Kennisbank Biobased Bouwen

THEMA KENNISMODULE 'DEFINITIES CIRCULAIR ONTWERPEN'

Samenvatting
Het concept Cradle to Cradle (Braungart & McDonough, 2002) vormt de basis voor circulaire economie en circulair bouwen. Dit houdt in dat producten en materialen zo worden ontworpen dat ze volledig herbruikbaar zijn, zonder afval of schadelijke stoffen. Het model kent een biosfeer (biologisch afbreekbare producten) en een technosfeer (producten die eindeloos gerecycled kunnen worden).

De circulaire economie is een industrieel systeem dat herstel en hergebruik centraal stelt, gebaseerd op drie principes:

1. Productontwerp zonder afval en vervuiling
2. Maximale herbruikbaarheid van producten en materialen
3. Gebruik van hernieuwbare en zelfherstellende grondstoffen

In Nederland wordt dit gestimuleerd via programma's zoals Nederland Circulair in 2050, het Grondstoffenakkoord en initiatieven van Platform CB'23.

Circulair bouwen
Circulair bouwen past circulaire economie toe in de bouwsector. Dit betekent dat gebouwen zo worden ontworpen dat materialen hergebruikt, gedemonteerd en gerecycled kunnen worden. CB'23 definieert 7 ontwerpstrategieën, waaronder ontwerpen voor losmaakbaarheid, hergebruik van materialen en gebruik van hernieuwbare grondstoffen.

Het 10-R-model van Cramer biedt een prioriteitsvolgorde van circulaire strategieën, variërend van Refuse (voorkomen van materiaalgebruik) tot Recycle en Recover (energieterugwinning). Merrild (2016) en Cheshire (2016) beschrijven principes zoals Design for Disassembly en het belang van een materialenpaspoort.

Meervoudige waardecreatie
Circulaire economie kijkt verder dan financiële winst en houdt rekening met ecologische en maatschappelijke waarde, zoals beschreven in het Six Capital Model. Dit model omvat financieel, materieel, intellectueel, menselijk, sociaal relationeel en natuurlijk kapitaal.

Energieneutraal en circulair bouwen
Circulair bouwen overlapt met energieneutraal bouwen, maar gaat verder door ook materiaalgebruik en afvalreductie te integreren. Volgens Korbee (2018) is energieneutraal bouwen mogelijk zonder

circulair te zijn, maar circulair bouwen vereist wel energieneutraliteit.
De uiteindelijke doelstelling is een volledig circulaire bouwsector in 2050, waarbij grondstoffen niet worden uitgeput en afval minimaal blijft.

Meten van circulariteit
De Ellen MacArthur Foundation ontwikkelde de Material Circularity Indicator (MCI) om circulariteit van materialen te meten. Madaster gebruikt deze methode om gebouwen als materiaalbanken vast te leggen. Circulariteit is niet gelijk aan duurzaamheid; eerst moet duurzaamheid geborgd worden voordat MCI-ambities worden vastgesteld.

De MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) is verplicht bij omgevingsvergunningen en meet duurzaam materiaalgebruik, maar biobased materialen worden hierin benadeeld. Andere methoden zoals de Building Circularity Index (BCI) en de CirculariteitsPrestatie Gebouw (CPG) hanteren verschillende meetindicatoren, waardoor eenduidigheid ontbreekt. Platform CB'23 ontwikkelde daarom een uniforme leidraad voor het meten van circulariteit.

Het Facade Identification System (FIS) registreert gevelinformatie via QR/NFC-tags. Losmaakbaarheid is cruciaal voor circulariteit en bepaalt hergebruiksmogelijkheden. Architect Rau benadrukt remontabel bouwen, waarbij materialen volledig hergebruikt kunnen worden.

Bouwproducten
Volgens Eekhout (1997) worden bouwproducten hiërarchisch geclassificeerd, beginnend bij grondstoffen. Bewerkingen transformeren materialen tot nieuwe producten met specifieke eigenschappen. De-assemblage en remontabel bouwen verhogen herbruikbaarheid.

Durmisevic (2006) onderscheidt drie fysieke niveaus: gebouw-, systeem- en componentenniveau. Productontwikkeling begint met vormbewerking van handelsmateriaal en eindigt bij bouwsegmenten. Rovers (2018) benadrukt dat de energie-impact van een product over de hele keten bekeken moet worden, waarbij mineralen en metalen vermeden zouden moeten worden vanwege hun hoge circulaire energiebehoefte.

Inhoud van deze kennismodule 'Definities Circulair Ontwerpen'

1 Kennisbank module | Definities Circulair Ontwerpen 3
1.1 Definities van de circulaire economie 4
1.2 Circulaire economie in Nederland 7
1.3 Meervoudige waardecreatie in een circulaire economie 7
1.4 7 ontwerp strategieën Circulair ontwerpen 9
1.5 Circulair bouwen 9
2 Meten van circulariteit 12
3 Bouwproducten 14
4 Bronnen 19
5 Relatie met relevante kennismodules in deze Kennisbank Biobased Bouwen 23
6 Versiebeheer 28

1 Kennisbank module | Definities Circulair Ontwerpen

Circulaire economie en circulair bouwen[1]

In 2002 presenteren Braungart en McDonough het begrip 'Cradle to Cradle'. Bij het circulaire Cradle to Cradle is de essentie om af te stappen van het lineaire Cradle to Grave principe. De producten worden zo (her)ontworpen dat deze volledig hergebruikt kunnen worden zonder dat er schadelijke afvalstoffen ontstaan: Afval is voedsel.

Er is sprake van een biosfeer en een technosfeer. Producten in de biosfeer zijn zo ontworpen dat ze weer in de biologische kringloop kunnen worden opgenomen, producten in de technosfeer zijn zo ontworpen dat ze weer in de technische kringloop kunnen worden opgenomen. Drie Cradle to Cradle principes voor een eco-effectief businessmodel zijn 'Afval is Voedsel', het gebruik van hernieuwbare energie en het stimuleren van diversiteit. (Braungart & McDonough, 2002)

[1] *Teksten zijn aangepast overgenomen uit Energetische upgrading van Nederlandse Wederopbouw flats*

De belangrijkste boodschap van Braungart en McDonough is ‘het diepe besef dat minder goed bouwen simpelweg niet goed genoeg is, en dat we dus naar een volledig goede wijze van bouwen moeten’ (Van den Dobbelsteen, 2008). Dus eco-effectief in plaats van eco-efficiënt:

- Eco-effectief is ‘het transformeren van producten en materiaalstromen om zo een werkbare relatie te creëren tussen ecologische systemen en economische groei’.
- Eco-efficiënt is ‘het minimaliseren van schadelijke impact van menselijke activiteiten op basis van meetbare parameters’ (EPEA, z.d.).

Het Cradle to Cradle principe, gecombineerd met Circulaire Economie, vormt de start van circulair bouwen. Hierin zijn diverse kringlopen van materialenstromen gedefinieerd om de productontwikkeling, van materiaaldefinities via productie van componenten, samenstellen van componenten tot service- of consumptieproducten, aan te vullen.

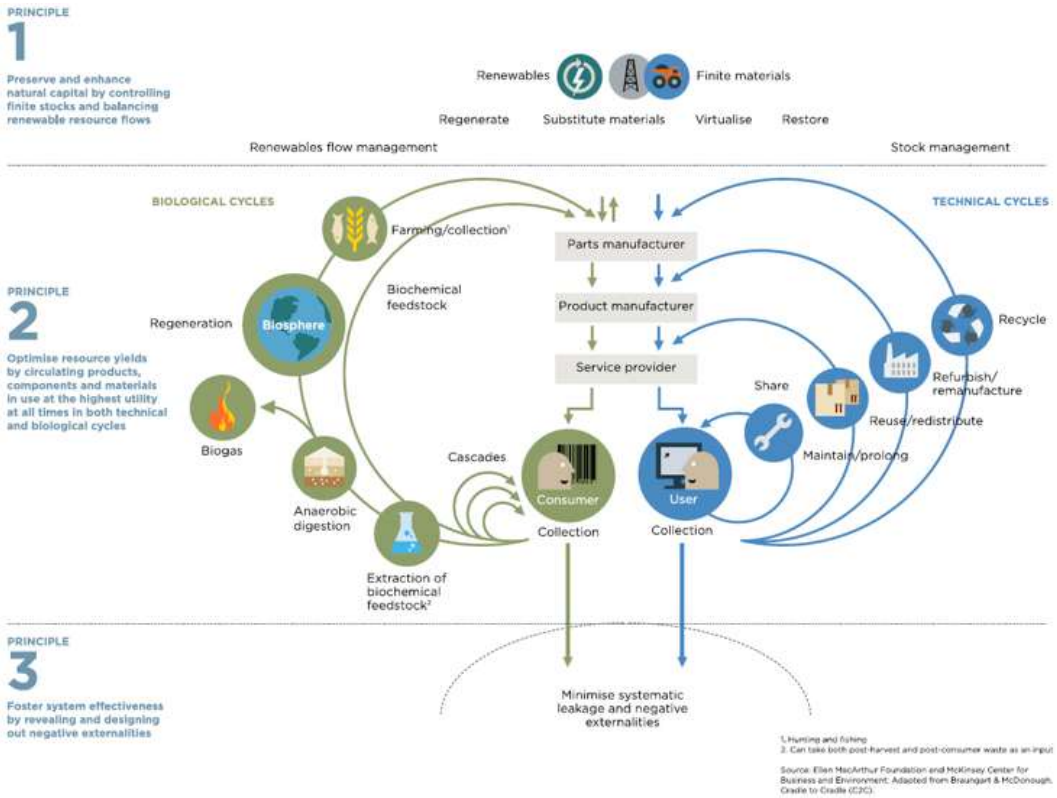
1.1 Definities van de circulaire economie

Er zijn verschillende definities van circulaire economie.
Eén van de eerste definities is gesteld door de Ellen MacArthur Foundation (2012):

A circular economy is an industrial system that is restorative or regenerative by intention and design. It replaces the 'end-of-life' concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models. (Ellen MacArthur Foundation, 2012, p. 7)

The Ellen MacArthur Foundation (2017) maakt een onderscheid in het economische model tussen de natuurlijke en de technische kringloop (zie figuur 1.2.4.1). De circulaire economie is volgens de Ellen MacArthur Foundation (2017) gestoeld op drie principes:

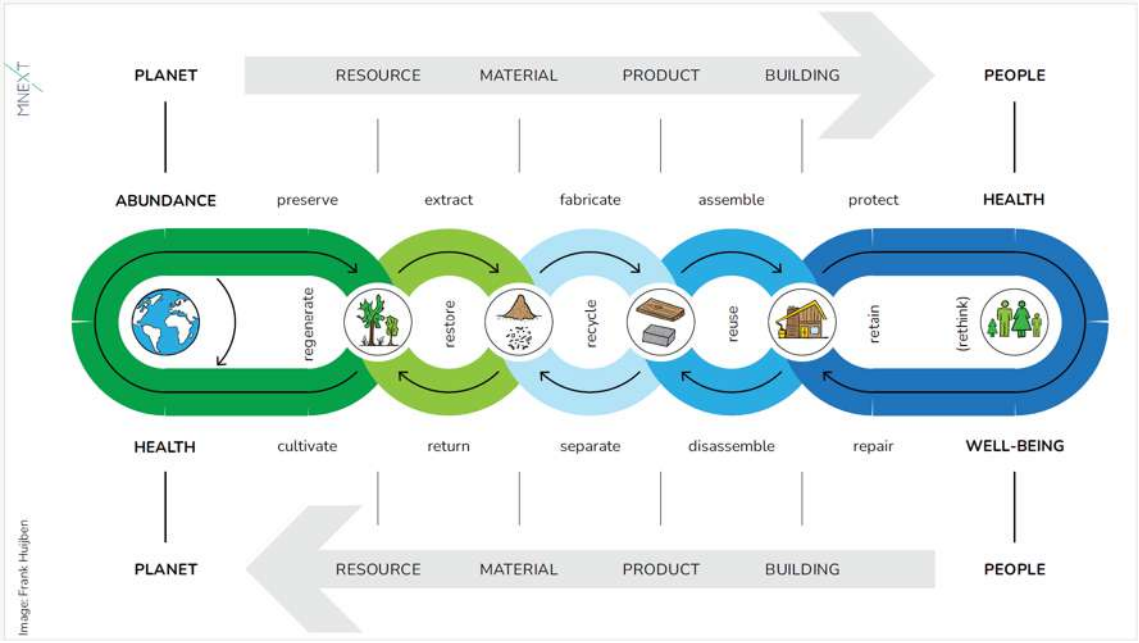
1. Het ontwerpen van producten zonder afval en vervuiling;
2. Het in gebruik houden van producten en materialen;
3. Het gebruik van zelfherstellende natuurlijke bronnen.



Figuur 1.2.4. - 1 | The circular economy-an industrial system that is restorative by design

Opmerking. Overgenomen uit Circular economy system diagram door Ellen MacArthur Foundation, 2017 (https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/ infographic). Copyright 2017, Ellen MacArthur Foundation.

Als er geen rekening wordt gehouden met het begrip ‘tijd’, zullen uiteindelijk alle materialen biologisch afbreken en desintegreren en (na een lange weg) terugkeren bij de bron van waaruit ze oorspronkelijk voortkomen. Vanuit dat oogpunt is het dus evengoed mogelijk om slechts één materialenkringloop te visualiseren die van toepassing is op alle materialen en grondstoffen (Figuur 1.2.4.2). Deze ene kringloop bestaat weliswaar uit meerdere kleinere opeenvolgende kringlopen, of cyclussen, die verschillende circulaire levensfases van de grondstoffen beschrijft. Van bron naar gebouw en uiteindelijk weer terug naar de bron (Huijben, 2024).



Figuur 1.2.4. - 2 | Volhoudbare materialenkringloop waarbij de focus ligt op het continue behouden, hergebruiken, recyclen, herstellen en regenereren van materialen en grondstoffen, wat bijdraagt aan de gezondheid (of welzijn) van zowel mens als planeet.

Opmerking. Overgenomen uit Biobased Bouwen, een gezonde keuze. Boekje lectorale rede Frank Huijben. (https://issuu.com/avanscoebbe/docs/lectorale_rede_frank_huijben_-_omslag).

De Europese Commissie (2014) benoemt ook lineariteit in de definitie van circulaire economie: ‘Omdat er nog steeds nieuwe grondstoffen moeten worden gebruikt en restafval moet worden weggegooid blijft ook in een zeer circulaire economie nog lineariteit bestaan’ (p. 2).

In 2015 benoemt de Europese Commissie (2015) de ‘circulaire economie, waarin de waarde van producten, materialen en hulpbronnen in de economie zo lang mogelijk kan worden behouden en de afvalproductie tot een minimum wordt beperkt’ (p. 2).

De Rijksoverheid (2016a) omschrijft de Circulaire Economie als ‘slimmer omgaan met grondstoffen waarbij afval dé nieuwe grondstof is’ (p. 2).

De SER (2016b) ziet een circulaire economie als ‘een economie die binnen ecologische randvoorwaarden efficiënt en maatschappelijk verantwoord omgaat met producten, materialen en hulpbronnen, zodat ook toekomstige generaties toegang tot materiële welvaart behouden’ (p. 11). Hier wordt een link gelegd met de definitie van duurzame ontwikkeling volgens Brundtland (1987): ‘Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs’ (p. 41).

In 2017 omschrijven Den Hollander, Bakker en Hultink (2017) de circulaire economie als het zo

lang mogelijk behouden van economische en ecologische waarden door verlenging van de levensduur of door hergebruik in het systeem.

Jonker, Stegeman en Faber (2018) omschrijven de circulaire economie als ‘een economisch systeem gericht op de maximale herbruikbaarheid van producten, onderdelen en grondstoffen. Streven is waarde-vernietiging en grondstof c.q. materiaal 'lekkage' te minimaliseren door onder meer re-design, 're-fusal', onderhoud, refurbishment en substitutie’ (p. 10).

De oorspronkelijke definitie van de Ellen MacArthur Foundation (2012) wordt in de loop der tijd gewijzigd of uitgebreid met begrippen uit definities van duurzame ontwikkeling (SER, 2016) of afgezwakt door het opnemen van begrippen uit de lineaire economie (Europese Commissie, 2014a; Jonker, Stegeman, & Faber, 2018). Een eenduidige invulling van de definitie 'circulaire economie' ontbreekt.

Platform CB’23 heeft nationale, bouw-brede afspraken gemaakt over circulair bouwen. Met een unieke aanpak en grote betrokkenheid vanuit de hele sector zijn in vijf jaar tijd 7 leidraden en 2 tools ontwikkeld. Zo zijn onder andere de volgende documenten ontwikkeld: Lexicon Circulaire bouw, Meten van Circulariteit, Circulair ontwerpen, Toekomstig hergebruik en Circulair aanbesteden. Zie: https://platformcb23.nl/

1.2 Circulaire economie in Nederland

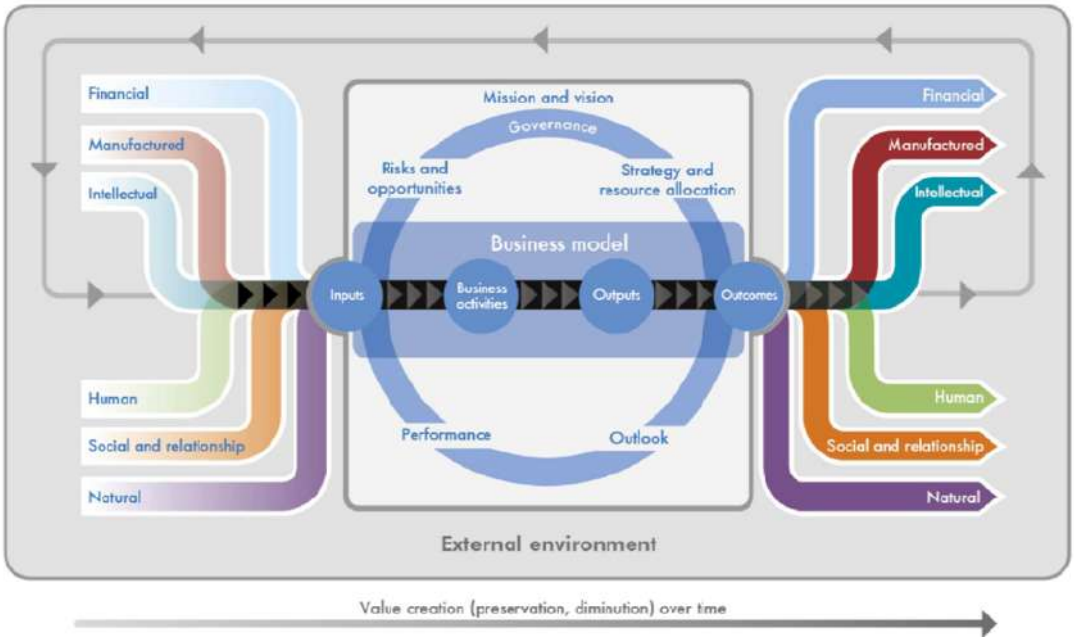
Nederland beweegt zich richting een circulaire economie. In 2016 wordt het Rijksbrede programma Circulaire Economie 'Nederland circulair in 2050' gepresenteerd aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal als vervolg op onder andere het programma Van Afval Naar Grondstof (VANG).

Hieruit ontstaat het Grondstoffenakkoord, een intentieovereenkomst om de transitie naar de circulaire economie te versnellen door te komen tot transitieagenda's voor de Circulaire Economie, waaronder Bouw (Rijksoverheid, 2017a).

> ***TIP***
> *Voor meer programma’s, zie het kennisblokje: 1.1.3 NL programma’s Circulaire Economie.*

1.3 Meervoudige waardecreatie in een circulaire economie

Voor businessmodellen in de circulaire economie is waardecreatie vanuit de interne of externe omgeving van belang in verband met haalbaarheid voor een opdrachtgever. In de lineaire economie wordt vaak alleen gekeken naar financiële waarden, zoals beleidswaarde, bedrijfswaarde, marktwaarde en fiscale waarde (Thomassen, 2009, p. 32) en naar materiële waarden. In de circulaire economie worden meervoudige waarden in beschouwing genomen volgens het Six Capital model, zie Figuur 1.2.4.3 (Adams et al., 2013; Gleeson-White, 2014).



Figuur 1.2.4. - 3 | Het Six Capital model.
Opmerking. Overgenomen uit 'Get to grips with the six capitals' door IIRC, z.d. (https://integratedreporting.org/what-the-tool-for-better-reporting/get-to-grips-with-the-six-capitals/). Copyright, IIRC.

Dit model laat zien hoe een organisatie waarden creëert (of behoudt of vermindert) na verloop van tijd. Deze zes kapitalen kunnen van kwantitatieve of van kwalitatieve aard zijn en zijn afhankelijk van elkaar. De kapitalen zijn voorraden van waarden (bronnen, relaties) die door activiteiten en resultaten van een organisatie worden beïnvloed (gecreëerd, vernietigd of getransformeerd). De zes kapitalen in het model zijn Financieel kapitaal, Materieel kapitaal, Intellectueel kapitaal, Menselijk kapitaal, Sociaal relationeel kapitaal en Natuurlijk kapitaal. Gezamenlijk vormen zij de basis voor waardencreatie van een organisatie.

Organisaties kunnen rekenen met alle kapitalen met nadruk op bepaalde kapitalen afhankelijk van haar activiteiten. Niet alle waarden die een organisatie gebruikt of beïnvloed zijn eigendom van die organisatie. De waarden kunnen eigendom zijn van anderen, of van niemand juridisch eigendom zijn (zoals toegang tot niet-vervuilde lucht). De waardecreaties vormen input voor het businessmodel van een organisatie, welke zelf ook weer waarden creëert als output. (Adams et al., 2013)

Meervoudige waardecreatie is een grote kans voor nieuwe circulaire business- en verdienmodellen.

1.4 7 ontwerp strategieën Circulair ontwerpen

CB'23 heeft in de leidraad Circulair Ontwerpen de volgende 7 ontwerpstrategieën opgenomen:

1. Preventie
Deze strategie richt zich op het voorkomen van nieuwbouw en, waar dat niet mogelijk is, op het efficiënter en optimaler ontwerpen.

2. Ontwerpen voor kwaliteit en onderhoud
In deze strategie gaat het om het beschermen van bestaande waarde door het verlengen van de levensduur van bouwwerken, elementen en materialen

3. Ontwerpen voor adaptiviteit
Hierbij gaan we ervan uit dat een bouwwerk aan verschillende toekomstscenario's met andere wensen en eisen kan voldoen.

4. Ontwerpen voor losmaakbaarheid en herbruikbaarheid
In deze strategie moet zo worden ontworpen dat materialen tijdens of na gebruik op eenvoudige wijze en zonder schade kunnen worden geoogst en zo hoogwaardig mogelijk kunnen worden hergebruikt.

5. Ontwerpen met hergebruikte delen van bouwwerken
Bij deze strategie gaat het om het opnieuw gebruiken van delen van bouwwerken, al dan niet na bewerking.

6. Ontwerpen met secundaire grondstoffen
In deze strategie draait het om het ontwerpen met grondstoffen en materialen die eerder zijn gebruikt of met reststromen van een ander productsysteem

7. Ontwerpen met hernieuwbare grondstoffen
Het gebruik van hernieuwbare grondstoffen vermindert het gebruik van niet-hernieuwbare grondstoffen en de eventuele uitputting ervan. Deze strategie draagt hiermee direct bij aan het beschermen van materiaalvoorraden.

1.5 Circulair bouwen

Bij circulair bouwen worden de modellen van de circulaire economie toegepast op de gebouwde omgeving.

'Gebouwen die zijn ontworpen en gebouwd om milieueffecten van de levenscyclus terug te dringen, leveren rechtstreeks economisch voordeel op, zoals lagere operationele en onderhoudskosten, lagere afschrijvingen en een hogere intrinsieke waarde' (Europese

Commissie, 2014b, p. 3).

De mate van circulariteit kan worden aangegeven in de tien niveaus van circulariteit, voor het zo hoogwaardig mogelijk in de kringloop houden van grondstoffen: het 10-R-model van Cramer. Het 10-R-model van Cramer bestaat uit een prioriteitsvolgorde van circulariteitsstrategieën.

> ***TIP***
> *Voor meer info over de 10-R ladder, zie het kennisblokje 1.3.1. Model 10R-ladder.*

1. Refuse: voorkomen van gebruik van grondstoffen
2. Reduce: verminderen van grondstoffen/eenheid
3. Renew: het herontwerpen van een product met circulariteit als uitgangspunt
4. Re-use: product hergebruik
5. Repair: onderhoud en reparatie
6. Refurbish: product opknappen, eindproducten worden weer teruggebracht naar de fase van samenstellen van producten tot nieuwe producten
7. Remanufacture: nieuw product van hergebruikt product
8. Re-purpose: producthergebruik met ander doel
9. Recycle: verwerking en hergebruik materialen, brengt materialen weer in het productieproces
10. Recover: energieterugwinning uit materialen (Bastein & Rietveld, 2016; Cramer, 2014)

De laatste strategie is volgens Lansink 'Storten zonder energieterugwinning', feitelijk het storten van afval, maar hierbij keert niets terug in een kringloop en hoort dus niet thuis in een circulaire economie. Ook 'Recover' wordt vaak niet meer gezien als circulair, aangezien er materialen hier verbrand worden en dus niet terug de kringloop in gaan.

Merrild (2016) benoemt in het boek *Building a circular future* drie thema's met elk vijf principes voor hergebruik en circulaire economie in de bouwsector. Het eerste thema is het ontwerp voor demontage (Design for Disassembly). Hiervoor gelden de principes dat (1) materialen gekozen worden met eigenschappen die hergebruik toelaten, (2) dat de gehele levensduur van het gebouw in beschouwing wordt genomen, (3) dat een eenvoudig gebouw wordt ontworpen dat past in een breder context systeem, (4) dat verbindingen herhaaldelijk gemonteerd en gedemonteerd kunnen worden en (5) dat naast het ontwerp voor constructie ook een ontwerp voor deconstructie wordt gemaakt. Het tweede thema is een materialenpaspoort. Dit paspoort bevat gegevens over documentatie, identificatie, onderhoud, veiligheid en gegevens over de periode van transitie voor hergebruik van materialen. Het derde thema is de circulaire economie. Onderdelen hierin zijn nieuwe bedrijven, economische voordelen, nieuwe modellen, partnerschappen en het houden in een technische of biologische cyclus van producten.

Cheshire (2016) vertaalt de uitgangspunten van de circulaire economie (Ellen MacArthur Foundation, 2013) naar de gebouwde omgeving. Het behouden (Retain) van bestaande gebouwen is volgens Cheshire de meest efficiënte optie voor wat betreft materiaalgebruik, daarna volgen Refit en Refurbish. Ontwerpprincipes hierin zijn volgens hem 'Building in layers, Designing out waste, Design for adaptability, Design for disassembly en Selecting materials'.

Circulair bouwen wordt als overkoepelend thema benoemd in De Bouwagenda (Wientjes et al., 2017). Onder circulair bouwen wordt hier hergebruik van bouw- en sloopafval, de adoptie van de CO2-Prestatieladder en Green Deals op het gebied van circulaire economie, duurzaam GGW 2.0, Cirkelstad en Circulaire Gebouwen verstaan. Circulair bouwen wordt in alle road maps van De Bouwagenda vertaald door het maken van ketenafspraken en het streven naar 'het structureel opnemen van circulair in de uitvraag, naar het stimuleren en opschalen van innovatie en normering die de bouwindustrie uitdaagt' (p. 32). In 2050 moet de sector geheel circulair zijn in een energieneutrale gebouwde omgeving.

Nelissen et al. (2018, p. 6) zien in de Transitieagenda als einddoel een compleet circulaire bouw in 2050 met als voorwaarde behoud van zoveel mogelijk grondstoffen in de keten van de bouw en gebruik van biobased materialen.

Circulair bouwen worden door Nelissen et al. als volgt gedefinieerd:

> *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. (Nelissen et al., 2018, p. 10)*

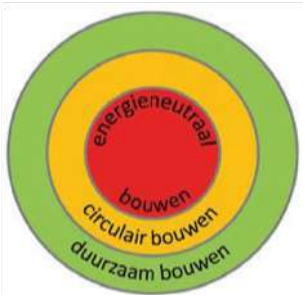
Bestaande gebouwen geven vervuiling van de leefomgeving door energiegebruik. Daarom is energieneutraal bouwen een aspect van circulair bouwen.

Paauw en Drijfhout (2018) geven de kortste definitie van Circulair bouwen: 'Geen nieuwe grondstoffen, geen afval' (p. 3). Echter afval zal door lekkage altijd blijven bestaan, zeker als er niet zuiver circulair wordt ontworpen of gebouwd. De eindigheid van materialen wordt daarmee alsnog aangetast. Door voor hernieuwbare materialen te kiezen is de aantasting en verspilling van deze materialen niet aan de orde.

Volgens Van den Berg (2019) kunnen ontwerpers en slopers rekening houden met sloop- en ontwerpinformatie uit vorige projecten ('a priori ontwerpinformatie') en volgende projecten ('a posteriori ontwerpinformatie'). A posteriori ontwerpinformatie kan worden gebruikt voor het beoordelen van de economische vraag naar bouwproducten, het verminderen van onzekerheid met betrekking tot milieu en om herbruikbare bouwproducten te labelen volgens de behoeften van andere projecten. A priori ontwerpinformatie kan dienen voor de bepaling uit welke

objecten een gebouw bestaat, om in te schatten of deze naar behoren gedemonteerd kunnen worden en ter verbetering van de efficiency van sloopactiviteiten (p. 201). Zowel de ontwerper als de sloper kan dus vooruit en achteruit kijken. Volgens Van den Berg moeten managers van circulaire bouwprojecten ‘to deal with uncertainties from the past and anticipate developments in the future’ (pp. 193-194). Circulair bouwen gaat volgens hem om demontabele verbindingen, daarbij passende materialen en de volgorde van het ontmantelen van een gebouw.

De Bouwagenda (Wientjes et al., 2017) stelt dat alle sectoren zowel circulair als energieneutraal worden. Het gebruik van fossiele energie moet drastische ingeperkt worden ('energieneutraal'). Volgens Korbee (2018) hebben de begrippen duurzaam bouwen, circulair bouwen, energieneutraal bouwen een eenzijdige afhankelijke relatie met elkaar, zie Figuur 1.2.4.4. ‘Energieneutraal is mogelijk zonder circulair te zijn, circulair zijn is niet mogelijk zonder energieneutraal te zijn’. Circulair geeft energieneutraal een nieuwe dimensie. Duurzaamheid (People, Planet, Prosperity) voegen extra dimensies toe aan circulair. Volgens Korbee ‘zijn de begrippen niet strijdig, maar eenzijdig afhankelijk van elkaar en vormen als het ware een mooie reeks met een toenemende complexiteit’. Energieneutraal bouwen is een deelverzameling van circulair bouwen. Circulair bouwen is een deelverzameling van duurzaam bouwen.



Figuur 1.2.4. - 4 | Relatie tussen duurzaam bouwen, circulair bouwen en energieneutraal bouwen.
*Opmerking. Figuur (Frits Schultheiss) volgens Circulair versus duurzaam versus energieneutraal bouwen door H. Korbee, 2018 (https://*www.duurzaamgebouwd.nl/ expertpost/20180112-circulair-versus-duurzaam-versus-energieneutraal-bouwen).

Concluderend is de definitie van Circulair Bouwen de mate van het toepassen van circulariteitsstrategieën volgens het 10-R model onder invloed van bijbehorende circulaire businessmodellen, zonder afval, energieneutraal, zonder de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten, waarbij de gehele levenscyclus van het gebouw in beschouwing wordt genomen en waarbij de eigenschappen van de toegepaste bouwmaterialen, bouwelementen, bouwcomponenten, bouwdelen en gebouw gedocumenteerd zijn (Cramer, 2014; Eekhout, 1997; Ellen MacArthur Foundation, 2013; Korbee, 2018; Merild, 2016; Nelissen et al., 2018).

2 Meten van circulariteit

De Ellen MacArthur Foundation heeft in 2013 de bepalingsmethode Material Circularity

Indicator (MCI) ontworpen voor bepaling van de mate van circulariteit van een materiaal. Madaster (z.d.) maakt als kadaster voor materialen voor het documenteren van gebouwen gebruik van de MCI-bepalingsmethode. Volgens Madaster behoudt een materiaal met identiteit altijd zijn waarde. Door materialen achteraf te registreren worden gebouwen een materialenmijn, door vooraf te registreren worden gebouwen een materialendepot en door de registratie te waarderen worden gebouwen een materialenbank. Ieder materiaal is te identificeren (Merrild, 2016; Rau, 2017).

Paauw en Drijfhout (2018, p. 15) stellen dat circulariteit niet gelijk is aan duurzaamheid. Eerst moet duurzaamheid, waaronder maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO), functionaliteit, gezondheid en groene energie in een gebouw, geborgd worden 'vóórdat begonnen wordt met het bepalen van MCI-ambities'.

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, z.d.) stelt de MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) bij elke aanvraag voor een omgevingsvergunning verplicht. De MPG zou een maatlat voor duurzaam materiaalgebruik moeten zijn: hoe lager de waarde van de MPG, des te duurzamer het materiaalgebruik. Echter: doordat in module D van een LCA verschillende waarden worden toegekend aan traditionele bouwmaterialen vs. biobased bouwmaterialen, worden biobased materialen op een achterstand gezet en lijken ze minder duurzaam dan ze zijn.

> ***TIP***
> *Voor meer info, zie het kennisblokje 1.3.3. LCA's/MPG*

De keuze van materialen in relatie tot LCA is afhankelijk van het gebouwonderdeel, architectuur en de technische vereisten (Piccardo, Dodoo, Gustavsson, & Tettey, 2019).

De mate van circulariteit heeft een relatie tot de keuze van de 'R' in het 10-R model van Cramer (Bastein & Rietveld, 2016; Cramer, 2014) en kan worden gemeten met Building Circularity Index - BCI (Den Hollander, 2019; Korbee, 2018), CirculariteitsPrestatie Gebouw - CPG (Stichting W/E adviseurs, 2017), Circulariteits Indicator - CI (Madaster, z.d.), met de met Material Circularity Indicator MCI (Ellen MacArthur Foundation, 2015) of met de Milieuprestatie Gebouwen - MPG (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.d.-b.). De indicatoren van de verschillende meetmethoden zijn divers. Een eenduidige uitsprak over de mate van circulariteit is hierdoor niet te geven.

Om eenduidigheid te krijgen omtrent het meten van circulariteit, heeft Platform CB'23 de leidraad 'Meten van circulariteit' ontwikkeld. Dit is een uniforme meetmethode om de mate van circulariteit van een materiaal, product, bouwwerk of gebied inzichtelijk te maken. Deze leidraad is gratis te downloaden[2]: https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Meten-van-circulariteit.pdf

[2] https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Meten-van-circulariteit.pdf

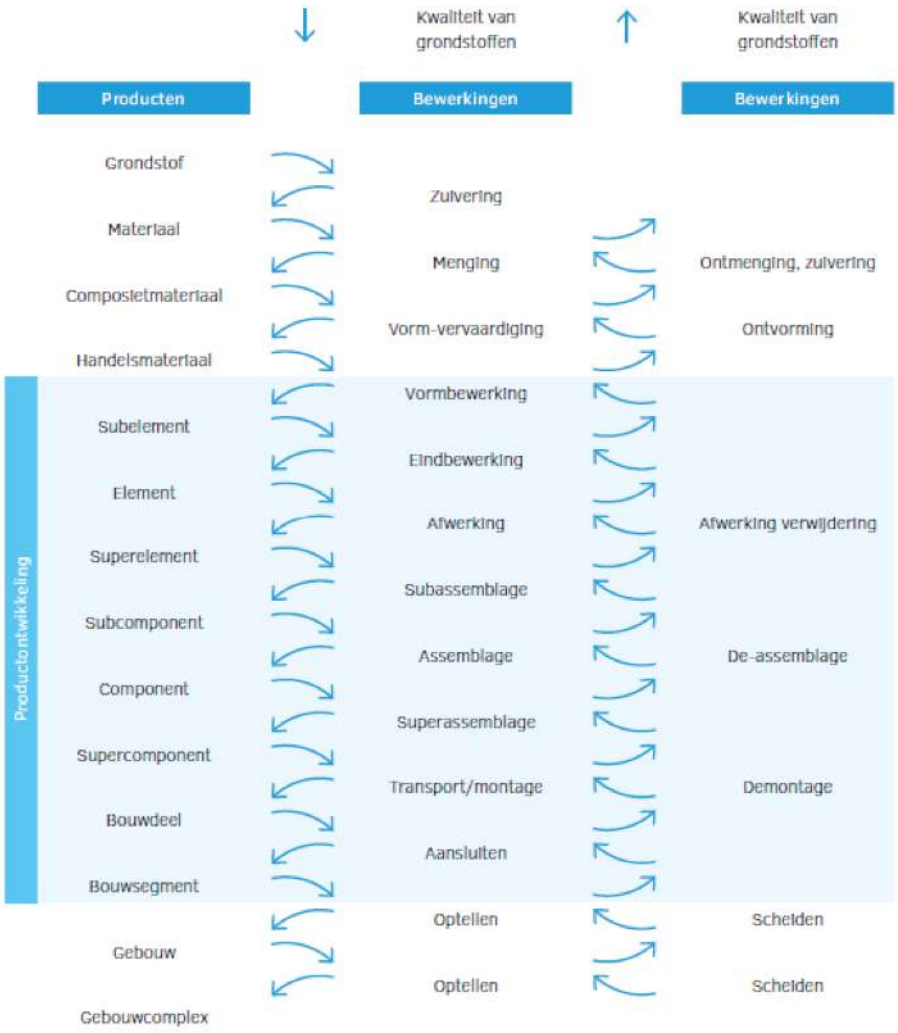
De levenscyclus van een gevelelement kan in kaart worden gebracht door het Facade Identification System (FIS). Hierbij wordt digitale informatie aan gevelelementen gekoppeld met behulp van passieve tags (zoals QR of NFC). Hierdoor is er zoveel mogelijk specifieke informatie verzameld over de gevel die blijvend beschikbaar is. Dit zijn productiegegevens, onderhoudsgegevens en omstandigheden. Productiegegevens beschrijven de metaal-, glas-, beton- of houtsoort.
Onderhoudsgegevens beschrijven toegepaste materialen, onderhoudsfrequentie en het onderhoudsbedrijf. Omstandigheden beschrijven gebruiksfrequentie en gebruiksintensiteit, en weersinvloeden (Van Gennip, 2018).

Voor upgrading van de Wederopbouw hoogbouwflats kunnen uitkomende bouwproducten op één van de laagste R-niveaus volgens Cramer (2014) verwerkt worden. Recycle (9: verwerking en hergebruik materialen) en Recover (10: energieterugwinning uit materialen) zijn, behalve voor bouwmaterialen met zeer zorgwekkende stoffen, mogelijk. Toepassingen die hoger in de reeks liggen, zoals Reuse (4), Refurbish (6) en Repurpose (8) zijn, na registratie, kansen voor een marktplaats (Insert, 2019).
Het nieuwe aan te brengen systeem heeft wel alle kansen voor een hoge mate van circulariteit.

Losmaakbaarheid is één van de criteria voor het bepalen van de mate van circulariteit, met name bij BCI. Architect Rau spreekt over remontabel wat volledig demonteren inhoudt om elders te hergebruiken waarbij ‘alle toegepaste materialen zijn geregistreerd, gedocumenteerd en gearchiveerd in het Madaster-platform’ (Giele, 2018). Bij losmaakbaarheid en flexibiliteit krijgen grondstoffen in een circulaire economie een andere dimensie. Een voorbeeld daarvan is een bouwproduct uit beton dat slecht scoort volgens de LCA. Maar als dit bouwproduct losmaakbaar is in combinatie met flexibiliteit in de toepassing van het product, dan is de materiaaltoepassing hiervan wel duurzamer te noemen dan zonder de losmaakbaarheid. Materiaaltoepassing is echt duurzaam te noemen wanneer het betreffende element - na einde levensduur - weer volledig terug de kringloop in kan en wanneer met weinig energie weer een nieuw element gemaakt kan worden.

3 Bouwproducten

Bouwproducten worden onderscheiden in een hiërarchische reeks volgens Eekhout (1997). In POPO of ontwerpmethoden voor bouwproducten en bouwcomponenten onderscheidt Eekhout bouwproducten van elkaar door een bepaalde bewerking. Na een bepaalde bewerking van een bepaald product ontstaat een nieuw bouwproduct met een lagere plaats in de hiërarchische reeks (zie Tabel 1.2.4.1). Het product Grondstof heeft de hoogste rang in de hiërarchische reeks omdat dit product aan de basis staat van overige producten na bewerkingen. Het product 'Grondstof' wordt na de bewerking 'Zuivering' het product 'Materiaal'. Eekhout spreekt van bouwproducten als producten de bouwindustrie binnenkomen.



Figuur 1.2.4. - 5 | Hiërarchische reeks van bouwproducten
Opmerking. Overgenomen uit POPO of ontwerpmethoden voor bouwproducten en bouwcomponenten (p. 27) door M. Eekhout, 1997, Delft: Delft University Press. Copyright 1997, Delft University Press.

De productontwikkeling van bouwproducten start volgens Eekhout bij het vormbewerken van handelsmateriaal en eindigt bij het product Bouwsegment.
Bouwsegment, Gebouw en Gebouwencomplex behoort tot het domein van de projectarchitect.

Durmisevic (2006) onderscheidt drie fysieke hiërarchische niveaus: het gebouwniveau, het systeemniveau en het componentenniveau. Het gebouwniveau is de samenstelling van systemen van de hoofdfuncties van het gebouw zoals de draagconstructie, omhulling, indeling en installatietechniek. Het systeemniveau betreft de subfuncties van het gebouw en is de samenstelling van componenten als drager van de systeemfuncties zoals afwerking, isolatie en reflectie. Het componentenniveau betreft de subfuncties van het systeem en is de samenstelling van elementen en materialen. (Durmisevic, 2006, pp. 142-143).

De bouwproducten zijn door Eekhout (1997) gedefinieerd in Tabel 1.2.4.6.

Bouwproduct	Definitie
Grondstof	Materie in ongezuiverde, niet direct als zodanig in de bouw of industrie toepasbare vorm of toestand.
Materiaal	Gezuiverde en voor een verwerkingsindustrie gerede ongevormde materie.
Composietmateriaal	Een niet-homogene samenstelling van twee of meer materialen van wezenlijk verschillende aard.
Handelsmateriaal	Een product van de aan de bouw toeleverende industrie dat in haar vorm nog niet compleet kan worden gebruikt, maar eerst nog vormbewerkingen of vormaanpassingen moet ondergaan.
Element	Het kleinste onderdeel van een gebouw, vervaardigd uit een (=mono) materiaal of composiet met een eigen karakteristiek dat verder wordt geassembleerd in de fabriek of werkplaats tot het grotere geheel van een sub-component of een component. Het element is een zelfstandige eenheid in karakter. Het element zelf is van één materiaal gemaakt.
Subcomponent	Assemblage van verschillende elementen tot een eenheid die op haar beurt nog moet worden samengevoegd in de werkplaats of fabriek tot een groter geheel of component, alvorens transport naar de bouw kan plaats vinden.
Component	Een zelfstandig functionerend gebouwonderdeel, dat is opgebouwd uit een aantal samenstellende elementen en/of subcomponenten.
Supercomponent	Een samenstel van meerdere componenten tot een groter geheel, op de bouwplaats geassembleerd alvorens het wordt gemonteerd.
Bouwdeel	Een verzameling van componenten van een gebouw met identieke technische functies.
Bouwsegment	Een kunstmatig, apart beschouwd deel van een compleet gebouw, samengesteld uit ongelijksoortige componenten van verschillende bouwdelen.
Gebouw	Het totale geheel van alle bouwdelen in gemonteerde toestand.
Gebouwcomplex	Meerdere bouwdelen, waarmee telkens een compleet bij elkaar behorende verzameling identieke componenten wordt bedoeld.

Figuur 1.2.4. - 6 | Definitie bouwproducten
Opmerkingen. Aangepast overgenomen uit POPO of ontwerpmethoden voor bouwproducten en bouwcomponenten (pp. 14-24) door M. Eekhout, 1997, Delft: Delft University Press.

De bewerkingen zijn door Eekhout (1997) gedefinieerd in Tabel 1.2.4.7.

Bewerking bouwproduct	Definitie
Vormbewerken	Het vervaardigen van elementen uit handelsmaterialen door vervormen en/of verspanen.
Vormvervaardiging	Het vervaardigen van elementen via directe vormgevingstechnieken (zoals gieten en poederpersen).
Assemblage	Het ineenzetten van elders vervaardigde onderdelen tot een geheel.

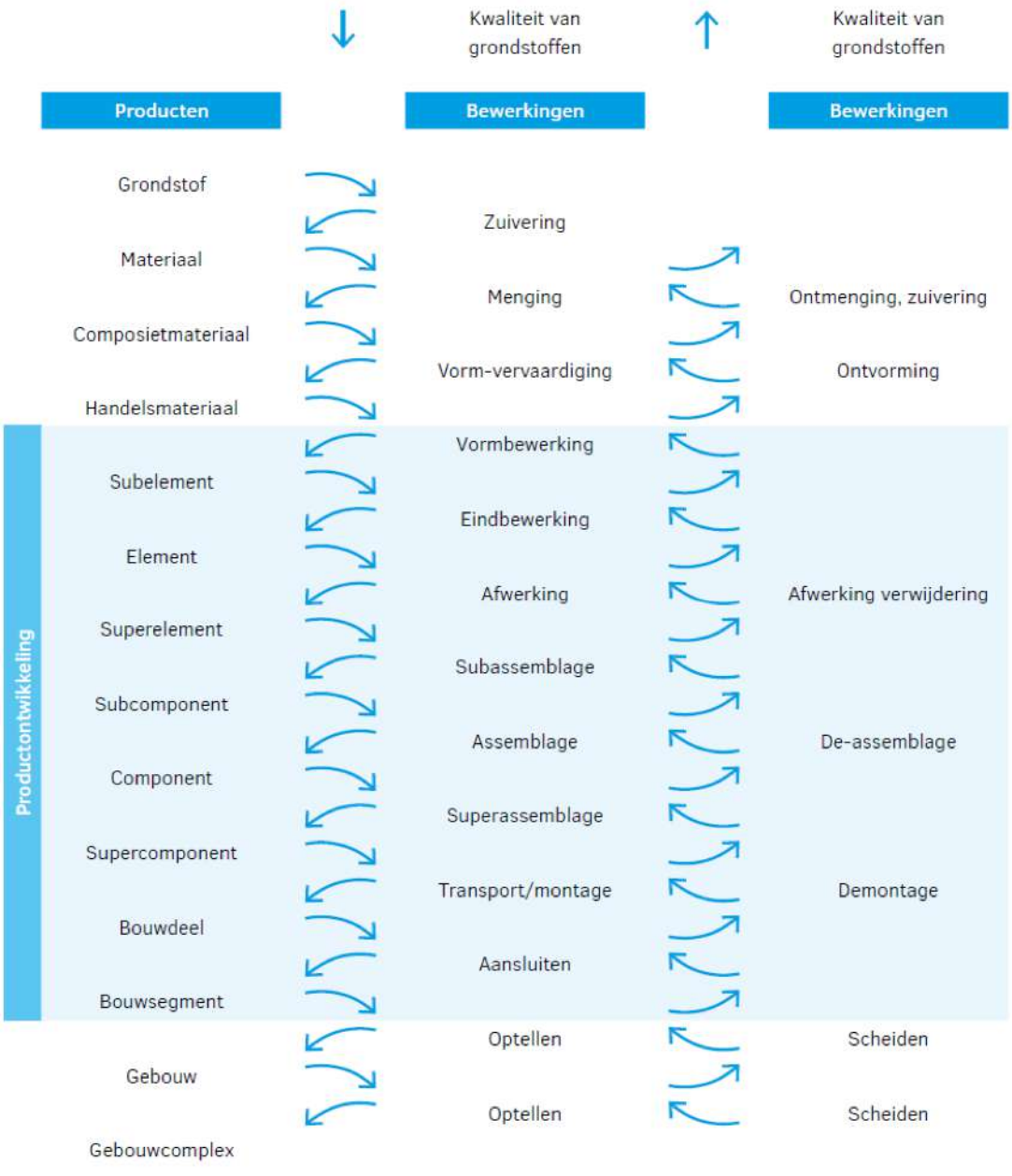
Figuur 1.2.4. - 7 | Bewerkingen van producten.
Opmerking. Aangepast overgenomen uit POPO of ontwerpmethoden voor bouwproducten en bouwcomponenten (p. 28) door M. Eekhout, 1997, Delft: Delft University Press.

Een antoniem voor assemblage is de-assemblage. Hierbij wordt het geheel weer in verschillende vervaardigde onderdelen teruggebracht. Bijvoorbeeld het ontkoppelen van een component in meerdere elementen. De ontworpen interface als koppeling tussen de verschillende productonderdelen bepaalt de wijze van complexiteit van ontkoppeling of losmaakbaarheid van de verschillende productonderdelen.

Indien een product niet remontabel is, dan kan deze door een bewerking naar een product hoger in de hiërarchische reeks van Eekhout teruggebracht worden door de-, dis- of ont-bewerkingen (zie Tabel 1.2.4.4) en worden door Van Dale als volgt gedefinieerd:

- De-:
  de door de grondwoord genoemde handeling (of het product of het resultaat daarvan) te niet doen
- Dis-:
  voorvoegsel in bijvoeglijke naamwoorden en zelfstandige naamwoorden ter aanduiding van een scheiding of verwijdering of van het tegenovergestelde van het grondwoord
- Ont-:
  van de door het grondwoord genoemde zaak ontdoen of de door het grondwoord genoemde eigenschap ongedaan maken

Niet elke productbewerking kan weer ongedaan gemaakt worden. De 10-R reeks van Cramer (2014) kan hierbij behulpzaam zijn.



Figuur 1.2.4. - 8 | Hiërarchische reeks van bouwproducten in twee richtingen.

Opmerking. Aangepast overgenomen (Schultheiss, 2020) uit POPO of ontwerpmethoden voor bouwproducten en bouwcomponenten (p. 27) door M. Eekhout, 1997, Delft: Delft University Press.

De hiërarchie van producten van Eekhout (1997) laat een steeds verdere verdunning zien van materialen met steeds meer specifieke eigenschappen ten opzichte van de oorspronkelijke materialen. Bij de start van de productontwikkeling wordt handelsmateriaal met bijbehorende algemene eigenschappen door vormbewerking een bouwproduct met specifieke eigenschappen. Een stap terug in deze bewerking leidt tot een handelsmateriaal met de eigenschappen die zijn beperkt door de eerdere bewerking. Om weer tot een product met meer

algemene eigenschappen te kunnen komen worden bewerkingen gedaan die hoger in de reeks staan.

Rovers (2018) stelt dat voor het evalueren van grondstoffenketens 'gekeken moet worden naar grondstoffen, niet naar dat toevallige ene moment in de keten dat die verzameling grondstoffen een product of dienst oplevert (voor de mens)' (p. 279). Rovers vergelijkt het principe met dat van de thermodynamica waarbij bronnen van binnen een systeem naar grotere entropie evalueren. De kwaliteit van grondstoffen wordt steeds minder en moet hersteld worden binnen een bepaalde ruimte en binnen een bepaalde tijd. Volgens Rovers is de energie- en materiaalimpact van de hele (grondstofketen)keten de som van de embodied energie, de circulaire economie en de operationele energie. De embodied energie is daarbij de energie die nodig is 'om de materialen voor gebruik geschikt te maken of te houden', de circulaire economie is de energie om 'die degradatie ongedaan te maken, de voorraad weer te herstellen' en de operationele energie is de energie die nodig is 'als er om een functie te vervullen nog eens extra energie nodig is' (p. 282).

De hoeveelheid energie die nodig is om een keten van een bepaald materiaal te herstellen (maximaliseren van exergie) is volgens Rovers de maat voor circulaire energie van die grondstof. Voor mineralen en metalen komt deze waarde veel hoger uit dan voor organische of biobased materialen. Volgens Rovers moeten dan ook mineralen, maar vooral metalen, vermeden worden. (Rovers, 2018).

4 Bronnen

- Adams, C., Coulson, A. B., Emmelkamp, T., Greveling, R., Klüth, G., & Nugent, M. (2013). *Capitals: Background paper for <IR>.* The Technical Task Force of the International Integrated Reporting Council (IIRC).

- Bastein, T., & Rietveld, E. (2016). *Circulaire potentie voor Utrecht*. Utrecht: TNO.
- Braungart, M., & McDonough, W. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the way we make things*. New York: North Point Press.

- Cheshire, D. (2016). *Building revolutions: Applying the circular economy to the built environment*. Newcastle upon Tyne: RIBA Publishing.

- Cramer, J. (2014). *Milieu. (Elementaire Deeltjes: 16)*. Amsterdam: Amsterdam University Press B.V.

- Den Hollander, M. C., Bakker, C. A., & Hultink, E. J. (2017). *Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms*. Journal of Industrial

Ecology, 21(3), 517-525.

- Den Hollander, J. P. (2019). *Circulair meten*. Bouwen Met Staal, (268), 48-52.
- Durmisevic, E. (2006). *Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction* (Doctoral thesis). Delft: Technische Universiteit Delft.
- Eekhout, M. (1997). *POPO of ontwerpmethoden voor bouwproducten en bouwcomponenten*. Delft: Delft University Press.
- Ellen MacArthur Foundation. (2012). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Cowes (UK): Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Circularity indicators: An approach to measuring circularity, methodology*. Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *What is a circular economy?: A framework for an economy that is restorative and regenerative by design*. Geraadpleegd op 1 augustus 2018 van https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept
- EPEA. (z.d.). *Cradle to Cradle: visie.* Geraadpleegd op 30 mei 2017 van http://www.epea.nl/visie/
- Europese Commissie. (2014a). *Naar een circulaire economie: Een afvalvrij programma voor Europa.* Brussel: Europese Commissie.
- Europese Commissie. (2014b). *Mededeling van de commissie aan het Europees Parlement, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de regio's over mogelijkheden voor hulpbronnen-efficiëntie in de bouwsector*. (No. COM(2014) 445 final). Brussel: Europese Commissie.
- Europese Commissie. (2015). *Maak de cirkel rond: Een EU-actieplan voor de circulaire economie.* (No. COM (2015) 614 final). Brussel: Europese Commissie.
- Giele, M. (15 oktober, 2018). *Triodos III in Driebergen-Zeist door RAU: Een remontabele bank in een bank*. Geraadpleegd op 1 december 2018 van https://www.dearchitect.nl/architectuur/artikel/2018/10/triodos-iii-in-driebergen-zeist-door-rau-een-remontabele-bank-in-een-bank-101201738

- Gleeson-White, J. (2014). *Six Capital: The Revolution Capitalism has to have – or can accountants save the planet?* Sydney (AU): Allen & Unwin.

- Huijben, F. (2024). Biobased bouwen: Een gezonde keuze. MNEXT, Avans Hogeschool en HZ University of Applied Sciences.

- Huijbregts, M. A. J., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M. D. M., . . . Van Zelm, R. (2017). *ReCiPe 2016 v1.1: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level: Report I: Characterization*. (RIVM Report 2016-0104a). Bilthoven: National Institute for Public Health and the Environment (RIVM).

- Insert. (2019). *12R model.* Geraadpleegd op 11 september 2019 van https://insert.nl/12r-model/

- Jonker, J., Stegeman, H. & Faber, N. (2018). *De circulaire economie: Denkbeelden, ontwikkelingen en business modellen: Whitepaper*. Geraadpleegd op 7 juni 2018 van https://www.circulairebusinessmodellen.nl/dl/WhitePaperCirculaireEconomie2017V3ebook.pdf

- Korbee, H. (2018). *Circulair versus duurzaam versus energieneutraal bouwen*. Geraadpleegd op 14 mei 2019 van https://www.duurzaamgebouwd.nl/expertpost/20180112-circulair-versus-duurzaam-versusenergieneutraal-bouwen
- Lansink, A. (2018). *Ladder van Lansink.* Geraadpleegd op 1 december 2018 van http://www.adlansink.nl/voorbeeld-pagina/

- Madaster. (z.d.). *Afval is materiaal zonder identiteit*. Geraadpleegd op 1 augustus 2018 van https://www.madaster.com/nl

- Merrild, H. (2016). In Jensen K. G., Sommer J. (Eds.), *Building a circular future.* Denmark: 3XN_GXN.

- Nelissen, E., Van de Griendt, B., Van Oppen, C., Pallada, I., Wiedenhoff, J., Van der Waal, J., . . . Bögl, T. (2018). *Transitie-agenda circulaire economie 2018: Samen bouwen aan de circulaire economie voor Nederland in 2050.*

- Nudge. (2015). De R-en in de circulaire economie. Geraadpleegd op 1 augustus 2018 van https://www.nudge.nl/blog/2015/09/01/de-r-en-de-circulaire-economie/

- Paauw, J., & Drijfhout, R. (2018). *Omgaan met een gebouw als materiaaldepot: Circulariteit: De volgende schakel in duurzaam bouwen. (Whitepaper).* DGMR.

- Piccardo, C., Dodoo, A., Gustavsson, L., & Tettey, U. Y. A. (2019). *Energy and carbon balance of materials used in a building envelope renovation*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 225(Conference 1)

- Platform CB'23. (z.d.). *Platform CB'23.* Geraadpleegd op 15 januari 2025 van https://platformcb23.nl/

- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2016). *Circulaire economie: Innovatie meten in de keten.* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

- Rau, T. M. (2017). *Afval is materiaal zonder identiteit: Materialenpaspoort*. Geraadpleegd op 28 februari 2018 van http://turntoo.com/nl/materialenpaspoort/

- Rijksoverheid. (2016a). *Nederland circulair in 2050: Rijksbreed programma circulaire economie.* Den Haag: Rijksoverheid.

- Rijksoverheid. (2017a). *Grondstoffenakkoord: Intentieovereenkomst om te komen tot transitieagenda's voor de circulaire economie.* Den Haag: Rijksoverheid.

- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.-b). *MilieuPrestatie gebouwen – MPG*. Geraadpleegd op 7 juni 2018 van https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regelsgebouwen/nieuwbouw/milieuprestatie-gebouwen

- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.-d). *Appartementen de trip: Utrecht*, Utrecht. Geraadpleegd op 1 augustus 2018 van https://www.rvo.nl/initiatieven/energiezuiniggebouwd/appartementen-de-trip

- Rovers, R. (2018). Gebroken kringlopen: Naar een volhoudbaar gebruik van bronnen. Delft: Eburon.

- Schultheiss, F.G. (2020). *Energetische upgrading van Nederlandse Wederopbouw flats*. Delft: A+BE. DOI: https://doi.org/10.7480/abe.2020.12.5192

- Stichting W/E adviseurs. (2017). *Circulair met GPR meetbaar zonder extra moeite.* Utrecht: Stichting W/E adviseurs.

- Thomassen, M. H. J. (2009). *Financial business framework helpt woningcorporatie*. Tijdschrift Controlling, (6), 30-33.

- Van den Berg, M.C. (2019). *Managing circular building projects* (Doctoral thesis). Enschede: University of Twente.

- Van Gennip, H. (2018). *Levenscyclus gevelelementen in kaart gebracht*. Bouwwereld. Geraadpleegd op 6 februari 2018 van https://www.bouwwereld.nl/nieuws/levenscyclus-gevelelementen-in-kaart-gebracht/

- Wientjes, B., Buitendijk, G., Meyboom, J., Verhagen, M., Nelissen, E., Reiner, C., . . . Van Wingerden, R. (2017). *De bouwagenda: Bouwen aan de kwaliteit van leven*. Delft: Taskforce Bouwagenda.

5 Relatie met relevante kennismodules in deze Kennisbank Biobased Bouwen

1.1. Why (Opgaven) – Urgentie, Grondstoffentransitie en meer
- 1.1.1. Urgentie Grondstoffentekorten
- 1.1.2. Parijs 2050
- 1.1.3. NL programma's Circulaire Economie
- 1.1.4. Rol Bouwsector
- 1.1.5. CO2 uitstoot
- 1.1.6. Aantasting Milieu, biodiversiteit …

1.2. Definities
- 1.2.1. Van lineair naar circulair
- 1.2.2. Duurzaamheid versus circulariteit
- 1.2.3. Natuurinclusief versus klimaatadaptief
- **1.2.4. Definities circulair ontwerpen**

1.3. Modellen en (reken)tools
- 1.3.1. Model R-ladder
- 1.3.2. Model Lagen van Brand
- 1.3.3. Model LCA
- 1.3.4. MPG
- 1.3.5. BCI
- 1.3.6. CO2-tool
- 1.3.7. BENG

1.4. Strategieën
- 1.4.1. Circulaire principes
- 1.4.2. Schaalniveaus circulariteit
- 1.4.3. Preventie-waardebehoud-waardecreatie
- 1.4.4. Natuurinclusief bouwen

2. Biobased Bouwen

2.1. Doelstellingen

2.1.1. Waarom Bouwen met Biobased Bouwmaterialen?

2.1.2. 'Van Plant tot Pand' - Kansen Biobased Bouwen

2.1.3. NABB

2.1.4. Reductie stikstof …

3. LCA Fase - PRODUCTIE

3.1. Winning van grondstoffen

3.1.1. Secundaire grondstoffen

3.1.1.1. Technologische cyclus

3.1.1.2. Demontage - Sloop

3.1.1.3. Kleding

3.1.1.4. Papier

3.1.2. Plantaardig - Natuurlijke cyclus]

3.1.2.1. Hout

3.1.2.1.1. Massief Hout

3.1.2.1.2. Bewerkt Hout

3.1.2.1.2.1 CLT

3.1.2.1.2.2 LVL

3.1.2.1.2.3 Glulam

3.1.2.1.3. Houtvezel Isolatieplaten (thermische isolatie)

3.1.2.1.4. Houtvezelplaat

3.1.2.1.4.1 Hardboard

3.1.2.1.4.2 Zachtboard

3.1.2.1.4.3 MDF en HDF

3.1.2.1.5. Houtspaanderplaat

3.1.2.1.5.1 Spaanplaat

3.1.2.1.5.2 OSB

3.1.2.1.6. Triplex

3.1.2.2. Hennepvezel isolatie

3.1.2.3. Lisdodde

3.1.2.4. Vlaswolisolatie

3.1.2.5. Zeewier

3.1.2.6. Bamboe Interieur

3.1.2.7. Strobalen bouwmethode

3.1.2.8. Miscanthus

3.1.2.9. Kalkhennepbeton

3.1.2.10. Geëxpandeerde Kurkisolatie

3.1.2.12. Grasisolatieplaten

3.1.2.13. Riet

3.1.2.16. Vlasspaanplaat

3.1.2.17. Inblaasstro
3.1.2.18. Stro isolatie infill methode
3.1.2.19. Bamboe exterieurafwerking
3.1.2.20. Kalkhennep blokken

3.1.3. Dierlijke cyclus
3.1.3.1. Wol

3.1.4. Overige grondstoffen
3.1.4.1. Mycelium isolatiepanelen
3.1.4.2. StampLeem en LeemSteen

3.1.5. (Bio)Composieten
3.1.5.1. Biocomposieten met olien en vetten
3.1.5.2. Biocomposieten met plantaardige vezels
3.1.5.3. BioFoam isolatie

3.2. Transport
3.2.1. Keten Agro-Productie-Fabricage

3.3. Productie
3.3.1. Grondstof - Materiaal - Product - Element
3.3.2. Bewerkingen grondstoffen en materialen
3.3.3. Modulair
3.3.4. Samengestelde bouw
3.3.5. Opslag versus emissie CO2
3.3.6. Opschalen

3.4. Productie Isolatiematerialen
3.4.1. Biobased IsolatieMaterialen
3.4.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

3.5. Productie Plaatmaterialen
3.5.1. Biobased PlaatMaterialen
3.5.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

3.6. Productie Constructieve elementen
3.6.1. Constructieve biobased elementen
3.6.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

4. LCA Fase – BOUW

4.1. Transport
4.1.1. Keten productie-montage
4.1.2. Materiaal vs Product vs Element vs Unit

4.2. Bouw- en installatieproces, aanleg

4.2.1. Initiatieffase
4.2.1.1. GPR Gebouw, BREEAM
4.2.1.2. Het Nieuwe Normaal
4.2.1.3. Circulair bouwen met biobased bouwmaterialen

4.2.1.4. BBL – Gemeente
4.2.1.5. Circulair uitvragen – aanbesteden
4.2.1.6. Integrale strategieën
4.2.1.7. Circulaire ambities
4.2.1.8. Preventie-waardebehoud-waardecreatie

4.2.2. Haalbaarheid product/marktcombinaties
4.2.2.1. Kengetallen
4.2.2.2. Capaciteit
4.2.2.3. Marktcomform
4.2.2.4. Opname en materiaalpaspoort
4.2.2.5. PvE / schets door adviseur
4.2.2.6. Inschrijven voor ontwerpers – architecten

4.2.3. Projectdefinitie
4.2.3.1. Opschaalbaarheid
4.2.3.2. Persoonlijk
4.2.3.3. Aanbestedingsvorm aannemer – consortium

4.2.4. Voorontwerp
4.2.4.1. Constructieprincipes
4.2.4.2. Damp-open bouwen
4.2.4.3. Carbon Based Design
4.2.4.4. Gezond Bouwen
4.2.4.5. Kwaliteit en Garantie
4.2.4.6. VO
4.2.4.7. Hergebruik (R-Ladder)
4.2.4.8. Passief Bouwen

4.2.5. Definitief ontwerp
4.2.5.1. MPG
4.2.5.2. Biobased Isolatiematerialen
4.2.5.3. R-waarde, warmtecapaciteit, faseverschuiving, verdamping
4.2.5.4. Brandveiligheid
4.2.5.5. Circulaire materialen
4.2.5.6. Montage, demontage, remontage producten
4.2.5.7. Constructiecontrole
4.2.5.8. ‘Bouwbesluit’ eisen

4.2.6. Definitief (technisch)-ontwerp
4.2.6.1. Losmaakbaar detailleren
4.2.6.2. Droge verbindingen
4.2.6.3. Luchtdicht bouwen

4.2.7. Uitvoeringsgereed ontwerp
4.2.7.1. Uitvoeringslogistiek

4.2.7.2. Montage en demontage voorschriften (materialenpaspoorten)
4.2.7.3. WKB Circulair bouwen met Biobased Bouwmaterialen
4.2.7.4. Voorbereiding
4.2.8. Uitvoering
4.2.8.1. LEAN werkproces toepassen tbv leren en innoveren
4.2.8.2. Uitvoering als bouwmanager
4.2.8.3. Oplevering, uitzonderingen bouwbesluit en hoe je daar mee om gaat
5. B – GEBRUIK
5.1. Gebruik
5.1.1. Handleiding voor gebruiker
5.1.2. Levensduur en Kwaliteit
5.1.3. Hergebruik/herwinbaar
5.2. Onderhoud
5.2.1. MJOB maken en bewaken
5.2.2. Nazorg/MJOP
5.3. Reparaties
5.3.1. Klachten en nazorg
5.3.2. Nazorg/MJOP
5.4. Vervangingen
5.4.1. Onderhoud
5.4.2. Losmaakbaarheid
5.4.3. Hergebruik bij vervanging
5.5. Hernieuwing
5.5.1. Verbeteringstrajecten en innoveren
5.6. Operationeel energiegebruik / Passief huis
5.7. Operationeel watergebruik
6. SLOOP
6.1. Sloop
6.1.1. Sloop vs Demontage
6.1.2. Methoden sloop
6.2. **Demontage**
6.2.1. Waardemodel sloop
6.2.2. Elementen - Producten - Materialen - Grondstoffen Bronnen
6.3. **Transport**
6.3.1. Keten sloop-verwerking
6.3.2. Afvalscheiding bron vs locatie verwerking
6.4. **Afvalbewerking**
6.4.1. Principes
6.4.1.1. Keten hergebruik hout
6.4.1.2. Cascadering

6.4.2. Verwerking tot grondstoffen
6.4.2.1. Duurzaamheidsklassen
6.4.2.2. Onbehandeld vs Behandeld hout
6.4.2.3. Natuurlijke cyclus – composteren
6.4.3. Verwerking materialen en producten
6.4.3.1. Kwaliteitsbeoordeling
6.4.4. Stort – Verbranding
6.4.4.1. Hergebruik energie
6.4.4.2. Biochar
6.5. Finale afvalbewerking, producten op basis van secundaire grondstoffen
6.5.1. Producten op basis van secundaire grondstoffen
7. **HERGEBRUIK**
7.1. Materiaal paspoort i.c.m. 3-D model
7.2. Urban mining
7.3. Tussenhandel secundaire materialen
7.4. Kwaliteitsbeoordeling
7.5. Regelgeving
7.6. Reuse vs Repurpose

6 Versiebeheer

Nr.	Datum	Auteur	Organisatie	Opm.	Status
01	1-3-2025	Carla Rongen	HAN		Startdocument
02	12-3-2025	Frits Schultheiss	HAN		Aanvulling
03	23-3-2025	Carla Rongen	HAN	Aanvullingen/opmerkingen verwerkt	
04					