

**MMIP CIRCULAIRE BOUW
EN INFRASTRUCTUUR**

Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma

Management samenvatting

Circulaire bouw en infra is een essentieel onderdeel in het komen tot een CO₂ vrije en toekomstbestendige gebouwde omgeving en het verhogen van de weerbaarheid van de gehele sector. Nederland staat voor een enorme bouw- en renovatieopgave met ambitieuze doelen voor 2030 en 2050. Tegen 2030 moeten 1 miljoen gebouwen nieuw gebouwd of getransformeerd worden, terwijl de emissies tijdens het bouwproces aanzienlijk moeten worden verminderd en het gebruik van primaire grondstoffen sterk moet afnemen. Tegen 2050 moeten 7 miljoen gebouwen zijn verduurzaamd, moet de gebouwde omgeving volledig klimaatbestendig zijn en moeten tienduizenden bruggen, tunnels en andere civiele kunstwerken vervangen of gerenoveerd zijn. Deze inspanningen moeten bijdragen aan een reductie van 50% primair abiotisch grondstoffen verbruik in 2030 en volledige circulariteit en klimaatbestendigheid in 2050 [1].

Om de milieudoelstellingen te halen, en de weerbaarheid van de sector te vergroten is een versnelling van innovatie in de bouw- en infrastructuursector noodzakelijk. Innovatie blijft echter vaak lokaal en projectmatig, wat leidt tot gefragmenteerde kennisontwikkeling en trage adoptie van nieuwe technieken en aanpakken. Innovatieve oplossingen in de circulaire bouw vereisen samenwerking binnen een ecosysteem, waarin verschillende partijen samen complementaire waardeproposities ontwikkelen. Dit vraagt om een adaptief ecosysteem dat in staat is om nieuwe relaties te creëren die nodig zijn om gezamenlijk circulaire impact te realiseren.

Het Meerjarige Missie-gedreven Innovatieprogramma (MMIP) Circulaire Bouw en Infra richt zich op het realiseren van een duurzame transitie in de bouw- en infrastructuursector door middel van circulariteit. Door in te zetten op het ontwikkelen en versterken van circulaire innovatie-ecosystemen komen we tot de productiviteitssprong en cultuurverandering die nodig is om een effectieve circulaire bouweconomie te bereiken. Een innovatie-ecosysteem is een samenwerkend netwerk waarin organisaties hun krachten bundelen om systeem brede uitdagingen aan te pakken en duurzame oplossingen te creëren.



Figuur 1. Innovatie-ecosysteemaanpak: van een lineaire naar een circulaire waardeketen.

Dit document geeft voor het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur een overzicht van de innovatie-ecosysteemaanpak, de maatschappelijke opgaven, de innovatievragen, en de mogelijke innovaties en de programmering. Het vormt de basis voor programmering in concrete innovatieprogramma's, waarin overheid, kennisinstellingen en marktpartijen in consortia samenwerken aan schaalbare innovaties. Binnen TKI Bouw en Techniek zijn er drie MMIP's, 1. Levensduurverlenging: behoud van assets dus instandhouding en transformatie, 2. Klimaatadaptatie: dus toekomstbestendig en 3. Circulariteit: met minimale milieu-impact dus circulair.

De MMIP-programmering wordt opgezet vanuit een innovatie-ecosysteemaanpak. Vanuit deze aanpak ontwikkelen en implementeren we de benodigde innovaties op het gebied van industrialisatie, digitalisatie

en contractering om impactvolle waardeketens om te buigen van lineair naar circulair (zie figuur 1). Dit doen we samen met koplopers uit de waardeketens, ondersteund door het bredere

ecosysteem op gebieden waar belemmeringen moeten worden weggenomen. Het MMIP richt zich specifiek op het ontwikkelen van circulaire innovatie-ecosystemen binnen de bouw en renovatie van woningen, infra en installaties.

Deze innovatie-ecosystemen worden (door)ontwikkeld die innovaties stimuleren op gebied van industrialisatie, digitalisatie en contractering. TKI Bouw en Techniek vervult hierbij de rol van katalysator door te werken voor en met koplopers vanuit kennisinstellingen, overheden en marktpartijen aan deze innovaties. Het doel is om binnen twee tot zes jaar schaalbare toepassingen te realiseren die bijdragen aan de transitie naar een circulaire bouwconomie. Hierbij staan drie maatschappelijke opgaves centraal:

- Hoe zorgen we voor de realisatie van extra huisvesting voor 1 miljoen huishoudens [9] en 7 miljoen gerenoveerde woningen met zo min mogelijk schade aan het milieu?
- Hoe houden we onze infrastructuur op een circulaire manier veilig?
- Hoe maken we onze gebouwen op een circulaire manier gezond en toekomstbestendig?

Deze vragen geven richting aan de ontwikkeling van de innovatie-ecosystemen in de innovatieprogramma's die vanuit dit MMIP opgezet en ondersteund worden.

Inhoud

Management samenvatting	2
1. Opgave	4
2. Innovatie-Ecosysteemaanpak	5
3. Maatschappelijke opgaves	7
3.1 Hoe zorgen we voor de realisatie van extra huisvesting voor 1 miljoen huishoudens [9] en 7 miljoen gerenoveerde woningen met zo min mogelijk schade aan het milieu?	9
3.2 Hoe houden we onze infrastructuur op een circulaire manier veilig?	10
3.3 Hoe maken we onze gebouwen op een circulaire manier gezond en toekomstbestendig?	12
4. Bestaande innovatieprogramma's	13
5. Stakeholders MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur	14
5.1 Samenhang topsectoren beleid	15
6. Context MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur	15
Bijlage 1: Leden Programma Adviesraad	16
Bijlage 2: Bronnen	16

1. Opgave

Nederland staat voor een ingrijpende bouw- en renovatieopgave. De ambitie is om voor 2030 1 miljoen gebouwen nieuw te bouwen of te transformeren, een significante reductie van emissies tijdens het bouwproces te realiseren, en het gebruik van primaire abiotische grondstoffen sterk te verminderen [1]. Tegen 2050 moeten daarnaast 7 miljoen gebouwen zijn verduurzaamd, de gebouwde omgeving volledig klimaatbestendig zijn gemaakt, en tienduizenden bruggen, viaducten, tunnels en sluizen zijn vervangen en gerenoveerd. Bij al deze inspanningen staan de doelen voor circulariteit centraal: we streven naar 50% reductie van primair abiotisch grondstoffen gebruik in 2030 en een volledig circulaire en klimaatbestendige gebouwde omgeving in 2050 [1]. Om deze ambitieuze doelen te bereiken, is een flinke versnelling van innovaties in de bouwsector noodzakelijk.

De milieu-impact van de sector is aanzienlijk. Wereldwijd is de gebouwde omgeving verantwoordelijk voor 40% van de CO₂-uitstoot [2] en meer dan 30% van de Europese koolstofvoetafdruk [3]. Bovendien is de sector een van de grootste verbruikers van grondstoffen, goed voor ongeveer 63% van het totale materiaalverbruik wereldwijd [3]. Ook in Nederland is de bouwsector de grootste materiaalverbruiker, verantwoordelijk voor 50% van het totale materiaalverbruik van het land inhoudt [4].

De grootste belemmeringen om tot een effectieve circulaire bouweconomie te komen zijn in te delen in vier categorieën; financieel, grondstoffen, juridische en maatschappelijke acceptatie, en de organisatie van de sector. Op financieel gebied zitten de uitdagingen vooral in het verlagen van de kosten van de circulaire bouweconomie en het financieren van circulaire oplossingen.

Op het vlak van grondstoffen gaat het zowel om het mee krijgen van de sector in het op schaal werken met innovatieve materialen met lagere milieu-impact en het inrichten van de keten zodat

grondstoffen, componenten en hele bouwwerken daadwerkelijk zo hoogwaardig mogelijk in gebruik blijven. Voor grondstoffen is een grote uitdaging de hoge afvalproductie in de sector [4]. Hoewel recycling vaak plaatsvindt, betreft dat vaak downcycling. Hierbij worden materialen op een lager kwaliteitsniveau opnieuw gebruikt. Zo wordt 98% van vrijgekomen materiaal in de GWW opnieuw gebruikt, echter is 75% hiervan downcycling [5].

Ook zien we belemmeringen bij de juridische en maatschappelijke acceptatie van innovatieve materialen en (digitale) middelen. Daarnaast is de sector zo georganiseerd dat er veel inventiviteit plaats vindt op projectbasis, maar dat deze projectgerichtheid de transitie naar een circulaire bouweconomie afremt. Zo vindt innovatie vaak lokaal en projectmatig plaats binnen een complexe en voortdurend veranderende keten van betrokkenen. Dit leidt tot gefragmenteerde kennisontwikkeling en onvoldoende structurele uitwisseling van inzichten, waardoor de brede toepassing van nieuwe ontwikkelingen traag verloopt.

Om de milieu-uitdagingen en ambitieuze doelstellingen te behalen, moet de bouwsector in Nederland sneller innoveren en efficiënter samenwerken. Om deze versnelling in de innovatie te realiseren, is de ontwikkeling van effectieve innovatie-ecosystemen van groot belang. Dit MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur richt zich op het stimuleren van de ontwikkeling van innovaties op het gebied van digitalisatie, industrialisatie en contractering voor deze transitie. Het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur focust zich primair op innovaties die in een periode van twee tot zes jaar leiden tot schaalbare toepassingen. TKI Bouw en Techniek vervult hierbij de rol van katalysator door te werken voor en met koplopers vanuit kennisinstellingen, overheden en marktpartijen aan deze innovaties. Binnen TKI Bouw en Techniek zijn er drie MMIP's, 1. Levensduurverlenging: behoud van assets dus instandhouding en transformatie, 2. Klimaatadaptatie: dus toekomstbestendig en 3. Circulariteit: met minimale milieu-impact dus circulair.

2. Innovatie-Ecosysteemaanpak

De innovatieprogramma's vanuit dit MMIP worden ingericht aan de hand van een innovatie-ecosysteemaanpak. Om versneld richting een circulaire bouweconomie te bewegen, zijn effectieve innovatie-ecosystemen van groot belang [6] [7]. Een innovatie-ecosysteem is een samenwerkend netwerk waarin organisaties hun krachten bundelen om systeem brede uitdagingen aan te pakken en duurzame oplossingen te creëren. Door in te zetten op het ontwikkelen en versterken van circulaire innovatie-ecosystemen komen we tot de productiviteitssprong en cultuurverandering die nodig is om een effectieve circulaire bouweconomie te bereiken. Individuele organisaties kunnen op microniveau innovatieve oplossingen bieden en waardeproposities ontwikkelen, maar vrijwel geen enkele organisatie kan zelfstandig een circulaire waardeketen van de grond krijgen [8].

Om de keten versneld circulair te maken is het nodig om vlot met elkaar te schakelen, belemmeringen weg te werken en aanbod op elkaar aan te laten sluiten. Dit doen we door in de innovatieprogramma's te werken vanuit minimum viable ecosystems per waardepropositie (zoals circulaire bruggen of gevels).

In een minimum viable ecosystem werken partijen samen die minimaal nodig zijn om vanuit complementaire waardeproposities de eigen keten circulair te maken. In een minimum viable ecosystem voor circulaire innovatie ontstaan nieuwe relaties en worden circulaire waardeproposities afgestemd om de cirkel te sluiten. Dit leidt tot nieuwe inzichten, versnelt en vergroot de impact, en identificeert belemmeringen voor duurzame oplossingen.

Welke partijen idealiter met elkaar samen werken in deze innovatieprogramma's, is afhankelijk van de belemmeringen die in die specifieke waardeketen de huidige struikelblokken zijn om de cirkel rond te krijgen en efficiënt op te schalen. Naast het minimum viable ecosystem (het minimum aantal partijen nodig om de waardeketen circulair te maken) is er een schil aan aanbieders van innovatieve oplossingen om de huidige belemmeringen deels weg te nemen, externe experts (bijvoorbeeld uit andere innovatie-ecosystemen waarin vergelijkbare belemmeringen effectief zijn aangepakt) en onderzoekers nodig.

Binnen deze innovatie-ecosysteemaanpak wordt een lerende aanpak gehanteerd om versneld, al samen lerend, gedeelde waarde te creëren. Het doel is steeds toe te werken naar een circulaire keten vanuit gedeelde maatschappelijke waarde en het vinden van de meest effectieve rollen en waardeproposities voor elk van de partijen in het ecosysteem. Dit doen we niet alleen voor één pilot, maar met het oog op schaal en de lange termijn.

Om als innovatie-ecosysteem aan de slag te gaan, zal financiering nodig zijn. Dit kan worden ingezet om de belemmeringen in kaart te brengen en te starten met het (door)ontwikkelen en toepassen van de benodigde innovaties. In veel gevallen zullen de deelnemende partijen niet de volledige kosten van de samenwerking en innovatieontwikkeling in het minimum viable ecosystem volledig op zich kunnen nemen en zal een investering vanuit de overheid nodig zijn voor een effectieve aanpak. Vanuit dit MMIP zal TKI Bouw en Techniek zich inzetten om effectieve financiering van de benodigde innovatieprogramma's te organiseren en de meest kansrijke samenwerkingen te faciliteren.

Het identificeren van belemmeringen en duurzame oplossingen binnen het minimum viable ecosystem heeft implicaties op alle schaalniveaus van het ecosysteem. Op microniveau beïnvloedt het de innovatieactiviteiten van de deelnemers binnen het minimum viable ecosystem, zoals het aanpassen van de waardeproposities waardoor de ontwikkelde circulaire oplossingen slimmer kunnen schalen. Op mesoniveau heeft het invloed op de stappen binnen het bredere ecosysteem, zoals andere organisaties die vergelijkbare oplossingen gaan toepassen. En op macroniveau beïnvloedt het sectorbrede of landelijke interventies die grootschalige realisatie van de circulaire bouweconomie mogelijk maken, zoals veranderingen in beleid.

Daarnaast zorgen we ervoor dat de koplopers uit verschillende ketens steeds op het juiste moment met en van elkaar leren. Dit zal deels invulling krijgen door tijdelijk plaats te nemen in 'elkaars' buitenring vanuit de benodigde expertise in een andere keten en deels door weer nieuwe innovatieprogramma's op te zetten op de missende puzzelstukken.

Een belangrijke factor om op de lange termijn succes te garanderen, is het reduceren van transactiekosten binnen de circulaire keten, zodat het vliegwiel van innovatie echt op gang komt. Voorbeelden hiervan zijn kosten die circulaire manieren van werken op dit moment nog in de weg zitten zoals inventarisatie, demontage, reiniging, inzameling, opslag, transport, (milieu) vergunningen, eigendomsvraagstukken en certificering. Innovaties op het gebied van digitalisering, industrialisering en contractering zullen hierbij een belangrijke rol spelen.

Welke innovaties worden (door-)ontwikkeld binnen de context van het minimum viable ecosystem van een specifieke waardeketen, is afhankelijk van de grootste kansen en belemmeringen voor de transitie naar een circulaire bouweconomie in die specifieke context voor de komende 2-6 jaar.

3. Maatschappelijke opgaves

De programmering in het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur richt zich op drie grote maatschappelijke bouwopgaven die direct invloed hebben op de milieu-impact van de sector:



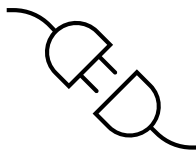
Woningbouw

Hoe zorgen we voor de realisatie van extra huisvesting voor 1 miljoen huishoudens [9] en 7 miljoen gerenoveerde woningen met zo min mogelijk schade aan het milieu?



Infrastructuur

Hoe houden we onze infrastructuur op een circulaire manier veilig?



Installaties

Hoe maken we onze gebouwen op een circulaire manier gezond en toekomstbestendig?

Deze drie opgaves zijn van cruciaal belang voor een passende, veilige, bereikbare en gezonde leefomgeving. Ze zijn geselecteerd vanwege hun grote potentie voor het verminderen van milieu impact op de lange termijn. Van de totale uitstoot van de Nederlandse bouwsector is namelijk 59% afkomstig van de woningbouw en 25% van infrastructuur, de overige 16% is afkomstig uit de utiliteitsbouw [10]. Daarnaast zijn binnen de woningbouw installaties verantwoordelijk voor 47% van de materiaal gebonden uitstoot [11] [12].

De innovaties die zullen worden ontwikkeld binnen dit MMIP kunnen bij een van de maatschappelijke opgaves horen, maar kunnen ook een innovatie bieden voor twee van de opgaves.

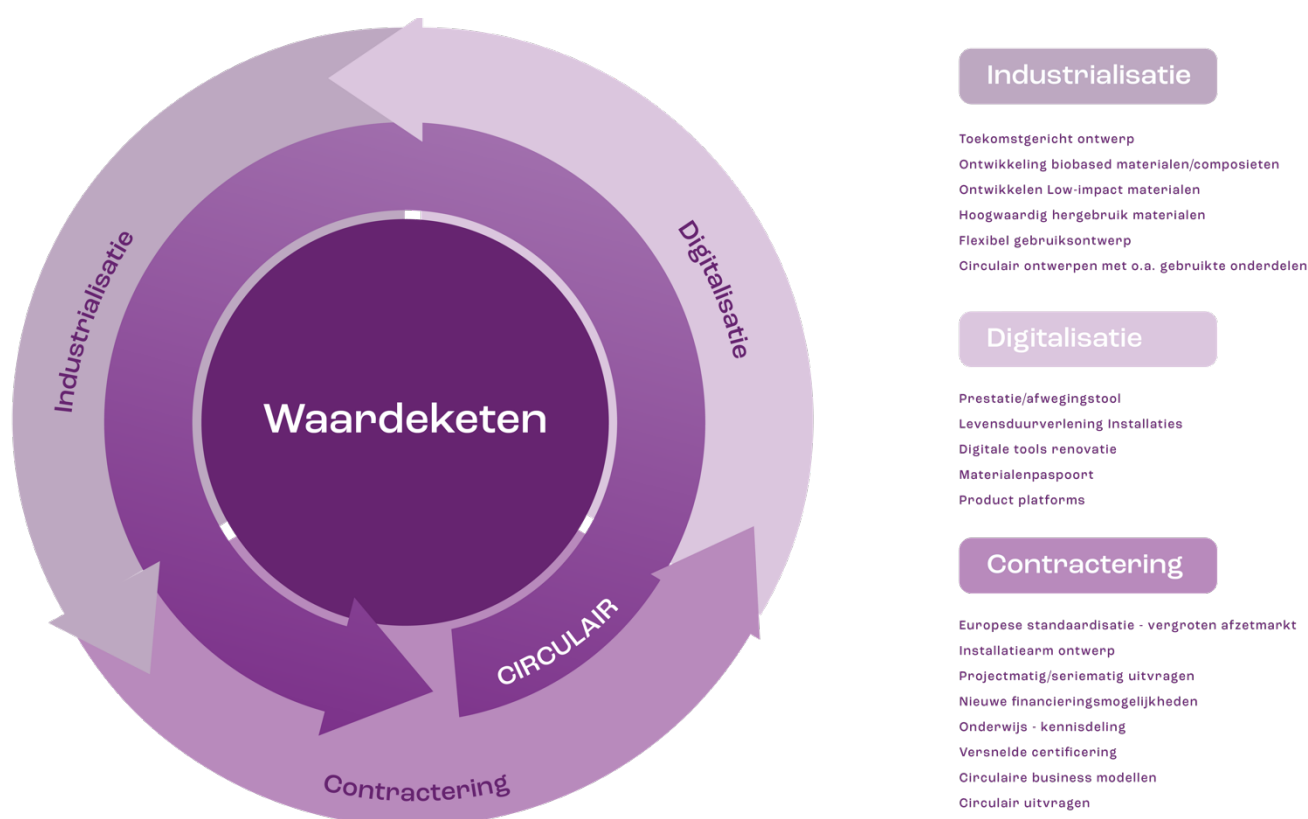
Bij alle drie de opgaven is het cruciaal om productiviteitsgroei te realiseren op een circulaire manier. Deze groei is nodig omdat de productiviteit van de sector al jaren stagneert [13] [14], terwijl de opgave steeds groter wordt. Hoe deze productiviteit op een circulaire wijze kan worden verhoogd, is een overkoepelende innovatievraag binnen dit MMIP. Er zullen dus ook activiteiten plaatsvinden die niet direct onder een van de drie maatschappelijke opgaven vallen, maar die wel bijdragen aan de algehele productiviteit en circulariteit en daarmee de weerbaarheid van de sector.

Binnen elk van de innovatievragen worden de belemmeringen in het circulair maken van de waardeketen aangepakt middels noodzakelijke innovaties op het vlak van industrialisatie, digitalisatie en contractering. De waardeketen vormt de kern, waarbij de huidige lineaire keten wordt omgevormd naar een circulaire keten. Dit wordt aangepakt in innovatieprogramma's met een innovatie-ecosysteemaanpak, waarbij partijen samenwerken op basis van gedeelde maatschappelijke waarde. In deze ecosystemen ontwikkelen zij gezamenlijk waardeproposities die de circulaire waardeketen mogelijk maken.

Innovaties spelen een cruciale rol in deze transformatie. Zo kan, afhankelijk van de belemmeringen die er op dat moment in die keten zijn, een materialenpaspoort bijdragen aan het hoogwaardig

hergebruik van materialen en waarde creëren uit bestaand materiaal. Een ander voorbeeld is het 'as-a-service' businessmodel, dat de circulaire waardeketen ondersteunt door producten aan te bieden op basis van gebruik in plaats van eigendom, zoals bij het model 'gevels-as-a-service'.

Figuur 2 toont hoe vanuit innovatie-ecosystemen de transitie van een lineaire naar een circulaire waardeketen plaatsvindt. Deze transitie wordt gefaciliteerd door innovaties op het gebied van industrialisatie, digitalisatie en contractering. Binnen de minimum viable ecosystems worden innovaties ontwikkeld en toegepast die aansluiten bij de drie maatschappelijke opgaven (woningbouw, infrastructuur en installaties) en de drie innovatiestromen. Door middel van deze ecosystemen worden de juiste partijen samengebracht om op een gestructureerde manier circulaire oplossingen te ontwikkelen en in de praktijk te brengen.



Figuur 2. Innovatie-ecosysteem aanpak in het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur; van een lineaire naar een circulaire waardeketen, middels potentiële innovaties die belemmeringen voor een circulaire bouwconomie in het ecosysteem wegnemen.

In het figuur zijn innovaties per innovatiestroom weergegeven die belemmeringen voor een circulaire bouwconomie weg kunnen nemen:

Industrialisatie richt zich op modulaire ontwerpen, waarmee bouwprocessen worden gestandaardiseerd en schaalbaar gemaakt. Dit maakt hergebruik van materialen eenvoudiger en efficiënter, wat vooral relevant is voor zowel woningbouw- als infrastructuurprojecten.

Digitalisatie ondersteunt de transitie door technologische oplossingen zoals een materialenpaspoort, dat inzicht biedt in de samenstelling en herkomst van materialen. Dit vergemakkelijkt het hergebruik en zorgt voor meer transparantie over de circulaire prestaties van projecten.

Contractering omvat de ontwikkeling van nieuwe circulaire businessmodellen, zoals 'as-a-service', waarbij eigendom van producten verschuift naar gebruik. Dit stimuleert een langere levensduur van bouwonderdelen en bevordert samenwerking tussen ketenpartners door contracten te standaardiseren en certificering te vereenvoudigen.

Door in te zetten op de (door)ontwikkeling en toepassing van die innovaties die een belangrijke belemmering binnen dat minimum viable ecosystem weg kunnen nemen wordt de waardeketen op een efficiënte en schaalbare manier circulair gemaakt.

3.1 Hoe zorgen we voor de realisatie van extra huisvesting voor 1 miljoen huishoudens [9] en 7 miljoen gerenoveerde woningen met zo min mogelijk schade aan het milieu?

***Innovatievraag:** Hoe zorgen we voor een productiviteitssprong in het tot stand brengen van circulaire woningen?*

Nederland staat voor een grote woonopgave, het streven is om voor 2030 1 miljoen woningen te realiseren [9]. Naast het realiseren van deze woningen ligt er een vervangings- en renovatie opgave voor ongeveer 7 miljoen woningen. Om zowel circulair als snel aan deze woonopgave te voldoen is een productiviteitssprong nodig. Deze productiviteitssprong kan gerealiseerd worden door middel van schaalbare innovaties gericht op industrieel, circulair en biobased bouwen. Hierbij ligt de focus op het bouwen en renoveren van woningen.

In eerdere rapporten zijn vier strategieën gepubliceerd die bijdragen aan een circulaire bouwconomie, waarbij de laatste drie strategieën onder dit MMIP vallen [10] [15]:

1. Zet in op levensduurverlenging en circulaire renovatie – behoud gebouwen op langdurige waarde.
2. Zoek naar alternatieven voor de huidige nieuwbouwvraag – transformeer bestaande gebouwen/verminder nieuwbouw.
3. Verander de manier van bouwen – bouw efficiënt.
4. Versnel de verduurzaming van de bouwmaterialenindustrie – bouw met gerecyclede en biobased materialen.

In het kader van dit MMIP zullen schaalbare innovaties worden ontwikkeld gericht op het industrieel, circulair en biobased realiseren en renoveren van woningen. Hierbij is het belangrijk om de barrières te identificeren die innovaties tegenhouden en vanuit innovatie ecosystemen te onderzoeken hoe we deze kunnen wegnemen, zodat deze innovaties sneller kunnen worden opgeschaald.

Belemmeringen

Voor een circulaire waardeketen in de woningbouw moeten nieuwe ecosystemen ontstaan met aangepaste rolverdelingen en de betrokkenheid van nieuwe partijen. De belemmeringen zitten hem hier voornamelijk op financiën, grondstoffen en maatschappelijke acceptatie. Financiële belemmeringen zijn bijvoorbeeld het gebrek aan kostenefficiëntie van, en financiële prikkels voor, circulariteit. Circulaire opties zijn vaak duurder door systeemkosten zoals; inventarisatie, demontage, reiniging, inzameling, kwaliteitscontrole, opslag, transport, transactiekosten als (milieu)vergunningen, contractering, eigendomsvraagstukken en certificering. Deze systeemkosten zijn verspreid over verschillende samenwerkingen in ketens. Een voorbeeld van een nieuwe rolverdeling is het 'gevels als service'-initiatief¹, waarbij de gevel eigendom blijft van de producent en kan worden hergebruikt bij demontage van de woning. Om meer van dit soort circulaire

¹ Voor meer informatie zie: circularfacadecompany.com

waardeketens te realiseren, moeten bijvoorbeeld slopers intensiever worden betrokken en zich positioneren als belangrijke materiaalleveranciers. Ook producenten van biobased materialen en componenten zullen moeten worden betrokken, eventueel in samenwerking met huidige toeleveranciers. Daarnaast is het van belang dat er wordt gewerkt aan de acceptatie van biobased materialen.

Industrialisatie

Geïndustrialiseerd en gedigitaliseerd (ver)bouwen en renoveren verhoogt de arbeidsproductiviteit en draagt bij aan maatschappelijke doelen en de toekomstbestendigheid van de sector [13]. De efficiëntie wordt verder versterkt door modulaire bouwconcepten en innovatieve industriële productiemethoden [14]. Het gebruik van hergebruikte componenten en biobased materialen in combinatie met modulair bouwen vermindert de uitstoot aanzienlijk. Dit vereist echter een zorgvuldige integratie van logistieke processen en levenscyclusoptimalisatie. De uitdaging ligt in het aanpassen of idealiter ontwikkelen van industriële processen voor zowel biobased als gebruikte materialen te kunnen toepassen.

Digitalisatie

Voor beheren en implementeren van gebruikte materialen is het belangrijk om concepten zoals het materiaalpaspoort en productplatforms te gebruiken en verder te ontwikkelen, zodat de eigenschappen en huidige voorraad van materialen/producten inzichtelijk worden. Daarnaast is het belangrijk om een prestatiewaarderingstool te hebben die alle afwegingen meeneemt en duidelijk kan laten zien wat de meest duurzame optie is voor een project. Ontwikkeling van parametrische tools is nodig om in een vroeg stadium inzicht te geven in de impact van ontwerpkeuzes en optimalisatie mogelijk te maken. Het Nieuwe Normaal² is zo'n methode die inzichtelijk maakt wat de afwegingen zijn voor materialen [16]. De volgende stap is dan om ervoor te zorgen dat deze tool op schaal wordt toegepast en wordt geoptimaliseerd met onder andere de mogelijkheid om meerdere levenscycli van componenten te evalueren (mits dit ook daadwerkelijk gebeurt).

Contractering

Om de transitie te versnellen is het cruciaal dat de certificering, regelgeving en veiligheidstoetsen van biobased materialen en gebruikte componenten wordt versneld, aangezien dit proces nu vaak lang duurt en soms onmogelijk is voor gebruikt materiaal. Daarnaast zijn circulaire businessmodellen en andere vormen van waardering en financiering nodig [17] om de financiële en operationele haalbaarheid van circulaire bouwpraktijken bij het hergebruiken van materialen en componenten te waarborgen.

3.2 Hoe houden we onze infrastructuur op een circulaire manier veilig?

Innovatievraag: *Hoe zorgen we voor een productiviteitssprong in het tot stand brengen van circulaire infrastructuur?*

Nederland staat voor de uitdaging om meer dan 87.000 [18] [1] civiele kunstwerken, zoals bruggen en tunnels, te vervangen of te renoveren om de infrastructuur veilig en duurzaam te houden. Dit vereist een verdubbeling [18] van de productiecapaciteit en het integreren van circulaire principes om de milieu-impact te minimaliseren en veiligheid te waarborgen. Om een productiviteitssprong te realiseren in het ontwikkelen van circulaire infrastructuur, moeten we innovaties omarmen die de snelheid en efficiëntie van vervanging en renovatie verhogen.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft transitiepaden³ ontwikkeld voor klimaatneutrale en circulaire infrastructuur. Deze paden richten zich op circulair ontwerpen,

² [Het Nieuwe Normaal](#) (link)

³ www.duurzame-infra.nl (link)

verduurzaming en hergebruik van materialen [19]. Dit MMIP sluit zich aan bij deze transitiepaden, waarbij er een focus wordt gelegd op het creëren van minimum viable ecosystemen op verschillende onderwerpen zoals 'industriële bruggen'.

Belemmeringen

In de infra sector zit een grote belemmering op de organisatie van de sector. Sterke ketensamenwerking is cruciaal voor het succesvol realiseren van circulaire initiatieven. Het succes van nieuwe businessmodellen is sterk afhankelijk van het ecosysteem waarin ze functioneren. Bijvoorbeeld, voor hoogwaardig hergebruik is samenwerking nodig tussen slooppartijen, toeleveranciers en andere betrokkenen. Dit vereist een hechte project-overstijgende samenwerking tussen opdrachtgevers en opdrachtnemers, waarbij opdrachtgevers een belangrijke stimulerende rol kunnen spelen [20]. Deze samenwerking verloopt echter nog vaak volgens ingesleten rolpatronen en een projectgerichte organisatiewijze die een cultuur van samen innoveren in de weg zitten. Daarnaast zou de invoering van een uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV) een stimulerende of zelfs dwingende rol kunnen spelen bij het opnieuw in de markt brengen van bouwmaterialen.

Industrialisatie

In de infrastructuur is circulair ontwerpen essentieel [21], het IFD-principe (industrieel, flexibel en demontabel) speelt hierbij een belangrijke rol. Dit principe richt zich op het langetermijndoel van circulariteit door infrastructuuronderdelen, zoals bruggen, demontabel te maken voor toekomstig hergebruik. Door standaardisatie van maatvoering worden deze onderdelen ook daadwerkelijk herbruikbaar. Hoewel dit de basis legt voor circulaire processen, blijft de uitstoot bij de productie van deze onderdelen een uitdaging. Daarom moet IFD worden gecombineerd met low-impact componenten, zoals hergebruikte materialen, low-impact beton of staal en nieuw te ontwikkelen biobased materialen. Het gebruik van primaire abiotische materialen moet zo worden geminimaliseerd.

Voor veel gebruikte materialen zoals beton, staal en asfalt, die aanzienlijke uitstoot veroorzaken bij de productie [21], is het cruciaal om deze materialen zo hoogwaardig mogelijk te hergebruiken. Tegelijkertijd moeten nieuwe productiemethodes worden ontwikkeld om ervoor te zorgen dat nieuw materiaal met minimale impact wordt geproduceerd. De ontwikkeling van biobased materialen kan hierbij ook een rol spelen door traditionele materialen te vervangen. Daarnaast kan de implementatie van industrialisatie in de infrastructuursector grote productiviteitswinsten opleveren, met name door het industrieel produceren en demontabel plaatsen van standaardcomponenten zoals liggers. Dit bevordert zowel efficiëntie als duurzaamheid in de sector.

Digitalisatie

Digitale tools kunnen helpen bij het beoordelen van de staat van bestaande kunstwerken en bij het identificeren van circulaire renovatiemogelijkheden. Het effectief beheren van informatiestromen een belangrijke rol in dit proces. Net als bij woningen is prestatiemeting belangrijk, waarbij Het Nieuwe Normaal toepasbaar is. Hoogwaardig hergebruik vereist schaalbare oplossingen voor inspectie, monitoring en gestandaardiseerde kwaliteitseisen. Tevens is het belangrijk om gebruikt materiaal te waarderen en certificeren om de veiligheid te waarborgen.

Contractering

Om circulair bouwen succesvol te integreren, is het cruciaal om het benodigde vertrouwen voor investeringen in industrialisatie te creëren. Dit begint met circulair uitvragen door opdrachtgevers, waarbij de nadruk ligt op modulair bouwen en seriematige aanbesteden aan de hand van gezamenlijke (gestandaardiseerde) specificaties. Ook is het gunstig als nationale normen voor afmetingen overeenkomen met Europese standaarden, wat de afzetmarkt voor fabrieken kan

vergroten en daardoor het investeringsrisico verminderd. Daarnaast speelt het ontwikkelen van circulaire businessmodellen en nieuwe financieringsmogelijkheden een belangrijke rol.

3.3 Hoe maken we onze gebouwen op een circulaire manier gezond en toekomstbestendig?

Innovatievraag: *Hoe zorgen we voor een productiviteitssprong in het tot stand brengen van circulaire installaties voor gebouwen?*

Installaties zijn een essentieel onderdeel van gebouwen en civiele kunstwerken. Omdat het volume – en daarmee de milieu-impact – van installaties in gebouwen aanzienlijk groter is dan bij civiele projecten, richt dit MMIP zich specifiek op gebouwinstallaties. Systemen zoals ventilatie, ruimteverwarming, koeling en warmtapwater dragen aanzienlijk bij aan de milieu-impact van een gebouw [22]. Installaties zijn verantwoordelijk voor 67% van de milieu-impact bij renovatieprojecten, deze projecten zijn op hun beurt verantwoordelijk voor 70% van de totale materialen impact [12].

Bij renovaties wordt momenteel vaak gekozen voor energiebesparende installaties, maar de materiaalgebonden emissies worden vaak niet meegenomen, waardoor werkelijke uitstootreducties pas na 2 tot 7 jaar optreden. Om de milieu-impact te verminderen, is het essentieel om te focussen op circulaire installaties (reuse en recycle) en installatie-arme of zelfs installatie-vrije bouwmethoden [23] (reduce). Innovaties op het gebied van circulaire installaties en installatie-arme technieken zijn cruciaal om te voldoen aan de behoeften van nieuwbouw en renovatie.

Circulaire materialen en technieken kunnen de milieu-impact van energierenovaties met maximaal 41% verlagen [12]. De grootste kansen liggen in de circulaire renovatie van zowel koop- als huurwoningen. Aangezien 60-80% van de milieu-impact van installaties zich tijdens de productiefase voordoet [12], zijn innovatieve oplossingen van groot belang voor het bevorderen van duurzaamheid.

Belemmeringen

De organisatie van de sector is een van de grote belemmeringen binnen installaties. Nieuwe rollen tussen betrokkenen en innovatieve financierings- en eigenaarschapsmodellen zijn essentieel voor de transitie naar circulaire installaties. Voor duurzaamheid is hechte samenwerking door de hele keten cruciaal. Materialen moeten op een hoogwaardige manier worden teruggewonnen uit bestaande gebouwen en opnieuw worden ingevoerd in de momenteel lineaire keten.

Het is van vitaal belang om te bepalen hoe deze keten circulair kan worden gemaakt en om die veranderingen door te voeren. Een ondersteunend ecosysteem is onmisbaar om deze transformatie te bevorderen. Bovendien kunnen maatregelen zoals uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV) de milieu-impact aanzienlijk verminderen door leveranciers aan te moedigen gebruikte materialen opnieuw op de markt te brengen. UPV wordt echter nog niet optimaal benut. Door samenwerking te versterken en UPV te optimaliseren, kan de bouwsector dichterbij haar circulaire economie-doelen komen.

Industrialisatie

Er liggen grote kansen voor circulaire renovaties binnen de installatietechniek, met name bij verwarmingsinstallaties, die momenteel de grootste bijdrage leveren aan emissies bij renovaties. Bij goed geïsoleerde woningen is de potentie tot emissiereductie van verwarmingsinstallaties echter beperkter, waardoor het belangrijk is om zorgvuldig te overwegen of een vervanging of optimalisatie van de verwarmingsinstallaties zinvol is. Een effectieve aanpak begint bij het meenemen van materiaal gebonden emissies in de besluitvorming. Vervolgens moet aandacht worden besteed aan de productie en het ontwerp, waarbij gebruikte materialen,

levensduurverlenging, en circulair ontwerp centraal staan. De ontwikkeling van nieuwe biobased materialen kan bijdragen aan het verminderen van de impact van installaties door installatiearm, of zelfs installatievrij, bouwen mogelijk te maken.

De ontwikkelingen in installaties zoals warmtepompen, ventilatiesystemen, zonnepanelen, batterijen, warmteopslag, en slimme regelingen gaan snel. Compactere systemen en hogere prestaties leiden echter vaak tot een kortere technische levensduur ten opzichte van de operationele levensduur. Dit betekent dat installaties eerder worden vervangen dan nodig is, omdat de wensen van de gebruiker veranderen en een nieuwe installatie vereisen. Daarom is het cruciaal om installaties zo te ontwerpen dat ze modulair geplaatst en vervangen kunnen worden. Tegelijkertijd moet er worden gefocust op toekomstgericht ontwerp en productie, waarbij rekening wordt gehouden met toekomstige welzijns- en comfortvraagstukken. Installatiearm, of zelfs vrij, ontwerpen kan hierbij ook bijdragen.

Daarnaast is het vanwege het grootschalig gebruik van metalen en kritieke materialen essentieel om in te zetten op hoogwaardig hergebruik van bestaande installaties.

Digitalisatie

Ook voor installaties is het essentieel om innovaties zoals productplatformen en het materiaalpaspoort te ontwikkelen, zodat hergebruik wordt gestimuleerd en er inzicht komt in de beschikbaarheid van materialen. Daarnaast is het cruciaal om digitale tools te ontwikkelen die specifiek gericht zijn op het verlengen van de levensduur van installaties.

Contractering

Circulaire bedrijfsmodellen moeten worden ontworpen met een focus op duurzaamheid en hergebruik. Beleid, certificering en passende juridische kaders zijn essentieel voor het opbouwen van een ecosysteem dat innovatie en opschaling circulaire installaties en installatiearm bouwen ondersteunt. Een belangrijk onderdeel van deze innovatie is installatiearm ontwerpen, wat in veel gevallen de meest circulaire optie vormt. Het huidige beleid resulteert echter vooralsnog in meer installaties dan installatiearm ontwerpen en bouwen [23].

4. Bestaande innovatieprogramma's

De voorgaande hoofdstukken schetsen een visie op een circulaire toekomst en de route hiernaartoe middels nieuw in te richten innovatieprogramma's met een innovatie-ecosysteem aanpak. Echter, het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur komt ook nu al deels tot uitvoer in innovatieprogramma's. Hieronder volgt een selectie van de meest relevante innovatieprogramma's die (mede) vanuit dit MMIP worden of zijn uitgevoerd.

Nationaal Groeifonds programma Toekomstbestendige Leefomgeving (TBL)

Met meer dan 100 partijen uit de ontwerp-, bouw- en technieksector werken wij aan een emissievrije, circulaire en klimaatbestendige leefomgeving voor 2050. Deze deelnemers werken samen in drie samenhangende consortia Infra, Gebouwen en Ecosysteem. Met het programma Toekomstbestendige Leefomgeving willen we met schaalbare innovaties een zodanige impuls geven aan de sector, dat de nodige versnelling, opschaling en productiviteitsverhoging plaatsvindt. Dit doen we door het ontwikkelen en implementeren van zowel sociale als technologische innovaties. Zie ook: toekomstbestendigeleefomgeving.nl.

In alle drie de consortia speelt circulariteit een belangrijke rol en wordt invulling gegeven aan het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur. De drie consortia in Toekomstbestendige Leefomgeving richten zich op: het (door)ontwikkelen van circulair en biobased bouwen, het datagedreven beheren en onderhouden van infrastructuur, het opschalen van industrialisatie en circulaire gebruik

van materialen in de sector, om productiviteit te verhogen en faalkosten te verkleinen en het versterken van het innovatie-ecosysteem, door in te zetten op nieuwe aanpakken rondom leren, samenwerken en structureel innoveren.

Regionaal Bouwen aan Human Capital

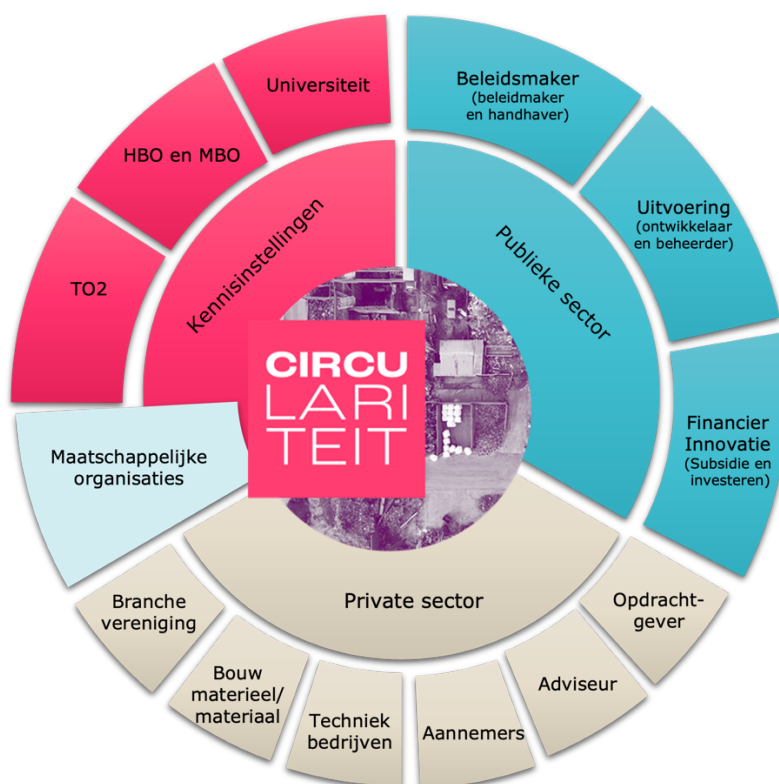
Afgerond (en vervolg opgestart in Ecosysteem Consortium van het Nationaal Groeifonds programma Toekomstbestendige Leefomgeving), 4 regionale hubs, honderden bedrijven en 1000 deelnemers betrokken bij nieuwe leermethoden, goed bezochte website met kennisproducten (www.rbhc.nl). Meerdere ontwikkelde kennisproducten zijn specifiek gericht op circulaire bouw.

Circulaire Energie Renovaties

Afgerond, 13 consortium partners, ondersteund door TKI Bouw en Techniek (MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur) en TKI Urban Energy. Binnen dit programma is een kansenkaart ontwikkeld die de grootste kansen ziet voor woningen en installatietechniek. Onderzoek uit het programma laat zien dat de keuze voor circulaire materialen en technieken de CO₂-uitstoot van renovaties aanzienlijk kan verlagen, met een terugverdientijd van 2 tot 7 jaar.

5. Stakeholders MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur

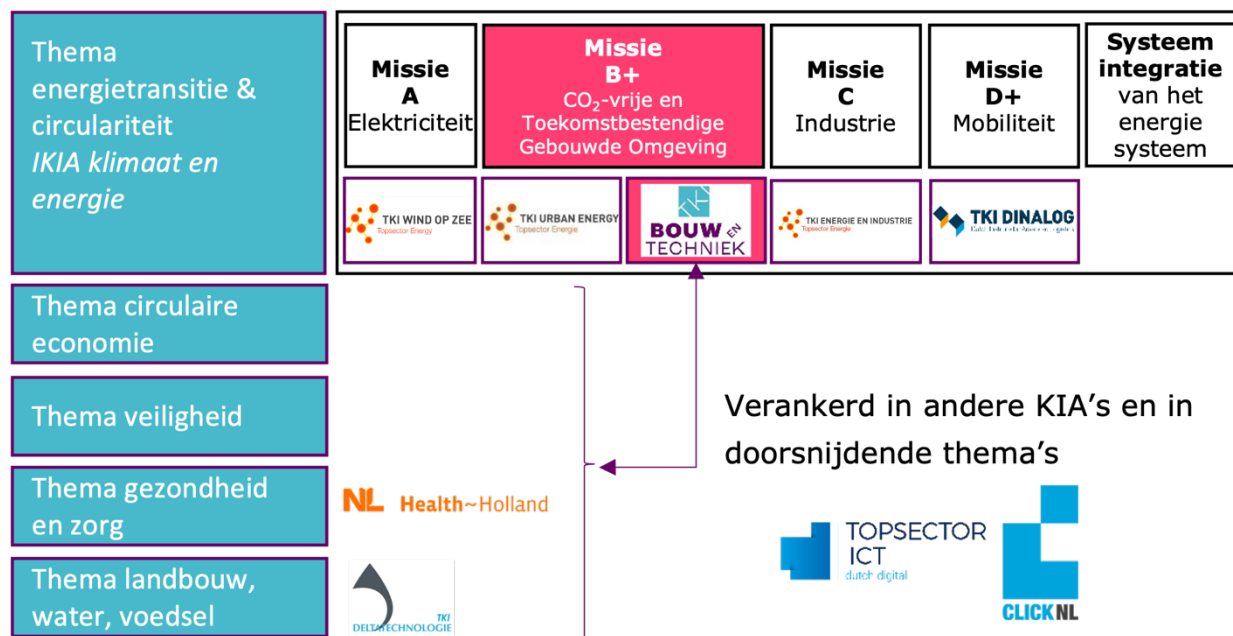
Vanuit TKI Bouw en Techniek wordt gewerkt aan de doelen van dit MMIP middels de quadruple helix bestaande uit de private sector, de publieke sector, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties. Onderstaand figuur geeft stakeholders van het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur vanuit de quadruple helix weer.



Figuur 3. Stakeholders MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur

5.1 Samenhang topsectoren beleid

TKI Bouw en Techniek vervult binnen het topsectorenbeleid missie B+ binnen het thema Energietransitie & circulariteit van de IKIA klimaat en energie. Daarnaast zoeken we waar relevant aansluiting en samenwerking bij andere thema's en missies, zie figuur. De meest relevante voor dit MMIP staan in figuur 4 toegelicht.



Figuur 4. IKIA klimaat en energie.

6. Context MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur

Het Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma (MMIP) Circulaire Bouw en Infrastructuur is een van de programma's van het nationale Missiegedreven Innovatiebeleid 2024-2027. Het is gericht op het versnellen van de circulaire transitie in de bouw en infra, en is een van de drie missies onder regie van TKI Bouw en Techniek. Dit MMIP sluit aan bij de gedeelde ambitie van bedrijfsleven, overheden en kennisinstellingen om uiterlijk in 2050 een circulaire bouw- en infrasector te realiseren.

Dit document geeft voor het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur een overzicht van de innovatie-ecosysteemaanpak, de maatschappelijke opgaven, de innovatievragen, en de mogelijke innovaties en de programmering. Het vormt de basis voor programmering in concrete innovatieprogramma's, waarin overheid, kennisinstellingen en marktpartijen in consortia samenwerken aan schaalbare innovaties. Omdat individuele innovaties niet automatisch leiden tot een sprong richting een circulaire bouwconomie wordt in deze innovatieprogramma's gebouwd vanuit en aan de ecosystemen die nodig zijn om belemmeringen vlot weg te nemen en deze sprong te bewerkstelligen.

Voorliggende 2.0 versie vervangt het MMIP 1.0 zoals vastgesteld op 3 april 2023. Het zal op regelmatige, minimaal jaarlijkse, basis geactualiseerd worden om recente ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht op te kunnen nemen. Dit gebeurt in nauw overleg met de bij dit MMIP horende Programma Adviesraad (PAR).

Bijlage 1: Leden Programma Adviesraad

Leden Programma Advies Raad voor het MMIP Circulaire Bouw en Infrastructuur:

- Vincent Gruis (voorzitter) (TU Delft)
- Carolien van Hemel (RWS)
- Sybren Bosch (Copper8)
- Nurhan Abujidi (Zuyd Hogeschool)
- Nancy Westerlaken (TNO)
- Hendrik-Jan Weggeman (Emergo)
- Juliette Bekkering (Bekkering Architects, TU Eindhoven)
- Ted Luiten (ProRail)

Bijlage 2: Bronnen

- [1] „Integrale Kennis- en Innovatie Agenda voor Klimaat en Energie,” 2023.
- [2] WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), „Built Environment Decarbonization,” [Online]. Available: <https://www.wbcsd.org/actions/built-environment-decarbonization/#:~:text=The%20built%20environment%20is%20currently,net%2Dzero%20transition%20of%20buildings..> [Geopend 30 8 2024].
- [3] D. d. Graaf, S. Schuitemaker, K. Hamada en V. Gruis, „Circular Buildings: constructing a sustainable future,” 2022.
- [4] Circle Economy; Metabolic, „The Circularity gap report - Built environment the Netherlands,” 2022.
- [5] J. Arnoldussen, T. Endhoven, J. Kok, P. Groot, M. Blok en M. Kamps, „Materiaalstromen in de bouw en infra,” EIB; Metabolic, 2022.
- [6] InvestNL, „De succesfactoren van circulair ondernemen,” 24 6 2024. [Online]. Available: <https://www.invest-nl.nl/actueel/de-succesfactoren-van-circulair-ondernemen?lang=nl>. [Geopend 30 8 2024].
- [7] L. Vosman, T. B. Coenen, L. Volker en K. Visscher, Collaboration and innovation beyond project boundaries: Exploring the potential of an ecosystem perspective in the infrastructure sector., vol. 41(6), Construction management and economics, 2023, pp. 457-474.
- [8] A. Wierenga, „Circular Venture Building - Emerging Fundamentals,” ScaleUpPractitioners, Het Groene Brein, InvestNL, 2024.
- [9] Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, „Kerncijfers woningbouw. [Online]. Available: <https://datawonen.nl/mosaic/dashboard/kerncijfers-woningbouw> [Geopend 17 03 2025].
- [10] Copper8; Metabolic; NIBE; Alba Concepts, „Bouwen binnen planetaire grenzen - CO2-IMPACT VAN DE NEDERLANDSE BOUW,” 2024.
- [11] Copper8, „Grote kans voor circulaire energierenovaties,” 11 3 2024. [Online]. Available: <https://www.copper8.com/grote-kans-voor-circulaire-energierenovaties/>. [Geopend 30 8 2024].
- [12] Copper8, „Naar Circulaire energie renovaties,” 2024.
- [13] F. Barbosa, L. Woetzel, J. Mischke, M. J. Ribeirinho, M. Sridhar, M. Parsons, N. Bertram en S. Brown, „Reinventing construction through a productivity revolution,” McKinsey, 27 2 2017. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution>. [Geopend 30 8 2024].

- [14] M. v. Sante, „Woningbouw ruim 40% efficiënter maar bouw toch nog steeds duurder,” ING, 31 10 2022. [Online]. Available: <https://www.ing.nl/zakelijk/sector/building-and-construction/arbeidsproductiviteit-bouw>. [Geopend 30 8 2024].
- [15] Metabolic, „FOUR CIRCULAR BUILDING PATHWAYS 2050,” 2024.
- [16] Cirkelstad, „De HNN leidraden,” 2023. [Online]. Available: <https://www.hetnieuwenormaal.nl/leidraden/>.
- [17] Copper8, „Circulaire verdienmodellen in de bouw,” 2020.
- [18] P. Rasker, A. Bletsis, B. Brongers, A. Vervuurt en E. Verweij, „Vernieuwingsopgave infrastructuur,” TNO, 2023.
- [19] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, „Roadmaps & Uitvoering - Naar een klimaatneutrale en circulaire infrastructuur,” 2022.
- [20] Witteveen + Bos; Copper8, „Advies strategie hergebruik Rijkswaterstaat,” 2023.
- [21] Copper8; Witteveen + Bos; Flux Partners, „Beleidsadvies Sturende MKI,” 2024.
- [22] Y. Decorte, N. V. D. Bosche en M. Steeman, „Importance of technical installations in whole-building LCA: Single-family case study in Flanders,” *Building and Environment*, vol. 250, 2024.
- [23] *Cooler zonder Airco - Wat houdt ons tegen?*. [Film]. Nederland: NPO - HUMAN, 2024.
- [24] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, „Naar klimaatneutrale en circulaire rijksinfrastructuur projecten,” 2020.

