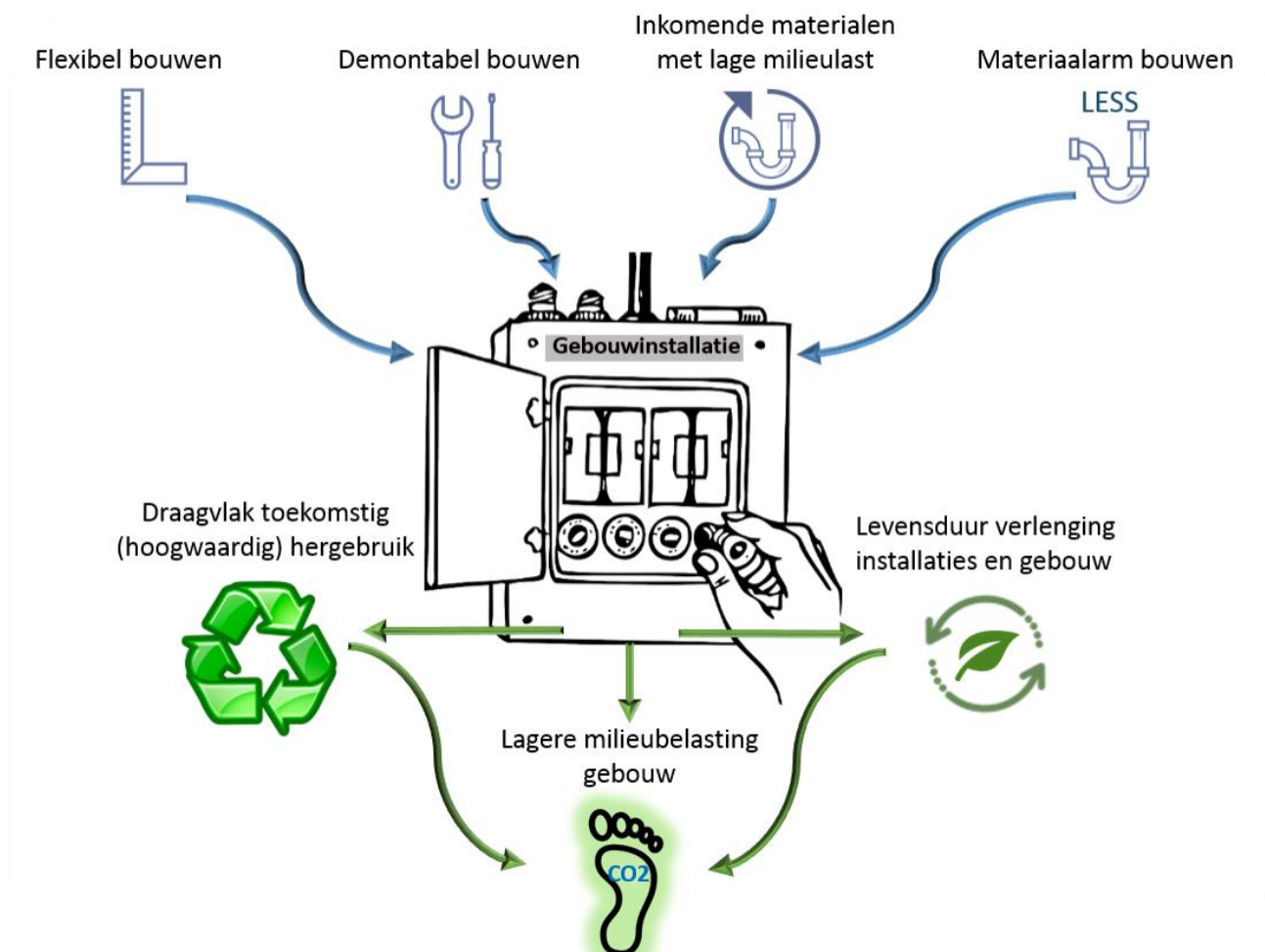




Vormgeven aan circulaire gebouwinstallaties

Een ontwerp-toolbox voor een circulair installatietechnisch
ontwerp in de utiliteitsbouw



Vormgeven aan circulaire gebouwinstallaties

Een ontwerp-toolbox voor een circulair installatietechnisch
ontwerp in de utiliteitsbouw

Rapportinformatie:

Datum: 27-05-2019
Projectnr.: 1714
Status: Definitief

Studentinformatie:

Auteur(s): Nordin Oudshoorn
Studentnr.: 1662508
E-mail: nordin.oudshoorn@student.hu.nl

Hogeschool:

Opleiding: Bachelor Built Environment,
Hogeschool Utrecht
Cursus: Afstudeerrichting Circulaire Stad
Cursuscode: TBBE-VAFOCIST-18

Beoordeling:

1° Examiner: Liza Looijen
2° Examiner: Judith Sloot

Merosch:

Begeleider: Menno Schokker- adviseur

Begeleider: Bart Advokaat- senior adviseur

Telefoon: 0172-651264

Voorwoord

Voor u ligt de afstudeerscriptie ter afronding van mijn vierjarige studie Bachelor Built Environment aan de Hogeschool Utrecht. Alle kennis en vaardigheden die ik tijdens mijn studie heb opgedaan zijn toegepast in deze scriptie. Allereerst wil ik graag mijn schoolbegeleidster Judith Sloot bedanken voor de kennisteam bijeenkomsten, goede begeleiding en feedback. Daarnaast wil ik ook Liza Looijen bedanken voor haar input en feedback op deze scriptie. Tevens wil ik de geïnterviewde personen bedanken voor hun tijd en deskundige input vanuit de praktijk. Tenslotte wil ik ook graag de collega's van Merosch bedanken en in het bijzonder mijn begeleiders Bart Advokaat en Menno Schokker voor hun enthousiasme, kritische blik en motiverende begeleiding.

Veel plezier toegewenst met het lezen van deze scriptie!

Nordin Oudshoorn

Bodegraven, 27 mei 2019

NB. Het resultaat van deze scriptie is verwerkt in een ontwerp-toolbox in Excel-formaat.

Introductie

De bouwbranche is zoekende naar wegen om circulair te denken en te handelen. Circulair bouwen begint al bij de onderzoeks- en ontwerpfase. In deze fasen is er nog de meeste ruimte voor aanpassingen en ambities. Daarom is het van belang dat in deze twee fasen van een project circulaire handvatten worden geboden aan adviesbureaus, gemeentes, projectontwikkelaars, projectmanagementbureaus, architecten en aannemers om tot een zo circulair mogelijk ontwerp te komen. Voor gebouwinstallaties is het nog het meest zoeken in de circulaire transitie door de complexiteit van de samenstelling.

Het doel van dit onderzoek is om een ontwerp-toolbox op te zetten die ondersteuning biedt aan de genoemde partijen in de onderzoeks- en ontwerpfase van gebouwinstallaties in de utiliteitsbouw. Hiervoor is de volgende hoofdvraag opgesteld: 'Op welke wijze kan een ontwerp-toolbox voor circulaire gebouwinstallaties bijdragen aan de kennis en bewustwording van ontwerpuitgangspunten en bijbehorende maatregelen om tot zo circulair mogelijke gebouwinstallaties te komen?'

Methode

Het onderzoek bestaat uit drie delen: literatuurstudie, praktijkonderzoek en de resultaten. Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag dient eerst geïnventariseerd te worden welke denkmodellen, beleid en principes er heersen in de circulaire bouweconomie. Vervolgens is het praktijkonderzoek uitgevoerd door middel van interviews en gesprekken met interne en externe collega's. Het praktijkonderzoek draagt bij aan het afwegen welke technische principes een basis kunnen vormen voor de ontwerp-toolbox. Daarbij zijn per principe uitgangspunten geformuleerd over hoe een principe terug kan komen in een technisch ontwerp van een gebouw en is de vertaling gemaakt van deze uitgangspunten naar de gebouwlaag installaties. Tot slot is het onderzoek afgesloten met de resultaten die met de ontwerp-toolbox zijn bereikt en de conclusies en aanbevelingen.

Resultaten

De resultaten die in de lijn der verwachting lagen zijn:

- De ontwerp-toolbox biedt een gestructureerd overzicht van uitgangspunten en maatregelen die circulariteit kunnen inbrengen in de onderzoeks- en ontwerpfase.
- Er is overzicht gecreëerd over in hoeverre de uitgangspunten en maatregelen bijdragen aan de circulariteit van het gebouw door middel van losmaakbaarheidsscores en schaduwkosten.
- Door de ontwerp-toolbox kunnen concrete en onderbouwde afwegingen worden gemaakt over welke maatregelen het beste gekozen kunnen worden in de ontwerpfase op basis van de bijdrage aan circulariteit.

De onverwachte resultaten die geboekt zijn:

- De ontwerp-toolbox biedt tevens een gestructureerd overzicht van informatie over maatregelen, producten en schaduwkosten dat nog ontbreekt. Dit kan worden gebruikt om beleidsmakers en de installatiebranche te wijzen op deze ontbrekende informatie.

Conclusie

De belangrijkste conclusie en antwoord op de hoofdvraag is dat de tool een structurering is van ontwerpuitgangspunten en maatregelen en bijdraagt aan de kennis en bewustwording van circulaire gebouwinstallaties.

Kanttelingen

De resultaten van deze scriptie en de toolbox richten zich op utiliteitsbouw maar alle uitgangspunten en een groot gedeelte van de maatregelen kunnen ook worden meegenomen in de onderzoeksfase en ontwerpfase van woningbouw.

Er moet daarnaast een kanttkening gemaakt worden bij het feit dat de ontwerp-toolbox een eerste inventarisatie van alle mogelijke ontwerputgangspunten en maatregelen is. Dit betekent dat er in de praktijk wellicht nog meer mogelijkheden zijn, maar deze nog niet zijn verwerkt in de toolbox.

Nog een kanttkening dat gemaakt moet worden is dat op dit moment er voor circulaire gebouwinstallaties nog te weinig levenscyclusanalyses opgenomen zijn in de Nationale Milieudatabase om een realistisch beeld te geven van de milieu impact van veel verschillende maatregelen voor gebouwinstallaties. In de meeste gevallen zijn er niet meerdere maatregelen met elkaar te vergelijken op schaduwkosten en dus op milieu impact. Het maken van een afweging over ontwerpkeuzes met behulp van de toolbox is dus niet altijd goed onderbouwd en betrouwbaar. In dat geval geeft de toolbox slechts een overzicht van mogelijke keuzes van maatregelen.

Aanbevelingen

- De aanbeveling voor Merosch is om de tool te gaan inzetten bij bouwprojecten in de onderzoeks- en ontwerpfase om ondersteuning te krijgen in het maken van circulaire keuzes.
- De aanbeveling en oproep voor de installatiebranche is om, idealiter gestuurd door de overheid, na te denken over het circulair ontwerpen van de gebouwinstallaties.
- Als vervolg op deze scriptie kan worden onderzocht hoe organisatorische principes als ketensamenwerking en product-as-a-service kunnen bijdragen aan het circulair maken van de gebouwinstallaties.
- Een ander vervolg onderzoek is dat kosten van de opgestelde maatregelen worden onderzocht, zodat er een afweging gemaakt kan worden tussen kosten en de bijdrage aan circulariteit van een maatregel.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Managementsamenvatting	4
Begrippenlijst.....	7
1 Inleiding	8
1.1 Positionering onderzoeksonderwerp	8
1.2 Aanleiding van het onderzoek.....	8
1.3 Vraagstelling	8
1.4 Onderzoeksdoelstelling	9
1.5 Maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie	9
1.6 Verwachte resultaten	9
1.7 Leeswijzer	10
2 Huidige beleidskader circulair bouwen	11
2.1 Markontwikkeling	11
2.2 Wet- en regelgeving	11
2.3 Kennis en bewustwording	12
3 Denkmodellen circulair bouwen.....	13
3.1 Op zoek naar een eenduidige definitie van circulair bouwen.....	13
3.2 Denkmodellen circulair bouwen.....	14
4 Principes circulair bouwen	15
4.1 Analyse principes circulair bouwen.....	15
4.2 Technische circulaire principes.....	15
5 Vertaling circulaire principes en uitgangspunten naar gebouwinstallaties	18
5.1 Indeling gebouwlagen	18
5.2 Onderverdeling gebouwinstallaties.....	18
5.3 Ontwerpprincipes en uitgangspunten voor circulaire gebouwinstallaties	19
6 Handleiding en resultaten circulair ontwerp-toolbox	20
6.1 Handleiding circulair ontwerp-toolbox.....	20
6.2 Resultaten.....	21
6.3 Toekomstige ontwikkelingen circulair ontwerp-toolbox	23
7 Conclusies en aanbevelingen	24
7.1 Conclusies.....	24
7.2 Discussie	24
7.3 Aanbevelingen	25
Literatuurlijst	27
Bijlagen	28

Begrippenlijst

Businessmodellen

Betekenis

Businessmodel of verdienmodel is de wijze waarop een bedrijf geld verdiend. Het model beschrijft hoe een organisatie waarde creëert, levert en behoudt. Het houdt daarbij dus rekening met zowel de opbrengsten- als de kostenkant.

BVO (bruto vloeroppervlak)

Bruto vloeroppervlak is de totale oppervlakte van een gebouw gemeten vanaf de buitenrand van de buitenste scheidingsconstructies.

Cradle to cradle (C2C)

Letterlijk vertaald 'van wieg tot wieg'. Dit principe uit de circulaire economie wil zeggen dat toegepaste grondstoffen volledig kunnen worden hergebruikt zonder hun waarde te verliezen.

LCA (levenscyclusanalyse)

Methode om de algehele milieubelasting van een product te berekenen gedurende de hele levenscyclus (van winning grondstof tot afvalverwerking)

Modulaire coördinatie

Standaardisatie in maatvoering van systemen en onderdelen om hergebruik te bevorderen.

MPG (milieuprestatie gebouw)

De MPG berekening geeft aan wat de milieubelasting is van alle toegepaste materialen in een gebouw. De MPG wordt uitgedrukt in schaduwkosten, oftewel de fictieve investering die gedaan zou moeten worden om de milieubelasting teniet te doen in € per m² BVO.

Restwaarde

De overgebleven waarde van een grondstof of product aan het einde van de functionele levensduur.

Reviseren

Het herbouwen van een product of component door de combinatie van hergebruik en reparatie van het bestaande product of component en gebruik van nieuwe onderdelen. Het product kan hierbij worden "geüpgraded" naar de specificaties van een nieuw product.

Systeemdenken

Overzicht houden van het hele geheel(systeem) en niet uitsluitend focussen op onderdelen van een (bouw)proces.

1 Inleiding

1.1 Positionering onderzoeksonderwerp

Binnen het thema circulair bouwen focust dit onderzoek zich op ontwerprichtlijnen voor gebouwinstallaties in de utiliteitsbouw. Door de complexiteit van de samenstelling zijn gebouwinstallaties het ondergeschoven kindje geworden in de transitie naar circulair bouwen. Dit onderzoek probeert een aanzet te geven om gebouwinstallaties mee te nemen in het circulair ontwerpen van gebouwen, daarbij ligt in dit onderzoek de focus op utiliteitsgebouwen. In de ontwerpfase is namelijk nog de meeste ruimte voor verandering van de bouwmethode en ontwerpkeuzes. De utiliteitsbouw is daarbij een belangrijke bouwtypologie. In vergelijking met de woningbouw is bij renovatie van de utiliteitsbouw meer mogelijk op het gebied van circulariteit, doordat veel installaties en onderdelen van installaties niet zijn ingestort zoals bij bijvoorbeeld woningen wel het geval is. Dit onderzoek focust zich dan ook op ontwerprichtlijnen voor nieuwbouw én renovatie. In paragraaf 1.2.2. wordt aangegeven dat er ook grote behoefte is aan duidelijkheid over financiële consequenties van circulair ontwerpen en bouwen. Dit wordt in de ontwikkeling van de ontwerp-toolbox meegenomen maar zal in dit onderzoek omwille van de beperkte tijd nog niet worden ingevuld. De organisatorische en juridische principes vallen eveneens buiten de scope van dit onderzoek. Het belang van de aansluiting en afstemming met deze principes zijn wel terug te vinden in bijlage B4.

1.2 Aanleiding van het onderzoek

1.2.1 Knelpunten huidige praktijk

In de huidige bouwpraktijk zijn circulair ontworpen gebouwinstallaties nog nauwelijks terug te vinden. Buiten de financiële motieven, ligt dit vooral aan de beginfase waarin de ontwikkeling van circulair bouwen zich begeeft. Er is daardoor nog onduidelijkheid over wat een circulaire gebouwinstallatie precies inhoudt en waar een dergelijke installatie aan zou moeten voldoen. Daarnaast komt direct de vraag naar boven wat de milieutechnische meerwaarde is van een circulaire gebouwinstallatie ten opzichte van een regulier ontworpen gebouwinstallatie. Er is onduidelijkheid in de bouwsector over welke principes terug kunnen komen in het maken van circulaire keuzes in de ontwerpfase van gebouwinstallaties.

1.2.2 Behoeft naar duidelijkheid en verdieping

De benoemde knelpunten uit de vorige paragraaf maken duidelijk dat er in de bouwpraktijk behoefte is aan duidelijkheid en verdieping over het circulair ontwerpen van gebouwinstallaties. Specifiek is er behoefte aan duidelijkheid en verdieping over welke circulaire keuzes er voorhanden zijn bij het ontwerpen van gebouwinstallaties en welk (milieutechnisch en financieel) effect dit heeft op het gebouw. De steeds strenger wordende eisen vanuit de rijksoverheid wat betreft de milieuprestatie van een gebouw zal de behoefte aan duidelijkheid alleen maar doen toenemen. Het aanreiken van circulaire handvatten bij het ontwerpen van gebouwinstallaties door middel van een ontwerp-toolbox, verduidelijken de mogelijkheden van de keuze voor een circulair ontwerp in plaats van een regulier ontwerp gebaseerd op de lineaire bouweconomie.

1.3 Vraagstelling

De hoofdvraag van het onderzoek luidt: 'Op welke wijze kan een ontwerp-toolbox voor circulaire gebouwinstallaties bijdragen aan de kennis en bewustwording van ontwerputgangspunten en bijbehorende maatregelen om tot zo circulair mogelijke gebouwinstallaties te komen?'

1.4 Onderzoeksdoelstelling

1.4.1 Doelstelling literatuurstudie

Vanuit de literatuurstudie wordt beoogd een beeld te krijgen van de huidige ontwikkelingen op het gebied van beleid, denkwijze en ontwerpprincipes van circulair bouwen in het algemeen en hoe dit te vertalen is naar circulaire gebouwinstallaties.

1.4.2 Doelstelling praktijkonderzoek

Onder praktijkonderzoek vallen interviews met professionals en belangrijke spelers uit de bouwsector, circulair bouwen conferenties en overleg met (installatietechnische) adviseurs binnen Merosch. Het praktijkonderzoek zal als basis dienen voor de ontwerpuitgangspunten en maatregelen. In welke ontwikkelingsfase bevindt de praktijk zich over dit onderwerp en wat zijn de beoogde ontwikkelingen en doelstellingen voor de komende jaren? Wat is de visie van belangrijke spelers in het werkveld over circulaire gebouwinstallaties en welke uitgangspunten moeten leidend zijn om tot circulaire gebouwinstallaties te komen? Hoe kunnen deze uitgangspunten en bijbehorende maatregelen meetbaar gemaakt worden? Er wordt beoogd deze vragen zo compleet mogelijk te kunnen beantwoorden met de input uit de praktijk.

1.5 Maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie

Dit onderzoek is zowel maatschappelijk als wetenschappelijk relevant voor de praktijk met de volgende onderbouwing:

- Grenswaarde van de MPG zal steeds strenger worden. Gemiddeld wordt de MPG van een gebouw voor 35% bepaald door installaties (W/E adviseurs, 2017). Het gaat hierbij dan om de milieu impact van de materialen die in een gebouw worden toegepast. Reduceren van de milieu impact van installaties zal voor grote veranderingen kunnen zorgen op de totale MPG score van een gebouw.
- Behoeft over eenduidige en meetbare uitgangspunten en bijbehorende maatregelen voor circulair ontwerpen waarbij gebouwinstallaties nog het meest achterblijft door de complexiteit van de samenstelling.
- Er is veel winst te behalen in de restwaarde van gebouwinstallaties en het distributienetwerk van de gebouwinstallaties. Dit kan zorgen voor een nieuwe tweedehands markt voor gebouwinstallaties, waardoor de businesscase van circulaire gebouwinstallaties zal verbeteren. De basis hiervoor ligt bij het ontwerp.
- De gebouwinstallaties eindigen bij de 'end of use' vaak op de afvalhoop of worden 'gedowncycled'. Deze afvalhoop wordt alsmaar groter en sommige materialen van de gebouwinstallaties zijn schaars en/of uitputbaar.

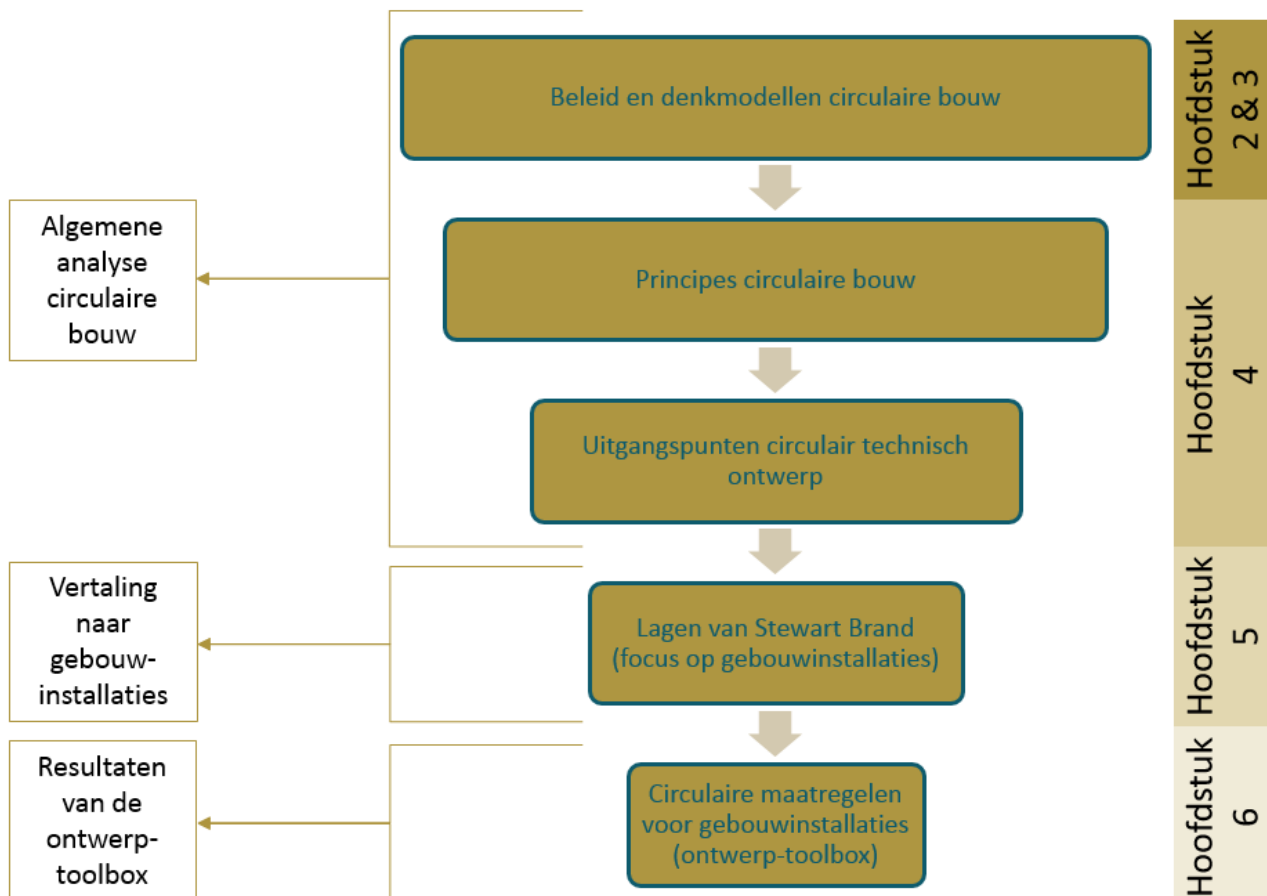
1.6 Verwachte resultaten

De verwachting is dat door middel van dit onderzoek duidelijkheid is ontstaan over welke technische principes van belang zijn bij het ontwerpen van circulaire gebouwen en circulaire gebouwinstallaties in het bijzonder. Daarnaast zal er in de vorm van een Excel toolbox handvatten geboden worden voor ontwerpkeuzes die gemaakt kunnen worden ten behoeve van de opgestelde technische principes en dus ten behoeve van de circulariteit van de gebouwinstallaties. Beoogd wordt om zoveel mogelijk uitgangspunten en bijbehorende maatregelen in de ontwerp-toolbox op te nemen die een duidelijke basis geven voor een circulair ontwerp van gebouwinstallaties. Dit zal vooral van meerwaarde zijn voor partijen die zich

bezighouden met de onderzoeks- en ontwerpfase van een bouwproject, zie Figuur 6 op pagina 21. De ontbrekende informatie zal gekwantificeerd inzichtelijk gemaakt worden, zodat duidelijk is wat de valkuilen/kwetsbaarheden van de tool zijn en waar de beleidsmakers en de installatiebranche nog stappen in moeten maken. Daarbij moet de tool flexibel en ongecompliceerd zijn, zodat in de toekomst de tool kan worden aangevuld en de kwetsbaarheden kunnen worden weggenomen.

1.7 Leeswijzer

Het onderzoek kan worden ingedeeld in drie delen, namelijk literatuuronderzoek over circulair bouwen, vertaling naar gebouwinstallaties en de ontwerp-toolbox. Allereerst wordt in hoofdstuk 2, doormiddel van een literatuuronderzoek over het huidige beleidskader van circulair bouwen, een overzicht gegeven van de marktontwikkeling, wet- en regelgeving en kennis- en bewustwording van circulair bouwen in de huidige praktijk. Het literatuurhoofdstuk breidt zich in hoofdstuk 3 vervolgens uit naar de heersende denkmodellen uit de circulaire bouweconomie. Daarna wordt, op basis van koplopers uit de circulaire bouweconomie, in hoofdstuk 4 een selectie gemaakt van ontwerpprincipes die als basis dienen voor de ontwerp-toolbox. Daarbij worden per principe uitgangspunten geformuleerd over hoe een principe terug kan komen in een technisch ontwerp van een gebouw. Het tweede deel van het onderzoek betreft hoofdstuk 5 waar de afbakening naar gebouwinstallaties wordt gemaakt en de vertaling wordt gemaakt van deze uitgangspunten naar circulaire gebouwinstallaties. Hoofdstuk 5 vormt met de ontwerpuitgangspunten de basis voor de ontwerp-toolbox voor het gedeelte gebouwinstallaties. Hoofdstuk 6 vormt een handleiding over de toepassing van de opgestelde ontwerp-toolbox. Dit hoofdstuk geeft tevens de resultaten weer die met de ontwerp-toolbox zijn bereikt. Tot slot zal in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen opgesteld worden naar aanleiding van de resultaten van de toolbox en zal de hoofdvraag worden beantwoord. Hoofdstuk 7 zal vervolgens ingaan op mogelijke vervolgonderzoeken als toevoeging op de ontwerp-toolbox en dit rapport. Figuur 1 vat de hoofdstukindeling nog eens samen.



Figuur 1 Hoofdstukindeling rapport

2 Huidige beleidskader circulair bouwen

Het huidige beleidskader van circulair bouwen is overzichtelijk beschreven in de transitieagenda bouw (Rijksoverheid, 2018). Daarbij komen de volgende speerpunten naar voren als belangrijkste ontwikkeling voor de komende jaren(2018-2021):

- Markontwikkeling
- Wet- en regelgeving
- Meten
- Kennis & bewustwording

2.1 Markontwikkeling

Om pionier of voorloper te zijn in de markontwikkeling van circulair bouwen in Nederland is de ambitie ontstaan om alle overheidsaanbestedingen vanaf 2030 indien mogelijk 100% circulair te maken. Vanaf 2023 zullen uitvragen van de overheid landelijk, provinciaal en gemeentelijk zo veel mogelijk circulair zijn. Hiermee wordt beoogd de circulaire markt op gang te brengen en daarbij een aanzet te geven aan private en (semi)publieke partijen om in deze ontwikkeling mee te gaan. Kennisontwikkeling die hieruit gehaald wordt zorgt ook voor een stimulering van de circulaire markt. Hoe deze circulariteitsambitie van de overheid zich exact gaat verhouden tot gebouwinstallaties is nog niet bekend.

In het kader van waardecreatie en het elkaar kunnen vinden bij circulair materiaalgebruik zijn er al 18 bouwmarktplaatsen opgezet. Bouwmaterialen worden hier aangeboden door bijvoorbeeld sloopbedrijven en kunnen worden gevonden en verkregen door partijen die betrokken zijn bij nieuwbouw en renovatie.

Deze markontwikkelingen zorgen ervoor dat er nog meer draagvlak gaat ontstaan om onder andere gebouwen circulair te ontwerpen. De markt groeit, dus moet de basis om circulair te ontwerpen en bouwen ook goed zijn.

2.2 Wet- en regelgeving

2.2.1 Meten

In de transitieagenda circulaire bouweconomie van de Rijksoverheid (2018) wordt het meetbaar maken van de circulaire ontwerpen en deze kunnen opnemen als gunningscriteria als één van de belangrijkste voorwaarden gezien om de circulaire bouweconomie te laten slagen. Een uniforme meetmethode is hiervoor benodigd. Een meetmethode om circulariteit te meten op basis van milieulast van de materialen is de MPG. De MPG-methode maakt een berekening van fictieve kosten die gedaan moeten worden om de milieubelasting van de materialen die gebruikt zijn in een gebouw teniet te doen, de schaduwkosten. Deze wordt teruggerekend naar schaduwkosten per m² BVO per jaar, de MPG score. De maximum grenswaarde voor nieuwbouwwoningen en nieuwbouwkantoren ≥ 100 m² is vanaf 1 januari 2018 €1,00 per m² BVO per jaar. De schaduwkosten uit de MPG zullen in dit onderzoek waar mogelijk worden meegenomen om het effect van ontwerpmaatregelen op de milieuprestatie van een gebouw inzichtelijk te maken. Voor meer informatie over de MPG berekeningsmethode, zie bijlage B3.

2.2.2 Materialenpaspoort

Het materialenpaspoort wordt door de markt en het rijk gezien als belangrijk instrument om het hergebruik van materialen in de bouw te kunnen toepassen in de praktijk. Het Madaster is één van de bekendste generatoren en bibliotheken van deze materialenpaspoorten. Het materialenpaspoort zal in deze scriptie terugkomen als belangrijke voorwaarde om toekomstig hergebruik van materialen mogelijk te maken.

Uit een interview (bijlage B2) met Rob Oomen van Madaster (2019) blijkt dat het rijk in 2020 een besluit neemt of dit materialenpaspoort verplicht wordt gesteld en voor wie dit dan gaat gelden. Voor meer informatie over het materialenpaspoort, zie bijlage B3.

2.2.3 Programma 'ruimte in regels voor groene groei'

De Rijksoverheid (2019) verzamelt in het programma 'ruimte in regels voor groene groei' de belemmeringen van wet- en regelgeving waartegen ondernemers aanlopen bij innovatie die passend is bij de transitie naar een circulaire economie. De Rijksoverheid brengt vervolgens trajecten op gang om deze problemen op te lossen. Dit programma laat zien dat de Rijksoverheid bezig is met het wegnemen van juridische drempels om circulair bouwen te stimuleren.

De huidige wet- en regelgeving mag dan nog niet helemaal klaar zijn voor de circulaire bouw, de ontwikkelingen zoals de aanbestedingswet (zie bijlage B5), materialenpaspoort en de MPG-eis laten zien dat er in een behoorlijke vaart verandering komt. Dit is belangrijk om de circulariteitsdoelstellingen van de rijksoverheid te halen.

2.3 Kennis en bewustwording

Een transitie begint vaak bij bewustwording en de nodige kennis over het te bereiken resultaat. Volgens de transitieagenda circulaire bouw (2018) gaan marktpartijen, kennisinstellingen en de overheid in de komende jaren gezamenlijk onderzoek doen naar o.a. de volgende vragen die de relevantie van dit onderzoek aanraken:

- Hoe kun je demontabel bouwen als bouwer?
- Welke ontwerp- en assemblagestrategieën kun je toepassen?

Een kennisinstituut waar ervaringen en kennis wordt gedeeld is ook een belangrijke beoogde ontwikkeling om tot een verbreding van kennis te komen. Een bewustwordingscampagne moet zorgen voor een toename van de bewustwording van de toegevoegde waarde van de circulaire bouweconomie. Deze initiatieven geven aan dat de marktpartijen bezig zijn met de oproep uit de transitieagenda. Voor meer informatie over initiatieven ten behoeve van kennis en bewustwording, zie bijlage B3.

3 Denkmodellen circulair bouwen

Als basis voor dit onderzoek dient geïnventariseerd te worden welke denkmodellen er in de huidige praktijk van circulair bouwen heersen. Hierdoor wordt er een duidelijk beeld geschetst over de denkwijze van circulair bouwen in de huidige praktijk. De denkmodellen dienen als basis van sommige onderdelen uit de ontwerp-toolbox.

3.1 Op zoek naar een eenduidige definitie van circulair bouwen

Circulariteit wordt een steeds bekender thema. Dit geldt zeker ook voor de circulaire bouw. De definitie van circulair bouwen is niet altijd eenduidig. De bouwbranche is wel zoekende naar een eenduidige definitie, omdat een opdrachtgever nu vaak slechts een deel van de bestaande definities hanteert. Wanneer de bouwbranche het eens is over de definitie van circulair bouwen kan er efficiënter gewerkt worden en kan er geen onduidelijkheid meer ontstaan over wat er met circulariteit in de bouwwereld wordt bedoeld. Definities van leidende partijen in de circulaire bouweconomie staan in Tabel 1. MVO Nederland (2015) legt de focus vooral op de materialen en het ontwerp van het gebouw. In het onderzoek (A framework for circular buildings, 2018) voor BREEAM-NL wordt circulair bouwen als een groter thema gezien en wordt hierbij o.a. ook het welzijn & gezondheid-, energie- en wateraspect gevoegd. De definitie van de rijksoverheid uit de transitieagenda bouw (2018) kunnen we als leidende definitie zien. De focus van deze definitie ligt op grondstoffen- en materiaalhergebruik, maar ook het welzijn en gezondheid van mens en dier wordt benoemd. Het economisch verantwoord bouwen wordt ook benoemd in de definitie. Het financiële aspect wordt dus ook meegenomen. In deze definitie worden tevens de drie doelen van een circulaire economie genoemd, namelijk: natuurlijke hulpbronnen niet uitputten, de leefomgeving niet vervuilen en ecosystemen niet aantasten.

Tabel 1 Definities circulair bouwen van leidende partijen

Bedrijf	Definitie
MVO Nederland	“Voor gebouwen betekent circulair dat materialen hergebruikt kunnen worden, maar ook dat het gebouw flexibel ingezet kan worden”.
BREEAM-NL	“De circulaire bouweconomie betekent dat afval is geëlimineerd en de waarde van onze grondstoffen is geoptimaliseerd voor zowel mens als natuur”.
Rijksoverheid	“Circulair bouwen betekent 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”.

3.2 Denkmodellen circulair bouwen

Bekende toegepaste modellen over hoe te kijken naar de duurzaamheids- en circulariteitstransitie zijn de 'Trias Energetica' en de 'Trias Ecologica'. De laatstgenoemde slaat op de circulariteitstransitie en welke 3 stappen daarbij altijd in het achterhoofd moeten zitten. Dit zijn stappen die terug te zien zijn als basis van het vervolg van het rapport. Deze 'Trias Ecologica', zie Figuur 2, gaat uit van de volgende 3 stappen:

1. Beperk de vraag van materialen en grondstoffen. Uitgangspunt is hierbij niets minder dan het vermijden van overbodige materialen en producten.
2. Gebruik hernieuwbare en duurzame materialen en grondstoffen. Denk hierbij aan biobased materialen en producten. Duurzame bronnen kunnen ook producten zijn met een lage milieubelasting.
3. Indien écht nodig, effectief gebruik van eindige materialen en grondstoffen. Hierbij zijn uitgangspunten het verlengen van de levensduur van deze materialen en grondstoffen door bijvoorbeeld de mogelijkheid van hoogwaardig secundair gebruik.



Figuur 2 Trias Ecologica overgenomen van (Ministerie van VROM, 2010)

Het 10 r-model (Cramer, 2015) in Figuur 7 in bijlage B6 is een denkmodel dat aangeeft in welke volgorde gedacht moet worden bij het gebruik van grondstoffen. Dit model is een meer concrete versie van de ladder van Lansink. Dit model wordt in het vervolg van deze scriptie als basis genomen voor het uitgangspunt materialen met een lage milieulast. De uitgangspunten worden behandeld in hoofdstuk 5.

De Rabobank (2015) laat in een denkmodel, gebaseerd op het vlindermodel van de Ellen MacArthur Foundation, de overgang zien van een lineaire economie naar een circulaire economie. Daarin wordt onderscheid gemaakt tussen de biologische kringloop en de technische kringloop van materialen. Dit model zal ook worden meegenomen voor het uitgangspunt materialen met een lage milieulast, omdat het model overzichtelijk de kleine en grote technische en biologische kringlopen weergeeft.

In een circulair denkmodel van Tegenlicht (2017) wordt aangegeven dat een circulair businessmodel begint bij het ontwerp en eindigt bij de mogelijkheid om bij de 'end of use' zoveel mogelijk restwaarde over te houden door producten terug in de cirkel te krijgen. Daarbij staat aangegeven welke actoren betrokken zijn in de hele levenscyclus van een product. In het rapport zal dit model gebruikt worden als overzicht van welke actoren betrokken zijn bij de hele levenscyclus van een product.

Voor een uitgebreide beschrijving van de denkmodellen, zie bijlage B6.

4 Principes circulair bouwen

Er wordt voor de analyse over welke principes er kunnen gelden voor circulair bouwen gekeken naar een aantal koplopers in de circulaire bouwbranche, zie Tabel 2. De koplopers zijn goed met elkaar te vergelijken, omdat ze allemaal een rapport hebben opgesteld over welke principes zij definiëren binnen het thema circulair bouwen. Vervolgens worden er per principe uitgangspunten opgesteld over hoe het principe terug zou kunnen komen in een gebouwontwerp.

4.1 Analyse principes circulair bouwen

Voor de analyse van de principes van circulair bouwen is er gekeken naar de volgende partijen:

- BREEAM NL
- WE adviseurs
- ALBA concepts
- Bouwend Nederland en Stimular
- Nederland Circulair

Waarom er naar deze partijen is gekeken en naar welke onderzoeken en rapporten van deze partijen is gekeken wordt toegelicht in bijlage B7.

Tabel 2 circulaire principes per koploper circulaire bouwbranche

Bedrijf	Principes
BREEAM NL	• Dematerialisatie • Maximaliseren van hergebruik en hernieuwbare materialen • Kennisontwikkeling en kennisdeling • Ontwerp voor flexibiliteit, veerkracht en hergebruik.
WE adviseurs	• Benut het beschikbare • Gebruik hernieuwbaar • Minimaliseer milieu-impact • Creëer voorwaarden lange cyclus • Creëer voorwaarden toekomstige cyclus
ALBA concepts	• Circulair materiaalgebruik (biobased, hergebruik) • Losmaakbaarheid van materialen
Bouwend Nederland en Stimular	• Materiaalarm en licht ontwerpen • Adaptief/flexibel ontwerpen • Modulair en demontabel ontwerpen • Materiaalkeuze en ontwerp optimaliseren op de minste milieubelasting
Nederland Circulair	• Standaardisatie • Demontage • Mono-materialen • Multifunctionaliteit • Ketensamenwerking

4.2 Technische circulaire principes

In de afweging over welke principes meegenomen kunnen worden in de toolbox, is gekeken naar welke principes in een technisch ontwerp van een gebouw mogelijk terug kunnen komen, in dit rapport benoemd als technische principes. Daarnaast is gekeken welke principes bij veel van de koplopers terugkomen en welke onderbouwing de koplopers aan deze principes hebben gegeven in de rapporten. De technische principes die daaruit zijn voortgekomen zijn:

- Flexibel bouwen
- Modulair en demontabel bouwen
- Minimaliseer milieu impact door materiaalkeuze
- Dematerialisatie of materiaalarm bouwen

Voor de principes zijn uitgangspunten geformuleerd over op welke manier de principes kunnen terugkomen in een technisch ontwerp van een gebouw, zie Figuur 3. De uitgangspunten zijn opgesteld in overleg met (installatietechnische) adviseurs van Merosch en door input uit literatuuronderzoek. Voor een uitgebreide toelichting op de principes en uitgangspunten, zie bijlage B8.

4.2.1 Flexibel ontwerpen en bouwen

Flexibel bouwen kan ook wel adaptief bouwen genoemd worden. Bij dit concept is het belangrijk om niet alleen rekening te houden met de huidige gebruiker maar ook met toekomstige gebruikers en ontwikkelingen door een flexibele indeling en grote aanpasbaarheid van gebouwonderdelen en scheidingen. MVO Nederland (2015) beschrijft het als “door adaptief te bouwen en ontwerpen zorg je ervoor dat je verandering integreert in de toekomstige functies”.

4.2.2 Demontabel ontwerpen en bouwen

Het demontabel ontwerpen en bouwen is een zeer belangrijk thema binnen de circulaire bouw omdat dit ervoor zorgt dat materialen hoogwaardig geoogst en hergebruikt kunnen worden. Dit principe gaat uit van het ontwerpen en bouwen met de oog op de toekomstige mogelijkheid tot demontage van gebouwonderdelen.

4.2.3 Inkomende materialen met lage milieulast

Met inkomende materialen worden de materialen bedoeld die benodigd zijn voor een renovatie- of nieuwbouwproject. Met andere woorden gaat dit principe over de instroom aan materialen in een renovatie- of bouwproject die een lage milieubelasting hebben. Hierin zijn twee types te onderscheiden, namelijk: (hoogwaardig) hergebruik bestaande materialen en hernieuwbare materialen. Bij (hoogwaardig) hergebruik worden 3 gradaties aangenomen om het r-model vereenvoudigd toe te kunnen passen in de ontwerp-toolbox, namelijk:

1. Direct hergebruik
2. Gereviseerd hergebruik
3. Gerecycled hergebruik

4.2.4 Materiaalarm ontwerpen en bouwen

Materiaalarm bouwen in de circulaire bouw, ook wel dematerialisatie genoemd, betekent het bewerkstelligen van dezelfde functie met (beduidend) minder materialen. In dit geval een gebouwonderdeel dat met minder materialen dezelfde functie kan innemen. Eveneens kan dematerialisatie betekenen dat een gebouwonderdeel een combinatie van functies vervuld waardoor er minder materialen gebruikt hoeven te worden. Denk hierbij aan kanaalplaatvloeren die dienen als vloer en als leidingschacht. Er kan soms wel frictie ontstaan tussen verschillende principes want kanaalplaatvloeren die zorgen voor dematerialisatie beperken juist weer de demontabiliteit, omdat de leidingen in de vloeren moeilijk te bereiken zijn.

Figuur 3 op pagina 17 geeft een samenvatting van de ontwerpprincipes en ontwerpuitgangspunten voor circulaire gebouwen.

Ontwerpprincipes en uitgangspunten voor circulaire gebouwen

Flexibel bouwen



- Aanpasbaar systeem
- Gescheiden van constructie
- Overdimensionering capaciteit

Demontabel bouwen



- Droge verbindingen: zowel met inbouw als onderdelen onderling
- Goed bereikbare onderdelen
- Geen doorkruisingen
- Geen vorminsluitingen
- Standardisatie in maten en koppelingen

Inkomende materialen met lage milieulast



- Hernieuwbare materialen
- Hergebruik materialen in 3 gradaties:
 1. Direct
 2. Gereviseerd
 3. Gerecycled

Materiaalarm bouwen



- Beperken van omvang
- Combinatie van gebouwonderdelen

Figuur 3 Ontwerpprincipes en ontwerputgangspunten voor circulaire gebouwen

5 Vertaling circulaire principes en uitgangspunten naar gebouwinstallaties

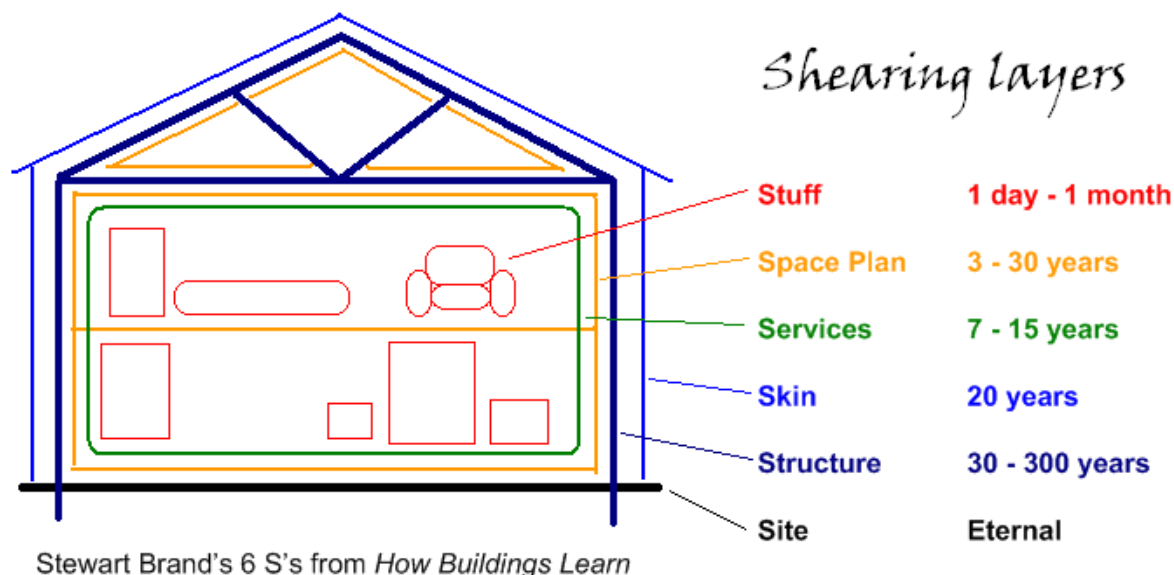
In dit hoofdstuk wordt de vertaling gemaakt van de circulaire ontwerpuitgangspunten voor concreet circulaire gebouwinstallaties uit de utiliteitsbouw. De vraag op welke wijze de uitgangspunten uit de circulaire bouw kunnen worden vertaald naar technische ontwerpuitgangspunten voor gebouwinstallaties staat hierbij centraal.

5.1 Indeling gebouwlagen

Om een goede verdeling te maken tussen de gebouwonderdelen is het welbekende shearing layers model gebruikt van Stewart Brand in Figuur 4. Dit model maakt onderscheid tussen de volgende gebouwonderdelen:

- De locatie van het gebouw, de kavel en fundering (zwart)
- De constructie van het gebouw (donkerblauw)
- De gebouwschil zoals dak en gevel (lichtblauw)
- De gebouwinstallaties (groen)
- De vaste inrichting/indeling zoals de keuken of tussenwanden (oranje)
- De losse inrichting zoals meubilair (rood)

Er wordt daarbij ook aangegeven hoe lang de onderdelen gemiddeld meegaan dus tot de 'end of use'.



Figuur 4 Indeling gebouwlagen overgenomen van (Architecture design, 2012) gebaseerd op de Shearing Layers van (Brand, 1994)

De ontwerp-toolbox en resultaten van dit rapport focussen zich, zoals benoemd in de inleiding, op de gebouwinstallaties. In het shearing layers model staat dit beschreven als services.

5.2 Onderverdeling gebouwinstallaties

Er kunnen veel verschillende gebouwinstallaties onderscheiden worden in een utiliteitsgebouw. Om een overzicht te krijgen zijn deze gebouwinstallaties ingedeeld aan de hand van de STABU bestek hoofdstukindeling (2017) in Figuur 10 in bijlage B9. In de verdeling wordt direct de focus gelegd op gebouwinstallatieonderdelen met de grootste omvang en waar tevens de meeste milieuwinst te behalen is (oranje gemarkeerd in Figuur 10). Deze gebouwinstallatieonderdelen zullen verder worden uitgewerkt. Andere onderdelen (groen gemarkeerd) kunnen terugkomen in de ontwerp-toolbox wanneer er al vooruitstrevende circulaire oplossingen voor in de praktijk gebracht zijn. Dit zal voor de rest buiten

beschouwing worden gelaten aangezien maatregelen op deze onderdelen geen grote invloed zullen hebben op de MPG.

5.3 Ontwerpprincipes en uitgangspunten voor circulaire gebouwinstallaties

In deze paragraaf staat beschreven op welke manier de uitgangspunten van circulair bouwen, uit hoofdstuk 4, kunnen worden vertaald naar uitgangspunten voor circulaire gebouwinstallaties. Dit is voor elk principe aangegeven in Tabel 3.

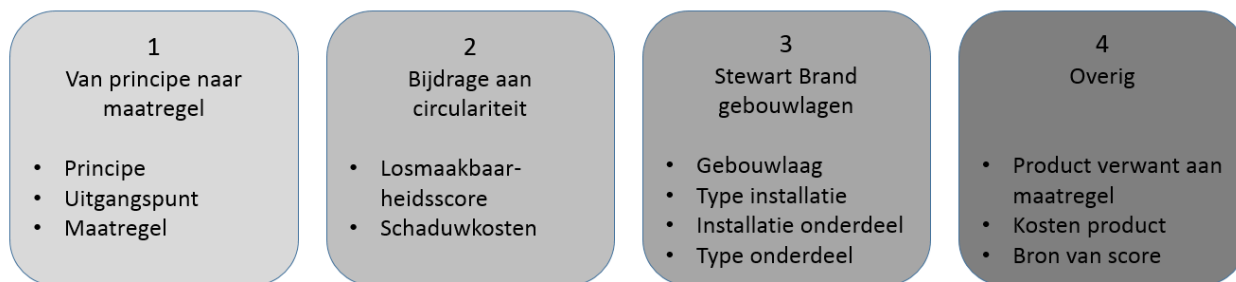
Tabel 3 Vertaling ontwerpprincipes van circulair bouwen naar gebouwinstallaties

Flexibel bouwen	
•	Aanpasbaar installatiesysteem dat rekening houdt met toekomstige verandering van het installatiesysteem en functieverandering van het gebouw mogelijk maken.
•	Distributie van installatiesystemen gescheiden houden van scheidingsconstructie ten behoeve van toekomstige verandering van ruimte indeling.
•	Overdimensioneren van de capaciteit van leidingkanalen en kabelgoten zodat in de toekomst extra of grotere gebouwinstallaties in het installatiesysteem toegevoegd kunnen worden.
Demontabel bouwen	
•	Droge verbindingen van installaties met het gebouw en onderling om de demontage te vergemakkelijken en/of mogelijk te maken. Voorbeelden van droge verbindingen zijn: magnetische verbinding, klikverbinding en klittenbandverbindingen.
•	Goed bereikbaar maken van componenten en leidingen. Vermijden van het storten van leidingen in de constructie. Vooral toegankelijk maken van slijtage-gevoelige onderdelen of onderdelen die regelmatig revisie vereisen.
•	Voorkomen van doorkruisingen van leidingen met elkaar of andere gebouwonderdelen waardoor demontage afhankelijk wordt van andere gebouwonderdelen.
•	Installaties niet insluiten tussen andere gebouwonderdelen waardoor ze te scheiden zijn zonder deze onderdelen te beschadigen.
•	Standaardisatie in maten en koppelingen van distributieleidingen en kabels ten behoeve van prefab bouwen en bevordering van toekomstig direct hergebruik.
Inkomende materialen met lage milieulast	
•	Zorgen voor zo hoogwaardig mogelijk hergebruik van bestaande installatiecomponenten en materialen. De 3 stappen die het meest voorkomen en toe te passen zijn op de gebouwinstallaties zijn: ○ Direct hergebruik ○ Gereviseerd hergebruik ○ Gerecycled hergebruik
•	Zoveel mogelijk hernieuwbaar biobased materiaalgebruik die na de end-of-use door de biologische cirkel is op te nemen en door de natuur kan worden verwerkt/afgebroken.
Materiaalarm bouwen	
•	Beperken van omvang van distributieleidingen door slim ontwerpen. Bijvoorbeeld door de bron centraal in een gebouw te positioneren waardoor er minder omvang van leidingwerk benodigd is.
•	Combinatie van functies in één onderdeel i.p.v. verschillende onderdelen. Een voorbeeld daarvan is pv-cellen in dakpannen of gevel.

6 Handleiding en resultaten circulair ontwerp-toolbox

Dit hoofdstuk geeft een handleiding voor de circulair ontwerp-toolbox. De uitgebreide handleiding uit de toolbox is te vinden in de bijlage B10. Vervolgens worden resultaten benoemd die door middel van deze tool behaald zijn. Er wordt op deze manier aangegeven waar de tool aan bijdraagt. Tevens worden de lege gaten uit de ontwerp-toolbox inzichtelijk gemaakt. Met andere woorden wordt aangegeven welke informatie nog ontbreekt en voor welke onderdelen dit geldt. Tot slot wordt benoemd wat de verwachting is over de ontwikkeling van de toolbox.

6.1 Handleiding circulair ontwerp-toolbox



Figuur 5 Indeling ontwerp-toolbox

Per stap staan screenshots van de indeling uit de ontwerp-toolbox in bijlage B11.

Er is voor de volgorde uit Figuur 5 gekozen, omdat in de onderzoeks- en ontwerpfase in veel gevallen eerst de ambitie en oproep ontstaat om bijvoorbeeld demontabel te gaan bouwen. En vervolgens wordt er nagedacht bij welke gebouwonderdelen dit terug kan komen en op welke manier dit mogelijk is. In sommige gevallen kan deze volgorde in een onderzoeks- en ontwerpproces anders zijn. Bij een voorlopig of definitief ontwerp wordt er meer in detail getreden en kan er behoefte zijn om eerst op de gebouwlaag te filteren. Dit is in de tool geen probleem omdat de mogelijkheid er is om eerst op gebouwlagen te filteren, alvorens er wordt gefilterd op andere onderdelen uit de tool.

1: Van principe naar maatregel

Het eerste punt in de tool bevat de filter voor principes, uitgangspunten en bijbehorende maatregelen. De principes en uitgangspunten, zie hoofdstuk 5.3, zijn opgesteld op basis van het literatuur- en praktijkonderzoek uit dit rapport. Maatregelen die bij de uitgangspunten passen komen voort uit literatuuronderzoek en overleg met (installatietechnische) adviseurs.

2: Bijdrage aan circulariteit

In de tool is vervolgens een score indicatie gegeven dat aangeeft in hoeverre de maatregel bijdraagt aan het bovenliggende principe. Hierdoor kan een vergelijking gemaakt worden tussen maatregelen over hoe circulair de maatregel daadwerkelijk is. De losmaakbaarheidsscore is opgesteld op basis van wetenschappelijk bewezen en in de praktijk beproefd onderzoek van ALBA concepts (2018). De schaduwkosten geven aan wat de fictieve investering is die gedaan zou moeten worden om de milieubelasting van een materiaal of product teniet te doen. Hoe lager deze kosten hoe beter een maatregel gewaardeerd wordt.

3: Stewart Brand gebouwlagen

Vervolgens kan in het derde punt een keuze gemaakt worden tussen de verschillende gebouwlagen op basis van de gebouwlagen van Stewart Brand, zie Figuur 4 op pagina 18. Voor dit onderzoek is alleen de gebouwlaag installatie van toepassing. Hierna kan een keuze gemaakt worden voor onderdelen die onder de

geselecteerde gebouwlaag vallen, zie Figuur 10 op pagina 45. Deze gebouwinstallatieonderdelen kunnen vervolgens indien gewenst nog verder gespecificeerd worden.

4: Overig

Bij het punt *overig* wordt verwezen naar producten die passen binnen het kader van een maatregel en in de praktijk zijn gebracht. Een aantal van deze producten staan in de productenlijst in bijlage B12. Er is tevens een kolom met kosten toegevoegd, zodat deze in het vervolg op deze scriptie kan worden ingevuld waar mogelijk. Omwille van de beperkte tijd is deze kolom nog niet ingevuld. Tot slot wordt in de laatste kolom aangegeven welke bron onderliggend is aan de score die is ingevuld bij punt 2 *bijdrage aan circulariteit*.

6.2 Resultaten

1: Van principe naar maatregel

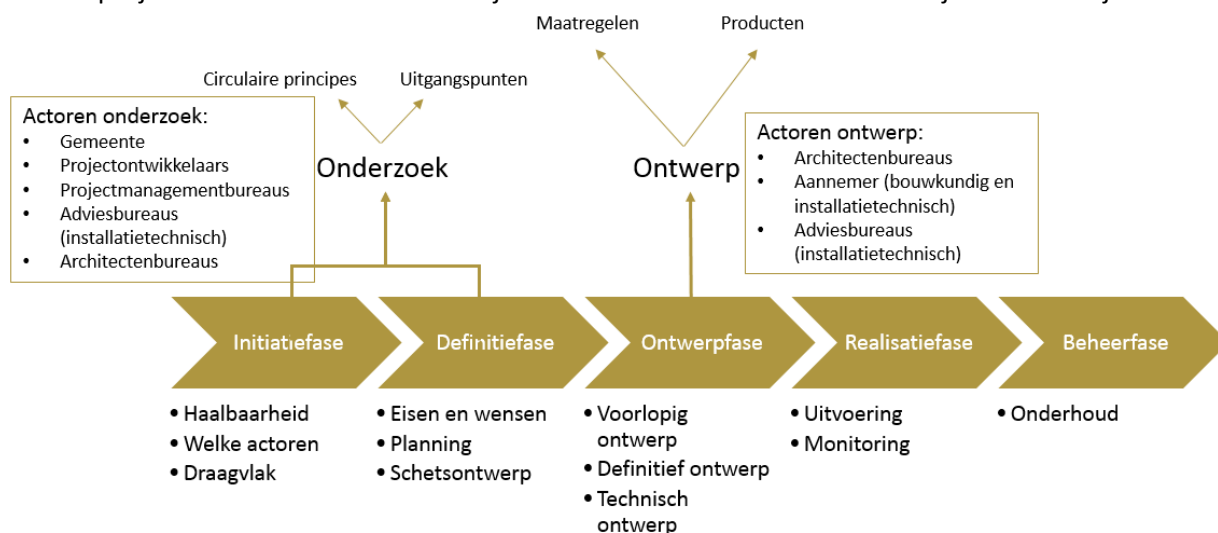
Binnen stap 1 zijn de volgende resultaten geboekt:

- Uitgangspunten voor circulaire gebouwinstallaties opgesteld.

De principes en bijbehorende uitgangspunten geven een overzicht waaraan bij een circulair technisch ontwerp en onderzoek naar circulaire mogelijkheden van een bouwproject aan gedacht moet worden. Deze principes en uitgangspunten geven in feite aan op welke wijze een bouwproject circulair gemaakt kan worden. Dit zal van grote toegevoegde waarde zijn voor partijen die bij de onderzoeksfase en schetsontwerpfase betrokken zijn, zoals gemeente, projectontwikkelaars, projectmanagementbureaus, adviesbureaus, architectenbureaus, omdat in deze fase meestal alleen de ambitie wordt uitgesproken op hoofdlijnen en nog niet in detail getreden wordt.

- Maatregelen opgesteld voor het ontwerp van circulaire gebouwinstallaties.

De maatregelen zijn veel meer in detail en maken inzichtelijk op welke manier een uitgangspunt vormgegeven kan worden in een bouwproject. Voor een ver gevorderd ontwerp of een definitief ontwerp moet er op dit detailniveau worden gedacht. De maatregelen kunnen daarbij circulaire handvatten bieden over op welke manier de principes en uitgangspunten concreet kunnen terugkomen in het ontwerp. Dit kan van waarde zijn voor de partijen die bij het ontwerptraject tot aan het definitieve ontwerp betrokken zijn, zoals architectenbureaus, aannemers en adviesbureaus. In Figuur 6 staat een overzicht van in welke fase in een bouwproject de tool van waarde kan zijn. En welke actoren er in deze fase bij betrokken zijn.



Figuur 6 Bouwfasering en actoren van de ontwerp-toolbox

- Flexibel en materiaalarm bouwen onderbelicht.

Er wordt uit het onderzoek naar de uitgangspunten en maatregelen duidelijk dat er vanuit de theorie en praktijk nog geen concreet idee is over hoe de principes flexibel- en materiaalarm bouwen moeten terugkomen in het ontwerp van gebouwinstallaties. Slechts 24 van de 369 opgestelde maatregelen uit de ontwerp-toolbox zijn maatregelen over flexibel en materiaalarm bouwen. Dit komt doordat installaties vaak al op een materiaalarme manier worden ontworpen om kosten op materiaal te besparen. Het doel van flexibel bouwen is om toekomstige veranderingen (van functie) van een gebouw te faciliteren. Er is nog niet veel bekend over op welke manier dit voor gebouwinstallaties vormgegeven zou kunnen worden.

2: Bijdrage aan circulariteit

Bij stap 2 zijn de volgende resultaten behaald:

- Overzicht van uitgangspunten en maatregelen met een hoge bijdrage aan circulariteit.

Tijdens de onderzoeksfase kan deze stap bijdrage aan het vormen van een beeld over welke uitgangspunten en maatregelen er echt toe doen en een groot verschil kunnen maken, door te filteren op maatregelen met een hoge score of lage schaduwkosten.

- Concrete en onderbouwde afweging maken over maatregelen op basis van bijdrage aan circulariteit.

In de ontwerpfase kan concreet worden afgewogen welke maatregel het meest circulair bevonden wordt en dus de beste keuze is voor in een circulair technisch gebouwontwerp.

- Weinig data beschikbaar over schaduwkosten van maatregelen.

Sommige uitgangspunten en maatregelen die zijn opgesteld in de tool zijn door ontbrekende data nog niet te meten met een score. Hierdoor kan nog geen onderbouwde circulaire afweging gemaakt worden tussen deze maatregelen. Bij de losmaakbaarheidsscore zijn 149 van de totaal 172 bijbehorende maatregelen gemeten met een score. Bij de schaduwkosten ligt het getal een stuk lager. Van de in totaal 173 opgestelde maatregelen bij het principe materialen met een lage milieulast, zijn van slechts 41 maatregelen de schaduwkosten opgenomen in de Nationale Milieudatabase.

3: Stewart Brand gebouwlagen

Bij stap 3 is het volgende resultaat behaald:

- Door filters in de tool keuzemogelijkheid van filteren op abstract of gedetailleerd niveau.

Door de verdeling van de gebouwinstallaties op een hoog detailniveau te brengen, wordt ervoor gezorgd dat de tool ook handvatten kan bieden bij het definitieve ontwerp waar veel in detail getreden wordt. Bij een abstracter denkniveau, zoals bij een onderzoek of voorontwerp, kan slechts worden gefilterd per gebouwinstallatie.

4: Overig

Bij stap 4 zijn de volgende resultaten geboekt:

- Maatregelen gelinkt met producten uit de praktijk

Bij de stap *overig* zijn sommige maatregelen gelinkt aan producten die op de markt zijn gebracht. Hierdoor zal een maatregel tastbaarder worden en wordt een voorbeeldproduct gegeven. Voor het definitieve ontwerp kan dit van belang zijn om een maatregel duidelijker te definiëren voor de realisatiefase. Daarnaast kan er een advies meegegeven worden over welk product de maatregel in de praktijk kan realiseren. Voor slechts 44 maatregelen van de totaal 369 maatregelen uit de ontwerp-toolbox zijn producten of voorbeelden vanuit de praktijk beschikbaar. Deze lege gaten laten zien dat er nog veel ontwikkeling nodig is in de praktijk voor circulaire gebouwinstallaties.

6.3 Toekomstige ontwikkelingen circulair ontwerp-toolbox

De ontwikkeling en invulling van de ontwerp-toolbox wordt na deze scriptie vervolgd. Doordat de tool flexibel en eenvoudig aanpasbaar is, kan ontwikkeling en opvulling in de toekomst gemakkelijk worden verwerkt. De voortgang van de ontwerp-toolbox zal worden bewaakt door het thema team circulair Merosch. Dit team zal voor een groot gedeelte de verdere invulling van de tool voor zijn rekening nemen. De kennis en ervaring over circulair bouwen dat in toekomstige onderzoeken en projecten van Merosch wordt vergaard, zal worden verwerkt als aanvulling in de tool. Dit zal vooral de invulling van de kosten en uitbreiding van de maatregelen betreffen.

Met de reden dat Merosch niet alléén alle aanvullende informatie kan verzamelen, zal er aansluiting gezocht worden met andere koplopers in de circulaire bouw. In samenwerking met deze partijen zal de ontwikkeling van de tool sneller gaan en completer worden.

De ontwikkeling van de databeschikbaarheid van de schaduwkosten zal naar alle waarschijnlijkheid volledig afhangen van de wettelijke aanscherpingen van de MPG grenswaarde die gedaan gaan worden in de komende (tientallen) jaren. Wanneer de grenswaarde van de MPG flink wordt aangescherpt, zal het lastiger gaan worden om deze grenswaarde te halen. Hierdoor gaan ontwikkelaars en opdrachtgevers op zoek naar producten die gunstig zijn voor de MPG score. Producenten worden hierdoor getriggerd om de LCA van hun producten in de Nationale Milieudatabase te zetten, zodat deze kunnen worden gekozen in de MPG berekeningen. Hierdoor wordt de keuze van producten in de MPG vergroot en komt de mogelijkheid voor de tool om maatregelen en producten te koppelen aan de MPG. In een interview (bijlage B2) liet David Anink van WE-adviseurs (2019), die betrokken is bij de ontwikkeling van de MPG, weten dat het aansporen van producenten één van de motieven is van de aanscherping van de grenswaarde van de MPG.

Voor dit onderzoek vallen de financiën en dus de kosten van de maatregelen buiten de scope. Er is dus nog geen kostenindicatie gegeven van de maatregelen. Het is waardevol om in de toekomst wel inzicht te geven over het verschil in kosten van de maatregelen, omdat de kosten één van de meest leidende factoren is waar ontwerpkeuzes door gemaakt worden. Als de kosten zijn toegevoegd in de tool kan er een filter worden toegepast op maatregelen met lage kosten wanneer het budget van een project klein is. Voor producten met lage kosten kan dan een afweging gemaakt worden welk product de meeste bijdrage heeft aan de circulariteit. Zo kan er voor een project met financieel weinig mogelijkheden toch nog een zo circulair mogelijk ontwerp gemaakt worden.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

De **hoofdvraag** van dit onderzoek luidt: ‘Op welke wijze kan een ontwerp-toolbox voor circulaire gebouwinstallaties bijdragen aan de kennis en bewustwording van ontwerpuitgangspunten en bijbehorende maatregelen om tot zo circulair mogelijke gebouwinstallaties te komen?’

- Antwoord op de hoofdvraag: de tool is een structurering van ontwerpuitgangspunten en maatregelen en draagt bij aan de kennis en bewustwording van circulaire gebouwinstallaties.

De ontwerp-toolbox draagt bij aan de kennis en bewustwording van ontwerpuitgangspunten en maatregelen om tot circulaire gebouwinstallaties te komen door een gestructureerd overzicht te creëren van alle mogelijke maatregelen en uitgangspunten uit de hedendaagse praktijk die bijdragen aan bovenliggende technische ontwerpprincipes. Daarnaast wordt er in sommige gevallen ook een losmaakbaarheidsscore of schaduwkosten aan gekoppeld, waardoor de bewustwording wordt vergroot over welke bijdrage en invloed deze circulaire maatregelen kunnen hebben op de circulariteit en milieuprestatie van het gebouw.

- Een score indicatie van bijdrage aan circulariteit bij maatregelen is van belang om onderbouwde afwegingen te kunnen maken.

Dit onderzoek heeft inzichtelijk gemaakt welke principes meegenomen moeten worden om gebouwinstallaties circulair te ontwerpen. Aan de hand van de tool is door middel van circulaire uitgangspunten en maatregelen tevens inzicht gegeven over hoe deze principes concreet kunnen terugkomen in het ontwerp van utiliteitsgebouwen. Hetgeen wat naar aanleiding van het onderzoek helder is geworden, is dat het van belang is een indicatie te geven hoeveel een maatregel bijdraagt aan de circulariteit, zodat er een goede afweging gemaakt kan worden over welke maatregel in een ontwerp gekozen moet worden. Het hoeft namelijk niet altijd zo te zijn dat een gerecyclede variant van een materiaal beter is dan een variant uit primaire grondstoffen. Dit komt omdat de recycle procedure zoveel energie kost dat er op het gebied van milieubelasting soms beter voor een nieuw materiaal gekozen kan worden. De kosten zijn tevens leidend in deze keuzeafweging en zullen in de versie na deze scriptie ook worden toegevoegd.

- Lege gaten uit de toolbox maken stand van zaken van circulaire gebouwinstallaties inzichtelijk.

Naast de structurering van alle mogelijk ontwerpuitgangspunten en maatregelen, is de tool ook een structurering van waar nog informatie mist. De lege gaten van score indicaties en producten in de toolbox maken duidelijk dat de ontwikkeling naar circulaire gebouwinstallaties nog in de kinderschoenen staat. De tool is afhankelijk van ontwikkelingen uit de praktijk, waardoor deze ontwikkelingen leidend zijn in het beschikbaar komen van meer informatie om de lege gaten op te vullen.

7.2 Discussie

- Resultaten kunnen ook van toepassing zijn op andere bouwtypologieën.

De resultaten van deze scriptie en de toolbox richten zich op utiliteitsbouw maar alle uitgangspunten en een groot gedeelte van de maatregelen kunnen ook worden meegenomen in de onderzoeksfase en ontwerpfase van woningbouw. Het resultaat wordt hiermee veralgemeniseerd tot meerdere bouwtypologieën.

- Validatie van het onderzoek.

Het literatuuronderzoek is gevalideerd doordat er veel betrouwbare bronnen zijn geraadpleegd die koploper zijn in de circulaire bouw. Daarnaast zijn er personen gesproken die in zowel de beleidsmakers kant zitten evenals personen die bij bedrijven werken die zich in de circulaire markt bevinden.

Kanttekening moet gemaakt worden bij het feit dat de ontwerp-toolbox een eerste inventarisatie van alle mogelijke ontwerpuitgangspunten en maatregelen is. Dit betekent dat er in de praktijk wellicht nog meer mogelijkheden zijn, maar deze nog niet zijn verwerkt in de toolbox.

Nog een kanttekening dat gemaakt moet worden is dat op dit moment er voor circulaire gebouwinstallaties nog te weinig LCA's opgenomen zijn in de Nationale Milieudatabase om een realistisch beeld te geven van de milieu impact van veel verschillende maatregelen voor gebouwinstallaties. In de meeste gevallen zijn er niet meerdere maatregelen met elkaar te vergelijken op schaduwkosten en dus op milieu impact. Het maken van een afweging over ontwerpkeuzes met behulp van de toolbox is dus niet altijd goed onderbouwd en betrouwbaar. In dat geval geeft de toolbox slechts een overzicht van mogelijke keuzes van maatregelen. De toetsing van de gebouwinstallaties en materiaalkeuze is afhankelijk van de ontwikkelingen omtrent de LCA's in de Nationale Milieudatabase. De toolbox is flexibel opgezet waardoor aanvullingen van de Nationale Milieudatabase gemakkelijk kunnen worden verwerkt.

- Voorwaarde voor het benutten van de circulaire keuzes in het ontwerp.

Als voorwaarde om toekomstig hergebruik al in het ontwerp te faciliteren zal een Materialenpaspoort(zie 2.2.2) essentieel zijn. In het ontwerp kan je uitstekende losmaakbaarheid, flexibiliteit en inkomende materialen met een lage milieulast realiseren, maar als dit niet wordt genoteerd in een materialenpaspoort dan zal hier over tientallen jaren geen inzicht meer in zijn. De circulaire keuzes in het ontwerp worden dan niet volledig benut aan het einde van de technische en/of functionele levensduur van het gebouw.

- De tool geeft overzicht over ontbrekende informatie en kan als onderbouwing gebruikt worden tegenover beleidsmakers.

Het eerste doel van dit onderzoek was om een ontwerp-toolbox te ontwikkelen dat Merosch kan ondersteunen in het maken van circulaire keuzes in de onderzoeksfase en ontwerpfase. Er is naarmate de tool ontwikkeld is tevens een ander doel bereikt. De toolbox is namelijk een goede structurering gebleken van beschikbare data, waardoor dit ook een goede onderbouwing vormt tegenover beleidsmakers en bijbehorende circulariteitsinstrumenten van beleidsmakers over waar nog informatie ontbreekt.

7.3 Aanbevelingen

- Aanbeveling voor Merosch.

De aanbeveling voor Merosch is om de tool te gaan inzetten bij bouwprojecten in de onderzoeks- en ontwerpfase. De toolbox kan Merosch ondersteuning bieden in het maken van keuzes op het gebied van circulariteit van gebouwinstallaties. De toolbox moet nog uitgebreid worden naar de andere gebouwlagen, het advies is dan ook om de andere gebouwlagen ook in de toolbox te verwerken. Tevens is de aanbeveling voor Merosch om de tool aan te vullen op kosten en de ontwikkeling van circulaire producten uit de praktijk en schaduwkosten te blijven verwerken.

➤ Oproep aan de installatiebranche.

De aanbeveling en oproep voor de installatiebranche is om, idealiter gestuurd door de overheid, na te denken over het circulair ontwerpen van de gebouwinstallaties. Denk daarbij na over op welke manier een gebouwinstallatie ontworpen kan worden, zodat deze weer geheel uit elkaar te halen is. Ga in beraad over welke materialen worden toegepast in de gebouwinstallaties en of deze materialen vervangen kunnen worden door materialen met een lage milieubelasting. Sta in het ontwerp stil bij het feit dat gebouwen van functie kunnen veranderen en denk daarbij na over hoe een gebouwinstallatie kan faciliteren dat functieverandering van een gebouw mogelijk is, zonder dat grote aanpassingen aan een gebouwinstallatie noodzakelijk zijn. Denk ook na over of een installatie dezelfde functie kan behouden maar te ontwerpen is met minder materialen.

➤ Vervolgonderzoek over ketensamenwerking en product-as-a-service voor gebouwinstallaties.

Als vervolg op deze scriptie kan worden onderzocht hoe principes als ketensamenwerking en product-as-a-service kunnen bijdragen aan het circulair maken van de gebouwinstallaties. Hierdoor wordt verder gekeken dan het ontwerp en de hele keten tot aan revisie en sloop in ogenschouw genomen. Deze principes maken het voor producenten van gebouwinstallaties aantrekkelijker om producten te ontwerpen die zo lang mogelijk meegaan. De huidige keten zorgt ervoor dat korte levensduur van gebouwinstallaties zorgen voor een goede businesscase voor producenten. Bij de ketensamenwerking en product-as-a-service zorgt juist een zo lang mogelijke levensduur voor een zo goed mogelijke businesscase.

➤ Vervolgonderzoek over bijzondere utiliteitsbouw.

Een ander vervolgonderzoek kan zijn om gebouwinstallaties te onderzoeken van de zogenoemde bijzondere utiliteitsbouw zoals zwembaden en dergelijke. Deze bijzondere utiliteitsbouw vereisen aanvullend onderzoek omdat er afwijkende gebouwinstallaties aanwezig zijn.

Literatuurlijst

- ALBA concepts. (2018). *Building circularity index (BCI)*. Hilversum. Retrieved from <https://sabvereniging.nl/wp-content/uploads/2018/12/Presentatie-Woud-Jansen-Alba.pdf>
- Anink, D. (2019, april 9). De huidige mogelijkheden en ontwikkeling van de MPG. (N. Oudshoorn, Interviewer)
- Architecture design. (2012, augustus). *reading shearing layers*. Retrieved from blogspot.com: <http://adelehmollaei-dab810.blogspot.com/2012/08/w-02-reading.html>
- Bouwend Nederland, Stimular. (2019). *handvat duurzaam materiaalgebruik voor bouw- en infrabedrijven*.
- Brand, S. (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*. Viking Press.
- Cramer, J. (2015). *Resultaten van negen Circular Economy Labs*. Utrecht: Utrecht Sustainability Institute.
- DGBC, Metabolic, SGS Search en Circle Economy. (2018). *A framework for circular buildings*. Retrieved from <https://www.dgbc.nl/sites/dgbc.nl/files/bijlagen/Samenvatting%20-%20A%20Framework%20for%20Circular%20Buildings%20-%20201811.pdf>
- Geldermans, B., & Rosen Jacobson, L. (2015). *materialen&circulair bouwen*. TU Delft.
- Ministerie van VROM. (2010). *Dossier Duurzaam Bouwen en Verbouwen*.
- MVO Nederland. (2015, mei). *adaptief ontwerpen*. Retrieved from [mvonederland.nl](https://mvonederland.nl/dossier/adaptief-ontwerpen): <https://mvonederland.nl/dossier/adaptief-ontwerpen>
- MVO Nederland. (2015). *circulair bouwen*. Retrieved from [mvonederland.nl](https://mvonederland.nl/dossier/circulair-bouwen): <https://mvonederland.nl/dossier/circulair-bouwen>
- Nationale milieudatabase. (2019). *bepalingsmethode*. Retrieved from [milieudatabase.nl](https://milieudatabase.nl/index.php?q=bepalingsmethode): <https://milieudatabase.nl/index.php?q=bepalingsmethode>
- Nederland Circulair. (2016). *Design for disassembly*. Nederland Circulair.
- Oomen, R. (2019, april 9). Meten circulariteit van Madaster en ontwikkeling materialenpaspoort. (N. Oudshoorn, Interviewer)
- Philips. (2019). *circular lighting*. Retrieved from [lighting.philips.nl](http://www.lighting.philips.nl/systemen/circular-lighting): <http://www.lighting.philips.nl/systemen/circular-lighting>
- Rabobank. (2015). *de potentie van de circulaire economie*. Rabobank.
- Rijksoverheid. (2015). *Van afval naar grondstof*. Den Haag: ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Rijksoverheid. (2016). *Gewijzigde aanbestedingswet 2012*. Expertisecentrum Aanbesteden PiANOo.
- Rijksoverheid. (2018). *Transitieagenda circulaire bouwconomie*. Rijksoverheid.
- Rijksoverheid. (2019). *ruimteinregels.nl*. Retrieved from [circulaire economie](https://www.ruimteinregels.nl/thema/circulaire-economie): <https://www.ruimteinregels.nl/thema/circulaire-economie>
- STABU. (2017). *STABU besteksystematiek voor de woning- en utiliteitsbouw*.
- Tegenlicht. (2017, april). *Tegenlicht meetup Den Haag*. Retrieved from [deregah.nl](https://deregah.nl/tegenlicht-meetup-den-haag-groene-dromen/): <https://deregah.nl/tegenlicht-meetup-den-haag-groene-dromen/>
- W/E adviseurs. (2017). *Principes en parameters Milieuprestatie Gebouwen (MPG)*. Nationale milieudatabase.
- WE adviseurs. (2017). *Circulair met GPR meetbaar zonder extra moeite*. WE adviseurs.

Bijlagen

B1.Lijst met figuurnummers.....	29
B2.Interviews.....	30
B3.Aanvullende informatie beleidskader circulair bouwen.....	36
B4.Juridische en organisatorische aspecten van de circulaire bouw.....	38
B5.Aanbestedingswet.....	39
B6.Denkmodellen circulair bouwen.....	40
B7.Toelichting circulaire principes per bedrijf.....	43
B8.Toelichting principes en uitgangspunten uit de circulaire bouw.....	44
B9.Onderverdeling gebouwinstallaties.....	45
B10.Handleiding circulair ontwerp-toolbox.....	46
B12.Productenlijst.....	51

Figuur 1 Hoofdstukindeling rapport	10
Figuur 2 Trias Ecologica	14
Figuur 3 Ontwerpprincipes en ontwerpuitgangspunten voor circulaire gebouwen.....	17
Figuur 4 Indeling gebouwlagen	18
Figuur 5 Indeling ontwerp-toolbox.....	20
Figuur 6 Bouwfasering en actoren van de ontwerp-toolbox	21
Figuur 7 Het 10 r-model	40
Figuur 8 Overgang van lineair concept naar een circulair concept.	41
Figuur 9 Model voor circulair ondernemen	42
Figuur 10 STABU verdeling	45
Figuur 11 Handleiding tool per filter	46

Lijst van afgenomen interviews:

Lambert, Gino; Valstar Simonis; (8 april 2019); Interview over vergelijkbaar onderzoek circulaire gebouwinstallaties van o.a. Valstar Simonis.

Oomen, Rob; Madaster platform; (9 april 2019); Interview over meten circulariteit van Madaster en ontwikkeling materialenpaspoort.

Anink, David; WE-adviseurs; (9 april 2019); Interview over de huidige mogelijkheden en ontwikkeling van de MPG.

Van Vliet, Mike; ALBA concepts; (12 april 2019); Interview over de circulaire meettool BCI van ALBA en hoe deze in de praktijk toe te passen.

Velzing, Evert-Jan; Lectoraat HU Building Future Cities; (17 april 2019); Interview over vergelijkbaar onderzoek i.s.m. Universiteit Utrecht en aanvullingen van de onderzoeken op elkaar.

Interview Valstar Simonis – Gino Lambert (8 april 2019)

Visie van Valstar Simonis is om de levensduur van installaties en de daarbij benodigde materialen zo lang mogelijk te maken met zo weinig mogelijk vervangingsmomenten. Hierdoor ga je met één materiaalstroom de hele levensduur door. Waar we hierbij tegenaan lopen is wanneer een product is toegepast met een hele lange levensduur en niet gemakkelijk te demonteren is, problemen komen als er een aantal jaar later een efficiënter of beter product op de markt komt die het product met de lange levensduur moet vervangen. **Flexibiliteit in het vervangen of aanpassen van gebouwinstallaties** is dus een erg belangrijk principe.

Cradle to Cradle is wellicht nog een stapje verder dan circulair. Als voorbeeld krijgt het materiaal PVC geen Cradle to Cradle certificaat omdat hier chloor in is verwerkt en dit is een giftige stof. Terwijl PVC prima te recyclen is en de levensduur van het materiaal dus steeds verlengd kan worden.

Wat heel belangrijk is in jouw onderzoek en een stukje onduidelijkheid zal wegnemen bij het maken van keuzes van materialen of installaties is het kunnen zien welke het meest circulair is en waarom. In het onderzoek zou het erg waardevol zijn als jij kan aangeven **welke keuzes er in het ontwerp gemaakt kunnen worden** of in ieder geval binnen welke kaders de keuze moet vallen. Daar is behoefte aan in de praktijk.

Interview Madaster – Rob Oomen (9 april 2019)

Als bijkomend element in de selectie van materialen die toegepast kunnen worden in het ontwerp kan nog de **gezondheid van materialen** meegenomen worden. Dit is eigenlijk vanuit de Cradle to Cradle filosofie. Wellicht vallen dan nog een aantal materialen af die niet toegepast kunnen worden, omdat ze wellicht wel circulair zijn, maar niet bevorderend zijn voor de gezondheid. Tenzij deze materialen bij het terugwinnen en tijdens de exploitatie de schadelijke stoffen behouden en dus niet lekken. Dan hoeven deze materialen niet schadelijk voor de gezondheid te zijn. Concluderend denkt Rob dat het niet persé randvoorwaardelijk moet zijn maar wel als principe erbij gehouden moet worden zodat je niet de verkeerde grondstoffen circulair gaat maken.

Wellicht als het mogelijk is ook een afweging maken over wanneer je **gerecycled materiaal gebruikt, welke invloed dit heeft op de levensduur van het materiaal**. Blijft de levensduur na het recyclen gelijk aan een 'primaire' materiaal of zorgt het recyclen voor een afname van de levensduur in het secundaire, tertiaire etc. gebruik? Oftewel gaat het gerecyclede materiaal net zo lang mee als de normale industriestandaard? Het betekent niet dat je dan niet moet recyclen maar er moet wel bewustwording zijn over dat je bij de halvering van levensduur dan twee keer de hoeveelheid materiaal nodig hebt in vergelijking met de normale industriestandaard. Is de energie die je dan in het recyclen steekt het nog wel waard?

Platform CB23, geïnitieerd door NEN en het Rijksvastgoedbedrijf, zijn **bepaalde standaarden** aan het bespreken o.a. **voor het materialenpaspoort**. Het Madaster is ook één van de deelnemers van de bespreking over wat er wel en niet in een materialenpaspoort moet komen. Verwachting is dat er in de zomer van 2019 een advies gaat komen richting de overheid wat er in de materialenpaspoorten moet komen. Dit advies zal als basis worden gebruikt door de overheid om in 2020 een besluit te nemen of een materialenpaspoort verplicht gaat worden en zo ja voor wie.

Madaster probeert circulariteit in het materialenpaspoort te meten door de **circulariteitsindex** grotendeels op basis van de Ellen MacArthur foundation. Hierin wordt opgenomen hoeveel inkomende materiaal hergebruikt is, de verwachte levensduur van het materiaal en tot slot in hoeverre het materiaal aan het einde weer her te gebruiken is (o.a. losmaakbaarheid). De laatste stap met de losmaakbaarheid wil het Madaster nog maken door de losmaakbaarheid een kwantitatieve prestatie index te geven i.p.v. de huidige kwalitatieve index. Het niveau waarop Madaster nu zit is; iets is zonder schade uit elkaar te halen ja of nee. En ze willen toe naar bepaalde rekenmodellen waaruit een losmaakbaarheidsscore komt.

Interview WE adviseurs – David Anink (9 april 2019)

Bij de **nieuwe methode van de MPG berekening**, die in juli wordt gelanceerd, kan je bij de input van materialen aangeven dat dit wordt hergebruikt vanuit een eerdere toepassing. Voor de uitput kant van materialen wordt er hard gewerkt om dit nog concreter dan het huidige afvalscenario te krijgen. Losmaakbaarheid zal hier een belangrijke factor voor zijn.

Alle principes die zijn opgesteld in dit onderzoek kunnen in de nieuwe versie van de MPG terugkomen in de berekeningen. Helaas is de keuze voor inkomende materialen nog zeer beperkt vooral voor gebouwinstallaties. In projecten waar een MPG berekening gemaakt moet worden kunnen veel toegepaste gebouwinstallaties dus niet worden ingevoerd. Hierin worden in de komende tijd wel ontwikkelingen verwacht in de zin dat er vóór juli 2019 nog veel meer gebouwinstallaties in de Nationale Milieudatabase komen. **Eén van de motieven om de grenswaarde van de MPG aan te scherpen** is ook om producenten te stimuleren hun producten, waaronder gebouwinstallaties, in de Nationale Milieudatabase te zetten.

David Anink is bezig met een **aanscherpingsstudie** voor het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties (BZK). Daar is de ambitie en gedachte om in 2030 naar een MPG van 0,4 te gaan voor in ieder geval woningbouw. Uit zijn onderzoek bleek dat dit in de praktijk goed haalbaar was. In 2021 komt er ook een wettelijke aanscherping van de grenswaarde van de MPG. Hierover is nog niet duidelijk hoe groot deze aanscherping zal zijn.

Zonnepanelen scoren slecht op de MPG doordat er nog niet veel soorten in de MPG te berekenen zijn. De soorten die zijn opgenomen zijn categorie 3, wat betekent dat deze nog niet erg betrouwbaar zijn gemaakt d.m.v. een geverifieerde LCA. Categorie 3 producten krijgen een opslag van hun schaduwkosten in de MPG van 30%, omdat ze niet geverifieerd zijn. Hierdoor scoren ze nog slechter op de MPG. Op het moment dat er getoetste producten in komen zal de MPG score van de zonnepanelen naar verwachting al 30% afnemen. De slechte score zit hem vooral in de toxiciteit van bepaalde materialen in zonnepanelen. Nieuwe geverifieerde kaarten die David gezien heeft zullen al een stuk gunstiger scoren dan de huidige producten in de MPG. Vooral kristallijne panelen scoren slecht in de MPG door de hoeveelheid energie die benodigd is in de productie hiervan. De andere soorten zonnepanelen worden daardoor aantrekkelijker, omdat deze minder energie in de productie nodig hebben en dus een lagere MPG score krijgen.

Er zijn nog weinig Europese producenten van zonnepanelen. Wat we willen bereiken met de **categorie 1 en 2 kaarten die in de toekomst** worden toegevoegd in de NMD, is dat Europese producenten kunnen aantonen veel minder uitstoot te hebben door korte transport in de LCA. Zeker als de grenswaarde wordt aangescherpt zullen zonnepanelen steeds meer een struikelblok worden en zal de markt veel meer aantoonbaar lagere milieulast panelen in de NMD gaan zetten.

Interview ALBA concepts – Mike van Vliet (12 april 2019)

In plaats van dat je in het onderzoek prestatie-eisen voor elke maatregel gaat verzinnen is het misschien beter om **voor elk principe per gebouwinstallatieonderdeel uitgangspunten te formuleren** en daarna maatregelen gaat zoeken die bij deze uitgangspunten passen. Hierdoor vallen er al veel maatregelen af die niet bij de uitgangspunten passen.

Wat lastig is bij het **berekenen van circulariteit bij gebouwinstallaties** is dat wij het op basis doen van de KG aan materialen. Om dan als voorbeeld een luchtkanaal te nemen, lukt het ons tegenwoordig best goed om deze op een circulaire wijze te bouwen of her te gebruiken. Maar deze resultaten vallen in het niets ten opzichte van de luchtbehandelingskast. Deze lbk bestaat uit zoveel elementen dat we niet weten hoe we daar mee om moeten gaan qua hergebruik of recycling.

Bij ALBA is er een scorelijst opgesteld, in een onderzoek voor BREEAM en GPR gebouw, voor type verbindingen, bereikbaarheid, doorkruisingen en inklemming van elementen of producten. Dit is in het kader van demontabel bouwen een goede **basis van scores waarmee maatregelen ten behoeve van demontabel bouwen van gebouwinstallatie met elkaar vergeleken kunnen worden**. Daarnaast kan op basis van deze lijst ook goed benoemd worden welke verbindingen etc. het beste zijn en welke absoluut niet toegepast moeten worden.

Voor een **compleet plaatje op het gebied van circulariteit van materiaalgebruik** kan het beste een koppeling komen tussen de materiaalindex, dat aangeeft hoeveel procent van een product hergebruikt wordt en de mpg, dat aangeeft hoeveel milieubelasting de toegepaste materialen hebben.

Er zijn eigenlijk 3 argumenten of **drijfveren om circulair te gaan** bouwen, namelijk:

1. Uitputting van de hulpbronnen van de aarde
2. CO₂ uitstoot
3. Ophoping van afval

Daarbij ga je materiaal schaarste ook tegen als je deze 3 argumenten in acht te neemt bij het circulair bouwen.

Interview lector HU– Evert-Jan Velzing (17 april 2019)

Bij het ontwerp is het belangrijk om na te denken of het mogelijk is om minder installaties te gebruiken dan gebruikelijk. Dit zorgt ook voor een materiaal besparing en is ook materiaalarm bouwen. Dus bij **materiaalarm bouwen kan je op 2 niveaus denken**, namelijk: per installatie en het hele installatiesysteem. Per installatie kan gekeken worden hoe dezelfde installatie met zo weinig mogelijk materiaal gerealiseerd kan worden, door bijvoorbeeld leidingwerk zo kort mogelijk te maken. En op het niveau van het hele installatiesysteem is het mogelijk om te kijken of alle installaties echt toegevoegde waarde hebben en/of meerdere installaties te combineren zijn in één installatie. Bijvoorbeeld ventilatie, koeling en verwarming o.i.d. door één installatie verzorgen.

Flexibel bouwen bij installaties zie ik voor me als zorgen dat bijvoorbeeld een kabelgoot makkelijk **bereikbaar en aanpasbaar** is zodat er kabels toegevoegd, vervangen of verwijderd kunnen worden.

Waar nog over nagedacht moet worden in het ontwerp is dat **je materiaalkeuze ook afhankelijk is van hoe demontabel het ontwerp is**. Is je ontwerp niet demontabel, kies dan voor een materiaal dat recyclebaar is. Het zal dan na de oogst als schroot terugkomen en te recyclen zijn tot een nieuw product. Wanneer iets wel demontabel ontworpen is, kan er ook voor het materiaal gekozen worden dat een ontzettend lange levensduur heeft. Het is immers goed te demonteren en direct of gereviseerd te hergebruiken in een ander project.

Laat in je **handleiding** goed zien hoe je nieuwe input in de toekomst moet invullen in de Excel toolbox, zodat het onderzoek **toekomstgericht** is en voor anderen ook goed te hanteren is.

MPG berekeningsmethode

De grenswaarde van de MPG zal naar alle waarschijnlijkheid in de komende jaren worden aangescherpt, aangezien de huidige grenswaarde in bijna alle gevallen zeer eenvoudig haalbaar is. In een interview liet David Anink van WE-adviseurs (2019) los dat er naar een aanscherping toegewerkt wordt van €0,4 in 2030. De bepalingmethode van de MPG is gebaseerd op Europese bepalingmethode en zal in juli 2019 worden aangepast (Nationale milieudatabase, 2019). Op dit moment berekent de MPG uitsluitend de milieukosten van een nieuw materiaal. In de MPG versie van juli 2019 zal er ook rekening gehouden worden met hergebruikte materialen en de manier van bevestigen van materialen.

Materialenpaspoort

Het Madaster is een belangrijke generator en bibliotheek van het materialenpaspoort. Zij zijn ook volop bezig met het door ontwikkelen van het materialenpaspoort aan de behoefte uit de bouwsector.

Het materialenpaspoort moet onder andere inzicht geven over:

- Wat is de afkomst van de materialen, componenten of producten?
- In welke hoeveelheden zijn ze toegepast?
- Hoe zijn ze verwerkt/gemonteerd?
- Wat is de huidige locatie?
- Wat is de hergebruik- of restwaarde door de levensloop heen?

Kennis en bewustwording

De benodigde ontwikkeling van kennis en bewustwording heeft heel veel invloed op de inhoud en kennis van verschillende functies en beroepen. Daarvoor wil de overheid in 2021 in alle studierichtingen en niveaus aandacht voor circulair bouwen en specifieke opleidingen als circulaire architect en opdrachtgeverschap gaan introduceren. Een kennisinstituut waar ervaringen en kennis wordt gedeeld is ook een belangrijke beoogde ontwikkeling om tot een verbreding van kennis te komen. Een bewustwordingscampagne moet zorgen voor een toename van de bewustwording van de toegevoegde waarde van de circulaire bouwconomie.

De onderzoeken waarin terug te zien is dat de marktpartijen al bezig zijn met de oproep van de rijksoverheid zijn:

A framework for circular buildings (DGBC, Metabolic, SGS Search en Circle Economy, 2018) waarin principes beschreven worden voor circulair ontwerp in de bouw en hoe deze te implementeren zijn in de BREEAM certificering.

Design for disassembly is een werkgroep van de coalitie klimaat voor verandering wat deel uitmaakt van het transitieprogramma Nederland Circulair. In het rapport *Design for disassembly; principes voor klimaatsystemen* (2016) zijn de resultaten en conclusies van de werkgroepbijeenkomsten opgenomen. Er zijn in dit rapport al een aantal mogelijke ontwerp- en assemblage-strategieën benoemd. Dit rapport is vóór de transitieagenda opgesteld maar draagt bij aan de beantwoording van de bovenstaande vragen.

Een selectie ontwerp- en assemblagestrategieën worden ook benoemd in het rapport *handvat duurzaam materiaalgebruik voor bouw- en infrabedrijven* (Bouwend Nederland, Stimular, 2019). Er wordt in dit rapport specifiek ingegaan op de strategieën d.m.v. voorbeelden.

VANG programma

In het vernieuwde VANG(van afval naar grondstof)-programma van (Rijksoverheid, 2015) worden verschillende actielijnen geformuleerd om bedrijven aan te moedigen om tot een circulaire economie te komen. Actielijnen die (mede)betrekking hebben op de circulaire bouw zijn:

- Producten zijn zo ontworpen, dat ze te recyclen of te hergebruiken zijn.
- Bedrijven produceren op zodanige wijze dat alle materialen makkelijk hergebruikt kunnen worden.
- Onderwijs en onderzoek helpt mensen bij het overschakelen naar een duurzame (circulaire) economie.
- Met producenten, gebruikers en afvalverwerkers pakt de Rijksoverheid de hele keten aan van bepaalde grondstoffen, zoals kunststof en fosfaat, en stimuleert hergebruik.

B4. Juridische en organisatorische aspecten van de circulaire bouw

Organisatorische principes zoals ketensamenwerking en systeemdenken zijn van groot belang om de circulaire bouw te laten slagen. Een andere manier van denken door het verleggen van eigenaarschap stimuleert de transitie naar een circulaire keten in de bouw. Het verleggen van eigenaarschap roept een aantal juridische knelpunten op.

Ketensamenwerking en systeemdenken vallen onder het organisatorische gedeelte van de circulaire bouw. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek maar omdat dit belangrijke principes zijn binnen de circulaire bouweconomie wordt dit toegelicht. De lineaire keten op dit moment zorgt ervoor dat bedrijven als producenten en installateurs geen meerwaarde zien om circulair te ondernemen. Dit resulteert in de gangbare keten waar veel producten en componenten bij de schroot of afvalhoop belanden bij het einde van de levensduur en de betrokken bedrijven in de keten alleen kijken naar hun eigen onderdeel van deze keten. Als voorbeeld wordt de huidige keten van klimaatsystemen genomen. De producent zorgt voor het aanleveren van eindproducten die via de groothandel bij installateurs terechtkomen. De installateur installeert de systemen voor de gebouweigenaren. Het onderhoud wordt vaak weer door een andere partij verzorgd evenals de installatie van het nieuwe systeem na circa 30 jaar. De sloopbedrijven verwijderen het oude systeem en zorgen voor de verwerking van de schroot. Deze ketensamenwerking zorgt niet voor draagvlak voor de installateurs of producenten om de klimaatsystemen weer terug op te nemen in de keten door ze te hergebruiken, reviseren of recyclen. Wellicht kan een ketensamenwerking waar de producenten en installateurs eigenaren blijven van de producten en ze als dienst verhuren aan de gebouweigenaren een oplossing bieden. In een dergelijk systeem kan de restwaarde van een klimaatstelsel zorgen voor een goed businessmodel voor deze bedrijven. De betrokken bedrijven kijken dan verder dan alleen het eigen onderdeel van de keten en blijven bij de gehele keten betrokken. Op deze manier wordt er over het gehele systeem gedacht. Een materialenpaspoort kan hierbij een belangrijke rol spelen in het registreren van het eigenaarschap van materialen en producten. Bij het einde van de levensduur van een gebouw kan door middel van het materialenpaspoort de eigenaar van gebouwonderdelen worden benaderd om het product uit het gebouw te halen. Dit product kan dan weer hergebruikt worden in een nieuw gebouw in plaats van dat het bij de sloop op de afvalhoop terecht komt.

Wet- en regelgeving is in sommige gevallen nog niet klaar voor de transitie naar een circulaire (bouw)economie. Er is meer flexibiliteit nodig in regelgeving, contracten, afspraken etc. om circulaire experimenten en voorlopers de kans te geven. Als voorbeeld is het eigendomsrecht van producten en onderdelen van gebouwen niet ingesteld op heel veel eigenaren van één object. Daardoor zullen experimenten waarbij producenten eigenaar en beheerder blijven van gebouwonderdelen kunnen spaaklopen op juridische wet- en regelgeving. Eigenaarschap verleggen naar de producent kan hoogwaardig hergebruik en reviseren stimuleren doordat het product bij het einde van de levensduur terugkomt bij dezelfde producent. In een rapport uitgevoerd voor de gemeente Rotterdam beschrijven Geldermans en Rosen-Jacobson (2015) het als volgt: “onderscheid tussen juridisch en economisch eigenaarschap in vastgoed is van essentieel belang. In de Nederlandse wet is dit nog niet goed geregeld: een aanpassing van economisch eigendom wordt niet juridisch gesteund, tenzij dure inflexibele notariële en kadaster handelingen worden uitgevoerd”. Dit hoeft bij gebouwinstallaties niet altijd een struikelblok te zijn, dit heeft Phillips bewezen met zijn light-lease businessmodel (2019). Dit businessmodel is onder andere toegepast op Schiphol. De installaties waar het wél een struikelblok kan vormen zijn vooral de onderdelen die afhankelijk zijn van andere gebouwonderdelen. Denk hierbij aan ingestorte leidingen etc.

B5.Aanbestedingswet

De aanbestedingswet (2016), die is doorgevoerd voor overheidspartijen (ook publiekrechtelijke instellingen), zorgt voor meerdere instrumenten om in de uitvragen private partijen uit te dagen en te innoveren op het gebied van circulariteit. Opdrachtgevers kunnen circulariteit zwaarder laten meewegen in de gunningcriteria en ze kunnen aanbestedingen beoordelen op basis van de beste prijs-kwaliteitsverhouding in plaats van de laagste prijs inschrijving. Hierdoor kunnen zij naast prijs ook kwaliteitsaspecten meewegen in de beoordeling van inschrijvingen. Dit maakt het mogelijk voor bedrijven om een hoog niveau van circulariteit/materiaalgebruik te kunnen toepassen, omdat dit wellicht een hogere prijs heeft maar ook hoger scoort voor de kwaliteit. Aanbestedingen tussen private partijen hebben contractvrijheid en kunnen in een aanbesteding zelf de spelregels bepalen. Private opdrachtgevers zijn daarbij niet verplicht een aanbesteding te organiseren. Dit juridische onderdeel blijft buiten beschouwing in het onderzoek maar is van groot belang om een circulair ontwerp ook op zijn waarde te kunnen beoordelen in aanbestedingen, zodat een circulair ontwerp ook de kans krijgt om te slagen in de praktijk.

B6.Denkmodellen circulair bouwen

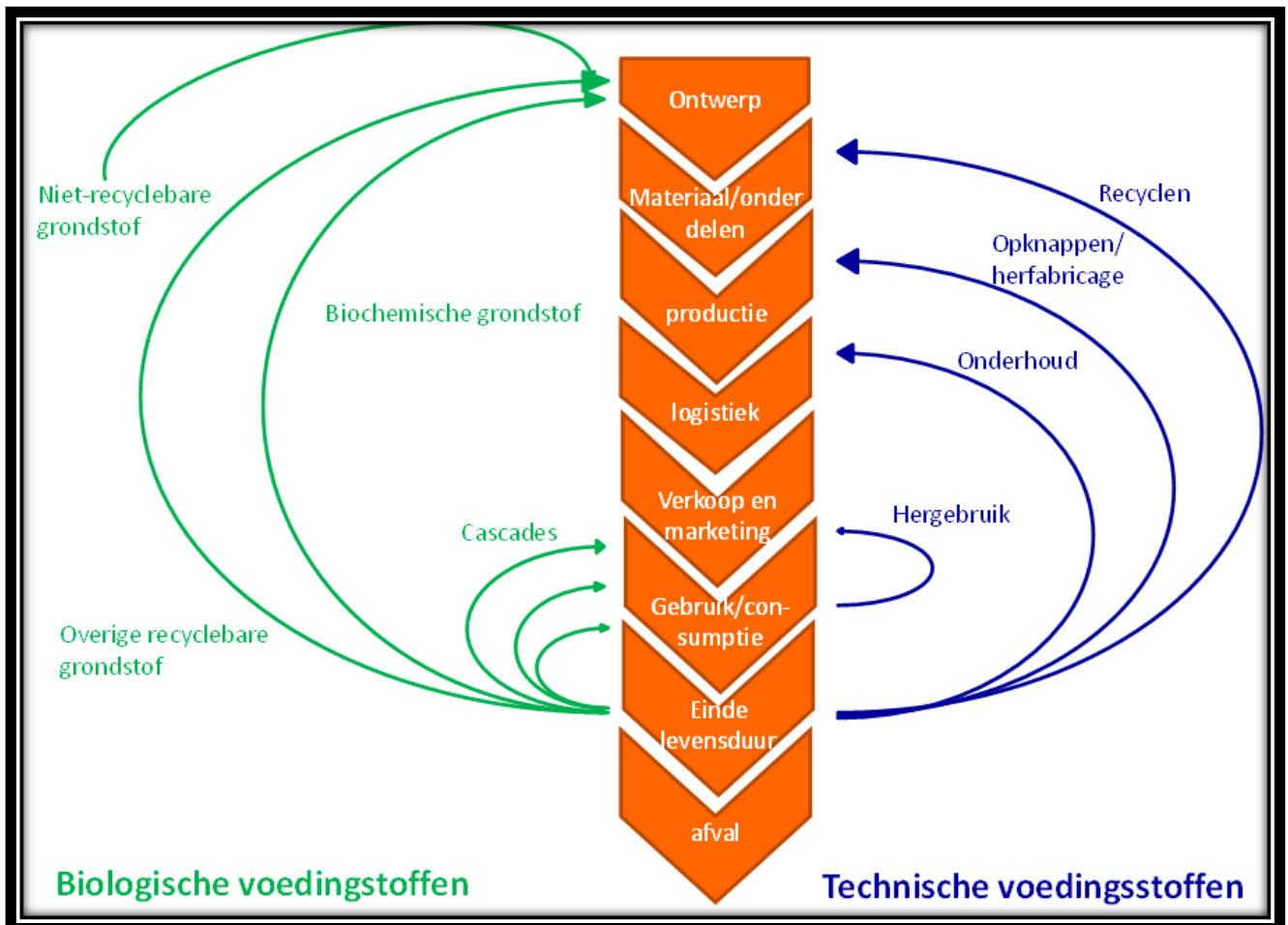
Het 10 r-model is ontstaan uit de minder specifieke ladder van Lansink. Het denkmodel geeft een overzicht van de opties van het hergebruik van producten en grondstoffen. Over het algemeen zorgt de eerste stap voor de meeste reductie van milieulast en de laatste stap voor de minste reductie van milieulast. In de volgorde van boven naar beneden wordt de reductie steeds kleiner. Er zijn uitzonderingen in de praktijk waardoor de volgorde niet helemaal kloppend is.

Niveaus van circulariteit (10R's)

Refuse:	weigeren/ voorkomen gebruik
Reduce:	gebruik minder grondstoffen
Redesign:	herontwerp met oog op circulariteit
Re-use:	product hergebruik (2 ^e hands)
Repair:	onderhoud en reparatie
Refurbish:	product opknappen
Remanufacture:	nieuw product van 2 ^e hands
Re-purpose:	hergebruik product maar elders
Recycle:	verwerking en hergebruik materialen
Recover:	energie terugwinnen

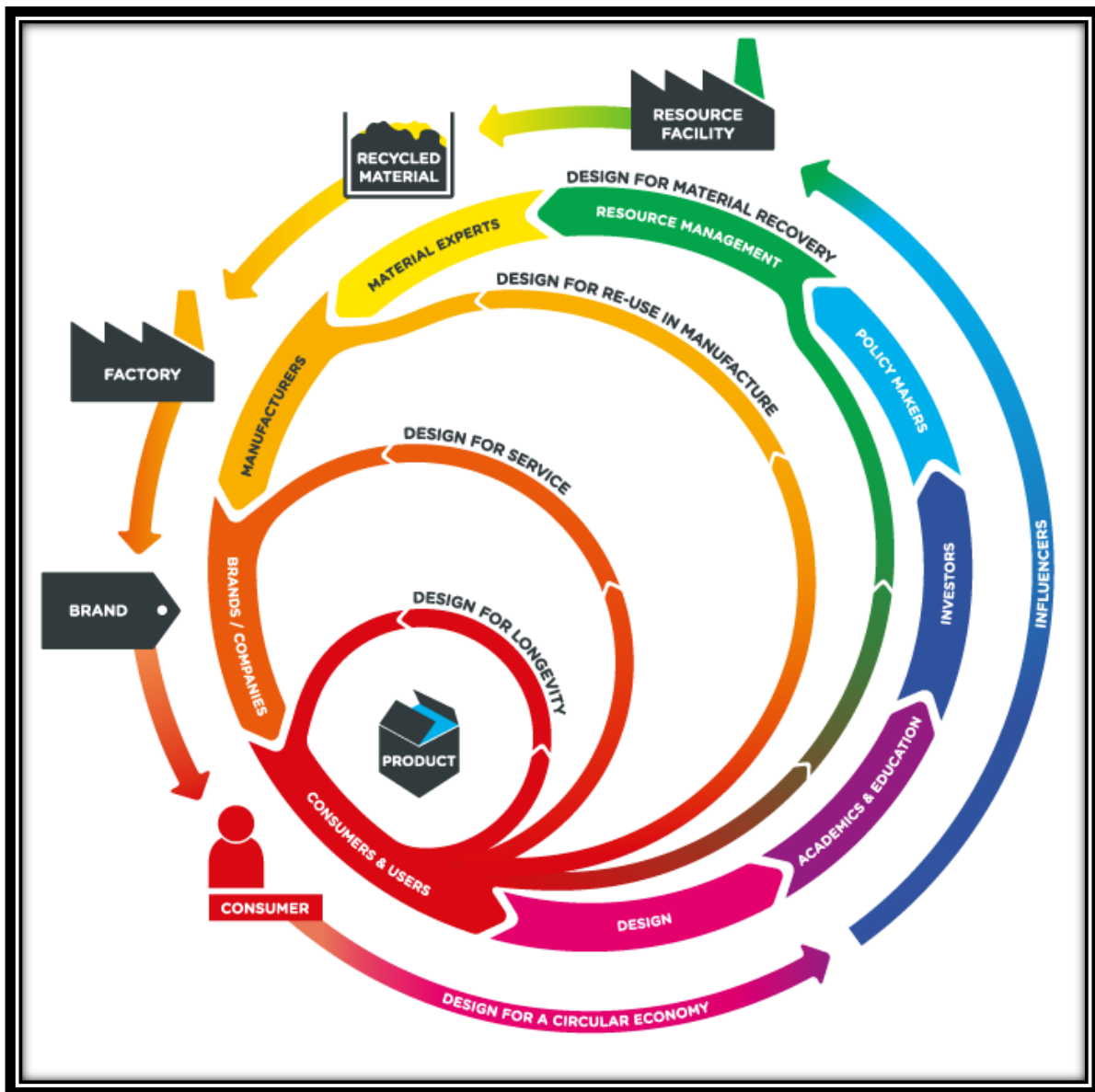
Figuur 7 Het 10 r-model overgenomen van (Cramer, 2015)

De Rabobank laat in Figuur 8 de overgang van een lineair economisch concept naar een circulair economisch concept zien. Het reguliere lineaire concept is de met oranje aangegeven keten. De blauwe en groene lijnen zorgen voor het opnieuw inbrengen van de producten in de keten bij de 'end of use'- of gebruiksfase, waardoor er waardecreatie plaatsvindt. Het concept zorgt voor een maximalisatie van het hergebruik van producten en grondstoffen en minimalisatie van waardeverlies. Het streven is om de cirkel zo klein mogelijk te houden om hoogwaardig hergebruik te bewerkstelligen.



Figuur 8 Overgang van lineair concept (oranje) naar een circulair concept overgenomen van (Rabobank, 2015) op basis van vlindermodel Ellen MacArthur Foundation en McKinsey 2012.

Figuur 9 geeft een overzichtelijk beeld van circulair ondernemen dat de afgelopen 10 jaar steeds populairder wordt. Tegenlicht laat in dit model zien welke stappen ondernomen moeten worden om tot een circulair businessmodel te komen en welke partijen hierbij betrokken zijn. Het product staat hierbij centraal in het model. Opvallend en veelzeggend is dat er gesproken wordt over ‘design for longevity, service etc.’. Daarmee wordt duidelijk gemaakt dat een circulair businessmodel begint bij het ontwerp en eindigt bij de mogelijkheid om bij de ‘end of use’ zoveel mogelijk restwaarde over te houden door producten terug in de cirkel te krijgen. Zoals aangegeven gaat het bij dit model om circulair ondernemen en dit kan in verschillende branches toegepast worden. Dit geldt dan ook voor de bouwbranche, waar succesvol circulair bouwen ook idealiter al moet beginnen bij het ontwerp. Daarnaast is bij de bouw sprake van een groot aantal actoren die in het model zijn beschreven in de middelste cirkel. Het model geeft schematisch de ketensamenwerking voor een circulaire economie weer. Dit wordt verder behandeld in bijlage B4.



Figuur 9 Model voor circulair ondernemen overgenomen van (Tegenlicht, 2017)

B7. Toelichting circulaire principes per bedrijf

BREEAM NL

Eén van de koplopers is BREEAM. BREEAM heeft een duurzaamheidskeurmerk ontwikkeld dat integraal de duurzaamheid van een gebouw meet en daar een certificering voor geeft. Circulariteit is sinds enkele jaren ook in dit keurmerk opgenomen. BREEAM heeft specifiek voor materialen principes opgesteld in het rapport (A framework for circular buildings, 2018). Deze principes heeft BREEAM meegenomen in het duurzaamheidskeurmerk. Het duurzaamheidskeurmerk wordt in de bouwbranche gezien als één van de belangrijkste certificeringen die bewijst dat een gebouw duurzaam en milieuvriendelijk is.

WE adviseurs

In de duurzaamheidsmeettool van GPR gebouw van (WE adviseurs, 2017) zijn ook circulaire principes meegenomen. GPR gebouw behoort tot de meest toegepaste software om de duurzaamheid van bestaande bouw en nieuwbouw te meten.

ALBA concepts

ALBA concepts heeft in zijn wetenschappelijk onderbouwde en in praktijk beproefde BCI (building circularity index) (2018) ook circulaire principes verwerkt. Adviesbureau ALBA concepts heeft met zijn BCI methode een leidende en vooruitstrevende rol in de circulaire bouwbranche veroverd. De BCI wordt steeds vaker in circulaire bouwprojecten gebruikt als maatstaf over hoe circulair een gebouw is.

Bouwend Nederland en Stimular

Bouwend Nederland en Stimular hebben in het rapport 'handvat duurzaam materiaalgebruik voor bouw- en infrabedrijven' (2019) circulaire principes opgesteld. Bouwend Nederland is een organisatie van veel grote bouwbedrijven zoals de BAM Nederland en Heijmans B.V. In samenwerking hebben deze grote bedrijven circulaire principes opgesteld voor bouw- en infrabedrijven. Stichting Stimular heeft de verwerking en verspreiding van de kennis uit deze samenwerking op zich genomen.

Nederland Circulair

Het rapport 'Design for disassembly' van Nederland Circulair (2016) gaat in op principes voor het ontwerp van gebouwinstallaties dat zorgt voor het mogelijk maken van disassemblage. Deze circulaire principes hebben dus uitsluitend betrekking op het demontabel ontwerpen van gebouwinstallaties. Nederland Circulair is een netwerk platform voor de circulaire economie. Het rapport wat is opgesteld is het resultaat van kennisdeling en brainstormsessies van een werkgroep bestaande uit grote installatieproducenten als Alklima en Remeha maar ook MVO, het grootste duurzame bedrijvennetwerk van Europa.

Flexibel ontwerpen en bouwen

Flexibel of adaptief bouwen zie je vooral terugkomen bij de utiliteitsbouw. Bijvoorbeeld wordt een kantoor- of winkelpand vaak ruim ingericht, waardoor toekomstige andere functies zonder al te veel aanpassingen te realiseren zijn. Dit zorgt voor een beperking van sloopafval en nieuw materiaalgebruik waardoor de levensduur van een gebouw en zijn materialen langer is. Uitgangspunten hiervoor zijn:

- Aanpasbare systemen die rekening houden met toekomstige verandering van gebouwen.
- Toekomstige verandering van ruimte indeling faciliteren door gebouwonderdelen gescheiden te houden van scheidingsconstructies.
- Overdimensioneren van ruimtes en capaciteit van leidingschachten om functieverandering van het gebouw en toevoegen van systemen mogelijk te maken.

Demontabel ontwerpen en bouwen

De toekomstige mogelijkheid tot oogst en hergebruik van alle gebouwonderdelen is voor een groot deel afhankelijk van de manier van bevestigen en koppelen van de materialen in een gebouw. De uitgangspunten voor demontabel bouwen zijn op basis van een onderzoek over circulair bouwen van de TU Delft (2015) en op basis van de Building Circularity Index van ALBA concepts (2018):

- Droge verbindingen toepassen zodat aansluitingen en verbindingen gemakkelijk te ontkoppelen zijn.
- Alle gebouwonderdelen zijn goed bereikbaar zonder schade aan te richten aan het gebouw.
- Er zijn geen doorkruisingen van gebouwonderdelen die verhinderen dat gebouwonderdelen van elkaar te scheiden zijn.
- Er zijn geen vorminsluitingen aanwezig die ervoor zorgen dat schade aangebracht moet worden aan omliggende gebouwonderdelen om een ander gebouwonderdeel te demonteren.
- Modulaire coördinatie in maatsystemen om te voorkomen dat er 'random' maten worden gebruikt en deze voor toekomstig gebruik niet goed her te gebruiken zijn. Deze modulaire coördinatie is wettelijk vastgelegd in de NEN6000.

Materialen met een lage milieulast

(Hoogwaardig) hergebruik bestaande materialen

Het toepassen van eerder gebruikte materialen kan op verschillende manieren. De kunst is om de kringloop zo klein mogelijk te houden en daarbij dus zo hoogwaardig mogelijk te hergebruiken. Hierin zijn 3 stappen onderscheiden op basis van het 10 r-model in Figuur 7 uit bijlage B6. De eerste twee stappen uit het r-model zijn voorkomen en reduceren, deze stappen komen terug in het principe materiaalarm bouwen. Van de overige stappen is een selectie van de 3 stappen gemaakt om het r-model vereenvoudigd toe te kunnen passen in de ontwerp-toolbox. De 3 gradaties die in de circulaire bouw het meeste worden toegepast zijn:

1. Direct hergebruik
2. Gereviseerd hergebruik
3. Gerecycled hergebruik

Hernieuwbare materialen

Biobased of hernieuwbare materialen zegt het al: materialen met een biologische basis die opnieuw in de natuur kunnen groeien en bij het einde van de levensduur ook weer door de natuur kunnen worden opgenomen en verwerkt. Bekende voorbeelden als stro, papier en hennep zijn typische biobased materialen. Het gaat hierbij dus om een biologische kringloop die gesloten wordt. Deze materialen nemen over het algemeen veel CO₂ op in hun levensloop en zijn zonder al te veel energie te gebruiken te produceren.

STABU verdeling gebouwinstallaties			
Dakgoten en HWA	Trechters en goten: Dakgoten	Binnen riolering	Distributie: Vuilwaterafvoer- buizen
	Trechters en goten: Trechters		
	Distributie: Hemelwaterafvoer buizen		
	Overige componenten		Overige componenten
Waterinstallaties	Putten en pompen: Putten	Sanitair	Porselein: Toilet, bad, wasbak
	Putten en pompen: Pompen		
	Distributie: Waterleidingen		Kranen: Kraan, douchekop
	Overige componenten		
Brandbestrijdings- installaties	Brandslanghaspels: Brandslanghaspels	Verwarming- en koelinstallaties	Opwekking: Cv-ketel, warmtepomp, zonneboiler, warmteafleverset
			Distributie: warmte/koude leidingen
	Sprinklers: Sprinklers		Afgifte: Radiatoren, vloer- /wandverwarming, LT convectoren, luchtverwarming
	Overige componenten		Overige componenten
Ventilatie- en luchtbehandelings- installaties	Opwekking: Luchtbehandelings kast	Regelinstallaties	Meters/sensoren: Thermostaat, meters en sensoren
	Distributie: Ventilatiekanalen		Distributie: Datakabels en voedingskabels
	Afgifte: Wandroosters, plafondroosters, luchtverdeelslang		Kasten: Regelkast
	Overige componenten		
Elektrotechnische installaties	Opwekking: PV-panelen, windmolen, hoofdverdeelkast en onderverdeelkast	Communicatie- en beveiligings- installaties	Patchkast: Patchkast
	Distributie: Elektriciteitskabels		Distributie: Datakabels
	Verlichting: Armaturen		
	Overige componenten		Overige componenten

Legenda

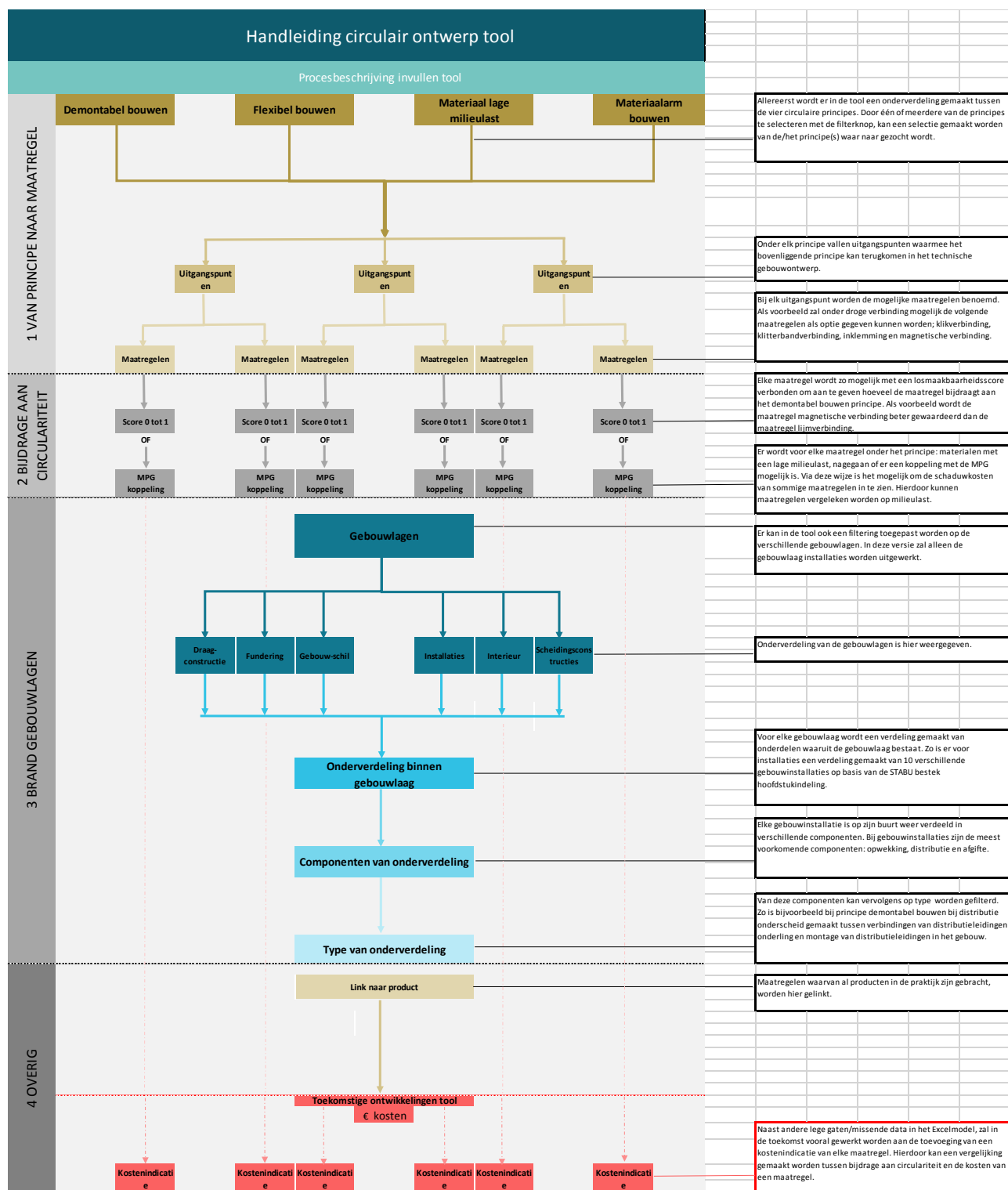
Oranje: grootste
omvang en
meeste milieulast
(focus)

Groen: kleine
omvang en
relatief weinig
milieulast
(alleen
vooruitstrevende
producten)

Figuur 10 STABU verdeling op basis van de bestek hoofdstukindeling

B10.Handleiding circulair ontwerp-toolbox

Onderstaand een uitgebreide handleiding van de circulair ontwerp-toolbox. Er wordt per filter aangeven welke keuzes er gemaakt kunnen worden. Inzoomen tot min. 190% voor goed zicht op het figuur.



Figuur 11 Handleiding tool per filter

1

Van principe naar maatregel

- Principe
- Uitgangspunt
- Maatregel

1 VAN PRINCIPE NAAR MAATREGEL

Invullen principe 	Invullen uitgangspunt 	Keuze maatregelen 
Principe	Uitgangspunt	Maatregel
Demontabel bouwen	Verbinding met toegevoegd element	<u>Bout- en moerverbinding</u>
Demontabel bouwen	Verbinding met toegevoegd element	<u>Manchetverbinding</u>
Demontabel bouwen	Harde chemische verbinding	<u>Lasverbinding</u>
Demontabel bouwen	Harde chemische verbinding	<u>Persverbinding</u>
Demontabel bouwen	Harde chemische verbinding	<u>Lijmverbinding</u>
Demontabel bouwen	Verbinding met toegevoegd element	<u>Beugel met schroefverbinding</u>

Van principe
naar maatregel

2

Bijdrage aan
circulariteit

- Losmaakbaar-
heidsscore
- Schaduwkosten

2 BIJDRAGE AAN CIRCULARITEIT		Bijdrage aan circulariteit
Bijdrage aan circulariteit	Bijdrage aan circulariteit	
		
Losmaakbaarheidsscore (0 - 1)	Schaduwkosten per eenheid (MPG)	
0,8	NVT	
0,8	NVT	
0,1	NVT	
0,1	NVT	
0,1	NVT	
0,8	NVT	

3

Stewart Brand gebouwlagen

- Gebouwlaag
- Type installatie
- Installatie onderdeel
- Type onderdeel

3 BRAND GEBOUWLAGEN

Keuze gebouwlaag 	Invullen type installatie 	Invullen installatie onderdeel 	Invullen type onderdeel 
Gebouwlaag 	Type installatie 	Installatie onderdeel 	Type onderdeel 
Installaties	Binnen riolering	Distributie	Verbinding onderling
Installaties	Binnen riolering	Distributie	Verbinding onderling
Installaties	Binnen riolering	Distributie	Verbinding onderling
Installaties	Binnen riolering	Distributie	Verbinding onderling
Installaties	Binnen riolering	Distributie	Verbinding onderling
Installaties	Binnen riolering	Distributie	Montage gebouw

Brand gebouwlagen

4 Overig

- Product verwant aan maatregel
- Kosten product
- Bron van score

4 OVERIG			Overig
Product verwant aan maatregel ↓	Kosten product ↓	Brononderbouwing score ↓	
Link naar productenlijst	Kosten product (€ - €€€)	Bron onderbouwing score	
▼	▼	▼	
		Losmaakbaarheidsfactoren ALBA concepts	
		Losmaakbaarheidsfactoren ALBA concepts	
		Losmaakbaarheidsfactoren ALBA concepts	
		Losmaakbaarheidsfactoren ALBA concepts	
		Losmaakbaarheidsfactoren ALBA concepts	
		Losmaakbaarheidsfactoren ALBA concepts	

Dakgoten en hemelwaterafvoer: Trechters en goten	
Naam	Aluminium dakgoten van Alugoot
Beschrijving	Onderhoudsarme dakgoot die langer meegaat dan dakgoten van zink of kunststof. Daarnaast wordt de aluminium dakgoot geproduceerd vanuit gerecycled materiaal. Aluminium heeft normaal gesproken 3x de milieulast in vergelijking met zink, maar door een langere levensduur en gerecyclede variant zal de milieulast lager kunnen zijn.
Materiaal	Aluminium
Bijdrage principes	Inkomende materialen met lage milieulast (door lange levensduur en gerecycled materiaal)



Figuur 12 Aluminium dakgoot van Alugoot 2019

Bron: <http://www.alugoot.nl/duurzame-dakgoot-renovatie.php>

Sanitair: Porselein	
Naam	GEBERIT GIS
Beschrijving	GEBERIT GIS installatiewand is een volledig demontabel en her te gebruiken installatiewand. Eenvoudig in elkaar te zetten en uit elkaar te halen zonder gereedschap. Deze voorzetwand kan distributie van meerdere installaties begeleiden en wegwerken. Daarnaast kunnen sanitair modules erin worden opgehangen.
Materiaal	NVT
Bijdrage principes	Demontabel bouwen Flexibel bouwen



Figuur 13 installatiewand GEBERIT GIS

Bron: rapport Circulariteit GEBERIT p. 2-3; GEBERIT; 2019

Binnen riolering en hemelwaterafvoer: Distributie	
Naam	GEBERIT PE
Beschrijving	GEBERIT PE afvoerleidingen zijn als product her te gebruiken door het opnieuw te lassen, dit in tegenstelling tot het alleen te recyclen PVC, PP en gietijzer. Hierdoor kan de levensduur van het product aanzienlijk verlengt worden. De milieulast zal hierdoor uiteindelijk dalen. Kanttekening is dat de fittingen (koppelingen) van het leidingsysteem vaak niet her te gebruiken zijn en moeten worden doorgezaagd. De lange buislengtes zijn dus her te gebruiken maar de koppelingen gaan daarbij verloren. Het systeem is dus niet gemakkelijk demontabel. Naast de lange levensduur is PE ook te recyclen.
Materiaal	Polyetheen
Bijdrage principes	Inkomende materialen met lage milieulast (door lange levensduur)



Figuur 14 GEBERIT PE afvoerleidingen
Bron: rapport Circulariteit GEBERIT p.5; GEBERIT; 2019

Waterleiding / verwarming- en koelinstallaties: Distributie	
Naam	GEBERIT MAPRESS RVS
Beschrijving	GEBERIT RVS leidingsysteem voor drinkwater, koeling, CV, sprinkler en gas etc. is, net als GEBERIT PE, als product her te gebruiken met uitzondering van de verbindingen. De verbindingen zijn namelijk in elkaar gedrukt en zijn niet direct uit elkaar te halen. De alternatieven voor RVS die slechts recyclebaar zijn, zijn koper, c-staal of Sprinkler met levensduur van respectievelijk 30 tot 50 jaar. RVS heeft een onderhoudsvrije levensduur van circa 100 jaar. En is daarnaast ook recyclebaar. Er zullen dus weinig tot geen nieuwe grondstoffen benodigd zijn om nieuw RVS te produceren.
Materiaal	Roestvaststaal (RVS)
Bijdrage principes	Inkomende materialen met lage milieulast (door lange levensduur)



Figuur 15 GEBERIT MAPRESS RVS leidingsysteem
Bron: rapport Circulariteit GEBERIT p. 6-7; GEBERIT; 2019

Waterleiding / verwarming- en koelinstallaties: Distributie	
Naam	WAVIN Hep20 fittingen
Beschrijving	De fittingen verbinden water- en cv installatieleidingen demontabel met elkaar. De fittingen zijn geschikt voor het Hep20 loodleidingsysteem en bestaande koperen leidingen. De kunststof fittingen zijn met de Hepkey demontagetool te demonteren zonder de leidingen te beschadigen. De fittingen zijn ook her te gebruiken. Dit systeem is niet te gebruiken voor: gasdistributie, perslucht, water met hoge chloorconcentratie en warmwatercirculatieleidingen.
Materiaal	kunststof
Bijdrage principes	Demontabel bouwen

	
Verbindingstechniek:	Insteken
materiaal fitting:	Kunststof
Buis:	PB
Afmetingen:	10, 15, 22 en 28 mm
Toepassing:	☒ Renovatie ☒ Nieuwbouw
Demontabel:	Ja
Benodigd gereedschap:	Buisschaar, steunbus, demontagewig
Max. temperatuur tapwater (continu)	60° C
Max. temperatuur CV:	82° C
Max. temperatuur (kortstondig):	90° C
Garantie*:	10 jaar
Compatibel met koper:	Ja, koperbuis past direct in fitting
Lekdetectiefunctie:	Nee

Figuur 16 WAVIN demontabele HEP20 fittingen

Bron: rapport Push-fit leidingsysteem voor warm en koud water p. 2-5; WAVIN Nederland B.V; 2019

Verwarming- en koelinstallaties: distributie en afgifte	
Naam	Havobol Click&Go modulair vloer- plafond en wandverwarming- en koelsysteem
Beschrijving	Dit systeem is in tegenstelling tot de meeste droogbouw verwarming en koelsystemen niet verlijmd met de ondergrond (2-zijdig plakband) en wordt niet in beton gegoten. Daarnaast hoeven de leidingen niet in opvulgoten opgevuld te worden waardoor de leidingen alsnog ingestort zitten in de ondergrond. Click&Go is een modulair systeem dat weer te demonteren is en her te gebruiken in een volgend project. Door het niet instorten van de leidingen duurt het geen weken voordat het in gebruik genomen kan worden maar minder dan 2 dagen.
Materiaal	Platen: kunststof HD-PE en leidingen PE RT afm. 8 x 1 mm
Bijdrage principes	Demontabel bouwen Flexibel bouwen



Figuur 17 Click&Go modulair klimaatsysteem Havobol-systems 2017

Bron: <https://havobol-systems.nl/wp-content/uploads/2017/12/click-en-go-folder-lage-resolutie-01-02-17.pdf>

Technische uitgangspunten:

Afmetingen: 360 x 360 x 12 mm.

Verbindingstechniek via een vertandingsysteem.

Max opp per groep 2.7 m². Diameter leiding 8 x 1 mm.

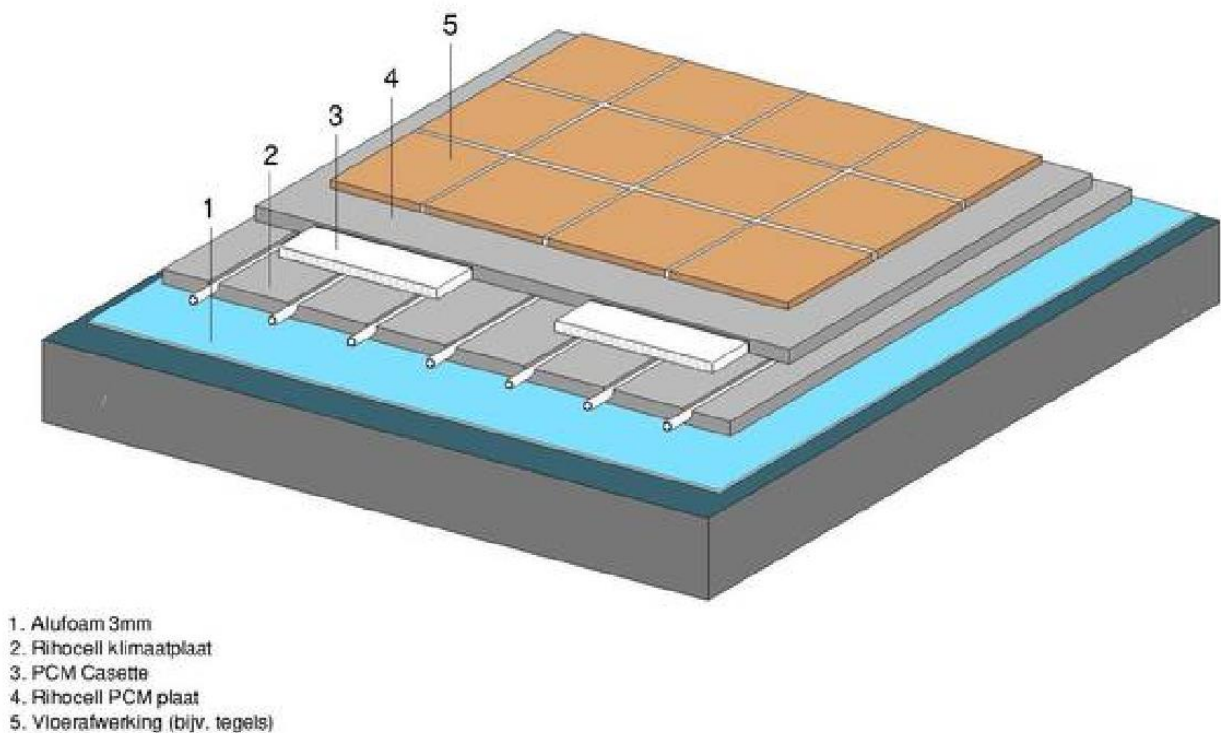
Max leiding lengte per groep 50 m.

Diffusiedichte leiding DIN 4726 5 lagen systeem.

Gewicht: 17 kg p/m².

Basis afgifte: RT 20 gr – 45/38 gr- ca 85 watt p/m²

Verwarming- en koelinstallaties: distributie en afgifte	
Naam	Crystal Climate floor van Orange Climate Autarkis
Beschrijving	Dit systeem is in een droog te verleggen systeemuitvoering beschikbaar. Hierdoor is het een demontabel systeem. Wel moet gezegd dat de kierdichting wordt opgevuld met kit, waardoor het enige moeite kost om het systeem uit elkaar te halen. Door de PCM materialen wordt de warmte- en koelvraag met 50% gereduceerd en zal er besparing kunnen optreden in grootte van de koel- en verwarmingsinstallatie. De materialen van dit systeem passen binnen de C2C visie.
Materiaal	Foam, Gipsvezelplaten, Aluminium leidingen
Bijdrage principes	Demontabel bouwen Flexibel bouwen Inkomende materialen met lage milieulast



Figuur 18 Vloerverwarmingssysteem OC Autarkis
 Bron: rapport Crystal Climate Floor p.3-7; OC Autarkis; 2015

Ventilatie- en luchtbehandelingsinstallaties: Distributie	
Naam	Cradlevent van KE fibertec
Beschrijving	Cradlevent is het eerste C2C luchtkanaal wereldwijd. De flexibele luchtkanalen zijn gemaakt van textiel en zijn recyclebaar. (Circl is referentie)
Materiaal	Textiel: Trevira CS
Bijdrage principes	Inkomende materialen met lage milieulast (door recycleren)



Figuur 19 textiel luchtkanaal Cradlevent van KE Fibertec

Bron: rapport KE Fibertec levert duurzame luchtverdeling voor de eerste C2C school in Holland p.1-4; KE Fibertec; 2019

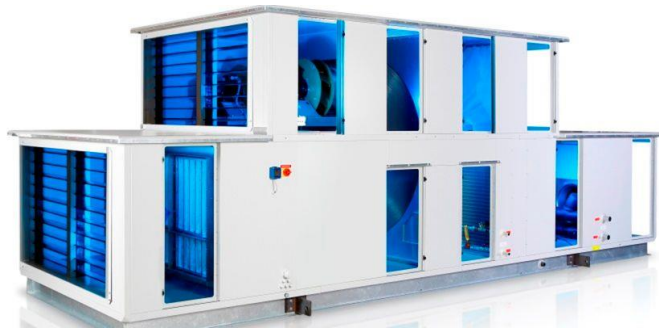
Ventilatie- en luchtbehandelingsinstallaties: Distributie	
Naam	Akothem ventilatie isolatie van polyester wol
Beschrijving	Ventilatie isolatie van polyester wol is 100% van gerecyclede petflessen en is ook weer 100% recyclebaar aan het einde van de levensduur. De variant van Akothem heeft lange samengebonden vezels waardoor het niet scheurt en uiteenvalt. Hierdoor heeft het een lange levensduur.
Materiaal	Polyester wol
Bijdrage principes	Inkomende materialen met lage milieulast (door recycelen)



Figuur 20 Polyester wol isolatie voor ventilatie units van Akothem; 2019

Bron: https://www.merford.com/nl-nl/producten/geluidsbeheersing_producten/absorptiematerialen/akotherm/

Ventilatie- en luchtbehandelingsinstallaties: Opwekking	
Naam	VKT luchtbehandelingskast van Orange Climate
Beschrijving	Deze luchtbehandelingskast is modulair ontworpen en is als het ware d.m.v. verschillende elementen of modules in elkaar gezet en deze elementen of modules zijn ook gemakkelijk weer uit elkaar te halen. Hierdoor is de LBK volledig demontabel. Deze kasten worden al tientallen jaren toegepast en kunnen dus goed worden hergebruikt/gereviseerd uit een ander project omwille van het materiaalgebruik met een lage milieulast. De oude modules kunnen worden gerecycled en worden teruggestuurd naar de originele leverancier om in de recycle cyclus gebracht te worden.
Materiaal	NVT
Bijdrage principes	Demontabel bouwen Inkomende materialen met lage milieulast



Figuur 21 Luchtbehandelingskast modulair OC Verhulst; 2019
Bron: <https://www.orangeclimate.com/nl/ocverhulst/producten/vkt>

Elektrotechnische installaties: Distributie	
Naam	Connex innovations ChipChain biobased kabelgoten
Beschrijving	Connex ChipChain kabelgoten zijn gemaakt van bio-plastic dat bestaat uit onder andere aardappelzetmeel en maismeel. Dit bio-plastic is aan het einde van de levensduur volledig biologisch afbreekbaar.
Materiaal	Bio-plastic (o.a. uit aardappelzetmeel en maismeel)
Bijdrage principes	Inkomende materialen met lage milieulast (biobased)

Bron: artikel uit vaktijdschrift Kinderspeelhuis toont biobased bouwmaterialen; Bouwwereld; 08-2012
<https://www.bouwwereld.nl/bouwkennis/kinderspeelhuis-toont-biobased-bouwmaterialen/>