen en sociale innovaties met een ontwikkelhorizon van 2 – 6 jaar.

Het streven naar een circulaire economie staat hoog op de maatschappelijke agenda. De ontwerp-, bouw- en technieksector is daarbij van groot belang, met het grote aandeel in het grondstoffengebruik en afval en daarmee gepaard gaande belasting op ons milieu. Volgens de Transitieagenda Circulaire Bouweconomie betekent circulair bouwen "het ontwikkelen, gebruiken en hergebruiken van gebouwen, gebieden en infrastructuur, zonder natuurlijke hulpbronnen onnodig uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten. Bouwen op een wijze die economisch verantwoord is en bijdraagt aan het welzijn van mens en dier. Hier en daar, nu en later". Het creëren van een circulaire bouw- en technieksector is echter weerbarstig. Het veranderen van de manier van bouwen, renoveren en onderhouden vergt veel investeringen in de ontwikkeling en toepassing van nieuwe bouwmaterialen, methoden en processen, veranderingen in de regelgeving en nieuwe financieringsmodellen, die niet van de ene op de andere dag te realiseren zijn.

Gelukkig gebeurt er wel al veel. Verschillende bedrijven in de bouw- en technieksector zijn bezig met het ontwikkelen van circulaire concepten en er is toenemende aandacht voor verduurzaming van bouwmaterialen. Ook is er een groeiend aantal netwerken dat werkt aan kennisuitwisseling over een circulaire gebouwde omgeving. Tegelijkertijd zien we dat de nadruk in de grootschalige verduurzamingsprogramma's nog op de energietransitie ligt. Dit is uiteraard van groot belang om de CO2 uitstoot te verminderen, maar niet voldoende om een volledig circulaire bouw- en technieksector tot stand te brengen. Waar er wel specifiek aan een circulaire gebouwde omgeving wordt gewerkt, ligt de nadruk op de materialenkant (denk bijvoorbeeld aan het betonakkoord en het houtakkoord in ontwikkeling). Ook zien we veel aandacht voor recycling, wat op zich niet verkeerd is, maar in een circulaire economie ligt de prioriteit bij hergebruik, 'upcycling' en zo goed mogelijk gebruik maken van het bestaande, zodat grondstoffenuitputting en waardeverlies voorkomen wordt.

Ondanks alle aandacht die er is voor circulariteit, staan we nog maar aan het begin van het werken op basis van circulaire principes en grootschalige toepassing ervan in de bouw- en

technieksector. Voor versnelling en opschaling hebben we concepten nodig die effectief het vermijden van grondstoffenuitputting, afval en uitstoot van giftige stoffen aanjagen, en tegelijkertijd economisch en technisch steeds succesvoller worden. Dit prille stadium van ontwikkeling vraagt om ontwerpgedreven processen, waarin partijen in (en van buiten) de bouw- en technieksector samen werken aan circulaire oplossingen die ook gerepliceerd en doorontwikkeld kunnen worden.

In het Kennis- en Innovatieprogramma 'Circulair Ontwerpen voor Gebouwen en Infrastructuur', dat in samenspraak met leden van het Transitieteam Circulaire Bouweconomie en vertegenwoordigers uit het bedrijfsleven, de overheid en kennisinstellingen is opgezet, wordt beschreven welke oplossingen ontwikkeld moeten worden, welke kennisvragen daarvoor beantwoord moeten worden en hoe dit vormgegeven kan worden in een gezamenlijk innovatieprogramma. Het programma focust hierbij op de ontwikkelingen die zonder een vergaande mate van samenwerking tussen de verschillende partijen niet, of sterk vertraagd, van de grond zullen komen. Het BTIC wil in publiek-private, meerjarige, integrale R&D-programma's het benodigde wetenschappelijk en toegepast onderzoek gebundeld uit laten voeren. Het programma geeft hierbij concreet invulling aan het ontwerp gerelateerde deel van het bredere BTIC programma Circulaire Bouweconomie en de middellange termijn innovatievragen die daarin met betrekking tot circulaire ontwerpen besloten liggen. Het draagt daarmee ook bij aan het vervullen van de doelen van het Transitieteam Circulaire Bouweconomie en bouwt verder op activiteiten van onder meer Cirkelstad en Platform CB'23.

Uitvoering van het kennis- en innovatieprogramma Circulair Ontwerpen voor Gebouwen en Infrastructuur vergt betrokkenheid van de bouwketen in brede zin. Naast de traditioneel bij bouwprojecten betrokken partijen (architecten, bouwbedrijven, ontwikkelaars, installatiebedrijven, opdrachtgevers etc.) zullen ook non-usual suspects moeten worden betrokken (o.a. financiers, sloopbedrijven, onderhoudsbedrijven) in het vroege stadium van conceptontwikkeling. Inbreng van kennisinstellingen is niet alleen gewenst om de geformuleerde kennisvragen te beantwoorden, maar ook om actief betrokken te zijn in innovatietrajecten. Betrokkenheid van overheden op diverse niveaus is van belang om de benodigde innovatie te stimuleren en barrières te helpen wegnemen in de institutionele context. In feite vergt uitvoering van het programma zelf een co-creatie van alle relevante actoren, waarin zij samen onderzoekend aan het werk gaan om de benodigde oplossingen te vinden. In 'academische termen' vergt dit een combinatie van actiegericht met ontwerpgericht onderzoek, waarin aan de hand van concrete vraagstukken ('cases', 'projecten') generieke, overdraagbare en opschaalbare oplossingen worden ontwikkeld.

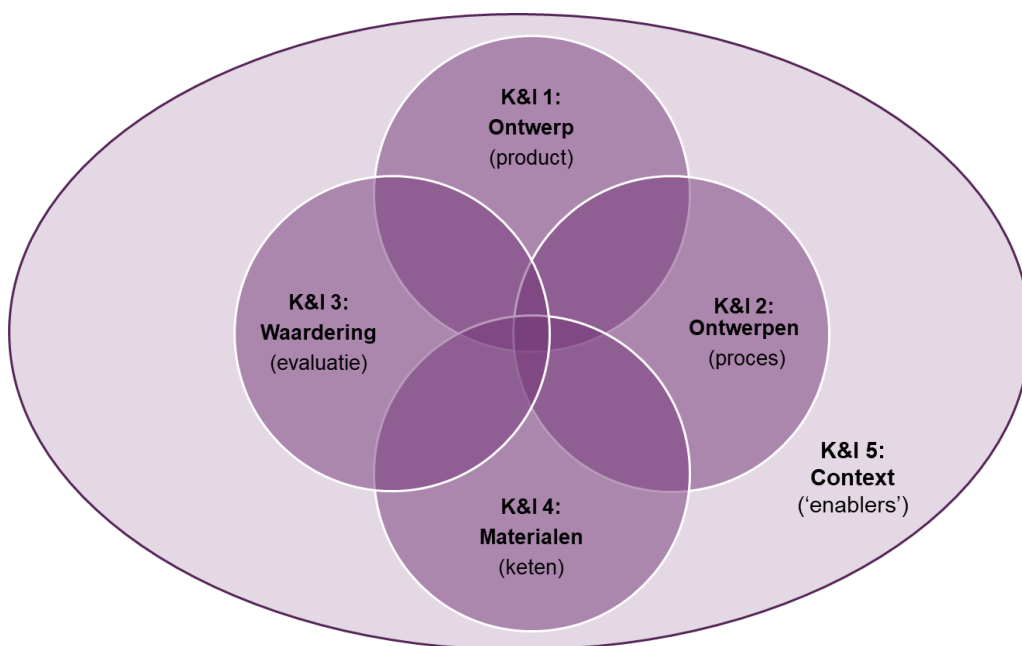


## 2 Kennis- en innovatieprogramma

Het kennis- en innovatieprogramma 'Circulair Ontwerpen voor Gebouwen en Infrastructuur' richt zich op de uitdaging om een circulaire gebouwde omgeving te realiseren door concepten te ontwerpen die het mogelijk maken om circulaire bouwwerken te creëren. Ontwerpen wordt in het kennis- en innovatieprogramma in brede zin opgevat. Het gaat zowel om het ontwerp als 'product' (artefact) als het ontwerpen als proces (de wijze waarop de producten tot stand komen). Vanuit de principes van de circulaire economie geredeneerd, houdt het proces niet op bij het realiseren van het bouwwerk of de verbouwing, maar moeten meerdere cycli van gebruik worden beschouwd. Dit vergt vergaande samenwerking in bouwketens en -netwerken, en aanpassing van het hele ecosysteem in de bouw- en technieksector. Bovendien zijn voor bepaalde 'conceptuele' productoplossingen nog niet de juiste materialen en bouwcomponenten (op voldoende schaal) voorhanden. Productinnovatie zal ook nodig zijn voor succesvolle implementatie van circulaire ontwerpen in de gebouwde omgeving.

Waar ontwerpen breed wordt opgevat, zoek dit kennis- en innovatieprogramma de beperking in de primaire focus op bouwwerken: objecten zoals gebouwen, bruggen, tunnels, etc. Uiteraard worden deze in samenhang gezien met de bredere context, maar het vertrekpunt in dit programma zijn de bouwwerken zelf. Daarmee is het programma enerzijds een belangrijke aanvulling op programma's die zich richten op het ecosysteem in de gebouwde omgeving op grotere schaalniveaus en anderzijds op programma's die zich richten op concrete bouwmaterialen.

Het programma is opgedeeld in vijf samenhangende kennis- en innovatielijnen (K&I) met specifieke uitdagingen, kennisvragen en deelresultaten (zie Figuur 1), die samen de gewenste innovatie en ontwikkeling in circulair ontwerpen voor gebouwen en infrastructuur mogelijk maken. De kennis- en innovatielijnen worden in de navolgende hoofdstukken nader toegelicht.



Figuur 1 Kennis- en Innovatielijnen 'Circulair Ontwerpen voor Gebouwen en Infrastructuur'

# 3 K&I lijn 1: Ontwerp (product)

## 3.1 Uitdagingen ontwerp

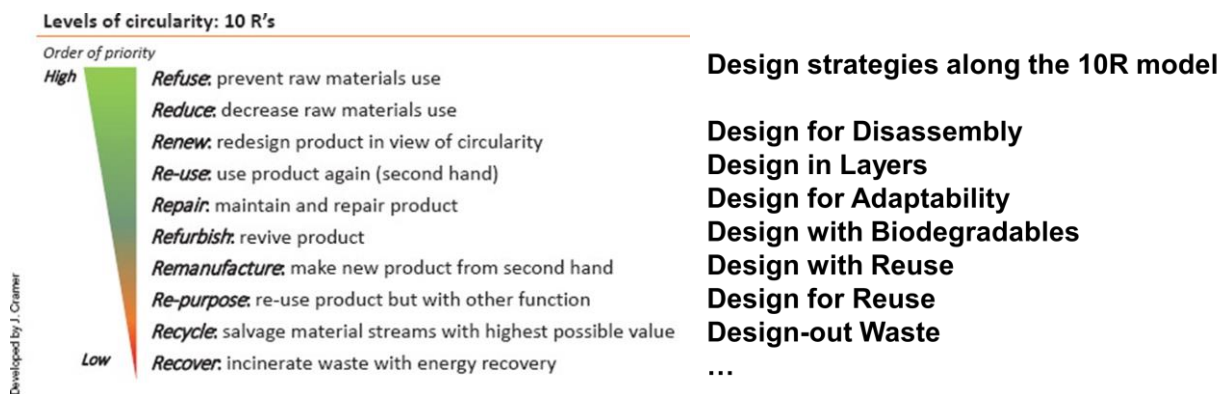
Een 'ontwerp' is een plan en/of specificatie voor het (ver)bouwen van bouwwerken. Het gaat bij het ontwerp dus om hoe het product er in tastbare zin uiteindelijk uit zal zien, in vaktermen ook wel het artefact genoemd. Binnen de kennis- en innovatielijn 'ontwerp' voor circulaire gebouwen en infrastructuur is het doel om concepten te ontwikkelen voor bouwwerken die door hun esthetische, functionele en technische eigenschappen kunnen functioneren in een circulaire bouwconomie. Een concept wordt hierbij gezien als een min of meer algemeen toepasbare specificatie voor een (type) bouwwerk, waarbij de specificatie volgt uit keuzes die gemaakt worden ten aanzien de vorm, uitvoering, materialisatie etc.

In het verleden zijn al veel concepten ontwikkeld voor bijvoorbeeld aanpasbare gebouwen, waarbij een lange levensduur wordt beoogd door slimme combinaties van structurele en flexibele elementen te integreren. Bouwwerken kunnen daarbij worden gezien als 'systemen' met verschillende 'lagen': site (locatie), structure (draagstructuur), skin (gevel, dak), services (installaties), space (ruimtes) en 'stuff' (inrichting) (Brand, 1994). Aan de verschillende lagen kunnen verschillende levensduren (of gebruiksdueren) worden toegekend en voor verschillende lagen kunnen verschillende strategieën worden toegepast om aanpassing, renovatie en hergebruik te bevorderen. In technische zin worden deze concepten ook vaak gerelateerd aan het zogenaamde Industrieel, Flexibel en Demontabel (IFD) Bouwen. Hoewel de in het verleden ontwikkelde concepten goede aanknopingspunten bieden voor circulair ontwerpen, zijn er nog belangrijke tekortkomingen om volledig circulair bouwwerken tot stand te brengen.

Een eerste tekortkoming is dat veel concepten voor aanpasbaar bouwen de technische cycli benadrukken. Bouwen met biologisch (afbreekbare) materialen kan een goed alternatief zijn om circulaire bouwwerken te generen, en onder bepaalde omstandigheden zelfs beter.

Een tweede tekortkoming van in het verleden ontwikkelde concepten is dat zij zich vooral richten op 'ontwerp voor hergebruik', in die zin dat zij faciliteren dat delen van het gebouw gebruikt kunnen blijven worden, terwijl onderdelen hun nut verloren hebben. Minder tot geen aandacht is er voor het sluiten van de cycli door ook 'ontwerp met hergebruik' mee te nemen, zowel bij het 'nu' vervangen van onderdelen als bij het 'straks' herbestemmen van onderdelen.

Hiermee samenhangend wordt er ook geen rekening houden met alle mogelijkheden om circulariteit tot stand te brengen. Als we bijvoorbeeld kijken naar het 10R model van Cramer (zie Figuur 2) worden belangrijke principes als 'Refuse', 'Reduce' en 'Remanufacture' niet of heel impliciet toegepast bij de in het verleden ontwikkelde concepten.



Figuur 2 10R model (Cramer, 2017) en voorbeelden van afgeleide ontwerpbenaderingen

Meer specifiek kunnen de actuele uitdagingen voor ontwerpen voor een circulaire gebouwde omgeving worden geduid naar schaalniveau (materiaal-, element en bouwwerkniveau) en tijdsperspectief, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen inkomende (uit het verleden) en uitgaande (in de toekomst) stromen. Bij ingaande stromen gaat het om vermindering van het gebruik van, en/of behoud van primaire grondstoffen die in het verleden zijn 'gedolven'. Bij uitgaande stromen gaat het om verhoging of verlenging van de waarde van bouwwerken, -elementen en -materialen, en om het voorkomen van afval en (daaraan verbonden) schadelijke uitstoot. In combinatie met de benaderingen uit het 10R model, kunnen hiermee verschillende benaderingen en uitdagingen worden onderscheiden, zoals:

- **Design with Reuse - ontwerpen met grondstoffen uit secundaire stromen:** Recycling kenmerkt zich in de huidige ontwerpmethodieken voornamelijk als downcycling of als resultaat waarbij het recycelaataandeel nog laag is t.o.v. de primaire grondstoffen die alsnog nodig zijn. Bij hoogwaardig hergebruik liggen de knelpunten bij de ontbrekende incentive bij ontwerp van het object destijds, de vooralsnog hoge arbeidskosten voor refurbishment en de juridische aspecten bij gebruiksmogelijkheden van als afval gedefinieerde producten de knelpunten. De uitdaging is concepten te ontwikkelen die leiden tot verhoging van het recycelaataandeel, hergebruikskwaliteit en vermindering van milieuschade tijdens de processen.
- **Design with Biodegradables - ontwerpen met grondstoffen uit (deels) hernieuwbare stromen:** Het bouwen met hernieuwbaar (biobased, biodegradable) materiaal wint aan belangstelling, maar is op het moment nog een niche in de bouw. De ontwerpuitdaging is concepten te ontwikkelen die met gebruik van hernieuwbaar materiaal een economische en technische prestatie opleveren die concurrerend is met 'gangbare' bouwmethoden.
- **Design for Reuse - ontwerpen voor standaardisatie, compatibiliteit en remontabiliteit:** Standaardisatie wordt vooralsnog alleen toegepast in kortcyclische, laagwaardige elementen met als incentive de investeringsprijs verder te drukken. In de bouw wordt het nagenoeg niet toegepast als middel om bouwdelen in verschillende levenscycli op diverse plekken in nieuwe configuraties te combineren om daarmee de levensduur op onderdeelniveau te verlengen. Voor het ontwerp bestaan hierbij verschillende uitdagingen, variërend van technische vraagstukken (bijvoorbeeld het omgaan met verbindingen) tot esthetische en functionele vraagstukken (bijvoorbeeld het verenigen van standaardisatie met ontwerprijheid en maatwerk). Deze strategie staat ook op gespannen voet met de huidige bouwmethodiek van hybride, on-site bouwsystemen en de prestatie-eisen vanuit de energietransitie. Zijn er



ontwerpconcepten te bedenken die omgaan met contradictie van remontabiliteit en bouwfysische prestatie-eisen en tegelijkertijd toekomstige, kansrijke toepassingen voor remontabele onderdelen faciliteren?

- **Design for Repair - ontwerpen voor onderhoudsgemak:** Productie en onderhoud zijn in de huidige bouwmethodiek nog ver van elkaar geschieden werelden. Het layermodel van Brand wordt nog onvoldoende als uitgangspunt voor ontwerpbeslissingen gebruikt. Onderhoudsgevoelige producten die as a service worden aangeboden zoals verlichting, liften of kozijnen beginnen hierop in te spelen, maar de vraag is hoe dit het beste door te vertalen naar gehele bouwwerken. De uitdaging is ontwerpconcepten te ontwikkelen die rekening houden met sterk verschillende gebruiksduren, mogelijkheden voor verschillend gebruikstypen, gemak van onderhoud en vervanging, én daarbij de koppeling maken naar hergebruik van en voor te vervangen onderdelen.
- **Design for Refuse – ontwerpen voor minimaal grondstoffengebruik:** Misschien wel de meest efficiënte manier om grondstoffenuitputting te voorkomen is door ontwerpkeuzen te maken die materiaalgebruik minimaliseren (zeker waar het gaat om schaarse en schadelijke grondstoffen) en zo goed mogelijk gebruik te maken van het bestaande, wat bij de bestaande bouw kan door middels renovatie en transformatie bouwwerken nieuw leven in te blazen. Renovatie en transformatie zou evengoed ook zo moeten worden uitgevoerd dat dit bijdraagt aan de realisatie van een circulaire bouweconomie, zodat ook daarbij gezocht moet worden naar toepassing van bovengenoemde benaderingen. Bestaande bouwwerken kennen daarbij specifieke uitdagingen die mede voortkomen uit ontwerpkeuzen in het verleden. Het is dan ook van belang om te onderzoeken welke ontwerpconcepten relatief goed toepasbaar zijn voor nieuwbouw en welke voor renovatie en transformatie.

Binnen de kennis- en innovatielijn 'ontwerp' van belang om te onderzoeken op welke wijze circulaire ontwerpbenaderingen zoals hierboven genoemd slim gecombineerd kunnen worden in min of meer algemeen toepasbare ontwerpconcepten. Daarbij is het belangrijk om verder te kijken dan circulariteit alleen, maar naar duurzaamheid in brede zin. Kan de energietransitie worden benut als gelegenheid om gebouwen ook circulair te maken? Kan circulariteit ook samengaan met het streven naar een gezonde en klimaatbestendige leefomgeving? Circulaire ontwerpen zullen idealiter niet inboeten aan andere duurzaamheidswaarden maar juist synergie opleveren. Zo kan bijvoorbeeld 'ontwerpen voor hechting of dierbaarheid' ook onderdeel zijn van concepten voor circulaire bouwwerken, vanuit de gedachte dat des te langer bouwwerken waarde en functie behouden, des te minder druk er is op nieuwbouw en risico op sloopafval. En bij het streven naar circulaire ontwerpconcepten is het nog belangrijker om in het oog te houden onder welke condities de te gebruiken grondstoffen worden geproduceerd.

### 3.2 Kennisvragen ontwerp

Ten aanzien van het 'ontwerp' is dus er enerzijds al veel bedacht en toegepast, onder meer in het kader van Industrieel, Flexibel en Demontabel bouwen maar anderzijds nog veel te ontwikkelen. Voor de (door)ontwikkeling van concepten voor circulaire bouwwerken zijn verschillende kennisvragen te beantwoorden.



Deze kennisvragen kunnen worden onderscheiden naar de criteria, ontwerpbenadering en haalbaarheid:

- **Ontwerpcriteria:** Wat zijn circulaire bouwwerken, welke criteria en parameters bepalen of ze circulair zijn? Wat zijn verschillen tussen 'gangbare' en 'circulaire' bouwwerken? Welke aanvullende criteria levert circulariteit op naast andere criteria zoals veiligheid, gezondheid, klimaatbestendigheid, energiezuinigheid, etc.?
- **Ontwerpconcepten:** Welke (conceptuele) oplossingen zijn al ontwikkeld voor circulaire bouwwerken (bijvoorbeeld IFD) en welke oplossingen ontbreken? Welke slimme combinaties van ontwerpkeuzen leveren de beste economische en ecologische prestaties? Welke oplossingen lenen zich beter voor nieuwbouw en welke voor renovatie en transformatie van bouwwerken? Welke conceptuele ontwerpconcepten bieden enerzijds voldoende kansen voor hergebruik (bijvoorbeeld door standaardisatie en remontabiliteit) en anderzijds voldoende ruimte voor maatwerk, uniek 'signatuur' en doorontwikkeling?
- **Haalbaarheid:** Welke kansen en belemmeringen bestaan er voor grootschalige toepassing van de onderscheiden concepten voor circulaire bouwwerken?
- **Opleiding en training:** Hoe kan de kennis rond de mogelijkheden rond circulair ontwerp breed in de sector gedeeld worden en wat zijn mogelijk koppelkansen voor training, opleiding en proeftuinen in de praktijk?

### 3.3 Innovatie ontwerp

De kennis- en innovatielijn 'ontwerp' beoogt hiermee de volgende resultaten tot stand te brengen:

- **Afwegingskader** om snel in te kunnen schatten op welke parameters ontwerpconcepten wel en niet circulair zijn, toepasbaar in verschillende fasen van het ontwikkelproces (van opdracht tot ingebruikname, hergebruik en terugname) en ingekaderd binnen een integraal afwegingskader voor duurzaamheid in brede zin om blinde vlekken ten gevolge van de focus op circulariteit te voorkomen. Dit afwegingskader zal in K&I lijn 3 'Waardering' nader moeten worden uitgewerkt in concrete evaluatiemethoden.
- **Ontwerpconcepten** (archetypen) voor verschillende soorten exemplarische bouwwerken en opgaven (nieuwbouw, renovatie, transformatie) die meer generiek kunnen worden toegepast in de bouw- en technieksector;
- **Training en opleiding** modules op MBO, HBO en universitair niveau, inclusief het inrichten van praktijkgerichte proeftuinen.

## 4 K&I lijn 2: Ontwerpen (proces)

### 4.1 Uitdagingen ontwerpen

Binnen het ontwerpproces spelen 'ontwerpers' een proactieve rol bij het creëren van visies, het vormgeven van wenselijke toekomst en de kwaliteit van ons leven te verbeteren. Het ontwerpproces is er uiteindelijk op gericht een beschrijving te ontwikkelen van hoe een artefact eruit zou moeten zien (Cross, 2006). Binnen ontwerpen als proces is er een continue wisselwerking tussen het plan (artefact) en het beoordelen, aanscherpen, afwijzen van (deel) aspecten door degenen die bij het ontwerpproces betrokken zijn. Het ontwerpproces ontwikkelt zich niet lineair, maar is een reflexieve en experimentele beweging van heroverwegen, heruitvinden en herinterpreteren (Yaneva, 2009). Het ontwerpproces van een gebouw is noodzakelijkerwijs een interdisciplinaire samenwerking tussen verschillende betrokken belanghebbenden en beroepen. Verschillende taken en contexten vragen om verschillende benaderingen van het ontwerpproces, afhankelijk van wie in het ontwerpproces benaderd moet worden, wanneer, op welke manier en vanuit welke rol. Circulair ontwerpen stelt specifieke uitdagingen voor het ontwerpproces die vragen om specifieke ontwerpprocesstrategieën.

Zoals aangegeven in de inleiding, vereist het werken aan circulaire constructies een ontwerpgedreven proces: een integraal proces waarin verschillende stakeholders samenwerken aan de gedeelde missie om tot een kwalitatief hoogstaand en circulair bouwwerk te komen. Dit zou ook kunnen leiden tot nieuwe vormen van samenwerking van belanghebbenden, als onderdeel van het wederzijds leerproces tussen verschillende beroepsstakeholders, bijvoorbeeld ontwerpers en vertegenwoordigers van sloopbedrijven. Bij het ontwerpen voor een circulaire gebouwde omgeving is het belangrijk dat alle relevante belanghebbenden op de juiste momenten in het ontwerpproces 'empowered' worden.

De behoefte aan ontwerpprocessen voor circulair bouwwerken, biedt de kans voor 'ontwerpen' om zijn (theoretische) potentieel te vervullen als een proces dat de innovatie stimuleert door de betrokkenheid van verschillende belanghebbenden in de aanscherping van behoefte en oplossing. Dergelijke ontwerpprocessen maken gebruik van 'tussenoplossingen', van idee naar schets, concept en (deel)ontwerp, om de initiële behoeftedefinities te evalueren en bij iedere tussenstap bij te stellen. De traditionele probleemoplossende benadering van technische professionele disciplines moet gecombineerd worden met gezamenlijke reflectie door zowel professionele ontwerpers als niet-professionele eindgebruikers. In feite gaat het erom doelzoekende activiteiten met oplossingsgerichte activiteiten te combineren.

Tijdens ontwerpprocessen veranderen de rollen en verantwoordelijkheden in het bouwteam continu en de rollen zijn soms niet goed gedefinieerd (Samuel, 2018, p. 40). Bij circulair ontwerp verschuiven traditionele rollen en ontstaan nieuwe rollen die samenhangen met de nieuwe doelstellingen. Dit betreft enerzijds het ontwerpen en bouwen met biologisch afbreekbare materialen en hergebruikte elementen, en anderzijds nieuwe opgaven die na de voltooiing van het gebouw naar voren komen: bijvoorbeeld vragen over onderhoud, reparatie en demontage. Zo komt bijvoorbeeld de rol van de sloopexpert naar voren als nieuwe actor in ontwerpprocessen (zie o.a. de nog te publiceren 'Leidraad Circulair Ontwerpen' van Platform CB'23). Nieuwe taken

en rollen vormen een uitdaging voor de organisatie van het ontwerpproces. Parametrisch ontwerp en digitale fabricage bieden ook kansen voor circulair ontwerpen die het ontwerpproces transformeren. Parametrische modellerings- en simulatietools kunnen onderdelen (bijvoorbeeld muren of platen) maken met minder materiaal, zonder de bouwtechnische degelijkheid in gevaar te brengen. Digitale fabricage (bijvoorbeeld CNC, robots) maakt het mogelijk de afvalproductie binnen het fabricageproces te verminderen.

Bij ontwerpen voor een circulaire gebouwde omgeving is het van belang dat de mindset van alle betrokkenen verandert, zodat ze niet vast blijven zitten in traditionele oplossingen die vanuit gesloten, lineaire technische systemen zijn ontwikkeld. In wezen moeten het proces bijdragen aan ontwerpgedreven input en betrokkenheid van relevante belanghebbenden en daarmee ook bijdragen aan het verleggen van grenzen die bouwwerken inkaderen vanuit een lineaire economie. Dit kan onder meer door processtrategieën te ontwikkelen die zich al vanaf de prille initiatiefase en uitvraag richten op:

- het (co)creëren van (een) circulaire ontwerp(en) voor bouwwerk(en);
- het mede betrekken van ‘*non usual suspects*’ in het ontwerpproces (financiers, accountants, onderhoudsbedrijven, sloopbedrijven, ...), om de kans te vergroten dat de integrale eindoplossingen op basis van ontwikkelde concepten ook haalbaar zijn en daadwerkelijk kunnen functioneren in een circulaire bouweconomie;
- het niet alleen ontwikkelen van een ‘bouwplan’ maar ook een ‘remontageplan’ en/of ‘reconfiguratieplan’;
- het vroegtijdig meenemen van opdrachtgevers, eindgebruikers en procespartners in het ontwerpproces om hun circulaire ambities te vergroten;
- het inzetten van afwegingskaders (K&I lijn 1) en evaluatiemethoden (K&I lijn 3) om tijdens verschillende stappen in het ontwerpproces onderbouwde keuzes te maken.

Bovenstaande zou wellicht ook vastgelegd kunnen worden in een ontwerpstrategie die, conform de definitie van het Actieteam Circulair Ontwerpen van CB’23, voor een circulair ontwerp omschrijft welke ontwerpkeuzes wanneer gemaakt moeten worden en welke middelen daarvoor ingezet worden om een van tevoren vastgesteld (meetbaar) circulair eindresultaat te bereiken.

## 4.2 Kennisvragen ontwerpen

De kennis en -innovatielijn ‘ontwerpen’ richt zich op de processen voor het ontwerpen van circulaire bouwwerken en daarbinnen op de volgende kennisvragen:

- **Processtrategieën:** Welke samenwerkingsprocessen en ontwerpstrategieën kunnen worden gevolgd om ontwerpgedreven inbreng en steun van relevante actoren bij het ontwerpen van circulaire gebouwen en infrastructuur te organiseren, zodat dit leidt tot wenselijke en haalbare oplossingen?

- **Ontwerper:** Wat is de rol van de ontwerper in bij het tot stand komen van circulaire bouwwerken, wie vervullen de rol van de ontwerper en hoe kan er hierbij gestuurd worden op ontwerpgedreven processen? (Hoe) verschilt de rol van de ontwerper naar gekozen productievorm (bijvoorbeeld IFD, biobased, ...)?
- **Competenties:** welke kennis en vaardigheden moeten actoren in het ontwerpproces voor circulaire bouwwerken zich eigen maken om hier effectief aan te kunnen bijdragen? Hoe kan deze kennis het best breed aan de sector worden overgedragen?

### 4.3 Innovatie ontwerpen

De kennis- en innovatielijn 'ontwerpen' beoogt de volgende resultaten tot stand te brengen:

- **Procesmethoden:** methoden om processen aan te sturen die van relevante actoren een ontwerpgedreven houding en bijdrage stimuleren, gekoppeld aan de opgave om (wenselijke en haalbare ontwerpen voor) circulaire bouwwerken tot stand te brengen;
- **Samenwerkings- en contractvormen:** identificatie van samenwerkings- en contractvormen die optimaal bijdragen aan ontwerpgedreven processen voor circulaire bouwwerken met inbreng en steun van relevante actoren;
- **Training:** onderwijs voor professionele actoren die betrokken zijn en worden in ontwerpprocessen voor circulaire gebouwen en infrastructuur.

# 5 K&I lijn 3: Waardering (evaluatie)

## 5.1 Uitdagingen waardering

"Als je het niet kunt meten, kun je het niet verbeteren." Om de doelen uit de transitieagenda te halen, of het gebruik van primaire grondstoffen te halveren om bij te dragen aan CO<sub>2</sub>-neutraal, is het daarom van belang om eenduidige methoden beschikbaar te hebben die inzicht geven in de impact van ontwerpen voor circulaire gebouwen en infrastructuur. Grofweg gaat het hierbij om de impact op milieu (schadelijke emissies, grondstoffenschaarste, afval) en economie (groei en verlies van waarde van gebouwen, elementen en materialen).

Het ontwikkelen van tools voor het monitoren, evalueren en kwantificeren van de impact van circulaire ontwerpconcepten is essentieel. Hierbij kan voortgebouwd worden voortgebouwd op bestaande kaders, standaarden en methoden, waaronder (zie voor een uitgebreider overzicht bijvoorbeeld de Toolbox van (Cirkelstad, 2020)):

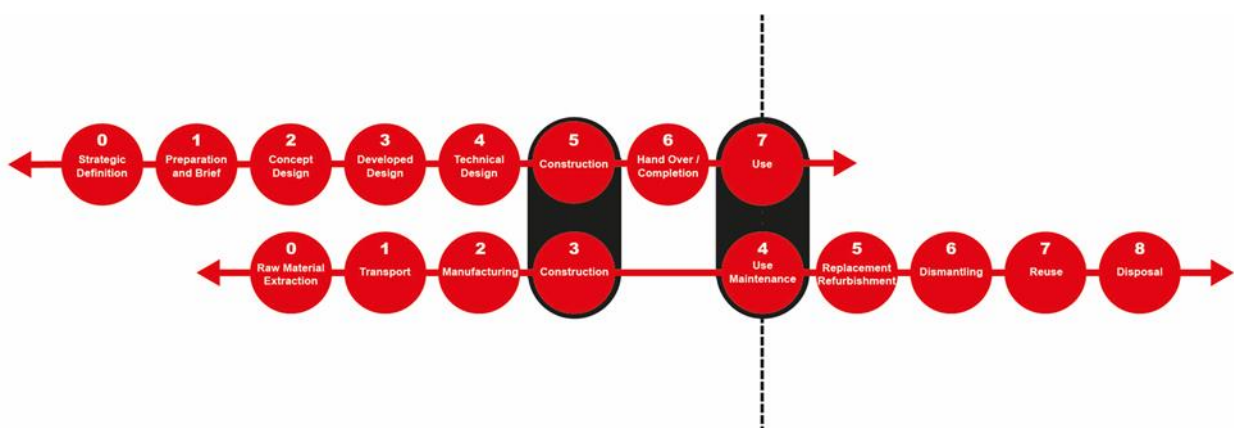
- **Levenscyclusanalyse (LCA)**, meet het materiaal en de energie die wordt gebruikt en het afval dat wordt geproduceerd in elke fase van de levenscyclus van civiele infrastructuur / gebouwde omgeving;
- **Madaster**, het materialenpaspoort, laat heel expliciet zien welke materialen worden gebruikt, wat niet alleen een basis biedt voor het 'waarderen', maar ook waardevolle informatie voor 'ontwerpen met hergebruik'. Voor gebouwen wordt dit veel gedaan, nog niet voor infrastructuur;
- **BIM-modellen / Digital Twins** verbonden met een MKI / MPG-database, om te zien waar de grootste impact in een structuur wordt voorzien, wat vervolgens ook weer bij kan dragen aan bijstelling van ontwerpkeuzes;
- **Circulariteitsscan** die de input en output van een project laten zien aan de hand van de verhouding tussen de gebruikte grondstof en wat het zal zijn als output (product, secundair materiaal of afval).

Er bestaan evengoed nog flinke uitdagingen om deze modellen door te ontwikkelen en toe te passen in verschillende stadia van het ontwerpproces. Zo zijn voor een beperkt aantal (milieugerichte) indicatoren (Europese) normen uitgewerkt. Om tijdens het ontwerpproces geïnformeerde keuzen te maken, is het nodig om de indicatoren uit te breiden met onderbelichte milieu-indicatoren (zoals bijvoorbeeld de beschikbaarheid en kwaliteit van grondstoffen, CO<sub>2</sub>-opslag, landgebruik en veranderingen in het energiesysteem) en nieuwe sociale indicatoren (zoals werkgelegenheid) en economische indicatoren. Daarbij zullen evaluatiemethoden ook rekening moeten gaan houden met meervoudige cycli. Waar de huidige LCA's sterk gericht zijn op het bepalen van de impact in een volledige levenscyclus, vraagt de circulaire economie om een meervoudige cyclus benadering zodat er meer inzicht wordt verkregen in hoe ontwerpkeuzes de volgende hergebruikscycli beïnvloeden. Hierbij is het ook van belang om onderscheid te maken tussen de verschillen in de impact van downcycling en upcycling.

Bij harmonisatie en standaardisatie zouden ontwerpprocessen ook zeer gebaat zijn bij openbaarheid – een (inter)nationale milieudatabase met betrouwbare en actuele ‘open data’ over materiaaleigenschappen, -oorsprong en milieu-impact.

Naast de impact op het milieu is ook de economische prestatie van belang bij de afwegingen omtrent circulaire bouwwerken. Om kostenefficiëntie te behalen met betrekking tot CO2-reductie en vermindering van primair materiaalgebruik, is het belangrijk om te begrijpen hoe de waarde van secundaire producten kan worden gemaximaliseerd door het product te hergebruiken in dezelfde of een andere toepassing. Het is dan essentieel om te kunnen bepalen welke restwaarde het product heeft (zoals reststerkte en draagkracht, restlevensduur etc.). Het standaardkader voor bijvoorbeeld structurele berekeningen is echter ontwikkeld voor nieuwe basismaterialen en ontbeert functionele beoordelingsmethoden. Naast de restwaarde van het product/materiaal, moet ook gekeken worden naar de prijsontwikkeling van materialen en producten die gemaakt worden met primaire grondstoffen, omdat daar in financieel-economisch opzicht mee moet worden geconcurrereerd. Verder is het van belang om te kijken hoe via TCO benaderingen en ‘value engineering’ oplossingen kunnen bieden voor de potentiële hogere initiële bouwkosten.

In verschillende fasen van het ontwerpproces kunnen verschillende methoden gewenst zijn. Naast methoden die geschikt zijn om relatief nauwkeurig de impact van prestaties van vergevorderde, uitgedetailleerde ontwerpen te kunnen inschatten, is het van nog groter belang om in een vroeg stadium van het ontwerpproces keuzes tussen alternatieve mogelijkheden te kunnen onderbouwen die naar verwachting het meeste effect zullen hebben en in die fase ook bruikbaar zijn voor de verschillende betrokken actoren in het ontwerpproces (zie bijvoorbeeld Figuur 3 waarin het ontwerpproces (boven) en de levenscyclus van materialen (onder) naast elkaar zijn gezet. In de werkelijkheid raken ze elkaar alleen tijdens de fysieke ingrepen, maar de ontwerpbeslissingen in een vroeg stadium, alsmede de wijze van grondstoffenwerving en verwerking aan de voor en achterkant van het proces, hebben beide grote invloed op de uiteindelijke impact.



Figuur 3 Ontwerpproces (boven) en materialencyclus (onder) van bouwwerken (Schröder, 2020)

Een bijzondere uitdaging is ook om circulariteit tijdens het ontwerpproces te waarderen in relatie tot huidige en toekomstige ‘institutionele’ waarderingsmethoden, zoals de bepaling van de MPG (MilieuPrestatie Gebouwen), die nodig is voor bouwvergunningen. Waarderingsmethoden die in vroegere fasen van het ontwerpproces worden gebruikt zullen, idealiter, voorsorteren op de

verwachte uitkomst van de MPG. Tegelijkertijd zullen er wellicht aanpassingen nodig zijn in de MPG, bijvoorbeeld om rekening te kunnen houden met de effecten van huidig en toekomstig hergebruik, die de milieubelasting van bepaalde materialen gunstig kunnen beïnvloeden. Vergelijkbare vragen kunnen worden gesteld rondom de invoering van een CO2 belasting en beoordelen van milieueffecten op basis van het Global Warming Potential.

Ten slotte is het ook binnen de kennis- en innovatielijn 'waardering' van groot belang in ogenschouw te blijven houden dat ontwerpen altijd breed getoetst moeten worden op verschillende criteria, waaronder veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, klimaatbestendigheid en uiteraard energiezuinigheid. 'Circulariteit' is in die zin 'slechts' een aanvullend criterium dat idealiter synergie oplevert met andere waarderingscriteria. De focus zal dus liggen op de (door)ontwikkeling van (parametrische) tools zodat ook in een vroeg stadium in het ontwerpproces inzicht kan ontstaan in de gevolgen van verschillende ontwerpkeuzes.

## 5.2 Kennisvragen waardering

De kennis- en innovatielijn 'waardering' richt zich op de volgende kennisvragen:

- **Huidige methoden:** Welke methoden en tools zijn beschikbaar om ontwerpprocessen en –beslissingen voor circulaire gebouwen en infrastructuur te waarderen en te onderbouwen, in verschillende fasen van het ontwerpproces, op basis van de verwachte impact op milieu en economische prestatie?
- **Innovatie methoden:** Welke aanpassingen van en aanvullingen op bestaande methoden zijn nodig om ontwerpprocessen en –beslissingen voor circulaire bouwwerken te optimaliseren in verschillende fasen van het ontwerpproces?

## 5.3 Innovatie waardering

In de kennis- en innovatielijn 'waardering' wordt gestreefd naar de volgende resultaten:

- **Waarderingsmethoden:** Circulaire LCA en TCO modellen die gebruikt kunnen worden voor het onderbouwen van beslissingen in verschillende fasen van het ontwerpproces van circulaire gebouwen en infrastructuur, voortbouwend en aanvullend op methoden zoals opgenomen in bijvoorbeeld de Toolbox van Cirkelstad en de Leidraad Meten van circulariteit van Platform CB'23.
- **Calculatiemodellen:** methoden om de 'residuele technische en economische waarde' van circulaire gebouwen, elementen, bouwcomponenten en materialen vast te stellen, ter ondersteuning van de circulaire TCO waardering.
- **Harmonisatie:** aanbevelingen voor harmonisatie en openbaarheid van waarderingsmethoden en –data voor circulaire gebouwen en infrastructuur die het ontwerpen voor circulaire bouwwerken kunnen ondersteunen.



## 6 K&I lijn 4: Materialen (keten)

### 6.1 Uitdagingen materialen

De vierde kennis- en innovatielijlijn richt zich op de beschikbaarheid en toegankelijkheid van materialen en elementen voor circulaire bouwwerken en de organisatie van de toeleveringsketen voor deze materialen. Om ontwerpen voor circulaire bouwwerken te kunnen realiseren, moeten materialen en bouwcomponenten direct beschikbaar zijn die 'ontwerpen met hergebruik', 'ontwerpen voor hergebruik' en 'ontwerpen met niet-giftige biologisch afbreekbare stoffen' mogelijk maken. Voor ontwerp met hergebruik moeten teruggewonnen elementen worden geïdentificeerd en 'gereserveerd' tot het moment van constructie ('sourcing'). Met ontwerp voor hergebruik moeten ontwerpers kunnen signaleren dat sommige elementen in de ( nabije) toekomst klaar zullen zijn voor hergebruik. En voor ontwerp met niet-giftige, biologisch afbreekbare stoffen: niet-giftig afval van biologisch afbreekbare stoffen moet terug in de biologische cyclus worden gebracht. De daaruit voortvloeiende configuraties van de toeleveringsketen is echter een onontgonnen gebied. Ontwerp- en sloopfasen worden meestal gezien als het begin en het einde van de levenscyclus van een bouwwerk - en daarom is er traditioneel weinig interactie tussen deze fasen. Het uitgangspunt van een circulaire gebouwde omgeving impliceert echter dat de verbinding tussen die fasen moet worden versterkt. Ontwerpers moeten daartoe informatie verzamelen, interpreteren en synthetiseren van zowel voorgaande als volgende sloopfasen - de zogenaamde a priori en a posteriori sloopinformatie (van den Berg, 2019). Daarbij kennen de drie genoemde ontwerpstrategieën elk hun eigen uitdagingen.

Ten eerste daagt ontwerp met hergebruik ontwerpers uit om geborgen materialen en elementen in hun ontwerpen op te nemen. Dit is radicaal anders dan de huidige dominante ontwerpmodi. Die modi gaan uit van oneindig beschikbare middelen en gooien het 'sourcing'-probleem van materialen over de muur - naar bijvoorbeeld de aannemer. Systems Engineering, de dominante ontwerpaanpak in de Nederlandse infrastructuursector, wordt bijvoorbeeld voornamelijk gedreven door de behoeften van klanten en belanghebbenden - in plaats van beperkingen in de beschikbaarheid van materialen. Er zijn maar weinig onderzoeken gericht op ontwerpen met hergebruikte elementen. Die werken benadrukken dat "het gebruik van teruggewonnen materialen een geheel nieuw niveau van complexiteit aan het project toevoegt" (Gorgolewski, 2008, p. 179). Een belangrijk uitdaging lijkt de gelijktijdige ontwikkeling van vraag en aanbod te zijn. De vraagzijde lijkt complex vanwege problemen die verband houden met certificering, naleving van bouwvoorschriften en consumentenvoorkeuren (zie bijv. Jayasinghe et al., 2019; Wijewickrama et al., 2021); de aanbodzijde is moeilijk te coördineren gezien het gebrek aan nauwkeurige informatie over bestaande gebouwen en hun slechte demonteerbaarheid (zie bijvoorbeeld Volk et al., 2014). Omgekeerde toeleveringsketens zijn daardoor onderontwikkeld, zeker in vergelijking met andere (maak) industrieën (Hosseini et al., 2014) en kansen om in het bredere ecosysteem te werken, waarin bijvoorbeeld ook materialen van buiten de bouw- en technieksector worden gebruikt, zijn onderbenut.

Ten tweede daagt ontwerp voor hergebruik ontwerpers uit om te anticiperen op de toekomstige demontage en het (andersoortige) gebruik van hun creaties. Te denken valt hierbij bijvoorbeeld

aan 'Design for Disassembly' richtlijnen (Crowther, 2018; Durmisevic, 2006), die omkeerbare verbindingen voorstellen (bijvoorbeeld boutmoeren) in plaats van onomkeerbare verbindingen (bijvoorbeeld lijm). Deze richtlijnen zijn doorgaans min of meer los van de dagelijkse praktijk van daadwerkelijke ontwerpers ontwikkeld. Aangenomen wordt dat toekomstige demontage gemakkelijker (en dus kosteneffectiever) zou zijn wanneer ontwerpers zich aan deze richtlijnen houden - maar deze bewering wordt vaak niet ondersteund met empirisch bewijs. Integendeel, Van den Berg et al. (2020) toonden aan dat sommige bouwelementen mogelijk niet worden teruggewonnen voor hergebruik, zelfs als een gebouwontwerp is geoptimaliseerd voor demontage. Die empirie moeten dus veel beter worden begrepen.

Ten derde is ontwerp met niet-giftige biologisch afbreekbare materialen een uitdaging voor ontwerpers vanwege structurele implicaties voor bouwconstructies (bijvoorbeeld kiezen voor houtconstructies in plaats van beton, met name hoogbouw en laterale stabiliteit), brand- en andere voorschriften (bijvoorbeeld toepassen van stro, papier of textielisolatie), veranderingen in de akoestiek en het fysieke binnenklimaat door toepassing van biobased in plaats van minerale materialen, de levenscycluskosten en implicaties voor onderhoud en beheer. Omdat veel van de biobased materialen nog niet zo lang geleden zijn toegepast, is er veel onbekend. Met name in de ontwerpfase is er veel meer en nieuwe informatie nodig als nieuwe biobased materialen worden toegepast. Bovendien zijn biobased alternatieven vaak nog niet formeel en wettelijk gecertificeerd op hetzelfde niveau als traditionele en bekende materialen (Jones & Brischke, 2017). Aan de andere kant kunnen biobased materialen beter presteren dan klassieke materialen (Pittau et al., 2018).

Een bijzondere uitdaging bij de 'sourcing' van circulaire bouwwerken ligt op het terrein van de installaties. De bouw- en technieksector is hier nog meer dan bij andere bouwcomponenten afhankelijk van de producenten. Het circulair maken van installaties kent specifieke uitdagingen rondom toepassing van ontwerpen voor hergebruik, met hergebruik en met biologische materialen. Bovendien kennen installaties een snellere technologische en economische veroudering, waardoor bij vernieuwing de afweging gemaakt moet worden tussen nieuwe installaties met hogere prestaties en energetische efficiëntie en hergebruik van het bestaande. Voor sommige bouwcomponenten, en zeker voor installaties, bestaan dan ook specifieke kennisvragen en innovatieopgaven.

## 6.2 Kennisvragen materialen

De kennis- en innovatielijn 'materialen' richt zich op de volgende kennisvragen:

- **Materialen:** Welke materialen en bouwcomponenten zijn reeds beschikbaar voor circulaire gebouwen en infrastructuur, onderscheiden naar 'ontwerpen met hergebruik', 'ontwerpen voor hergebruik' en 'ontwerpen met hernieuwbare materialen'?
- **Innovatie:** Welke materialen en bouwcomponenten moeten nog beschikbaar komen om alternatieve ontwerpen voor circulaire bouwwerken te kunnen realiseren? Welke bouwcomponenten kennen in de komende decennia een relatief grote vraag door nieuwbouw of vervanging en verdienen hierbij prioritering ('quick wins'). Welke mogelijkheden zijn ervoor om installaties ook te laten functioneren in een circulaire bouweconomie?

- **Informatie:** Welke informatie hebben ontwerpers, wanneer en op welke wijze nodig om ontwerpen voor circulaire bouwwerken te kunnen onderbouwen op haalbaarheid in termen van beschikbaarheid van materialen?
- **Organisatie:** Hoe zijn 'reversed supply chains' te organiseren om verschillende 'end-of-use' strategieën te faciliteren en welke businessmodellen passen hierbij?

### 6.3 Innovatie materialen

In de kennis- en innovatielijn 'materialen' wordt gestreefd naar de volgende resultaten:

- **Circulaire bouwmaterialenbank:** concept voor digitaal beschikbare informatie, voortbouwend op bestaande initiatieven, om ontwerpers makkelijk toegang te geven tot informatie over beschikbare materialen en bouwcomponenten voor verschillende circulaire ontwerpstrategieën.
- **Productinnovatie agenda:** agenda met aanbevelingen voor verdere materiaal en productontwikkeling (bijvoorbeeld in de installatiesector) om veelbelovende, innovatieve ontwerpconcepten voor circulaire bouwwerken mogelijk te maken (die met de huidige materialen en componenten nog niet realiseerbaar zijn).
- **Systeemontwerpen:** logistieke- en bijpassende businessmodellen voor toeleverende ketens die het sluiten van kringlopen van bouwmaterialen en –componenten mogelijk maken.

# 7 K&I lijn 5: Context ('enablers')

## 7.1 Uitdagingen context

Dat circulaire gebouwen en infrastructuur wenselijk zijn, wordt breed gedragen. Dat hiervoor veel verandering binnen de bouw- en technieksector zelf nodig is, staat ook niet ter discussie. Het voorgestelde kennis- en innovatieprogramma Circulair Ontwerpen voor Gebouwen en Infrastructuur beoogt aan die verandering bij te dragen door ontwerpgedreven processen en innovaties een flinke impuls te geven. Maar ontwerpgedreven processen alleen, hoe belangrijk ook, zijn onvoldoende om de bouw- en technieksector om te vormen tot een circulaire bouweconomie. En ook de bouw- en technieksector zelf kan dat niet alleen, maar is afhankelijk van ontwikkelingen in de bredere maatschappelijke context om strategieën die nu al wenselijk lijken ook op grotere schaal mogelijk te maken.

Bouwregelgeving wordt vaak genoemd als bepalende factor voor de juridische haalbaarheid van oplossingen en kan zowel beperkend als stimulerend werken. De wijze waarop de energietransitie plaatsvindt heeft een directe relatie met de bouwtechnische en –fysische eisen aan onze bouwwerken. Invoering van een CO2 belasting zal ook effecten hebben, die mede afhangen van of zo'n belasting ook rekening houdt de 'embedded' energy en CO2.

Voor de financiële haalbaarheid wordt vaak gesproken over nieuwe business- en financieringsmodellen, maar die financieringsmodellen moeten wel passen binnen waarderingskaders van accountants, taxateurs en financiers. Dergelijke partijen zullen dus ook deelgenoot moeten worden gemaakt van de transitie in de bouw- en technieksector.

Naast regelgeving en economische kansen moet ook gekeken worden naar de rol van de grotere professionele opdrachtgevers in de bouw- en technieksector, die innovatie en opschaling daarvan kunnen helpen te versnellen. En ook de sociale acceptatie is van belang. Wat hebben we er uiteindelijk allemaal aan, niet alleen als investeerder maar ook als eindgebruikers van bouwwerken? Gaat het verder dan het verder inperken van milieuschade of draagt het ook bij aan grotere welvaart en welzijn. En hoe kan de sociale acceptatie vergoot worden?

Bij de overgang naar een circulaire bouweconomie is het ook goed lering te trekken uit transitietheorieën, relevante bestaande concepten uit IFD en biobased bouwen, en eerdere ervaringen (of pogingen) om grootschalige vernieuwing in de bouw te realiseren.

In het programma nemen wij daarom een vijfde kennis- en innovatielijns op, die zich specifiek richt op de context waarin circulaire gebouwen en infrastructuur ontworpen en gerealiseerd worden. De uitkomst van deze lijn zal voortkomen uit de verzamelde inzichten in de belemmeringen en stimulansen voor circulaire bouwwerken uit de overige lijnen.

## 7.2 Kennisvragen context

De kennis- en innovatielijijn 'context' richt zich op de volgende kennisvragen:

- **Contextuele factoren:** hoe wordt de ontwikkeling en implementatie van circulaire ontwerpen voor gebouwen en infrastructuur belemmerd en bevorderd door contextuele factoren op technisch, institutioneel, economisch en cultureel vlak?
- **'Enablers':** welke aanpassingen in de context van circulaire ontwerpen voor gebouwen en infrastructuur kunnen worden aanbevolen om de implementatie ervan te bevorderen door het wegnemen of omzeilen van belemmeringen en het versterken van bevorderende factoren?

## 7.3 Innovatiecontext

De innovaties die uit deze lijn voortkomen zullen waarschijnlijk voor een groot deel buiten de invloedssfeer van dit kennis- en innovatieprogramma liggen, zodat de resultaten hier vooral een innovatieagenda op zullen leveren met:

- **Toekomstperspectieven:** visies voor de bredere sociale, economische, technologische, culturele, juridische en ruimtelijke context waarbinnen circulaire gebouwen en infrastructuur zullen gaan functioneren, resulterend in aanbevelingen voor ontwerpen, financieringsmodellen en systeemaanpassingen.
- **Aanbevelingen:** suggesties voor beleid, regelgeving, financiering, technologische ontwikkeling om de implementatie van circulaire ontwerpen voor bouwwerken te bevorderen.

# 8 Verantwoording

## 8.1 Auteurs

Het kennis- en innovatieprogramma is op verzoek van het BTIC geschreven door vertegenwoordigers vanuit de achterban die werkzaam zijn in de ontwerp-, bouw- en technieksector. Het schrijfteam bestond uit de volgende personen:

- Vincent Gruis TU Delft
- Torsten Schröder TU Eindhoven
- Marc van den Berg Universiteit Twente
- Silu Bhochhibhoya Universiteit Twente
- Stefan Dannel TNO
- Stephanie Lamerichs Witteveen+Bos + Koninklijke NLI ingenieurs
- Perica Savanović Avans
- Ruben Vrijhoef TU Delft
- Henk Visscher BTIC

Daarnaast hebben diverse mensen langs verschillende wegen waardevolle inbreng geleverd om het programma aan te scherpen en de praktijkrelevantie te vergroten, waaronder:

- Menno Rubbens Cepezed
- Dinant te Brinke BAM
- Maarten Donkers Rabo Real Estate Finance
- Crystal Ririassa Rijksvastgoedbedrijf
- Maarten Schaffner Witteveen+Bos
- Hans Scherpenzeel Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
- Paul Terwisscha Volksbelang Helmond
- Laurens de Vrijer Techniek Nederland
- Hans Wamelink TUD, Voorzitter Actieteam Circulair Ontwerpen CB'23
- Edwin van de Wel Rijkswaterstaat
- Thomas Wellink Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
- Ger van der Zanden Smart Building Design
- NL-GO Nationaal Lectorenplatform Gebouwde Omgeving
- Huub Keizers BTIC

## 8.2 Bronnen

- Brand, S. (1994). *How buildings learn : what happens after they're built*. New York, NY ; London: Viking.
- Cirkelstad. (2020). Circulair bouwen: 'Het nieuwe normaal'. Retrieved from <https://www.cirkelstad.nl/wp2/wp-content/uploads/2020/12/Hnn0.1-def.pdf>
- Cramer, J. (2017). The Raw Materials Transition in the Amsterdam Metropolitan Area: Added Value for the Economy, Well-Being, and the Environment. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 59(3), 14-21. doi:10.1080/00139157.2017.1301167
- Cross, N. (2006). *Designerly ways of knowing*. London: Springer.
- Crowther, P. (2018). Re-Valuing Construction Materials and Components Through Design for Disassembly. In C. Robert, S. Christopher, C. Guanyi, & T. Yindong (Eds.), *Unmaking Waste in Production and Consumption: Towards the Circular Economy* (pp. 309-321): Emerald Publishing Limited.
- Durmisevic, E. (2006). *Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*: PhD dissertation. Delft University of Technology.
- Gorgolewski, M. (2008). Designing with reused building components: some challenges. *Building Research & Information*, 36(2), 175-188. doi:10.1080/09613210701559499
- Hosseini, M. R., Chileshe, N., Rameezdeen, R., & Lehmann, S. (2014). Reverse logistics for the construction industry: Lessons from the manufacturing context. *International Journal of Construction Engineering and Management*, 3(3), 75-90. doi:10.1177/0734242x15584842
- Jayasinghe, R. S., Rameezdeen, R., & Chileshe, N. (2019). Exploring sustainable post-end-of-life of building operations: A systematic literature review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(4), 689-722. doi:10.1108/ECAM-08-2017-0148
- Jones, D., & Brischke, C. (2017). *Performance of bio-based building materials* [1 online resource (xiv, pages) : illustrations (some colour)](First edition. ed.).
- Pittau, F., Krause, F., Lumia, G., & Habert, G. (2018). Fast-growing bio-based materials as an opportunity for storing carbon in exterior walls. *Building and Environment*, 129, 117-129. doi:10.1016/j.buildenv.2017.12.006
- Samuel, F. (2018). *Why architects matter : evidencing and communicating the value of architects* (1st ed.). London and New York: Routledge.
- Schröder, T. (2020). *Circular Design in Architecture*. Paper presented at the ARISE GIN Symposium 2020 "Towards Circular Regions", University of Twente.
- van den Berg, M. (2019). *Managing Circular Building Projects*: PhD dissertation. University of Twente.
- van den Berg, M., Voordijk, H., & Adriaanse, A. (2020). Recovering building elements for reuse (or not): Ethnographic insights into selective demolition practices. *Journal of Cleaner Production*, 256.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127. doi:10.1016/j.autcon.2013.10.023
- Wijewickrama, M. K. C. S., Chileshe, N., Rameezdeen, R., & Ochoa, J. J. (2021). Information sharing in reverse logistics supply chain of demolition waste: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production: Part 1*, 280(Part 1). doi:10.1016/j.jclepro.2020.124359
- Yaneva, A. (2009). *The Making of a Building, A Pragmatist Approach to Architecture* Bern: Peter Lang.





Bouw en Techniek **Innovatiecentrum**

Van der Burghweg 1  
2628 CS Delft

[office@btic.nu](mailto:office@btic.nu)  
[www.btic.nu](http://www.btic.nu)