



INNOVATION PAPER

Circulair bouwen

Naar een circulaire economie in de bouwsector

Februari 2017



Gerealiseerd in het kader van de Technologische Dienstverlening 'Duurzaam bouwen en duurzame ontwikkeling' in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, met steun van InnovIRIS



INNOVATION PAPER

Een “Innovation Paper” heeft tot doel om nieuwe trends, technieken of praktijken van de bouwsector begrijpelijker te maken. Daartoe geeft dit document informatie over een specifieke technologie of praktijk en gaat het dieper in op de daaraan verbonden mogelijkheden en beperkingen voor de bouwprofessionelen. Op deze manier zal de lezer en bouwprofessioneel zich een beeld kunnen vormen over de mogelijke ontwikkelingen van zijn activiteiten in dit domein.

Deze rapporten zijn opgesteld in het kader van de Technologische Dienstverlening Duurzaam Bouwen en Duurzame Ontwikkeling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest met de steun van Innoviris, het Brussels Instituut voor Onderzoek en Innovatie. Deze rapporten zijn geen officiële publicaties van het WTCB.

De reproductie of vertaling, zelfs gedeeltelijk, van de tekst van dit wetenschappelijk rapport is alleen toegestaan na uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de uitgever. Het rapport moet als ‘informatief’ worden beschouwd. De lezer draagt zelf de volledig verantwoordelijkheid voor het gebruik van de tekst, de interpretatie ervan en de genomen beslissingen na het lezen van dit rapport. Het WTCB kan in geen geval aansprakelijk gesteld worden voor schade die voortvloeit uit de toepassing van de in dit rapport gepresenteerde principes. Het WTCB kan nooit optreden als architect of consultant en kan daarom niet aansprakelijk gesteld worden voor de verantwoordelijkheden die uit deze functies voortvloeien.

INNOVATION PAPER

Circulair bouwen

Naar een circulaire economie in de bouwsector

Auteurs

Ambroise Romnée, Jeroen Vrijders
Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het
Bouwbedrijf (WTCB)



In samenwerking met

Charline Boyer, Lara Pérez Dueñas,
Hugues Kempeneers, Laurent Schiltz
Confederatie Bouw Brussel-Hoofdstad (CCBH)



Doel van de publicatie

Een overzicht geven van wat de circulaire economie voor de bouwsector betekent of kan betekenen, in haar technische en economische aspecten. Via een stand van zaken vandaag, en een blik op de toekomstige uitdagingen, worden de bouwprofessionelen aan de hand van concrete voorbeelden geïnformeerd en geïnspireerd en kunnen zij proactief anticiperen op deze evolutie.

Samenvatting

Het begrip Circulaire Economie komt almaar meer onder de aandacht, maar het is voor velen onduidelijk wat dit precies betekent voor de bouwsector. Is het een verbetering van bestaande praktijken, of eerder een echte 'paradigma shift'? Moet er enkel meer worden gerecycleerd, of veranderen de business modellen van bedrijven fundamenteel? Welke impact kan dit hebben op de bouwsector? Wat betekent een 'circulair gebouw' of een 'circulaire werf'? En hoe vertaalt men dit naar de praktijk?

Deze Innovation Paper over Circulair Bouwen wil aangeven wat de mogelijke implicaties zijn voor de aannemer en de andere actoren in de bouwketen. De paper geeft een overzicht van wat een circulaire economie voor de bouw, in technische en economische aspecten, betekent of zou kunnen betekenen. Circulair bouwen biedt ook nieuwe opportuniteiten, zowel inzake technologische innovatie, als inzake het aansnijden van nieuwe markten.

Na een inleiding over de socio-economische context en het ontstaan van het begrip Circulaire Economie, gaat dit document dieper in op de betekenis voor de bouwsector, volgens 3 grote thema's: circulair ontwerpen en bouwen, urban mining en circulaire business modellen.

Van elk thema worden eerst de belangrijkste concepten en aspecten toegelicht. Vervolgens worden technische voorbeelden gegeven en een aantal goede praktijken meegegeven. Deze voorbeelden tonen de huidige evoluties in de sector. Per thema wordt tot slot ook een blik voorwaarts geworpen, op toekomstige ontwikkelingen, en op de uitdagingen en economische opportuniteiten om circulair bouwen in de praktijk te brengen.

“Een circulair gebouw is een tijdelijke samenkomst van producten, componenten en materialen met een gedocumenteerde identiteit, in een vorm die voor een benoemde periode een bepaalde functie kan vervullen, waarbij de herkomst en mogelijke herbestemming gedocumenteerd zijn en blijven.”

Guldager, K. et al., « Building a Circular Future »

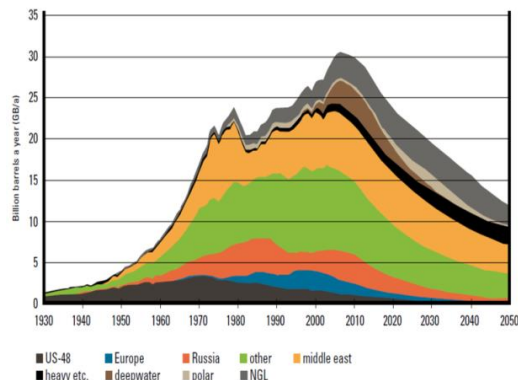
Inhoud

INHOUD	I
INLEIDING : CONTEXT	1
PROBLEMATIEK VAN DE GLOBALISERING	1
UITDAGINGEN VOOR DE BOUWSECTOR	2
VAN LINEAIR NAAR CIRCULAIR	3
EUROPEES BELEID EN REGIONAAL PROGRAMMA VOOR EEN CIRCULAIRE ECONOMIE	4
1. CIRCULAIR ONTWERPEN EN BOUWEN	7
1.1. AANPASBAARHEID IN DE TIJD VAN GEBOUWEN	9
1.2. LAGEN VAN ELKAAR SCHEIDEN	14
1.3. MATERIAALKEUZE	20
1.4. VERBINDINGEN: ONTMANTELING VOORZIEN	27
1.5. AFVAL VERMIJDEN, OPTIMAAL GEBRUIK VAN GRONDSTOFFEN	34
1.6. HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN	41
1.7. ECONOMISCHE UITDAGINGEN	48
2. URBAN MINING	50
2.1. SELECTIEVE ONTMANTELING EN DE AFVALSTOFFENINVENTARIS VOORAFGAAND AAN SLOOP	51
2.2. HERGEBRUIK	60
2.3. REMANUFACTURING	64
2.4. RECYCLAGE	66
2.5. HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN	73
2.6. ECONOMISCHE UITDAGINGEN	77
3. BUSINESS MODELLEN VOOR CIRCULAIR BOUWEN	80
3.1. FUNCTIONALITEITSECONOMIE	83
3.2. DEELECONOMIE	88
3.3. VERLENGING VAN DE LEVENSDUUR	104
3.4. HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN EN UITDAGINGEN	108
SAMENVATTING EN CONCLUSIES	110
REFERENTIES	114

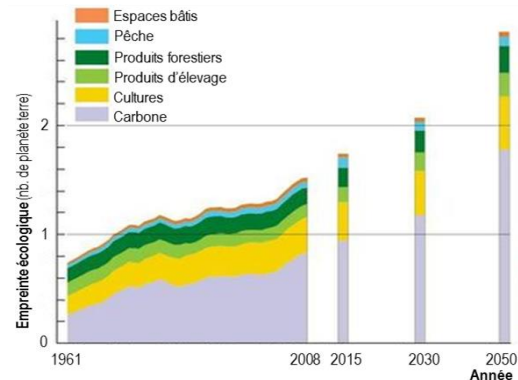
Inleiding : Context

Problematiek van de globalisering

Het economisch model van het industriële tijdperk gaat ervan uit dat de natuurlijke rijkdommen vrijwel onuitputtelijk zijn. Niet alleen blijkt stilaan dat deze grondstoffen wel eindig zijn, maar vooral ook dat het **verbruik** ervan voortdurend stijgt, waardoor de reserves **uitgeput** geraken en de capaciteit van de aarde om de voorraad grondstoffen te hernieuwen, wordt overschreden.



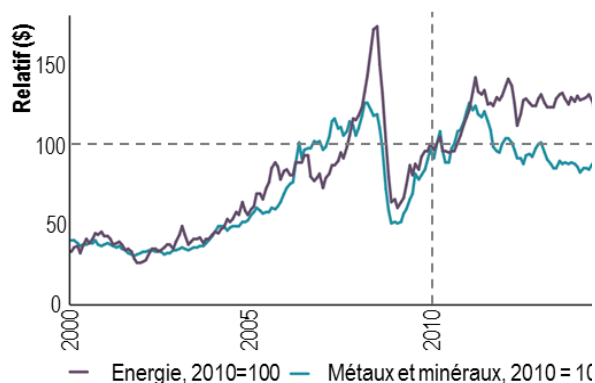
Evolutie en prognose van de wereldproductie van aardolie en aardgas (Bron The Association for the Study of Peak Oil and Gas, C.J. Campbell, 2004)



Evolutie en prognose van de wereldwijde ecologische voetafdruk (Bron: Net importing and exporting countries (Global Footprint Network, 2010))

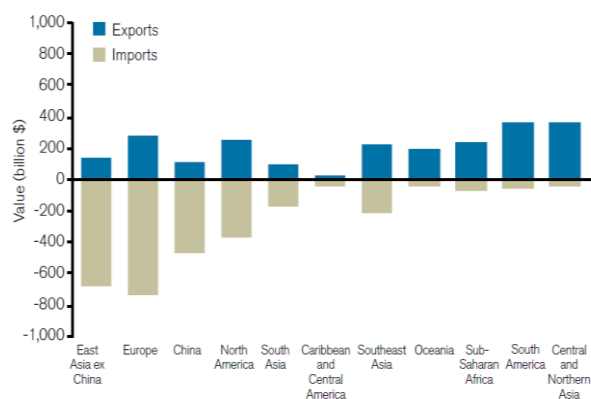
Ten gevolge van de aangroei van de wereldbevolking, alsook de groei van de middenklasse en diens koopkracht, zal het verbruik van grondstoffen ook een gegeven blijven.

Door de stijgende vraag naar grondstoffen, het feit dat ze zeldzamer worden en er zich nieuwe geglobaliseerde markten ontwikkelen, worden de **prijzen van de grondstoffen uiterst volatiel**. Bovendien zal de grondstoffenwinning duurder worden, zullen er grondstoffen van lagere kwaliteit worden geproduceerd en neemt de milieu-impact ervan toe. Ten slotte gebeurt de productie van natuurlijke rijkdommen steeds meer in Azië en het Midden-Oosten, terwijl ze hoofdzakelijk in het Westen worden verbruikt, waardoor **onze Europese economie afhankelijk is van grondstoffeninvoer**.



Volatiliteit van de prijs voor energie, metalen en ertsen

(Bron: Chatham House analysis of World Bank, (2015))

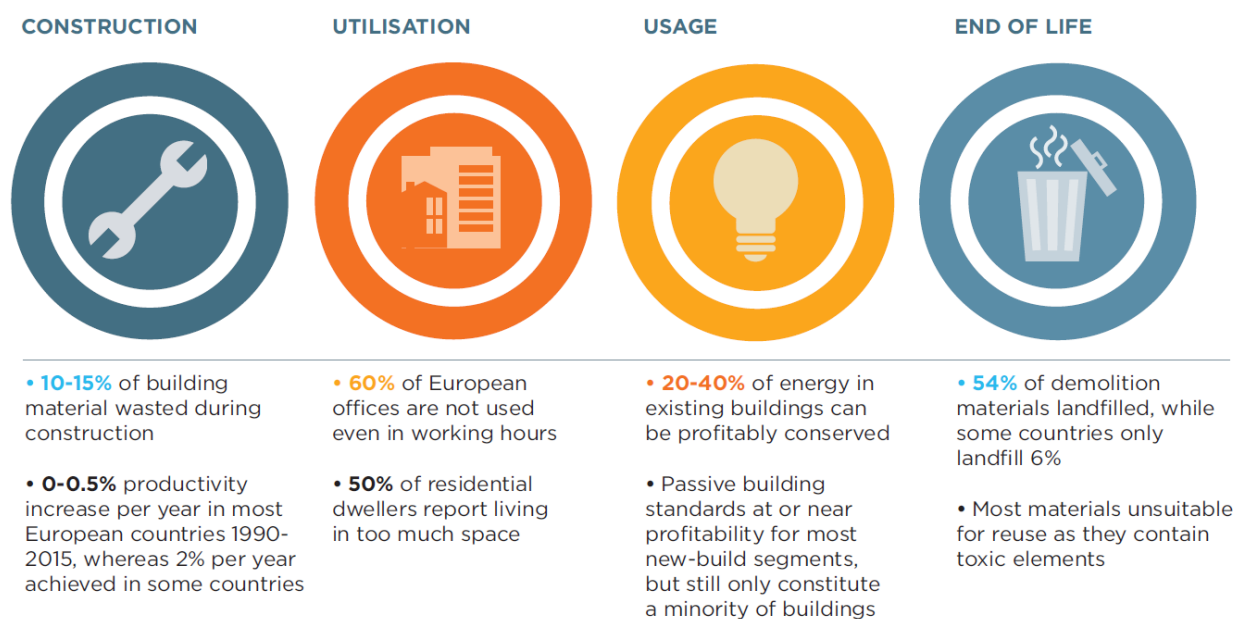


Wereldwijde import en export per regio
(Bron: Chatham House Rebron Trade Database, BACI, COMTRADE.)

Uitdagingen voor de bouwsector

De uitdagingen aangaande grondstoffen zijn ook van belang voor de bouwsector. Volgens cijfers van de Europese Commissie¹ wordt ongeveer **de helft van alle gewonnen materialen**² en ongeveer één derde van het waterverbruik³ opgeslorpt door het bouwen en uitbaten van gebouwen. Hoewel er de laatste decennia enorme vooruitgang is geboekt met het energie-efficiënter maken van gebouwen, blijft de bouwsector veel energie verslinden⁴: gebouwen zijn goed voor 40% van de vraag naar energie in Europa en vertegenwoordigen 36% van de CO₂-uitstoot.

De bouwsector produceert ook ongeveer **één derde van al het afval**⁵. Volgens Brussel Leefmilieu vertegenwoordigt het bouw- en sloopafval bij benadering 645 000 ton per jaar in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. In België gaat het over meer dan 15 miljoen ton op jaarbasis.



Ondanks alle inspanningen om de milieuprestaties van gebouwen te verbeteren, blijft de bouwsector een grootverbruiker van grondstoffen en energie en een afvalproducent, in de verschillende levensfasen van een gebouw⁶ (Bron: Ellen Mc Arthur Foundation and Mc Kinsey)

Toch presteert België behoorlijk goed in vergelijking met andere landen, met meer dan 90% recyclage van het bouw- en sloopafval, onder andere dankzij de recyclage van de steenachtige fractie (metselwerk-, beton- en asfaltpuin).

De bouwsector biedt dus **een significant potentieel** om energiezuiniger te worden, minder grondstoffen te verbruiken en minder afval te produceren. Sommige evoluties verlopen snel en hebben nu reeds impact op de markt: woonruimtes worden gedeeld, kantoren worden gevirtualiseerd en gedeeld, hernieuwbare energie wordt decentraal opgewekt en verbruikt, enz. Andere ontwikkelingen zijn niet nieuw, maar vinden trager ingang, zoals modulariteit en slimme stadsplanning. Nog andere evoluties ontluiken nu pas, maar houden grote beloften in.

¹ COM (2014) 445, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2014:0445:FIN>

² COM (2011) 571, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52011DC0571>

³ COM (2007) 414, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A52010DC0228>

⁴ COM (2007) 860, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX%3A52007DC0860>

⁵ Study on "Management of CDW in the EU": http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/2011_CDW_Report.pdf

⁶ Ellen Mc Arthur Foundation et Mc Kinsey, https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf

Van lineair naar circulair

Sinds het begin van de industrialisatie steunt onze economie op een lineair model dat erin bestaat om grondstoffen uit de bodem te halen (of te oogsten), met deze grondstoffen materialen te maken die vervolgens tot componenten worden geassembleerd, die op hun beurt tot producten worden samengesteld. De producten worden vervolgens verkocht en gebruikt door een gebruiker (of consument), die er zich uiteindelijk weer van ontdoet. Onze huidige, zogeheten lineaire economie steunt dus op het model “Ontginning – Productie – Consumptie – Eliminatie”.

In contrast met dit lineaire model staat de circulaire economie. Dit economische en industriële systeem is erop gericht om de vervaardigde producten, alsook de onderdelen en materialen ervan zo lang mogelijk in circulatie te houden binnen het systeem en tegelijk te waken over de kwaliteit van het gebruik ervan. De circulaire economie wil dus **grondstoffen en producten blijven gebruiken door ze in een kringloop te houden**, door het behoud van bestaande producten aan te moedigen (door regelmatig en aangepast onderhoud, waardoor hun levensduur toeneemt), door producten te hergebruiken, door producten te herstellen door materialen te recycleren,

Net zoals bij de lineaire tegenhanger gaat dit economische model in elke fase van de waardeketen gepaard met energie- en grondstoffengebruik en met afvalproductie, maar deze zijn des te kleiner naarmate men erin slaagt om het gebruik van het product en de materialen waaruit het bestaat te behouden. Hoe korter de kringloop voor (her)gebruik van grondstoffen en producten, hoe beter het oorspronkelijk aangewende materiaal behouden blijft en hoe minder energie en nieuwe materialen vereist zijn voor de valorisatie. Onder deze voorwaarden is de circulaire economie een zaak voor iedereen, want het is een economie van reeds verwerkte grondstoffen, die bijgevolg het milieu ontziet en garanties biedt op sociale en territoriale cohesie.

Bij de circulaire economie gaat het dus niet alleen om het nuttig gebruik van grondstoffen, componenten en producten die hun levenseinde hebben bereikt, maar ook om de manier waarop deze producten worden ontworpen, vervaardigd en toegepast met het oog op hun gemakkelijk (her)gebruik aan het einde van hun leven, en dit met aandacht voor zowel het grondstoffengebruik als de benodigde energie.

De circulaire economie is dus een nieuw economisch model dat steunt op zowel **technologische ontwikkelingen** als op de interactie tussen **economische actoren**. De technische en technologische ontwikkelingen richten zich op de manier waarop producten, componenten en materialen worden ontworpen, geproduceerd en gebruikt om de kringloop mogelijk te maken. Anderzijds zijn er tussen de verschillende actoren, zowel binnen als tussen sectoren interacties nodig om een **lokale economische aanpak** te stimuleren en technische en technologische ontwikkelingen te doen ontstaan die verband houden met de circulaire economie. Deze interacties moeten de vorm van nieuwe economische modellen aannemen, bijvoorbeeld levensduurverlenging, de functionele economie of de deeleconomie. Deze modellen scheppen lokaal banen en bezorgen de actoren tegelijk toegevoegde waarde.

Voorliggend document richt zich op de optimalisatie van het gebruik van natuurlijke grondstoffen en menselijk kapitaal, maar de circulaire economie omvat ook andere grondstoffen, zoals energie en grondstoffen van natuurlijke herkomst.

Europees beleid en regionaal programma voor een circulaire economie

In 2008 werd de Europese richtlijn “[Waste Framework Directive](#)” (Afvalkaderrichtlijn) gepubliceerd om het afvalbeheer te omkaderen⁷. Deze richtlijn bepaalt de hiërarchie van de manieren om afval te verwerken (die ook bekendstaat als de ladder van Lansink) als volgt: preventie → hergebruik → recyclage → verbranding → storten. Deze richtlijn geeft algemeen de aanzet tot een circulaire economie, door afval zoveel mogelijk aan stortplaatsen te onttrekken en andere valorisatiemethodes te bevorderen.

Vervolgens keurde de Europese Commissie het “[Circular Economy Package](#)”⁸ goed om de Europese bedrijven en consumenten te helpen bij hun transitie naar een sterkere en meer circulaire economie, waarin natuurlijke rijkdommen op een duurzamere manier worden gebruikt. De voorgestelde acties zullen ertoe bijdragen om de kringloop van producten te sluiten, door ze beter te hergebruiken en te recyclen, op een manier die tegelijk voordelen voor het milieu en de economie inhoudt. De acties zijn erop gericht om maximale waarde uit grondstoffen, producten en afval te halen, waarbij voorrang wordt gegeven aan energiebesparingen en een lagere uitstoot van broeikasgassen. De voorstellen gaan over de volledige levenscyclus van producten: van productie en consumptie ervan, tot afvalbeheer en een markt voor secundaire grondstoffen. In deze visie wil de Europese Unie dus de stap zetten van afvalbeheer naar het beheer van natuurlijke rijkdommen⁹.

Het actieplan van de Europese Commissie bevat de volgende maatregelen voor de bouwsector:

- richtlijnen voor de beoordeling van gebouwen voorafgaand aan sloop (zgn. ‘pre-demolition audit’) uitwerken
- de invoering van een vrijwillige protocol voor de bouwsector voor het aanmoedigen van recyclage van bouw- en sloopafval voorzien
- kernindicatoren ontwikkelen om de milieuprestaties van gebouwen te evalueren tijdens hun volledige levenscyclus en stimuli voor het gebruik ervan opstellen.

De algemene ambities van de Europese Commissie inzake circulaire economie sijpelen sinds december 2015 stilaan overal door, maar bepaalde regio’s en landen hebben reeds voor een paradigmashift gekozen bij het opstellen van strategische ontwikkelingsprogramma’s. In Vlaanderen was dit onder andere het geval met het Vlaams Materialenprogramma¹⁰ en Visie 2050¹¹ en in Wallonië met het Plan Marshal 4.0¹².

In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest hebben drie ministers (economie en werkgelegenheid, huisvesting en milieu, openbare netheid en vuilnisophaling en -verwerking) de handen in elkaar geslagen voor het “[Gewestelijk programma voor circulaire economie](#)” (GPCE)¹³. De bouwsector, als strategische sector wegens zijn banenscheppend potentieel en zijn milieu-impact, neemt daarin een essentiële plaats in. Het programma stelt verscheidene acties voor om in de bouwsector innoverende en verdienstelijke praktijken voor circulair grondstoffengebruik te bevorderen: installatie van een

⁷ Richtlijn 2008/98/EG, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>

⁸ Europese Commissie, http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

⁹ COM (2015) 614, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1453384154337&uri=CELEX:52015DC0614>

¹⁰ OVAM, <http://www.vlaamsmaterialenprogramma.be/>

¹¹ Vlaanderen, <http://www.vlaanderen.be/nl/vlaamse-regering/visie-2050>

¹² Wallonië, Plan Marshall 4.0, <http://planmarshall.wallonie.be/mesures/inscrivez-vous-dans-l%C3%A9conomie-circulaire-et-de-la-fonctionnalit%C3%A9>

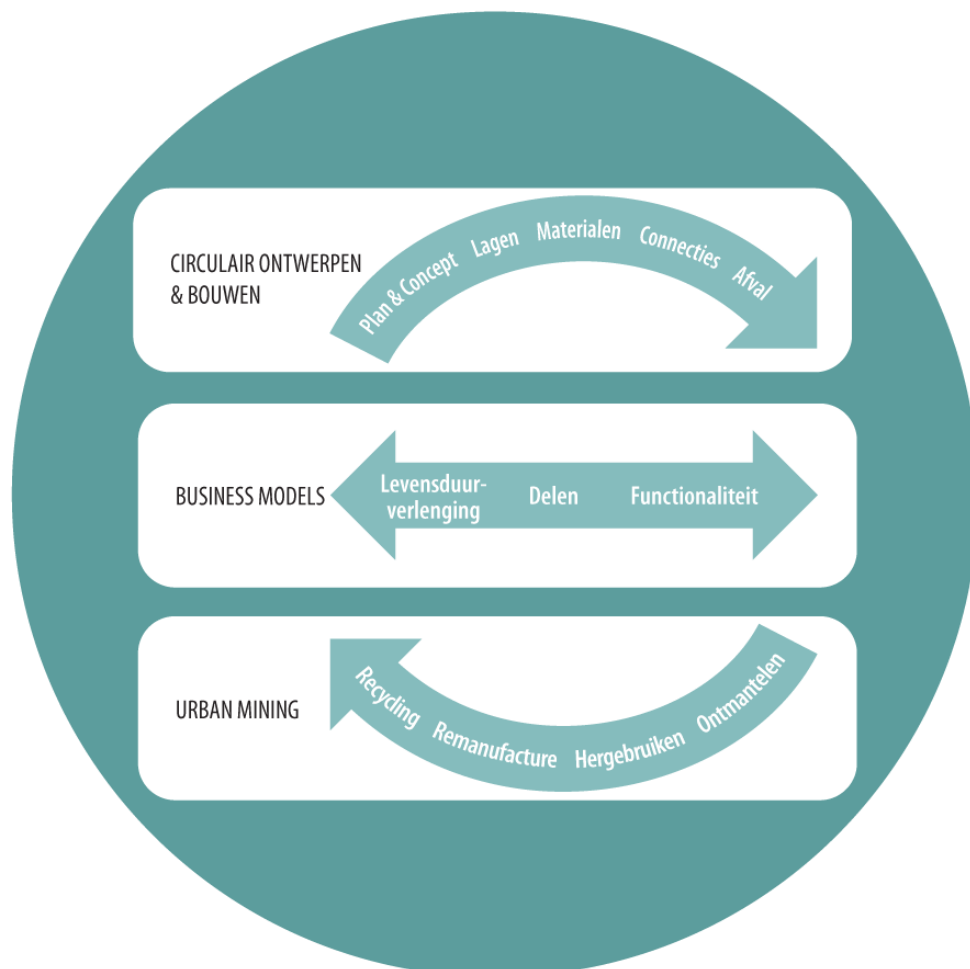
¹³ Leefmilieu Brussel, http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PROG_160308_PREC_DEF_NL

afvalobservatorium, steun voor initiatieven die het circulaire karakter van bouwmaterialen bevorderen, experimenten met proefprojecten inzake afvalbeheer, ontwikkeling van een markt voor het hergebruik van bouwmaterialen, opleiding van actoren voor circulair bouwen, enz..

Circulair bouwen: een technisch-economische benadering

Om de aanpak en de concrete thema's van de circulaire economie voor de bouw te structureren is deze Innovation Paper in drie grote delen opgedeeld, elk met verscheidene onderdelen:

- **Circulair ontwerpen en bouwen:** van ontwerp tot uitvoering
 - Ontwerpen voor aanpasbaarheid (plan & concept)
 - Ontwerpen in lagen (lagen)
 - Materialen kiezen (materialen)
 - Demontage en deconstructie voorzien (connecties)
 - Afval vermijden en grondstoffen maximaal benutten (afval)
- **Urban mining:** materialen gebruiken die al beschikbaar zijn in de bestaande gebouwenstock
 - Selectieve sloop en ontmanteling (deconstruct)
 - Hergebruik en voorbereiding voor hergebruik (reuse)
 - Herfabricage (remanufacture)
 - Recyclage (recycle)
- **Economische of verdienmodellen voor circulair bouwen:** nieuwe waardeketen en toegevoegde waarde voor de actoren creëren (business models)
 - Functionaliteit (functionality)
 - Delen (sharing)
 - Verlengen van de levensduur (levensduurverlenging)



1. Circulair ontwerpen en bouwen

« Begin with the end in mind. »

Stephen Covey (in *The 7 Habits of Highly Effective People*, Fireside, 1989)

Gebouwen zijn complexe assemblages van materialen. Tot nu toe worden ze ontworpen om gebouwd en gebruikt te worden, zonder er nauwelijks over na te denken hoe ze kunnen worden aangepast, heringericht of afgebroken aan het einde van hun leven.

Bijgevolg ontstaat er bij elke wijziging aan het gebouw en bij de afbraak veel afval. Dat afval wordt grotendeels gerecycleerd tot producten van lagere waarde (downcycling), in plaats van hergebruikt of in dezelfde kringloop te worden gebracht. Hierbij wordt dan nog abstractie gemaakt van de vele gebouwen die worden afgebroken vóór ze (of hun componenten) verouderd zijn, in de zin dat ze technisch of qua veiligheid niet langer de functie zouden vervullen waarvoor ze werden gebouwd.

Talrijke factoren bepalen waarom een gebouw in onbruik geraakt en sloop of grondige renovatie zich opdringt. Denk aan marktvraag, reglementeringen en prestatie-eisen, technologische veranderingen, functionele redundantie, architecturale kwaliteit of fysieke degradatie. Verscheidene studies tonen echter aan dat de architecturale kwaliteit en de kenmerken van het gebouw vaker voorkomen als reden voor waardeverlies dan de eigenlijke leeftijd van het gebouw¹⁴. De architecturale kwaliteit van het gebouw kan een belangrijke hefboom zijn om de vastgoedwaarde te behouden, terwijl omgekeerd een lage kwaliteit de aanpassingskosten verhoogt, waardoor het gebouw bijgevolg sneller in aanmerking komt voor renovatie of afbraak.

Gebouwen ontwerpen met het oog op een grotere flexibiliteit en aanpasbaarheid zou de waarde ervan op langere termijn in stand kunnen houden, omdat wordt vermeden dat ze functioneel voorbijgestreefd raken. Omgekeerd is het ook denkbaar dat gebouwen bewust voor een korte levensduur worden ontworpen, waarbij ze op zo'n manier uit elkaar kunnen worden gehaald dat de elementen ervan in nieuwe gebouwen te verwerken zijn.

Gebouwen die door hun ontwerp gemakkelijk opnieuw in te richten, te renoveren of te demonteren zijn, doen de vraag naar grondstoffen en de afvalproductie dalen. De beste manier om een gebouw te ontwerpen dat demonteerbaar en herbruikbaar is, bestaat erin om vanaf het begin de vraag te stellen wat er met het gebouw of zijn componenten moet gebeuren aan het einde van de levenscyclus.

Verscheidene ontwerpprincipes en bouwprocessen die in dit hoofdstuk besproken worden, kunnen worden toegepast om nieuwe gebouwen op te trekken of bestaande te vernieuwen, zodat de hoeveelheid afval vermindert, de levensduur van het gebouw toeneemt en de materialen aan het einde van de levensduur kunnen worden gerecupereerd:

- Een gebouw zo ontwerpen dat het aanpasbaar is, betekent dat het gebouw langer bruikbaar blijft, door vanaf het begin te voorzien hoe het gebouw in zijn structuur, systemen en ruimte-indeling kan worden aangepast aan andere toepassingen of functies, alsook aan de evolutie van de behoeften van de gebruikers ervan.

¹⁴ Baum et McElhinney, <http://www.reading.ac.uk/LM/LM/fulltxt/0700.pdf>

- Door in onafhankelijke lagen te bouwen erkent men dat de talrijke elementen waaruit een gebouw bestaat een verschillende levensduur hebben. Doordat deze elementen onafhankelijk van elkaar worden gemaakt, kan één laag kan worden “losgemaakt” en vervangen of gerecupereerd zonder een aangrenzende laag te beschadigen.
- Door reeds bij het ontwerp demontage (omgekeerde bouw) te voorzien, kunnen de componenten of het hele gebouw aan het einde worden hergebruikt. Men dient dergelijke gebouwen te beschouwen als toekomstige materialenbanken, en de materialen dus ook als dusdanig met elkaar te verbinden.
- Bij de keuze van materialen moet men erover waken dat deze opnieuw in de biosfeer terecht kunnen komen of door recyclage en hergebruik in technische kringlopen behouden blijven. Criteria bij de materialeselectie zijn onder andere een lage milieu-impact en een grote materiaalefficiëntie.

1.1. Aanpasbaarheid in de tijd van gebouwen

1.1.1. Beschrijving

Een gebouw is **aanpasbaar** als het gemakkelijk kan worden gewijzigd qua ontwerp, bouw, gebruik en onderhoud, zodat het beantwoordt aan nieuwe **behoeften en wensen** van gebruikers, terwijl het de mogelijkheid biedt om de componenten en materialen aan het einde van de levenscyclus te **hergebruiken en te recyclen**.

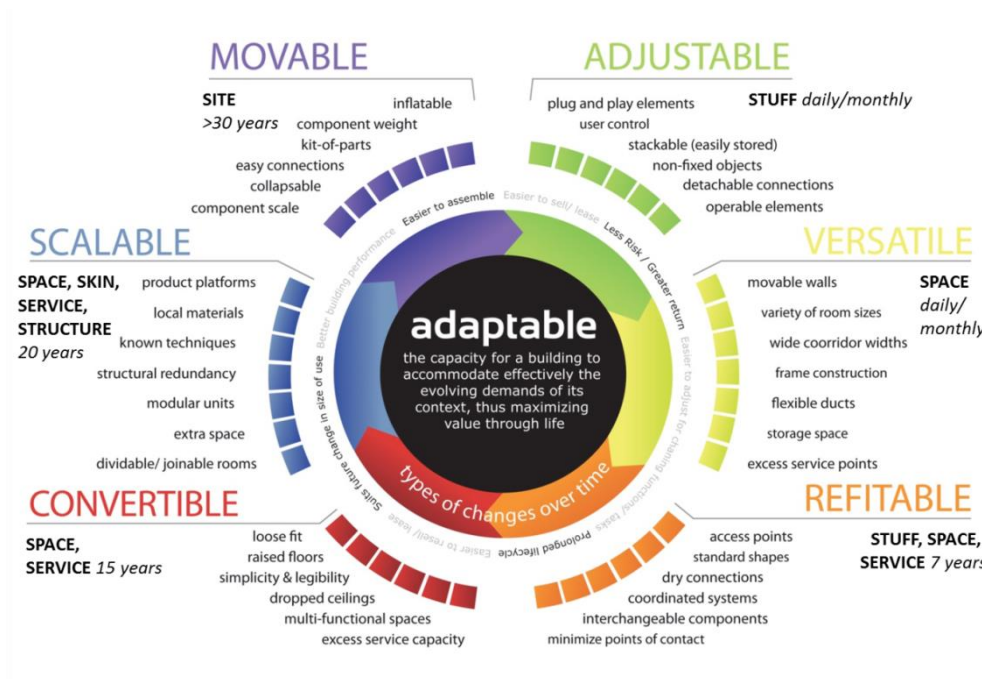
Het spreekt voor zich dat over een periode van 50 of zelfs 100 jaar de eisen die aan een gebouw worden gesteld, kunnen veranderen. In een woongebouw bijvoorbeeld worden de bewoners ouder of evolueert hun gezinssamenstelling. Dit vergt specifieke ruimtelijke aanpassingen, onder andere aan de toegangen. Bij niet-residentiële gebouwen zou het om een wijziging van de functie van het gebouw kunnen gaan. De hieronder besproken principes zijn dan ook niet systematisch op elk type gebouw van toepassing. Alles hangt af van de aanpassingsscenario's (veroudering, functieverandering, enz.) die in de ontwerpfase bepaald zijn.

Voor een zo groot mogelijk aanpasbaarheidspotentieel moeten de diverse componenten van het gebouw ontworpen worden rekening houdend met volgende aandachtspunten:

- Funderingen
 - Funderingen voorzien die een verticale uitbreiding van het gebouw mogelijk maken.
 - Voegen voorzien om differentiële zettingen door overbelasting op te vangen.
- Structuur
 - Kiezen voor een flexibele structuur (bijvoorbeeld met balken en kolommen), waardoor binnen- of buitenelementen kunnen worden vervangen zonder de structurele integriteit van het gebouw aan te tasten.
 - Ontwerpen met een dragende centrale kern. Hierdoor zijn lokale wijzigingen aan de structuur mogelijk, terwijl de volledige structurele integriteit behouden blijft.
 - De onderste drie verdiepingen ontwerpen voor een hoge/verhoogde nuttige last. Door deze hogere capaciteit kan het gebouw gemakkelijk alle mogelijke transformaties ondergaan zonder grote structurele wijzigingen.
 - Voldoende hoogte van de verdiepingen om variatie in het gebruik mogelijk te maken.
 - Een vloersysteem kiezen dat verscheidene programma's voor distributie (leidingen & kanalen) mogelijk maakt.
- Bouwschil
 - De bouwschil van het gebouw onafhankelijk van de structuur maken (onder andere bij een structuur met vrije indeling).
 - Toegang tot de componenten van de bouwschil voorzien, zowel langs buiten als aan de binnenzijde van het gebouw.
 - Een polyvalente bouwschil ontwerpen die zich kan aanpassen aan de wijzigingen van de ruimte-indeling binnenin het gebouw (bijvoorbeeld modulaire gevelelementen gebruiken, waarin doorzichtige en ondoorzichtige elementen kunnen worden omgewisseld).

- HVAC-systemen
 - Indien mogelijk voorrang geven aan een hybride HVAC-systeem¹⁵, met een evenwicht tussen centrale en decentrale elementen, met eenvoudige upgrademogelijkheden.
- Binnenruimte
 - Ruimten zo ontwerpen, dat ze soepel kunnen worden aangepast.
 - Voorzien in multifunctionele ruimten.
 - Een ruimte-indeling ontwerpen met demonteerbare, herbruikbare en recycleerbare elementen.
 - Grotere ruimtelijke afmetingen (oppervlakte en hoogte) bieden dan de minimale vereisten.
 - De ruimte ontwerpen volgens een vrije plattegrond.

De onderstaande figuur geeft een overzicht van de hierboven vermelde aanpasbaarheidsstrategieën die mogelijk zijn in de verschillende fasen van de levenscyclus en op de diverse lagen van een gebouw.



(bron : Adaptable Future, Loughborough University, <http://adaptablefutures.com/>)

¹⁵ Een gecentraliseerd systeem kan bepaalde soorten wijzigingen vereenvoudigen, zoals upgrades en conversies. Een decentraal systeem kan wijzigingen in het primair gebruik binnen een gebouw of de uitbreiding van het gebouw vergemakkelijken.

1.1.2. Voorbeelden en best practices

VAN VOLXEM¹⁶ – Art & Build (aannemer: CIT Blaton) (Brussel, België, 2008)

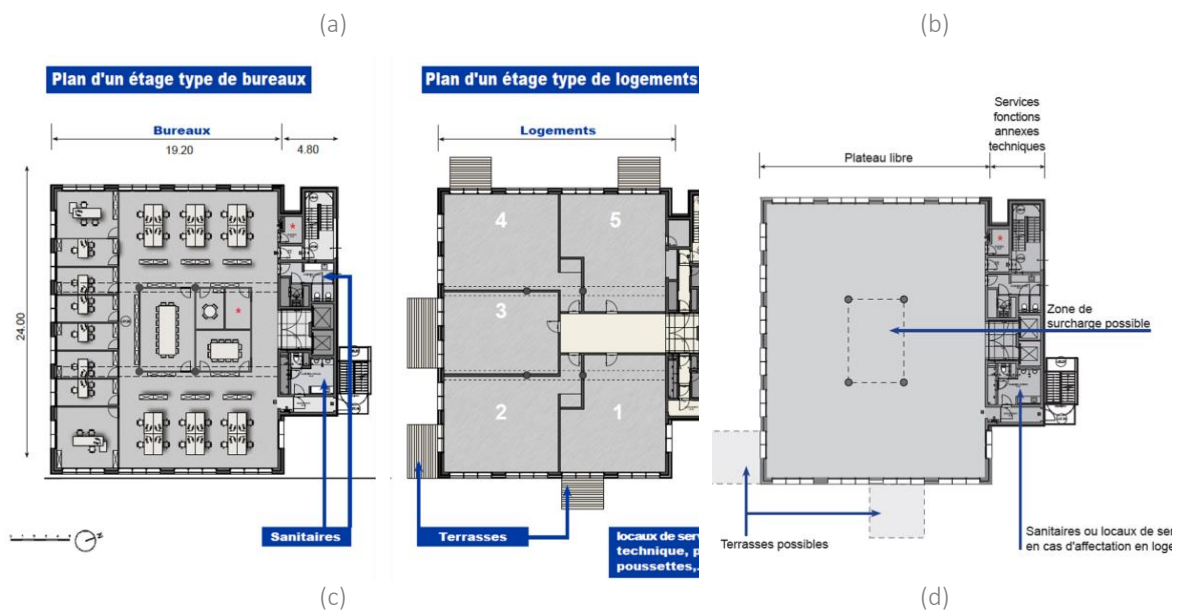
Idee

Aanpassingen en flexibiliteit reeds in de ontwerpfase van het project integreren om het gebouw de capaciteit te geven ooit van functie te veranderen. Het gebouw is momenteel bestemd voor kantoren, maar ontworpen om ooit tot een woongebouw te worden aangepast.

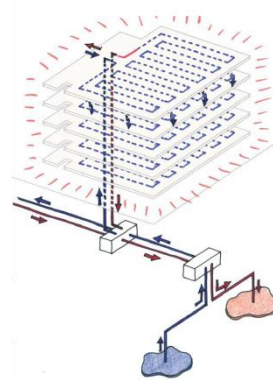
Ontwerp / uitvoering

Om het idee uit te voeren, besteedden de architecten, studiebureaus en de aannemer bijzondere aandacht aan de inrichting van:

- Terras-steunpunten voor later eventueel te bouwen terrassen (afbeelding (a) en (b) hieronder)
- Sanitair en dienstlokalen voorzien voor wijziging naar woningen (afbeelding (a) hieronder)
- Mogelijke drukopvangzone in de kern van het gebouw (afbeelding (b) hieronder)
- Grote plafondhoogte (3,3 m)
- Technische vloer voor speciale technieken
- Ramen tot op de vloer voor toegang tot toekomstige terrassen
- Verwarmingssysteem compatibel met scheidingswanden voor kantoren of woningen (afbeelding (d) hieronder)



¹⁶ Art and Build Architect, <http://www.artbuild.eu/projects/environment/van-volxem-development-mixed-use-project>



(bron : Art & Build, Bruxelles Environnement, formation bâtiment durable)

Opmerkingen

Een dergelijk project vergt een hogere initiële investering dan een traditioneel kantoorgebouw. Ondanks deze investering bestaat het risico in dat het gebouw nooit of slechts gedeeltelijk voor andere toepassingen zal worden aangepast. Daarbij kan men tevens de vraag stellen of de nuttige informatie nog beschikbaar zal zijn wanneer het gebouw wordt aangepast.

ZIEKENHUIS MARTINI¹⁷ – SEED Architects (aannemer VOF Jorritsma / Van Eesteren) (Groningen, Nederland – 2008)

Idee

Een volledig modulaair, flexibel en demonteerbaar gebouw ontwerpen, zodat het gebouw, dat oorspronkelijk als ziekenhuis was bedoeld, later een kantoor- of woongebouw kan worden en omgekeerd.

Ontwerp / uitvoering

Het ontwerp van het gebouw omvat de standaardisering van het skelet van het gebouw, dat bestaat uit uniforme bouwblokken. De gevelpanelen, de wanden en de meeste systemen zijn volledig geprefabriceerd. Uitbreidingen van 2,4 x 7,2 m kunnen aan de buitenzijde worden toegevoegd om de oppervlakte van het gebouw met 10% te vergroten (afbeeldingen (a), (b) en (c) hieronder). De scheidingswanden van de ruimtes zijn volledig demonteerbaar. Ze zijn geconfigureerd op een module van 30 cm en maken het mogelijk om de ruimtes te herconfigureren of voor andere toepassingen om te vormen. De technische plafonds en vloerbedekkingen werden gekozen om latere aanpassingen mogelijk te maken.

De technische leidingen en kabels kunnen in de wanden worden ingewerkt, zodat later elke vereiste combinatie en opstelling mogelijk zijn (afbeelding (d) hieronder). Er werd veel aandacht besteed aan de kleuren in het gebouw. Alle muren hebben (47) verschillende kleuren, zodat er in de verschillende ruimtes een andere sfeer kan worden opgeroepen (afbeelding (e) hieronder).

Al het meubilair is modulaair en verwisselbaar. Net zoals de technische elementen die in de basismodules verwerkt zijn, wegneembaar zijn, kan een functiewijziging worden doorgevoerd zonder wat dan ook stuk te maken.

¹⁷ SEED Architects, [http://www.seedarchitects.nl/page=site.home/lang=en#page-index\(4\)](http://www.seedarchitects.nl/page=site.home/lang=en#page-index(4))



(bron : SEED Architects)

Opmerkingen

Aan dergelijke herinrichtingen hangt een prijskaartje en tijdens de werken wordt het gebruik van het gebouw verstoord. Het zou dus interessant zijn om te weten hoeveel dergelijke uitbreidingen of aanpassingen over de levensduur van het gebouw gepland zijn en wat de stimulansen ervoor zijn.

1.2. Lagen van elkaar scheiden

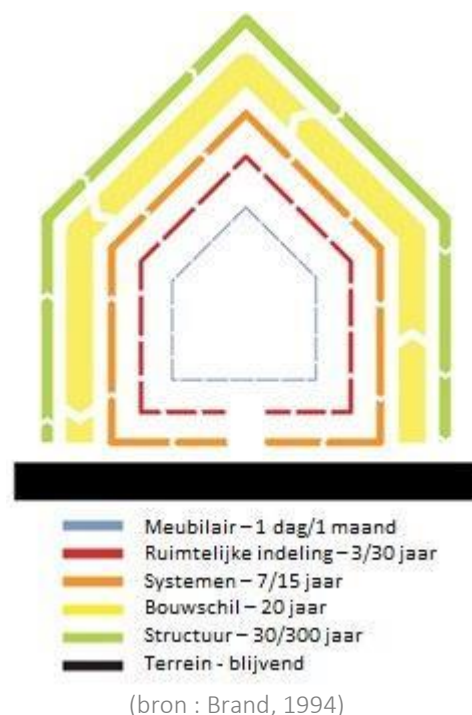
1.2.1. Beschrijving

Bouwelementen samenbrengen in **fysiek van elkaar gescheiden lagen** is een essentieel ontwerpcriterium voor een dynamisch gebouw. Producten of componenten kunnen dan immers binnen de levenscyclus van een gebouw worden aangewend zonder het hele gebouw te moeten wijzigen. Een dergelijke opbouw zorgt ervoor dat de prestaties van elke functionele laag **compatibel zijn met de evolutie van de behoefte** tijdens de levenscyclus van gebouwen.

Functionele lagen onderscheiden zich van elkaar door hun verschillende technische levensduur. De verschillen in levensduur kunnen groot zijn, van honderd jaar tot enkele maanden. Gebouwen opgetrokken uit duurzame materialen zoals natuur- of baksteen kunnen honderden jaren standhouden. Daarentegen kunnen componenten die binnen gebouwen worden geïnstalleerd snel verouderd zijn als zij niet langer aan de verwachtingen van de nieuwe bewoners beantwoorden. Het is dus essentieel om gebouwen zo te ontwerpen, dat er een duidelijk onderscheid kan gemaakt worden tussen elementen die normaal gesproken een lange levensduur hebben en elementen die waarschijnlijk (veel) minder lang zullen meegaan. Een voorbeeld: als elektriciteitskabels in muren of achter afwerkingen worden geïnstalleerd, dan ontstaat er afval wanneer ze moeten worden vervangen of verwijderd.

Men kan in een gebouw bijgevolg meerdere functionele lagen definiëren die zelf weer uit elementen bestaan en die zich van elkaar onderscheiden door hun verschillende (technische, functionele en economische) levensduur:

- *Meubilair*: meubels, inrichting en uitrusting zijn de objecten met de kortste levensduur van een gebouw.
- *Ruimtelijke indeling*: scheidingswanden, vloerbedekking, plafondbekleding en ruimtelijke afwerking hebben een relatief korte levensduur.
- *Systemen*: deze laag bestaat uit alle netwerken voor ventilatie, verwarming en sanitair water.
- De *bouwschil* bestaat uit gevelelementen en buitenoppervlakken zoals het dak. Om het gebouw achteraf te kunnen aanpassen is het onder andere wenselijk dat de gevel losstaat van de structuur.
- De *structuur* is de dragende laag van het gebouw. Ze omvat de dragende structuurelementen (balken, betonplaten, kolommen, enz.) en de funderingen. De structuur is de laag die potentieel de langste levensduur heeft in het gebouw, maar het is tegelijk de meest beperkende factor voor de aanpassing van het gebouw en de laag die potentieel het meeste afval oplevert.
- Het *terrein*, dat overeenstemt met de geografische locatie, is in principe permanent.



Om ervoor te zorgen dat het gebouw aanpasbaar is doorheen zijn levensloop, moeten vanaf de ontwerpfase enkele fundamentele principes worden toegepast bij het **identificeren en scheiden van de lagen**:

- *Onafhankelijkheidsprincipe*: de elementen zo integreren dat bepaalde delen kunnen worden weggenomen of aangepast zonder de prestaties van de ermee verband houdende elementen of lagen te beïnvloeden. De interface tussen technische installaties zou het ook mogelijk moeten maken om één installatie door een ander te vervangen dat dezelfde prestatiekenmerken vertoont, zonder daarom de volledige afwerking te moeten vervangen.
- *Update-principe*: systemen of componenten kiezen om te anticiperen op of mogelijkheden te bieden voor een verbetering of wijziging van de eisen die aan het gebouw worden gesteld (bv. extra isolatie, bv. beter verwarmingssysteem).
- *Compatibiliteitsprincipe*: geen elementen met een korte levensduur inkapselen in of sterk verbinden met elementen met een langere levensduur. Maximaal duurzame materialen gebruiken op plaatsen waarvoor een lange levensduur wenselijk is.
- *Registratieprincipe*: ervoor zorgen dat informatie over de elementen en componenten van het gebouw beschikbaar en duidelijk is (onder andere via een 'as built' dossier) voor toekomstig gebruik.
- *Principe van droge verbindingen*: vermijden om bouwproducten te gebruiken die elementen aan elkaar vasthechten of die zich aan het gebouw hechten, zoals gegoten beton, dekvloeren, stucwerk, kits, polyurethaansprays, enz.
- *Principe van modulaire en gestandaardiseerde afmetingen*: modulaire elementen die op gestandaardiseerde manier ontworpen zijn, zodat ze onderling verwisselbaar zijn en ruimtelijk gemakkelijk herin te richten.

Rekening houden met de verschillende levensduur van de lagen kan **voordelen bieden in de verschillende levensfasen van het gebouw**:

- Bij het bouwen kan dit principe helpen om de opeenvolging van de taken te bepalen en het bouwproces algemeen op te volgen (na de structuur volgt de bouwschil en vervolgens de binneninrichting, enz.).
- Tijdens de gebruiksfase kan de duidelijke scheiding van de componenten op basis van hun geraamde levensduur helpen om de kortlevende componenten toegankelijk te maken voor onderhoud of eventuele vervanging.
- Tijdens de renovatie- of vervangingsfase helpt de mogelijkheid om één laag te verwijderen en door een andere te vervangen om ervoor te zorgen dat de andere lagen niet beschadigd geraken.

1.2.2. Voorbeelden en best practices

SMART PRICE HOUSE¹⁸ – BeL Sozietät für Architektur¹⁹ (Hamburg, Duitsland – 2013)

Idee

Een gebouw ontwerpen en uitvoeren waarvoor alleen de lagen ‘structuur’, ‘verticale circulatie’ en ‘plaats voor de technieken’ worden opgeleverd.

Uitvoering

De dragende structuur, de verticale circulatie en de technische leidingen worden opgeleverd tijdens de eerste bouwfase en ter beschikking gesteld van de nieuwe bewoners. Deze laatsten vullen de ruimtelijke indeling zelf vrij in.

Het project bestaat in een gebouw van verscheidene verdiepingen waarvoor een skelet de basis vormt (afbeelding (c) hieronder), zonder binnenisolatie van de vloeren en plafonds, met een vrije hoogte onder het plafond van 3,2 m.

De verticale circulatie met lift en trappenhuis werd centraal in het gebouw geplaatst (afbeelding (d) hieronder) om de oppervlakteverliezen te beperken en toegang tot een maximaal aantal appartementen te bieden.

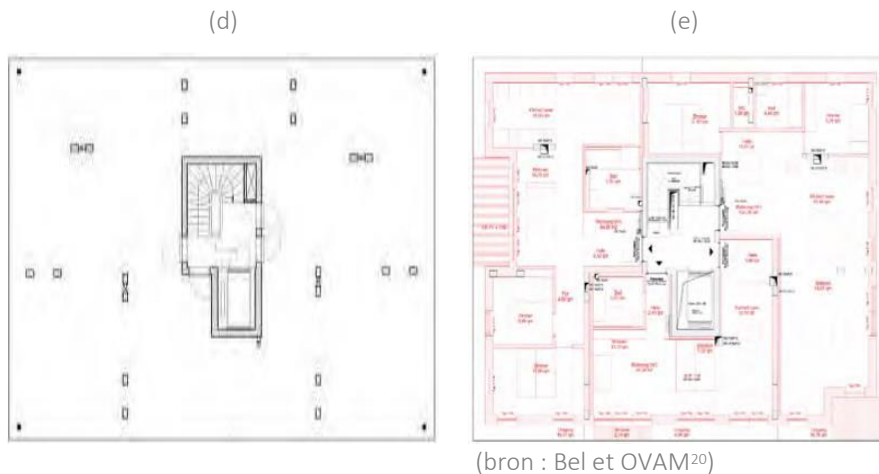
De organisatie van de plattegronden staat los van de draagstructuur en van de aangrenzende verdiepingen (afbeelding (b) hieronder). Alle versies van het standaard-verdiepingenplan vullen verschillende woonbehoeften in (aantal personen, levensstijl, enz.) en maken functiewijzigingen na verloop van tijd mogelijk (een gezin dat uitbreidt, mensen die ouder worden, andere gebruikers). Alle vertrekken zijn onderling verbonden (beperkte horizontale circulatie).

De technische installatie werden per kavel per verdieping gecentraliseerd, zodat de bewoners altijd een aansluiting op de sanitaire leidingen kunnen krijgen waar zij dat willen. Beide badkamers en keukens kunnen met de centrale technische kern worden verbonden. De technische schachten bevinden zich op vijf strategische punten langs de structurele kolommen in het verdiepingsvlak en onderaan de liftkoker (afbeeldingen (d) en (e) hieronder).



¹⁸ BeL, http://www.bel.cx/cx_Projektseiten/projects.html et OVAM, http://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/TWOL%20Dynamisch%20Bouwen_%20EINDRAPPORT_finale%20versie_OVAM1_LR.pdf

¹⁹ BeL, <http://www.bel.cx/>



Opmerkingen

Hoewel aan de zelfbouwers werd gevraagd om hun bouwinspanningen door gekwalificeerd personeel te laten valideren, roept dit voorbeeld toch de vraag op naar de verantwoordelijkheid van de actoren voor het aanbrengen van de bouwelementen, zowel tijdens de uitvoering (veiligheid) als achteraf (aansprakelijkheid).

GEMEENTEHUIS VAN BRUMMEN²¹ – RAU Architecten (Aannemer BAM) (Brummen, Nederland – 2013)

Idee

Bij het ontwerpen en optrekken van een gebouw de lagen scheiden met het oog op demonteerbaarheid.

Uitvoering

Er werd een materialenpaspoort opgemaakt om nauwgezet te documenteren welke materialen in het gebouw verwerkt zijn. Het paspoort vermeldt de fabrikant of oorspronkelijke eigenaar. Er werd al in de ontwerpfase een ideale combinatie van bouwmaterialen gemaakt. Ze zijn gemakkelijk na twintig jaar te demonteren en te hergebruiken. Natte verbindingen zijn in dit gebouw vermeden.

De hoofdstructuur in hout is ontworpen met het oog op hergebruik, met herbruikbare houten secties (afbeeldingen (b) en (c) hieronder). De structuur is gebaseerd op een vast stramien dat in de houtbouw vaak voorkomt. Wat de bouwschil betreft: het gevelsysteem en het dak in glas (in de fabriek voorgemonteerd), kunnen worden gedemonteerd voor hergebruik (afbeeldingen (b) en (c) hieronder). Het bestaande meubilair werd zoveel mogelijk hergebruikt. De chromen poten van het bestaande meubilair van het oude gemeentehuis werden gerecupereerd om er nieuwe tafels mee te maken.

Bij het ontwerpen van het gebouw werd er rekening mee gehouden dat er in de toekomst misschien minder mensen zullen werken en dat het gebouw na 20 jaar demontebaar moet zijn. Daarom hebben de architecten en de aannemer gekozen voor herbruikbare materialen die in principe na 20 jaar door de leveranciers worden teruggenomen (volgens Turntoo²²).

²⁰ OVAM, http://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/TWOL%20Dynamisch%20Bouwen_%20EINDRAPPORT_finale%20versie_OVAM1_LR.pdf

²¹ RAU Architecten, <http://www.rau.eu/portfolio/gemeentehuis-brummen/>

²² Turntoo, <http://turntoo.com/>



Opmerkingen

Het risico bij een dergelijke bouwwijze is dat de actoren die betrokken zijn bij de bouwfase (en meer bepaald de materialenleveranciers) niet meer bestaan wanneer het gebouw wordt gedemonteerd. De elementen die oorspronkelijk waren voorzien om te worden gerecupereerd en hergebruikt, zullen dan andere wegen volgen, zoals recyclage of verbranding.

Er bestaan verschillende voorbeelden van dergelijke gebouwen die oorspronkelijk werden gebouwd om te worden gedemonteerd en hergebruikt en die uiteindelijk worden vernietigd, omdat de oorspronkelijk bedachte terugvoerkanalen niet meer bestaan.

Specifiek voor voorliggend project kon niet alle technische informatie over de gebruikte componenten en het bouwproces worden achterhaald. Het is dus moeilijk om na te gaan hoe de elementen werden verwerkt (omkeerbare verbindingen) of welke risico's sommige elementen inhouden (stabiliteit, vocht, enz.).

CABLE STUD²³ – Gyproc

Idee

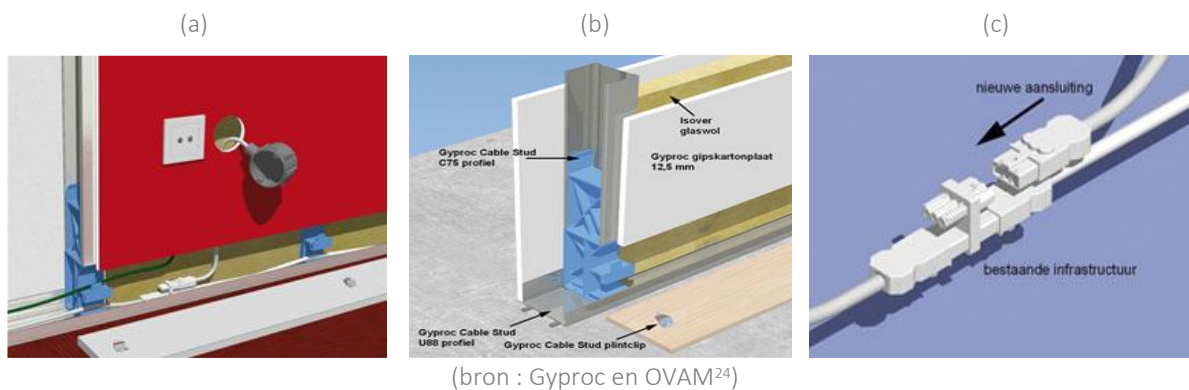
Permanent toegankelijke elektriciteitsinstallatie in een wand

Uitvoering

Een ruimte indelen met scheidingswanden door middel van droge en demonteerbare bouwsystemen is een alternatief voor metselwerkmuren. Deze wanden kunnen diverse technische en functionele prestaties leveren, wegens het grote aantal mogelijke combinaties aangaande de plaatsing, het structurele kader en de isolatielaag.

Een scheidings- of voorzetwandoplossing als Gyproc Cable Stud (afbeelding (a) hieronder) toont de mogelijkheden van een continue scheiding van de technische functies in muren. Bij dit systeem bevinden de demonteerbare technische kabelleidingen zich in de muurplint (afbeeldingen (a) en (b) hieronder).

²³ Gyproc, <http://www.gyproccablestud.nl/>



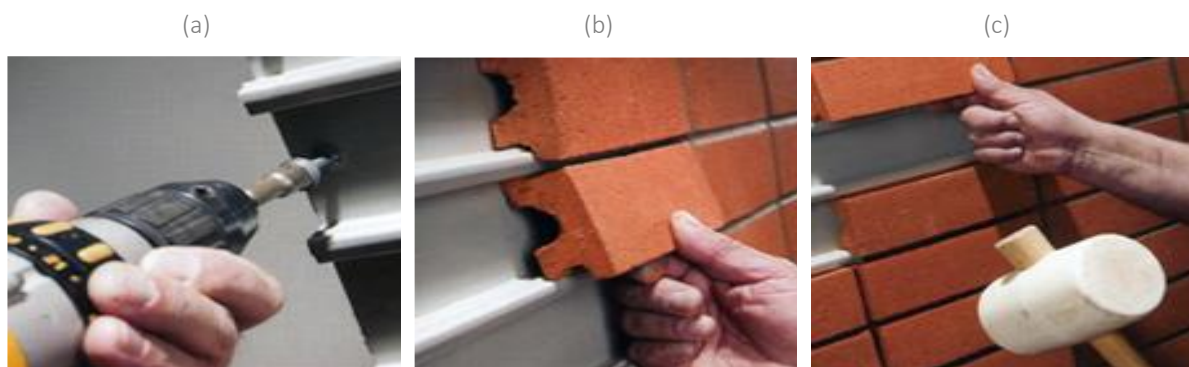
DEMONTEERBAAR GEVELSYSTEEM²⁵ – Corium

Idee

Een volledig demonteerbare gevel ontwerpen die losstaat van de structuur, op basis van modulaire elementen in baksteen.

Uitvoering

Sommige gevelbekledingen vertonen de kenmerken van een gevelopbouw in individuele lagen. Een geventileerde gevel is hiervan een goed voorbeeld. Bij een geventileerde gevel wordt een stalen of houten structuur gemonteerd. Hierop wordt, vóór de dragende gevelmuur, een bekleding aangebracht. Het Corium-systeem is een dergelijke oplossing. Bij dit systeem worden traditionele gemetselde bakstenen vervangen door droog gemonteerde bakstenen, die op een plaatstalen profiel worden gemonteerd (afbeelding (a) hieronder). De bakstenen worden in het metalen profiel “geklikt” (afbeeldingen (b) en (c) hieronder). In tegenstelling tot traditioneel gevelmetselwerk, kan een stalen montageplaat indien nodig van de buitengevellaag worden afgenomen, om bepaalde aanpassingen door te voeren of volledig gedemonteerd te worden. Daarna kunnen de elementen van het systeem worden gesorteerd en selectief verwerkt voor de volgende cyclus.



Opmerkingen

Inzake scheiding van de bouwlagen is dit een innoverend idee, maar het zou interessant zijn om de milieu-impact van een dergelijk systeem te berekenen en te vergelijken met een meer klassiek, gelijkwaardig gevelbekledingssysteem.

²⁴ OVAM, http://www.ovam.be/sites/default/files/FILE1375792665548ovor130806GANDHI_Eindrapport_OPLEVERING.pdf

²⁵ Corium, <http://www.corium-us.com/index.htm>

²⁶ OVAM, http://www.ovam.be/sites/default/files/FILE1375792665548ovor130806GANDHI_Eindrapport_OPLEVERING.pdf

1.3. Materiaalkeuze

1.3.1. Beschrijving

Bij de keuze van bouwmaterialen dient men met vele aspecten rekening te houden: hun technische kwaliteit, hun esthetiek en uitzicht, hun milieu-impact, maar ook het comfort, de toegankelijkheid, enz. In de logica van de circulaire economie komt hier nog een overweging bij: **het levenseinde van het materiaal** en bijgevolg ook de manier waarop het materiaal opnieuw in de productiecycli kan terechtkomen en opnieuw kan gebruikt worden.

Bij het selecteren van materialen en hun levensloop zijn **op verscheidene momenten van het bouwproces verscheidene actoren** betrokken.

➤ **Eco-design van producten** (*verantwoordelijkheid van de producent*)

Om reeds vanaf het productieproces rekening te houden met het circulaire karakter van materialen, moeten de producenten scenario's voor het mogelijke levenseinde van hun materialen voor ogen houden. Deze scenario's kunnen aanleiding geven tot het ontstaan van nieuwe business modellen (zie verder), die het inzamelen en misschien zelfs het behoud van de eigenschappen van de materialen door de producent en recycling ervan in een gesloten circuit stimuleren.

Bij het produceren van de materialen zou men voorrang kunnen geven aan **lokale of hernieuwbare grondstoffen met een zo laag mogelijke impact op de gezondheid**. Zo mogen bij de productie van deze materialen geen vervuilende stoffen worden gebruikt (men kan er bijvoorbeeld streven om het sulfaat-gebruik bij cellenbeton te vermijden, of CFK's weren bij synthetische isolatieproducten). Deze stoffen maken de valorisatie van materialen bij hun levenseinde immers moeilijk of onmogelijk. Bovendien moeten fabrikanten van composietbouwproducten deze producten zo ontwikkelen dat de **componenten** ervan **scheidbaar** zijn, om achteraf verwerking mogelijk te maken.

Een van de principes van de circulaire economie bestaat erin dat men een onderscheid maakt tussen "biologische" materialen (ook nutriënten genoemd) en "technische" materialen. Biologische materialen, zoals (zuiver) hout of materialen van biologische oorsprong, worden zonder vervuilende of toxische stoffen tot producten verwerkt, zodat zij aan het einde van hun levenscyclus naar de biosfeer kunnen terugkeren door biologische afbraak of compostering. Technische materialen, zoals metaal of kunststof, moeten maximaal in industriële cycli behouden blijven. Reeds bij het ontwerpen dient men zich af te vragen hoe deze materialen later zullen worden gerecupereerd, hergeproduceerd of gerecycled, zodat hun economische waarde niet verloren gaat.

Men dient de materialen waaruit de bouwelementen bestaan zorgvuldig zo te selecteren, dat zij qua levensduur passen bij de **geraamde levensduur van de laag** waarvan ze deel zullen uitmaken. Lagen met een vrij korte verwachte levensduur kunnen bestaan uit biologische materialen, terwijl lagen met een langere levensduur, zoals de structuur, bij voorkeur uit meer duurzame, robuuste technische materialen bestaan, zodat ze behouden kunnen blijven, gerenoveerd of gedemonteerd.

Voor bepaalde toepassingen kunnen nieuwe materialen vervangen worden door **tweedehandsmaterialen** of materialen die uit een bepaald percentage **gerecycleerd materiaal** bestaan, met dezelfde technische, functionele, gezondheids- en esthetische eigenschappen als een gelijkwaardig nieuw materiaal.

➤ **Keuze gebaseerd op de milieu-impact en EPD's** *(verantwoordelijkheid van de ontwerper & aannemer)*

Als ontwerpers en aannemers producten kiezen, zouden zij moeten rekening houden met de milieu-impact van de producten in een gebouw. Door [milieuverklaringen voor producten \(Environmental Product Declaration of EPD\)](#) te vergelijken, zouden zij producten moeten kiezen met identieke prestatiekenmerken, maar de laagste milieu-impact. Deze EPD's worden meer en meer beschikbaar, onder meer door het bestaan van de federale EPD-database²⁷.

➤ **Beschikbaarheid en overdracht van informatie aan het einde van de levenscyclus** *(verantwoordelijkheid van de bouwheer en de sloper)*

Materialen kunnen aan het einde van hun levenscyclus slechts worden gevaloriseerd – naast het feit dat ze ontmantelbaar moeten zijn – als het bedrijf dat ze demonteert toegang heeft tot alle informatie die optimale valorisatie van de materialen mogelijk maakt. Deze informatie moet toegankelijk blijven tot aan het einde van de levenscyclus van de bouwelementen, bv. via voldoende vakkennis, of via “[materiaalpaspoorten](#)”. Bij elke component en elk materiaal zou dus een (fysiek of virtueel) document moeten horen met alle nuttige informatie. Dit document dient tijdens de hele levenscyclus van het bouwelementen in kwestie te worden geüpdatet. De informatie in dit paspoort moet betrekking hebben op:

- technische en milieu-aspecten: samenstelling, lokalisatie, productie, hygro-thermisch-fysieke eigenschappen, milieu-impact, enz.,
- de opvolging van het onderhoud ervan: updaten, onderhoud, vernieuwing, gewijzigde bestemming, enz. en
- de verwerking bij het levenseinde: mogelijkheden voor hergebruik, recyclage, verbranden of storten. Dit materiaalpaspoort kan dus een betere valorisatie van het materiaal mogelijk maken.

Conclusie

Het integreren van circulair denken bij de keuze van bouwelementen (materialen, componenten en producten) bestaat dus uit:

- Gebruik maken van zuivere materialen, zonder toxische stoffen, die hernieuwbaar en in de toekomst herbruikbaar zijn.
- Keuze van materialen met een minimale milieu-impact, op basis van hun EPD's.
- Selectie van geschikte materialen voor de levensduur van een element dat in de laag verwerkt wordt.
- Ervoor zorgen dat het element bij het levenseinde kan worden uit elkaar genomen en de materialen gevaloriseerd (eco-design).
- De mogelijkheid evalueren om tweedehands of gerecycleerde elementen te gebruiken.
- Alle informatie over de verwerkte elementen bewaren en behouden (via BIM-software, materiaalpaspoort, enz.).

²⁷ Federale Overheidsdienst – Volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en leefmilieu, <http://www.health.belgium.be/fr/base-de-donnees-pour-declarations-environnementales-de-produits-epd>

1.3.2. Voorbeelden en best practices

THE BIOLOGICAL HOUSE – EEN TIL EEN, GXN (Middelfart, Denemarken – 2016)

Idee

Een woning bouwen door residu's van de voedselmiddelenindustrie te recyclen, met andere woorden: materialen die tot nu toe als "afval" worden beschouwd en verbrand waren om energie op te wekken (gras, stro, tomatenplanten, algen, enz.), worden verwerkt tot bouwmaterialen.

Uitvoering

Het Biologische Huis²⁸ is bedacht met de circulaire economie voor ogen. Het werd ontwikkeld met een reeks principes die de interne scheidbaarheid van de woning beogen en de mogelijkheid om de materialen, elementen en componenten in een gesloten circuit te behouden. De grondstoffen die voor het gebouw worden gebruikt, eindigen op die manier niet als afval, maar kunnen in nieuwe gesloten circuits worden geïntroduceerd.

In samenwerking met partners uit de landbouwsector en producenten van bouwproducten hebben de architecten de types, hoeveelheden en beschikbaarheid van lokale Deense biologische grondstoffen opgelijst (stro, gras, tomatenplanten, algen) (afbeeldingen (e), (f), (h) en (k) hieronder). De gekozen materialen werden gebroken (afbeeldingen (c), (g), (i) en (l) hieronder) en tot nieuwe panelen geperst (afbeeldingen (a), (b), (d), (g), (i) en (l) hieronder) en hun statische en tactiele kwaliteiten getest.

Bovendien wordt het Biologische Huis gebouwd met een innoverend concept van digitale productie (afbeelding (j) hieronder) dat borg staat voor efficiënte afvalbeperking en een flexibel systeem. De woning is ook ontworpen om te worden gedemonteerd. De vereenvoudigde productie en modulaire opbouw zorgen ervoor dat het gebouw op een minder ingewikkelde en voordeligere manier kan worden aangepast.



²⁸ EEN TIL EEN's innovatieve bouwconcept: <http://eentileen.dk/forside>



TECHNICAL NUTRIENT PAVILION²⁹ – William McDonough (aannemer IBB Kondor³⁰) (Hoofddorp Park 20|20, Nederland – 2012)

Idee

Een gebouw ontwerpen om de gebruiksmogelijkheden van “Cradle to Cradle” gecertificeerde materialen in praktijk aan te tonen.

Ontwerp

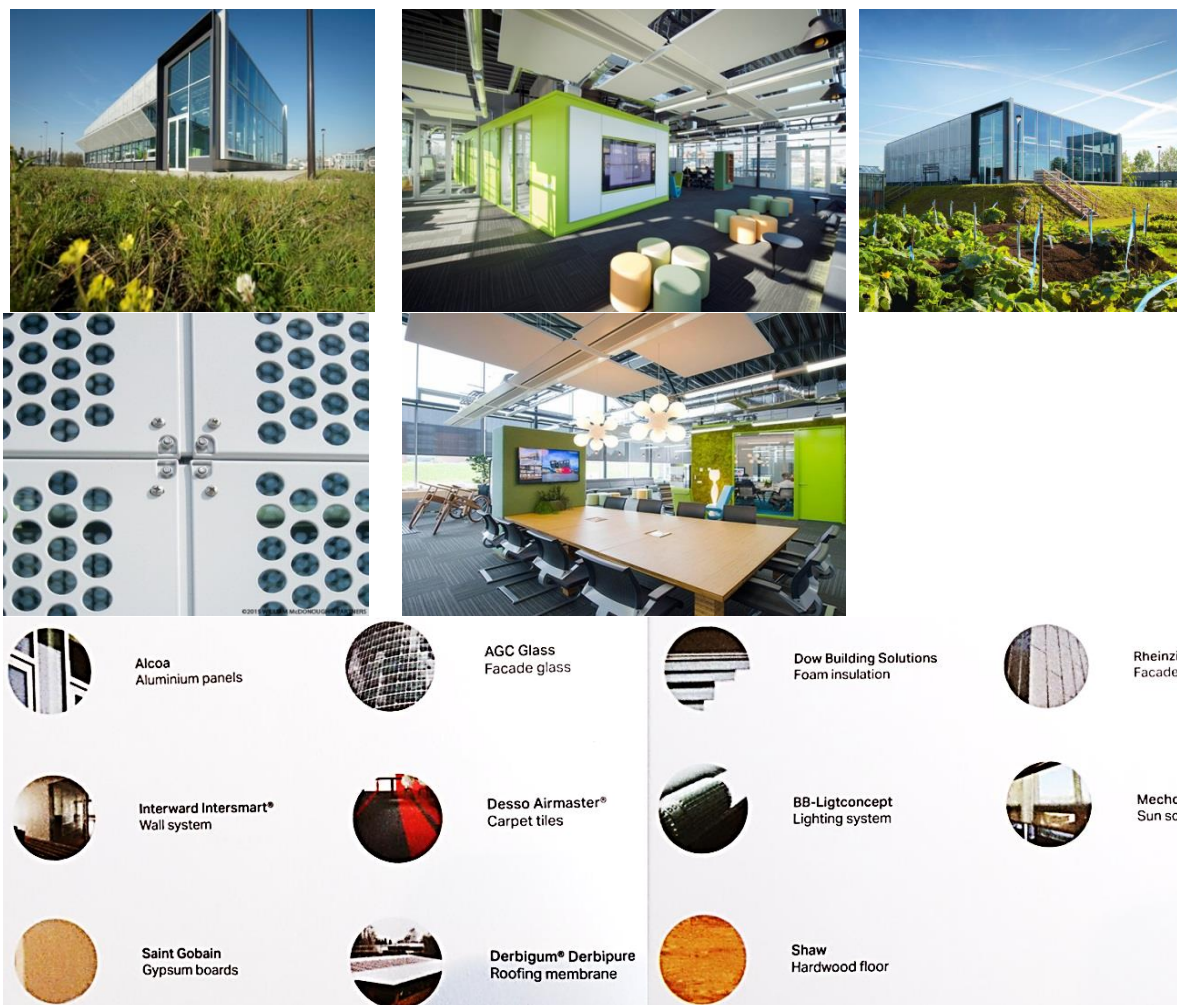
Het Paviljoen van de Technische Nutriënten laat zien dat materialen aan het einde van hun levenscyclus in gesloten circuits kunnen worden “ge-upcycled”. Het gebouw werd ontworpen in een partnership met 41 producenten van C2C-gecertificeerde materialen. Het gebouw presenteert niet alleen gezonde materialen, maar werd ook bedacht om volledig demonteerbaar te zijn, dankzij het vrijwel uitsluitend gebruik van mechanische verbindingen.

De materialen die werden gebruikt in het Paviljoen komen terug in de meeste bouwlagen van het gebouw:

- Bouwschil: diverse gevelbekledingen (aluminium panelen, glas, bekledingspanelen) en dakbedekking (bitumineus membraan)
- Systemen: zonneschermen en verlichtingssysteem
- Indeling: systeem van scheidingswanden, vloerbedekking (kamerbreed tapijt en parket).

²⁹ Mc Donough and Partners, <http://mcdonoughpartners.com/projects/technical-nutrient-pavilion/>

³⁰ IBB Kondor, <http://www.ibbkondor.nl/nl/projecten/detail/technisch-en-biologisch-paviljoen-park-20-20>



(bron : William McDonough and Partners)

CHAP-YT³¹ - cellenbeton recycleren met oog op volgende leven

Het bedrijf Chap-yt ontwikkelde een recyclagesysteem voor cellenbeton. Het vond oplossingen voor de twee problemen die opduiken bij het recycleren van cellenbeton: de grote poreusheid en de uitloging van sulfaten. De oplossingen bestaan in het gebruik van 0/4 mm zand (dat gedeeltelijk rijnzand vervangt bij de aanmaak van stabilisézand) en van 4/12 mm granulaten (ter vervanging van korrels geëxpandeerde klei) in een binnentoepassing: chape. Het concept bestond erin om een **chape met groene kleur** in plaats van een grijze kleur te produceren, die meteen opvalt bij ontmantelingswerken. Zo vermijdt men dat materialen met cellenbeton erin uiteindelijk toch in buitentoepassing worden gebruikt (met het risico op uitloging van sulfaten).

Opmerking

Uiteindelijk werd ervoor geopteerd om de groene kleur niet te implementeren, en ervoor te zorgen dat het product op zichzelf via een goeie binding met cement, ook in het 2^e leven niet uitloopt.

³¹ CHAP-YT, <http://chapyt.be/index.php/fr/home-3/>



(bron : Chap-Yt)

ALLIANDER HQ³² – RAU Architects (aannemer Boele & van Eesteren) (Duiven, Nederland – 2015)

Idee

Gerenoveerde gebouwen isoleren met een materiaal afkomstig van de recyclage van de werkkleding van de werknemers.

Ontwerp/Uitvoering

Het Alliander-project vertoont diverse kenmerken van circulair bouwen: renoveren in plaats van af te breken, milieuvriendelijk onderhoud van het gebouw, hergebruik van betontegels, structuur, toiletpotten, enz. Het gebouw werd bovendien ontworpen als een materialendepot³³ waarin de materialen tijdelijk worden opgeslagen, zodat ze aan het einde van hun levenscyclus kunnen worden ontmanteld. Dit wordt mogelijk gemaakt door een materiaalpaspoort dat alle kenmerken van alle (reeds bestaande en nieuwe) materialen vermeldt die in het gebouw worden verwerkt.

Maar een bijzonder aandachtspunt is het gebruik van een isolatiemateriaal dat op basis van gerecycleerde textielelementen wordt geproduceerd (afbeeldingen (a), (b) en (c) hieronder).

Dit isolatiemateriaal wordt gemaakt door het bedrijf Métisse³⁴ met gerecupereerd textiel en oude werkkleding van Alliander-werknemers. Het betreft dus een isolatiemiddel van natuurlijke oorsprong op basis van gerecycleerd katoen. Het product neemt de vorm aan van rollen gerecycleerde katoenwol of panelen van gerecycleerd katoen. De samenstelling van de isolatiewol is 70% katoen, 15% wol en 15% acryl.

(a)



(b)



(c)



(bron : RAU & Métisse)

³² RAU, <http://www.rau.eu/portfolio/liander/>

³³ Turntoo, <http://turntoo.com/documents/De-Architect-2015-05.pdf>

³⁴ Métisse, <http://www.isolantmetisse.com/>

Opmerkingen

De beschikbare informatie over het materiaal vermeldt niets over de prestaties op lange termijn ervan. We beschikken ook niet over informatie over hoeveel afval er beschikbaar is om een bepaalde hoeveelheid isolatiemateriaal te maken, met andere woorden of dit een 'one shot' is of mogelijkheden biedt op een continu productieproces en een grote volume-toepassing op de markt.

1.4. Verbindingen: ontmanteling voorzien

1.4.1. Beschrijving

Om over circulair bouwen te kunnen spreken, is het essentieel dat de componenten weer uit een gebouw kunnen worden gehaald. Door na te denken over het ontwerp en de realisatie van gebouwen en rekening te houden met hun latere ontmanteling is het enerzijds mogelijk om afvalproductie te voorkomen en anderzijds om recyclage en hergebruik van bepaalde, zorgvuldig ontmantelde elementen aan te moedigen.

Om ontmanteling van componenten en hergebruik mogelijk te maken, moet men aan deze punten denken:

- *Toegankelijkheid*: door te voorzien in gemakkelijke toegang tot de elementen en hun bevestigingen.
- *Verbindings- en montagetechnieken*: voorrang geven aan verbindingen zonder bevestigingsmiddelen of met omkeerbare connecties. Het aantal verschillende types bevestigingen moet ook beperkt worden.
- *Risico's*: de elementen moeten zo geselecteerd worden, dat de behandelingsrisico's bij montage en demontage zo klein mogelijk zijn en dat er eenvoudige en courante werktuigen voor kunnen worden gebruikt.
- *Tijd*: men moet voorrang geven aan constructies met een minimaal aantal componenten, bevestigingen en bevestigingstypes, om de ontmantelingstijd te beperken. Het gebouw moet ook zo ontworpen worden, dat het simultaan en parallel op verschillende plekken kan worden gedemonteerd.
- *Informatie*: de informatie die nodig is om de elementen correct te ontmantelen, door de materialen, de componenten en hun assemblageprocessen te documenteren en eventueel in een ontmantelingsgids te voorzien.
- *Keuze van de componenten*: er moet voorrang worden gegeven aan modulaire, gemakkelijk te manipuleren prefab-componenten, terwijl het aantal verschillende componenten in één gebouw moet worden beperkt.

Om gebouwcomponenten te verbinden moeten vaak nieuwe producten worden gebruikt als middelen om de materialen onderling te connecteren. De assemblagemethodes en het gebruik van bevestigingsmiddelen zijn doorslaggevend voor de omkeerbaarheid van de bouwelementen. Men maakt gewoonlijk een onderscheid tussen twee verbindingswijzen: nat en droog. Het verschil tussen beide is essentieel als het op ontmantelen aankomt: natte verbindingen vereisen vaak meer werk en energie om de elementen uit elkaar te halen en de twee elementen worden vaak beschadigd³⁵.

- *Droge verbinding*
Droge verbinding gebeurt zonder hulp van vloeistoffen, die wordt uitgevoerd:
 - o hetzij met een specifieke handeling (de zogeheten *directe* droge assemblage): vlottende installatie, vlechten, in elkaar passen, in elkaar klikken, enz.
 - o hetzij met een bevestigingselementen (zogeheten *indirecte* droge assemblage: schroeven, vastspijkeren, bevestigen met bouten, pen en gat, bevestigingsplaat, enz.

³⁵ Merk op dat gips of kalkmortel in principe evenzeer perfect demonteerbaar is van een steenachtige ondergrond, zonder beschadigingen.

Of elementen kunnen worden ontmanteld, hangt af van de mogelijkheid om toegang te krijgen tot het bevestigingselement en of het kan worden omgekeerd. Een schroef of bout verdienen dus de voorkeur boven een spijker. Bij een indirecte droge assemblage kan het bevestigingselement tussen twee elementen bovendien relatief *autonoom* zijn (bevestigingsplaat, hoekijzer, enz.), *onafhankelijk* (bout, schroef, enz.) of *afhankelijk* (spijkers, verbindingmodule, enz.) ten opzichte van de elementen. Hoe autonomer het bevestigingsmiddel, hoe gemakkelijker de elementen uit elkaar te halen zijn.

Droge verbinding kan in het atelier worden voorbereid of geprefabriceerd in ideale omstandigheden (qua werkgemak, weer en economische voorwaarden) om vervolgens ter plaatse snel gemonteerd te worden.

- *Natte verbinding*

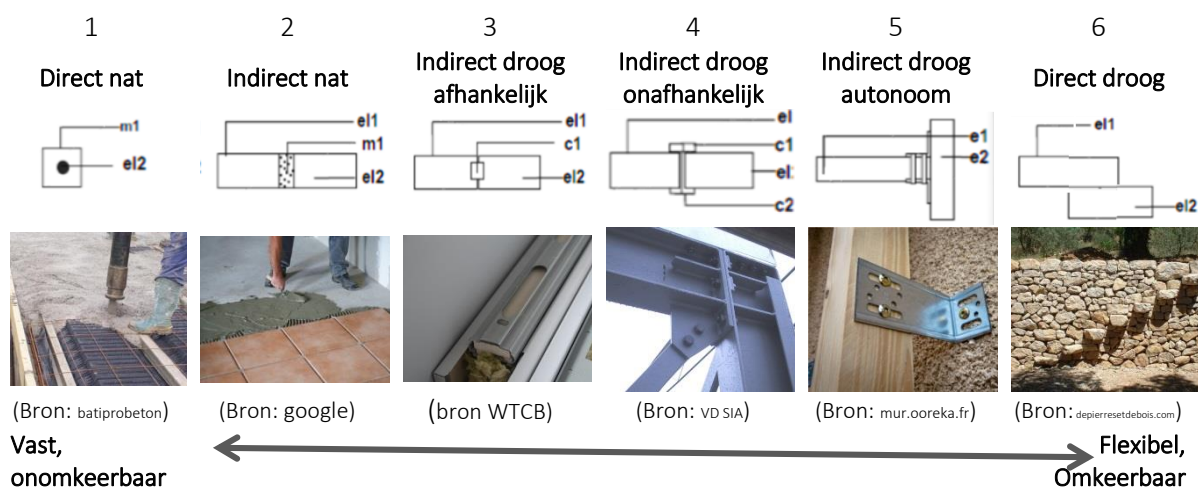
Bij natte (of chemische) assemblage is er een vloeistof nodig voor de verbinding.

- o Natte assemblage is meestal *indirect*, want er is een extra materiaal bij betrokken (een bevestigingsmiddel) om de elementen onderling te bevestigen (water, lijm, mortel, aarde, enz.).
- o *Directe* natte verbinding gebeurt vooral door elementen met elkaar te laten versmelten (bijvoorbeeld dichtingsbanen lassen) of door middel van een “omhullend” matricelement (bijvoorbeeld beton dat over een wapening wordt gestort).

Bij natte assemblage is er ter plaatse een uithardings- en droogtijd vereist, in de juiste weersomstandigheden.

Directe natte verbinding is de minst flexibele bevestigingsmethode, aangezien de elementen chemisch met elkaar versmelten. Het is met dit type assemblage vrijwel onmogelijk om de oorspronkelijke elementen te recupereren of van elkaar te scheiden voor een gedifferentieerde verwerking.

De figuur hieronder (aangepast van (Chebli, 2016)) zet de conventuele verbindingsmethoden op een rijtje, geklasseerd volgens hun omkeerbaarheidspotentieel; dus het gemak waarmee de elementen waaruit ze bestaan later kunnen gescheiden worden.



1.4.2. Voorbeelden en best practices

ICE HOUSE³⁶ – William McDonough and Partners (Davos, Zwitserland – 2016)

Idee

Een gebouw optrekken dat volledig kan worden gedemonteerd en elders opnieuw opgebouwd.

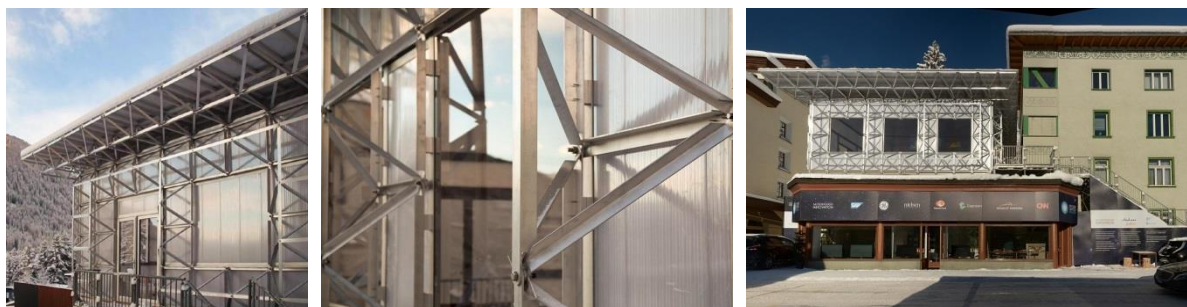
Uitvoering

Het prototypegebouw ICEHouse illustreert het gebruik van “technische nutriënten”³⁷ die mechanisch worden verbonden. Het gebouw is ontworpen op basis van drie materialen: een aluminium structuur, aërogels voor isolatie en polymeren voor gevels en meubels.

Het structuurschema bestaat in de assemblage van twee eenvoudige elementen die een driedimensionale structuur opleveren, met vloer, muren en plafond. Het structuurconcept (octrooi aangevraagd) kan met gewone werktuigen worden gemonteerd en gedemonteerd en gemakkelijk compact naar verschillende plekken vervoerd om aan verschillende functies te voldoen. De structuur kan dus bijvoorbeeld worden gebruikt als woning, een bushokje of een kleine brug.

Opmerkingen

Ook voor de nieuwe materialen van dit paviljoen (de aërogels) moet een efficiënte oplossing voor milieuvalorisatie aan het einde van hun leven worden bedacht. Het is onduidelijk of over die vraag al is nagedacht in voorliggend project.



(bron : ICE House *In Building a circular future* en William McDonough + partners)

ClickBrick© - Daas Baksteen³⁸ (Nederland)

Idee

Bakstenen produceren die zonder mortel worden verwerkt.

Productie

ClickBrick©-bakstenen worden onderling verbonden met een sluitsysteem in roestvrij staal (afbeelding (c) hieronder) dat past in groeven op de hoeken van de uiteinden van de bakstenen (afbeeldingen (a) en (c) hieronder). De muur wordt vervolgens aan de binnenkant van de bakstenen gesteund met muurankers in roestvrijstaal (afbeelding (a) hieronder).

³⁶ Mc Donough & Partners, <http://www.mcdonoughpartners.com/projects/icehouse/>

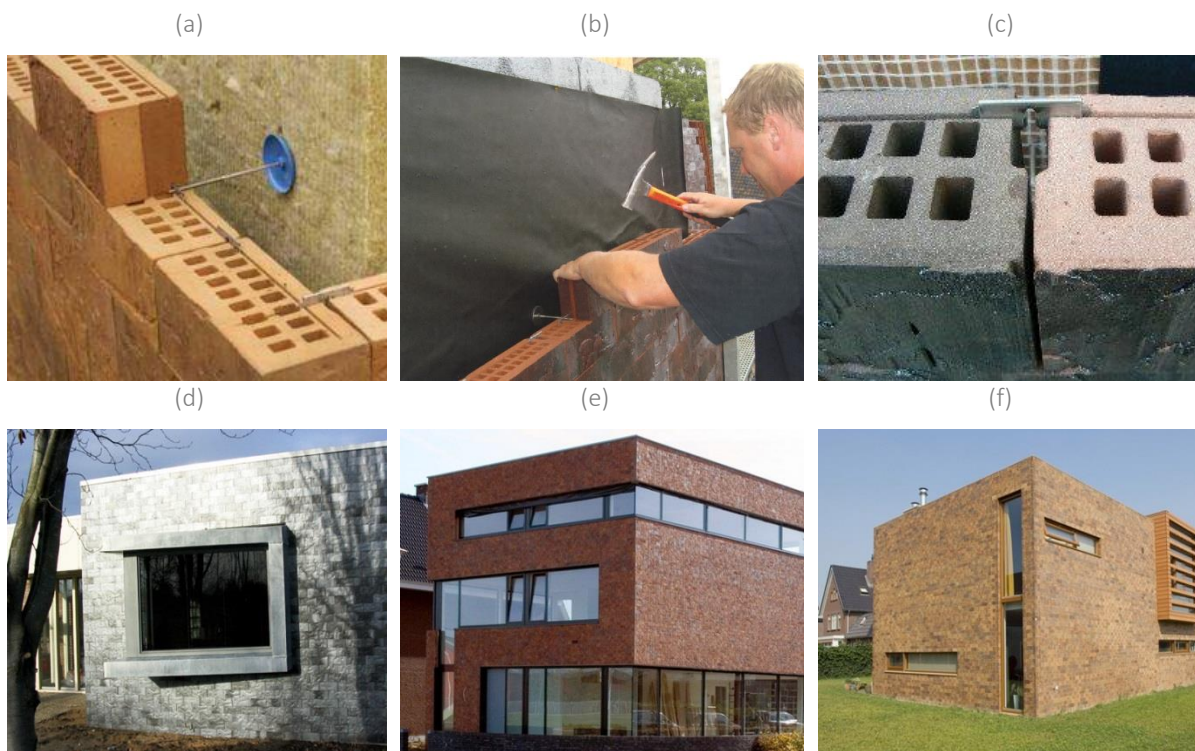
³⁷ MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy.

³⁸ Daas Baksteen, <http://www.daasbaksteen.nl/>

Dit systeem is volledig demonteerbaar en de bakstenen kunnen worden gedemonteerd met het oog op hergebruik. Reiniging is niet nodig. Bakstenen monteren zonder mortel biedt bovendien nog andere voordelen, zoals uitvoeringssnelheid, de mogelijkheid om te werken in slecht weer, door minder gekwalificeerde arbeiders (afbeelding (b) hieronder). De muurafwerking is eenvoudig en schoon. Zonder mortelvoeg is er geen risico op uitbloeiingen en er hoeft niet te worden opgevoegd (afbeeldingen (d), (e) en (f) hieronder). De KlikBrick³⁹-bakstenen hebben bovendien een Cradle-to-Cradle⁴⁰ certificaat.

Opmerkingen

De toepassingsvoorbeelden die wij van deze baksteenassemblagemethode gevonden hebben, tonen gebouwen met beperkte hoogte, maximaal 2 verdiepingen. Mogelijks zijn er dus gebruiksbeperkingen. De voorbeelden tonen ook systematisch het gebruik van deze techniek voor gevelbekleding. Er wordt niets gezegd over het mogelijke gebruik als binnenmuur.



(bron : Click Brick *In Building Revolutions* en Seps⁴¹)

PEIKKO⁴² – Assemblagesysteem voor betonelementen

PEIKKO is een Fins bedrijf dat gespecialiseerd is in de productie van assemblagemiddelen voor structurelementen in beton. De voorgestelde mechanische verbindingssystemen zijn omkeerbaar, waardoor de structuren kunnen worden gedemonteerd en de componenten kunnen worden hergebruikt.

³⁹ Daas Baksteen, <https://www.daasbaksteen.nl/nl/Over-Daas/Cradle-to-Cradle/page.aspx/57>

⁴⁰ Cradle to Cradle is een label voor productcertificatie <http://www.c2ccertified.org/>

⁴¹ Seps, <http://seps.be/seps-fr/album-seps-click-brick.php>

⁴² PEIKKO, <http://www.peikko.fi>

De eerste twee onderstaande foto's tonen een mechanisch assemblagemiddel (de "Tenloc Panel Connector"⁴³) om volledig omkeerbaar grote structuren in prefabbeton te assembleren. Deze connector kan ook worden gebruikt om borstweringen aan gevels of muren aan kolommen te bevestigen. De grendel wordt in het verankeringsstuk bevestigd met een ratelsleutel. De betonelementen met vergrendelelementen en de betonelementen met verankeringsstuk worden ter plaatse in de juiste stand gebracht en in elkaar vergrendeld met een paar connectoren. De verticale prefabaansluitingen worden afgewerkt door de vergrendelingsopeningen dicht te voegen.

De derde foto hieronder toont een ander systeem voor de assemblage van betonstructuren met behulp van 4 bouten om de constructie zonder andere ondersteuning te stabiliseren.



(bron : PEIKKO *In Building a circular future* en PEIKKO)

Opmerkingen

De beschikbare informatie over deze technologie zegt niets over de belastingsintensiteit (gebruiksgrenzen) van dit soort verbindingen.

PROTOTYPES VAN OMKEERBARE VERBINDINGEN VOOR VERSCHILLENDE MATERIALEN – VIA University College

De onderstaande drie voorbeelden zijn prototypes die het resultaat zijn van een theoretische universitaire ontwikkeling.

- **Assemblage van houten elementen**

De houten elementen behoren bij een modulair systeem dat ontwikkeld is om te worden gedemonteerd.

Twee in elkaar passende houten elementen worden verbonden met twee bouten die in twee metaalplaten worden geschroefd en waarop twee moeren worden gelast.

⁴³ PEIKKO, <http://www.peikko.com/products/product/tenloc-panel-connector/>



- **Assemblage van metalen elementen**

De traditionele assemblage met bout en moer wordt vervangen door assemblage met een klemplaat met twee gleuven en stabiliserende O-ringen. Assemblage en montage gaan op deze manier snel en gemakkelijk, zonder gereedschap.



- **Verbinding van betonnen elementen**

De elementen worden verbonden met toegankelijke belastingsoverdrachtbouten in verankeringskasten die in holtes van de prefabelementen werden aangebracht. De elementen zijn daardoor gemakkelijk te bevestigen en te demonteren. De connecties met bouten zijn toegankelijk langs de buitenkant van de elementen en tegen brand beschermd door de isolatie en de schil van het gebouw.



Opmerkingen

Het betreft oplossingen die in conceptfase bestaan. Er is bij ons weten nog geen duidelijkheid over de grenzen van het systeem (grootte van de krachten die het kan opvangen), of bv. over de toleranties in productie die toegestaan zijn.

F87 (Efficiency House Plus)⁴⁴ – Werner Sobek (Berlijn, Duitsland – 2011)

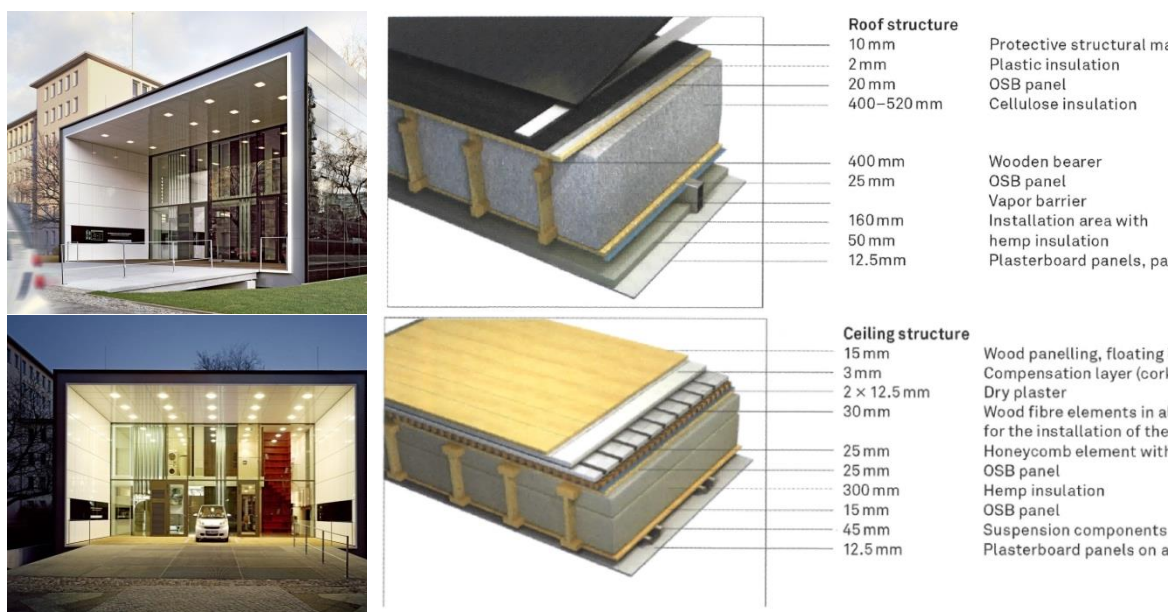
Idee

Een demonstratie-gebouw optrekken dat geen energie verbruikt, geen emissies veroorzaakt en volledig kan worden gerecycleerd of richting upcycling gaat.

Uitvoering

Woning F87 werd gebouwd voor twee of drie jaar, waarna de materialen en componenten worden gedemonteerd met het oog op hergebruik ervan. Men wil aantonen dat een gebouw kan worden ontworpen om aan het einde van zijn leven volledig te worden ontmanteld. Niet minder dan 20 soorten materialen werden gekozen wegens hun recyclagepotentieel aan het einde van hun leven.

De gevel bestaat uit houten platen, aluminium lamellen, drievoudige beglazing en zonnepanelen. De meeste verbindingen zijn gemaakt met schroeven en gemakkelijk toegankelijke klikconnectoren. Vloeren, muren en plafonds bestaan uit aparte lagen zonder lijm tussen de componenten. Vloer- en wandbekledingen zijn zonder lijm aangebracht om herconfiguratie en recyclage mogelijk te maken. Er werd ook een recyclagehandleiding van het gebouw opgesteld, met een gedetailleerde weergave van alle gebruikte materialen en hun potentieel voor hergebruik en recyclage.



(bron : F87 (Efficiency House Plus) In Building revolutions - Werner Sobek)

Opmerkingen

Aangezien het gebouw nog niet werd gedemonteerd, kan men zich afvragen of de componenten en bijvoorbeeld de drievoudige beglazing of de PV-panelen aan het einde van de levenscyclus van het gebouw echt herbruikbaar of recycleerbaar zijn.

⁴⁴ Werner Sobek, <http://www.wernersobek.de/en/projects/material/glass/f87/>

1.5. Afval vermijden, optimaal gebruik van grondstoffen

1.5.1. Beschrijving

Uit een studie in Groot-Brittannië blijkt dat de echte werkelijke afvalkosten 2,3 keer hoger liggen dan de geraamde kosten. Men moet immers niet alleen rekening houden met de kosten om afval te verwijderen, maar ook met de kosten voor de materialen en het uurloon bij de afvalproductie tijdens de bouwphase. De voornaamste oorzaken van afvalproductie zijn: werkmethodes die afval voortbrengen, teveel bestelde materialen, ongeschikte opslag van materialen, materialen die niet beschermd zijn (tegen weersinvloeden en diefstal) en werk dat verscheidene keren moet worden uitgevoerd wegens onduidelijke tekeningen of conceptspecificaties.

Een circulair gebouw ontwerpen en optrekken betekent niet dat men zonder afval bouwt, maar wel dat **afval als een grondstof wordt beschouwd**. Dit betekent dat men in de eerste plaats het ontstaan van afval moet vermijden, zowel bij de productie van materialen en producten als bij de toepassing ervan op de werf. Daarbij vermijdt men overproductie, te grote voorraden, niet-efficiënt transport, redundant werk, wachttijden, defecte en afgewezen producten en slecht uitgevoerd werk. In de tweede plaats dient men te zoeken naar mogelijkheden om van afval een grondstof te maken.

De hoeveelheid afval die op de werf wordt geproduceerd kan aanzienlijk beperkt worden door gebouwen op een andere manier te ontwerpen en te bouwen. De meest efficiënte manier om het bouwafval te beperken is wellicht de bouwactiviteiten zoveel mogelijk buiten het bouwterrein te laten plaatsvinden. Op het de werf zouden dan alleen nog elementen worden geassembleerd, in plaats van materialen te snijden en te verwerken. In de prefabfase ontstaat enerzijds minder afval en anderzijds is dit afval veel homogener dan op het bouwterrein.

Zelfs met traditionele bouwtechnieken zijn er mogelijkheden om afval-arm te ontwerpen, bijvoorbeeld door modulaire elementen te gebruiken, door de draagstructuur af te stemmen op de gevels of de binnenafwerking met de indeling van het gebouw, enz.

Het kan heel nuttig zijn om in 3D te ontwerpen en BIM-software te gebruiken (Building Information Modeling) om de elementen van het ontwerp en de uitvoering perfect op elkaar af te stemmen en zo te vermijden dat er op de werf bouwafval wordt geproduceerd bij de verwerking van de materialen.

Afval zou ook slim moeten worden gesorteerd om de verdere ontwikkeling van kanalen voor afvalvalorisatie te stimuleren. Talrijke materialenproducenten organiseren momenteel reeds oplossingen om het afval dat tijdens de bouwphase ontstaat op te halen en te valoriseren door recyclage in een gesloten circuit.

Naast afvalpreventie, afvalbeheer en valorisatie van de paar procenten het afval dat op werven ontstaat, is het grootste gedeelte van het afval afkomstig van de afbraak (bij renovatie of volledige sloop). De beste manier om zich tegen de productie van dit afval te wapenen, is zich af te vragen of het werkelijk nodig is dat het geproduceerd wordt en dus gebouwen eerder in stand te houden in plaats van te ontmantelen.

1.5.2. Voorbeelden en best practices

Mogelijkheden voor het gebruik van prefab⁴⁵ – voorbeelden in Brussel

Voordelen van prefab

Prefab biedt veel voordelen, gelinkt aan spaarzaam omgaan met grondstoffen en duurzaam werfbeheer, zoals:

- Optimalisatie van het fabricageproces
- Rationeel grondstoffengebruik
- Risicobeheer
- Vermindering van de hoeveelheid op de werf geproduceerd afval
- Minder overlast op het bouwterrein (omvang & duur) door lawaai, stof, transport, ...
- Hoofdzakelijk droogmontagemethodes om later gemakkelijk te demonteren en te sorteren in duidelijke fracties
- Eenvoudigere vervanging van elementen of componenten, op voorwaarde dat de assemblagevolgorde van de lagen wordt gerespecteerd
- Schaalvoordelen (bij herhaling van de modules)

Beperkingen aan prefab

Prefab biedt weliswaar veel voordelen, maar men dient ook rekening te houden met specifieke beperkingen:

- Basisstructuur, werktekeningen, structurele en gestandaardiseerde afmetingen: dienen reeds in de ontwerpfase aanwezig te zijn en strikt opgevolgd tijdens het uitwerken van de bouwplannen
- Nauwe en regelmatige interactie tussen fabrikant en leverancier
- Precieze studie van de fasering van de werken
- Heldere afbakening van de vereiste verantwoordelijkheden
- Afmetingen van de elementen: rekening houden met de configuratie van het bouwterrein en de plaats die beschikbaar is op het terrein (manipulaties, opslag), met de breedte van de toevoer- en afvoerwegen en de vereiste manoeuvreerruimte.
- Vaak hijswerktuigen inschakelen
- Bij werken binnenin een gebouwenblok: aangepaste afmetingen of een kraan gebruiken
- Planning van de leveringen en beschermingsvoorzieningen indien opslag ter plaatse

Het is niet omdat er met prefabelementen wordt gewerkt, dat er geen objectieve evaluatie van de milieu-impact van het product zou moeten plaatsvinden. Bepaalde prefabproducten die als een “all-in-one” element beschikbaar zijn, bieden geen voordelen voor het milieu. De verschillende componenten zijn immers niet altijd scheidbaar in duidelijke fracties aan het einde van hun levenscyclus, waardoor sorteren en optimaal valoriseren van het afval niet mogelijk is.

⁴⁵ Temmerman, http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20150303_chan_1_4tech_fr.pdf

Brasserie en sociale woningen (R²D² Architecture⁴⁶ & in Advance) (Batex Brussel [063])



Volledig prefab-vloerelementen, die per verdieping herhaald worden. Bovendien maakte de bevestiging van het gebinte aan de achterzijde (metalen lippen) het mogelijk om hetzelfde element te gebruiken, ongeacht de hellingshoek. Nog andere prefabelementen werden in het project verwerkt, zoals de dakstoelen achteraan of de bouwschil in houtskelet dat op het bouwterrein alleen nog maar moest worden geïnstalleerd.

School Emile Bockstael Nimptscharchitekten (Jacques Delens) (Batex Bruxelles [002])



De muren van dit gebouw bestaan uit massieve houten prefabwanden, op voorhand geïsoleerd. Het gebouw bereikt passiefprestaties en het thermisch comfort is verzekerd. Het betreft een voorbeeld van een zeer geavanceerde voorstudie, met hoge eisen aan de milieu-impact van de gebruikte materialen, aan de keuze van het structureel systeem, aan het thermisch en akoestisch comfort en de energieprestaties, om er een hoogpresterend voorbeeldgebouw van te maken.

Sociale economie op de werf: het voorbeeld van LEVANTO⁴⁷

BALK VAN BEEL – Stéphane Beel Architects⁴⁸ & aannemingsbedrijf Willemen (Leuven – 2013)

Idee

Een bedrijf dat uit de sociale economie kan op de bouwwerf aan afvalbeheer doen om de aannemer te helpen bij de uitvoering van zijn bouwproject en het terrein steeds schoon te houden.

Uitvoering

Op de werf van de Balk van Beel (afbeelding (a) hieronder) kreeg de sociale onderneming Levanto van aannemer Willemen⁴⁹ de opdracht om het bouwterrein steeds opgeruimd te houden en op het bouwterrein een “mini” containerpark te organiseren, waar meer dan 20 fracties bouwafval werden gesorteerd. Dit containerpark werd beheerd door de zgn. “Werfwachters” van Levanto. De Werfwachters werken om:

- Het bouwterrein schoon te houden: regelmatig afval ophalen aan de werkplekken, er nauwgezet op toezien dat het bouwterrein er proper bijligt en de zones van vervoer en opslag van materialen regelmatig reinigen.

⁴⁶ R²D² Architecture, <http://www.r2d2architecture.be/projects/detail/2572>

⁴⁷ LEVANTO, <http://www.levanto.be/>

⁴⁸ Stéphane Beel Architects, <http://www.stephanebeel.com/index.html>

⁴⁹ Willemen, <http://www.willemen.be/fr/projet/balk-van-beel-louvain>

- Specifieke taken van afvalbeheer uit te voeren (afbeeldingen (b) en (c) hieronder): opruimen, containers efficiënt vullen, specifieke fracties sorteren, de formulieren voor de opvolging van het ophalen van de containers invullen, enz.
- De veiligheid rond het bouwterrein te verzekeren (afbeeldingen (d), (g), (h) en (i) hieronder): containers afdekken met zeilen aan het einde van de dag, de toegang tot de containers openen en weer afsluiten, zeilen aan stellingen aanbrengen, de signalisatie van het bouwterrein onderhouden, de afsluitingen van het terrein onderhouden, enz.
- Bijstaand te verlenen aan de aannemer (afbeelding (e) en (f) hieronder): manueel transport van modulaire elementen (blokken, bakstenen, enz.), bepaalde sleuven manueel uitgraven, beschermingen aanbrengen en onderhouden op kwetsbare plaatsen, vrachtwagens lossen, enz.

Opmerking: Bij Balk van Beel werd gefocust op het afvalverhaal, op andere werven werden bijkomende diensten aangeboden.

Er werd becijferd dat ongeveer 1 gemengde container per week werd uitgespaard door het werk van Levanto. Een dergelijke samenwerking biedt veel voordelen voor de aannemer en de werf:

- Minder zorgen: de Werfwachters voeren activiteiten uit die de arbeiders in staat stellen om zich volledig te concentreren op de taken waarin zij gespecialiseerd zijn, dat wil zeggen een gebouw optrekken.
- Het bouwterrein is altijd netjes geordend en veilig, waardoor men efficiënter werkt en de veiligheid stijgt.
- Het bouwterrein geniet een imago van duurzaamheid: het efficiënte afvalbeheer zorgt niet alleen voor minder kosten, maar straalt ook een imago van respect voor het milieu uit.
- Flexibiliteit: de Werfwachters hoeven niet permanent op het bouwterrein aanwezig te zijn.
- Voordelig: Werfwachters zijn een economisch haalbare optie om niet-gespecialiseerde taken uit te voeren.

Opmerkingen

In eerste instantie lijkt de inzet van ondernemingen uit de sociale economie voornamelijk interessant op bouwterreinen van grotere omvang.

(a)

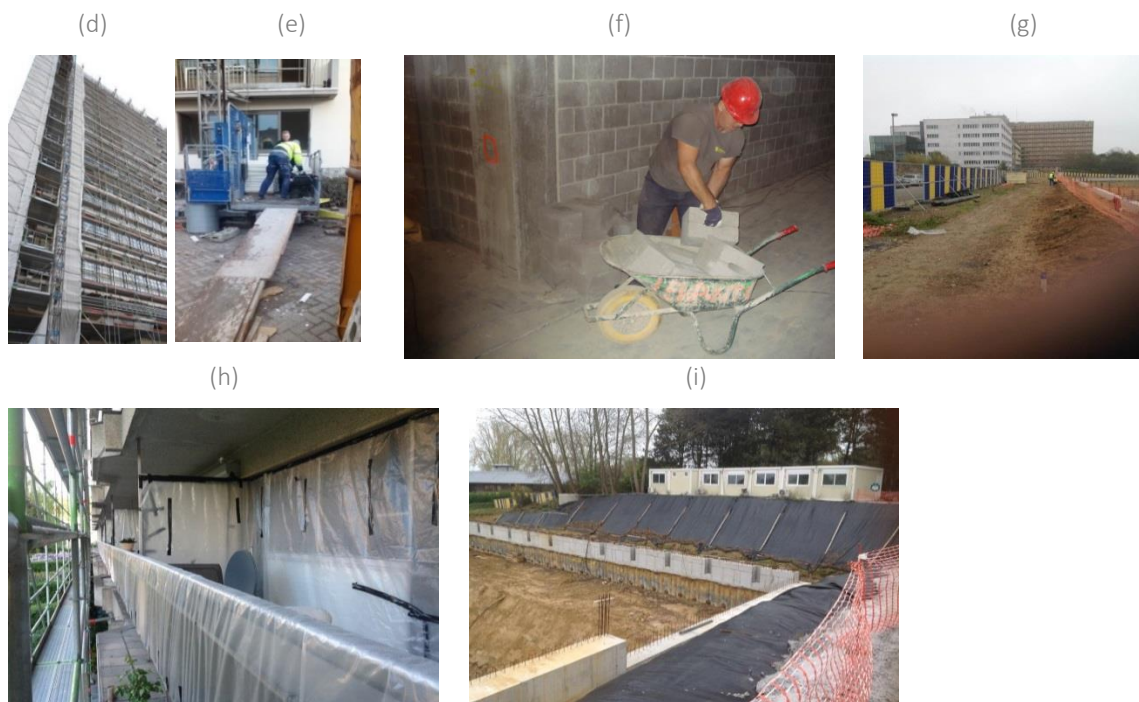


(b)



(c)





(bron : Levanto)

Specifieke kanalen voor afvalrecuperatie en -valorisatie

PRODUCENTEN SLUITEN DE KRINGLOOP

Idee

Bepaalde delen van het bouwafval bestaat uit homogene fracties die valoriseerbaar zijn in een gesloten recyclagecircuit bij de producent.

Uitvoering

Verscheidene materiaalproducenten organiseren diensten om bouwafval te recupereren op werven en dit vervolgens opnieuw in de productiecycclus te brengen. De terugnamevoorwaarden (kwaliteit van het afval, logistiek, kosten, enz.) zijn verschillend van producent tot producent. Hieronder worden enkele kanalen besproken (zonder volledig te willen zijn):

Producent	Materiaal	Beschrijving
Rockwool	Rotswol	Het Rockcycle-systeem stimuleert de terugname van afval van verwerkte isolatiematerialen voor gebruik in nieuwe rotswol. Afvalbeheerbedrijf Van Gansewinkel stelt een specifieke ophaalcontainer ter beschikking.
Isover	Glaswol	(Snij)afval van ISOVER glaswol kan worden teruggenomen in recyclagezakken als het aan bepaalde zuiverheidscriteria voldoet (geen zichtbare vervuiling, niet gemengd met ander bouwafval, geen bekleding, droog, enz.).
Ytong - Xella	Cellenbeton	Zuiver afval van cellenbeton kan worden aangeleverd bij de producent en opnieuw in de productieketen gebracht om zand te vervangen. Specifieke bigbags met een vulcapaciteit van 1000 kg zijn beschikbaar.

Gyproc Saint-Gobain	Gipsplaten	Zuiver afval van gipsplaten kan worden aangeleverd en opnieuw in de productieketen gebracht. Apart opgehaald afval kan naar de fabriek van Kallo worden gebracht (New West Gypsum Recycling).
Val-I-Pac	Kunststof verpakkingen	Het “clean site system” biedt de mogelijkheid om plastic verpakkingsafval in zakken van 400 liter te deponeren bij bouwmaterialenhandelaren.
KURIO/EMSO	Kunststof leidingen	Leidingen in PVC-PE-PP kunnen worden apart en gratis afgeleverd op specifieke inzamelpunten. Er bestaat ook de mogelijkheid specifieke containers te huren.
Derbigum	Bitumineuze dakdichting	Bouwafval (nieuwe dakbanen) of afval van oude dakbedekkingen kan gratis worden opgehaald bij de ophalers die meedoen met dit systeem.
Desso	Kamerbreed tapijt	Desso en Van Gansewinkel slaan de handen in elkaar om gebruikte vloerbekleding (kamerbreed tapijt) van Desso op te halen.
Armstrong	Valse plafonds	Oude plafondbekledingen worden opgehaald en teruggenomen. Afval vanop de bouwwerf wordt opgehaald en teruggenomen in big bags.

Rockwool



Isover



Ytong



Gyproc



Val-I-Pac



KURIO/EMSO



Derbigum



Desso



Armstrong



GEBOUW M te Mechelen: het belang van het behoud van de structuur (en dus het vermijden van afval)

Bij de herontwikkeling van een oud gebouw van Belgacom in Mechelen door Virix werd door WTCB berekend welke milieu-besparing kan worden bereikt wanneer de bestaande betonstructuur kan worden hergebruikt, in plaats van afgebroken en vervangen door een nieuwe structuur.

In totaal levert het behoud een besparing op van 2500 m³ gewapend beton en 16.5 ton constructiestaal, wat gelijk staat aan 1000 ton CO₂-uitstoot. De uitgespaarde milieu-impact is equivalent aan de impact van het energieverbruik voor de verwarming van het (nieuwe) gebouw gedurende 50 jaar.



(bron : SWECO, voormalig Grontmij)

1.6. Huidige en toekomstige ontwikkelingen

Wij hebben aan de hand van talrijke voorbeelden van de verschillende operationele concepten van circulair bouwen getoond dat de bouwsector klaar moet staan voor het implementeren van nieuwe doelstellingen en wijzigende uitvoeringsmethoden. De voornaamste uitdaging van circulair bouwen bestaat erin, dat men een vrij nauwkeurig beeld moet hebben van wat deze gebouwen zouden kunnen worden tijdens hun levensduur en aan het einde ervan, zodat de exploitatie van grondstoffen wordt geminimaliseerd, afvalproductie wordt voorkomen en de aanpasbaarheid, opdeling in lagen, demontage en ontmanteling en rationele materialenkeuze worden aangemoedigd.

Voorliggende paragrafen geven een overzicht van de huidige evoluties die zich op technisch vlak voltrekken en van de nieuwe ideeën en concepten die de verdere evolutie van het thema “circulair ontwerpen en bouwen” kunnen beïnvloeden.

Standaardisering

Een van de strategieën om deze doelstelling van maximale afvalbeperking te bereiken is [standaardisering van de producten en de bouwprocessen](#) (of ook bekend onder de term “mass customisation”). Standaardisering wordt vaak als iets negatiefs beschouwd, maar het is belangrijk om te beseffen dat de bouwsector reeds in veel opzichten gestandaardiseerd is en dat de frustratie die veel personen op verschillende managementniveaus voelen vaak te maken heeft een toegenomen vraag naar standaardisering.

De standaardiseringsprocessen moeten worden voortgezet om de bouwsector in staat te stellen om de uitdagingen van de wereldwijde concurrentie, de klimaatvraagstukken, problemen in verband met werkomstandigheden en rentabiliteit succesvol aan te gaan.

“Lean”, efficiëntie systematisch inbouwen

Strategieën voor efficiënt beheer en operationalisering van bouwprocessen zijn er o.a. op gericht om de kwaliteit de uitvoering te verhogen. Alle strategieën samen vormen een nieuwe manier van werfbeheer: Lean Management.

Bij een bouwproject zijn vaak verscheidene partijen betrokken. Als hun samenwerking niet perfect wordt georkestreerd, leidt dit vaak tot tijd- en geldverspilling. Een algemene aannemer moet ook vaak tijd besteden aan onderhandelingen met leveranciers en onderaannemers over de beste prijs (vaak met conflicten als gevolg). Het LEAN-model streeft naar meer polyvalentie bij aannemers en arbeiders door middel van samenwerkingsruimtes en -momenten voor alle actoren (aannemer, onderaannemer, arbeider, enz.). Men gaat hierbij uit van participatieve methodes.

Het LEAN-principe bestaat erin dat men op een duurzame manier waarde creëert voor de klant, door alle kosten in verband met verspilling in de bedrijfsprocessen te elimineren en alles te vermijden wat de klant geen toegevoegde waarde biedt (lagere kosten en optimale stromen). Deze kosten hebben niet alleen te maken met bouwfouten, maar ook met overvloedige voorraden, overdreven verplaatsingen, onbenutte capaciteit, enz. Processen worden zo stabiel, voorspelbaar en efficiënter. De kosten zouden zo met ongeveer 6% kunnen dalen. LEAN-processen verbeteren niet alleen de kosten en de leveringstermijn, maar ook de kwaliteit en de veiligheid. Andere bronnen melden dat bouwbedrijven

die de LEAN-methodes succesvol toepassen de bouwtijd met 30% kunnen beperken en de kosten met 15%.

LEAN Management biedt dus uitzicht op een efficiënter bouwproces, omdat er minder fouten worden gemaakt, zodat er minder afval is en de kwaliteit van de planning toeneemt omdat alle actoren geresponsabiliseerd zijn.

BIM – Building Information Model, Modeling⁵⁰

Het BIM-proces impliceert het gebruik van een intelligent 3D model van het gebouw om betere beslissingen te kunnen nemen aangaande een project, en er ook over te kunnen communiceren. BIM-oplossingen laten toe om bouwteams eenvoudiger de hele levenscyclus van een project te concipiëren, visualiseren, simuleren en eraan samen te werken. BIM technologie laat toe om eenvoudiger de doelstellingen van een project of een onderneming⁵¹ te bereiken, door de uitwisseling van informatie tussen de verschillende actoren te faciliteren en te optimaliseren.

Het *Building Information Model* (of Informatie-model van een gebouw) bestaat uit een digitale voorstelling van een bouwwerk, opgebouwd uit een geometrisch model (in 2D of 3D) en informatie (U-waarden, kosten, materialen, etc.) die aan elk element (raam, dak, muur, ...) is verbonden, alsook tussen de elementen onderling. Dit betekent ook dat bij aanpassing van de elementen ook de informatie automatisch geüpdatet wordt. Een digitaal model in BIM laat toe om sneller het eindresultaat te visualiseren en te controleren.

Via BIM kunnen verschillende bouwpartners in een project informatie uitwisselen in elke fase van het project. Het informatieverlies door elke overdracht wordt beperkt, waardoor de efficiëntie stijgt. BIM bestaat dus uit een bron van gemeenschappelijke informatie doorheen de hele levenscyclus van een bouwwerk. Een goede informatieuitwisseling is nodig om een transparante samenwerking te realiseren.

BIM biedt ook voordelen aan de uitvoerders : zij kunnen bijvoorbeeld oplossingen uitwerken in 3D die niet duidelijk zijn in 2D-voorstellingen, of men kan rechtstreeks hoeveelheden uit het BIM-model halen. Verschillende scenario's kunnen virtueel worden uitgewerkt : energie-verbruik (schil), daglichttoetreding, akoestische prestaties,

Wanneer men BIM in een project gebruikt, worden voornamelijk tijdens de uitvoeringsfase winsten geboekt. BIM laat toe de kosten ten gevolge van bouwfouten te beperken, door conflicten vroegtijdig te identificeren en informatie uit te wisselen.



(Voorbeeld van een BIM-model, bron : bimportal.be)

⁵⁰ <http://www.bimportal.be/fr/> et <http://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact42&art=643>
et http://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=information&sub=theme&pag=bim_ict

⁵¹ <http://www.autodesk.fr/solutions/building-information-modeling/overview>

Aanpasbare gebouwen

Het principe van aanpasbaarheid, ondersteund door het gebruik van omkeerbare verbindingen, maakt het mogelijk om gebouwen te bekijken als voorraden van herbruikbare materialen. Toch gebeurt het vaak dat gebouwen of elementen die volgens dit principe tot stand komen, niet kunnen worden hergebruikt. Dat kan omdat ze niet beantwoorden aan specifieke prestatie-eisen, maar één van de voornaamste redenen is de mismatch tussen vraag en aanbod binnen een bepaalde regio en binnen een bepaald tijds kader.

Een voorbeeld: Bij de renovatie van een kantoorgebouw met veel binnenwanden overweegt men een “open space” kantoorruimte te creëren. De renovatie leidt dus tot de demontage en afvoer van verscheidene kilometers aan brandwerende wanden (scheidingswanden en deuren). De wanden bestaan uit honderden modulaire elementen in perfecte toestand, die gemakkelijk demonteerbaar zijn. Ondanks de intrinsieke technologische kwaliteiten van deze elementen (akoestisch, thermisch isolerend en brandwerend) en hun hoog hergebruikspotentieel, (onder andere omdat ze vlot demonteerbaar zijn), bestaat er geen potentiële markt voor de recuperatie ervan (geen vraag en geen opslagcapaciteit voor een dergelijk volume).



(bron : WTCB)

Een ander voorbeeld: in 2008 werd er in Amsterdam een tijdelijke school⁵² gebouwd met modulaire elementen. Deze waren bedoeld voor demontage en verplaatsing na hun eerste gebruik. Toch werd dit gebouw onlangs volledig afgebroken. Uit praktisch en financieel oogpunt vond men het niet haalbaar om het gebouw te demonteren en elders opnieuw op te bouwen. Voor deze situatie zijn een aantal redenen te bedenken. Een belangrijke reden is het gebrek aan kennis van het gebouw. De leverancier van het oorspronkelijke gebouw werd failliet verklaard en daardoor is de kennis verloren gegaan. Een andere reden is de veroudering van de gebruikte modulaire elementen, die niet meer vergelijkbaar of zijn met de performantie van de huidige modulaire systemen.

⁵² Architectenweb, http://www.architectenweb.nl/aweb/redactie/redactie_detail.asp?iNID=39654



(bron : architectenweb)

- Een eerste belangrijke uitdaging voor dergelijke aanpasbare gebouwen is dus de **coördinatie van de planning tussen de ontmanteling van deze elementen en hun hergebruik**. Tools voor regionale planning, uitwisselingsplatforms⁵³ of ruimten voor het samenbrengen en opslaan van de materialen zou deze coördinatie kunnen vergemakkelijken.
- Een tweede uitdaging heeft te maken met de **universaliteit van aanpasbare en modulaire systemen**. Dergelijke systemen kunnen blijkbaar snel verouderd zijn. Materialen en bouwelementen kunnen verouderd raken, omdat ze niet langer aangepast zijn aan nieuwe technische of prestatie-eisen, omdat een speler (vaak de producent) van de markt verdwenen is of omdat er geen informatie (meer) beschikbaar is over de herbruikbare elementen (zie “materialenpaspoort”). Er bestaan nochtans talrijke voorbeelden⁵⁴ van modulaire bouwsystemen die veel mogelijkheden voor ruimtelijke flexibiliteit bieden en waarvan de producent de technologische permanentie garandeert. In België bieden bedrijven als Portakabin⁵⁵ of Skilpod⁵⁶ modulaire, aanpasbare en verplaatsbare oplossingen aan.



(bron : Portakabin)

(bron : Skilpod)

Materialenpaspoort en “buildings as materials banks” (*gebouwen als materialenbanken*)

De circulaire economie beschouwt gebouwen niet langer als alleen maar verbruikers van middelen en energie en bronnen van broeikasgassen, maar ook als potentiële materialenbronnen. Een **gebouw kan worden beschouwd als een voorraad grondstoffen**, die gedurende een bepaalde tijd in een vaste vorm behouden blijven, maar die voor een bepaalde regio grondstoffen betekenen, zodat de invoer van nieuwe materialen kan worden beperkt (alsook de uitstoot die ermee verband houdt). Als gebouwen

⁵³ Een voorbeeld: in Brussel brengt het bedrijf “hu.bu” de verenigingssector en de commerciële wereld samen via een giftenplatform. Dit platform brengt potentiële kopers van kantoormeubilair samen met schenkers van dit meubilair en plant het verloop van de operaties (Human Business, <http://www.hu-bu.be/spip.php?page=home&lang=fr>).

⁵⁴ In België bieden bedrijven zoals Portakabin (<http://www.portakabin.be/>) of Skilpod (<http://skilpod.com/>) aanpasbare en verplaatsbare oplossingen voor modulaire bouw.

⁵⁵ Portakabin, <http://www.portakabin.be/>

⁵⁶ Skilpod, <http://skilpod.com/>

worden ontworpen om te worden uit elkaar gehaald en ontmanteld, dan kan de restwaarde van een verouderd gebouw positief worden. Er zijn dan meer stimulansen om componenten en materialen te recupereren.

Sommige tools, zoals [BIM-software en het materialenpaspoort](#), maken het mogelijk om de hoeveelheid en kwaliteit van deze hulpbronnen te bepalen, alsook op welke termijn de materialen beschikbaar zijn voor nieuwe gebouwen. Recuperatie is alleen maar mogelijk als de materialen in de gebouwen geïdentificeerd en gedocumenteerd worden. Bij elk materiaal zou een (fysiek of virtueel) document kunnen horen, met alle nuttige informatie. Het zou tijdens de hele levensduur van het element in kwestie moeten worden bijgewerkt. Alle informatie in het paspoort moet de actuele toestand van de elementen weergeven. Een aandachtspunt hierbij is dat iemand moet instaan voor de juistheid van de verzamelde gegevens.

Het volgende zou nodig zijn om een materialenpaspoort en het concept van een materialenbank in praktijk te brengen:

- Informatie over bestaande gebouwen die materialenbanken zouden kunnen vormen, verzamelen, controleren, invoeren en verwerken.
- Een groot aantal gegevens bijeen brengen, afkomstig van de cartografie van elementen en materialen. Het belangrijkste is dat alle informatie over alle bouwelementen wordt bewaard in een database waarin elk element kan worden geïdentificeerd en opgevolgd. Een BIM-model kan op gebouwniveau het kader voor dataverwerking en -structurering bieden.
- De ingevoerde correcte informatie up-to-date houden, afhankelijk van de onderhoudsactiviteiten van de gebouwen, maar ook in functie van de evolutie van de prestatie-eisen.
- Hoewel deze elementen op hergebruik van de materialen gericht zijn, moet er nog fundamenteel onderzoek gebeuren naar het actualiseren van de bouwelementen met een lange levensduur, over de verantwoordelijkheid, de ontwikkeling van nieuwe oplossingen, over alle bestaande niet-gedocumenteerde gebouwen, enz.

Energieprestaties en circulair bouwen, betaalbaarheid van oplossingen

De laatste jaren hebben milieudoelstellingen en -regelgeving in de bouwsector geleid tot een grotere energie-efficiëntie van gebouwen. Enerzijds werden systemen voor warmteproductie efficiënter gemaakt, anderzijds werd de thermische isolatie van gebouwen verbeterd. Door de aandacht voor energiebesparing ontstonden technische en praktische oplossingen om gebouwen beter te isoleren en luchtdichter te maken. Dit heeft tot bepaalde praktijken geleid, zoals het gebruiken van gespoten isolatie (bv. type polyurethaan) op muren of vloeren. Om gebouwen luchtdicht te maken, moesten er ook meer kits, lijmen en andere expansieschuimen gebruikt worden. Nieuwe producten zoals sandwichpanelen of panelen met isolatieschuim bedekt met bakstenen worden verkocht om de energieprestaties van gebouwen te verbeteren.

Deze bouwprocedures dragen allerm minst bij tot de scheidbaarheid van de bouwlagen. Ze vertonen de neiging om de lagen vrijwel onscheidbaar te maken, zodat het werk bij ontmanteling en recyclage veel moeilijker wordt. Parallel met deze evolutie van de thermische vereisten en het comfort heeft de stijging van de kosten voor bevoorrading met bouwmaterialen het gebruik van “snelle” en “efficiënte” oplossingen voor modulaire bouwprocessen zoals prefab aangemoedigd.

De uitdaging voor de toekomst bestaat er dus in om deze prestatie- en efficiëntie-eisen te kunnen verenigen in nieuwe **gemengde oplossingen** voor zowel de energieprestaties van gebouwen als het circulaire karakter van de bouwelementen die tegelijkertijd betaalbaar blijven.

Nieuwe materialen

Op product- en materiaalniveau komen er innovaties, die zich inschrijven in de eco-design-principes. Eco-design van materialen wordt nog te weinig toegepast en er komen momenteel nog veel materialen op de markt die zijn ontworpen zonder rekening te houden met hun levens einde. Voor deze marktsector komt het er dus op aan om **producten en processen te ontwikkelen die de kringloop sluiten**.

Zoals reeds beschreven, zien talrijke producenten er een voordeel in om bouwafval dat bij de verwerking van hun producten ontstaat op te halen voor recuperatie in hun processen om nieuwe materialen te produceren.

De lokale productie van bouwmaterialen vermindert bovendien de milieu-impact ervan, omdat het transportaandeel in de milieubalans daalt. Lokale productie van bouwmaterialen stimuleert ook de relokalisatie van de economie door industriële ontwikkeling en het scheppen van banen.

In andere sectoren gaat men de weg op van het inbouwen van tracerings-elementen in hun producten, zodat ze kunnen worden gerecupereerd en aan het einde van hun leven gerecycleerd. Dit geldt onder andere voor de kunststoffen en meer bepaald voor verpakkingen. In elke kunststof wordt een polmeert-tracer voorzien, die onder andere toelaat namaak van echt te onderscheiden, maar ook om het type kunststof te kunnen identificeren aan het einde van de levensduur.⁵⁷

Daarnaast tracht men materialen efficiënter en performanter te maken. Zo is bijvoorbeeld door het gebruik van ultra-hogesterktebeton (UHPC) minder beton nodig voor eenzelfde toepassing, wegens veel hogere sterktes die het beton bereikt. Hierdoor kan ook de totale milieu-impact dalen – al is er wel een kostprijs aan gekoppeld. Ook onderzoekt men de mogelijkheden om bv. een dunne betonlagen met textielwapening te combineren met een dik pakket isolatie om zo tot zelfdragende lichte en materiaal-efficiënte bouwelementen te komen.

Een laatste materiaal-innovatie zit hem in materialen die zichzelf onderhouden (zelfreinigende oppervlakken), of die zelfherstellend zijn. Zo kunnen in beton bv. microcapsules worden ingewerkt, die bij blootstelling (dus als het beton scheurt) ervoor zorgen dat het beton terug 'dichtgroeit' en zo de levensduur ervan verlengen.

3D-printing

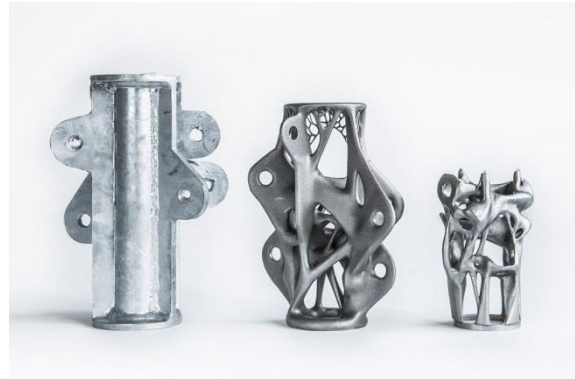
Het concept van 3D-printen in de bouwsector verwijst naar diverse technologieën die 3D-printen als basismethode gebruiken om gebouwen op te trekken of bouwcomponenten te verwezenlijken. Wegens de hoge kosten is voor 3D-printen op schaal van de bouwsector een uitgebreide en zorgvuldige voorbereiding nodig. 3D-printen kan beantwoorden aan de vraag van architecten en ingenieurs naar bouwcomponenten met een hoge waarde en hoge prestaties, bijvoorbeeld bij renovatie of de reproductie van bouwelementen bij erfgoed. 3D-printen is ook mogelijk voor de productie van elementen op maat die op een andere manier niet te verwezenlijken zijn.

⁵⁷ Bron: "Track plastics packaging with tracer-loaded masterbatch", *Plastics Today*, 06/03/11

De potentiële voordelen van deze technologieën omvatten een snellere constructie, lagere arbeidskosten, een grotere mogelijke complexiteit en/of precisie, een grotere integratie van de functies en minder afval bij de productie.

Er bestaan al diverse 3D-printmethodes die op schaal van de bouwsector gebruikt kunnen worden, voornamelijk: extrusie (beton / cement, was, schuim, polymeren), poederlijmen (polymeerbinding, reactieve binding, sintering) en additieflassen.

De bijgaande foto toont drie structurele knopen die dienen om kabels omhoog te houden boven een weg in Den Haag. Het duidelijk verschillende uiterlijk komt door het feit dat de linkse knoop door een mens is ontwikkeld en de rechtse door een computer (artificiële intelligentie). Bovendien, en dat is nog belangrijker, kan de rechtste knoop dezelfde belasting dragen, maar weegt hij 75% minder en is hij 50% kleiner. Dit laat vermoeden hoe ver design en esthetiek zich in de toekomst nog zullen ontwikkelen, wanneer computers onze wereld vorm zullen geven, en op die manier efficiënter materialen zullen gebruiken.



(bron : Arup⁵⁸)

⁵⁸ Arup, http://www.arup.com/news/2015_05_may/11_may_3d_makeover_for_hyper-efficient_metalwork

1.7. Economische uitdagingen

Circulair ontwerpen en bouwen gaat vanzelfsprekend gepaard met talrijke economische uitdagingen en opportuniteiten inzake werkgelegenheid, kosten en commerciële aspecten. Dit hoofdstuk wil een eerste blik op deze elementen werpen, die ook te maken hebben met de economische haalbaarheid van de beschreven technische ontwikkelingen.

Circulaire materialen

Over het algemeen hebben de economische uitdagingen vooral te maken met reële economische voordelen om meer kringloopmaterialen te gebruiken. [De kosten in de bouwsector](#) zouden immers kunnen stijgen als men producten en materialen van hoge(re) kwaliteit moet gebruiken of bouwprocedés waarbij men veel aandacht moet besteden aan hun valorisatiepotentieel aan het einde van hun leven. Het komt er dus vooral op aan om te komen tot kwalitatieve circulaire bouwprocessen die door hun kosten de vergelijking met de traditionele bouwwijze zouden kunnen doorstaan.

In die zin kunnen labels of certificaten helpen om producenten toe te staan zich te onderscheiden van hun concurrenten, wanneer zij door proactief onderzoek en ontwikkeling betere, innovatieve oplossingen ontwikkelen met minder grondstoffen en/of met gerecycleerde materialen, waardoor zij ook een marktaandeel kunnen veroveren of behouden.

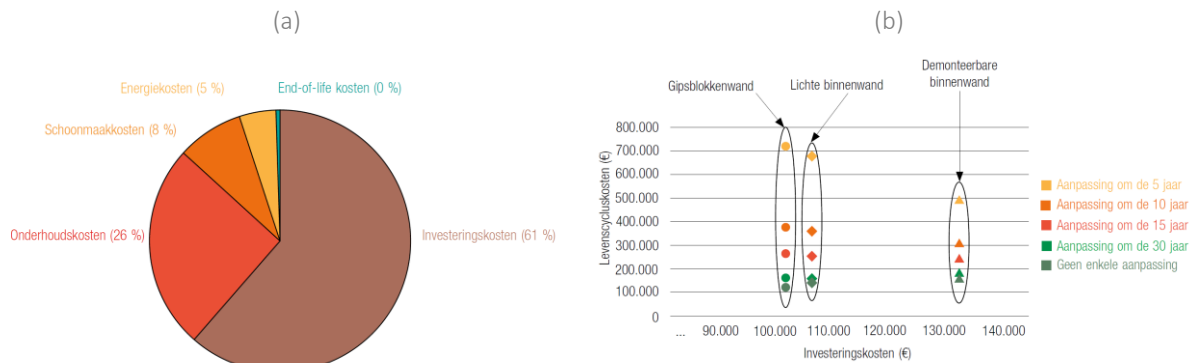
Een tweede uitdaging, die te maken heeft met de ontwikkeling van materialenpaspoorten en het bekijken van gebouwen als materialenbanken, komt voort uit het gebruik van instrumenten voor [digitaal bouwen](#). BIM-software gebruiken, veronderstelt een relatief zware investering. Om informatie te vergaren over elk bouwelement zullen **nieuwe beroepen** moeten worden gecreëerd, met nieuwe opleidingen, onder andere in het beheer van databases. Deze *data managers* zouden belast worden met het ontwikkelen, delen en beheren van elementen- en componentenpaspoorten in de bouwsector. Dit zou gebeuren via een systeem open source databeheer. Zij zouden bij hun taken geholpen worden door ontwikkelaars van materialenpaspoorten. Beide nieuwe beroepen zouden natuurlijk permanent in dialoog met elkaar moeten staan en met de verschillende actoren van de bouwcyclus, aangaande de beschikbare technologieën en de functionele en technische kenmerken van de gerecycleerde materialen, de ontwikkeling van ontwerpinnovaties, materialen en paspoortproducten, de ontwikkeling van innovaties van de module, enz.

Layering, bouwen in lagen en aanpasbaarheid: de kosten over de volledige levensduur

Een andere economische uitdaging heeft te maken met de kostprijs van het ontwerp in lagen en de aanpasbaarheid van gebouwen. Als men de kosten over de levensduur van een kantoorgebouw analyseert (afbeelding (a) hieronder) merkt men dat de investeringskosten (61%) en onderhoudskosten (26%) het grootste deel van de kosten tijdens de levenscyclus van het gebouw voor hun rekening nemen. Maar het zijn niet dezelfde componenten van het gebouw die in de verschillende levensfasen ervan de grootste kosten opleveren. De grootste investeringskosten zijn bijvoorbeeld afkomstig van de installaties (HVAC, elektriciteit en verlichting, liften) (30%) en de structuur (28%), terwijl de installaties vrijwel de helft (47%) van de onderhoudskosten uitmaken. De kosten aan het einde van de levenscyclus (afbraak en afvalverwerking) hebben slechts een beperkte impact op de totale kosten van de volledige levenscyclus (minder dan 1%): Omdat ze pas na 60 jaar worden gemaakt, wegen ze minder zwaar door in de balans (tijds waarde van geld).

Het WTCB heeft de toepassing van demonteerbare scheidingswanden bestudeerd, door ze te vergelijken (afbeelding (b) hieronder) met twee varianten (scheidingen in gipsblokken en lichte, niet-demonteerbare scheidingswanden). Voor elke variant is men uitgegaan van verscheidene scenario's,

waarin de indeling van het gebouw wordt gewijzigd na 5, 10, 15 of 30 jaar of tijdens de hele periode ongewijzigd blijft. Het is logisch dat de oorspronkelijke investering slechts kan worden afgeschreven na een minimaal aantal aanpassingen. Als men geen enkele aanpassing over de hele periode doorvoert, of slechts één enkele (groene waarden), dan is het niet interessant om extra middelen te investeren in demonteerbare wanden (hogere kosten over de levenscyclus). Maar als men het gebouw minstens één keer per 15 jaar aanpast, dan liggen de aanpassingskosten steeds hoger en blijken de demonteerbare wanden wel rendabel (rode waarden).



(bron : WTCB⁵⁹)

⁵⁹ WTCB, http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=wtcb_artonline_2013_4_nr13.pdf&lang=nl

2. Urban mining

« Imagine an economy in which today's goods are tomorrow's rebrons,
forming a virtuous cycle that fosters prosperity in a world of finite rebrons. »

Ellen MacArthur (Founder of the Ellen MacArthur Foundation, 2012)

« Selectief slopen is even logisch als het dragen van een jas in de winter en van een T-shirt in de
zomer. »

Sven De Meuter (Bestuurder, De Meuter Recycling - ABR)

Tegen 2050 zal naar verwachting 70% van de wereldbevolking in steden en verstedelijkte gebieden wonen. Aangezien steden concentraties van bevolking, economie, productie en consumptie zijn, bieden ze zowel de problemen als de oplossingen voor de uitdagingen op het gebied van duurzaamheid: grondstoffen, afval, klimaat, enz. Verstedelijking vereist enerzijds grote hoeveelheden materialen in de bouw-, onderhouds- en vervangingsfase en anderzijds zorgt de stedelijke ontwikkeling ook voor reservoirs aan materialen die door middel van 'stedelijke ontginning' of *urban mining* teruggewonnen kunnen worden. Echt duurzame steden van de toekomst zullen geen onderscheid maken tussen afvalstoffen en materialen. De steden worden geleidelijkaan de mijnen van de toekomst, terwijl de traditionele mijnen uitgeput raken. De meeste grondstoffen die noodzakelijk zijn voor de productie van bouwmaterialen zijn in grote hoeveelheden te vinden in onze stedelijke omgeving. Bijgevolg is het analyseren en inschatten van de types en volumes aan materialen, en hun ruimtelijke spreiding (vooral in stedelijke gebieden) een essentiële stap om oplossingen voor de uitdagingen van stedelijke duurzaamheid te bekomen.

Afvalstoffen als grondstoffen beschouwen, en de bebouwde voorraad als een potentiële bron van materialen, vereist een verandering van aanpak. Wanneer wordt overwogen om een gebouw te slopen, is het belangrijk voldoende tijd, ruimte en mankracht te voorzien om de materialen en bouwcomponenten op selectieve wijze te ontmantelen. Het ontstaan van een actieve, functionerende markt voor gerecupereerde materialen en componenten dekt dan idealiter de kosten voor demontage, opslag en doorverkoop. Dit moet ervoor zorgen dat gerecycleerde materialen voldoende beschikbaar en aantrekkelijk worden. Terwijl de restwaarde van gebouwen in de huidige aanpak als negatief wordt beschouwd, omdat er voor de sloop moet worden betaald, zou een verandering van paradigma de gebouwelementen als waardevol kunnen beschouwen, naargelang hun potentieel voor hergebruik, remanufacturing of recyclage.

In het vorige hoofdstuk, gewijd aan eco-design en circulair bouwen, werd beschreven hoe gebouwen kunnen worden ontworpen om een positieve waarde aan het einde van het leven te behouden door ze aanpasbaar te maken en ervoor te zorgen dat de materialen en onderdelen kunnen worden gerecupereerd. Ervoor zorgen dat gebouwen gedemonteerd kunnen worden, biedt de kans om ze aan te wenden op nieuwe plaatsen of voor nieuwe toepassingen, en maakt terugwinning, hergebruik of remanufacturing van de onderdelen mogelijk. Hierdoor daalt de afhankelijkheid van grondstoffen en wordt lokale werkgelegenheid gecreëerd. Als ze niet worden hergebruikt, kunnen ontmantelde bouwcomponenten worden ingezet in de kringloop van nieuwe en andere materialen.

Door zich te richten op de materiaalstromen afkomstig uit de bestaande gebouwen zal dit hoofdstuk zich bijgevolg concentreren op de beginselen van selectieve ontmanteling, van voorbereiding op hergebruik en hergebruik, van remanufacturing en van recyclage.

2.1. Selectieve ontmanteling en de afvalstoffeninventaris voorafgaand aan sloop

2.1.1. Beschrijving

Om materialen en producten aan het einde van hun leven in een nieuwe levenscyclus te kunnen aanwenden, is het essentieel om in te grijpen aan de bron door zorgvuldige en selectieve ontmanteling van de bouwelementen.

De belangrijkste doelstellingen van selectieve ontmanteling zijn het optimaal recycleren of hergebruiken van het merendeel van de elementen die afgebroken of vernieuwd zullen worden. Dat gebeurt door:

- Het opmaken van een inventaris om de mogelijkheden voor nuttige toepassing van elk type materiaal en/of product in het gebouw te beoordelen. De opdrachtgever laat deze inventaris best opmaken vooraleer hij beroep doet op een of meerdere aannemers voor de uitvoering van de werken.
- Het identificeren van contaminanten en gevaarlijke afvalstoffen (asbest, teer, pcb's, minerale oliën, zware metalen, enz.) in het gebouw om ze op de juiste manier uit de keten te verwijderen.
- Het selectief verwijderen en sorteren aan de bron om relatief homogene mono-afvalstromen te verkrijgen die optimaal gerecycleerd kunnen worden. Voor de ontmantelingsfase zijn specifieke inzamelinstrumenten en -middelen vereist die aangepast zijn⁶⁰ aan het te ontmantelen element⁶¹.

Vooraf moet worden bekeken aan de hand van verschillende (economische, technische en praktische) criteria in welke mate doorgedreven selectieve ontmanteling zinvol is, ten opzichte van de gangbare manier van slopen. Er wordt dus best zo vroeg mogelijk in het project een afvalstoffen- of sloop--inventaris opgemaakt die voor de aanwezige materialen in het gebouw de recyclagemogelijkheden inschat.

Deze inventaris⁶² bestaat uit een gedetailleerd overzicht per type materiaal: bijvoorbeeld de EURAL-code van de afvalstof, de hoeveelheden (aantal, gewicht of volume), de afmetingen, de locatie in het gebouw, eventueel foto's, en het mogelijke verwerkingstraject. De opmaak van de inventaris gebeurt via waarnemingen op het terrein, de plannen en bestekken van het oorspronkelijke bouwwerk, de as-builtplannen, de bouw- en milieuvergunningen, de reeds bestaande inventariseren (zoals de asbestinventaris), interviews met de gebruikers, historische documenten van het bouwwerk, topografische kaarten en luchtfoto's, enz.

Deze inventaris, die ook de pre-sloop audit wordt genoemd, kan dienen voor het plannen en optimaliseren van de ontmanteling of sloop van een gebouw. Hij maakt tevens een eerlijkere concurrentie tussen slopers mogelijk.

⁶⁰ Praktische fiches die samen een handleiding voor demontage van bouwmaterialen vormen zijn beschikbaar op de website van het Brussels Beroepsreferentiecentrum voor de Bouwsector <http://www.cdr-brc.be> en op <http://reuse.brussels/>

⁶¹ Het project DEMOCLES (<http://www.recylum.com/democles/democles.html>) biedt praktische fiches met methodologische aanwijzingen voor het verwijderen van elementen of uitrusting (vast tapijt, plinten, aardewerk, gevelbekleding van hout, van keramiek, pleisterwerk, schrijnwerk, sanitair, kabelgoten, scheidingswanden enz.)

⁶² In Vlaanderen is de pre-sloopinventaris is een wetgevende verplichting sinds mei 2009 voor gebouwen en installaties van een bouwvolume van meer dan 1000m³ die geen eenvoudige woonfunctie hebben (<http://www.vlaanderen.be/nl/natuur-en-milieu/afval/sloopinventaris-afvalstoffen>)

Selectieve sloop dient dus 2 doeleinden :

➤ **Beter sorteren op de werf**

De inerte fractie van de afvalstoffen is de grootste, en wordt nu reeds goed gerecycleerd in België. De percentages van nuttige toepassing voor de niet-inerte materialen zijn echter nog aan de lage kant. Vaak worden deze stromen bij de afbraak met elkaar gemengd en de behandeling ervan bestaat dikwijls uit verbranding of storten. Selectieve sloop van deze kleinere stromen zou een optimale valorisatie moeten aanmoedigen en bijgevolg het recyclagepercentage verhogen.

➤ **Ontmanteling met het oog op hergebruik**

Er moet aan verschillende criteria voldaan zijn om te beslissen of een bouwelement kan worden ontmanteld met het oog op hergebruik.

- Economische criteria:

De economische waarde van een element kan worden uitgedrukt in twee belangrijke posten: de levering van de materialen en de kostprijs van de plaatsing. De plaatsingskost is niet meer te recupereren, terwijl de kostprijs van het materiaal een zekere waarde vertegenwoordigt, die moet worden vergeleken met de investeringen die noodzakelijk zijn om het hergebruik (demontage, verpakking, transport, opslag, enz.) voor te bereiden en met de waarde van een nieuw gelijkwaardig materiaal.

- Technische criteria:

- Aanwezigheid van gevaarlijke stoffen: een verontreinigd materiaal is ongeschikt voor hergebruik.
- Het behoud van de mechanische eigenschappen: elementen die gedegradeerd zijn (bv. door vorstschade) of waarvan de demontage riskant zou zijn, hebben geen hergebruik-potentieel.
- Het behoud van esthetische eigenschappen: de slijtage van een element kan het hergebruik een element aanmoedigen of ontmoedigen (een 'doorleefd' materiaal wordt vaak gewaardeerd terwijl een bekrast product vaak wordt weggegooid).
- De mogelijkheid om het materiaal te verwerken, vervoeren en op te slaan : sommige materialen (zoals inerte) vereisen geen bijzondere opslagomstandigheden, voor andere is bv. een overdekte loods nodig.
- De eenvoud om de materialen opnieuw te gebruiken: Moet het ontwerp aangepast worden, of kan het gewoon ter vervanging van een standaardmateriaal worden aangewend? Goed documenteren waaruit het materiaal afkomstig is, kan de toekomstige toepassing helpen.
- Het gemak om te worden gedemonteerd: de bevestigingen van het element moet omkeerbaar en toegankelijk zijn, het element moet gemakkelijk verplaatsbaar kunnen zijn in het gebouw.

- Andere criteria:

- Series : een element dat in veel gebouwen in beperkte oplage aanwezig is, kan het potentieel interessant maken voor hergebruik.
- Wijzigingen in normen en regelgeving kunnen een bouwelement dat technisch verouderd is geraakt, ongeschikt maken voor hergebruik.
- De waarde van unieke stukken, erfgoed, ...: de erkenning van architectonische antiquiteiten moedigt het hergebruik van deze elementen aan.

2.1.2. Voorbeelden en goede praktijken

NAVO – Bouw van de nieuwe NAVO-hoofdzetel in Brussel: gebruik van de afvalstoffeninventaris

Bij de afbraak van de oude legerbasis 'Albert I' in Evere met het oog op de bouw van de nieuwe hoofdzetel van de NAVO, zou naar schatting 200 000 ton inert afval of steenpuin, vrijkomen. Binnen het Europese onderzoeksproject IRMA (Integrated Decontamination and Rehabilitation of Buildings, structures and Materials in Urban renewal) werd bestudeerd binnen welke context het financieel, ecologisch en praktisch interessant zou zijn om deze hoeveelheid puin op de site zelf te recyclen en te gebruiken als nieuwe grondstof.

Typisch wordt een sloop- of afvalstoffeninventaris gebruikt om de gecontamineerde elementen te identificeren en om een correcte prijsvraag naar de sloopaannemers toe te kunnen organiseren (eerlijke concurrentie). In het geval van de afbraak in Evere, bleek een goed opgestelde sloopinventaris ook een interessant startpunt om de afbraakfase en het erop volgende recyclageproces te optimaliseren.

De meer dan 60 gebouwen werden in kaart gebracht, en het aanwezige inerte afval werd in verschillende 'kwaliteitscategorieën' ondergebracht: beton van goede kwaliteit, beton van gemiddelde kwaliteit, gemengd puin, asfalt, cellenbeton, enz. Dit onderscheid in kwaliteit liet toe om vervolgens voor de verschillende types 'puin' een interessante 'on-site' oplossing te zoeken: gebruik van het beton van prefab-elementen en wegen voor granulaten in nieuw beton, gebruik van het mengpuin in onderfunderingen, enz. Wanneer men dergelijke hoeveelheid immers wil gebruiken op de site, moeten er voldoende toepassingen voorhanden zijn.

Daarnaast werd een evaluatie gemaakt van de winsten inzake kostprijs, transport en milieu-impact, wanneer het materiaal on-site werd gehouden, in plaats van afgevoerd per vrachtwagen. Dit laatste scenario impliceert ook dat ongeveer 200 000 ton nieuw materiaal (zand, granulaten, ...) aangevoerd moest worden. Uit de vergelijking van de scenario's, steunend op de cijfers van de pre-sloop audit, bleek duidelijk dat on-site interessanter was dan off-site, mits voldoende toepassingen en voldoende tijd beschikbaar: er kon 2 miljoen € worden uitgespaard, evenals meer dan 350 000 km transport. Het projectmanagement-team heeft dan ook voor deze optie gekozen.



(bron : NAVO, Belgisch leger & WTCB)

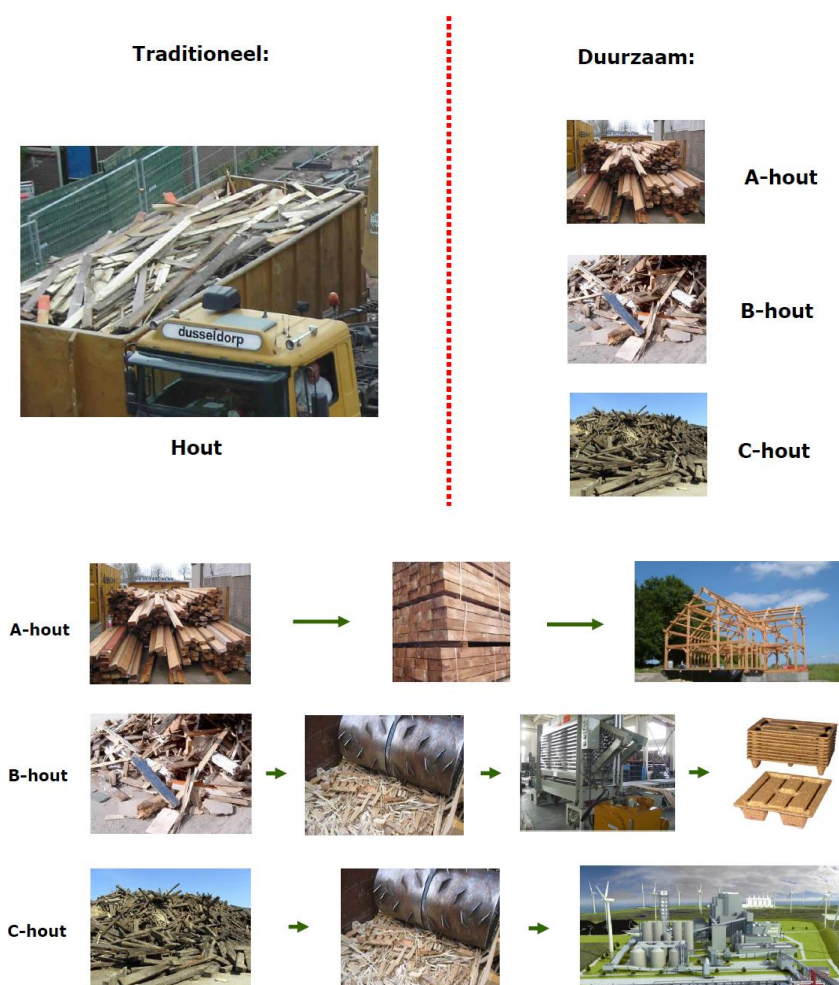
Opmerkingen

Uiteraard betreft het een uitzonderlijk project van uitzonderlijke omvang. Maar ook voor kleinere projecten (vanaf 20 kton) is een optimalisatie mogelijk. Het Projectmanagement-team van het Belgisch leger zag de afbraakfase niet als een last en als de productie van 'afval', maar eerder als opportuniteit en de productie van nieuwe grondstoffen voor de werf.

SELECTIEVE SLOOP : bron van nieuwe grondstoffen

Het Nederlandse bedrijf Dusseldorp tracht via doorgedreven scheiding op de sloopwerf zich te onderscheiden van andere bedrijven. Traditioneel worden sloopwerken zo snel en efficiënt mogelijk uitgevoerd, en scheidt men in 4 grote stromen : steenachtig, hout, ferro en de overige materialen. Dusseldorp tracht 24 aparte stromen te creëren op de bouwwerf, om deze vervolgens rechtstreeks af te voeren naar verschillende partijen die deze materialen als grondstoffen kunnen gebruiken.

Zo wordt bv. het hout niet meer in 1 grote container gegooid, waardoor deze een mix is van A- B- en C-hout, en enkel laagwaardig kan worden gevaloriseerd, maar wordt een opsplitsing gemaakt, waardoor A-hout kan worden gerecycleerd. Ook het B-hout nog kan worden hergebruikt. Gezien de stijgende prijzen voor hout-afval, wordt dit op termijn een rendabele inspanning.



TIVOLI⁶³ (Belgacom-gebouw) – ROTOR Deconstruction (aannemers BAM-CFE-Jacques Delens)

(Brussel, België – 2016)

Doelstelling

Aan een gebouw dat oorspronkelijk bestemd is om te worden gesloopt werden een aantal materialen onttrokken met het oog op hergebruik (vloerbedekking, wandbekleding, sanitair, enz.).

Uitvoering

Er werd gewerkt in drie stappen: het opmaken van een pre-sloopinventaris, de fase van de ontmanteling van de materialen en de opmaak van de balans van de operatie.

- Inventaris (zie afbeelding (a) hieronder)

Deze eerste fase was bedoeld om de elementen te identificeren en kwantificeren die op of buiten het terrein kunnen worden hergebruikt. In een samenvattende tabel worden vervolgens een fotoreportage, het type element en de locatie ervan, de te recupereren hoeveelheid (in oppervlakte) en de geschatte totale massa opgenomen. Vervolgens worden ontmantelingstests uitgevoerd om het werkelijke potentieel voor hergebruik van de geïnventariseerde materialen te bevestigen. Deze fase stelt het ontmantelingsbedrijf in staat om enerzijds te bevestigen welke elementen ontmanteld zullen worden en anderzijds zijn werken te plannen (menskracht, soort gereedschap, duur, enz.)

- Ontmanteling

Deze tweede fase, die de eigenlijke werken omvat, bestaat uit verschillende stappen :

- Ontmanteling (afbeeldingen (b), (c) en (d) hieronder): dit is de fase van het losmaken van de elementen. Bij dit project werd deze stap uitgevoerd door laaggeschoolde werkzoekende arbeiders.
- Voorbereiding voor verpakking (afbeeldingen: (e) en (f) hieronder): in de ontmantelingsfase wordt een (soms aanzienlijk) deel van de materialen per ongeluk beschadigd of vernield, waardoor ze niet meer geschikt zijn voor toekomstig hergebruik. Bij dit project werden voorbeelden van ongeschikte materialen voor hergebruik aan de arbeiders getoond om hen enerzijds bewust te maken van de uitvoering van hun werk en anderzijds de verpakking van de elementen voor te bereiden.
- Verpakking en verwijdering (afbeeldingen (g) en (h) hieronder): de ontmantelde elementen die geschikt zijn voor hergebruik worden vervolgens verpakt in gemakkelijk te hanteren containers voor de verwijdering ervan.
- Voorbereiding voor verkoop of voor hergebruik (afbeeldingen (i), (j) en (k) hieronder): terug bij het ontmantelingsbedrijf worden de teruggewonnen materialen schoongemaakt, geïnventariseerd en bestudeerd in historisch opzicht om ze zo goed mogelijk te karakteriseren met het oog op hun wederverkoop voor hergebruik.

- Balans




De balans van deze operaties is vrij positief voor alle actoren die betrokken zijn bij deze actie:

- Voor de algemene aannemer: de balans is vrij neutraal, omdat de hoeveelheid gratis teruggewonnen en afgevoerd materiaal (in dit geval) door de ontmantelaar een (klein) bedrag vertegenwoordigt dat hij niet zal moeten betalen aan slopen en verwijderen bij een klassieke sloop

⁶³ BAM, <http://www.bamcontractors.be/fr/projects/laken-tivoli/>

- o Voor het ontmantelingsbedrijf : hoewel de ontmantelingsfase met eigen middelen gefinancierd is (in dit geval), wordt de operatie gecompenseerd door de wederverkoop van kwaliteitsvolle en zorgvuldig ontmantelde bouwmaterialen.
- o Voor de architect: in dit geval werd de architect bewust gemaakt van het potentieel voor hergebruik van de gedemonteerde vloerdelen en kon zijn klanten overtuigen van het belang voor het project om ze ter plaatse te hergebruiken.

De balans is dus positief op verschillende niveaus: de hergebruikte bekleding heeft een aankoopprijs die vergelijkbaar is met die van gelijkwaardige nieuwe bekleding (in dit geval), de milieu-impact is lager, het erfgoedaspect is ook een toegevoegde waarde.

		Type d'élément	Quantité à récupérer	Masse (éval.)
V		Carrelage céramique 10x10 cm, damier rouge / beige moucheté	200 m² (>400 m² en tout dans le bâtiment, ~50 % de perte au démontage)	5600 kg
V		Carrelage mural émaillé jaune	140 m² (~190 m² en tout dans le bâtiment)	3100 kg
V		Tablettes de fenêtre en marbre, épaisseur 2 cm	Min. 60 m courants (tout)	850 kg
(a)	(b)	(c)	(d)	



(e) (f)



(g)



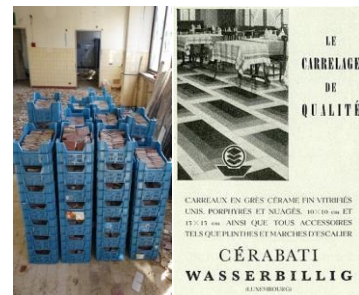
(h) (i)



(j)



(k)





(bron : WTCB en ROTOR)

Opmerkingen

Deze selectieve ontmanteling met het oog op hergebruik was mogelijk, rekening houdend met een aantal omstandigheden: afstemming van de planning tussen de ondernemingen, goede wil van de opdrachtgever, pilootproject, enz.

MAISON DES ASSOCIATIONS IN ESNEUX⁶⁴ (aannemer Corman-Halleux G. & fils) & SCHOOLGEBOUW IN BRAINE L'ALLEUD⁶⁵ (aannemer Franki) - Atelier d'architecture Alain Richard

Idee

Hoewel twee verschillende renovatieprojecten betreft, heeft de architect in beide projecten bijzondere aandacht besteed aan een zorgvuldige ontmanteling van de elementen die geschikt waren voor hergebruik ter plaatse.

Uitvoering

Deze insteek heeft in beide projecten geleid tot :

- Het opmaken van een inventaris van de met zorg te ontmantelen elementen (afbeeldingen (a) tot (f) hieronder) (signalisatie-elementen, ramen, sanitair, verwijderbare wanden, tapijttegels)
- Selectieve ontmanteling van deze materialen en hun specifieke verpakking: tapijttegels worden zorgvuldig opgeslagen op pallets (afbeelding (e) hieronder)
- De integratie van specifieke bepalingen voor ontmanteling en hergebruik in de verschillende bestekken en beschrijvende meetstaten (afbeeldingen (g), (h) en (i) hieronder).

⁶⁴ Atelier Architecture Alain Richard, http://www.aa-ar.be/projet.asp?projet_id=20

⁶⁵ Atelier Architecture Alain Richard, http://www.aa-ar.be/projet.asp?projet_id=45



Cahier spécial des charges n°075
CLAUSES ADMINISTRATIVES

CGC Art. 33. : DÉMOLITIONS

L'attention des adjudicataires des lots 1, 2 et 3 est dès à présent attirée sur la nécessité de maintenir au chantier certains éléments issus du démontage, notamment des cloisons, de sorte à les remettre en œuvre dans le cadre du chantier. Ces éléments sont définis au mètre descriptif.

**Bijzonder bestek nr. 075
ADMINISTRATIEVE BEPALINGEN**

BB Art. 33: SLOOP

De aandacht van de aannemers van de percelen 1, 2 en 3 wordt nu al gevestigd op de noodzaak om bepaalde elementen afkomstig van de demontage op de bouwplaats te houden, namelijk de tussenwanden, zodat ze opnieuw aangewend kunnen worden in het kader van het project. Deze elementen worden omschreven in de beschrijvende opmetingsstaat.

(h)

Cahier spécial des charges n°075
CLAUSES TECHNIQUES

C.T. 070 DEMOLITIONS, DEMONTAGES ET PERCEMENTS

Toute démolition implique l'évacuation de tout débris et tout débris, cependant certains matériaux précisés au mètre descriptif sont destinés à être remis en œuvre dans le cadre du marché. Il sont alors soigneusement stockés ou mis en dépôt sur une aire qui leur est réservée, et protégés au besoin.

(i)

**Bijzonder bestek nr. 075
TECHNISCHE BEPALINGEN
TB 070 SLOOP, DEMONTAGE EN DOORBORINGEN**

Elke sloop impliceert de verwijdering van alle afval en alle puin. Sommige materialen die verduidelijkt worden in de beschrijvingen opmetingsstaat moeten echter opnieuw worden aangewend in het kader van de opdracht. Ze worden dus zorgvuldig opgeslagen of gedeponeerd op een ervoor voorbehouden zone en zo nodig beschermd.

Cahier spécial des charges n°075

METRE DESCRIPTIF – LOT 1

2 PREMIER ŒUVRE

2.1 DEMONTAGES

Sauf stipulation contraire,

- les éléments démontés qui ne doivent pas être remis en œuvre deviennent propriété de l'adjudicataire et doivent être évacués hors du chantier. L'évacuation éventuelle est incluse dans le prix de l'article
- les éléments qui doivent être remis en œuvre et qui sont renseignés comme tels sont entreposés et protégés dans un endroit du chantier à soumettre à l'auteur du projet.

(bron : aa-ar (Atelier d'architecture Alain Richard))

Bijzonder bestek nr. 075

BESCHRIJVENDE OPMETINGSSTAAT – PERCEEL 1

2 EERSTE WERK

2.1 DEMONTAGE

Tenzij anders bepaald

- worden gedemonteerde elementen die niet opnieuw aangewend moeten worden, eigendom van de aannemer en moeten verwijderd worden van de bouwplaats. De eventuele verwijdering is inbegrepen in de prijs van het artikel
- worden elementen die opnieuw aangewend moeten worden en die als zodanig aangeduid zijn, opgeslagen en beschermd op een plek op de bouwplaats die goedgekeurd moet worden door de opdrachtgever.

2.2. Hergebruik

2.2.1. Beschrijving

Hergebruik verwijst naar elke handeling waarbij materialen of producten opnieuw worden gebruikt voor hetzelfde doel als dat waarvoor ze zijn ontworpen.

Na de **ontmanteling** van de materialen volgt de **voorbereiding voor hergebruik** die uit meerdere stappen bestaat: verpakking, transport, reparatie, voorbereiding en eventuele reiniging, documentatie, opslag, promotie en verkoop. Reparatie en reiniging zijn handelingen die specifiek zijn aan elk van de ontmantelde bouwelementen voor hergebruik. De voorbereiding voor hergebruik kan worden uitgevoerd met verschillende chemische (oplosmiddelen), mechanische (zandstralen, borstelen, schaven of kogelstralen) of thermische procedés (verwarming of thermische shock).

Wanneer de materialen klaar zijn voor hergebruik, moeten ze op de markt kunnen worden gebruikt, dat wil zeggen **voorgeschreven**, verkocht en gebruikt worden. Het voorschrijven van hergebruiksmaterialen staat nog in zijn kinderschoenen. De belangrijkste reden hiervoor is dat handelingen voor hergebruik meestal in situ worden uitgevoerd in de fase van de gedeeltelijke (of totale) renovatie van het gebouw, meestal op basis van een overleg tussen de aannemer en de opdrachtgever die er vaak een economisch voordeel (en vervolgens milieuvoordeel) in ziet. De (meestal publieke) opdrachtgevers worden aangemoedigd om het gebruik van materialen voor hergebruik voor te schrijven door middel van de uitwerking van de bestekken⁶⁶ en selectiecriteria van de projectontwerpers⁶⁷.

Er bestaan **aankoop- en verkoopplatformen** voor bepaalde hergebruikte materialen die een overzicht geven van de aanbieders en de soorten materialen: Opalis⁶⁸ (gids van professionele handelaars, catalogussen met materialen, tools en praktische documenten, enz.) ; Youbric⁶⁹ (verkoop en aankoop van tweedehandse materialen voor professionals en particulieren, tutorials, enz.) ; Kapaza⁷⁰, ebay⁷¹ en 2dehands⁷² (verkoop van tweedehandse materialen); sommige leveranciers van materialen stellen specifiek materialen of bouwelementen voor hergebruik te koop naast nieuwe producten in hun rekken.

De **huidige trend in de sector** bestaat erin om zich steeds meer op hoogwaardige materialen (van opmerkelijke makelij of erfgoed/antiek) te richten. Het aanbod aan materialen van van gemiddelde kwaliteit, zoals deuren, ramen of sanitair, wordt schaarser.⁷³ Hoogwaardige materialen uit het typische architectonische erfgoed, zijn daarentegen wijdverbreid: blauwe hardsteen, keramische vloertegels, bakstenen, straatstenen, enz.

De gerecupereerde materialen zijn voornamelijk afkomstig van sloop- of renovatieprojecten wat een invloed heeft op hun uitzicht en hun structurele kenmerken. In tegenstelling tot nieuwe producten beschikken materialen voor hergebruik gewoonlijk niet over een garantie voor hun prestaties. Dat betekent dat de actoren in de bouw (architecten, aannemers en opdrachtgevers) zelf hun verantwoordelijkheid moeten nemen. Een goede kennis van de geschiedenis van het materiaal (waar

⁶⁶ Zie het "Vade-mecum pour le réemploi hors site" opgesteld door Rotor, dat u kunt downloaden op: <http://opalis.be/fr/pages/vademecum>

⁶⁷ Zie de "Guide pratique du réemploi et de la réutilisation des matériaux de construction" (Praktische gids voor hergebruik en recyclage van bouwmaterialen), die u kunt downloaden op: <http://www.cifful.ulg.ac.be/index.php/reemploi-des-materiaux>

⁶⁸ Opalis, <http://opalis.be/>

⁶⁹ Youbric, <http://beta.youboric.be/nl/>

⁷⁰ Kapaza, <http://www.kapaza.be/nl/doe-het-zelf-en-bouw>

⁷¹ Ebay, <http://www.befr.ebay.be/sch/Maison-Jardin-/11700/i.html>

⁷² 2dehands, <http://www.2dehands.be/doe-het-zelf-bouw/>

⁷³ Bron: "Opalis, <http://opalis.be/>

het vandaan komt, waarvoor het diende, hoe het werd gedemonteerd, enz.) maakt het mogelijk deze verantwoordelijkheid bewust te nemen.

2.2.2. Voorbeelden en goede praktijken

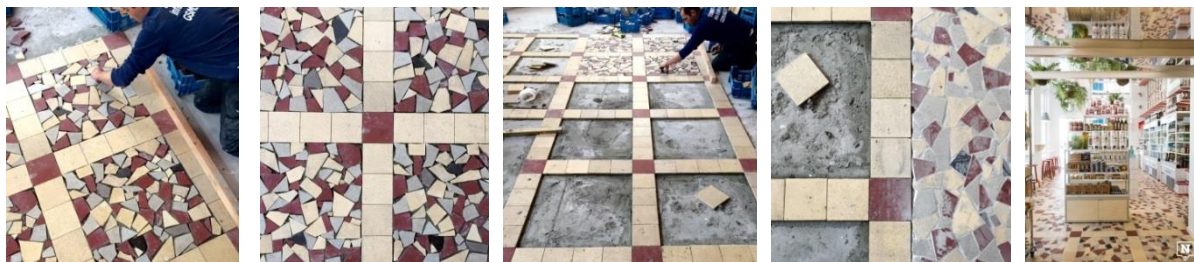
WINKEL MOOR & MOOR – Doorzon Interieur Architecten (Gent, 2015)

Idee

Hergebruik van keramische tegels als vloerbedekking.

Uitvoering

Bij de renovatie van een universiteitsgebouw in Luik werd een grote hoeveelheid « Cerabel » keramische tegels met geometrische Art Deco-patronen gedemonteerd. Rotor maakte een nauwkeurige inventaris op van de patronen voorafgaand aan de ontmanteling. Deze inventaris stelde de architecten van Doorzon in staat om de vloerbedekking te ontwerpen van de winkel die zij aan het inrichten waren. Ze hebben vervolgens, via een soort van kopiëren en plakken, verschillende patronen uit de inventaris overgenomen, met inbegrip van een opus incertum-patroon (afbeelding hieronder), gemaakt van gebroken keramische tegels.



(bron : floor designed by Doorzon for Moor&Moor in Ghent (picture: Cafeïne⁷⁴))

VILLA WELPELOO – 2012Architecten & Superuse Studio (entrepreneurs : J. Kerkhofs, Den Boer Bouwen en Installeren) (Enschede, Nederland – 2010)

Idee

Een woning maken van hergebruikte materialen.

Uitvoering

2012Architecten streeft ernaar om zo veel mogelijk overtollig materiaal te hergebruiken. Zij onderzochten de mogelijkheden en beschikbaarheid van afvalmaterialen in de buurt van de bouwplaats tijdens de ontwerpfase (zie Harvestmap hieronder). De gevonden materialen hebben nieuwe vormen en nieuwe manieren van bouwen voortgebracht. Voor de gevel, bijvoorbeeld, gebruikten de architecten houten binnenlatten van kabelhaspels (afbeeldingen (a), (b) en (c) hieronder). De draagstructuur is vervaardigd van stalen balken van een voormalige textielmachine (afbeeldingen (d) en (e) hieronder).

Superuse Studio maakte gebruik van de werkwijze van PlatoWood⁷⁵ om de kwaliteit van het teruggewonnen hout te verhogen. Het zachte hout waaruit deze spoelen bestaan wordt thermisch behandeld om de lage kwaliteit van het hout te verhogen tot een materiaal met een 5 keer langere levensduur met een goede stabiliteit en thermische isolatie. Het hout wordt verwarmd, gedroogd,

⁷⁴ <https://www.facebook.com/moormoorfood/>

⁷⁵ PlatoWood, <http://www.platowood.nl/>

geschuurd en behandeld met behulp van stoom afkomstig van een naburige warmtekrachtcentrale, en vormt hierdoor een goed voorbeeld van industriële symbiose. Er wordt geen chemische behandeling aangebracht op het hout tijdens het proces en het heeft geen andere bescherming nodig in zijn tweede leven.



(bron : Vila Welpeloo – Building Revolutions en SuperUse Studios⁷⁶)

BEDZED – Bill Dunster (ZEDFactory) (Wallington, Engeland – 2002)

Idee

Bouw van een 'zero waste', duurzame wijk waarin hergebruikte materialen zijn toegepast.

Uitvoering

Bioregional⁷⁷ is erin geslaagd om metalen kolommen en muren van harshoudende houtsoorten terug te winnen uit lokale sloopwerven om ze om te zetten in bruikbare nieuwe structurele componenten (afbeeldingen (b), (d) en (e) hieronder). De stalen structuur van de gebouwen bestaat uit 98 ton structurele metalen profielen. De binnenwanden zijn houten panelen met een pleisterlaag (afbeelding (c) hieronder) waarbij 90% van het hout van afkomstig is van hergebruik.

Naast de lokale arbeidskrachten zijn overigens alle bouwmaterialen afkomstig uit de omgeving, binnen een straal van 65 km.

Het teruggewonnen bouwstaal en bouw hout zijn goedkoper dan nieuwe materialen en bieden respectievelijk 96% en 83% besparing op de milieu-impact. BedZED produceerde 3404 ton hergebruikte en gerecycleerde materialen, dat wil zeggen 15% van het totaal van de materialen. De gebruikte gerecupereerde materialen waren goedkoper dan of gelijk aan de conventionele optie, zelfs na de extra arbeidstijd van het personeel dat zorgde voor de toelevering van het materiaal.

⁷⁶ <http://superuse-studios.com/index.php/2009/10/villa-welpeloo/>

⁷⁷ Bioregional, <http://www.bioregional.com/bedzed/> en http://www.bioregional.com/wp-content/uploads/2014/11/BedZED_toolkit_part_1.pdf

Hoogwaardige teruggewonnen materialen zoals deuren of bouwstaal zijn geen producten die beschikbaar zijn op de markt en er moet een bereidheid zijn om te werken aan een betrouwbare toelevering van de materialen.

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(bron : ZEDFactory⁷⁸ & BioRegional)

⁷⁸ <http://www.zedfactory.com/bedzed>

2.3. Remanufacturing

2.3.1. Beschrijving

Bij remanufacturing wordt de gebruikte gebouwcomponent [terug op het kwaliteitsniveau gebracht van een nieuw product](#) en beantwoordt het aan de specificaties van het oorspronkelijke product. Vaak wordt er ook terug een garantie op gegeven. Remanufacturing gaat een stap verder dan herstellen of bijwerken ("refurbishment" in het Engels) of voorbereiding voor hergebruik. In het laatste geval wordt het gebruikte element op een aanvaardbaar kwaliteitsniveau gebracht en gaat het om minder ingrijpende, meer "esthetische" bewerkingen, zoals het aanbrengen van een nieuwe coating of verflaag. Remanufacturing maakt het dus mogelijk het product een tweede leven te geven dat identiek is aan het eerste.

Het [herfabricageproces](#) omvat meerdere stappen. De eerste bestaat uit het zo zorgvuldig mogelijk ontmantelen van het product. Dit wordt vervolgens geïnspecteerd en gesorteerd : alleen de producten met het hoogste potentieel om terug op de markt te brengen worden behouden. Vervolgens wordt het product gereinigd, meestal via een industrieel proces, eventueel gerepareerd en opnieuw geconfigureerd. Het is eventueel ook mogelijk om nieuwe functionaliteiten toe te voegen. Een product "als nieuw" wordt vervolgens geproduceerd door eventueel nieuwe en gerepareerde elementen te combineren. Ten slotte wordt het product onderworpen aan kwaliteitscontroles voordat het op de markt wordt gebracht.

Doordat de technische evoluties in de bouw snel gaan (en producten een lange levensduur doorlopen), is het waarschijnlijk dat het potentieel aan remanufacturing voor bouwproducten vrij beperkt is.

Er bestaat echter een markt voor bepaalde gerecupereerde materialen van architecturaal en historisch belang, zoals bijvoorbeeld guillotineramen. Deze laatste zijn zeer duurzaam en kunnen met winst worden verkocht, wanneer ze weer in goede staat worden gebracht, door de reparatie en vervanging van bepaalde technische elementen. Ook is een update mogelijk door toevoeging van dubbel glas. Ook technische installaties, die een kortere levensduur hebben dan het gebouw, kunnen voor remanufacturing in aanmerking komen.

Dus om in aanmerking te komen voor remanufacturing moet een product voldoen aan [verschillende criteria](#):

- Het product kan worden gedemonteerd en opnieuw gemonteerd. Montage-/demontage-instructies zijn dus soms noodzakelijk en zouden moeten worden bewaard.
- Het product is eventueel gestandaardiseerd en zijn onderdelen en componenten zijn verwisselbaar.
- Het product maakt gebruik van technologieën die weinig veranderen of het kan worden aangepast aan de veranderende normen.
- De toegevoegde waarde van het gebruikte product blijft hoog.
- De aanschafkosten (gewoonlijk de ontmantelingskosten) zijn laag in vergelijking met de toegevoegde waarde ervan.

2.3.2. Voorbeeld en goede praktijk

DITTO-MODEL⁷⁹ VAN BESLAG – Rotor⁸⁰

Idee

Het gebruik van gerecupereerde materialen zou even eenvoudig moeten zijn als het gebruik van nieuwe materialen. De sleutel daarvoor is het juiste distributiesysteem, volgens ROTOR.

Uitvoering

Rotor heeft Ditto gelanceerd: een kwaliteitslabel voor gerecupereerde, gerepareerde en weer in goede staat gebrachte materialen. Elk Ditto-product wordt gereinigd en geclassificeerd (afbeelding (a) hieronder). Alleen de elementen die even goed zijn dan nieuwe worden verpakt en voorzien van een barcode (afbeelding (b) hieronder). De remanufactured en weer in goede staat gebrachte elementen worden lokaal gevonden en over het algemeen 30 tot 50% goedkoper verkocht dan gelijkwaardige nieuwe elementen. Beslagelementen worden ook weer in goede staat gebracht en te koop aangeboden naast nieuw beslag (afbeelding (c) hieronder).



(bron : DITTO by Rotor Deconstruction)

⁷⁹ Rotor, https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=611753072336673&id=379719548873361

⁸⁰ Rotor, <http://www.rotordb.org/>

2.4. Recyclage

2.4.1. Beschrijving

Selectieve sloop streeft 2 doelen na, met het oog op de beste valorisatie van de materialen: hergebruik en het goed sorteren met het oog op recyclage. Vergeleken met de totale massa aan afbraak uit bouw, renovatie en sloop, blijft hergebruik een beperkt afzetkanaal. Hoewel hergebruik (en remanufacturing) bestaan, moet voor de meeste afvalstromen dus een valorisatieoplossing gevonden worden via recyclage.

De recyclage van inerte, steenachtige afvalstoffen (beton, baksteen, asfalt, ...) gebeurt al jarenlang in België, en bereikt een recyclinggraad van meer dan 90%⁸¹. Meestal wordt het puin gebroken tot granulaten die kunnen dienen voor de productie van beton of funderingen van wegen. We zien momenteel een groeiende interesse van de markt voor de recyclage van andere fracties, zoals gips, cellenbeton, dakbitumen, etc.

Recyclage is de verwerking **van afval (secundaire grondstof) in een productieproces van materialen**, voor hetzelfde of een ander doel dan het oorspronkelijke materiaal.

In theorie kunnen materialen oneindig worden gerecycleerd, maar het gebruik en de recyclageprocessen degraderen vaak de materiaaleigenschappen. Hierdoor wordt in feite vaak aan **downcycling** gedaan. De productie, op basis van gerecycleerde materialen, met een hogere waarde dan de oorspronkelijke producten of materialen wordt **upcycling** genoemd. Recyclage kan in een open kringloop, zgn. 'open loop' (recyclage in een andere toepassing, bijvoorbeeld, het breken van beton tot granulaten voor gebruik in een fundering) of in een gesloten kringloop, zgn. 'closed loop' (recyclage in dezelfde toepassing, bv recyclage van gips in nieuw gips⁸²).

Opdat een materiaal recycleerbaar is, moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan:

- De materialen moet technisch recycleerbaar zijn: er dient een technisch procedé voorhanden te zijn
- De componenten moeten beschikbaar zijn en niet verontreinigd zijn.
- De recyclage moet (zoals elke opwerking van materiaal) economisch rendabel zijn.

Een **recyclageproces** verloopt gewoonlijk in 4 of 5 stappen. Uiteraard varieert dit naargelang de gerecycleerde materialen die worden beschouwd:

- Controle en acceptatie van de afvalstoffen: afvalstoffen met een te hoog gehalte aan verontreinigende stoffen wordt verwijderd of geweigerd.
- Het sorteren van de afvalstoffen: het sorteren van de afvalstoffen kan handmatig (vaak) of automatisch (naar korrelgrootte, magnetisch, optisch, naar soortelijk gewicht) gebeuren.
- Verkleining: de afvalstoffen worden vervolgens vermalen of gebroken.
- Omzetting: de afvalstoffen worden vervolgens omgezet in (sub)producten (of secundaire grondstof) door middel van een mechanische, chemische of thermische behandeling.

⁸¹ De Europese Commissie legt in haar Richtlijn 2008/98/EG een recyclagepercentage van 70% (in massa) op voor bouw- en sloopaafval <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>

⁸² Gypsum to Gypsum, <http://gypsumtogypsum.org/>

Concreet worden veel materialen afkomstig van sloop- of bouwafval op dit moment (2017):

- goed gerecycleerd: inerte afvalstoffen, metalen, onbehandeld hout, grond en verpakkingen van papier en karton
- matig gerecycleerd: profielen (ramen), cellenbeton, leidingen en kabels van PVC, glas, houten verpakkingen en kunststof verpakkingen
- weinig gerecycleerd: kunststoffen van PP of PE (behalve de verpakkingen), pvc-folie, gips, houtcomposietproducten (MDF, OSB, enz.) en klein gevaarlijk afval
- niet of zeer weinig gerecycleerd: isolatie (XPS, EPS, PUR, PIR, organisch, enz.), afwerkingslagen, composietelementen, dakbedekkingen (elastomeer of bitumen) en geïmpregneerd hout.

2.4.2. Voorbeelden en goede praktijken

RECYHOUSE – WTCB (Limelette, 1999)

Idee

Met deze woning wil het WTCB aantonen dat het mogelijk is een gebouw op te richten met producten die bijna uitsluitend bestaan uit gerecycleerd materiaal dat voldoet aan de eisen van de moderne bouwkunde, zonder de uiteindelijke prestaties van het gebouw in gevaar te brengen of de kostprijs ervan te verhogen.

Uitvoering

Het RECYHOUSE⁸³ is een demonstratiegebouw (een eengezinswoning met een kelder, een verdieping en 3 bijgebouwen) gebouwd op het terrein van het proefstation van het WTCB, in Limelette. Het gebouw bevat een groot aantal nieuwe materialen die voornamelijk bestaan uit recyclagemateriaal afkomstig van bouw- en sloopafval van gebouwen en infrastructuurconstructies. Andere materialen vinden hun oorsprong in de herwaardering van afval of bijproducten uit andere bedrijfstakken.

Het gaat hier om nieuwe materialen, die bekomen werden door een industriële verwerking als afval, en dus niet om recuperatiemateriaal (zoals herbruikbare houten balken, dakpannen, ...).

Het doel bestond er niet in de best presterende producten voor een bepaalde toepassing te gebruiken, maar wel zoveel mogelijk verschillende materialen uit gerecycleerd afval te demonstreren, die anno 1999 in Europa in de handel waren. Het gebouw werd zodanig ontworpen dat enkel het geraamte dragend is. Alle muren, met inbegrip van de gevels, kunnen verwijderd worden zonder de stabiliteit van het gebouw in gevaar te brengen. Deze benadering zorgt ervoor dat een groot assortiment erg diverse producten kon worden gebruikt. Uiteindelijk werden meer dan 150 materialen aangewend. Voor elk ervan werd een technische fiche⁸⁴ opgesteld in samenwerking met de fabrikant. Deze fiche bevat:

- het adres en verdere gegevens van de fabrikant
- een presentatie van het product (plaatsingsschema, foto's, ...)
- de samenstelling van het product en de herkomst van de gebruikte afvalstoffen
- het fabricageproces
- het toepassingsgebied
- de verkregen goedkeuringen en certificaten

⁸³ Het Recyhouse waarvoor vijf jaar werk nodig was, kreeg steun van de Europese Commissie in het kader van het financiële instrument "Life" (DG Milieu).

⁸⁴ Deze informatiefiches kunnen gedownload worden op de website: <http://www.recyhouse.be>

- de identificatie (formaat, kleur, soortelijke massa, ...)
- de prestaties (sterkte, isolatie, brandgedrag vochtgedrag...)
- de toepassingsmethode
- een prijsindicatie
- indien van toepassing, de vermelding van andere gerecycleerde producten van gelijkwaardige samenstelling, vervaardigd door hetzelfde bedrijf



Maquette van de vloer in een kamer op de verdieping: men ziet er de onderlaag van de dekvloer uit polyurethaanafval, de dekvloer zelf uit polyurethaan-, alsook de bedekking bestaande uit twee houtvezelplaten met een verschillende hardheid.



Door een gedemonteerd aanzicht van een scheidingswand in een kamer op de verdieping kan men de isolatie uit gerecycleerd polyethyleen zien, evenals een plaat uit gerecycleerd cellulose en stro, bedekt met een plaat van geveerd sulfogips. De vloerbedekking bestaat uit houtvezelplaten.

(bron : WTCB, www.recyhouse.be)



Scheidingswanden op de verdieping: vooraan, sulfogips- en fosfogipsplaten, bedekt met een isolatiemateriaal uit gerecycleerd polyethyleenschuim, de scheidingswand achteraan bestaat uit gipsplaten met gerecycleerd papier.

KAMIKATZ PUBLIC HOUSE⁸⁵ – Hiroshi Nakamura & NAP (Kamitsu Tokushima, Japan – 2015)

Idee

De stad Kamitsu wil de eerste stad ter wereld zonder afval worden. Daarom heeft de stad besloten om een openbaar huis ("PUBLIC house", zijnde een kruidenierszaak, bar, brasserie, inclusief meubilair) te bouwen dat uitsluitend bestaat uit materialen afkomstig van recyclage.

Uitvoering

Om het PUB tot een lokaal symbool van de stad te maken, werd een gevel opgebouwd met ramen, die afkomstig zijn van oude verlaten huizen, tot acht meter hoog geplaatst (afbeelding (a) hieronder).

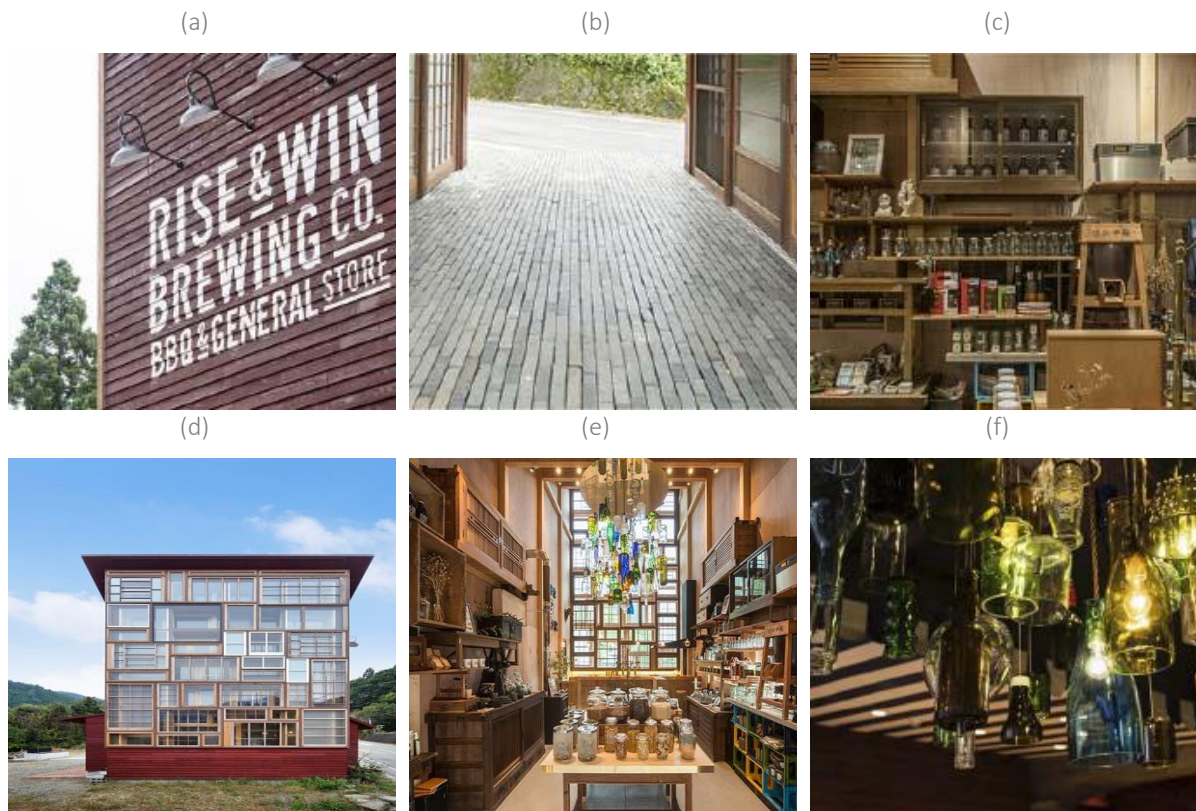
De architecten hebben meubels getransformeerd en gereconstrueerd zoals landbouwmachines gevonden in het recyclagecentrum om als display te gebruiken voor de verkochte waren (afbeeldingen (c) en (e) hieronder). Lokaal geproduceerd afval van cederhout werd gekleurd met natuurlijk verkregen looizuur van kaki en aangebracht op de buitenmuur. Men gebruikte achtergelaten voorwerpen in een

⁸⁵ Nakamura, <http://www.nakam.info/en/>

tegelfabriek voor de vloer, lege flessen om een kroonluchter te maken, in de stad vervaardigd hout voor de schoorsteen en kranten als behangpapier.

De buitenmuren van de brasserie zijn gemaakt van hout van lokaal gekweekte bomen. Het houtafval van een molen in de stad werd hergebruikt voor de buitenmuren (afbeelding (a) hieronder). Onregelmatige stukjes geproduceerd bij de recyclage van baksteenafval werden hergebruikt voor de paden (afbeelding (b) hieronder). De rekken en tafels met een unieke vorm zijn allemaal gemaakt van schroot van het Zero-Waste-station van de stad Kamitsu.

De stad werd erg geïnspireerd door dit bouwwerk en heeft onlangs een recuperatie-plaats voor bouwmaterialen opgericht in het recyclagepark.



(bron : Hiroshi Nakamura & NAP & World Architecture News⁸⁶)

⁸⁶ World Architecture News,
<http://backstage.worldarchitecturenews.com/wanawards/project/kamikatz-public-house/?bron=sector&selection=all>

STONECYCLING⁸⁷ – Tom van Soest (Design Academy Eindhoven)

Idee

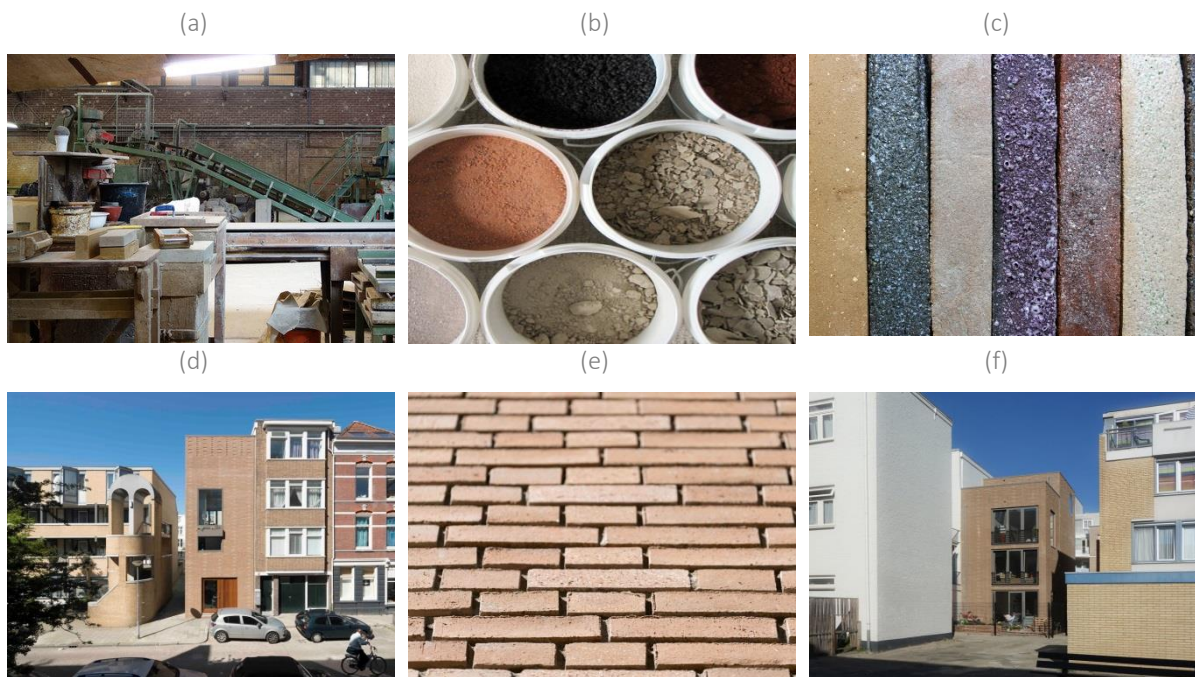
Verpulveren van bouw- en sloopafval om een nieuw soort steen te maken die kan worden gebruikt als vloer- en gevelbekleding.

Uitvoering

StoneCycling maakt bakstenen uit gerecycleerd inert afval afkomstig van de sloop, zoals tegels, glas en steen. Deze gerecycleerde baksteen (afbeelding (e) hieronder) wordt gebakken op een temperatuur die 300 °C lager is de baktemperatuur van een klassieke baksteen, waardoor de CO₂-uitstoot vermindert.

Een baksteen bakken is uiteraard geen hightech proces. StoneCycling heeft recepten ontwikkeld waarin de verschillende soorten bouwafval worden gemengd in de juiste verhoudingen (afbeeldingen (a) en (b) hieronder) om de eigenschappen van de baksteen te wijzigen: het uiterlijk en de technische eigenschappen, zoals de hardheid, de vormvastheid en de weerbestendigheid⁸⁸.

In Rotterdam⁸⁹ werd onlangs een eengezinswoning van 4 verdiepingen (afbeeldingen (d) en (f) hieronder) gebouwd met deze gerecycleerde bakstenen als gevelbekleding. 15 ton afval werd gerecycleerd tot nieuwe bouwmaterialen voor de realisatie van dit huis.



(bron : StoneCycling)

⁸⁷ Stonecycling, <http://www.stonecycling.com/udcl1kc6fcg9tlfh3ly7ssxc1ocosu>

⁸⁸ One World, <https://www.oneworld.nl/business/een-baksteen-om-mee-te-pronken>

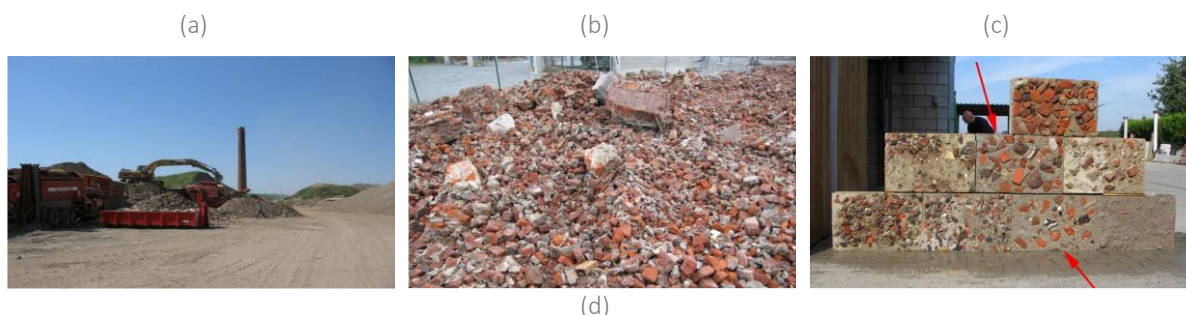
⁸⁹ Architectuur Maken, <http://architectuurmaken.nl/english/>, Stonecycling, <http://www.stonecycling.com/projects-2/2016/8/25/building-from-waste-house-in-rotterdam> en The Guardian, https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/may/21/rotterdam-couple-house-made-from-waste-stonecycling-bricks-netherlands?CMP=twi_gu

Idee

Realisatie van een walmuur in prefab elementen van 'cycloop-beton'

Uitvoering

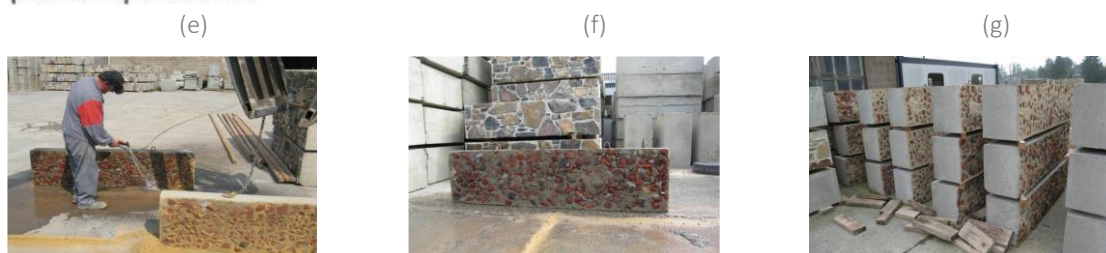
Het gebouw maakt gebruik van de sloop van een gebouw in de buurt (afbeelding (a) hieronder) om een prefab-blok te produceren op basis van de recyclage van bakstenen van het naburige gebouw. De stenen worden ter plaatse vergruisd (afbeelding (b) hieronder) alvorens met een cementmatrix te worden vermengd om er een massief, zelfdragend element van te maken dat de afsluiting van een deel van het gebouw vormt (afbeeldingen (c), (e), (f) en (g) hieronder). Verschillende tests werden uitgevoerd op het terrein om het door de opdrachtgever gewenste uiterlijk te verkrijgen (afbeelding (c) hieronder). Een specifieke bepaling in het bijzonder bestek voor de aannemer vermeldt het gebruik van blokken (prefab muren van 'cycloopbeton') die strikt in overeenstemming zijn met het staal dat werd ingediend bij het architecturaatelier en dat door alle partners werd goedgekeurd (afbeeldingen (d) hieronder).



Cahier spécial des charges n°046
CLAUSES TECHNIQUES ADDITIONNELLES

C.T. 038 BLOCS – MURS PREFABRIQUES EN BETON CYCLOPEEN

Les blocs murs sont des éléments préfabriqués en béton vibré, massifs.
Sur les faces apparentes apparaîtront des agrégats de gros calibre (30/80 ou 30/90) principalement en terre cuite, constitués de briqueillons tout venant issus de démolition.
Les blocs seront strictement conformes à l'échantillon déposé à l'atelier d'architecture et approuvé par tous les partenaires.
Avant fabrication des éléments, l'adjudicataire soumettra à l'auteur du projet un prototype satisfaisant à la description ci-dessus, ainsi que des échantillons significatifs du type d'agrégat qu'il compte mettre en œuvre et en préciser la provenance.



(bron : Atelier Architecture Alain Richard)

⁹⁰ Atelier Architecture Alain Richard, http://www.aa-ar.be/projet.asp?projet_id=23

Bijzonder bestek nr. 046

BIJKOMENDE TECHNISCHE BEPALINGEN

TB 038 BLOKKEN – PREFAB MUREN IN CYCLOOPBETON

De muurblokken zijn massieve prefab elementen in trilbeton.

Op de zichtbare wanden zullen dus granulaten met een groot kaliber (30/80 of 30/90) komen, hoofdzakelijk uit gebakken klei, samengesteld uit allerlei puin afkomstig van sloopwerken.

De blokken zullen strikt in overeenstemming zijn met het staal dat werd ingediend bij het architecturaatelier en dat werd goedgekeurd door alle partners.

Vóór de fabricage van de elementen zal de aannemer een prototype voorleggen aan de opdrachtgever dat voldoet aan de bovenstaande beschrijving evenals een aantal stalen van het type granulaat dat hij van plan is aan te wenden met verduidelijking van de herkomst ervan.

2.5. Huidige en toekomstige ontwikkelingen

Om gebouwen niet langer uitsluitend als verbruiker van grondstoffen te beschouwen, moet de bouwsector de gebouwenvoorraad als een potentiële bron van materialen beschouwen. Verschillende strategieën en instrumenten voor de valorisatie van deze materialenstock zijn in ontwikkeling of moeten worden ontwikkeld.

Digitale ondersteuning van de sloopfase met het oog op hergebruik van componenten

Met betrekking tot de uitrol van **selectieve sloop** en van de **inventarisering van de materialenstock** worden er **monitoring- en meetmethoden** voor het potentieel voor hergebruik en de kwaliteit van de materialen ontwikkeld.

- Momenteel worden enkel **manuele** methoden gebruikt. De controle is voornamelijk visueel en wordt uitgevoerd met behulp van eenvoudige en specifieke metingen of instrumenten (meting van corrosie, vochtigheid, scheuren, hamer en beitel, enz.). Ze maakt de identificatie mogelijk van beschadigde elementen die niet geschikt zijn voor hergebruik of van deze die daarentegen gemakkelijk ontmanteld kunnen worden. Deze methode is tijdrovend en moeilijk te verantwoorden voor een volledig gebouw.
- **Passieve monitoring** is een geautomatiseerde methode voor de opvolging van de staat van een bouwelement. Bij deze methode wordt elk element voorzien van een sensor die continu de staat van het element meet. Deze sensor verandert bv. van kleur (visuele analyse) wanneer het element aangetast of beschadigd is. Deze sensoren⁹¹ worden al gebruikt voor het meten van de toestand van bepaalde verpakkingen. Andere toepassingen bestaan in de telefonie⁹² om te melden of een GSM blootgesteld is geweest aan vocht. In de bouw wordt passieve monitoring aangewend om de structurele "gezondheid" van gebouwen te meten. Betonstructuren worden gemonitord door middel van spannings- en glasvezelmeters⁹³.
- **Actieve monitoring** is een geautomatiseerde methode voor de opvolging van de staat van een gebouw die meetresultaten in real time registreert en weergeeft. Hierin kunnen de materiaalgegevens worden geïntegreerd die bv. via materialenpaspoorten ter beschikking worden gesteld. Deze gegevens kunnen ook up-to-date worden gehouden doorheen de levensduur van het gebouw.
- Wanneer het gebouw (opgevat als een voorraad van materialen) wordt ontmanteld, zal het (digitale) **materialenpaspoort** de volledige levensloop van de elementen bevatten en de huidige toestand van de eigenschappen van de materialen onthullen en bijgevolg het ontmantelingsbedrijf informeren over het potentieel voor hergebruik of reparatie van de verschillende materialen.

Een van de belangrijkste beperkingen van deze ontwikkeling heeft betrekking op de opslag en distributie van de energie die nodig is om deze sensoren continu van stroom te voorzien gedurende de hele levensduur van het gebouw: de huidige batterijen gaan niet lang genoeg mee en de bedrading neemt veel plaats in. Er is echter onderzoek⁹⁴ aan de gang om de gebouwen met draadloze sensoren uit te rusten.

⁹¹ Shockwatch is een onderneming die handel drijft in dit soort sensoren , <http://shockwatch.com/>

⁹² Apple, www.apple.com

⁹³ De website www.thesensorsguide.com inventariseert en beschrijft een aantal sensoren.

⁹⁴ Universiteit van Washington, www.washington.edu

Het materialenpaspoort, of een andere databank die de relevante informatie over de gebruikte materialen bijhoudt, bevat dus een enorme hoeveelheid informatie, die voortdurend wordt bijgewerkt, die toegankelijk moet zijn en blijven voor verschillende actoren tijdens de hele gebruiksduur van het gebouw. Digitale informatie is de eenvoudigste vorm om deze omvang aan te kunnen. De meeste gebouwen zouden dus moeten worden ontworpen en gepland door middel van **BIM** (Building Information Model/Modeling)-technologieën om de staat van de gebouwde voorraad te kennen. BIM maakt het mogelijk om alle informatie over de elementen te verzamelen in een databank, waarin elk element kan worden geïdentificeerd en opgevolgd. Het BIM-model van een gebouw kan dus aanbevelingen en plannings voor het onderhoud van de elementen verschaffen. BIM speelt dan de rol van "conciërge" van de staat van het gebouw. De verantwoordelijke voor het beheer van het materialenpaspoort zou dan een nieuw beroep zijn. Hierbij wordt opgemerkt dat het bijwerken van de informatie in het paspoort even belangrijk is als de nauwkeurigheid van de ingevoerde informatie. Om ervoor te zorgen dat de informatie in het paspoort juist is, kan er een **controlesysteem** geïmplementeerd worden.

Identificatie van contaminanten en verontreinigende stoffen

De identificatie en verwijdering van **verontreinigende stoffen** in het gebouw is een essentiële stap voorafgaand aan de ontmanteling. Steeds meer specifieke identificatietechnieken worden ontwikkeld om dit proces te ondersteunen:

- Hoewel het gebruik ervan al meer dan 20 jaar verboden is in Europa, bevatten veel gebouwen nog **asbest**⁹⁵ in verschillende vormen. Momenteel moeten er stalen worden genomen van de verdachte materialen die in gespecialiseerde laboratoria worden geanalyseerd, wat kosten en vertragingen met zich meebrengt. Betrouwbare detectiemethoden op het terrein worden ontwikkeld en getest: detectie op basis van infraroodstraling of op basis van biotechnologie.
 - De toepassing van de infraroodmethode op asbestcement lijkt betrouwbaar, maar een bijzonderheid van de techniek is dat het gebruik ervan is beperkt tot voldoende reflecterende materialen: toepassingen op de bouwplaatsen zijn dus beperkt.
 - De biotechnologische methode is gebaseerd op het gebruik van biologische moleculen, eiwitten of peptiden die zich binden aan de asbestvezels en aldus de aanwezigheid ervan onthullen. De aanwezigheid van asbest wordt dus gemarkeerd door een kleurverandering door een verklikkerenzym aan de geselecteerde peptiden te koppelen om de visualisatie te vergemakkelijken.
- Houtafval wordt ingedeeld in verschillende categorieën, gaande van niet-behandeld niet-verontreinigd hout tot **geïmpregneerd en dus verontreinigd hout**. Geïmpregneerd hout wordt als gevaarlijk beschouwd en kan in geen geval worden vermengd met andere houttypes. Met de huidige sorteertechnieken vormt de heterogeniteit van houtafval een grote uitdaging voor recycleurs. Gezien deze moeilijkheden om niet-geïmpregneerd hout te onderscheiden en in te zamelen, wordt hout nu hoofdzakelijk gebruikt voor energieopwekking. Daarom is het bijzonder belangrijk de inzameling, de sortering en de recyclageprocessen van hout te ontwikkelen en optimaliseren om deze stromen in de productieketen langer te kunnen handhaven in gesloten kringlopen.
- Het is zeer moeilijk om visueel een onderscheid te maken, zowel op het terrein als in de sorteercentra, tussen de verschillende **soorten plastic**: LDPE, HDPE, PP, PVC, enz. Voor de recyclage

⁹⁵ WTCB,

http://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=projects&sub=c-watch&pag=innovations&PageAction=SearchDetail&article_id=149

van deze stromen is het nochtans beter dat ze goed gesorteerd worden. Draagbare scanners worden steeds meer gebruikt. Ze kunnen het type plastic bepalen en dus in welke categorie het gesorteerd moet worden⁹⁶.

Valorisatie van materialen : focus op hergebruik

Wanneer de verontreinigende stoffen uit het gebouw verwijderd zijn, maakt selectieve sloop het mogelijk de verschillende stromen te identificeren waaraan verschillende recyclagecircuits verbonden zijn. De verwachte ontwikkelingen in verband met **hergebruik van bouwmaterialen** hebben voornamelijk betrekking op:

- De ontwikkeling van methoden en evaluatie-instrumenten voor het potentieel voor hergebruik van bouwmaterialen. Hoewel voor de beoordeling van het werkelijke potentieel voor hergebruik beroep moet worden gedaan op relevante expertise (zie de aspecten "Werkgelegenheid en circulaire economie" hieronder), zijn instrumenten en methoden om informatie op het terrein te verwerven noodzakelijk voor ontmanteling met het oog op hergebruik. Deze instrumenten zouden het inventaris-, opmetings- en gegevensverzamelingswerk vereenvoudigen. Deze instrumenten omvatten inventarisatiesoftware om tijdens het bezoek ter plaatse verzamelde informatie te compileren en organiseren; digitale meetdetectoren; materiaaltesters om een kwalitatieve en kwantitatieve analyse van materialen uit te voeren; asbestdetectoren; kleurdetectoren; enz.
- Het juist kadere van hergebruik in het bepalen van de milieu-impact via de gangbare instrumenten. Een LCA van bouwmaterialen zou hergebruikscenario's moeten kunnen integreren. Om dit te doen, moet informatie over de voorbereidende werkzaamheden voor hergebruik (deconstructie, vervoer, reiniging, verpakking, enz.) worden verzameld om de milieu-impact van hergebruik te schatten. Bij de beoordeling van deze impact rijst overigens de vraag waar de status als afvalstof ophoudt. Dit 'end-of-waste'-punt is echter niet noodzakelijk specifiek voor hergebruik, maar deze vraag rijst ook voor andere vormen van nuttige toepassing.
- De implementatie van processen voor de garantie van de kwaliteit van materialen voor hergebruik. De kwestie van de verplichting van de CE-markering op hergebruikte bouwmaterialen is nog niet opgelost: sommige EU-leden verklaren dat deze markering alleen vereist is voor nieuwe materialen en niet voor tweedehandse materialen. Hoe dan ook brengt de CE-markering nieuwe uitdagingen met zich mee. Dit geldt evenzeer met betrekking tot de traceerbaarheid van bouwproducten en met betrekking tot de kwaliteitscontrole. De kwaliteitscontrole van materialen voor hergebruik (met inbegrip van de selectie van representatieve monsters voor het testen van de eigenschappen) vereist nieuwe procedures en aanpassingen van de normen van de producten. Voorts bestaan er bedenkingen over de geschiktheid van de materialen die momenteel worden gebruikt in gebouwen die misschien verouderd zullen zijn in technisch opzicht wanneer ze worden ontmanteld rekening houdend met de ontwikkeling van de verwachte prestatie-eisen voor gebouwen.
- Het ontstaan van een échte markt voor hergebruik door de actoren in de sector te inventariseren en samen te brengen, door succesvolle projecten uit te werken, door een label voor hergebruikte materialen te implementeren en door de toekomstige actoren op te leiden in de identificatie, ontmanteling, voorbereiding voor hergebruik en herverkoop van bouwelementen. Ten slotte zou deze markt ook kunnen ontluiken door ontmanteling verder te reglementeren door voor bepaalde

⁹⁶ tsi, <http://www.tsi.com/plastics-analyzer/>

materialen te verplichten hergebruikcircuits te zoeken, of door het opmaken van een pre-sloopinventaris te verplichten voor bepaalde soorten gebouwen.

Op het vlak van **remanufacturing** zouden sommige installateurs of producenten van systemen (verwarming, elektriciteit, warmtepompen, enz.) hun producten kunnen terugnemen om te analyseren hoe ze werden gebruikt en zo de prestaties van bepaalde componenten te verbeteren.

Op het vlak van **recyclage van bouwmaterialen** hebben de huidige en toekomstige ontwikkelingen betrekking op:

- De ontwikkeling van nieuwe technologieën voor het sorteren van afval om meer homogene stromen te verkrijgen. Deze technologieën hebben voornamelijk betrekking op het automatiseren van het sorteerproces. Een goed voorbeeld van deze ontwikkeling is de opkomst van sorteerrobots die worden aangedreven door kunstmatige intelligentie. Met andere woorden, de robots leren op basis van de aan hen voorgelegde materialen (www.zenrobotics.com) hoe ze moeten sorteren.
- De verbetering van de recyclageprocessen. Een grote uitdaging voor recyclage ligt dus in het verminderen van het waardeverlies van materialen. Bijvoorbeeld, het recyclageproces voor plastic vermengt plastic van verschillende kwaliteit, waardoor het plastic van slechtere kwaliteit produceert.
- De identificatie van zgn. ‘problematische’ stromen. Er bestaat een reeks criteria om te identificeren welke stromen een uitdaging vormen voor recyclage : deze stromen hebben een hoog volume, dan wel (nog) geen concrete bestaande verwerkingsketen of de keten functioneert niet optimaal vanuit milieuoogpunt (veel transport voor weinig materiaalwinst bv. bij isolatiematerialen). Deze stromen kunnen ook onvoldoende waardevol zijn om er een interessant economisch model rond te bouwen, zeker in vergelijking met de kostprijs van nieuwe grondstoffen. De uitdaging voor de recyclingsector bestaat erin oplossingen uit te werken voor deze stromen, zowel de al bestaande, als degene die in de toekomst uit gebouwen zullen komen.

2.6. Economische uitdagingen

De economische uitdagingen van urban mining hebben voornamelijk betrekking op de ontwikkeling of versterking van de kanalen voor valorisatie, van markten, bij voorkeur lokale, en op het creëren van nieuwe beroepen en banen.

Selectieve ontmanteling en hergebruik

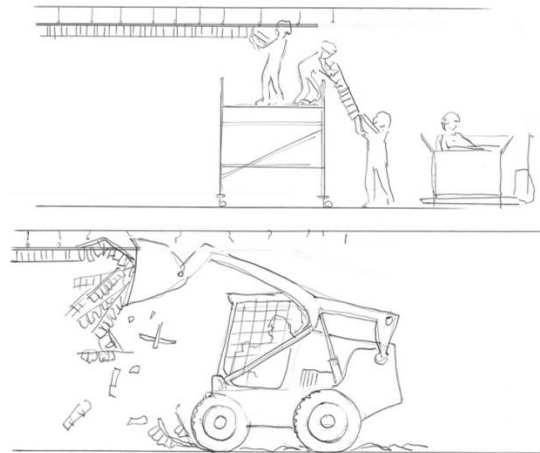
Bij wijze van vergelijking: de verhouding van 7:1 wordt vaak vermeld om het percentage mankracht aangewend voor selectieve ontmanteling van een bouwelement te vergelijken met de mankracht gebruikt voor de "klassieke" (of intussen antieke) sloop van hetzelfde element.⁹⁷ Het betekent dat op een even grote werf ontmanteling bijna 7 keer meer mankracht vereist dan sloop.

Deze verhouding wordt verklaard door het grote aandeel van mechanisatie in de klassieke sloop, die bijgevolg veel minder werknemers mobiliseert dan selectieve ontmanteling.

Een Brussels voorbeeld van ontmanteling van cementtegels met het oog op hergebruik heeft het mogelijk gemaakt 5 laaggeschoolde werkzoekenden te werk te stellen gedurende twee weken.

Het zijn juist de te dure mankracht en de ontwikkeling van de mechanisatie die van ontmanteling tot klassieke sloop hebben geleid. In de Belgische context waarin de arbeidskosten bijzonder hoog zijn, lijkt het dan ook moeilijk om selectievere ontmanteling te bevorderen. In een dergelijke context zouden bepaalde activiteiten interessant kunnen zijn voor ondernemingen in de **sociale economie**.

Gezien het beperkt aantal actieve actoren zou de markt voor ontmanteling met het oog op hergebruik overigens nu al verder ontwikkeld kunnen worden in Brussel. Hiervoor is wel een voldoende beschikbaarheid en aantrekkelijkheid van de recup-materialen noodzakelijk, alsook een duidelijk antwoord op de mogelijkheden om de kwaliteit te garanderen. Bovendien zouden de eventuele **bijkomende kosten die verbonden zijn aan ontmanteling**, in vergelijking met een klassieke sloop, moeten kunnen worden gecompenseerd door een herziening van het sloop- en renovatieproces.



(Bron : Lionel Billiet, Rotor)

⁹⁷ "Job ratio is 7:1, recyclage vs. traditional disposal" geciteerd door Deb Stone, "Cook County Demolition Debris Diversion Ordinance" (Chicago Metropolitan Agency for Planning - Energy & Natural Resources Committee, Offices of the CMAP, 4 maart 2015), <http://www.cmap.illinois.gov/documents/10180/400283/2015-03-04-ENR-5.0-CookCountyDemolitionDebrisDiversionOrdinance.pdf/4fc8aaa4-8066-441d-8eee-6950a7a3b64f>.

Deze kosten zijn:

- Kosten verbonden aan de tijd nodig voor de ontmanteling van de producten
Deze kosten omvatten de uitvoeringskosten. Deze laatste verschillen naargelang de gebruikte instrumenten en de te deconstrueren elementen die op hun beurt afhangen van de typologie van de bouwplaats.
- Kosten verbonden aan de tijd voor de voorbehandeling van het afval en het verwijderen van het afval
Deze kosten omvatten de inzamel prijzen verbonden aan de scheiding van de fracties op het terrein.
- De kosten voor het vervoer en de afvoer van het afval van de bouwplaats
Deze kosten omvatten de prestaties en de instrumenten gebruikt om afval te vervoeren van de productieplaats naar de afvoerplaats van de bouwplaats.⁹⁸
- De kosten voor de verwerking
Merk op dat kanalen met verwerkingskosten die hoger zijn dan de prijs voor het storten van afval concurrerend kunnen zijn als alle sloopkosten tot het vervoer voor afvoer in aanmerking worden genomen.

Recyclage

Wanneer het afval vewerkt is, wordt de markt van de gerecycleerde materialen geconfronteerd met twee uitdagingen: de bezorgdheid van de klanten over de **kwaliteit** van de gerecycleerde materialen en de **volatiliteit** van het aanbod en de verkoopprijs.

Bedrijven zijn terughoudend om secundaire grondstoffen te gebruiken voor de vervaardiging van hun producten, uit vrees voor slechtere kwaliteit en het niet accepteren ervan door de klant. Daarom zijn normen een belangrijk instrument om het gebruik van gerecycleerde materialen aan te moedigen en te vergemakkelijken.

De schommeling van de prijzen van secundaire grondstoffen is vaak groter dan die van natuurlijke grondstoffen.⁹⁹ Deze volatiliteit is voornamelijk te wijten aan de variabiliteit van vraag en aanbod: de recycleerders moeten afvalstromen behandelen waarvan ze niet altijd de volumes en eigenschappen beheersen.

High volume, low value

De belangrijkste uitdaging voor vele bouwmaterialen en –afvalstromen is dat ze intrinsiek een lage waarde hebben, vergeleken bv. met aardmetalen, metaallegeringen, Het is dus niet evident om voor deze stromen een interessant verdienmodel uit te werken, temeer daar de meeste grondstoffen voor bouwmaterialen niet bepaald uitgeput of zeldzaam zijn. Het ‘natuurlijke’ of primaire alternatief is nog steeds zeer concurrentieel.

Daarbovenop komt dat de afvalstroom zeer verspreid ontstaat, op verschillende bouw- en sloopwerven en verschillende momenten in de tijd. Dit maakt de inzameling of de centralisatie van afval om in grote batches te kunnen werken er niet eenvoudiger op. Specifiek voor isolatiematerialen speelt ook het transport een belangrijke rol: 95% van het materiaal bestaat uit lucht die zou worden vervoerd. Het heeft dan ook economisch en ecologisch geen zin om het materiaal naar 1 centrale plaats te brengen,

⁹⁸ Bij een deconstructieproject zou deze post de eerste zijn in de verdeling van de kosten. <http://www.reylum.com/democles/accueil.html>

⁹⁹ Bron: "Policy brief – Improving recycling markets", OESO (januari 2007)

gezien de milieuwinst op die manier verloren gaat. Grote volumes zijn echter nodig om een grote investering (bv. technische installatie) te rechtvaardigen. Zo niet zullen decentrale of mobiele oplossingen nodig zijn.

Urban mining en werkgelegenheid

Hergebruik en de circulaire economie in zijn geheel worden vaak voorgesteld als een activiteit die lokale werkgelegenheid kan scheppen¹⁰⁰. In regio's (bijvoorbeeld het Brussels Hoofdstedelijk Gewest) waar de productie van bouwmaterialen en valorisatie van afvalstoffen gedelocaliseerd en bijna onbestaande zijn, opent hergebruik van materialen de deur voor [herlokalisering van de economie](#) in deze sector.

Terwijl het stroomopwaartse gedeelte van hergebruik, dat wil zeggen de ontmantelingsfase, een groot potentieel voor tewerkstelling van laaggeschoolden lijkt te hebben, vereist het stroomafwaartse gedeelte een groot aantal transacties waarvoor enige kwalificaties inzake hantering, opslag, herverpakking, documentatie, promotie en wederverkoop noodzakelijk zijn. Ook is het op de markt brengen van elementen voor hergebruik georganiseerd rond verschillende functies of typische profielen: logistieke functie (magazijnier, transport, enz.), documentaire functie (beschrijving en zoeken van informatie over het product), technische functie (reparatie en revisie, technische documentatie) en commerciële functie (verkoop, bestelling, boekhouding, klantenservice, enz.). De circulaire economie opent dus werkgelegenheidsvooruitzichten die voornamelijk overeenkomen met die van een [diensteneconomie](#) die bepaalde kwalificaties en competenties veronderstelt.

Een belangrijk onderdeel van het sluiten van kringlopen is een geschikte wedertoepassing te vinden. Deze taak is des te hachelijker daar de circulaire economie herlokalisering van de economie bevordert door voorrang te geven aan [korte ketens](#). Daarom komen de circulaire activiteiten vaak neer op het afstemmen van het aanbod en de vaak zeer specifieke vraag wanneer er sprake is van hergebruik. Zelfs als de vraag en aanbod gelijktijdig kunnen bestaan, gebeurt het bovendien vaak dat er een gebrek is aan (zelfs tijdelijke) opslagcapaciteit waardoor afbreuk wordt gedaan aan de werkelijke mogelijkheid om bepaalde elementen te hergebruiken. Deze moeilijkheid tot het immobiliseren van materialen voor hergebruik illustreert de noodzaak van de afstemming van de planning van een bouwplaats waar elementen worden ontmanteld voor hergebruik en een bouwplaats waar deze elementen opnieuw worden aangewend. De ontwikkeling van fysieke en virtuele bibliotheken van materialen die tweedehands materiaal te koop aanbieden, moet daarom worden aangemoedigd.

¹⁰⁰ Met betrekking tot herfabricage zijn de groeivoorzichten veelbelovend. Volgens een recente [Europese studie](#)¹⁰⁰ zou de omzet van de Europese remanufacturingindustrie, ongeacht de sector, moeten verdrievoudigen tegen 2030 (tot 90 miljard), net als het aantal banen in de sector (tot bijna 600.000).

3. Business modellen voor circulair bouwen

« I drink water but I don't have a reservoir in my basement. »

Frank van der Vloed, general manager at Philips Lighting Benelux

Het bestaande lineaire economische is gebaseerd op de vervaardiging van producten, componenten en onderdelen, en de verkoop ervan aan een consument die na de consumptie verantwoordelijk is om zich ervan te ontdoen. In deze context is er geen prikkel om na te denken over de verlenging van de levensduur of over wat er gebeurt aan het einde van het leven van producten. De circulaire economie heeft dus nieuwe economische modellen nodig om de waarde van producten en materialen te behouden en het sluiten van de kringlopen te bevorderen. Ook wordt vastgesteld dat de vraag in de markt wijzigt, naar andere oplossingen, die niet meer per definitie van eigendom uitgaan.

Er bestaan verschillende¹⁰¹ innovatieve business modellen die de kringloopaanpak ondersteunen. Deze business modellen spelen allen in op de levensduur van producten of materialen, het sparen van grondstoffen en het voorkomen dat materialen afval worden¹⁰².

Concepten, zoals de verlenging van de levensduur, de deel-economie en de functionaliteitseconomie streven naar economische groei zonder bijkomende grondstoffenontginning. Het doel van deze economische modellen is "het creëren van de hoogst mogelijke gebruikswaarde, voor zo lang mogelijk, terwijl zo weinig mogelijk materiële hulpbronnen en energie worden gebruikt."¹⁰³

De circulaire business modellen variëren in focus, van prestatiegebaseerd tot terugname van materialen en remanufacturing. In de op prestaties gebaseerde modellen blijft de producent eigenaar van zijn product, terwijl hij een dienst aan de klant aanbiedt. Modellen gebaseerd op de terugname van producten berusten op de verkoop van producten die zijn ontworpen om te worden teruggenomen en opnieuw opgewerkt door de producent.

Ongeacht het geïmplementeerde business model, blijven de basisprincipes dezelfde, namelijk de algemene efficiëntie van het systeem nastreven (dat wil zeggen niet afzonderlijke delen van een proces of van een ontwerp optimaliseren en de gevolgen van deze veranderingen voor het hele systeem negeren), en de waarde van de grondstoffen behouden door de huidige afvalstromen om te zetten in nieuwe producten, waardoor nieuwe materiaalstromen worden gecreëerd.

Om de 'afvalstromen' als materiaalstromen te behouden en er waarde uit te halen, stellen de circulaire business modellen 4 methoden voor om in te grijpen in ontwerp en valorisatie:

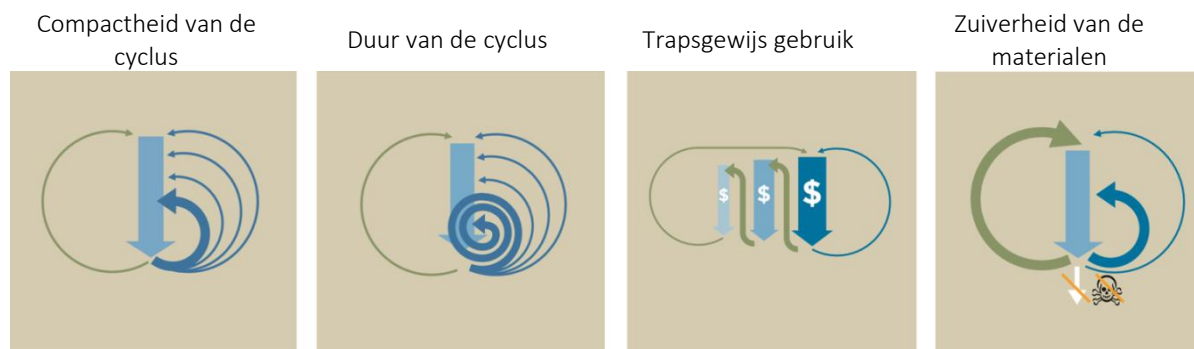
- De **compactheid van de cyclus**: hoe korter de cyclus van de verwerking van producten aan het einde van hun levensduur is, dus hoe minder verwerkingsstappen nodig zijn om ze in de productkringloop te houden, hoe meer deze hun waarde behouden. Voor de bouwsector betekent dit bijvoorbeeld dat renovatie vaak meer waarde van de producten en materialen behoudt dan slopen en opnieuw opbouwen, of dat hergebruik van producten voordeliger is dan recycling.

¹⁰¹ In zijn artikel "Model behavior" geeft SustainAbility een opsomming van 20 innovatieve economische modellen voor duurzaamheid, <http://sustainability.com/our-work/reports/model-behavior/>

¹⁰² WRAP, <http://www.wrap.org.uk/content/innovative-business-models-old>

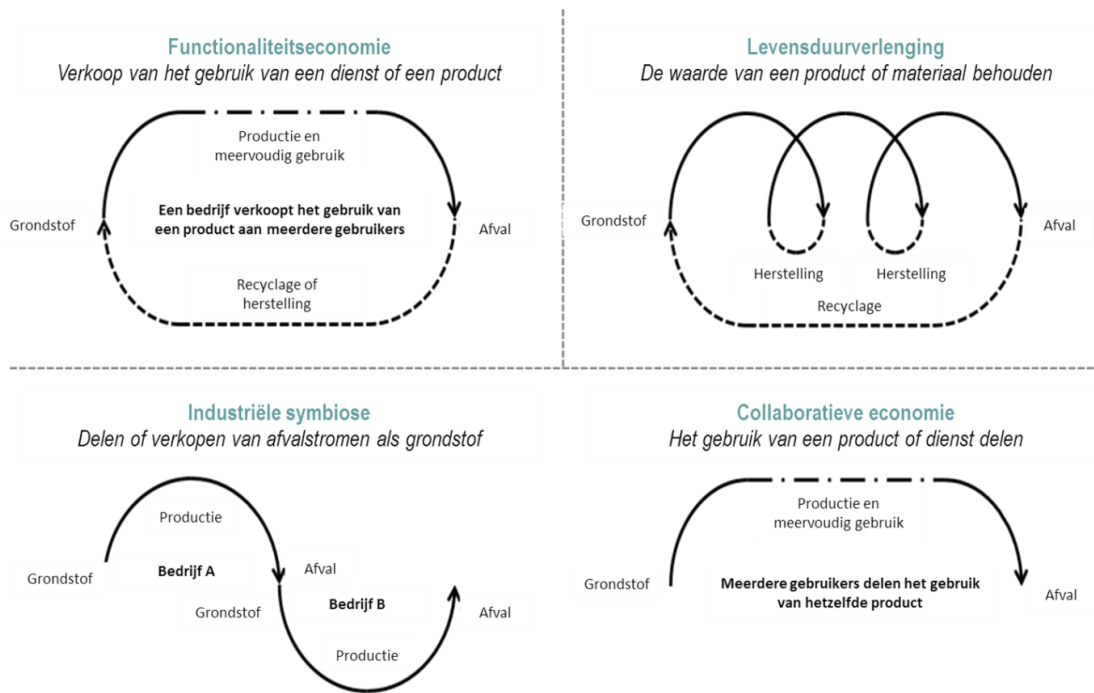
¹⁰³ Walter Stahel, *The Performance Economy* (Palgrave Macmillan, 2006). Geciteerd door Johan Van Niel, "L'économie de la fonctionnalité : définition et état de l'art." (Université de Lausanne - Université de Technologie de Troyes, mei 2007), 3.

- De **duur van de cyclus**: hoe langer de levenscyclus of hoe meer opeenvolgende cycli het product doorloopt, hoe minder grondstoffen men zal moeten gebruiken. Dat betekent voor de bouw dat gebouwen worden aangepast naar hun behoeften, in plaats van gesloopt. Idealiter betekent dit ook dat wanneer gebouwen het einde van hun levensduur bereiken, ze kunnen worden gedemonteerd in modules die opnieuw ingezet kunnen worden in andere configuraties.
- Het **trapsgewijze gebruik**: hoe meer een product gediversifieerd gebruik toelaat, hoe langer de cyclus ervan. Er bestaat reeds een uitwisseling van materiaalstromen tussen verschillende industrieën waarbij de afvalstoffen van de ene industrie nuttige producten worden voor de bouwsector, en omgekeerd, bouwafval een secundaire grondstof wordt voor andere sectoren.
- De **zuiverheid van de materialen**: hoe minder toxische of verontreinigende bestanddelen een product bevat, hoe hoger het terugwinnings- en recyclagepotentieel ervan zal zijn. Bouwmaterialen zouden dus op een zo zuiver mogelijke wijze moeten worden hergebruikt of gerecycled in producten aan het einde van hun levensduur.



(bron : Ellen Mc Arthur Foundation)

De toepassing van deze methoden in verschillende business modellen zal de bouwsector in staat stellen om de vraag naar grondstoffen te verminderen, en tegelijkertijd de risico's door de volatiliteit van de grondstofprijzen in te perken. Tevens worden hierdoor nieuwe lokale industriële activiteiten en toegevoegde waarde ontwikkeld. Concrete business modellen voor de bouw kaderen in de **functionaliteitseconomie**, de **deeleconomie**, en hieraan gekoppeld **industriële symbiose** en de **collaboratieve economie** – en de **verlenging van de levensduur**, zoals geïllustreerd in onderstaande figuur.



(naar Rémy Le Moigne)

3.1. Functionaliteitseconomie

3.1.1. Beschrijving

Het business model rond 'functionaliteit' bestaat uit het creëren van oplossingen die goederen en diensten integreren, zogenaamde 'product-service systems', volgens een dubbele dynamiek¹⁰⁴. De eerste bestaat erin om van de verkoop van goederen (of diensten) over te schakelen op het contractualiseren van verwachte prestaties en/of nuttige effecten gebaseerd op de integratie ervan. De tweede bestaat erin om de omvang van de activiteiten en actoren zodanig uit te breiden dat negatieve externe milieu- en maatschappelijke effecten kunnen worden ondervangen. De functionaliteitseconomie bestaat er dus in om van de verkoop van goederen over te schakelen op het ter beschikking stellen van goederen (met bijvoorbeeld een prijsstelling op basis van het gebruik ervan). Het gebruik van het product komt centraal te staan. De toegevoegde waarde van het product hangt niet meer af van het productievolume maar ligt in zijn functie.

Het idee van een "prestatie-economie", ontwikkeld door Walter Stahel sinds de jaren '70, benadrukt het belang van de verkoop van diensten in plaats van producten. Met deze methode kunnen fabrikanten een grotere controle behouden over de producten die ze produceren en over de energie en materialen die erin verwerkt zijn, waardoor bv. een beter onderhoud, een nieuwe verpakking en een betere recuperatie ervan mogelijk zijn. De klanten hebben er ook baat bij, want ze betalen alleen voor de dienst die ze nodig hebben en krijgen vaak een betere prestatie omdat de fabrikant er meer belang bij heeft om een product te leveren dat duurzaam is.

Verschillende vormen van diensten kunnen worden aangeboden binnen dit business model:

- diensten gericht op het gebruik (gebruik versus eigendom): in dit business model blijft het product op zich belangrijk, maar de verkoop ervan is niet meer geïntegreerd in het model. De producent blijft dus eigenaar, en stelt het product ter beschikking van de klant, op verschillende manieren. Niet meer het product, maar het gebruik ervan, wordt dan gefactureerd.
- diensten gericht op het resultaat (prestatie versus product): dit businessmodel integreert geen vooraf vastgelegde producten. Het model is eerder gebaseerd op een akkoord tussen de klant en de leverancier over een te behalen resultaat of prestatie.

In een dergelijk economisch model kan de producent verantwoordelijk blijven voor het onderhoud, de reparatie en het beheer van zijn product gedurende de hele levenscyclus - hij heeft er dus alle belang bij om zijn producten robuuster te maken en ervoor te zorgen dat ze eenvoudiger te demonteren zijn voor reparatie of gebruik in een volgende kringloop. Het model pleit dus voor duurzaamheid van de producten als essentiële factor.

De functionaliteitseconomie kan ook de vorm aannemen van een dienst gebaseerd op prestaties of resultaten waarbij bijvoorbeeld de klant zijn doelstelling op het gebied van verwarming of verlichting van een gebouw vastlegt en de dienstverlener dan vrij is om hem de formule voor te stellen die hij het meest geschikt acht om in deze behoefte te voorzien.

¹⁰⁴ Club Economie de la Fonctionnalité et Développement Durable, <http://www.club-economie-fonctionnalite.fr/accueil/d%C3%A9finition-de-l-%C3%A9conomie-de-la-fonctionnalit%C3%A9/>

Kortom, de functionaliteitseconomie heeft betrekking op de verkoop van een **oplossing** die op een geïntegreerde en onscheidbare wijze **producten en diensten combineert**. Met andere woorden, de functionaliteitseconomie:

- bevordert de integratie van externe (milieu-, maatschappelijke, economische) effecten in het antwoord op functionele behoeften. Er bestaan mechanismen voor de integratie van deze externe effecten ('de vervuiler betaalt') die vaak als verplichtingen en niet als kansen voor waardecreatie worden beschouwd;
- scheidt waardecreatie van de materiële productie: waardecreatie hangt af van de winst die de integratie van positieve milieu- en maatschappelijke effecten biedt;
- ontwikkelt een sterke wisselwerking met de economische valorisatie binnen een regio. Een onderneming die zicht heeft op haar (positieve) externe effecten, kan deze relateren aan de impact die ze heeft op de regio waarbinnen ze actief is.

3.1.2. Voorbeelden en goede praktijken

« PAY PER LUX » van Philips¹⁰⁵ - Voorbeeld van de luchthaven van Schiphol

Idee – "Pay per lux"

"Pay per lux" is het resultaat van een gezamenlijk initiatief van architect Thomas Rau (via Turntoo¹⁰⁶) en Philips dat licht als een dienst wil verkopen.

Philips wil licht als een dienstverlening verkopen, waarbij de consument betaalt op basis van de prestaties (de geleverde verlichting, gemeten in lumen) in plaats van de specifieke materialen (armaturen, lampen, ...). De oplossing van de "betaling per lux" van Philips kan aanzienlijke energie- en financiële besparingen opleveren voor klanten, omdat ze alleen nog betalen voor de daadwerkelijk verbruikte hoeveelheid licht. Philips behoudt op die manier ook de controle over de artikelen die het produceert, waardoor een beter onderhoud, herstel en recuperatie mogelijk zijn.

Realisatie - NUS

Bijvoorbeeld, de Londense kantoren van de NUS¹⁰⁷ (National Union of Students) zijn uitgerust met ledverlichting van Philips, geleverd met een leasecontract met betaling van een forfaitair bedrag. Indien de NUS het geplande energieverbruik overschrijdt, betaalt Philips een vergoeding. Voor Philips is er dus een financiële prikkel om een zo energie-efficiënt mogelijke service te bieden. De klant heeft niet alleen het voordeel van niet vooraf te moeten betalen, maar ook de zekerheid van een contract tegen een vaste prijs voor de gehele overeengekomen periode, namelijk 15 jaar.

Realisatie – Lounge 2 Terminal luchthaven van Schiphol¹⁰⁸

Schiphol, de vierde drukste luchthaven van Europa, heeft gekozen voor "licht als een dienst" in zijn terminals, in het kader van een overeenkomst met Philips en het dienstenbedrijf Cofely. Het zal betalen voor het licht dat het gebruikt, terwijl Philips de eigenaar blijft van alle apparatuur en installaties.

Philips en Cofely zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor de prestaties en de duurzaamheid van het systeem en, uiteindelijk, het hergebruik en de recyclage aan het einde van de levensduur. Door

¹⁰⁵ Philips, <http://www.lighting.philips.be/fr/systemes/circular-lighting.html>

¹⁰⁶ Turntoo, <http://turntoo.com/en/circular-lighting/>

¹⁰⁷ LuxReview, <http://luxreview.com/article/2013/12/nus-pioneers-pay-as-you-go-light-scheme>

¹⁰⁸ LuxReview, <http://luxreview.com/article/2015/04/pay-as-you-go-lighting-arrives-at-amsterdam-s-schiphol-airport>

energiezuinige leds te gebruiken, verwacht de luchthaven het energieverbruik te halveren ten opzichte van een conventioneel systeem.

Philips heeft samengewerkt met architect Kossmann.dejong¹⁰⁹ om speciale armaturen voor het project te ontwikkelen die 75% langer zouden moeten meegaan dan conventionele toestellen, omdat ze makkelijker te onderhouden zijn. Bovendien kunnen de onderdelen van het apparaat afzonderlijk worden vervangen. Dit zal het mogelijk maken de onderhoudskosten te verlagen en ervoor te zorgen dat niet het hele toestel telkens moet worden vervangen, waardoor minder grondstoffen worden gebruikt. Philips blijft eigenaar van alle apparatuur die Schiphol zal huren voor de hele contractperiode. Aan het einde van het contract zullen de apparaten elders worden hergebruikt na een upgrade. Gesteund door de continue aanwezigheid van Cofely op Schiphol, kunnen Philips en Cofely zorgen voor het beheer *in real time* van het verlichtingssysteem om zo een optimale verlichtingservaring en blijvende duurzaamheid te genereren.



(bron : Turntoo & netherlandscircularhotspot.nl)

GEVELS ALS EEN PRODUCT-DIENST-OPLOSSING¹¹⁰ – Juan Azcarate-Aguerre (TU Delft)¹¹¹

Idee

Een gevel (laten) creëren die alle nodige functies omvat, namelijk geluidsisolatie, thermische isolatie, water- en luchtdichtheid, ventilatie, enz, door een functionele marktvraag. Hieraan wordt een circulair business model gekoppeld dat gebaseerd is op het gebruik van multifunctionele gevels in plaats van de eigendom.

Realisatie

Het versnellen van het tempo en de diepgang van de energetische renovatie van gebouwen is een van de grootste uitdagingen waarmee de bouwsector momenteel wordt geconfronteerd. De meeste gebouwen die in aanmerking komen voor renovatie beschikken over gevels en technische installaties die ver onder de huidige normen liggen. Het huidige renovatieproces van een bestaand gebouw is niet eenvoudig en impliceert veel samenwerking tussen een aantal partijen met, in veel gevallen, strijdige commerciële belangen. Door het beheer en de verbetering van de technologische oplossingen uit te besteden aan leveranciers die verantwoordelijk zijn voor de ontwikkeling ervan, kan de acceptatie door de markt van nieuwe efficiëntere systemen worden versneld en tegelijkertijd de initiële investeringen voor ontwikkelaars en gebouweigenaars worden verlaagd. Er wordt dus gemikt op het huren en verhuren van gevel-elementen. Deze strategie berust op recente innovaties op 2 gebieden.

Eenzijds maakt de technologische innovatie inzake multifunctionele gevels het mogelijk om gebouwschillen te realiseren die het potentieel hebben om een dienst rond 'binnencomfort' aan te bieden. Dit kan door het gebruik van gedecentraliseerde systemen, die zijn ingewerkt in de

¹⁰⁹ KOSSMAN.DEJONG, <http://www.kossmanndejong.nl/project/lounge-2-schiphol/>

¹¹⁰ <http://www.bk.tudelft.nl/studeren/studentenwerk/juan-f-azcarate-aguerre/> et <https://www.glasinbeeld.nl/13709/tu-delft-circulair-gevelconcept-integreert-functies/>

¹¹¹ <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:0aca38e7-81ae-4ca7-9b1f-ffc0f2e33fc?collection=education>

gevelelementen ter vervanging van de traditionele installaties. Deze gedecentraliseerde technologieën omvatten de energieproductie, luchtbehandeling, elektrische en communicatie-infrastructuren en eventueel andere elementen, zoals beeldschermen of groene gevels.

Anderzijds zullen nieuwe wijzen van financiering, outsourcing en exploitatie van deze nieuwe en zeer complexe bouwsystemen, de noodzakelijke overgang vergemakkelijken in het hele bouwproces. De incentive wordt bij de aanbieders gelegd: ze zullen van bij het initiële ontwerp rekening houden met componenten die gemakkelijk kunnen worden onderhouden en vervangen, en streven naar een kwalitatieve productie gericht op duurzaamheid in plaats de initiële kostprijs. In het bijzonder valt er winst te rapen wanneer bij het ontwerp al wordt rekening gehouden met de exploitatie door een nauwere en voortdurende samenwerking tussen de leveranciers van technologieën en de klanten (of gebruikers).

In september 2016 heeft een consortium van ondernemingen een eerste proefgevel geïnstalleerd op het gebouw van de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica van de TU Delft.

Opmerkingen

Aangezien het project nog in een experimentele fase zit, is het niet evident om de prestatie op lange termijn van een dergelijke gevel te beoordelen, noch om de juridische en werkelijke kosten ervan te beoordelen.



(bron : TU Delft)

WINKELINRICHTING ALS DIENST¹¹² - Bouwbedrijf Beneens¹¹³

Idee

Het aanbieden van winkelinrichting als dienst, volgens een methode die vergelijkbaar is met PPS-constructies: ontwerp (Design), bouw (Build), onderhoud (Maintain) en financiering (Finance).

Realisatie

In dit geval is één partij (met name Beneens) verantwoordelijk voor het ontwerp, de realisatie en het onderhoud gedurende een bepaalde periode van de inrichting van winkels. Bovendien zorgt deze partij voor de (voor)financiering van het project en verhuurt het de realisatie in feite aan de klant voor een overeengekomen periode, waarna de klant eigenaar wordt, of een aanpassing vraagt.

Het concept van winkelinrichting als een product-dienst berust op het principe van een productie zonder afval door maximaal hergebruik van materialen in een gesloten kringloop. Beneens heeft hiervoor vier ondernemingen rond de tafel gebracht: Sustenuto (maatschappelijk verantwoord

¹¹² http://www.turas-cities.org/uploads/biblio/document/file/294/WP6_MS36_Product_Service_System_List_of_inspiring_examples.pdf

¹¹³ <http://www.mipvlaanderen.be/file.aspx?mode=download&id=1824>

ondernemen en Cradle to Cradle-ondersteuning), Helbig (leverancier van materialen voor winkelmeubilair), Gyproc (een producent van gipskartonplaten) en Xandres (een kledingketen als geïnteresseerde klant). Samen heeft men gekozen voor het gebruik van een verlichtingssysteem dat meerdere malen kan worden hergebruikt evenals voor demontabele vloer- en wandbekleding, die ook elders kunnen worden gebruikt.

Volgende aandachtspunten zijn belangrijk bij de implementatie van DBFM in deze context:

Design <ul style="list-style-type: none"> - Lange levensduur van producten nastreven - Potentiële restwaarde aanwenden - Laag energieverbruik - Lage onderhoudskosten - Cradle to Cradle principes voor de materialen - Modulaire en flexibele wandsystemen - Ontwerp van "Box in Box" 	Build <ul style="list-style-type: none"> - Bouwen ter plaatse - Principes van duurzaam bouwen - Goede voorbereiding van het werk - Minder installatietijd - Beperking van het transport - Samenwerking met de onderaannemers - Recyclage van het afval
Maintain <ul style="list-style-type: none"> - Onderhoud van de installaties (elektrisch en HVAC) - Beheer van het dagelijks beheer van het gebouw - Samenwerking met de onderaannemers om de transportkosten te verminderen 	Finance <ul style="list-style-type: none"> - Relatie met de bankinstellingen - Opstellen van huurcontracten

Deze manier van werken levert een aantal voordelen op voor zowel de handelaar (lagere kosten, toename van het concurrentievermogen, outsourcing van het beheer van de installaties, meer tijd voor de verkoop) als de aannemer (klantenbinding, recurrente inkomsten en ontwikkeling van aanvullende diensten).

Opmerkingen

Hoewel het idee interessant lijkt, zit het project momenteel nog in de proeffase. Het is nog niet duidelijk of het model levensvatbaar is (kosten/baten, belangstelling van de markt enz.).



(bron : Beneens)

3.2. Deeleconomie

Delen heeft altijd bestaan maar als economisch model onderscheidt de deeleconomie zich door drie zaken:

- De oprichting van **platformen die vraag en aanbod met elkaar in contact brengen**. Deze (fysieke of virtuele) platformen zijn locaties voor het delen van toegang tot grondstoffen, vaardigheden of middelen of informatie.
- De ontwikkeling van transacties die een **andere benadering van eigendom** en toegang tot producten inhouden, zoals huren, lenen, abonnementsformules, ruil, schenking enz.
- Het aanbieden van meer **collaboratieve vormen van consumptie**.

Onder deze deeleconomie kunnen een groot aantal economische modellen worden ondergebracht, zoals industriële symbiose of collaboratieve economie, en dit zowel in de aanbodzijde als aan de consumptiezijde.

3.2.1. Beschrijving

➤ Uitwisseling van stromen – Industriële symbiose

In het geval van een industriële symbiose kan een onderneming een deel of het geheel **van zijn (ontgonnen) grondstoffen te vervangen** door **industriële rest- of afvalstoffen** afkomstig van een ander bedrijf. Een industriële symbiose is gebaseerd op samenwerking en de mogelijkheden tot **synergie via uitwisseling** die mogelijk zijn door een zekere **geografische nabijheid**¹¹⁴. Deze synergiën, hoewel ze meestal materieel zijn, kunnen ook gericht zijn op een bundeling van logistieke aard (leveringen), van diensten (inzameling en collectief vervoer), van apparatuur (delen van een verwarmingsketel of stoomproductie) of van personeel (gedeelde banen). Industriële symbiose valt binnen een territoriale aanpak met als doel het opzetten van **korte economische circuits**. Synergiën tussen bedrijven worden daarom vaak opgezet in zogenaamde 'duurzame' industrieterreinen of -parken.¹¹⁵

Deze uitwisselingen komen in de eerste plaats tegemoet aan economische behoeften, of het nu gaat om het beheersen van de uitgaven of het verminderen van het verbruik van grondstoffen. Als tegenprestatie dragen deze uitwisseling bij tot het verminderen van de milieu-impact ten gevolge van de aanvoer van grondstoffen en de afhankelijkheid van de grondstoffen. De voordelen voor het milieu zijn duidelijk en vormen een van de motoren van het model (vermindering van de hoeveelheid afval, uitstoot van CO₂, water).

Een onderneming die **een industriële symbiose wil opzetten**, moet hiervoor de bedrijven identificeren die haar afvalstoffen als grondstoffen kan gebruiken. Omgekeerd moet ze ook de ondernemingen identificeren die afvalstoffen produceren die haar grondstoffen kunnen vervangen. Om het vinden van deze informatie te vergemakkelijken, kan een onderneming gebruik maken van platformen die hiervoor worden uitgewerkt. In Vlaanderen is een voorbeeld van een dergelijk platform beschikbaar via het project Symbiose¹¹⁶.

¹¹⁴ Bron: "Industrial Symbiosis : Literature And Taxonomy", Marian R. Chertow, *Annual Review Of Energy And Environment* (2000)

¹¹⁵ Zie in dit opzicht de "Symbiose van Kalundborg" die het oorspronkelijke voorbeeld van het concept van industriële symbiose is, namelijk op: <http://www.symbiosis.dk/en>

¹¹⁶ CATALISTI, <http://www.smartsymbiose.be/>

➤ Delen van vaardigheden of middelen – Collaboratieve economie

Het model van de collaboratieve economie, dat het **delen van vaardigheden en/of van technische en financiële middelen** aanmoedigt, is gebaseerd op de ontwikkeling van een dynamiek van collectieve intelligentie tussen verschillende actoren voor het ontwerpen en produceren van nieuwe goederen en diensten. Door samen te werken met verschillende actoren (adviseurs, leveranciers, onderaannemers, overheden, consumenten enz.) zal een organisatie het aantal bronnen van innovatie waartoe zij toegang heeft verhogen en zo zijn "speelveld" verbreden.

De collaboratieve economie verwijst naar de dubbele creatie: materieel en immaterieel; met andere woorden de productie van goederen en van deelplatformen. Het **productieproces wordt gedemocratiseerd** door het delen van kennis, infrastructuur en instrumenten.

De collaboratieve economie omvat alle vormen van uitwisseling van diensten tussen actoren georganiseerd via netwerken, meestal via digitale platformen. De burger is een "consum'actor". Het gaat om delen, ruilhandel, uitwisseling, huur of schenking. Deze nieuwe modellen maken een **optimalisatie van het gebruikpercentage van toestellen en producten** mogelijk.

➤ Delen van ruimte en functies

Het gaat erom gedeelde lokale ruimten te doen ontstaan en te ontwikkelen. Deze zijn multifunctioneel, flexibel, efficiënt voor toegang tot essentiële diensten, voor het werk en het ondernemerschap, collectieve projecten, creatie en innovatie. Een "gedeelde" plek biedt een oplossing voor gebruikers die behoefte hebben aan **toegang tot diensten, vaardigheden, lokalen, apparatuur, instrumenten**. Het bevordert ook ontmoetingen en samenwerkingen die plaatsvinden in een persoonlijk, professioneel of verenigingskader. Gedeelde plekken worden over het algemeen uitgebaat en gerund door vrijwillige of professionele teams om de coherentie en afstemming te verzekeren van de timing en van de activiteiten die er worden verricht.

Er zijn drie grote types gedeelde ruimten:

- **Plaatsen voor co-creatie** moeten persoonlijke of collectieve projecten helpen om te ontstaan, te groeien, zich te ontwikkelen, bekender te worden en geconfronteerd te worden met andere projecten.
- **Gedeelde werkruimtes**¹¹⁷ zijn kantoorruimtes die worden gedeeld door een aantal personen die werken voor hun eigen bedrijf of aan onafhankelijke projecten. Deze ruimtes combineren het noodzakelijke met de praktijk van bureauwerk: wifi, werktafel, keuken, toilet, kantoorbenodigdheden met printer, fax, scanner en kopieerapparaat, evenals ruimtes voor vergaderingen, besprekingen en privételefoongesprekken.
In deze context kan men ook denken aan ruimtes op werven of specifieke plekken die worden gedeeld door een of meerdere aannemers om een deel van hun middelen (mensen, machines, openbare ruimtes enz.) te delen of te bundelen. Deze centra zouden een innovatieve oplossing voor de logistiek van werven kunnen vormen.
- **Collectief wonen** kan verschillende vormen aannemen:
 - *Coöperatief wonen*: een gebouw of een groep gebouwen die behoren tot een coöperatie en een aantal autonome privé-eenheden bevatten. De bewoners betalen een aandeel om lid te worden van de coöperatie, plus een door de coöperatie vastgelegde maandelijkse

¹¹⁷ GreenBizz is een voorbeeld van een gedeelde werkruimte voor ondernemingen die actief zijn in duurzaam bouwen in Brussel, <http://www.greenbizz.brussels/>

huisvestingsvergoeding om de werkelijke kosten van de huisvesting te dekken in plaats van een winst te genereren. De leden van de coöperatie hebben ook toegang tot een aantal gemeenschappelijke voorzieningen, zoals gemeenschappelijke ruimtes voorzien van een keuken, lokalen voorbehouden voor gasten en een tuinruimte.

- o *Gezamenlijk wonen* verschilt van coöperatief wonen doordat de deelnemers privé-personen blijven, maar wel toegang hebben tot gemeenschappelijke en gedeelde voorzieningen. De gedeelde voorzieningen zijn uitgebreider dan die in de meeste gevallen van coöperatief wonen en omvatten gewoonlijk tuinruimtes, keukens, werkruimtes, zitkamers, wasruimtes, sportzalen en lokalen voorbehouden voor gasten.
- o *Gezamenlijk huren* is een woonvorm waarbij een appartement of een huis wordt gehuurd. De "nieuwe" elementen in deze formule zijn de schaal (zeer grote huizen verhuurd tegen marktconforme tarieven), de aard van de huurders (jonge professionals) en de mate en de redenen om een grote ruimte te delen.

Afhankelijk van de verschillende typologieën van gemeenschappelijke ruimtes kan de besparing op deze plaatsen verschillende vormen aannemen. Ongeacht het deel-model gaat het bijna altijd om het maximaliseren van de bezettingsgraad van de plaats en het gebruik van technische hulpmiddelen evenals het bedenken van andere bronnen van inkomsten: diensten aan gebruikers, hosting van diensten, onthaal of organisatie van evenementen enz.

3.2.2. Voorbeelden en goede praktijken

➤ Uitwisseling van hulpbronnen – Industriële symbiose

LOKAAL FOSFOGIPS – Knauf ECOGypsum¹¹⁸

Idee

Duurzame lokaal gips produceren door nuttige toepassing van de afvalstoffen van een andere onderneming.

Realisatie

In Engis, in de buurt van Luik, heeft de onderneming Knauf een fabriek voor de productie van gips. De fabriek bevindt zich in de buurt van een bedrijf dat fosfaatafval in een voldoende grote hoeveelheid en van voldoende kwaliteit produceert zodat Knauf dit kan aanwenden voor de productie van zijn gips.

Knauf ontwikkelt een gamma REA-gips (uit de ontzwaveling van rookgassen in thermische centrales) en fosfogips (uit de productie van fosfaten). Het gips bestaat voor 99% uit minerale grondstoffen. De basisgrondstof voor de productie van de verschillende soorten gips is calciumsulfaat, een kristal van natuurlijk gips ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$). Het gips is verkrijgbaar in verschillende vormen: als natuurlijk gips (exploitatie van groeven), zoals REA-gips (uit de ontzwaveling van rookgassen van thermische centrales) of fosfogips (uit de productie van fosfaten).

¹¹⁸ OMICRON, <http://www.omicron-media.be/fr/nouvelles/paint-stuc-covering-news/item/911-knauf-une-production-locale-et-durable>

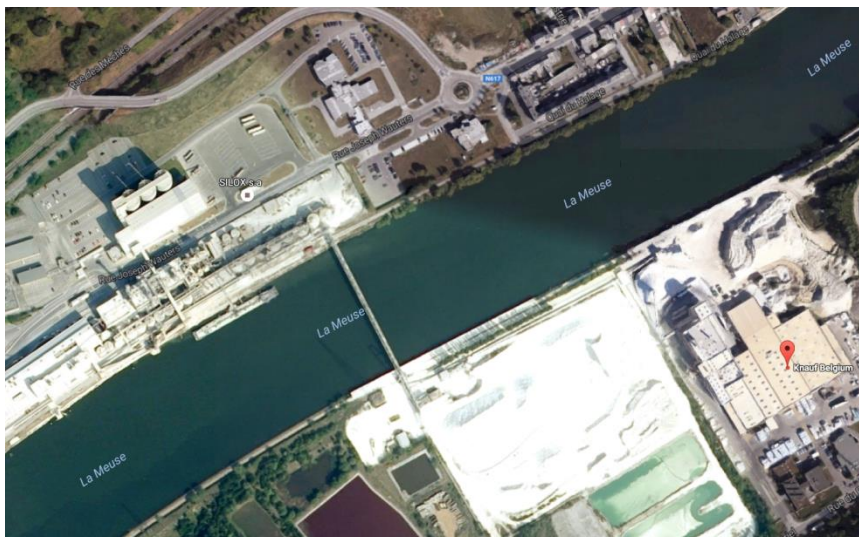
In Engis bevindt Knauf zich letterlijk op een paar honderd meter van de gipsleverancier, aan de andere kant van de Maas. De afval- of grondstoffen worden vervoerd via een transportband over de Maas, zonder zware vervoermiddelen.

De partneronderneming in het kader van deze symbiose is Silox¹¹⁹ (Société Industrielle Liégeoise des Oxydes, gevestigd op het industrieterrein van Prayon), een onderneming die op basis van natriumhydrosulfiet een uitgebreid gamma zinkoxiden produceert.

Dankzij een geïntegreerd bevoorradingssysteem op lokaal niveau is het energieverbruik bij de bron voor het vervoer en de levering van de grondstoffen en afgewerkte producten aanzienlijk lager.

Opmerkingen

De moeilijkheid van een dergelijke symbiose ligt in de afhankelijkheid van een externe speler voor de levering van een essentiële grondstof. Deze bedenking geldt voor alle symbioses. Het is bijgevolg essentieel dat partnerschapscontracten worden opgesteld op lange termijn en goed omkaderd zijn, zodat enerzijds een onderneming in moeilijkheden geen andere met zich meesleurt en anderzijds een voldoende en efficiënte bevoorrading wordt gewaarborgd.



(bron : Google Maps)

CIRCULAIRE BOUWPLAATSEN (Be.Circular): Boondael [032] (aannemer: Llinye Lilya) en Petite Suisse [009] (aannemer: Max Stockmans) (Brussel, België)

Idee

Een deel van de menselijke en materiële middelen en expertise van twee naburige werven, van verschillende opdrachtgevers en aannemers, bundelen.

Realisatie

Gezien de geografische nabijheid van de twee bouwplaatsen en de goed op elkaar aansluitende plannings, hebben de aannemers besloten om een deel van hun menselijke en materiële middelen en expertise te bundelen.

¹¹⁹ Silox, <http://www.silox.com/>

Beide projecten zijn winnaar van de oproep tot het indienen van projecten voor Be.Circular¹²⁰ en hebben elkaar leren kennen na de oproep.

Het project Boondaal bestaat uit de grondige renovatie van twee aangrenzende woongebouwen in zeer slechte staat om er 9 woningen met een binnenplaats van te maken. Het project berust op de inschakeling van verschillende vormen van circulaire logica, waaronder het behoud van de bestaande gebouwen, het gebruik van materialen voor hergebruik, het werken in bouwteam en de tewerkstelling van lokale arbeidskrachten.

De architect en de opdrachtgever hebben de kwestie van het behoud van de gebouwen zeer aandachtig bestudeerd, zodat meer dan 90% van de bestaande gebouwen (afbeeldingen (a) en (b) hieronder) behouden kan blijven. Voor veel interventies op de bouwplaats wordt gebruik gemaakt van hergebruik: hergebruik in situ van gedemonteerd hout, van bestaande bakstenen voor het repareren of versterken van de bestaande muren of voor gebruik als ophoging en aanvulling. Er worden ook materialen gekocht die op andere werven overbodig of op overschot zijn, tegen een redelijke prijs om op de bouwplaats te worden gebruikt (afbeelding (c) hieronder): schroot, metselblokken, houten balken, houten platen om het verkeer op de bouwplaats mogelijk te maken. De hele logistiek van de bouwplaats is uitgewerkt met het oog op het beperken van het gebruik van materiële middelen.

Het project Petite Suisse bestaat uit de uitbreiding van een bestaande studio op een plat dak op de 5e verdieping. Verschillende thema's die betrekking hebben op de circulaire economie komen aan bod: het bestaande gebouw wordt zoveel mogelijk behouden (afbeelding (d)); de houtskeletbouw is ontworpen om modulair te zijn en montage en demontage te vergemakkelijken; hergebruik van materialen in situ (afbeelding (f)); de gerecupereerde materialen die niet ter plaatse worden gebruikt en voldoende marktwaarde hebben, worden doorverkocht (afbeelding (e)). De afbraakmaterialen worden zoveel mogelijk ter plaatse hergebruikt: voor de herinrichting van de kelders (extra individuele kelder, vuilnislokaal, bergruimte voor fietsen en kinderwagens) en voor de structurele elementen van de 5e verdieping: betonblokken, lateien, deuren,

Om aan herbruikbare materialen te komen, werden contacten gelegd met verkopers van deze materialen en het project Boondaal.

(a)



(b)



(bron : WTCB)

(c)



¹²⁰ Be.Circular, http://www.circularprojects.brussels/?page_id=679&lang=fr



➤ Delen van vaardigheden of middelen – Collaboratieve economie

HARVESTMAP¹²¹ (Superuse Studios¹²²)

Idee

Een geografische weergave om het afval in de buurt van de plaats van een project te helpen identificeren.

Realisatie

Er bestaat een mogelijkheid om materialen en componenten terug te winnen van andere gebouwen maar ook van andere sectoren door netwerken en uitwisselingsforums op te richten die de aandacht vestigen op producten die bepaalde personen zouden kunnen interesseren.

Superuse Studios heeft zo een "oogstmap" (harvestmap) voor Rotterdam gecreëerd. Deze kaart is bedoeld om verbanden te leggen tussen de vraag naar materialen en het aanwezige aanbod in de regio. De gerecupereerde materialen krijgen een referentie op het webplatform, met daarbij hun locatie. Het platform wordt gevuld door een gespecialiseerd team dat materialen vindt en localiseert, bv. via Google Earth. Dit instrument kan door bouwers worden gebruikt om "afval" en materialen in de buurt van hun bouwplaats te vinden. Het instrument biedt ook hulp bij de manier waarop de materialen of grondstoffen gebruikt kunnen worden.

De materialen kunnen vervolgens klaargemaakt worden voor hergebruikt. Het idee is dus om nieuwe waarde te creëren voor wat er al is en nieuwe materiaalstromen te creëren.

Zo vindt Superuse Studios het beter dat de afvalstoffen van een sector kunnen dienen als hulpbronnen voor een andere sector in plaats van materiaal eigen aan een bepaalde sector in een gesloten kringloop te houden.

Deze "oogstmap" werd getest in het project voor de Vila Welpeloo (zie hierboven). Andere oogstmappen zijn sindsdien ontstaan in andere steden zoals Glasgow¹²³ of Utrecht¹²⁴ of voor andere projecten zoals MOE¹²⁵ of MANIFESTA¹²⁶.

¹²¹ <http://www.oogstkaart.nl/>

¹²² <http://superuse-studios.com/>

¹²³ <https://urbanrestart.wordpress.com/2014/12/07/harvest-map-glasgow-commons/comment-page-1/>

¹²⁴ <http://www.365dagenkunst.nl/2012/4855/>

¹²⁵ <http://superuse-studios.com/index.php/2012/05/moes/>

¹²⁶ <http://www.studioflyingcolours.nl/index.php?project/atelier-bouwkunde-rotterdam/>

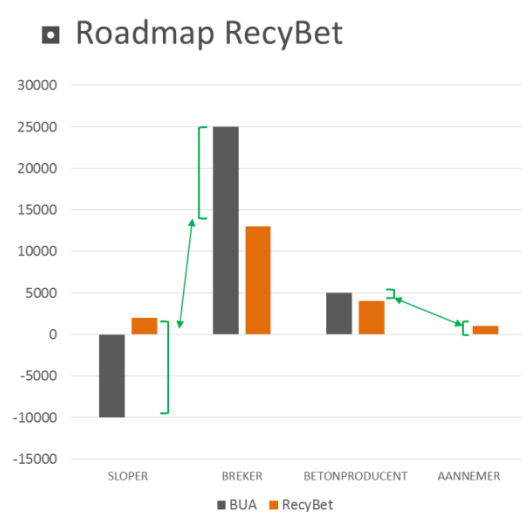


(bron : Superuse Studios)

Sterke en korte keten met oog op hoogwaardige recycling en verdeling kosten/baten – Roadmap RECYBET

In een traditioneel sloopproces verwijdert de sloopaannemer alle materialen, levert de steenachtige afvalstromen aan bij een breker, die er gerecycleerde granulaten van maakt. Deze granulaten zijn wellicht niet van voldoende kwaliteit om als grondstof voor de prefab-beton-industrie te dienen.

Wanneer echter de betonproducent zich engageert om hoogwaardig granulaat af te nemen bij de breker (tegen een zekere kostprijs, die wel nog lager ligt dan de kostprijs van natuurlijke granulaten) wordt er een incentive gecreëerd bij de breker om specifieke kwaliteitsvolle granulaten te produceren. Hiervoor zal hij ook van de sloper moeten vragen om selectief te werk te gaan bij de afbraak, en de beste stukken betonpuin apart en zuiver aan te leveren. Dit heeft een kostprijs voor de sloper, die bij een herverdeling van kosten/baten over de keten, en bij het maken van goede afspraken, kan worden gecompenseerd. In principe kunnen alle partijen – sloper, breker, betonproducent en aannemer bouw – meerwaarde creëren als ieder bereid is een deel van het surplus te verdelen met de anderen (vnl. de sloper).



Mogelijkheden voor kortgeslotensterke keten:

- Doorgedreven selectieve sloop: hoogwaardige betonfractie apart en zuiver (cherry picking)
- Aparte stroom breken tot top-recycling-granulaat
- Betonproducent vervangt natuurlijk granulaat
- Aannemer: beter imago, geen meerprijs

Waardeverdeling doorheen keten nodig/mogelijk?

(bron : Jeroen Vrijders, WTCB)

Opmerkingen

Dit model is enkel op basis van enkele case study's en via een aantal aannames uitgewerkt, en dient verder te worden gevalideerd in de praktijk. Het zou een oplossing kunnen zijn om hoogwaardigere granulaten te produceren en om een aanvoer richting bepaalde betonproductie te verzekeren. In principe zou een gelijkaardig systeem ook kunnen werken voor andere stromen (bv. glas), als er aan het uiteinde van de keten een duidelijke incentive wordt gegeven.

SMART PRICE HOUSE¹²⁷ – BeL Sozietät für Architektur¹²⁸ (Hamburg, Duitsland – 2013)

Idee

Het project is gebaseerd op het principe van "Do-It-Yourself '(DIY)-bouwen als een strategie voor de toekomstige bewoners om de bouwkosten te verlagen dankzij een eenvoudig en goedkoop bouwsysteem dat afzonderlijk gebouwd of gekocht kan worden door de bewoners zelf.

Realisatie

De verschillende verdiepingen van het gebouw, die alleen de structuur en het verticale verkeer bevat bij oplevering, kunnen afzonderlijk worden ingevuld (afbeelding (f) hieronder) door de bewoners zelf, met behulp DIY-bouwmethoden. De open basisstructuur maakt langdurige flexibiliteit mogelijk.

De toekomstige eigenaars kopen een pakket bestaande uit een 'perceel' in een betonnen skelet, alle benodigde bouwmaterialen voor de inrichting van hun 'perceel' en een handleiding¹²⁹ met gedetailleerde instructies over alle noodzakelijke stappen voor het opbouwwerk (afbeelding (a) hieronder toont de eerste pagina van de handleiding voor de ruimtelijke inrichting van een appartement). De handleiding toont de manier om de buitenmuren, de binnenmuren, de apparatuur voor de bouw van de ruwe installatie, de binnenisolatie, het schilderwerk, de binnendeuren, de apparatuur, het buitenschrijnwerk, de vloerbekleding enz. te realiseren.

Deze handleiding bevat algemene aanbevelingen voor de uitvoering van de verschillende elementen en illustreert de manier en het te gebruiken gereedschap om het bouwproject te realiseren. Afbeelding (b) hieronder illustreert de procedure en vermeldt het te gebruiken gereedschap om een muur in isolatieblokken te bouwen. Een overzicht van de verschillende producten wordt ook gegeven (afbeelding (c) hieronder); technische details worden geïllustreerd (afbeelding (d) hieronder) en alle stappen van de uitvoering worden gedetailleerd (afbeelding (e) hieronder).

Bovendien vermeldt de handleiding ook dat de zelfbouwer een beroep kan doen op gespecialiseerde ondernemingen om hem te helpen bij het bouwen van bepaalde elementen. Voorts vermeldt de handleiding dat voor bepaalde posten een certificering van de uitvoeringsconformiteit door een professional vereist is.

Opmerkingen

Hoewel er wordt gevraagd dat de zelfbouwer zijn bouwwerk laat goedkeuren door gekwalificeerd personeel, roept dit voorbeeld vragen op met betrekking tot de verantwoordelijkheid van de actoren

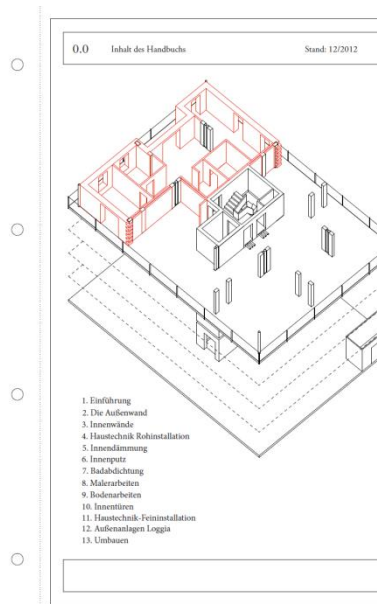
¹²⁷ BeL, http://www.bel.cx/cx_Projektseiten/projects.html en OVAM, http://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/TWOL%20Dynamisch%20Bouwen_%20EINDRAPPORT_finale%20versie_OVAM1_LR.pdf

¹²⁸ BeL, <http://www.bel.cx/>

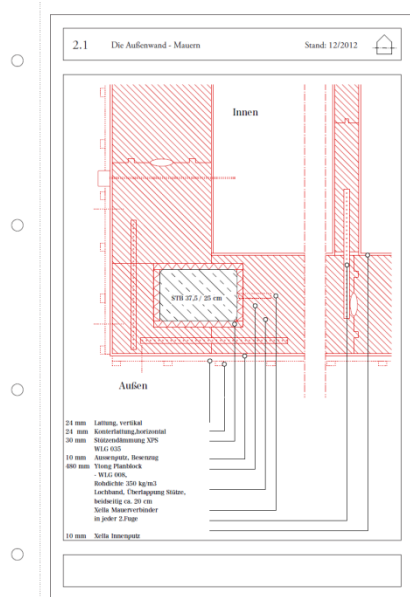
¹²⁹ BeL, http://www.bel.cx/cx_Projekte/072_cx_IBA/072_GuS_BeL.pdf

voor de uitvoering van bouwwerken. Bovendien moet de veiligheid ook verzekerd worden, zowel tijdens de uitvoering als tijdens de gebruiksfase.

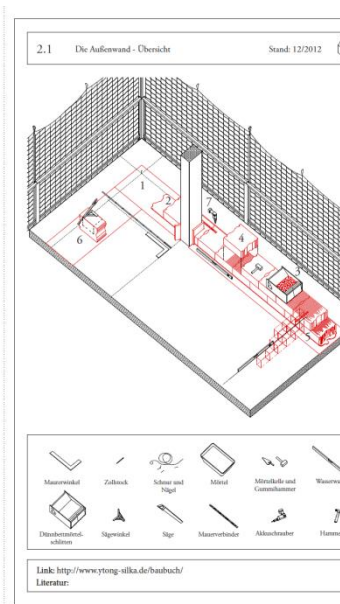
(a)



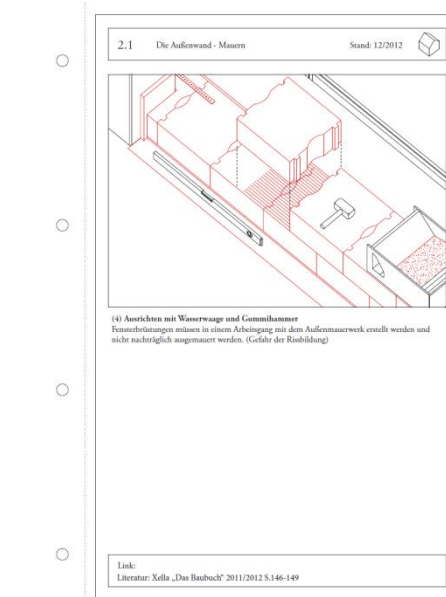
(d)



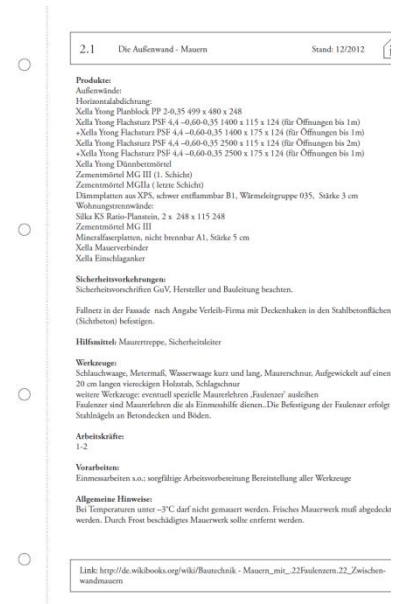
(b)



(e)



(c)



WIKIHOUSE¹³⁰

Idee

De creatie van een prefab gebouw toegankelijk maken voor iedereen door de uitwisseling van bouwplannen in open source.

Realisatie

WikiHouse¹³¹ is een internationaal samenwerkingsproject binnen de "Do it Yourself"-beweging dat beoogt om een rechtenvrije bouwwijze te promoten die kan worden gedeeld, aangepast en verbeterd. Het concept WikiHouse berust op een denkrichting die beoogt om ons vermogen om invloed te hebben op de dingen, om uit te vinden, te delen en te fabriceren, bevrijd van het auteursrecht, terug te krijgen.

WikiHouse is een open-sourceproject voor het ontwerp en de bouw van huizen. WikiHouse stelt de gebruikers in staat om bouwplannen te downloaden op zijn website onder de licentie "Creative Commons"¹³², om ze te personaliseren met behulp van SketchUp en ze vervolgens te gebruiken om een soort van multiplex puzzelstukjes te maken (uitsluitend van 18 mm dik) met een digitale freesmachine (computergestuurde machine om multiplex platen te snijden). De bouw van de structuren vereist geen speciale ruimte, omdat de houten stukken hoofdzakelijk worden geassembleerd door ze ineen te schuiven vergrendeld door spieën. De hele techniciteit zit in de vorm van de stukken. De structuur van een WikiHouse zou in minder dan een dag kunnen worden geassembleerd. De structuur moet dan worden afgewerkt door de plaatsing van bekleding, isolatie, bekabeling en leidingen. Het snijden van de stukken wordt uitgevoerd dankzij het netwerk van de "FabLabs", coöperatieve werkplaatsen die digitale apparatuur en assistentie ter beschikking stellen van het publiek.

Eenvoudig gezegd, kan iedereen de 2D-bestanden die alle samenstellende delen van het huis weergeven, downloaden en ze zelf snijden met een digitale freesmachine. Hij of zij kan vervolgens wijzigingen aanbrengen in het model en ze online plaatsen ten behoeve van de gemeenschap.

Hoewel WikiHouse ontstaan is in Londen in 2011, heeft het concept zich snel ontwikkeld overal in de wereld waar verschillende nationale *chapters* hun eigen prototypes hebben ontwikkeld.



(bron : Google - WikiHouse)

¹³⁰ <https://www.wikihouse.cc/> et <https://www.youtube.com/watch?v=Mlt6kaNjoel>

¹³¹ <http://www.doityourself.com/>

¹³² <https://creativecommons.org/>

Opmerkingen

De ontwikkeling van dit bouwmodel vereist toegang tot gereedschap dat enerzijds enige ervaring vereist en waartoe anderzijds de toegankelijkheid niet zo vanzelfsprekend is. Daarnaast zegt dit model niets over de verplichting tot controle en de conformiteit van de assemblage van de verschillende onderdelen.

Dit bouwprincipe roept ook andere vragen op met betrekking tot de stabiliteitsverzekering van de bouw en de aansprakelijkheid in geval falen van de stabiliteit. Hoe zit het overigens met de plaatsing van de fundamente, de windstabiliteit, de brandwerendheid, enz.?

OPEN STRUCTURES¹³³

Idee

De compatibiliteit van bouwelementen door hun ontwerp en dimensionering verzekeren en delen om een breed scala aan toepassingen voor de bouw en hergebruik van componenten in de toekomst mogelijk te maken.

Realisatie

Het OS-project (OpenStructures) verkent de mogelijkheid van een modulaair bouwmodel waarin iedereen voor iedereen ontwerpt op basis van een gedeeld geometrisch raster. Het initieert een soort van collaboratieve “Meccano” waaraan iedereen kan bijdragen en onderdelen, componenten en structuren kan delen. Het gaat om een continu ontwerpproces dat tot doel heeft om te ontdekken wat er gebeurt als mensen objecten tekenen in een gedeeld modulaair raster (zie de illustratie van het principe in afbeelding (a) hieronder), een gemeenschappelijke open standaard die de uitwisseling van onderdelen, componenten, ervaringen en ideeën stimuleert en beoogt om samen dingen te bouwen. Een open modulaair systeem van dit type heeft het potentieel om flexibele en dynamische structuren te genereren in plaats van uniforme modulaire eenheden, variatie te brengen in de modulariteit, de cycli voor hergebruik van de verschillende onderdelen en componenten te stimuleren, collaboratieve (en dus exponentiële) innovatie in de materiële constructie mogelijk te maken.

Het OS-model is een open modulaair systeem dat gebruik maakt van een raster waarvan de vorm en de afmetingen van de mazen gestandaardiseerd zijn. Dit raster zorgt voor een flexibel ontwerp van de objecten, die een reeks gestandaardiseerde componenten uit een breed scala van materialen bevatten, maar die niettemin allemaal compatibel en onderling verwisselbaar zijn. Deze benadering maakt het mogelijk om verschillende gestandaardiseerde bouwoplossingen te introduceren en hergebruik van meerdere subcomponenten in de bouw te bevorderen.

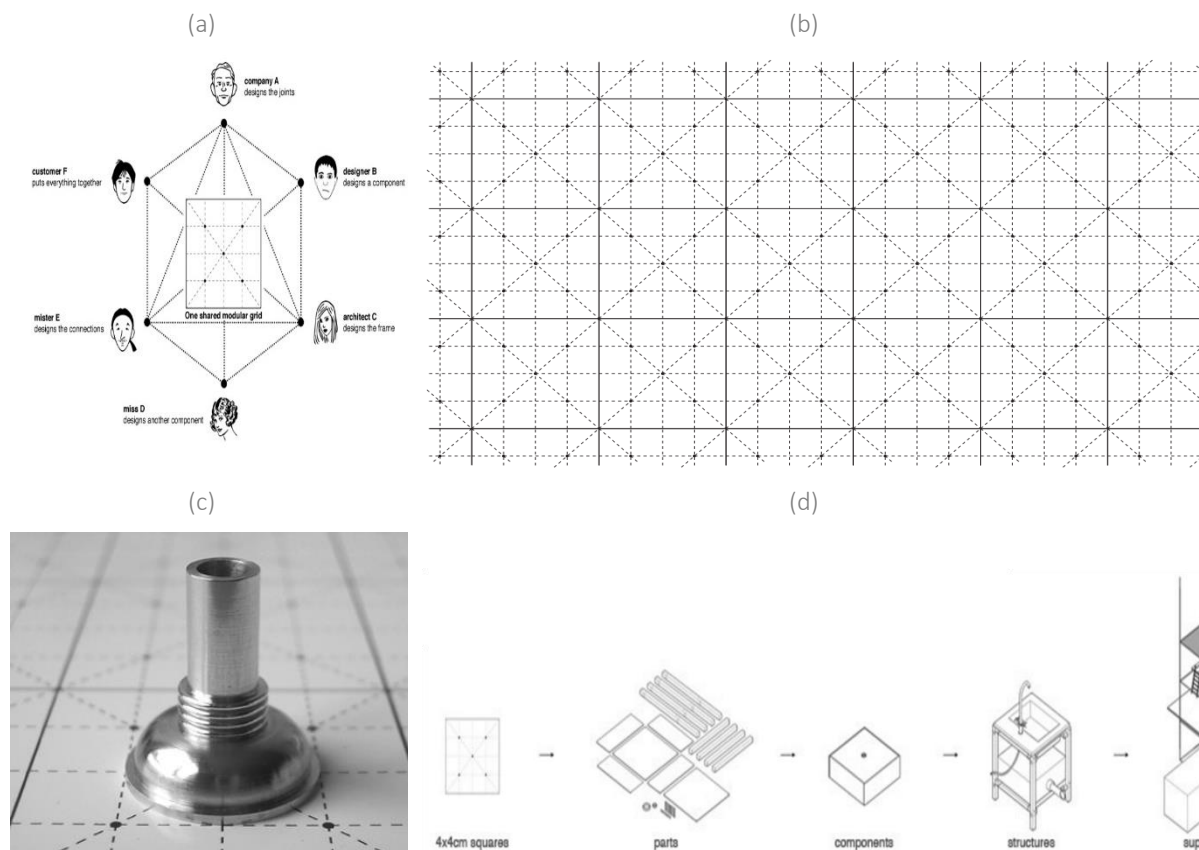
Alle OpenStructures moeten ontworpen worden als dynamische en onderling afhankelijke puzzels. Dit betekent dat ze moeten worden ontworpen voor demontage en volgens eenzelfde dimensionaal kader (het OS-raster). Om de ontwerpprocessen te vergemakkelijken, zijn er verschillende richtlijnen ontwikkeld voor het ontwerp. Dit zijn empirische regels waarmee rekening moet worden gehouden bij het ontwerp van elk OS-onderdeel of -component.

- Regel 1: ontwerpen voor demontage (assemblagetechnieken bevorderen die demontage zonder schade mogelijk maken om hergebruik van componenten te vergemakkelijken).

¹³³ OpenStructures, <http://www.openstructures.net/en>
OVAM, http://www.ovam.be/sites/default/files/FILE1375792665548ovor130806GANDHI_Eindrapport_OPLEVERING.pdf

- Regel 2: ontwerpen met recycleerbare materialen (waar mogelijk, ter ondersteuning van oneindige kringlopen van materialen).
- Regel 3: ontwerpen vanuit het OS-raster (afbeelding (b) hieronder) : het OS-raster gebruiken als een ontwerptool voor het kiezen van de afmetingen, van de assemblagepunten of verbindingdiameters om uw onderdelen compatibel te maken met die van anderen. Het OS-raster kan worden toegepast op 3 verschillende manieren: door de afmetingen van uw onderdelen of componenten te kiezen op basis van het OS-raster (zie het voorbeeld in afbeelding (c) hieronder); door de assemblagepunten op uw onderdelen of componenten te plaatsen volgens het OS-raster; door interconnectiediameters te kiezen voor uw onderdelen of componenten afkomstig van het OS-raster. Om het ontwerp- en bouwproces van open modulaire objecten te vergemakkelijken, werd een OS-regel van 60 × 60 cm ontwikkeld naast het basisvierkant van 4 × 4 cm. Hierdoor kan iedere deelnemer het raster toepassen als een gedeelde ontwerptool en toch nieuwe onderdelen, componenten of structuren genereren.


Het bouwprincipe ligt in de structurele accumulatie van alle open structuren op basis van onderdelen volgens de volgende 4 stappen (afbeelding (d) hieronder): vierkante onderdelen van 4 x 4 cm creëren (een onderdelencatalogus is beschikbaar; de onderdelen worden geassembleerd tot functionele componenten (zoals koelkasten of laden)); de componenten worden geassembleerd en met elkaar verbonden tot structuren (zoals keukens of badkamers); verschillende structuren worden gecombineerd tot overkoepelende structuren (zoals een huis). Meerdere directory's (afbeelding (e) hieronder) van onderdelen (bijna 200), van componenten (46) en van structuren (55) zijn beschikbaar en worden gedeeld.



(e)

All names...	All designers...	All materials...	All years...
All types...	All producers...		All locations...
All states...	All copyrights...		All prices...

Search result - Showing 1 to 10 out of 199



bearing bracket
structural
not for sale


Short description:
(found) OS compatibl...

Designer:

Date:
2016

Location:
United States

This part is used in the following structures and / o



Ring 40/20
assembly
not for sale

Designer:
Tobias Manuel

Date:
2016

Location:
Germany

(bron : OpenStructures)

➤ Delen van ruimte en functies

NOORD4US¹³⁴

Idee

Een sociale, duurzame en zuinige woonvorm creëren door intelligente samenwerking.

Realisatie

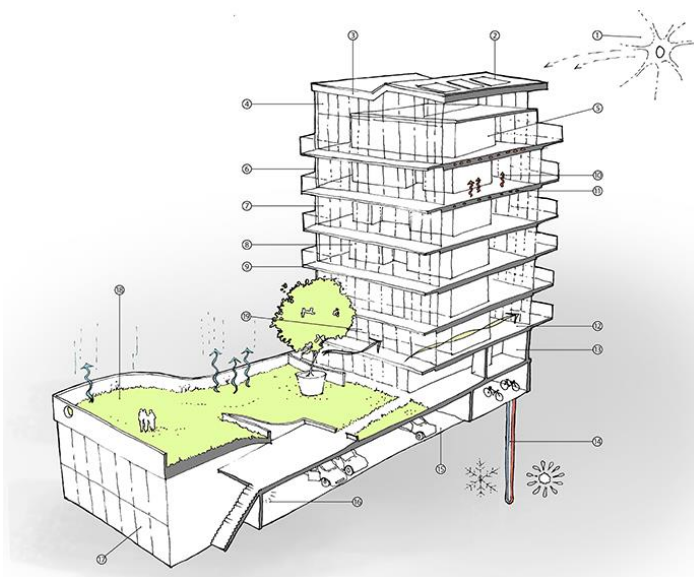
Noord4Us voert dit idee uit in Amsterdam-Noord op het IJ¹³⁵ door de oprichting van een collaboratieve economie. "Hoe meer je deelt, hoe meer je bezit" is het credo van Noord4Us. Dit delen gaat van een appartement (7 types appartementen worden aangeboden) en een tuin tot wasmachines, een elektrische auto of fietsen: Work4Us, Sport4us, Woning4Us, Energie4Us, Ruimte4Us, Auto4Us, Fiets4Us, Kook4Us, Wifi4Us, Groen4Us, Bespaar4Us, Shop4Us zijn allemaal diensten en ruimten die worden gedeeld door de gemeenschap.

Met Noord4Us hebben de bewoners alle mogelijkheden tot het nemen van individuele en collectieve initiatieven. Afhankelijk van de indeling en de keuze is het mogelijk dat tien tot vijftien huishoudens deze plek delen. Ze bepalen dan samen wat ze willen delen. Deze innovatieve manier van leven maakt het mogelijk veel meer ruimte te hebben, efficiënter en milieuvriendelijker te leven en toch geld te besparen.

Het collectief heeft voor een duurzaam gebouw gekozen, waarin de energie wordt geproduceerd door zonnepanelen en de verwarming afkomstig is van de restwarmte van de ventilatie en het warmte-opslagsysteem.

¹³⁴ <http://noord4us.nl/> et <http://buiksloterham.nl/project/1302/noord4us>

¹³⁵ Het IJ is vandaag een Nederlands zoetwatermeer van Noord-Holland, gelegen in Amsterdam. Hij wordt in twee gescheiden door twee sluizen (bron: Wikipedia).



SUSTAINABLE NOORD4US!

- 1 De oriëntatie van het dak met PV-panelen is op het zuiden gericht
- 2 Hoge RC waarde dak (RC6)
- 3 PV Panelen en zonneboiler op hellend dak
- 4 Hoogwaardig isolerende triple beglazing
- 5 Centrale luchtbehandeling met warmte terugwinning
- 6 Robuuste en efficiënte externe gebouw jasje lagere energiekosten
- 7 Vrije verdiepingshoogte van 3 meter voor veel daglicht diep in de ruimte
- 8 Niet dragende woningscheidende wanden voor maximale flexibiliteit in de toekomst
- 9 Grote overstekten beperken zonbelasting
- 10 Lage temperatuur vloerverwarming
- 11 Extra dikke dekvloer voor het vterslepen van installatie voorzieningen voor maximale flexibiliteit
- 12 Spuiventilatie mogelijk door te openen geveldelen
- 13 Toekomstbestendig door het delen van diverse gemeenschappelijke ruimtes die in de toekomst van grootte en functie kunnen wijzigen
- 14 Warm and cold exchange: Kaveloverschrijdende warmte- en koudeopslag
- 15 Elektrische oplaadpunten voor fietsen en auto's
- 16 LED-verlichting toegepast bij de gemeenschappelijke gebouwgebonden verlichting
- 17 Gedeelde programma op de straat mogelijkheden voor toekomstige programma verandering.
- 18 Water buffering door gras en sedum invulling van de gemeenschappelijk tuin
- 19 Lokale luchtcooling door verdamping van planten in de opgetilde gemeenschappelijke tuin

(bron : Berger Barnett Architecten¹³⁶ & Noord4Us.nl)

JUST PARK¹³⁷

Idee

De toegang tot individuele parkeerplaatsen vergemakkelijken en niet-benutte ruimtes delen.

Realisatie

JustPark is een oplossing die beoogt alternatieve, lokale en minder dure parkeerplaatsen aan te bieden, terwijl de eigenaars van deze ruimtes geld verdienen en het gebruik van hun ruimte maximaliseren. Met de mobiele applicatie kan men automatisch weten waar er een vrije plaats is waardoor extra kilometers rijden rond de zone op zoek naar een vrije plaats wordt vermeden. De beschikbare parkeerplaatsen in de buurt van het openbaar vervoer maken ook deel uit van een logica van geïntegreerde multimodale mobiliteit, waarbij een eerste deel van het traject wordt afgelegd met de auto en de rest met het openbaar vervoer.

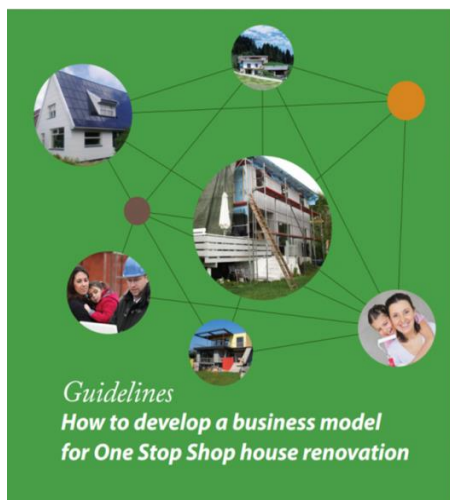
ONE STOP SHOP RENOVATIE – Samenwerking tussen bedrijven om de markt te benaderen

Bedrijven kunnen hun klanten en hun projecten met elkaar 'delen', om zo samen beter gewapend de markt op te gaan. Een typische markt hiervoor is de woningrenovatiemarkt: iedereen heeft een bepaalde specialiteit (dak, gevel, isolatie, schrijnwerk, verwarming, ventilatie, ...) maar vele klanten zijn op zoek naar een 'integraal aanbod', zodat ze zelf niet alle partijen apart moeten aanschrijven. Dit idee is verder uitgewerkt in het One Stop Shop-project (one-stop-shop.org), en wordt door een aantal partijen al in praktijk gebracht. Zo bestaat het bedrijf Sy-Bo uit Wingene uit een cluster van individuele bedrijven (elektriciteit, ruwbouw, ...) en 1 coördinatrice die het uithangbord is naar de klant toe. De verschillende bedrijven werken semi-formeel samen aan verschillende projecten, en genereren zo

¹³⁶ <http://www.bergerbarnett.nl/>

¹³⁷ http://www.turas-cities.org/uploads/biblio/document/file/294/WP6_MS36_Product_Service_System_List_of_inspiring_examples.pdf (rechercher Parkatmyhouse) en <https://www.iustpark.com/about/>

enerzijds een continuüm van opdrachten en inkomsten en anderzijds ook meerwaarde doordat zij hun activiteiten beter op elkaar kunnen afstemmen en efficiënter kunnen werken.



Opmerkingen

Er blijven enkele moeilijkheden bestaan bij de invoering van een dergelijke samenwerking vanwege de Belgische mentaliteit die wil dat een aannemer "zelfstandig" blijft en onafhankelijk is van anderen. Een andere moeilijkheid zou kunnen optreden als een onderneming beslist om een andere weg te volgen dan een andere onderneming van de cluster. Dergelijke samenwerking moet er ook rekening mee houden dat bouwprojecten voortdurend evoluerende relaties tussen de partners vereisen.

De verdeling van de kosten en baten leidt ook soms tot discussies.

CIRCULAIRE BOUWPLAATSEN (Be.Circular): Deswaef [055] et Debatty [079] (aannemer: Gillion) (Brussel, België)

Idee

Het delen van werffaciliteiten.

Realisatie

Beide projecten zijn winnaars van de oproep tot het indienen van projecten Be.Circular¹³⁸ en liggen op hetzelfde terrein.

Het project Deswaef (afbeeldingen (a), (b) en (c) hieronder) bestaat uit de renovatie van het cultureel centrum Deswaef, dat al 15 jaar niet meer gebruikt wordt. De renovatie beoogt het behoud van bouwelementen of -materialen zoals blauwe hardsteen, tegels of de bar in gewapend beton. In situ gerecupereerde elementen zullen ter beschikking worden gesteld via een gemeentelijk materialenplatform om een tweede leven te krijgen.

Het project Debatty (afbeeldingen (d), (e) et (f) hieronder) beoogt de renovatie van gemeentelijke gebouwen (80 woningen) tot 52 sociale woningen, een gemeenschapsruimte, een kinderdagverblijf en de herinrichting van het park. Deze renovatie omvat initiatieven voor het behoud van de bestaande

¹³⁸ Be.Circular, http://www.circularprojects.brussels/?page_id=679&lang=fr

gebouwen en hergebruik ter plaatse evenals de integratie van stagiairs in opleiding en het beroep op ondernemingen in de sociale economie.

De twee projecten vinden plaats op hetzelfde terrein. Ze maken gebruik van dezelfde werfinstallaties: toegang, bouwketen, materieel. Dit leidt niet alleen tot een meer rendabele aanpak van de werf, maar ook tot sterkere interacties tussen de twee projecten, die beiden het behoud van de bestaande gebouwen en de toepassing van hergebruik ter plaatse nastreven.

De integratie van stagiairs in opleiding wordt gezamenlijk op de twee werven uitgevoerd.

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(bron : Be.Circular)

3.3. Verlenging van de levensduur

3.3.1. Beschrijving

Het is niet altijd mogelijk een gebouw of een product te laten gebruiken in plaats van het te verkopen (functionaliteitsgedachte). In die context kan het voor een bedrijf dat producten of materialen verkoopt onder bepaalde voorwaarden interessant zijn zelf een **kringloop opzetten voor de inzameling en het gebruik** (vaak recyclage) van producten of afvalstoffen die het heeft verkocht. Aangezien deze producten of afvalstoffen opnieuw in de productiecyclus komen, verlengt het bedrijf op die manier de levensduur van haar producten, en kan ze (in zekere zin) meerdere keren verkopen. In dergelijke gevallen moet de onderneming soms contractuele afspraken met haar klanten maken, of bepaalde incentives voorzien, om de materialen terug te krijgen, en zo het bestaan van haar economisch model te waarborgen.

Een kringloop-model kan verschillende **voordelen** hebben voor de producent:

- Door de levensduur te verlengen door middel van recyclage vermindert het bedrijf de afhankelijkheid van natuurlijke grondstoffen, alsook de afhankelijkheid van de schommelende grondstofprijzen.
- Een product kan meermaals (geheel of gedeeltelijk) worden verkocht, waardoor de omzet van de onderneming toeneemt.
- Wanneer producten worden hersteld (remanufacturing), verkrijgt het bedrijf waardevolle informatie over hun gebruik, hun duurzaamheid en betrouwbaarheid. Deze informatie kan worden gebruikt bij het ontwerp van nieuwe producten. Dit effect is uiteraard minder pertinent wanneer materialen worden gerecycleerd.

Een belangrijk gevolg van het sluiten van kringlopen, is dat **de producent verantwoordelijk wordt** voor de hele levenscyclus van zijn producten. In regelgevend opzicht beoogt de “uitgebreide producentverantwoordelijkheid” dat de producent de kosten betaalt van de producten die aan het einde van hun leven komen. Voor de bouwsector bestaat er in België momenteel nog geen concrete regelgeving hierrond, maar sommige producenten hebben hierop al geanticipeerd door de verlenging van de levensduur van hun producten op te nemen in hun bedrijfsmodel.

3.3.2. Voorbeelden en goede praktijken

REBORN PAINTS¹³⁹

Idee

De nuttige toepassing van de resten die achterblijven in potten en blikken verf.

Realisatie

De collectie Newlife Paints REBORN bevat 28 verschillende kleuren van hoge kwaliteit. Al deze verven worden opgewerkt en gemengd met niet eerder gebruikt verven, vandaar het merk REBORN¹⁴⁰.

¹³⁹ <http://www.rebornpaints.co.uk/>

¹⁴⁰ <http://www.ecodesignlink.be/en/examples-database/international-ecodesign-cases/reborn-1>

Newlife Paints¹⁴¹ verzamelt verfafval in containerparken en hergebruikt het in een nieuwe milieuvriendelijke verf. Op deze wijze wordt de hoeveelheid verf die anders op een stortplaats of in de riolering zou belanden, verminderd. Elke pot bevat tussen 50 en 95% gerecycleerde inhoud. Dankzij het gebruik van een uniek mengproces is de kwaliteit van deze verven gelijk aan die van niet-gerecycleerde verf.



(bron : www.ecodesignlink.be)

Derbigum¹⁴² – RECYCLAGE VAN DAKBITUMEN

Idee

Het opnieuw in de productiecyclus brengen van bitumineuze membranen, zowel snij-afval als afdichtingen van oude daken.

Realisatie

Geconfronteerd met de schommelende grondstofprijzen (in dit geval de schommeling van de olieprijs) heeft Derbigum een recyclagebeleid ontwikkeld voor bitumineuze membranen. De evolutie van de olieprijs bepaalt het economisch model voor terugname: hoe hoger de olieprijs, hoe interessanter het voor Derbigum is om bouw- en sloopafval terug te nemen.

Voor wat betreft het snij-afval bij het aanbrengen van nieuwe afdichtingen kan de plaatser zijn afval (ongeacht het merk) gratis in big bags deponeren bij deelnemende distributeurs en aanbrengrers in België.¹⁴³ Uitgesloten van dit inzamelsysteem zijn synthetische dakbedekkingen (EPDM, PVC, ...), bitumenlagen met een laag in aluminium en ander afval en dakbedekking van oude daken. Voor de dichtingsmembranen van oude daken werkt Derbigum nauw samen met de sloopsector en afvalinzamelaars om tot een jaarlijkse recyclage van bijna 2000 ton te komen.



(bron : Derbigum & WTCB)

¹⁴¹ <http://www.newlifepaints.com/>

¹⁴² <https://www.derbigum.be/fr/a-propos/recyclage-2>

¹⁴³ <https://www.derbigum.be/fr/services/recyclage-dechets-de-decoupe>

Tarkett¹⁴⁴ – KRINGLOOPVLOERBEDEKKING

Idee

Het opzetten van een gesloten kringloop voor vloerbekleding.

Realisatie

De aanpak in gesloten kringloop omvat de keuze voor "goede" materialen die kunnen worden gerecycleerd, het minimaliseren van de ecologische voetafdruk tijdens de productie (bv. gesloten waterkringloop of gebruik van biomassa voor de productie van energie), de creatie van producten die, bijvoorbeeld, minimale gehalten aan vluchtige organische stoffen bevatten en de transitie van een mentaliteit van 'afval' naar een mentaliteit van 'het einde van een productcyclus'.

De producten hebben niet langer een einde van hun levensduur maar een einde van hun gebruikscyclus. Men beoogt het afval om te zetten in grondstoffen of in nieuwe producten met een gelijkwaardige of zelfs superieure kwaliteit. De onderneming heeft een programma voor de terugname van afval (ReStart) opgezet in Noord-Amerika en in Europa om vloerbekleding aan het einde van gebruik in te zamelen en te recyclen en vloerbedekking na consumptie te gebruiken, dankzij 8 interne recyclagecentra.

DESSO¹⁴⁵ "TAKE BACK" – vloerbekleding-terugname

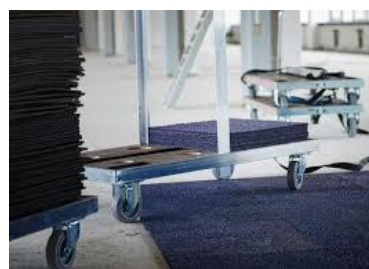
Idee

Het opzetten van een gesloten kringloop voor vast tapijt.

Realisatie

Desso heeft een methode ontwikkeld voor de terugname en recyclage van gebruikte materialen. In België heeft de onderneming zich geassocieerd met een afvalinzamelaar om tapijttegels aan het einde van hun levensduur terug te winnen en opnieuw in het productieproces voor vast tapijt te brengen. De tegels kunnen worden ingezameld op drie verschillende manieren: op RollerDoc (tegels), op een eigen pallet (tegels) of in een container (grote breedte). De RollerDocs of de containers worden binnen 48 uur geleverd en achtergelaten voor de inzameling gedurende twee weken. De ophaling ervan door de inzamelaar wordt uitgevoerd binnen 48 uur.

De onderneming scheidt vervolgens de draad en de andere vezels van de onderlaag. Dit proces zorgt voor twee grote cycli van materialen: de draad, die wordt teruggebracht naar de leveranciers van de onderneming om gerecycleerd te worden; en het bitumen, het hoofdbestanddeel van de onderlagen op dit moment, dat wordt verkocht om als grondstof te dienen voor de vervaardiging van wegen en daken.



(bron : DESSO)

¹⁴⁴ <http://www.tarkett.be/> en <http://www.tarkett.com/en/content/planet>

¹⁴⁵ DESSO, <http://www.desso.fr/c2c-corporate-responsibility/bilan-cradle-to-cradle/>

Armstrong¹⁴⁶ – VERLAAGDE PLAFONDS

Idee

Het opzetten van een gesloten kringloop voor de nuttige toepassing van afval van verlaagde plafonds.

Realisatie

De onderneming biedt twee principes voor de terugwinning van afvalstoffen van zijn verlaagde plafonds uit minerale wol.

Het eerste principe heeft betrekking op het snij-afval bij het aanbrengen van "nieuwe" verlaagde plafonds. De installateur van de verlaagde plafonds slaat het snij-afval ter plaatse op in speciale zakken die vervolgens door de onderneming worden opgehaald.

Het tweede principe betreft het verzamelen van elementen van verlaagde plafonds die het einde van hun levensduur hebben bereikt. Het principe van het verwijderen en inzamelen in specifieke zakken is hetzelfde als dat voor nieuwe verlaagde plafonds.

De door de onderneming ingezamelde elementen worden vervolgens naar de productiefabriek gebracht waar ze aan een nieuwe productiecycclus beginnen, zodat er een recyclage in gesloten kringloop is.



(bron : Armstrong)

¹⁴⁶ Armstrong, <http://www.armstrong-atelier.eu/#/SUSTAINABLESUB/html|fr-FR|sustainable-design|waste-management.html>

3.4. Huidige en toekomstige ontwikkelingen en uitdagingen

Industrie 4.0

De bouwsector is het tijdperk ingegaan van de 4^e industriële revolutie. Deze "Industrie 4.0" wordt gekenmerkt door de ontwikkeling van technologieën die ten dienste staan van het bouwen, beheren, onderhouden en renoveren van onze gebouwen: kunstmatige intelligentie, robotica, internet of things, 3D-printing, drones, virtual reality, BIM, ... zullen een revolutie teweegbrengen in de sector. De ontwikkelingen en de economische uitdagingen van deze nieuwe revolutie zijn talrijk; sommige daarvan worden hierna belicht.

Life cycle costs - Levenscycluskosten

Momenteel ligt de belangrijkste focus bij het ontwerp van de meeste bouwprojecten op de initiële bouwkosten. In meer geavanceerde economische modellen wordt het ontwerp van een gebouw geoptimaliseerd naar zijn onderhouds- en gebruikskosten, en niet enkel naar de initiële kost. Er wordt eerder naar de Total Cost Ownership (TCO) of Life Cycle Costs gekeken, die vervolgens ook kunnen worden vertaald naar een ander verdienmodel.

In een economische logica van circulair bouwen is er echter een bijkomende dimensie die in aanmerking genomen moet worden bij het optimaliseren van het ontwerp van een gebouw. Deze heeft betrekking op de sloop- of afbraakkosten. Meestal worden deze kosten niet in aanmerking genomen bij het ontwerp. Er zou ook een belang moeten worden toegekend aan de selectieve ontmanteling gericht op het optimaliseren van de nuttige toepassing van vrijgekomen materialen. Bovendien zouden, volgens de in dit document voorgestelde principes van urban mining, de sloopkosten niet langer als een kostenpost maar als een bron van inkomsten kunnen worden beschouwd.

Functionaliteit

De vertaling van het principe van functionaliteit binnen de bouwcontext is niet altijd eenvoudig. De levensduur van bouwmaterialen en producten is bijzonder lang vergeleken met andere consumptiegoederen, wat het voor de producenten van deze materialen moeilijk maakt om er een verdienmodel op te baseren. Een aantal gebouwcomponenten leent zich wellicht gemakkelijker voor dergelijke formules, met name de installaties: verwarmingsketels, verlichting, zonnepanelen, ventilatiesystemen en warmtepompen zouden door de fabrikanten kunnen worden aangeboden als diensten en dus worden ter beschikking gesteld in plaats van verkocht aan de klanten.

De ontwikkeling van een dergelijk business model roept overigens de vraag op naar de eigendom van de bouwelementen. De gebruiker kan immers wijzigen, het aanbiedende bedrijf kan evolueren of kan op langere termijn zelfs verdwijnen. Er zou sprake zijn van een heuse paradigmashift wanneer een dergelijke eigendomsstructuur wordt ingevoerd in de bouw. Hoewel de eigenaars van gebouwen en investeerders in vastgoed een verwachting van rendement op hun investering hebben, bestaat de primaire behoefte niet uit het hebben van een gebouw maar het beschikken over ruimtes die de gebruiker toe te laten te functioneren. Het traditionele model voor de aannemer dat bestaat uit "bouwen" of "ontwerpen-bouwen" zou kunnen evolueren naar een model van "ontwerpen-bouwen-uitbaten".

Industriële symbiose

In het kader van een industriële symbiose is het essentieel dat de partnerschapscontracten worden opgesteld op lange termijn en goed worden omkaderd, zodat een onderneming in moeilijkheden geen andere met zich meesleurt. Hoewel industriële symbiose een economisch nut heeft, blijft het soms moeilijk uitvoerbaar. De markteconomie, die ondernemingen in een concurrentiepositie plaatst, is niet bevorderlijk voor de totstandkoming van synergiën en informatie-uitwisseling tussen ondernemingen.

Verlenging van de levensduur

Gezien de constante stijging van de prijs van grondstoffen en het bevoorradingsrisico zetten ondernemingen een beheer van grondstoffen in gesloten kringlopen op. In een logica van een circulaire economie kan een onderneming partnerschappen ontwikkelen om competenties (bv omgekeerde logistiek) of financiële of materiële middelen te bundelen. Daartoe werken zij vaak met bedrijven die gespecialiseerd zijn in de inzameling (of recyclage) van afval, omdat deze laatste afval inzamelen van producten die zij op de markt hebben gebracht. Dit partnerschap tussen een producerende onderneming en een onderneming voor afvalbeheer kan worden uitgebreid met een logistieke partner of met een partner-distributeur van het product.

Samenvatting en conclusies

De bouwsector is een **belangrijke industriële sector** voor de verdere ontwikkeling van de circulaire economie in Europa, maar ook in België en Brussel.

België kan dan wel als voorbeeld worden aangehaald voor zijn hoge recyclagepercentages van bouw- en sloopafval, maar vaak betreft het downcycling van materialen, dat wil zeggen dat men de materialen in een laagwaardigere toepassing gebruikt.

In Europa is naar schatting bijna de helft van de gebouwen te groot voor de behoeften van de gebruikers. Bovendien wordt de bouwsector ook gekenmerkt door een heel groot gebruik van natuurlijke grondstoffen. De sector is verantwoordelijk voor een groot deel van de uitstoot van broeikasgassen, door het gebruik van de gebouwen, maar ook voor de levering en het transport van de grondstoffen.

De bouwsector is dus een **grote verbruiker van grondstoffen en produceert veel afval**. De **belangrijkste uitdagingen** voor de sector zijn:

- de realisatie (ontwerp en bouw) van gebouwen die een lange levensduur (aanpasbaarheid, flexibiliteit, omkeerbaarheid) in zich dragen;
- efficiënt gebruik van de reeds aanwezige materialen in de bestaande gebouwenvoorraad door middel van onderhoud en hergebruik van gebouwen en componenten, recyclage, enz.;
- de ontwikkeling van nieuwe business modellen door het aanbieden van diensten in plaats van producten, waarbij tevens nieuwe toegevoegde waarde wordt gecreëerd.

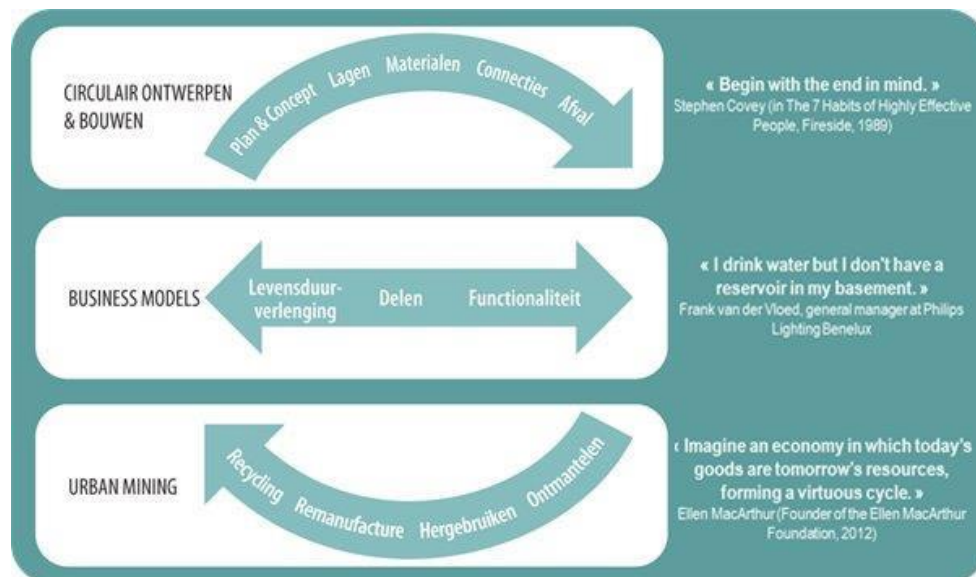
Een overgang van een lineair economisch model naar een circulair economisch model is dus een kans voor de bouwsector. Deze overgang doet zich voor op 2 parallelle domeinen:

- **Technische en technologische ontwikkelingen**, om de waarde van bouwproducten te behouden: ontwerpmaatregelen, assemblage- en bouw-methoden, onderhoud in de gebruiksfase en het sluiten van de kringloop aan het einde van de levensduur, via eco-design, omkeerbare verbindingen, het beschikbaar stellen van product- en materiaalinfo doorheen de levenscyclus, ...
- **Economische ontwikkelingen**, via het vinden en toepassen van nieuwe economische en business modellen, bijvoorbeeld door de rol van producent en leverancier van producten en gebouwen te veranderen in een rol van leverancier van diensten. Hierdoor kan mogelijk een positieve impact ontstaan op de economische groei in de sector. Deze economische ontwikkeling kan inspelen op de veranderingen in de markt en de veranderende vraag en door het mogelijk te maken om nieuwe relaties op lange termijn op te bouwen met de klanten.

Beide ontwikkelingen leiden ertoe om circulair bouwen volgens **drie belangrijke pijlers** te beschouwen waarmee de hele levenscyclus van een gebouw kan worden benaderd:

- Het aanpassingsvermogen van nieuwe gebouwen, de keuze van de materialen en verbindingen evenals het beperken van afval in de bouwfase zijn de grondbeginselen van het **circulair ontwerpen en bouwen** van nieuwe gebouwen.

- Aan het einde van de levensduur vormen selectieve ontmanteling, hergebruik, remanufacturing en recyclage van bouwelementen en -materialen belangrijke stappen in de ontwikkeling van het concept **urban mining** dat gebouwen als bronnen van nieuwe materialen beschouwt.
- Daarnaast moeten er nieuwe **business modellen**, zoals de verlenging van de levensduur, de deeleconomie en de economie van de functionaliteit, worden uitgewerkt om de producten en materialen zo lang mogelijk in gebruik te kunnen houden en er zoveel mogelijk toegevoegde waarde uit te halen.



De circulaire economie beschouwt gebouwen niet meer als permanente structuren, maar als tijdelijke compilaties van materialen die op zekere dag een nuttige toepassing kunnen krijgen in andere gebouwen. Het is dus belangrijk te voorzien waarop een gebouw kan worden gedemonteerd, zodat de levensduur van de componenten kan worden verhoogd. Deze manier van **ontwerpen voor verandering** gaat ervan uit dat:

- Materialen en producten moeten worden gekozen met eigenschappen die het mogelijk maken ze te hergebruiken: gebruik van hoogwaardige materialen die meerdere levenscycli kunnen hebben, gebruik van niet-toxische producten voor het milieu en de menselijke gezondheid, gebruik van zo zuiver mogelijke materialen, wat de recyclage ervan zal vergemakkelijken, enz.
- Het ontwerp moet worden voorzien op de hele levensduur van het gebouw door ervoor te zorgen dat de elementen met een lange levensduur flexibel genoeg zijn om wijzigingen in de elementen met een kortere levensduur mogelijk te maken, door het gebouw op een flexibele manier te ontwerpen om een verandering van functie en aanpassing van het gebouw over de hele levensduur mogelijk te maken, enz.
- Een gebouw op een voldoende eenvoudige manier moet worden ontworpen om te passen in een bredere context door het gebruik van modulaire of geprefabriceerde elementen die een vlotte ontmanteling mogelijk maken.
- Droge, omkeerbare en toegankelijke verbindingen moeten worden gekozen die herhaalde montage en demontage toelaten.

Om **de grootst mogelijke waarde te halen uit de elementen van bestaande gebouwen** zijn de volgende beginselen belangrijk:

- De informatie over de kwaliteiten van de bouwcomponenten en –materialen moet beschikbaar zijn. Deze informatie kan beschikbaar zijn vanaf de ontwerpfase (vooral voor nieuwbouw) en moet toegankelijk blijven voor alle betrokken partners. De eigendom en verantwoordelijkheid voor het bijwerken van de gegevens moeten duidelijk worden vastgesteld. Voor te slopen gebouwen, moeten deze gegevens worden verzameld voor de ontmantelingsfase.
- Het onderhoud, gevolgd door hergebruik, ter plaatse of elders, herfabricage en recyclage, bij voorkeur in gesloten kring, moeten voorrang krijgen, in die volgorde, voor de nuttige toepassing van bouwelementen die verouderd zijn of aan hun gebruikseinde zijn.

Nieuwe **economische en verdienmodellen** tonen dat andere opvattingen over eigendom het mogelijk maken de waarde van materialen in kringlopen te behouden. Om de kring te sluiten, zijn nieuwe verdienmodellen noodzakelijk en in opkomst. Ze zijn gebaseerd op de volgende beginselen:

- In plaats van alleen producten op de markt te brengen, kunnen bedrijven ook een dienst aan de gebruiker verlenen. Deze opvatting van commerciële uitwisselingen wijzigt het begrip van eigendom. Men wordt aangemoedigd om eerder te profiteren van het gebruik van een product dan om het product te verwerven. De bedrijven moeten zich dan aanpassen om het product aan zijn levens einde te recupereren om het weer in een andere cyclus te gebruiken.
- Alle partners in de waardeketen moeten economisch kunnen profiteren van de ontwikkeling van nieuwe markten door de identificatie van de economische, maatschappelijke en milieuvoordelen.
- Dergelijke modellen vereisen de oprichting van partnerschappen en samenwerkingsverbanden, zeker in gedifferentieerde professionele sectoren, om alle aspecten van de circulariteit te dekken. Communicatie en delen zijn essentiële waarden om tussen de verschillende ondernemingen te delen, zodat elke betrokken partner kan profiteren van de samenwerking.

De overgang van de bouwsector naar een circulair model zal worden bepaald door zowel externe factoren als door de wil van de bouwactoren om te evolueren en te differentiëren. Er zijn echter nog **talrijke technische, economische, maatschappelijke, juridische en milieu-uitdagingen**:

In algemene zin zijn **politieke tendensen** belangrijk. Zowel de Europese, federale als gewestelijke initiatieven dienen een **motiverend kader** voor hergebruik, recyclage en andere aspecten van duurzaam bouwen te creëren, gekoppeld aan economische ontwikkeling via het ontstaan van nieuwe waardeketens. Hiervoor zijn mogelijk nieuwe regelgevende of juridische initiatieven noodzakelijk, dan wel bv. fiscale stimuli.

De **economische factoren** hebben voornamelijk betrekking op de financiële aantrekkelijkheid van nieuwe verdienmodellen en de nood om een zeker rendement te behalen op een investering. Om het model van de circulaire economie operationeel te maken, moet een nieuwe waardeketen worden gecreëerd waarin bedrijven die veranderingsgerichte gebouwen ontwerpen, die gebouwen demonteren, die instaan voor de inzameling en opslag van materialen, die een markt voor hergebruik van materialen creëren, ... hun plaats vinden.

De **sociale factoren** hebben betrekking op het grote potentieel voor het scheppen van banen (vaak voor laaggeschoolden, maar niet uitsluitend), maar ook de sociaaleconomische stimulering van kmo's en ondernemingen met een sociaal doel.

De **technische en technologische factoren** zijn niet de meest beperkende voor de ontwikkeling van de circulaire economie. Sommige technologieën zijn echter nog niet rijp en vereisen nog verdere ontwikkelingen.

De **milieufactoren** zijn misschien het belangrijkste voor de stimulering van de circulaire economie. Een grote uitdaging blijft het niet in aanmerking nemen van de milieukosten in de kostprijs van materialen en producten, waardoor de economische optimalisatie van het ontwerp van het gebouw vaak leidt tot suboptimale resultaten.

Ten slotte kan het **wettelijke kader** ook een belemmering vormen voor de ontwikkeling van de circulaire economie: intellectuele eigendomsrechten, productaansprakelijkheid, de regelgeving inzake de garantie van producten (met inbegrip van de uitvoering van proeven en productnormen), de vergunningen voor de behandeling en het vervoer van afval, de stedenbouwkundige vergunningen voor flexibele wooneenheden, de boekhoudkundige afschrijvingsregels en de behandeling van de inkomsten van gedeelde platformen op nationaal of internationaal niveau zijn allemaal te overwinnen barrières voor wie nieuwe activiteiten wil oprichten in de circulaire economie.

Dit document toont, door middel van de verschillende voorgestelde **uitdagingen**, dat de overgang van een lineair economisch model naar een circulair economisch model in de bouw nog een aantal technische, technologische, maatschappelijke en economische **ontwikkelingen en innovaties** vereist.

Dit document toont ook, aan de hand van tal van voorbeelden en beschrijvingen van de grondbeginselen van circulair bouwen, dat de circulaire economie kan worden toegepast en reeds wordt toegepast in de bouw en dat er veel **mogelijkheden** bestaan voor de creatie van nieuwe economische modellen en nieuwe concepten en manieren van bouwen die de overgang naar een duurzame gebouwde omgeving mogelijk maken.

De voorbeelden laten zien dat vooruitziende ontwerpers, ondernemers, producenten enz. al inzetten op de reële mogelijkheden van de circulaire economie. Zij hebben moeite gedaan om de barrières en de weerstand tegen verandering te overwinnen om zich te onderscheiden op de markt en zo vooruit te streven in deze nieuwe economie van de bouw.

Referenties

Monografieën

- Anquetil, F. et al., (2014). *Matière grise : Matériaux, réemploi, architecture*. Pavillon de l'Arsenal
- Brand, S. (1994). *How buildings Learn. What Happens After They're Built*. New York: VIKING.
- Cheshire, D., (2016). *Building Revolutions: Applying the circular economy to the built environment*. RIBA Publishing
- de Ridder, Hennis. (2011). *LEGOLisering van de bouw*: Maurits Groen.
- Gaglio, G., Lauriol, J., & Du Tertre, C. (2011). *L'économie de la fonctionnalité: une voie nouvelle vers un développement durable?* Octares Editions
- Guldager Jensen, K., et al., (2016). *Building a Circular Future*. Danish Environmental Protection Agency
- Huygen, J. M. (2008). *La poubelle et l'architecte. Vers le réemploi des matériaux*, Actes Sud, Arles, France
- Le Moigne, R. (2014). *L'économie circulaire: Comment la mettre en oeuvre dans l'entreprise grâce à la reverse supply chain?*. Dunod.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. MacMillan

Publicaties en rapporten

- ABM-AMRO, *Circulair bouwen: het fundament onder een vernieuwde sector*
- Abood, D., Cooper, A., Horn, E., Fillit, M., Reyes, O., & Goode, Ja. (2012). *Sustainable Energy for All: Opportunities for the Construction Industry*.
- Baum, A.M., McElhinney, A. (1996). *The causes and effects of depreciation in office buildings : a ten year update*, <http://www.reading.ac.uk/LM/LM/fulltxt/0700.pdf>
- BE Circular BE Brussels, *Contribution de Bruxelles Environnement pour une économie circulaire à Bruxelles*
- Berthier, S., (2016), *WikiHouse, la troisième révolution industrielle à l'époque du réel*, In Criticat 18 2016/automne, Paris : Editions Association criticat, pp. 65-87
- Bruxelles Environnement, (2010), *Plan déchets – Plan de prévention et de gestion des déchets*, Bruxelles, Belgique, 71p., http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/PlandechetsFR_2.PDF
- Bruxelles Environnement, (2012), *Étude sur l'analyse du gisement, des flux et des pratiques de prévention et de gestion des déchets de construction et de démolition en Région de Bruxelles-Capitale*, Étude réalisée par le Ceraa asbl et Rotor asbl pour le compte de l'IBGEBIM, version publique, Bruxelles, Belgique, 206p, http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/stud_2012_gisementdcd.pdf
- Bruxelles Environnement, (2016), *Programme Régional en Economie Circulaire 2016-2020 – Mobiliser les ressources et minimiser les richesses perdues : pour une économie régionale innovante*, Bruxelles, Belgique, 69p., http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PROG_160308_PREC_DEF_FR
- Chebli, Z., (2016). *Demontagevermogen en Demontagebehoefte : De relevantie van demontage voor gebouwen binnen de circulaire economie*. Delft University of Technology, Delft. <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:076a71c4-d2ec-4a9d-bbc1-0cdf0dea05e2/datastream/OBJ/download>.
- Clinton, L., Whisnant, R., (2014), *Model behavior – 20 Business Model Innovations for Sustainability*, SustainAbility, <http://sustainability.com/our-work/reports/model-behavior/>
- Construction, (2016). *On a creusé pour vous...le LEAN ou la systématisation de l'efficacité*, In Construction octobre 2016, pp.17-27

- Cooper, R., Timmer, V., et al., (2015), *Local governments and the sharing economy*, One Earth, LocalGovSharingEcon, 216 p., http://www.localgovsharingecon.com/uploads/2/1/3/3/21333498/localgovsharingecon_report_full_oct2015.pdf
- Devlieger, L., (2016), *L'architecture à l'envers*, In Criticat 18 2016/automne, Paris : Editions Association criticat, pp. 91-101
- DIRECTIVE, EU Waste Framework. Directive 2008/98. *EC of the European Parliament and of the Council of*, 2008, vol. 19, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>
- EU Commission. (2014). Rebronn efficiency opportunities in the building sector. *COM (2014)*, 445, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2014:0445:FIN>
- EU Commission. (2011). Roadmap to a Rebronn-efficient Europe. *COM (2011)*, 571, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52011DC0571>
- EU Commission. (2014). Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe. *COM (2014)*, 398, <http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/1042145>
- Ghyoot, M., Devlieger, L., Warnier, A. (pas encore publié), *Du mouvement des éléments de construction : histoire, tendances, perspectives*, Rotor
- Josephson, P.-E., and Saukkoriipi, L. (2007), *Waste in construction projects – call for a new approach*, The Centre for Management of the Built Environment (CMB), Chalmers University of Technology. ISBN 978-91-976181-7-5. http://www.cmb-chalmers.se/wp-content/uploads/2015/10/waste_construction.pdf
- Josephson, P. E., & Saukkoriipi, L. (no date), *Reducing rebronn waste in construction projects*, CIB W065/055 Commissions: Transformation through Construction, International Council for Research and Innovation in Building and Construction – CIB, <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB17601.pdf>
- Langdon, D. (no date), *Designing out Waste: A design team guide for buildings – Less waste, sharper design*, Prepared for WRAP, 60 pages. <http://www.modular.org/marketing/documents/DesigningoutWaste.pdf>
- Loppies, W., (2015). *Bouwen aan de Circulaire Economie: "Een betere wereld begint bij het stellen van een betere vraag"*. Delft University of Technology, Delft. <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:ef74b3d7-2efa-47ad-bc96-f6ff2624d3ae?collection=education>
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>
- MacArthur, McKinsey, SUN, (2015), *Growth within: a circular economy vision for a competitive europe*, https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ElleMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf
- OVAM, (2013), *Casestudy ontwerp van gebouwen in functie van aanpasbaarheid: Mahatma Gandhivijk Mechelen*, Étude réalisée par VUB, KULeuven, VITO et WTCB pour le compte de l'OVAM, 102p., http://www.ovam.be/sites/default/files/FILE1375792665548ovor130806GANDHI_Eindrapport_OPLEVERING.pdf
- OVAM, (2015), *Veranderingsgericht bouwen : ontwikkeling van een evaluatie- en transitiekader*, Étude réalisée par VITO, VUB et KULeuven pour le compte de l'OVAM, 247p., http://www.ovam.be/sites/default/files/atoms/files/TWOL%20Dynamisch%20Bouwen_%20EINDRAPPORT_finale%20versie_OVAM1_LR.pdf
- OVAM, (2016), *Quickscan jobpotentieel van de circulaire economie*, Étude réalisée par KULeuven pour le compte de l'OVAM, 120 p., <https://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/quickscan-jobpotentieel-van-de-circulaire-economie>
- Price Waterhouse Cooper, (2015), *The sharing economy*, In Consumer Intelligence Series, April 2015, <http://www.pwc.com/us/en/industry/entertainment-media/publications/consumer-intelligence-series/sharing-economy.html>
- Récylum, GTM Bâtiment, Nantet et Arès Associations, 2016, *DEMOCLES – Les clés de la demolition durable – Rapport d'étude*, 126 pages, <http://www.presse.ademe.fr/2016/09/etude-democles-recyclage-des-dechets-du-second-oeuvre-du-batiment.html> ; <http://www.recylum.com/democles/democles.html>

Russel, P., & MOFFATT, S. (2001). *Assessing the Adaptability of Buildings. Energy-Related Environmental Impact of Buildings*, 31.

SPF Finance, SPF Santé Publique, Vers une Belgique Pionnière de l'économie circulaire, 2014

Temmerman L., (2015), *Le choix des techniques constructives et des matériaux dans une réflexion environnementale*. Formation Bâtiment Durable : Gestion de chantier plus durable. Bruxelles Environnement.

http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20150303_chan_1_4tech_fr.pdf

van Renswoude, K., ten Wolde, A., Joustra, D.-J., *Circular Business Models – Part 1: An introduction to IMSA's circular business model scan*, IMSA Amsterdam, April 2015, 18 pages, https://groenomstilling.erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/media/imsa_circular_business_models_-_april_2015_-_part_1.pdf

World Economic Forum, (2016), *Shaping the Future of Construction – A Breakthrough in Mindset and Technology*, 64 p., http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf

Woskow, D., 2014, *Unlocking the sharing economy : An independent review*, 43 pages, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/378291/bis-14-1227-unlocking-the-sharing-economy-an-independent-review.pdf

Zakar, S. (2008), *Wastage Rate Report*, Prepared for Construction Rebrons and Waste Platform, Approved by BRE, 40 pages. <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Wastageratesreport.pdf>

Web-bronnen

AGORIA online. 05/10/2016. « Vers une économie circulaire : le potentiel inexploité du remanufacturing ». In *Agoria Corporat news*. On-line. <http://online.agoria.be/AO.WSC/rep/prg/AplContent?SessionLID=2&vUserID=999999&enewsid=111810> Geconsulteerd op 07/10/2016

Albarede, A. 2013. « Alléger la ville : des stratégies de lieux partagés ». In *Internetactu.net*. On-line. <http://www.internetactu.net/2013/10/11/alleger-la-ville-des-strategies-de-lieux-partages/> Geconsulteerd op 09/11/2016

Botsman, R. 2015. « Defining The Sharing Economy : What is collaborative consumption – and what isn't? ». In *FastCoExist*. On-line. <https://www.fastcoexist.com/3046119/defining-the-sharing-economy-what-is-collaborative-consumption-and-what-isnt/5> Geconsulteerd op 03/11/2016

De Wijk van Morgen. 2016. « Modulair gebouwd, toch gesloopt » In *Clustervorming*. On-line. http://www.dewijkvanmorgen.be/eigen-keuze/1/de-wijk-van-morgen?utm_bron=mailing&utm_medium=email&utm_campaign=BA+04%2F10%2F2016#message=967 Geconsulteerd op 05/10/2016

De Wijk van Morgen. 2016. « Onderzoek naar businessmodellen voor circulaire gevel » In *Clustervorming*. On-line. http://www.dewijkvanmorgen.be/eigen-keuze/1/de-wijk-van-morgen?utm_bron=mailing&utm_medium=email&utm_campaign=BA+04%2F10%2F2016#message=964 Geconsulteerd op 05/10/2016

Economie Circulaire.org. 2016. On-line. <http://www.economiecirculaire.org/>. Geconsulteerd op 12/10/2016

Ellen Mc Arthur Foundation. « A vision for the built environment » In *Educational Rebrons: Circular Economy general rebrons map*. On-line. <https://kumu.io/ellenmacarthurfoundation/educational-rebrons#circular-economy-general-rebrons-map/a-vision-for-the-built-environment>. Geconsulteerd op 23/09/2016

Implementation Center for Circular Economy (ICCE). 2016. On-line. <http://becircular.eu/>. Geconsulteerd op 23/09/2016

Institut de l'Economie circulaire. 2016. On-line. <http://www.institut-economie-circulaire.fr/>. Geconsulteerd op 23/09/2016

- MINEA. 2016. « Mining the European anthroposphere. » On-line. <http://www.minea-network.eu/event.php?id=1>
Geconsulteerd op 12/12/2016
- Onghena, S. 2016. « Casa poubelle » On-line. <http://www.casapoubelle.be/default.asp?l=fr&group=home>
Geconsulteerd op 07/10/2016
- OVAM. 2016. « Dynamisch of veranderingsgericht bouwen ». In *Afval en Materialen*. On-line. <http://www.ovam.be/afval-materialen/specifieke-afvalstromen-materiaalkringlopen/materiaalbewust-bouwen-in-kringlopen/dynamisch-of-veranderingsgericht-bouwen> Geconsulteerd op 14/11/2016
- The Guardian. 2016. « Three ways we will build the cities of the future from waste ». On-line. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/jun/19/three-ways-we-will-build-the-cities-of-the-future-from-waste> Geconsulteerd op 12/12/2016
- Youtube. 2013. « Smart-Price Houses - „Grundbau und Siedler" - Jörg Leiser- Affordable Housing BeL ». On-line. <https://www.youtube.com/watch?v=R-W-3nvftVA>. Geconsulteerd op 15/11/2016

Voorbeelden geciteerd in de Innovation Paper

- Alliander HQ, <http://www.rau.eu/portfolio/liander/>
- Bâtiment scolaire à Braine l'Alleud, http://www.aa-ar.be/projet.asp?projet_id=45
- BedZed, http://www.bioregional.com/wp-content/uploads/2014/11/BedZED_toolkit_part_1.pdf
- BIM, <http://www.bimportal.be/fr/>
- Boendael, http://www.circularprojects.brussels/?page_id=679&lang=fr
- Cable Stud, <http://www.gyprocablestud.nl/>
- Ciment de haut fourneau, <https://www.lafarge.fr/fabrication-du-ciment>
- ClickBrick® - Daas Baksteen, <http://www.daasbaksteen.nl/>
- Corium, <http://www.corium-us.com/index.htm>
- Debatty, http://www.circularprojects.brussels/?page_id=679&lang=fr
- Derbigum, <https://www.derbigum.be/fr/a-propos/recyclage-2>
- Deswaef, http://www.circularprojects.brussels/?page_id=679&lang=fr
- Levanto – sociale economie op de werf, <http://www.levanto.be/>
- F87 (Efficiency House Plus), <http://www.wernersobek.de/en/projects/material/glass/f87/>
- Façades comme PSS, <http://www.bk.tudelft.nl/studeren/studentenwerk/juan-f-azcarate-aguerre/>
- Harvestmap, <http://www.oogstkaart.nl/>
- Hôpital Martini, [http://www.seedarchitects.nl/page=site.home/lang=en#page-index\(4\)](http://www.seedarchitects.nl/page=site.home/lang=en#page-index(4))
- ICE House, <http://www.mcdonoughpartners.com/projects/icehouse/>
- Just park, <https://www.justpark.com/about/>
- Kamikatz Public House, <http://www.nakam.info/en/>
- Knauf – phosphogypse, <http://www.omicron-media.be/fr/nouvelles/paint-stuc-covering-news/item/911-knauf-une-production-locale-et-durable>
- Gemeentehuis Brummen, <http://www.rau.eu/portfolio/gemeentehuis-brummen/>
- Maison des Associations à Esneux, http://www.aa-ar.be/projet.asp?projet_id=20
- Winkelinrichting als dienst, <http://www.mipvlaanderen.be/file.aspx?mode=download&id=1824>
- Moor & Moor, <https://www.facebook.com/moormoorfood/>

Ditto,

https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=611753072336673&id=379719548873361

NOORD4US, <http://noord4us.nl/>

Open Structures, <http://www.openstructures.net/>

Pay per Lux, <http://www.lighting.philips.be/fr/systemes/circular-lighting.html>

PEIKKO, <http://www.peikko.com/products/product/tenloc-panel-connector/>

Pépinère d'entreprises, http://www.aa-ar.be/projet.asp?projet_id=23

Petite Suisse, http://www.circularprojects.brussels/?page_id=679&lang=fr

Prefabricatie,

http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20150303_chan_1_4tech_fr.pdf

Prototypes connecties, <http://www.buildingacircularfuture.com/read/>

Reborn paints (paint it back), <http://www.rebornpaints.co.uk/>

RECYHOUSE, <http://www.recyhouse.be>

Rijkskantoor De Knoop, <https://www.renovatieprofs.nl/nieuws/rijkskantoor-de-knoop-als-voorbeeld-van-circulair-bouwen>

Smart Price House, http://www.bel.cx/cx_Projektseiten/projects.html

StoneCycling, <http://www.stonecycling.com/>

Tarkett, <http://www.tarkett.com/en/content/planet>

Technical Nutrient Pavilion, <http://mcdonoughpartners.com/projects/technical-nutrient-pavilion/>

TIVOLI, <http://www.bamcontractors.be/fr/projects/laken-tivoli/>

The Biological House, <http://eentileen.dk/forside>

Van Volxem, <http://www.artbuild.eu/projects/environment/van-volxem-development-mixed-use-project>

Vila Welpeloo, <http://superuse-studios.com/index.php/2009/10/villa-welpeloo/>

WikiHouse, <https://www.wikihouse.cc/>