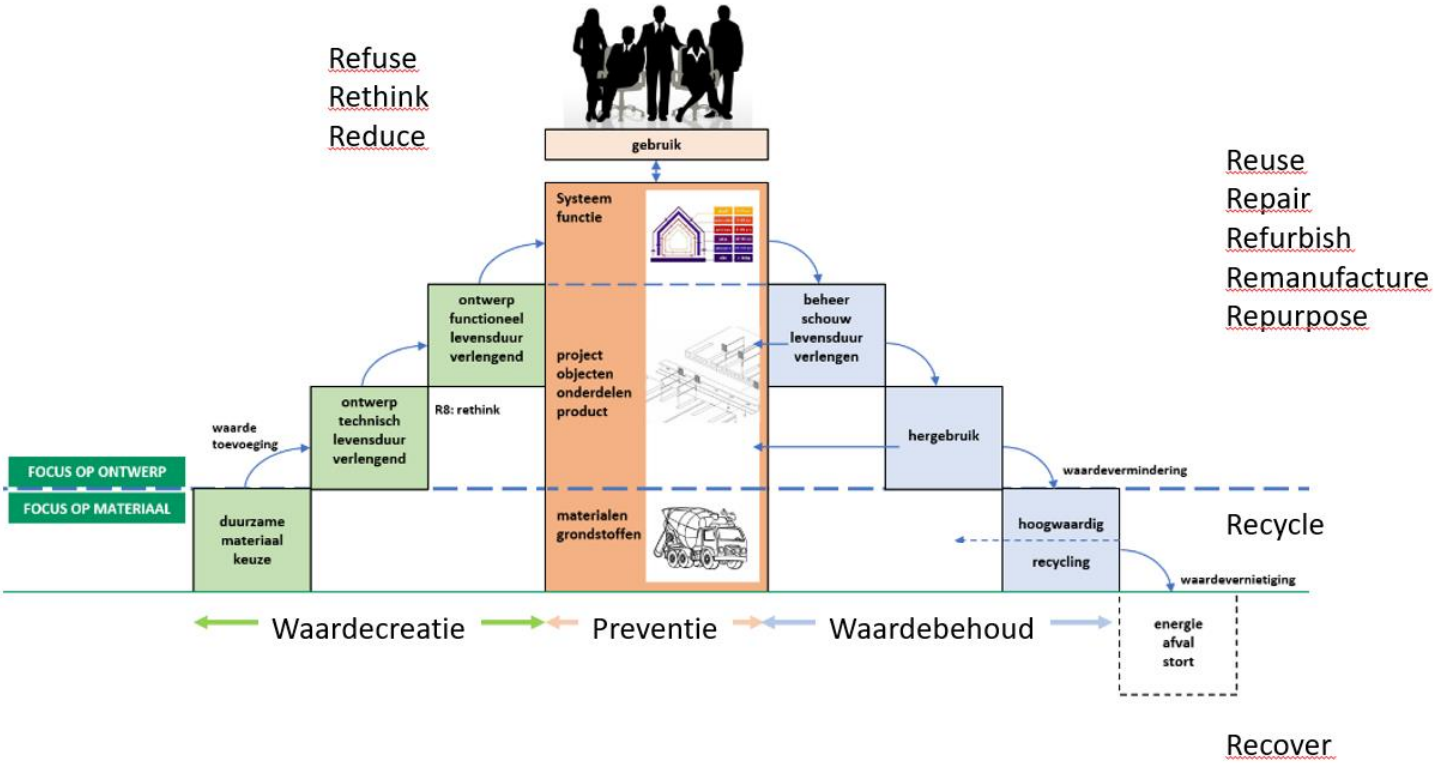
Circulair beton in de praktijk

Cindy Vissering, Betonhuis

Een heel aantal principes binnen de circulaire economie zijn niet nieuw en de afgelopen decennia geïntroduceerd in de bouw. Maar niet alle principes zijn al voldoende gemeengoed, anders hoefde er ook geen richtlijn opgesteld te worden. In dit hoofdstuk wordt een aantal voorbeelden naast elkaar gezet, groen en rijp door elkaar. Hiermee wordt een beeld gegeven waar je aan zou kunnen denken wanneer je met duurzaam beton aan de slag gaat. Voor de indeling houden we de R-ladder aan.

Bouwwaardemodel en R-ladder

In de aanloop naar het Betonakkoord en op heel veel plaatsen wordt de R-ladder als structurering van maatregelen binnen de circulaire economie gebruikt. Er zijn verschillende interpretaties in omloop, waarbij 6, 9 of 10 R-en als uitgangspunt worden genomen. Hier gaan we uit van de R-ladder (10 R) zoals opgesteld door het Utrecht Sustainability Institute.



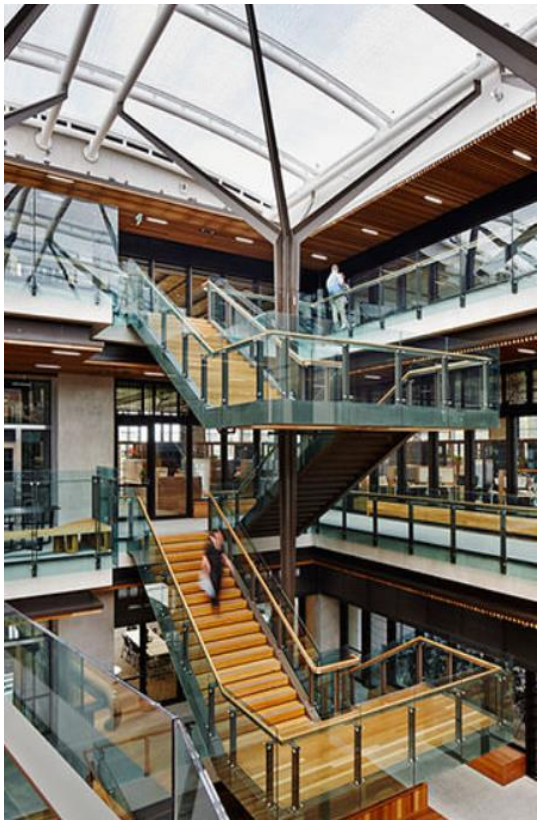
De verschillende maatregelen hebben ook een plek in het bouwwaardemodel, zoals in het vorige hoofdstuk nader uitgelegd. In de beton-gerelateerde praktijkvoorbeelden die hierna aan de orde komen, zullen deze maatregelen in samenhang met het bouwwaardemodel toegelicht worden.

Preventie

De gebruiker/ opdrachtgever heeft een bepalende rol in het aangeven van het toepassen van circulaire principes en kan beslissingen hierover op schaalniveau van een geheel gebouw of project maken. Dat kan door dingen niet (Refuse), minder (Reduce) of anders (Rethink) te doen. Dit zijn vrij algemene principes en worden daarom hier niet specifiek nader omschreven met voorbeelden.

Waardecreatie
Aan de linkerzijde van het bouwwaardemodel wordt de waarde gecreëerd door van grondstoffen via halffabricaten tot een bouwwerk te komen. Aanleiding is de vraag van de gebruiker/ opdrachtgever, waarop de ontwerper met een circulair ontwerp een antwoord formuleert.
De ontwerper bedenkt voor elke oplossing of het ook slimmer en anders kan (Rethink) of dat er dingen niet ingevuld hoeven te worden (Refuse) of op een bepaalde manier minder kunnen (Reduce).
Verder houdt de ontwerper rekening met de mogelijkheden van hergebruik in de toekomst (de R-strategieën aan de rechterkant van het bouwwaardemodel).

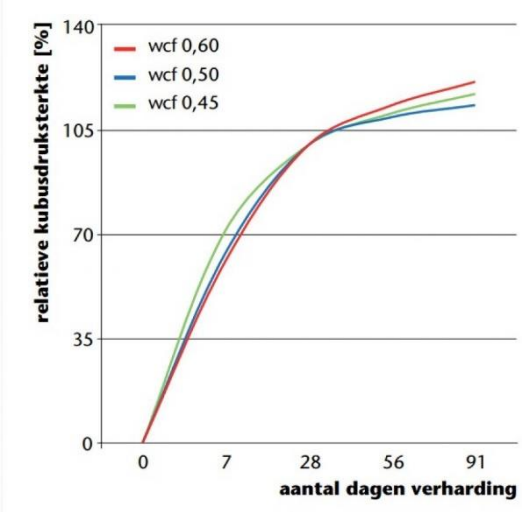
<u>Alternatieve bindmiddelen</u>
Een geopolymeer is een bindmiddel dat niet kalk als grondstof heeft (zoals portlandcement), maar gemaakt wordt op basis van hoogovenslakken of rode klei. In Nederland werd geopolymeerbeton tot voor kort alleen getest op niet-constructieve toepassingen zoals fietspaden. In maart 2020 is de eerste constructieve toepassing van geopolymeerbeton gerealiseerd in een onderdoorgang bij Heiloo. In Australië is dit beton al eerder constructief toegepast. Dat was in 2013 bij het Global Change Institute in University of Queensland, naar een ontwerp van Hassel architecten en ARUP [1]. Dit gebouw is op alle vlakken duurzaam ontworpen. Nieuwere voorbeelden zijn er niet, omdat er vooralsnog te weinig vraag is naar dit iets duurdere beton. (Lees verder het hoofdstuk 'Alternatieve bindmiddelen)



(fotograaf Peter Bennetts)

Minder cement

Beton blijft gedurende de levensduur in sterkte toenemen. Afgesproken is dat er gerekend wordt met de sterkte die het beton op 28 dagen heeft bereikt (de 28-daagse sterkte). Wanneer er gerekend wordt met de sterkte die het beton heeft bereikt op bijvoorbeeld 91 dagen, dan is er minder cement nodig. Dit betekent dat de constructie pas later belast kan worden en dat de bekisting meestal langer moet blijven staan. Of dit past in de gewenste bouwsnelheid is per project verschillend. In de CUR-Aanbeveling 122 [2] wordt hiervoor een handreiking gegeven. In de grafiek [3] de sterkteontwikkeling in percentages t.o.v. de 28-daagse sterkte (28 dagen is 100%).



Ook kan er minder cement toegepast worden wanneer de grootte van de korrels van de toeslagmaterialen (de korrelgradering) goed op elkaar is afgestemd. (Lees verder hierover in het hoofdstuk ‘Mengsel en korrelpakkingoptimalisatie’)

Slank ontwerpen

Door slank te ontwerpen kan het bouwwerk met minder materiaal gerealiseerd worden. (Lees ook de hoofdstukken ‘Ontwerpfilosofie’ en ‘Ontwerp en constructie in de praktijk’)
Niet altijd heeft een slanke constructie ook een voordeliger milieuprofiel. Vooral wanneer er bijvoorbeeld ultra-hogesterktebeton (UHSB) toegepast wordt, zal per project bekeken moeten worden wat het effect is op de milieuprestatie, omdat UHSB relatief meer cement vraagt om het beton sterker te kunnen maken.

(fotograaf Mafer Arenas via wiki commons)

Wanneer de krachtslijnen in het ontwerp gevolgd worden, kan er met hetzelfde materiaal slanker geconstrueerd worden. Antoni Gaudi paste dit veelvuldig toe in zijn ontwerpen. Hij gebruikte hiervoor ook wel de techniek om het ontwerp ondersteboven te testen met kettinglijnen met gewichten eraan. De lijnen laten het meest ideale verloop van de constructie zien.
Ook in Nederland werd bijvoorbeeld bij het ontwerp van Jan Duiker voor Sanatorium Zonnestraal in 1925 materiaal van een ligger daar waar mogelijk gereduceerd. Hier werd dit gedaan om materiaal te besparen vanwege economische schaarste én omdat het een betere daglichttoetreding gaf.

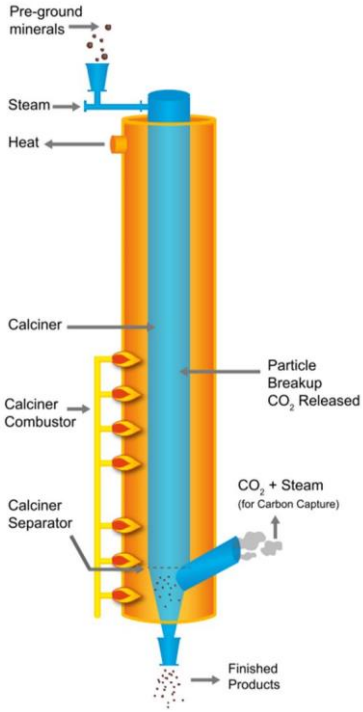
(fotograaf Kris Rodenbrug (links) en A. van der Wal (rechts) via Rijksdienst Cultureel Erfgoed)

Een slank ontwerp is niet altijd robuust – in de zin dat het misschien minder toekomstbestendig is, omdat het minder adaptief vermogen heeft. Dit blijft een afweging die per situatie een verschillend antwoord vraagt. Onder robuust wordt vaak verstaan dat iets sterker, steviger is, en dus een overdimensionering. Hier is robuust vooral bedoeld als: bestendig tegen wijzigingen in de toekomst en dus met een hoger adaptief vermogen. En één van de oplossingen is om de constructie over te dimensioneren.

<u>Anders denken</u>
In plaats van dingen minder of niet te doen, kun je ook bedenken dat je dingen anders kunt doen, waardoor de milieu-impact verminderd wordt. Of anders te denken over principes die al gelden, zoals het feit dat beton gedurende de levensduur CO_2 opneemt door middel van carbonatatie. Bij gewapende constructies die aan de buitenlucht blootgesteld zijn, moet de wapening voldoende diep in het beton ingebed zijn, om van deze carbonatatie geen negatieve gevolgen te ondervinden. Betonconstructies kunnen gedurende hun levensduur een bijdrage leveren aan duurzaamheid, bijvoorbeeld door biodiversiteit in de omgeving te vergroten met bomen op daken en balkons, of door energie te besparen met thermische activering van de constructie. Hierbij gebruiken we de massa van het beton om warmte op te nemen en wordt de temperatuurschommeling van dag en nacht gedempt. Hierdoor is er minder energie nodig.

Het Nationaal Centrum voor tumorziekten in Heidelberg van Behnisch Architekten maakt gebruik van thermisch actieve constructies in combinatie met natuurlijke ventilatie [4]. (fotograaf Adam Mørk)

De cementindustrie is bezig met het onderzoeken van de mogelijkheden van het opvangen van de CO_2 bij de productie van cement en dit opslaan en/of toepassen voor productie van visvoer, kassenbouw of composietproducten op basis van koolstof. In België is in het Horizon2020-project LEILAC een proefopstelling gemaakt waarin de zuivere CO_2 wordt afgevangen die vrijkomt bij de chemische reactie van de productie van portlandcement. Hiervoor moeten de rookgassen gescheiden worden gehouden.



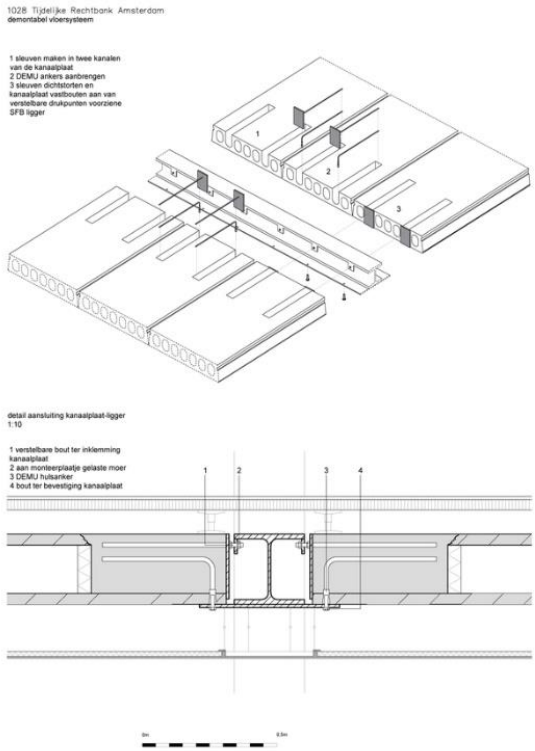
Ontwerpen met het oog op toekomstig hergebruik

Dit houdt in dat de ontwerper nu al bedenkt hoe later het gebouw uit elkaar gehaald of anders gebruikt kan worden. In feite houdt de ontwerper nu al rekening met de maatregelen die aan het einde van de (functionele) levensduur van het bouwwerk genomen kunnen worden, zoals verbeeld aan de rechterkant van het bouwwaardemodel. (Lees ook hoofdstukken 'Ontwerpfilosofie' en 'Ontwerp en constructie in de praktijk')

De Public Condensor op de Saclay Universiteit in Parijs van Muoto heeft een strakke structuur, waarbinnen veel variatie aan functies mogelijk is. Het is een goed voorbeeld van een adaptief gebouw. Functiewisseling in de loop van de tijd kan opgevangen worden binnen de structuur. Door de modulaire opbouw kan een eventuele uitbreiding eenvoudig gekoppeld worden. [5]

Elementen die Industrieel Flexibel en Demontabel (IFD) vervaardigd zijn, passen goed in de maatregelen van losmaakbaar, flexibel en aanpasbaar.

Een recent voorbeeld van demonteerbaar ontwerpen is het ontwerp van Cepezed voor de tijdelijke rechtbank van Amsterdam. [6] Hierbij zijn de kanaalplaten zo verbonden met de staalconstructie, dat deze weer eenvoudig te demonteren zijn én elders weer op te bouwen.



(tekening Cepezed architecten, fotograaf Leon van Woerkom).

In de B&U zijn er meer voorbeelden, vooral omdat al in de jaren 90 ontworpen werd volgens IFD-principes (Industrieel, Flexibel, Demonteerbaar). In de GWW is dit echter nog relatief nieuw. Het circulaire viaduct van RWS laat zien dat dit wel mogelijk is. Het circulaire viaduct bestaat uit losse elementen die aan elkaar worden geschakeld en op spanning gebracht. De hierdoor ontstane ligger wordt vervolgens weer in de andere richting op spanning gebracht met meer liggers naast elkaar. Doordat de opbouw bestaat uit een kleine module, kan het viaduct uitgebreid, verkleind of verplaatst worden.

(foto's via Spanbeton)

Waardebehoud
Aan de rechterkant van het bouwwaardemodel gaat het om het behouden van de waarde die in een bouwwerk, dan wel onderdelen daarvan zit. Om de waarde te behouden proberen we op een zo hoog mogelijk niveau in het model het bouwwerk (Repair, Reuse en Refurbish) of de onderdelen (Remanufacture, Repurpose en Reuse) te hergebruiken, met als laatste optie het breken van het beton tot de basisgrondstoffen (Recycle).
Beton heeft van zichzelf een lange levensduur en is makkelijk in het onderhoud. Een constructie met een hoog adaptief vermogen en daar repareren waar nodig, is een goede strategie die past bij het materiaal beton.
In de huidige praktijk wordt beton na een gebruiksperiode over het algemeen op het 'laagste' niveau hergebruikt, namelijk als betongranulaat. Het blijkt nog wel lastig om vanuit bestaande gebouwen betonnen onderdelen op zo'n manier uit het bouwwerk te halen dat deze weer goed in te zetten zijn. Wanneer er in nieuwe gebouwen wél rekening gehouden gaat worden met demonteerbare constructies, zal dit in de toekomst vaker toegepast kunnen worden.

<u>Het verlengen van de technische levensduur</u>
Reparaties zorgen ervoor dat bouwwerken langer in functie kunnen blijven. (lees hierover in hoofdstuk 'Beheer en levensduur verlengend onderhoud')
Ook bij het vervaardigen van de constructie kan al rekening worden gehouden met de verlenging van de levensduur door adaptief vermogen en bijvoorbeeld een zelfhelend mechanisme in te bouwen. Dit kan door zelfhelend beton toe te passen. De werking bestaat uit het toevoegen van bacteriën aan het beton, die kalk produceren en hiermee kleine scheurtjes dicht kunnen zetten.

In de kelder van Paleis het Loo is dit type beton toegepast, omdat de kelder (waar een deel van het museum komt) goed waterdicht moet zijn en blijven.

(afbeelding van Paleis het Loo en TU Delft)

Hergebruiken/ renovatie

Het Groothandelsgebouw in Rotterdam heeft al veel verschillende functies gehad. Doordat de constructie een overmaat heeft, heeft het gebouw voldoende adaptief vermogen om al de verschillende functies aan te kunnen. Ook de betonnen gevel is nog steeds zoals het oorspronkelijke ontwerp. In de gevel zijn aanpassingen gemaakt om te voldoen aan nieuwe energetische wensen.

(historische foto: Jan Voets uit de Anefo-collectie)

Het hoofdkantoor van Liander in Duiven is een recent project van RAU, waarbij het bestaande gebouw – in dit voorbeeld zelfs 5 gebouwen – aangepast wordt aan nieuwe huisvestingswensen [7]. De structuur van de gebouwen heeft een adaptief vermogen, dat het mogelijk maakt om de aanpassingen voor veranderde functies te maken.

(fotograaf Thomas Heye)

Hergebruiken in een andere functie

De gevel van het NH-hotel in Utrecht is opgebouwd uit gestapelde, gebroken stoeptegels naar een ontwerp van ZECC. Hierdoor ontstaat er een speels reliëf in de gevel, die graffiti tegengaat.

(foto Stijnstijl)

Secundaire grondstofstromen

Betongranulaat wordt al voor 95% hergebruikt, alleen wordt het meestal gebruikt als fundering onder de wegen. De BRL 2506 geeft aan welke eisen gelden voor een gecertificeerd granulaat en CUR-Aanbeveling 112 [8] geeft aan hoe er gerekend kan worden aan betonconstructies met een hoger aandeel granulaat dan aangegeven via de NEN-norm. Hiermee is er geen belemmering om betongranulaat tot een hoger percentage ook in betonconstructies toe te passen.

De kunstwerken in Moordrecht voor de aansluiting van de A20 op de N456 en een spoorwegonderdoorgang zijn gemaakt van beton met 50% betongranulaat.

Bij het breken van beton ontstaat relatief veel fijn granulaat. Het fijnste granulaat bevat resten van ongehydrateerd cement en is daarom lastig op te slaan, omdat het 'plakt'. Juist deze eigenschap maakt het betongranulaat zo waardevol als wegfundering.
Verschillende initiatieven weten het fijne granulaat te splitsen in ongehydrateerd cement en een inerte vulstof. Hiermee ontstaat er een *gerecycled cement*. Het is goed om te beseffen dat er minder beton wordt gesloopt dan dat erin wordt gebouwd, dus secundaire grondstoffen kunnen niet aan de vraag naar toeslagmateriaal en grind voldoen. (lees verder hoofdstuk 'Duurzaam breken en recyclen')

Al een aantal decennia lang worden er secundaire grondstofstromen van andere industrieën in beton toegepast. Het gaat hier bijvoorbeeld om reststromen uit ijzerproductie (*hoogovenslakken*) en energieproductie in kolencentrales (*poederkoolvliegas*). Ook worden bijvoorbeeld de verbrandingsresten van huisvuilcentrales ingezet (*AEC-granulaat*). Deze secundaire stromen hebben een positief effect op de milieu-impact van beton. (lees verder hoofdstuk 'Milieueffecten beton en grondstoffen').

Veel mogelijk
Aan de projecten uit dit hoofdstuk te zien zijn er voldoende voorbeelden hoe duurzaam en circulair beton toegepast kan worden. Er is nog veel meer mogelijk; neem je verantwoordelijkheid en bedenk waar de mogelijkheden vanuit jouw rol en positie in het bouwwaardemodel liggen.

Meer informatie

1. https://www.arup.com/projects/global-change-institute
2. https://www.cur-aanbevelingen.nl/cur-aanbeveling-122
3. Bron: Betoniek https://www.betoniek.nl/de-tijd-aan-zijn-zijde
4. https://behnisch.com/publications/nct-national-center-for-tumor-diseases/DVL/reader.html
5. http://www.studiomuoto.com/lieu-de-vie/
6. https://www.cepezed.nl/nl/project/tijdelijke-rechtbank-amsterdam/30529/
7. https://www.rau.eu/portfolio/liander/
8. https://www.cur-aanbevelingen.nl/cur-aanbeveling-112
9. https://behnisch.com/work/projects/0248