

Circulair aanbesteden

Gesubsidieerd onderzoeksproject
uitgevoerd door Bureau Bouwtechniek en Universiteit Antwerpen
met de steun van Vlaanderen Circulair



Raf De Preter
Nadja Van Houten
Katrien Van Lierop
Jona Van Steenkiste



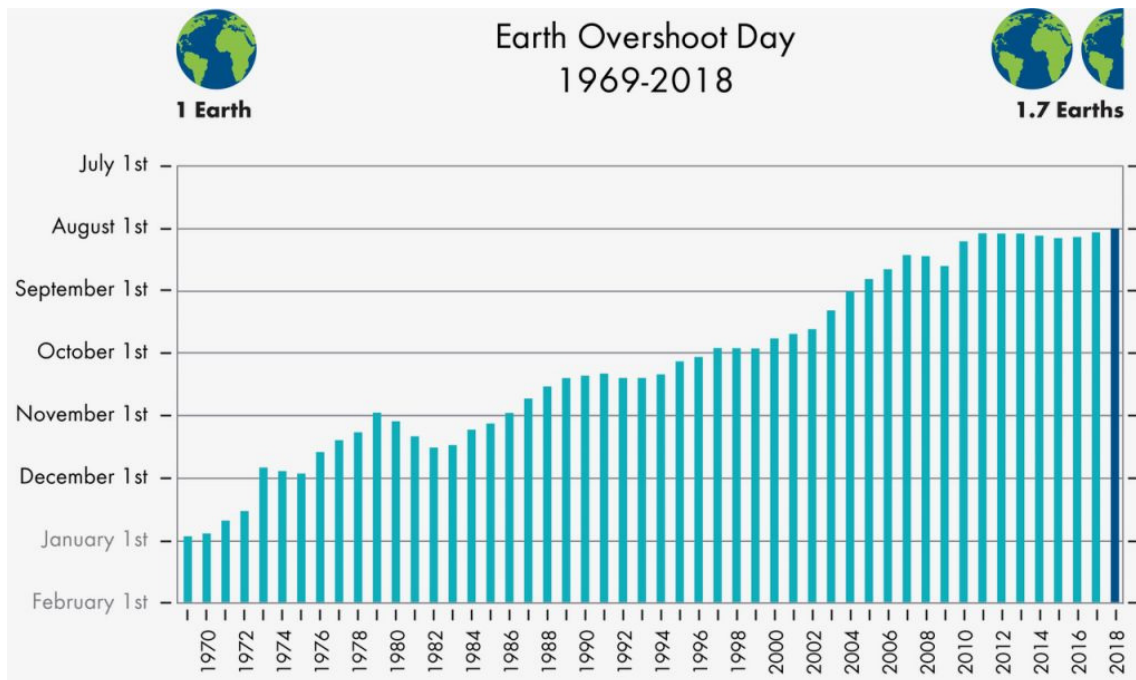
Matti Buyle
Sam Eeckhout
Oskar Seuntjens



Inhoud

1.	Inleiding	3
2.	Onderzoek.....	5
2.1.	Inventarisering, ontwerp en strategie (WP1) + Circulair uitvoeringsdossier (WP3).....	5
2.1.1.	Kennisverwerving circulair bouwen (WP1) + Ontwerp en materiaalonderzoek, campus Ceria (WP3)	5
2.1.2.	Ontwerp en materiaalonderzoek, campus Paardenmarkt (WP3).....	8
2.1.3.	Uitvoeringsdetails en bestekteksten, campus Paardenmarkt (WP3)	11
2.1.4.	Aanbestedingsprocedure nieuwe businessmodellen, campus Paardenmarkt (WP3)	15
2.1.5.	Opvolging ontmantelingswerken: verdeling en ophaling, campus Paardenmarkt (WP3).....	18
2.2.	Evaluatie en optimalisatie (WP2).....	22
2.2.1.	Introductie kwantitatieve duurzaamheidsanalyse.....	22
2.2.2.	Beschrijving cases en scenario's	23
2.2.3.	Ecologische duurzaamheidsanalyse: LCA	27
2.2.4.	TOTEM.....	49
2.2.5.	Economische duurzaamheidsanalyse: LCC.....	51
2.2.6.	Optimalisatie ontwerp en strategie	53
3.	Conclusie	54
4.	Bijlages	56
4.1.	Advies voor circulair bouwen bij campus Ceria	56
4.2.	Presentatie van introductie circulair bouwen bij BB tijdens Atelier Circulair.....	56
4.3.	Basis vragenlijst voor te leggen aan vertegenwoordigers en fabrikanten.....	56
4.4.	Marktonderzoek circulaire producten en diensten	56
4.5.	Marktonderzoek bedrijven	56
4.6.	Mogelijkheden om binnenwanden circulair te ontwerpen en aan te besteden	56
4.7.	Presentatie met mogelijkheden voor circulaire bureaus.....	56
4.8.	Onderzoek naar circulaire businessmodellen.....	56
4.9.	Onderzoek naar afvalbeheersing bij bouwprojecten.....	56
4.10.	Steekkaartinventaris van materialen voor Urban Mining.....	56
4.11.	Inleiding tot circulair bouwen in bestek.....	56
4.12.	Aandachtspunten voor een circulaire aanbesteding	56
4.13.	Overzichtslijst gerecupereerde materialen uit campus Paardenmarkt	57
4.14.	Onderzochte vloeropbouwen	57
4.15.	LCA-berekeningen	57
5.	Bibliografie	58
6.	Lijst met figuren	60
7.	Lijst met tabellen.....	61

1. Inleiding



Figuur 1: De Earth Overshoot Day van onze planeet. (Global Footprint Network, 2018)

Bovenstaande figuur toont aan dat we met onze wereldbevolking meer grondstoffen gebruiken en meer afval produceren dan wat onze planeet aankan. Zowel bij Bureau Bouwtechniek als bij Universiteit Antwerpen bestaat al meerdere jaren de ingesteldheid om duurzaamheid te integreren in de dagdagelijkse werking. Vandaar het initiatief om samen een onderzoeksproject uit te voeren met als doel oplossingen vinden om onze planeet in de toekomst minder te belasten.

We leven in een periode van transitie met een actieve rol van programma's zoals o.a. de Green Deal Circulair Bouwen, BeCircular ... en steeds meer kennisdeling van de resultaten van onderzoeksprojecten bij allerlei instanties. Ook met het onderzoekstraject "Schoolbouwprojecten circulair aanbesteden? Yes we can!" hebben we een breed publiek bereikt en op vele spelers binnen een bouwproces concreet kunnen inspelen. Het gelopen traject en de bereikte doelen zijn niet helemaal wat we vooropgesteld hadden. We hebben tijdig bijgestuurd op basis van de casestudy's en voortschrijdend inzicht.

Verloop/chronologie:

De kennisverwerving verliep in 5 stappen:

1. Begin 2019: kennisverwerving circulair bouwen (WP1)
2. Midden 2019: ontwerp en materiaalonderzoek (WP1, WP2, WP3)
3. Eind 2019 – begin 2020: verwerken van de kennis in uitvoeringsdetails en bestekteksten (WP3)
4. 2020: aanbesteden aan de hand van nieuwe businessmodellen (WP2, WP3)
5. Zomer 2020: opvolging ontmantelingswerken: verdeling en ophaling (WP3)

In het verslag worden WP1 en WP3 samen besproken in 'Inventarisering, ontwerp en strategie (WP1) + Circulair uitvoeringsdossier (WP3)' vanaf pagina 5 en wordt WP2 behandeld als een afzonderlijk hoofdstuk in 'Evaluatie en optimalisatie (WP2)' vanaf pagina 22.

Eind 2018 en begin 2019 werd er gewerkt op de opgenomen casestudy 'Campus Ceria' te Brussel. In de eerste helft van 2019 werd steeds duidelijker dat de resterende tijd binnen het ontwerptraject onvoldoende zou zijn om een onderzoekstraject rond circulair bouwen te doorlopen, én dit effectief te implementeren in de

aanbestedingsdocumenten. Met goedkeuring van Vlaanderen Circulair werd het onderzoek verder gezet op het project 'Campus Paardenmarkt' te Antwerpen als casestudy. De voordelen waren legio:

- De opdrachtgever van het project is Universiteit Antwerpen, partner binnen het onderzoekstraject "Schoolbouwprojecten circulair aanbesteden? Yes we can!".
- Het projectteam en de site bevinden zich in de nabijheid van het onderzoeksteam.
- Het project bevond zich in een vroeger ontwerpstadium.
- Principes van circulair bouwen waren terug te vinden in de ontwerpmethodiek.
- En misschien wel het belangrijkste: zowel opdrachtgever als ontwerpteam reageerden met veel enthousiasme! Al was het onmiddellijk zeer duidelijk dat deelname aan dit onderzoekstraject rond circulair bouwen zeker niet mocht leiden tot een langere of duurdere uitvoering. Een belangrijk uitgangspunt waar we vaak mee geconfronteerd werden.

Documenten

De verslagen van de partneroverleggen werden niet opgenomen als bijlage maar kunnen indien gewenst opgevraagd worden.

2. Onderzoek

2.1. Inventarisering, ontwerp en strategie (WP1) + Circulair uitvoeringsdossier (WP3)

2.1.1. Kennisverwerving circulair bouwen (WP1) + Ontwerp en materiaalonderzoek, campus Ceria (WP3)

De eerste maanden is sterk ingezet op kennisverwerving, verzameling en oplijsting van bestaande beschikbare informatie en het in beeld brengen van de onderzoeken die lopen binnen en buiten de projectpartners. Om dubbel werk te vermijden zijn de deelnemers van lopende of opstartende projecten van Vlaanderen Circulair of andere kanalen in hetzelfde werkveld gecontacteerd en is er gekeken naar samenwerkingsmogelijkheden. De grenzen van de onderzoekstrajecten werden hierbij min of meer op elkaar afgestemd. Zo gaven wij met onze opgemaakte lijstjes o.a. input voor ProReMat.be, een databank opgesteld door WTCB en Groep Van Roey en gefinancierd door Vlaanderen Circulair.

De analyse van de casestudy start met een plaatsbezoek en een eerste analyse van de gebouwen op de site. Dit zou de aanvang vormen van het uitzetten van een methodiek voor circulair aanbesteden. Er werden 2 gebouwen geselecteerd voor het onderzoekstraject. De 2 geanalyseerde gebouwen waren zeer verschillend van aard. Op het moment van de analyse werd ervan uitgegaan dat beide gebouwen gesloopt zouden worden, het ene gebouw met leslokalen vanwege de sterk verouderde staat van het gebouw en de sporthal omwille van de niet conformiteit met de huidige wetgevingen.

Sporthal

Het sportgebouw werd rond 2000 opgebouwd als een geprefabriceerde betonnen structuur met betonblokken en cellenbetonpanelen als invulelementen. Het gebouw is nog niet zo oud en in goede staat. Het zou zonde zijn om het gebouw volledig te slopen. Bij de gebouwanalyse, evenals uit gesprekken met de gebouwgebruikers komen er weinig tot geen gebouwbedreigende problemen aan het licht. Integendeel de gebouwgebruikers zijn eerder enthousiast over de sporthal, op enkele veroudering na. Na een gebruik van ongeveer 20 jaar kennen zij mogelijke optimalisaties.

Enkel de betonnen skeletstructuur behouden lijkt meer afval op te leveren dan nodig. Als het programma van eisen in het bestaand volume kan ondergebracht worden, wordt geadviseerd om de ruwbouw (structuur + invulling) te behouden. De invulpanelen en het invulmetselwerk zijn nog te goed om ze te verwijderen. Natuurlijk zijn er wel enkele ingrepen nodig om het gebouw in goede staat te brengen/houden.

De architecturale waarde van de bestaande sporthal is niet zo groot. De intentie om het hoofdvolume met de twee aanbouwen een ander uitzicht te geven, is zeker te begrijpen. Om hier een circulair voorbeeldproject van te maken, raadden wij aan om een zoektocht te starten om het gevraagde programma aan de zuidwestzijde te plaatsen. Op deze manier kunnen zoveel mogelijk structurele elementen van de huidige aanbouw aan de zuidwestzijde behouden blijven, eventueel aangevuld met gerecupereerde stenen van de afbraak van de bestaande bergruimtes aan de noordoostzijde. In de huidige openingen in de noordoostgevel van de sporthal naar de bergruimtes kan dan schrijnwerk geplaatst worden, dat dankzij de oriëntatie wel daglicht maar weinig tot geen verblinding zal veroorzaken.

Het ontwerp voor de vernieuwde sporthal is echter te ver gevorderd en er rest onvoldoende tijd om het nog aan te passen naar meer behoud. De 3 vergaderingen om de studie rond hergebruik te integreren in het ontwerp kenden weinig resultaat. Gezien de status van het ontwerptraject, stootten de adviezen rond circulair bouwen op weerstand. De timing en fase waarin het ontwerpproces zich bevond, een complexe samenwerking in het ontwerpteam en het te beperkt draagvlak in de sector, hebben geleid tot het inzicht

dat dit project te weinig potenties in zich had voor onderzoek en aansluitende kennisdeling op een grotere schaal.



Figuur 2: Bestaande sporthal van campus Ceria in 2019.

Leslokalen

Het gebouw met leslokalen is rond 2000 geconcipeerd als een tijdelijk gebouw. In de analyse is dit zichtbaar in de beperkte structuur en grote hoeveelheid lichte wanden. Zowel de structuur als de toegepaste materialen hebben een langere tijd hun functie vervuld dan de vooropgestelde levensduur. Voor dit gebouw wordt aan de architecten en de opdrachtgever geadviseerd om een plan op te stellen voor geselecteerde sloop en afvoer zodoende transport van (gemengde) afvalcontainers te minimaliseren en een optimalisatie te kunnen doorvoeren in afvoerstrook van de gedemonteerde materialen. In 2019 was de opmaak van een sloopinventaris verplicht, doch met een zwaar accent op gevaarlijke en steenachtige materialen. Binnen Bureau Bouwtechniek werd deelgenomen aan de opleiding van sloopdeskundige om de kennis over afvalbeheer te vergroten en opportuniteiten te kunnen creëren om in te spelen op de afvalstromen binnen renovatie- en afbraakprojecten.



Figuur 3: Bestaande leslokalen van campus Ceria in 2019.

Nabeschouwing

Succesfactoren

De analysemethodiek van de casestudy werd gebruikt in nieuwe projecten binnen het portfolio van Bureau Bouwtechniek. Het eerste succes werd geboekt bij een DBFM kandidatuurstelling, waarbij de opgedane kennis ertoe leidde dat ontwikkelaars en aannemers overtuigd raakten van behoud en demontage i.p.v.

volledige afbraak. De grootste succesfactor van het onderzoeksproject richting circulair bouwen was de kennisoverdracht en het sensibiliseren van opdrachtgevers en aannemers, die er hopelijk bij een volgend project van in het begin mee aan de slag gaan.

Voor projecten van deze schaalgrootte was de markt in 2019 duidelijk nog niet klaar om antwoord te geven op een effectief sloopopvolgingsplan. De besprekingen met verschillende fabrikanten over hoe een gestructureerde sloop en eventuele terugname van materialen zou kunnen gebeuren, heeft inspirerende gesprekken opgeleverd en ons laten inzien dat indien de markt erom vraagt, producenten antwoord trachten te bieden.

Uitdagingen/aandachtspunten

- Creëren van een groter draagvlak voor materiaalbehoud, hergebruik en levensduurverlenging in al zijn aspecten.
- Sloopinventarisatie uitbreiden naar een grotere groep materialen. Voor veel materialen kan vrij snel een recyclagemogelijkheid uitgewerkt worden. Voor andere wordt best contact opgenomen met de producent om in overleg te bekijken wat de opties zijn.
- Onderzoek naar werkwijze voor inventarisatie en demontage. Moet dit gebeuren voor de aanstelling van een ontwerpteam? Of is dit een taak van het ontwerpteam tijdens hun voorstudie? Wat met wedstrijden?
- Creëren van wettelijk kader rond afbraak van gebouwen.
- Kennis over de resterende levensduur en inzetbaarheid van de in omloop zijnde materialen.
- In het bestek zou moeten vermeld staan dat het as-built dossier van de aannemer een materialendatabank moet zijn met veel informatie over de gebruikte bevestigingsmethodes. Zo zijn de inspanningen die vandaag gebeuren niet verloren omdat toekomstige renovatieprojecten zich op deze informatie kunnen baseren om opnieuw weinig afval te bekomen en weinig nieuwe grondstoffen aan te spreken.

Lessons learned

- Bij niet conformiteit met wetgeving wordt er te snel beslist om gebouwen af te breken.
- Als een gebouw geconcipeerd wordt als een tijdelijk gebouw dient i.f.v. de levensduur van materialen een duidelijk meerjarenplan opgesteld te worden met de levensduur en volgende bestemming van die materialen.
- De analyse van een bestaand gebouw en de zoektocht naar circulaire mogelijkheden vragen tijd, kennis en praktijkervaring.
- Een audit en materiaalanalyse van het gebouw dient te gebeuren voor de aanvang van het ontwerp. De analyse dient aan de basis te liggen van de opdrachtschrijving of op zijn minst van het ontwerp.
- Begin 2019 was circulair bouwen nog een zeer breed begrip. Er was interesse in een ecologisch verantwoord ontwerp en circulair bouwen was het pad van de innovatie. Gebrek aan concrete inhoud heeft tot gevolg dat van ideeën wisselen en de vraagstelling naar de juiste interpretatie van het begrip de aandacht opeist en men niet overgaat tot effectieve toepassingen. Men wist niet waar men voor stond, er bestonden te weinig referentieprojecten, waardoor er voor opdrachtgevers en ontwerpers te veel onzekerheden waren om door te zetten. In dergelijke situatie kan beter eerste stappen zetten met een kleiner percentage in transitie.
- Circulair bouwen is geen saus die nadien over een ontwerp gegoten wordt, het dient als uitgangspunt ingezet te worden.

Communicatie en kennisdeling

- Actieve deelnemer van de Green Deal Circulair Bouwen.
- Netwerkmomenten en workshops bij Kamp C.
- Presentaties over circulair bouwen intern bij Bureau Bouwtechniek om feedback te krijgen, kennis te delen en de circulaire gedachte te verspreiden.
- Deelname aan opleiding sloopopvolgingsplan op 19/02/2019 (Vitruvius Academy).

- Deelname aan conferentie over bouwafval en circulaire economie op 26/03/2019 (WTCB).
- Deelname aan lerend netwerk Atelier Circulair van 10/2019 tot 05/2020 (VUB - NAV).
- Presentatie in oktober 2019 op Atelier Circulair over hoe Bureau Bouwtechniek omgaat met circulair bouwen.
- Deelname aan opleiding over circulair bouwen op 18/10/2019 (Pixii en VIBE).
- Deelname aan opleiding tot Tracimat-deskundige.
- Deelname aan basiscursus over overheidsopdrachten op 09/10/2020 (Vitruvius Academy).



CONCEPT | PRAKTISCH | GETUIGENISSEN | AGENDA

INSCHRIJVEN



DOWNLOADS

Bureau Bouwtechniek_sessie 1

Presentatie gebracht door Nadja Van Houten (Brussel)/Jona Van Steenkiste (Gent)

[> Download](#)

15-10-2019

Nikolaj De Meulder_sessie 1

[> Download](#)

15-10-2019

Figuur 4: Bureau Bouwtechniek spreekt op Atelier Circulair.

R-Strategieën

Resilience en Reuse

Documenten in bijlage

- Presentatie van introductie circulair bouwen bij BB tijdens Atelier Circulair
- Advies voor circulair bouwen bij campus Ceria

2.1.2. Ontwerp en materiaalonderzoek, campus Paardenmarkt (WP3)

De lessons learned tijdens de eerste maanden vormden de basis voor de volgende stappen. De eerste presentaties voor en brainstormsessie met de medewerkers van Bureau Bouwtechniek bevestigden wat we vaststelden bij de casestudy van campus Ceria: Circulair bouwen werd afgedaan als de nieuwe “hype” en er klonk weinig geloof. Velen visualiseerden een laagwaardig beeld van “bouwen met afval”. Het werd duidelijk dat circulair aanbesteden van grote projecten zoals Campusgebouwen enkel mogelijk wordt bij een vergroting van het draagvlak, een evolutie op de markt en een duidelijke inhoudelijke definitie. Dit zijn dan ook de 3 pijlers waarop ingezet werd.

Draagvlak

Om het draagvlak exponentieel te vergroten werd gewerkt van binnen naar buiten. De circulaire pioniers binnen Bureau Bouwtechniek hebben de medewerkers inzicht en kennis bezorgd, zodoende de basisprincipes te integreren in de werking van het bureau. De implementatie in het eigen bureau zorgde stelselmatig voor inzicht bij architecten, opdrachtgevers en uitvoerders. Circulair bouwen werd minder en minder afgedaan als “nieuwe hype” en meer en meer aanvaard en opgenomen als een ontwerp- of uitvoeringsprincipe. Om hiertoe te komen is er gestart met het inventariseren van de lopende projecten

m.b.t. circulaire economie in Vlaanderen, België en Europa, evenals met het analyseren van eigen projecten en details maar ook met het in kaart brengen van de ontwikkelingen bij bouw materiaalproducenten. De oplijsting van de lopende onderzoeks- en subsidieprojecten triggerde de medewerkers vanuit eigen specifieke interesse of belangen. Reacties van “oei, ik moet kunnen meepraten” over “ben ik dan toch niet meer mee?” tot “hey, hier ben ik eigenlijk al jaren mee bezig” zetten deuren open. Het inventariseren van de eigen projecten en details leidde tot een inzicht dat we niet van vooraf aan dienden te starten, dat we verder konden met de reeds opgebouwde en verworven kennis. Daarenboven was er het inzicht dat bepaalde principes geïntegreerd konden worden zonder dat er een overtuigingsdiscussie met de minder gelovige opdrachtgevers aan vooraf diende te gaan. En last but not least: bijna allemaal hadden we voorbeelden, men was er onbewust toch al mee bezig.

De stelselmatige implementatie van de principes als demonteerbaarheid, maximaal behoud en levensduurverlenging, demonteren i.p.v. slopen ..., in het ene project al op een grotere schaal dan in het andere, zorgden voor de infiltratie van circulair bouwen in het ontwerpproces, in het ene project al op een grotere schaal dan in het andere. Zowel architecten als opdrachtgevers kwamen door concrete toepassingen in contact met de uitgangspunten. Het hippe en ongedefinieerde begrip “circulair bouwen” werd aan de ontwerptafel uit de definitie-discussie getrokken. Toepassen is deelnemen, en deelnemen zorgt voor de vergroting van het draagvlak.

Markt

Aanbesteden in schoolgebouwen houdt in dat het prijsvraagdossier dient te voldoen aan de wetgeving op overheidsopdrachten, waarbij we er in eerste instantie vanuit gingen dat dit de grootste moeilijkheid zou vormen. Dit is echter afhankelijk van hoe we het benaderen. Als we een prijsvraag wensen met een accent voor innovatie, botsen we voor overheidsopdrachten tegen de muur. Als we daarentegen in het ontwerpproces de juiste principes hanteren en we materialen omschrijven op basis van circulaire eigenschappen, zijn de beperkingen die worden opgelegd door de wetgeving op overheidsopdrachten te overzien.

De markt werd onderzocht en bevraagd vanuit een concreet dossier, de casestudy Campus Paardenmarkt. De bestekken zijn aangepast richting percentage recycleerbare bestanddelen in de geleverde materialen, evenals demontage- en recyclagemogelijkheden nadien. Materiaalkeuzes werden bijgevolg niet enkel gemaakt vanuit technisch, esthetisch en economisch oogpunt, maar tevens vanuit circulair oogpunt. Verschillende materialen werden hiertoe gescreend en vergeleken.

Bij elke transitie is er in de beginfase nood aan nieuwe ontwikkelingen. Het materiaalonderzoek voor dit onderzoeksproject had plaats in 2019 en het was duidelijk dat er ook voor de prijsvraag van de bouw nood was aan een deel innovatie op de materiaalproductiemarkt. Hiervoor werd beslist om in het aanbestedingsdossier de mogelijkheid in te bouwen om een deel (10%) van de gegunde werken te kunnen onttrekken aan de aan de aannemer gegunde werken, zodoende dit deel op een alternatieve manier op de markt te plaatsen. De beweegredenen hiervoor waren het nagaan of er aanbestedingsformules bestaan voor “as-a-service”-modellen, én of we een prijsvraag zouden kunnen uitschrijven voor het aanstellen van een consortium dat, binnen een vooropgesteld budget, een antwoord kan bieden met een hoge circulariteitsgraad. Ook hier werden de mogelijkheden van de markt onderzocht en vergeleken. Zowel aannemers als fabrikanten, sommige voor het eerst, werden vanuit een reëel project gevraagd naar de graad van circulariteit. Zowel materialen en productieprocessen als werforganisatie en uitvoeringsmethodieken werden op een andere manier tegen het licht gehouden.

In functie van het in kaart krijgen van de materialenstroom na sloop of demontagewerken werd de markt van de sloopaannemers ondervraagd. Hier kregen we echter weinig tot geen respons. We mochten wel in gesprek gaan met Aclagro, Cayseele en MVV Afbraakwerken. In de gesprekken kwam ook de opsplitsing

tussen hoog en laag milieuroisicoprofiel aan bod. De verslagen van deze gespreken gevoerd in 2019 bevatten (vermoedelijk) gedateerde informatie ten opzichte van de hedendaagse werking van deze bedrijven en werden daarom niet toegevoegd als bijlage.

Duidelijke definitie

Het traject voor het creëren van een draagvlak en voor het definiëren van de term 'circulair bouwen' liep samen. We verwijzen hier dan ook naar 'Draagvlak' op pagina 8.

Voor de casestudy hebben we volgende pijlers gehanteerd:

- Maximaal hergebruik en levensduurverlenging van de aanwezige materialen.
- Inzicht in afvalstromen creëren.
- Reversibel ontwerpen en detailleren, in overeenstemming met de levensduur van de bouwlagen.
- Aanbrengen van materialen met een hoge score op vlak van circulariteit.



Figuur 5: De ontwikkelde visie van Bureau Bouwtechniek op circulair bouwen.

Nabeschoouwing

Succesfactoren

- De snelle en positieve transitie binnen Bureau Bouwtechniek.
- De samenwerking met producenten. Een aantal producenten staan opgesomd bij 'Communicatie en kennisdeling' op pagina 11.
- De kennisdeling en vergroting van het draagvlak.
- De inventarisatie van circulaire materialen en producten geeft een duidelijk overzicht.
- De inventarisatie van gerealiseerde circulaire voorbeeldprojecten zorgt voor inspiratie.
- De inventarisatie van circulaire platformen wekt interesse op.
- De inventarisatie rond circulair bouwen van Bureau Bouwtechniek werd opgenomen binnen een grootschaliger project van het WTCB en verwerkt in de online beschikbare databank ProReMat. Deze databank wordt stelselmatig verder uitgebreid en voor iedereen beschikbaar gesteld. Het werk wordt dus verdergezet.

Uitdagingen/aandachtspunten

- Werkmethodieken ontwikkelen om bedrijven die instappen in de transitie op weg te helpen om de draagkracht binnen hun organisatie te vergroten.
- De mogelijkheden binnen de wetgeving op overheidsopdrachten benutten en niet proberen alles te vernieuwen, dit vraagt immers veel tijd en energie.

- De beperkingen binnen de wetgeving overheidsopdrachten qua mogelijkheden voor nieuwe economische modellen.
- Inzicht krijgen in de afvalstromen, zodat we hierop kunnen inspelen. Kennis over hoeveelheden en eigenschappen geeft ontwerpers de mogelijkheid ermee aan de slag te gaan. Een beter beeld van welke stromen reeds goed lopen zorgt ervoor dat architecten en productontwikkelaars innovatief kunnen of zullen inspelen daar waar we het meeste resultaat kunnen boeken.

Lessons learned

- Alle excuses om niet aan de slag te gaan parkeren en oplossend denken.
- Architecten en ontwerpers hebben een grote impact. Net als bij een traditionele nieuwbouw, zoeken deze beroepen naar antwoorden op de steeds evoluerende vraag van maatschappij en samenleving en dagen ze de eerdere uitvoerende sectoren uit om te vernieuwen. Er dient maximaal ingezet te worden op de specifieke competenties van de respectievelijke actoren.
- In de vastgoedeconomie van vandaag zijn valorisatiemethodieken nodig om opdrachtgevers te overtuigen.
- Brainstormsessies en lerende netwerken inspireren en stimuleren.
- Fabrikanten dienen sterker in te zetten op urban mining. Er ligt bij de transitie naar circulaire materialen een groot accent op de productie van nieuwe materialen en te weinig op urban mining, terugname en levensduurverlenging door in te spelen op nieuwe economische modellen.

Communicatie en kennisdeling

- Actieve deelnemer van de Green Deal Circulair Bouwen.
- Netwerkmomenten en workshops bij Kamp C.
- Deelname aan lerend netwerk Atelier Circulair van 10/2019 tot 05/2020 (VUB - NAV).
- Presentaties over circulair bouwen intern bij Bureau Bouwtechniek om feedback te krijgen, kennis te delen en de circulaire gedachte te verspreiden.
- Doorgedreven en herhaaldelijk bevestigings- en begeleidingssessies met fabrikanten i.f.v. kennisdeling, nieuwe economische businessmodellen en nieuwe eisen en mogelijkheden: o.a. Reynaers, Gyproc Saint-Gobain, JuuNoo, Knauf, Isover, Isola, Rockwool, Elec-Lightin'Art, ETAP, Tarkett, Forbo ... De verslagen van deze gesprekken gevoerd in 2019 en 2020 bevatten (vermoedelijk) gedateerde informatie ten opzichte van de hedendaagse werking van deze bedrijven en werden daarom niet toegevoegd als bijlage.

R-Strategieën

Resilience, Redesign, Reuse en Rethink

Documenten in bijlage

- Basis vragenlijst voor te leggen aan vertegenwoordigers en fabrikanten
- Marktonderzoek circulaire producten en diensten
- Marktonderzoek bedrijven
- Mogelijkheden om binnenwanden circulair te ontwerpen en aan te besteden
- Presentatie met mogelijkheden voor circulaire bureaus

2.1.3. Uitvoeringsdetails en bestekteksten, campus Paardenmarkt (WP3)

Vóór de start van het concretiseren van de uitgangspunten van circulair bouwen in het project Campus Paardenmarkt, waren de eerste circulaire stappen in dit project reeds gezet. Het betreft namelijk een renovatie met dus hergebruik van gebouwen en materialen. Zowel de architecten als de opdrachtgever komen voor het eerst in contact met de concretisering van het begrip 'circulair bouwen'. Ook hier zet het feit dat de eerste stap is gezet deuren open voor de volgende stappen. Aan de ontwerpafel worden details uitgewerkt met een accent op behoud en reversibel bouwen en in de bestekken wordt getracht verder te werken op het marktonderzoek uit de vorige fase. Reversibel detailleren (bouwkunde) en optimalisatie van

behoud van materialen kent binnen het ontwerpteam weinig struikelblokken, het beschrijven van materialen met een hogere graad van circulariteit daarentegen des te meer.



Figuur 6: Historische foto van campus Paardenmarkt.

Binnen het onderzoek “Schoolbouwprojecten circulair aanbesteden? Yes we can!” werd voor het onderdeel technisch bestek de focus gelegd op gedetailleerd inventariseren van de ter beschikking komende materialen tijdens de afbraakfase en op de voorschriften voor werforganisatie en afvalbeheer tijdens de werken. Verder werd informatief een nota met de gewenste implementatie van de principes van circulair bouwen toegevoegd, doch kon dit niet meespelen bij de gunningcriteria, gezien er werd geopteerd te gunnen op basis van prijs. De opvolging van het gedetailleerd ontmantelingsdossier wordt verder besproken bij ‘Opvolging ontmantelingswerken: verdeling en ophaling, campus Paardenmarkt (WP3)’ vanaf pagina 18.

Het verwerken van circulaire materiaaleigenschappen kon slechts zeer beperkt doorgevoerd worden, gezien de wet op overheidsopdrachten in zich draagt dat meerdere producten antwoord moeten kunnen bieden aan de gestelde vraag en er tegelijkertijd op de materialenmarkt te weinig cijfers en methodes beschikbaar zijn om voldoende materialen objectief te kunnen beoordelen op vlak van circulariteit. Daarnaast was er wel ruimte voor het onderzoek naar aanbesteden op een alternatieve wijze i.f.v. nieuwe samenwerkingsmodellen. Dit onderdeel wordt beschreven in ‘Aanbestedingsprocedure nieuwe businessmodellen, campus Paardenmarkt (WP3)’ vanaf pagina 15.

Het verwerken en voorschrijven van één op één gerecupereerde materialen van buiten de site werd voor de casestudy niet onderzocht omwille van te klein draagvlak bij zowat alle partijen. De grootste redenen hiertoe zijn de onzekerheden over garantie van materialen, de door de uitvoerder te garanderen kwaliteit voor het gebouw als geheel, de beschikbaarheid van materialen, de wijze van technische beschrijving en last but not least de prijsvorming door de inschrijvers.

Eind 2019 à begin 2020 zien we de vraag naar circulair bouwen vaker verschijnen in wedstrijd dossiers en merken bij interne screening een verdere incorporatie van reversibel bouwen in de bouwdetails en bouwmethodieken, evenals een groeiende interesse en breder kennisveld bij de medewerkers. Onderstaande opsomming is gebaseerd op vaststellingen in meerdere projecten.

Nabeschuwing

Succesfactoren

Reversibel ontwerpen (details)

- Ontwerpen met een minimum aan hechtende materialen.
- Optimalisatie van behoud van materialen.
- Kennisvergroting over bestaande materialen.
- Details met een verhoogde graad van demontabel bouwen.
- Opmaak van een gedetailleerde inventarisatie van de herbruikbare materialen.

Materiaalomschrijving (bestek)

- Gedetailleerde inventarisatie bestaand gebouw.
- Gedetailleerd bestek ontmantelingswerken.
- Omschrijving werfinrichting met richtlijnen afvalbeheer en circulair bouwen.
- Nota met principes voor de opschaling van circulaire economie.

Uitdagingen/aandachtspunten

Reversibel ontwerpen (details)

- Levensduur van de verbindingen t.o.v. levensduur van het materiaal.

Materiaalomschrijving (bestek)

- Te weinig materialen met meetbare gegevens over circulariteit, zoals levensduur, percentage aanwezig gerecycleerd materiaal ..., om materialen met lage LCA-score voor te schrijven.

Lessons learned

- Werken met concrete projecten versnelt de transitie. Producenten en uitvoerders zien een markt.
- Productieprocessen en bedrijfsmodellen begrijpen is noodzakelijk om als ontwerper te kunnen inspelen op de transitie. Hier is cocreatie tussen ontwerpers, producenten en uitvoerders van essentieel belang. Waar we als ontwerpers momenteel kennis vergaren over materialen en de materiaaltechnische kanten van het productieproces, ervaren we hier een tekort aan kennis over het bedrijfsmodel om gericht te kunnen inspelen op de transitie.
- Te weinig technische gegevens en testmethodieken voor bestaande materialen beschikbaar. Opschaling van de markt is noodzakelijk om dit te kunnen bekostigen.

Communicatie en kennisdeling

- Actieve deelnemer van de Green Deal Circulair Bouwen.
- Deelname aan lerend netwerk Atelier Circulair van 10/2019 tot 05/2020 (VUB - NAV).
- Presentaties over circulair bouwen intern bij Bureau Bouwtechniek om feedback te krijgen, kennis te delen en de circulaire gedachte te verspreiden.
- Doorgedreven en herhaaldelijk bevestigings- en begeleidingssessies met fabrikanten i.f.v. kennisdeling, nieuwe economische businessmodellen en nieuwe eisen en mogelijkheden: o.a. Reynaers, Gyproc Saint-Gobain, JuuNoo, Knauf, Isover, Isola, Rockwool, Elec-Lightin'Art, ETAP, Tarkett, Forbo ... De verslagen van deze gesprekken gevoerd in 2019 en 2020 bevatten (vermoedelijk) gedateerde informatie ten opzichte van de hedendaagse werking van deze bedrijven en werden daarom niet toegevoegd als bijlage.
- Presentatie in februari 2020 op Atelier Circulair over dit onderzoeksproject en de circulaire aanpak van de kantoren in campus Paardenmarkt.

- Gastles geven, o.a. over dit onderzoeksproject, aan Universiteit Gent in maart 2019.
- Gastles geven, o.a. over dit onderzoeksproject, aan Universiteit Antwerpen in november 2019.
- Deelname aan en presentatie over dit onderzoeksproject op BuildUp in mei 2019.
- Deelname aan en presentatie over dit onderzoeksproject op C-bouwers in oktober 2019.

ir. arch. Jona Van Steenkiste Bureau Bouwtechniek

"Circulair bouwen: van ontwerp naar uitvoering"

De interesse van ir. arch. Jona Van Steenkiste (1989, Deinze) in duurzaamheid startte tijdens zijn studies aan Universiteit Gent en bleef nadien groeien. Jona zit in de werkgroep Duurzaamheid van de Beroepsvereniging voor Architecten (BVA) en werkt binnen Bureau Bouwtechniek als projectarchitect en duurzaamheidsadviseur. Hij maakt deel uit van verschillende initiatieven om klimaatbewust bouwen, onderhoud van gebouwen en circulair bouwen te stimuleren.

www.b-b.be



Bekijk de [presentatie](#)

Inhoud

Bureau Bouwtechniek verdiept zich als studie bureau en uitvoerend architect al enkele jaren in circulair bouwen. In een eerste fase lag de focus op kennisverwerving. Deze kennis werd door hen intern gedeeld met collega's en extern verspreid tijdens overlegmomenten met allerlei bouwpartners. Steeds vaker lukt het hen om iedereen rond de tafel mee te krijgen in het circulair verhaal. Het is hun intentie meerdere principes van circulair bouwen te implementeren in al hun projecten. Ze doen dit door zo vroeg mogelijk in het ontwerpproces circulaire insteken te bespreken en de uiteindelijk circulaire keuzes zo goed mogelijk te verwerken in hun bestekteksten en bouwdetails.

Figuur 7: Bureau Bouwtechniek spreekt op BuildUp.

Wat? Lezing over de aanbestedingsprocedure binnen een circulaire bouwpraktijk

Waar? Provinciehuis Vlaams-Brabant (Provincieplein 1, 3010 Leuven)

Wanneer? Dinsdag 29 oktober 2019, 16u00-18u00

Schrijf je in

Met het project "C-bouwers", gefinancierd door de Provincie Vlaams-Brabant en de Koning Boudewijnstichting, willen Bond Beter Leefmilieu, VIBE, Dialoog en VUB Architectural Engineering, "circulair bouwen" meer concreet maken voor bouwheren.

Op dinsdag 29 oktober geeft Jona Van Steenkiste van Bureau Bouwtechniek een lezing over hoe de aanbestedingsprocedure binnen een circulaire bouwpraktijk verloopt en hoe u zelf kunt "circulair aanbesteden". De lezing richt zich tot steden en gemeenten, architecten en geïnteresseerden. Je krijgt er ook de gelegenheid om jouw vragen te stellen aan praktijkdeskundigen rond de aanbestedingsprocedure.

Programma

- 16:00 Inleiding (VIBE)
- 16:10 Circulair aanbesteden (ontwerp-praktijk) Jona Van Steenkiste (Bureau Bouwtechniek)
- 17:10 Panelgesprek, met ervaringsdeskundigen rond aanbestedingsprocedure en de praktische uitvoering (Kamp C, SHM Zonnige Kempen, Factor 4,...)
- 18:00 Einde

Deelname aan de lezing is gratis, maar [inschrijven is noodzakelijk](#). Dat kan nog tot zondagavond 27 oktober 2019.



Craag tot dan!

Figuur 8: Bureau Bouwtechniek spreekt voor C-bouwers.

R-Strategieën

Resilience, Redesign, Reuse en Rethink

Documenten in bijlage

- Onderzoek naar afvalbeheersing bij bouwprojecten
- Steekkaartinventaris van materialen voor Urban Mining
- Inleiding tot circulair bouwen in bestek

2.1.4. Aanbestedingsprocedure nieuwe businessmodellen, campus Paardenmarkt (WP3)

Circulair aanbesteden voor nieuwe businessmodellen is uiteindelijk het laatste onderdeel binnen het onderzoek "Schoolbouwprojecten circulair aanbesteden? Yes we can!" geworden. Zoals bij de vorige punten aangehaald was dit onderzoek slechts mogelijk op een deel van de casestudy. De belangrijkste reden hiertoe was de hoge risicograad en de mogelijke gevolgen voor de timing. In overleg met architecten en opdrachtgever wordt vastgelegd dat het onderzoek zal uitgevoerd worden op een deel van de werken dat pas op het einde van het uitvoeringstraject gerealiseerd zal worden. De niet dragende binnenwanden in het kantoorgedeelte zullen het onderzoeksveld vormen. De binnenwanden worden traditioneel opgenomen in de gunning. In de administratieve bepalingen wordt de mogelijkheid voorzien om tot 10% van het totaal van de gegunde werken te kunnen schrappen zonder dat de aannemer aan wie de werken gegund zijn recht heeft op een schadevergoeding. Zodoende kon het onderzoek op de binnenwanden plaatsvinden zonder risico op de uitvoeringstermijn of het budget. De gegunde aannemer was voorstander om te participeren in het onderzoeksproject. Opdrachtgever (UAntwerpen), Architect (DMT/BB), Aannemer (Monument Vandekerckhove) en Bureau Bouwtechniek als adviseur circulair bouwen zijn samen dit traject ingestapt. Het succes op vlak van kennisdeling, cocreatie en sensibilisering was alvast geboekt.

Binnenwanden leasen of werken met nieuwe economische as-a-servicemodellen, kwam niet in aanmerking. Na een bevraging bleken er op de Belgisch markt een te beperkt aantal aanbieders om een voldoende objectieve prijsvraag op te kunnen stellen. De onzekerheden van een as-a-servicemodel was daarnaast niet aanvaardbaar binnen de structuur van het gebouwbeheer van Universiteit Antwerpen.

Het onderzoek naar het ontwikkelen van een aanbestedingsmethodiek voor circulair bouwen wordt verder gezet in de richting van het ontwikkelen van een beoordelingscriterium voor circulair bouwen. Hierbij kan de gunning gebeuren op basis van een LCA-score (zie 'Evaluatie en optimalisatie (WP2)' vanaf pagina 22). De bidders dienden een offerte in voor de uit te voeren werken op basis van plannen en een prestatiebestek, binnen een opgelegde prijs. Voor de offertes wordt enkel gekeken naar de conformiteit met de technische voorschriften en ze worden gerangschikt volgens LCA-score. Het dossier bevat het geheel der werken voor de kantoorwanden: beglaasde wanden, gesloten delen en sanitaire wanden, evenals de binnendeuren. Het is de aannemers vrij in te schrijven met gerecupereerde materialen, biogebaseerde materialen, leasing ... of combinaties. Er worden geen eisen opgelegd voor de materiaalkeuzes, zo kan er bijvoorbeeld een aanbidding zijn voor beglaasde wanden in houten, aluminium of stalen profielen of kunnen zowel gesloten als beglaasde binnendeuren voorgesteld worden in de offerte. De rangschikking van de biedingen gebeurt door in een LCA-studie de verschillende biedingen naast elkaar te plaatsen. Tijdens de onderhandeling met de ecologisch meest voordelige bidder(s), zijn we in de mogelijkheid om op basis van de LCA-studie de inschrijver objectief te begeleiden voor het opmaken van zijn BAFO.

Voor het opstellen van een prijsvraagdossier werd ook hier de markt bevragd i.f.v. relevantie van het onderzoek. Slechts 2 partijen konden antwoord bieden op de vraag, waar na enkele weken bij 1 partij het aangeboden product niet voorhanden bleek. De markt bevragen d.m.v. een prijsvraagdossier, binnen een reeds aan de hoofdaannemer gegund project en wetende dat er slechts een zeer beperkt aantal inschrijvers zullen zijn, kon geen relevant onderzoek opleveren waardoor er besloten werd de markt niet te bevragen.

Het onderzoek om biedingen te rangschikken op basis van Life Cycle Analyses werd wel door alle partijen als relevant beoordeeld en werd dan ook verder uitgewerkt. Dit onderzoek en de resultaten zijn terug te vinden onder 'Documenten in bijlage

- Overzichtslijst gerecupereerde materialen uit campus Paardenmarkt

' vanaf pagina 22.

De hoofdaannemer (Monument Vandekerckhove) is voor de uitvoering van de wanden in onderhandeling gegaan met Lootens Line i.s.m. Kloeckner Metals. Zij konden als enige een antwoord bieden op de volledige vraagstelling én hadden een voldoende grote "oogstkaart" om bestaande materialen te oogsten voor zowel de wanden als de deuren. Zij hebben met hun offerte, met een circulaire oplossing, meegedongen voor de levering en plaatsing van de kantoorwanden.

Uiteindelijk is er niet verder gegaan met de door Lootens Line ingediende offerte met als enige reden de prijs. De materialen die in de circulaire offerte werden voorgesteld waren van een hogere kwaliteit dan deze in het bestek, en het prijsverschil was overbrugbaar. Toch werd er omwille van de beperkte meerkost beslist om verder te gaan met de wanden zoals in het oorspronkelijk bestek omschreven en gegund. Daarenboven kon de winst die de aannemer had geboekt bij het herbestemmen van de materialen uit het gedetailleerde sloopdossier, zoals beschreven in 'Opvolging ontmantelingswerken: verdeling en ophaling, campus Paardenmarkt (WP3)' vanaf pagina 18, niet ingezet worden om te investeren in de circulaire oplossing voor de binnenwanden. De analyse hieromtrent is nog lopende en wordt verder opgevolgd en in kaart gebracht.

Nabeschuiving

Succesfactoren

- De vaststelling "al doende wordt het aanvaard". Geen enkele partij, noch opdrachtgever, noch architecten twijfelde aan de kwaliteit van het werken met gerecupereerde materialen.
- Op kleine schaal zijn er projecten met urban mining mogelijk. In grootschalige projecten kunnen deze waargemaakt worden door kleinere deelprojecten in te voegen, kleinschaligere projecten binnen het grote project.
- Offertes aanvragen met een opgelegde bovengrens voor de kost en deze beoordelen op basis van LCC en LCA is mogelijk!

Uitdagingen/aandachtspunten

- De oprichting van bouwbedrijven die inzetten op circulair bouwen. Op de schaal waarop dit onderzoek plaatsvond, vindt men voldoende materialen om te hergebruiken, maar geen plaatsers.
- Hoeveel keer kan je een materiaal betalen? En hoeveel keer dient er BTW betaald te worden op een materiaal?
- Betere controle krijgen op het financiële luik van de circulaire deeldossiers. Uitwerken van een open boekhouding-systeem voor dergelijke deeldossiers.
- Bij urban mining zal het beschikbare materiaal de prijs bepalen. Indien voor een bepaalde toepassing enkel een materiaal met hoge kwaliteit beschikbaar is, moet men compensatie op andere posten mogelijk maken.

Lessons learned

- Materialen krijgen waarde van zodra er interesse wordt getoond. De profielen die reeds een hele periode in het magazijn liggen van een constructeur mogen opgehaald worden. Van zodra het project concreet vorm kreeg werd er "plots" toch over een prijs gesproken.
- Het ontbreken van een georganiseerde logistieke structuur jaagt de kosten van hergebruik en urban mining de hoogte in.

- Nederland loopt voor op België. Het is door de medewerking van Kloeckner Metals Nederland dat het project op gang is gekomen. Voor de plaatsing werkten zij samen met een Belgisch bedrijf. Het oogsten van de materialen, weliswaar in België, werd uitgewerkt door Kloeckner Metals.
- De pilootprojecten in eigen land zijn te kleinschalig. Er waren bv. geen materialen beschikbaar van producenten als JuuNoo. De wanden die beschikbaar zouden komen bij Ecomat, gecontacteerd als verdeler van herbruikbare materialen, bleken na demontage op hun eerste locatie beschadigd en niet meer inzetbaar.
- Demonteren is niet slopen. Er ontbreken geschoolde arbeidskrachten.

Communicatie en kennisdeling

- Actieve deelnemer van de Green Deal Circulair Bouwen.
- Gastles geven, o.a. over dit onderzoeksproject, aan Universiteit Gent in maart 2020.
- Veel communicatie met ontwerpteam, aannemer Monument Vandekerckhove en Universiteit Antwerpen, afdeling ontwerpwetenschappen.
- Dit onderzoek is nog niet volledig afgerond, in die zin dat het bouwproject nog in uitvoering is en de binnenwanden nog niet geplaatst zijn. Momenteel staat de opmaak van de presentatie over de casestudy op de agenda en zal in het 2^e semester van 2021 verder ingezet worden op kennisdeling, o.a. via de Green Deal Circulair Bouwen.
- Kennisdeling met de projectpartners van "CABRIO", geselecteerd als gesubsidieerd onderzoek rond circulair aanbesteden in de Gerichte Call Circulaire Bouwprojecten 2020.



Figuur 9: Bureau Bouwtechniek spreekt voor studenten ingenieur architect en industrieel ingenieur aan Universiteit Gent.

R-Strategieën

Resilience, Redesign, Reuse en Rethink.

Documenten in bijlage

- Aandachtspunten voor een circulaire aanbesteding
- Onderzoek naar circulaire businessmodellen

2.1.5. Opvolging ontmantelingswerken: verdeling en ophaling, campus Paardenmarkt (WP3)

Dit onderdeel vond plaats tijdens de zomermaanden juli en augustus 2020 en verliep in 3 stappen:

- Actief contacteren van mogelijks geïnteresseerden.
- Rondgang en opmaak verdeling.
- Demontage en ophaling.

Het vertrekpunt voor het toekennen van de materialen was de locatie van de herbestemming:

- Voorrang aan hergebruik op de site.
- Vervolgens keuze voor hergebruik in de stad, en bij uitbreiding de provincie Antwerpen.
- Ten slotte afbraak door gespecialiseerde firma's en herverdeling via hun centrale verkoopplaats.

Vanuit dit uitgangspunt werd gezocht naar mogelijke partners om de materialen te kunnen herbestemmen:

- De gebruiker (Universiteit Antwerpen, faculteit Ontwerpwetenschappen, opleiding Productontwikkeling);
- De bouwheer (Universiteit Antwerpen);
- Architecten (o.a. gemotiveerde deelnemers van de Green Deal Circulair Bouwen);
- Verenigingen, vzw's;
- Sloopbedrijven.

Op basis van de sloopinventaris werd de eerste bevraging gedaan met de Universiteit Antwerpen, waarbij hen werd gevraagd aan te duiden welke materialen ter plaatse behouden konden blijven en welke materialen binnen de Universiteit een tweede leven zouden kunnen vinden. De Universiteit toonde interesse vanuit 2 hoeken: de opleiding Productontwikkeling welke het gebouw zal betrekken en de faculteit Ontwerpwetenschappen voor opdrachten interieurvormgeving.

Voor de professionele ophalers werden 4 partijen gecontacteerd en zijn er 2 op het voorstel ingegaan: Rotor en Franck. Zij zijn gespecialiseerd in recuperatie van bruikbare bouwmaterialen en meubilair. Het voordeel van zo'n partij is enerzijds hun kennis en ervaring en anderzijds de grote hoeveelheid materialen die via hen gerecupereerd kan worden. Daartegenover staat wel dat deze materialen niet een-op-een hergebruikt worden, wat zorgt voor bijkomend transport en opslag.

Door het contacteren van architectenbureaus hoopten we na te gaan hoe een ontwerp kan inspelen op hergebruikmogelijkheden en wat hierbij zorgt voor complexiteit. Het project werd voorgesteld aan de deelnemers van de Green Deal Circulair Bouwen. Vervolgens werden 5 architectenbureaus geconfronteerd met onze concrete vraag. Bij 2 architectenbureaus lag er een project op tafel waarvoor gezocht werd naar recuperatiemateriaal, aan hen werd de sloopinventaris met de ter beschikking gestelde materialen bezorgd.

Bij de bevraging van het verenigingsleven zijn er 2 geïnteresseerden op de proppen gekomen: Kopspel en HetVindingrijk, beiden gevestigd in Antwerpen.

Iedereen reageerde enthousiast en stond open om aan deze recuperatie deel te nemen. Op basis van de sloopinventarisatie en de kennismakingsgesprekken werd een eerste verdeling opgemaakt. Vervolgens werden de rondgangen ingepland. Na iedere rondgang gaven de geïnteresseerden hun keuzes door. BB verzamelde de keuzelijsten en maakte een definitieve verdeling op. Er waren zelfs extra materialen waarvoor interesse werd getoond die nog niet in de inventaris opgenomen werden. De mogelijkheid tot recuperatie van deze materialen werd verder afgetoetst bij zowel de aannemer als de dienst gebouwinfrastructuur van UAntwerpen zodoende ook deze een tweede leven te kunnen geven.

Na goedkeuring van alle partijen en de opmaak van een overeenkomst kon iedere ophaler zijn materiaal komen demonteren en meenemen. Dit gebeurde in de maand augustus.

Lijst ophalers

- TEKEN architectuur - Gwen Verlinden
- Conix architecten - Geert Vyncke
- Vzw Kopsel - Guy Swaegers
- HetVindingrijk - Evy Puelinckx
- Faculteit Ontwerpwetenschappen - Evy Puelinckx
- Faculteit Productontwikkeling - Vincent Nulens
- Rotor DC
- Bureau Bouwtechniek - Katrien Van Lierop

Overzicht juli en augustus

- week 6 juli en 13 juli: rondgangen met ophalers
- week 3 aug: eerste ophaling door UAntwerpen
- week 10 aug en week 17 aug: ophaling door architectenbureaus
- week 14 aug: ophaling door Kopsel
- week 31 aug en 7 sept: ophaling door Rotor, UAntwerpen en Bureau Bouwtechniek

Nabeschouwing

Succesfactoren

- Enthousiaste en positieve samenwerkingen: Zowel de bouwheer UAntwerpen als de aannemer Monument Vandekerckhove stonden achter dit initiatief en waren bereid hieraan mee te werken. Dit is noodzakelijk voor een goed verloop en een zo groot mogelijke hoeveelheid te hergebruiken materialen. Zij waren steeds vlot bereikbaar voor vragen en zochten mee naar oplossingen. Het is belangrijk de steun en medewerking te hebben van de 'gevers' in een recuperatieproject.
- Verscheidenheid aan ophalers: Er was een grote variatie aan ophalers, zowel professionele detailafbrekers als kleine organisaties. Ook hun interesses waren zeer verschillend, wat er voor zorgde dat iedereen het maximale kon ophalen dat men wenste en dat de recuperatie uitgebreid was. Zowel onderdelen van staalconstructies als onder andere meubilair en wandafwerkingen kregen een nieuwe bestemming.
- Onderzoeksproject: Aangezien deze recuperatie een casestudy is binnen een onderzoeksproject, kon Bureau Bouwtechniek hiervoor de tijd nemen en kan dit gezien worden als een leertraject waarover gecommuniceerd zal worden naar anderen.
- Gedetailleerde sloopinventaris: Hierdoor konden de materialen snel teruggevonden worden en bleef er een duidelijk overzicht.

Uitdagingen/aandachtspunten

- Verlofperiodes: Doordat deze fase plaatsvond tijdens de zomermaanden, waren veel betrokken partijen in verlof. Dit vertraagde het contact en het verkrijgen van de juiste antwoorden en goedkeuringen.
- De voorkeuren van de sloopaannemer: De sloopaannemer werd pas laat betrokken in het traject. Dit zorgde voor laattijdige info en wijzigingen. Materialen die volgens de oorspronkelijke meetstaat gesloopt zouden worden, mochten niet perse gerecupereerd worden door de ophalers. Bijvoorbeeld bekabeling is voor een sloopaannemer interessant om verder te verkopen en zo verwerkt in zijn prijszetting.
- Bijkomende ophalers: Naast de contacten die door ons werden gelegd, had UAntwerpen ook zelf een aantal mensen gecontacteerd. Deze kwamen pas later in het traject erbij. De impact hiervan bleef in dit project beperkt, maar het is aan te raden het contact met ophalers via één persoon te laten verlopen en dit zo vroeg mogelijk in het traject. Dit om miscommunicaties te vermijden en dezelfde afspraken voor iedereen te laten gelden.
- Communicatie: Door de bovenvermelde verlofperiodes ontstond er een vertraging in het verkrijgen van info waardoor een aantal belangrijke praktische zaken last minute tot bij Bureau Bouwtechniek en de

ophalers geraakten. Een goed voorbeeld hiervan zijn de herexamens die doorgingen in naastgelegen gebouwen. Deze zorgden voor beperkingen (toegankelijkheid site en lawaaioverlast) en hadden een grote impact op de planning. De grote flexibiliteit van de ophalers heeft ervoor gezorgd dat de negatieve gevolgen beperkt bleven in deze casestudy.

- Over het algemeen hebben we de indruk dat je dit niet organiseert voor een financieel voordeel maar eerder uit een overtuiging in circulair bouwen.
- Tijdsbesteding ontmanteling: In dit traject werd geen vergoeding gevraagd aan de ophalers en mocht er geen financieel nadeel zijn voor de aannemer. Een interessante oefening, die hier niet is gebeurd, is het in kaart brengen van een totale sloopkost t.o.v. een ontmanteling. Kan de economische waarde van de materialen zo bepaald worden dat de meerkost van de ontmanteling gedekt wordt?
- Tijdsbesteding coördinatie: Er gaat veel tijd naar het organiseren en coördineren van een recuperatietraject. Wie kan er tijd vrijmaken? Bij wie ligt deze opdracht? Aangezien dit kadert binnen een onderzoeksopdracht, kon BB tijd vrijmaken voor de organisatie en coördinatie van de recuperatie.

Lessons learned

- Zorg eerst voor een volledige sloopinventaris en laat deze door alle partijen nakijken en goedkeuren. Met alle partijen worden echt alle partijen bedoeld: opdrachtgever, aannemer, sloopaannemer en architecten.
- Klopt eerst het 'gevers'-gedeelte af om pas nadien te starten met het contacteren van ophalers.
- Maak duidelijke schriftelijke afspraken met de 'gevers', eventueel via een overeenkomst (bv. over de toegang, het definitief zijn van de inventaris, 'volmachten', gebruik van het gebouw ...).
- Plan op regelmatige basis een overleg in met de gevers, bijvoorbeeld wekelijks een half uurtje om de stand van zaken mee te geven en vragen te stellen.
- Zorg voor een verscheidenheid aan ophalers.
- Categoriseer de ophalers: via betrokken partijen (bv. bouwheer) – extern – detailafbraak. Elk van deze types ophalers heeft een andere manier van communiceren nodig. Detailafbrekers gaan zorgvuldig te werken en zijn gespecialiseerd in zulke zaken. Zij komen vaak ook pas na alle andere ophalers. Materialen die binnen UA gerecupereerd worden, zijn eerder enkele meubelstukken. De vraag kan hierbij gesteld worden of dit ook moet gebeuren onder een overeenkomst en of dit niet in een voortraject kan plaatsvinden, georganiseerd door de UA Antwerpen zelf.
- Begin tijdig zodat verlofperiodes geen belemmering vormen en dat er geen tijdsdruk ontstaat vlak voor de echte sloop van het project.
- Zorg voor een enthousiast en gemotiveerd team dat gelooft in dit circulair denken. Je hebt elkaar nodig gedurende het hele traject.
- Eventueel toevoegen aan de overeenkomst met de ophalers: "Gevers mogen in uitzonderlijke gevallen wijzigingen aanbrengen aan de verdeellijsten." In de overeenkomst voor dit traject stond dat de ophalers alles van hun lijst moesten meenemen. Maar in tussentijd werden wel zaken gereserveerd of geannuleerd door bouwheer UA Antwerpen of de aannemer (bv. bekabeling, stoelen). Ophalers hebben er nu geen problemen van gemaakt, maar in de toekomst wordt dit best vermeden door enerzijds de inventaris op voorhand af te kloppen met alle gevers en anderzijds in de overeenkomst op te nemen dat dit in uitzonderlijke gevallen nog gewijzigd kan worden.
- Wees transparant naar alle partijen.
- Maak eventueel ook een lijst van zaken die niet weg mogen. Maak dit eventueel ook duidelijk op een plan.
- Trek voldoende foto's.
- Mensen ruimen niet graag op, en dit zowel voor afbrekers die bv. enkel verankeringen dienen te verwijderen als ophalers die bruikbare elementen demonteren.
- Het betrekken van opleidingsinstituten geeft een boost in de transitie. Het leren omgaan met recuperatie rechtstreeks gekoppeld aan een reëel project verhoogt het geloof van onze jonge generatie in de mogelijkheden en effectiviteit van het circulair gedachtengoed. Daarenboven maken ze zich het werken met urban mining eigen.

- Coördinatie en timing van de werken is essentieel. Wegnemen van bv. balustrades maakt extra veiligheidsmaatregelen noodzakelijk, te treffen door de hoofdaannemer. Afbraak van bv. delen waar technieken aan bevestigd zijn zorgt voor zwevende kabelgoten of doorhangende kabels. Afbraak van bv. tussenvloeren maakt overige delen onbereikbaar.



Figuur 10: Heb aandacht voor de veiligheid als verschillende partijen materialen en producten komen ontmantelen.

Feedback van aannemer Monument Vandekerckhove (Griet) en van bouwheer Universiteit Antwerpen, Departement Infrastructuur (Maddie)

- Griet: Het is duidelijk dat verschillende partijen bezig zijn geweest in de gebouwen. Deze partijen kijken vooral naar hun eigen recuperatie, waardoor het groter plaatje verloren gaat. De ophaling van alle partijen zou beter op elkaar moeten worden afgestemd.
- Griet: Zorg dat het gebouw veilig en stabiel blijft!
- Griet + Maddie: Rotor is een professionele ophaler. Dit heeft als nadeel dat ze zeer goed weten wat ze doen en duidelijk hun eisen stellen. Hun focus ligt op het commerciële.
- Maddie: Deel de materialen op in categorieën. Losse elementen afzonderlijk van vaste elementen en nutsvoorzieningen. Deel de recuperatie op volgens deze categorieën.
- Griet: Voor de hoofdaannemer is een recuperatie pas interessant als een volledig element verwijderd wordt. Zo kan dit volledig geschrapt worden bij de taken van de sloopaannemer.

- Allen: Financiële gevolgen zullen nog moeten blijken.

Communicatie en kennisdeling

- Actieve deelnemer van de Green Deal Circulair Bouwen.
- Gastles geven, o.a. over dit onderzoeksproject, aan Universiteit Antwerpen in oktober 2020.
- Gastles geven, o.a. over dit onderzoeksproject, aan Universiteit Gent in maart 2021.
- Gastles geven, o.a. over dit onderzoeksproject, op postgraduaat Circulair Bouwen in mei 2021.
- Presentatie en atelieropdracht voor de studenten aan de faculteit Ontwerpwetenschappen, opleiding Interieurvormgeving.

R-Strategieën

Resilience, Redesign, Reuse en Rethink.

Documenten in bijlage

- Overzichtslijst gerecupereerde materialen uit campus Paardenmarkt

2.2. Evaluatie en optimalisatie (WP2)

2.2.1. Introductie kwantitatieve duurzaamheidsanalyse

Eén van de eerste en meest bekende formele definitie van duurzame ontwikkeling vloeide voort uit het rapport “Our Common Future” (beter bekend als het Brundtland rapport) in 1987: *“Duurzame ontwikkeling is ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen”* [1, p.54]. Als gevolg van dit rapport nam de aandacht voor duurzame ontwikkeling - en duurzaamheid in het algemeen - sterk toe. Dit bracht een waaier van meer gedetailleerde definities en interpretaties met zich mee (zie bijvoorbeeld Glavič & Lukman [2]), maar zonder tot een algemene consensus te leiden. Desalniettemin is het algemeen aanvaard dat duurzaamheid (minstens) drie domeinen omvat, namelijk de ecologische, sociale en economische dimensie van duurzaamheid. Deze opdeling wordt ook wel de *Triple Bottom Line* (TBL) genoemd of omschreven als *People, Planet, Profit / Prosperity* (PPP of 3P).

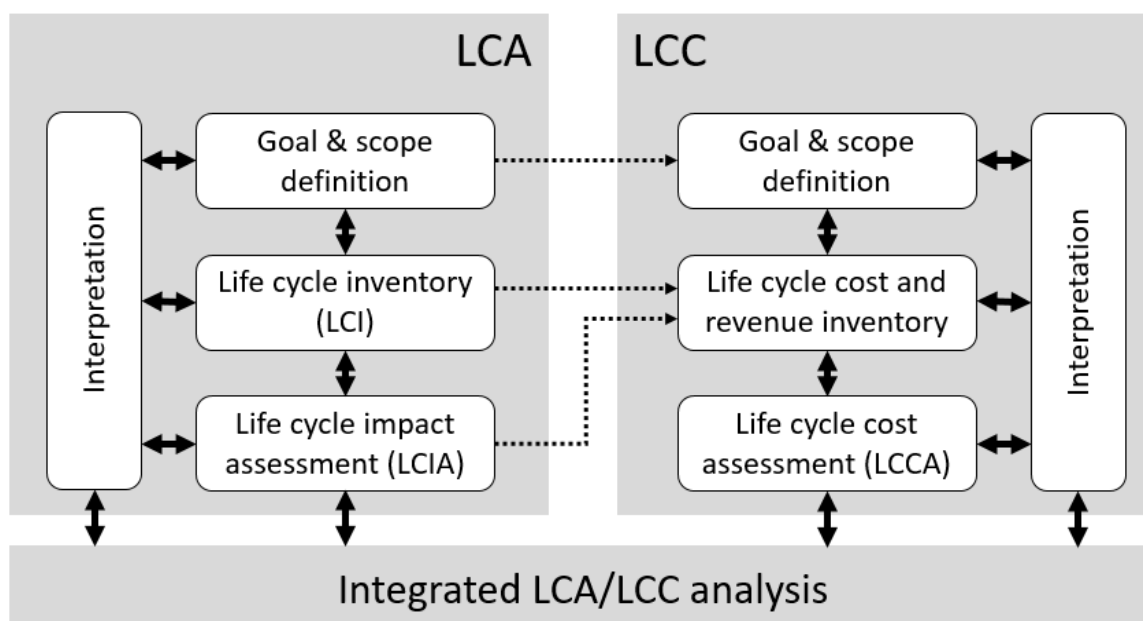
Binnen dit onderzoek ligt de focus op de kwantitatieve analyse op twee van deze dimensies, namelijk de ecologische en economische dimensie. Sociale aspecten worden enkel in een meer algemeen kader beschouwd, zoals de veiligheid en algemene arbeidsomstandigheden van de arbeiders. Het milieuprofiel van de geanalyseerde proefvakken zal worden bepaald op basis van een levenscyclusanalyse (LCA), de financiële analyses zal gebeuren aan de hand van een levenscycluskostanalyse (LCC). Beide methoden zijn gebaseerd op het principe van *life cycle thinking*, waarbij de volledige levenscyclus in rekening gebracht wordt, van de ontginning van primaire materialen tot en met de afdanking en recyclage op het einde van de gebruiksperiode.

Een levenscyclusanalyse (LCA) kan gedefinieerd worden als *“een verzameling en beoordeling van de input en output en de totale [milieu]impact van een productsysteem op zijn omgeving doorheen zijn volledige levenscyclus”* [3]. Cruciaal hierbij is dat een dergelijk systeem wordt beschreven op basis van een te leveren functie en niet zozeer door een (fysieke) eindproduct. Hierdoor kunnen zowel intrinsiek verschillen de producten als diensten met elkaar vergeleken worden, zolang ze maar dezelfde functie vervullen. Met andere woorden, LCA is een analytische methode om het ecologische profiel van producten en diensten te kwantificeren, vanaf de ontginning van grondstoffen tot en met de uiteindelijke afvalverwerking en/of recyclage.

De meest algemene richtlijnen met betrekking tot het uitvoeren van een LCA worden beschreven in ISO 14040/44 [3], [4]. Binnen dit kader moeten in een LCA vier stappen doorlopen worden zoals weergegeven in

Figuur 11: bepaling van het doel en de reikwijdte van de studie, levenscyclusinventarisatie (LCI), levenscyclus-effectenbeoordeling (LCIA) en interpretatie. Deze ISO richtlijnen bieden een duidelijk kader, maar desalniettemin moeten er in elke studie afzonderlijk nog bijkomende methodologische keuzes en aannames gemaakt worden, afhankelijk van de specifieke onderzoeksvraag. In de volgende secties wordt er eerst dieper ingegaan op de algemene concepten van LCA, waarna de specifieke keuzes binnen dit project worden opgelijst.

Analoog aan een LCA studie, waar de milieu-impact berekend wordt, kunnen ook kosten van een product, proces of dienst over de volledige levenscyclus berekend worden via een levenscyclus kost analyse (life cycle costing – LCC). De parallellen tussen LCA en LCC worden duidelijk weergegeven in Figuur 11. Het is dus van belang dat de beschrijving van het doel en de reikwijdte, samen met de andere modelleringsaannames op een coherente manier gebeurd voort zowel het LCA als LCC luik.



Figuur 11: Schematische weergave van een geïntegreerde LCA/LCC analyse (gebaseerd op Simões et al. [5])

2.2.2. Beschrijving cases en scenario's

Bij het evalueren van circulaire gebouwcomponenten binnen een ontwerp of aanbesteding kan informatie omtrent de duurzaamheid op twee manieren nuttig zijn. Enerzijds tijdens het ontwerp, dus om te beslissen welke componenten en materialen geselecteerd worden en in welke mate aanpasbaarheid en flexibiliteit gewenst is. Anderzijds om de duurzaamheid van verschillende inschrijvingen te evalueren. Beide aspecten komen binnen deze studie aan bod. Uit de praktijkervaring van Bureau Bouwtechniek bleek dat lichte wanden en vloeren (exclusief de draagstructuur) de meest geschikte componenten waren voor verdere analyse. Deze twee componenten kunnen direct gelinkt worden aan de functionaliteit van een ruimte of gebouw. Bij wijzigingen in gebruik denken we dan aan aanpassingen in vloerplan lay-out, andere technische vereisten (bv. bekabeling) of het voorzien van een andere functie.

Binnen de idee van het circulair bouwen is het aanpasbaar maken van deze componenten dus een logische stap. In de eerste twee casestudy's worden verschillende opbouwen vergeleken voor de lichte wanden en vloer opbouwen, dit zowel voor aanpasbare als conventionele opbouwen. Daarnaast worden er ook nog enkele varianten bekeken, indien er alternatieve materialen mogelijk zijn. Om de voor- en nadelen van de aanpasbare varianten te kunnen kwantificeren, worden er per case meerdere gebruiksscenario's toegepast. Deze worden in sectie 2.2.2.4 verder toegelicht.

Als derde case wordt de concrete inschrijving voor de lichte wanden van het project Paardenmarkt onder de loop genomen.

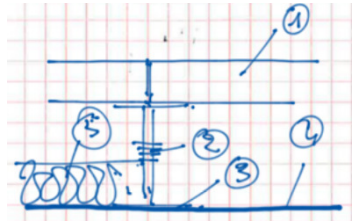
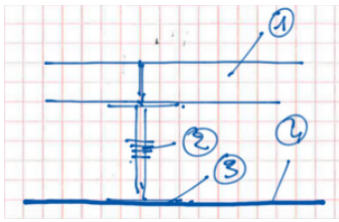
2.2.2.1. Case 1. Vloer opbouwen

De eerste case omvat vloer opbouwen, exclusief de draagstructuur en de finale afwerking. De afwerking is niet in rekening genomen door het grote aanbod enerzijds en de esthetische factor anderzijds. De keuze voor deze laag is een subjectief gegeven waar de ontwerpen slechts een beperkte inspraak in heeft. Voor de selectie van deze materialen is er ook al voldoende informatie aanwezig via andere kanalen zoals TOTEM. De analyse wordt verder ontdudd in geïsoleerde en niet-geïsoleerde vloeren. Verder wordt er een onderscheid gemaakt op welke type draagstructuur de opbouwen van toepassing zijn: op een betonnen draagstructuur (aangeduid met B in de naamgeving) of op een houten skeletstructuur (aangeduid met H in de naamgeving). Een overzicht van alle varianten is terug te vinden in Tabel 1.

Nr. opbouw	Uitvulling en deklaag	isolatie	aanpasbaar	Varianten
B1/H1	Verhoogde vloer	nee	ja	
<i>B1.1a</i>	<i>Verhoogde vloer</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>Afwerking: Versterkte vezelplaat</i>
B2/H2	Droog	nee	ja	
<i>B2.1a</i>	<i>Droog</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>Droge dekvloer: calciumsulfaatplaat</i>
<i>B2.1b</i>	<i>Droog</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>Droge dekvloer: OSB-plaat</i>
<i>B2.2a</i>	<i>Droog</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>Uitvulling: vermiculiet</i>
<i>B2.2b</i>	<i>Droog</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>Uitvulling: kurkkorrels</i>
B3	Nat	nee	nee	
<i>B3.1a</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>Uitvulling: gespoten PUR</i>
<i>B3.1b</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>Uitvulling: beton met EPS</i>
<i>B3.1c</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>Uitvulling: beton met perliet</i>
<i>B3.1d</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>Uitvulling: beton met vermiculiet</i>
<i>B3.2a</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>dekvloer: polybeton</i>
B4/H4	Nat + dekvloer	nee	gedeeltelijk	
Bi1/Hi1	Verhoogde vloer	ja ¹	ja	
Bi2/Hi2	Droog + droog	ja ¹	ja	
Bi3	Nat	ja ¹	nee	
<i>B3i.1a</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>Uitvulling: gespoten PUR</i>
<i>B3i.1b</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>Uitvulling: beton met EPS</i>
<i>B3i.1c</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>Uitvulling: beton met perliet</i>
<i>B3i.1d</i>	<i>Nat</i>	<i>nee</i>	<i>nee</i>	<i>Uitvulling: beton met vermiculiet</i>
Bi4/Hi4	Droog + nat	ja ¹	gedeeltelijk	
Bi5/Hi5	Droog + iso + nat	ja ¹	gedeeltelijk	
Bi6/Hi6	Droog + iso + droog	ja ¹	ja	

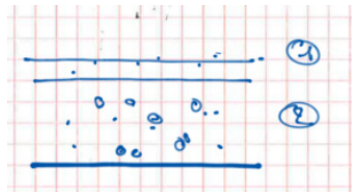
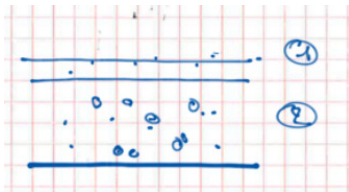
Tabel 1: Overzicht vloer opbouwen (noot 1: polybeton werk als dekvloer en afwerking tegelijkertijd. Deze afwerking valt buiten de functionele eenheid en is bij de andere opbouwen dus niet opgenomen; noot 2: $U = 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$).

Conceptuele details van de opbouwen zijn terug te vinden in Figuur 12. De laagdiktes zijn nog in functie van de thermische eisen en verschillen dus voor de geïsoleerde en niet-geïsoleerde varianten.



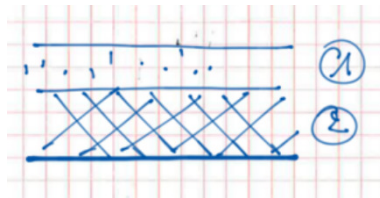
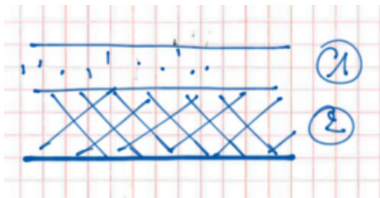
B1./Bi1.

1. Tegel calciumsulfaatplaat
2. Vijzel
3. Verlijming
4. Stofcoating
5. isolatie



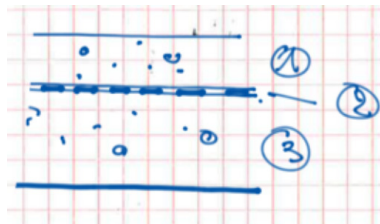
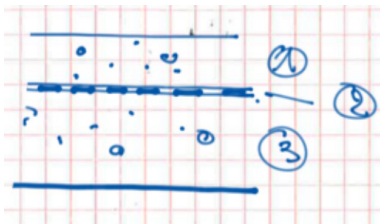
B2./Bi2.

1. Droge dekvloer: gipsplaat
2. Uitvulling: kleikorrels



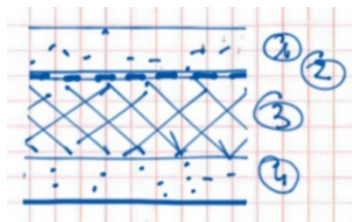
B3./Bi3.

1. Natte dekvloer: cementgeboden
2. Natte uitvulling: schuimbeton



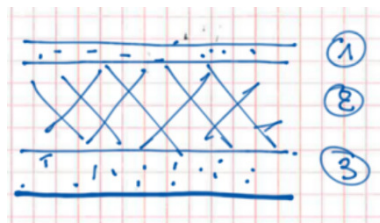
B4./Bi4.

1. Natte dekvloer: cementgeboden
2. PE-folie
3. Uitvulling: kleikorrels



Bi5.

1. Natte dekvloer: cementgeboden
2. PE-folie
3. Drukvaste isolatie: PUR
4. Uitvulling: kleikorrels



Bi6

1. Droge dekvloer: gipsplaat
2. Drukvaste isolatie: PUR
3. Uitvulling: kleikorrels

Figuur 12: Details van de vloeropbouwen.

Documenten in bijlage

- Onderzochte vloeropbouwen

2.2.2.2. Case 2. Niet-dragende wanden

De studie van de lichte wanden zoomt in op de meest toegepaste lichte wanden door Bureau Bouwtechniek. De eerste drie zijn conventionele oplossingen, de laatste een demonteerbare. Eerder onderzoek toonde aan dat conventionele opbouwen typische een lagere initiële milieu impact en kost hebben, terwijl de demonteerbare wanden vooral tot hun recht komen bij een hogere vervangfrequentie [6]. Daarom is er naast de analyse van de structuur van de wand, ook nog een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd omtrent alternatieve isolatiematerialen en afwerkingen voor de lichte wanden. Zo worden de twee relevante pistes onderzocht, namelijk inzetten op een lagere initiële impact en hergebruik mogelijk maken.

De verschillende alternatieven zijn weergegeven in Tabel 2. Een belangrijke noot hier is wel dat de analyse zich beperkt tot de ruimt scheidende functie van niet-dragende wanden. Een ontwerper moet dus zelf nog de afweging maken welke opbouw de meest relevante is indien er bijkomende eisen zijn omtrent robuustheid, akoestiek, esthetiek, ...

Nr.	Structuur	afwerking	aanpasbaar	Varianten
W1	Metselwerk	gipspleister	nee	
W2	Lichte wand: Hout	Gipskarton	nee	
W3	Lichte wand: profiel 75x40	Gipskarton	nee	
W3.1a	Lichte wand: profiel 75x40	Gipskarton	nee	Isolatie: glaswol
W3.1b	Lichte wand: profiel 75x40	Gipskarton	nee	Isolatie: houtwol
W3.2a	Lichte wand: profiel 75x40	Gipskarton	nee	afwerking: pleisterbaar gipskarton + gipspleister
W3.2b	Lichte wand: profiel 75x40	Gipskarton	nee	afwerking: 2 lagen gipskarton
W3.2c	Lichte wand: profiel 75x40	Gipskarton	nee	afwerking: OSB + gipskarton
W3.2d	Lichte wand: profiel 75x40	Gipskarton	nee	afwerking: OSB + pleisterbaar gipskarton + gipspleister
W4	JuuNoo	Multiplex	ja	
W4.1a	JuuNoo	gipskarton	deels	Afwerking: gipskarton
W4.1b	JuuNoo	Clickwall	ja	Afwerking: Clickwall

Tabel 2: Overzicht lichte wanden

2.2.2.3. Case 3. Offerte binnenwand

Initieel was het de bedoeling om een evaluatie te maken (LCA en LCC) van de ingestuurde offertes voor de aanpasbare binnenwanden voor het renovatieproject van de paardenmarkt en deze informatie dan terug te koppelen naar de inschrijvende partijen. In een tweede ronde konden de ontwerpen dan worden geoptimaliseerd en pas daarna zou dan de knoop doorgemaakt worden betreffende de gunning. Doorheen dit aanbestedingstraject werd echter duidelijk dat er weinig partijen in de markt aanwezig zijn om in een dergelijk traject in te stappen en daarnaast bleek de inschrijvingsprijs toch nog altijd dominant te zijn t.o.v. de kost over de volledige levensduur. Als gevolg was er uiteindelijk slechts één inschrijvende partij en dat ook een tweede optimalisatieronde geen optie was. Een diepere analyse van dit volledige traject is terug te vinden in 'Aanbestedingsprocedure nieuwe businessmodellen, campus Paardenmarkt (WP3)' vanaf pagina 15.

De enige inschrijving voor de lichte (en circulaire) binnenwanden zet in op het gebruik van gerecupereerde materialen. Profielen werden gerecupereerde uit andere projecten, maar de beglazing was nieuw. Op basis van kwalitatieve criteria lijkt deze inschrijving relevant vanuit een duurzaamheidsperspectief. Materialen worden hergebruikt met een maximaal waarde behoud (direct hergebruik). Hierdoor wordt de kans op nadelige indirecte gevolgen beperkt. Dergelijke indirecte effecten kunnen zich bijvoorbeeld voordien als er competitie is voor secundaire grondstoffen en de alternatieve technologieën efficiënter met het

gerecupereerd materiaal omgaan. Dit kon echter niet kwantitatief gevalideerd worden, aangezien er geen data werd aangeleverd. Daarom wordt deze case verder niet besproken.

2.2.2.4. Scenario's LCA

Gebruiksscenario's

Drie gebruiksscenario's worden geanalyseerd waarbij de vervangfrequentie varieert om zo het relevante toepassingsdomein van de aanpasbare elementen te identificeren. Hierbij wordt er uitgegaan van:

1. Een functionele vervanging om de 5 jaar
2. Een functionele vervanging om de 15 jaar
3. Een functionele vervanging om de 30 jaar

Einde levensduurscenario's

Gebouwcomponenten kunnen wel ontworpen zijn om hergebruikt te worden, maar het is uiteindelijk de gebruiker die verantwoordelijk is om dit effectief in de praktijk om te zetten. Dit houdt dus een risico in dat hergebruikbare componenten afgedankt worden op het moment dat ze in principe nog een nuttige resterende levensduur hebben. Om dit risico te kwantificeren worden er twee einde levensduurscenario's gekoppeld aan de gebruiksscenario's.

1. Huidige praktijk: bij elke vervanging wordt er uit gegaan van een afdanking en een verwerking volgens de huidige praktijk. De gegevens van TOTEM worden hiervoor gebruikt (scheidingspercentages, aandeel recyclage vs. stort of verbranding, etc.)
2. Maximaal hergebruik: het hergebruikbaarheidspotentieel wordt maximaal benut en de demonteerbare gebouwelementen worden enkel afgedankt indien ze het einde van hun technische levensduur bereikt hebben

Voor de conventionele opbouwen is enkel het eerste scenario mogelijk, voor de demonteerbare opbouwen worden de twee uitgerekend. Daarnaast is er nog een derde scenario opgenomen in de rekenfiles (REC1), waarbij optimalisatie huidige praktijk met meer recyclage en hogere efficiëntie in rekening gebracht wordt. Dit derde scenario houdt dus rekening met de mogelijke toekomstige situatie binnen de praktijk van de afvalbehandeling. De resultaten van het REC1 scenario zijn niet expliciet besproken binnen dit rapport, aangezien ze de algemene conclusies van de andere twee scenario's bevestigen, maar wel raadpleegbaar in de bijlages.

2.2.3. Ecologische duurzaamheidsanalyse: LCA

2.2.3.1. Algemene methodologie LCA

Doel en reikwijdte

In deze eerste stap worden de krijtlijnen van een studie uitgezet, op basis van een beschrijving van de algemene doelstellingen en de reikwijdte van de studie. Dit omvat onder andere het definiëren van de onderzoeksvraag, het doelpubliek en het toepassingsdomein. Het bepalen van de reikwijdte omvat een beschrijving van de belangrijkste methodologische keuzes, aannames en beperkingen van de studie zoals de functionele eenheid (FU), systeemgrenzen, geografische afbakening, tijdshorizon, de impact categorieën of het beoogde detailniveau.

Functionele eenheid. Eén van de sterktes van LCA is dat producten en diensten worden vergeleken op basis van de functie die ze vervullen. Beton en asfalt zijn bijvoorbeeld twee compleet verschillende producten, maar indien ze worden toegepast in een wegoopbouw zijn ze toch in staat om dezelfde functie te realiseren, namelijk het mogelijk maken van wegverkeer. Belangrijk hierbij is dat er een eenheid gekoppeld wordt aan

de functie van een product of dienst. Dit geeft een meetbare parameter aan de functie. Een onderzoeksvraag kan vaak vanuit meerdere invalshoeken benaderd worden, waardoor het soms nuttig kan zijn om meerdere FU's te analyseren. Een verscheidenheid aan FU's kan het inzicht substantieel verhogen, maar heeft als keerzijde dat de resultaten van verschillende studies soms moeilijk te vergelijken zijn [7].

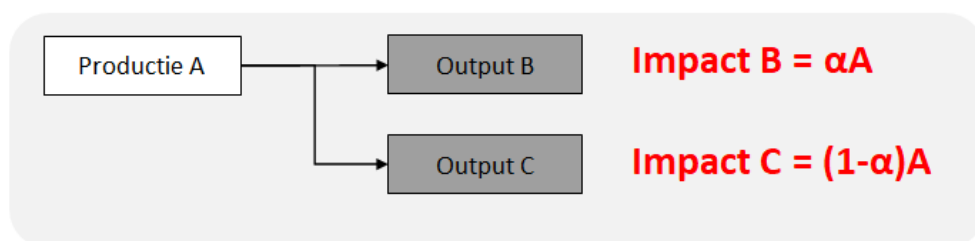
Systeemgrenzen. Een LCA of LCC studie is een vereenvoudigde weergave van de realiteit, dus de grenzen van wat er wel of niet in rekening genomen wordt, moet gedefinieerd worden. Dit omvat ook de geografische afbakening (bv. welke leveranciers of regio's zijn in staat om grondstoffen en tussenproduct te leveren?) en de tijdshorizon (bv. korte of lange termijn effecten).

Multifunctionaliteit Het kan zijn dat een proces meerdere outputs oplevert, die niet los te koppelen zijn van elkaar. Bijvoorbeeld een asfaltcentrale die ook restwarmte produceert die nog te valoriseren is door anderen. Hier kan op twee manieren mee worden omgegaan: allocatie of substitutie. In het geval van allocatie wordt de milieu-impact verdeeld over alle outputs volgens een gekozen verdeelsleutel. Meerdere criteria worden frequent gebruikt zoals op basis van de massa, energetische waarde of prijs. Hoewel dit een zeer eenvoudige aanpak is, zijn er duidelijke nadelen. Zo kan de keuze voor de verdeelsleutel een grote invloed hebben op de resultaten en daarbij is deze keuze per definitie arbitrair.

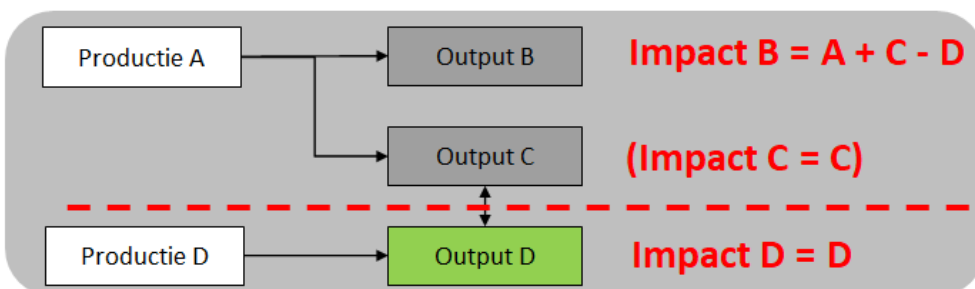
Een alternatief is substitutie (of 'het uitbreiden van de systeemgrenzen'). In dit geval wordt er nagegaan welk alternatief er op de markt wordt uitgespaard en vervangen door het bijproduct. Bijvoorbeeld, een bijproduct van staalproductie zijn slakken. Mits de juiste verwerking kunnen dergelijk slakken ingezet worden als substituuut voor Portland cement. De impact van staal wordt zo de impact van de volledige productie, plus die van de verwerking van slakken tot cement, min de impact van de uitgespaarde hoeveelheid cement. Deze substitutie methode is dus iets complexer, maar sluit wel dicht aan bij wat er in realiteit gebeurt. Een belangrijk aspect hierbij is het onderscheid tussen het bepalende product (*determining product*) en bijproduct (*dependent product*), zie ook Figuur 13. Een toenemende vraag naar het bepalende product, zal voor meer productie zorgen, het bijproduct kan eventueel nog andere producten uitsparen (de slakken die primair cement kunnen vervangen in bovenstaand voorbeeld). Een toenemende vraag naar het bijproduct zal echter niet resulteren in meer productie. Wat wel kan is dat - indirect - alternatieve processen beïnvloed worden (de vraag naar cement zal niet resulteren in een grotere staalproductie om zo meer slakken te genereren, maar wel in de productie van meer primair cement). In een notendop kunnen zich twee situaties voordoen:

1. de impact van het bepalende product (B in Figuur 13): dit is de totale impact van productie (A) samen met eventuele bijkomende activiteiten (C), min de impact van het uitgespaarde primaire alternatief (D)
2. de impact van het bijproduct (C in Figuur 13): aangezien de een toenemende vraag naar het bijproduct geen effect heeft op de totale productie, moeten we hier kijken naar de indirecte effecten. Een toenemende vraag naar C heeft dus een toename aan productie van alternatief product D als gevolg. De impact van C is dus D.

Allocatie



Substitutie



Figuur 13: Omgaan met multifunctionaliteit, allocatie vs. substitutie.

Attributional vs. consequential LCA In literatuur wordt er vaak verwezen naar attributional (ALCA) en consequential (CLCA) LCA bij het bepalen van het doel en de reikwijdte van een studie. Beide aanpakken hebben een andere onderliggende filosofie en beantwoorden dus andere onderzoeksvragen. Een veelheid aan definities werden geïntroduceerd in literatuur, met die van Curran *et al.* [8] als meest bekende: een ALCA mikt op het beschrijven relevante stromen binnen het gekozen tijds kader, terwijl een CLCA tracht in te schatten hoe dergelijke stromen veranderen als gevolg van een beslissing. Een ALCA beschrijft welke potentiële milieu-impact aan een als geïsoleerd beschouwd systeem gekoppeld kan worden. Dit biedt bijvoorbeeld antwoord op de vraag: wat is de gemiddelde impact van 1 kWh elektriciteit? Een CLCA tracht een schatting te maken van de milieu-impact door de gevolgen van de verandering in rekening te brengen, zowel binnen als buiten de directe waardeketen van een product of functie. In dit geval zou de onderzoeksvraag kunnen zijn: welke productietechnologieën worden beïnvloed als de elektriciteitsvraag stijgt met 1 kWh? Om dergelijke effecten te kunnen inschatten, wordt er rekening gehouden met micro-economische markteffecten. Dit voegt inherent een extra laag van complexiteit toe, maar verhoogt de verkregen inzichten substantieel [9]–[11]. De keuze voor een van de twee benaderingen vloeit direct voort uit de bepaling van het doel en de reikwijdte. Al is het verschil in de praktijk niet altijd even duidelijk door de gemaakte methodologische keuzes. Zo wordt allocatie meestal gebruikt in ALCA en substitutie bij CLCA, maar is er wel een grijze zone. Is een studie die niet expliciet een verandering van een beslissing tracht te onderzoeken maar wel substitutie toepast nu ALCA of CLCA? Om verwarring te vermijden worden binnen dit onderzoek volgende opdeling gehandhaafd. Meer informatie is te vinden in volgende bronnen [12]–[17].

	Attributional LCA	Consequential LCA
Doel & reikwijdte	Beschrijvend	Veranderingsgericht
Systeemgrenzen	Globaal productiesysteem.	Alleen de delen van het globale productiesysteem die effectief beïnvloed worden.
Productiebeperkingen	Niet in rekening genomen	Wel in rekening genomen
Multifunctionaliteit	Allocatie	Substitutie
Markt effecten	Niet in rekening genomen	Wel in rekening genomen
Data	Gemiddelde waarden	Marginale veranderingen

Levenscyclusinventarisatie

De inventaris analyse bestaat uit het verzamelen, maar ook beschrijven en verifiëren van alle benodigde gegevens, zoals benodigde materialen, verbruik, emissies van de gehele levenscyclus. Welke gegevens nodig zijn, hangt af van de beschrijving van het doel en de reikwijdte, zoals de keuze tussen ALCA of CLA. Zowel kwantitatieve als kwalitatieve gegevens zijn nodig bij een levenscyclusinventaris (LCI). Een kan worden gemaakt tussen voor- en achtergrondgegevens [18]. Voorgrondgegevens hebben betrekking op de kernprocessen in de levenscyclus van het product, zoals bijvoorbeeld alles wat er op een asfaltcentrale gebeurt. Hiervoor is vaak primaire data beschikbaar. Achtergrondgegevens gaan over processen die buiten de directe kernprocessen vallen, maar toch van belang zijn om het milieuprofiel te bepalen. Dit kan gaan over de ontginning van grondstoffen of de productie van elektriciteit geleverd via het grid. Voor achtergrondgegevens zijn verschillende databases beschikbaar, zoals ecoinvent, GaBi en ELCD [19].

Levenscycluseffectenbeoordeling

In de derde stap worden de milieueffecten gekwantificeerd, op basis van de LCI. Deze stap bevat drie verplichte onderdelen: selectie van impactcategorieën afhankelijk van de beschrijving van het doel en bereik, toewijzing van LCI-resultaten aan de geselecteerde impactcategorieën (classificatie) en berekening van categorie-indicatoren (karakterisering). Twee optionele stappen zijn normalisatie en weging. Normalisatie is de berekening van de omvang van de resultaten van categorie-indicatoren in verhouding tot een referentiewaarde, bijvoorbeeld de gemiddelde milieu-impact van een Europese burger in één jaar tijd. Weging is de convertiet van de resultaten voor de verschillende effectcategorieën naar meer algemene maatschappelijke thema's zoals de invloed op de menselijke gezondheid, globale ecosystemen of materiaalreserves. Tenslotte kunnen deze brede thema's worden omgezet tot een enkelvoudige score. Deze laatste stap kan gebeuren op basis van het oordeel van experts omtrent het belang van elke impactcategorie, of via een monetarisering van de milieu impact. Verschillende impact methodes bestaan die vaak worden gecategoriseerd als *midpoint* en op *endpoint* methoden [20]. Midpoints zijn rechtstreeks gekoppeld aan de fysieke stromen van de LCI, en presenteren de resultaten in de eenheid van de impactcategorie. Eindpunten groeperen deze middelpunten in algemene maatschappelijke thema's of een enkele score. De keuze voor midpoint of endpoint methoden is een veelbesproken onderwerp in de LCA-gemeenschap. Midpoints hebben een veel lagere onzekerheid, maar zijn lastiger om te interpreteren, endpoints maakt een vergelijking zeer eenvoudig, maar zijn minder transparant en subjectief [21], [22].

Interpretatie

De interpretatie fase heeft een dubbel doel. Het uitvoeren van een LCA is een iteratief proces en na elke iteratie is er een interpretatie nodig om de studie verder te verfijnen. Vervolgens, na de laatste iteratie is een interpretatie van het uiteindelijke resultaat nodig om concrete aanbevelingen te formuleren. De interpretatie omvat typisch een aantal extra controles om de betrouwbaarheid van de resultaten te garanderen, bijvoorbeeld op basis van een onzekerheidsanalyse of een gevoeligheidsanalyse [23].

2.2.3.2. Methode consequential LCA

Doel en reikwijdte

Het algemene doel van de LCA studie binnen dit project is om het milieu- en kostenprofiel te bepalen van een selectie van aanpasbare en circulaire gebouwcomponenten. De informatie van het milieu- en kostenprofiel zal enerzijds gebruikt worden om de ingediende voorstellen van de circulaire aanbesteding te evalueren. Met andere woorden, zijn de circulaire alternatieven echt wel duurzamer dan de conventionele varianten? Anderzijds kan de informatie worden terug gekoppeld naar de inschrijvende partijen, die op deze manier hun voorstellen verder kunnen optimaliseren en de milieu-impact verminderen.

Twee gebouwcomponenten zullen worden geanalyseerd: vloerpakketten en niet-dragende binnenwanden. Daarnaast wordt de definitieve offerte geanalyseerd met betrekking tot de lichte wanden voor het renovatieproject van de Paardenmarkt, met UAntwerpen als bouwheer.

Functionele eenheid Aangezien er twee gebouwcomponenten geanalyseerd worden, moeten er ook twee functionele eenheden gedefinieerd worden. Voor een overzicht van de geanalyseerde varianten, zie de sectie 2.2.2 voor meer details.

component	Functionele eenheid
Vloer	<u>Niet-geïsoleerde vloer</u> 1 m ² vloerpakket starten vanaf de draagstructuur die voor een periode van 60 jaar aan de Belgische wetgeving voldoet inzake technische, akoestische en brandeisen voor schoolgebouwen
	<u>Geïsoleerde vloer</u> 1 m ² vloerpakket starten vanaf de draagstructuur die voor een periode van 60 jaar aan de Belgische wetgeving voldoet inzake technische, thermische, akoestische en brandeisen voor schoolgebouwen. U-waarde: 1 W/(m ² ·K)
Lichte binnenwand	1 m ² niet-dragende binnenwand, die voor een periode van 60 jaar aan de Belgische wetgeving voldoet inzake technische, thermische, akoestische en brandeisen voor schoolgebouwen

Tabel 4: Overzicht functionele eenheden

Methode consequential LCA De onderliggende redenering bij een consequential LCA is om rekening te houden met de effecten van een optimalisatiebeslissing op het milieuprofiel van een product, proces of dienst. Binnen deze studie wordt het framework van Weidema et al. toegepast [12], aangevuld met de praktische procedures beschreven door Buyle et al. [24], [25].

Een eerste aspect is dat er niet gewerkt wordt met gemiddelde data, maar met marginale data. Dus in plaats van te rekenen met de gemiddelde huidige impact van een product, wordt er gekeken naar de impact van de productie van één extra product. Typisch gezien wordt een marginaal product niet geproduceerd door een gemiddelde technologie-mix, maar door (een set van) de meest competitieve producenten of technologieën. Om de leveranciers van een marginaal product te identificeren (de *marginal suppliers*) worden de volgende vier stappen doorlopen:

1. Identificatie schaal en tijdshorizon

In deze eerste stap wordt de schaal en de tijdshorizon van een studie afgebakend. De schaal van een studie wordt meestal opgedeeld in kleine (of marginale) en grote (of incrementele) veranderingen. Het eerste geval gaat uit van een situatie waarbij de algemene structuur van de economie niet wijzigt bij een toenemende of afnemende vraag. Bij een grote schaal van veranderingen kunnen er wel incrementele en/of disruptieve veranderingen binnen het economisch systeem plaatsvinden. Deze studie beperkt zich tot effecten op een kleine schaal.

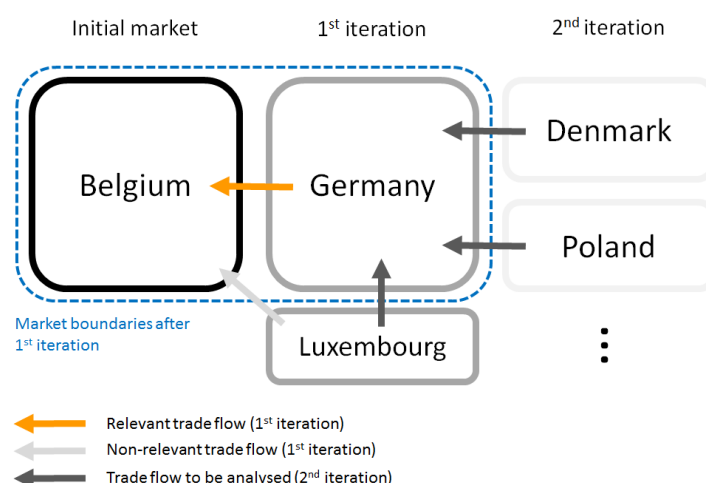
Sociale en economische condities veranderen doorheen de tijd, dus ook de gekozen tijdshorizon speelt een rol binnen een studie. Op de korte termijn beïnvloed een veranderende vraag in hoofdzaak het gebruik reeds operationele installaties, technologieën en fabrieken. Het is pas op de lange termijn dat een veranderende vraag investeringsbeslissingen kan beïnvloeden. Binnen deze studie ligt de focus op de lange termijn, dus op het cumulatieve effect van allerlei kleine beslissingen bij investeringen in kapitaal, uitrusting en infrastructuur. Als gevolg van deze aanname wordt er verder

van uit gegaan dat alle producenten vrij en onbeperkt kunnen reageren op markttrends. Met andere woorden, markten worden beschouwd als zijnde perfect elastische markten.

2. Identificatie marktgrenzen

Er kan pas interactie ontstaan tussen gebruikers en producenten als ze toegang hebben tot dezelfde markt. De tweede stap is dus het bepalen van de marktgrenzen. Dit kan geografisch of temporeel zijn, zowel als het nauwer afbakenen van een specifieke nichemarkt met bijkomende product-eisen. In deze studie wordt er gefocust op het afbakenen van geografische marktgrenzen. Deze worden iteratief bepaald, startend van de locatie waar de veranderende vraag optreedt. Dat is in dit geval dus België. Handelsdata wordt gebruikt om te evalueren of twee landen al dan niet een band hebben. Maar enkel kijken naar het bestaan van een handelsconnectie is niet praktische werkbaar. Indien de verhandelde hoeveelheid zeer klein is, dan kan dit als verwaarloosbaar beschouwd worden. Om te evalueren of een handelsrelatie verwaarloosbaar is of niet, wordt de verhandelde hoeveelheid vergeleken met de totale productie van de markt. Stap per stap kunnen dan meer landen geëvalueerd worden tot de definitieve grenzen bepaald kunnen worden.

De algemene principes worden getoond in Figuur 14, de volledige procedure wordt in detail beschreven in [24].



Figuur 14: Schematisch voorbeeld van iteratieve procedure om geografische systeemgrenzen te bepalen.

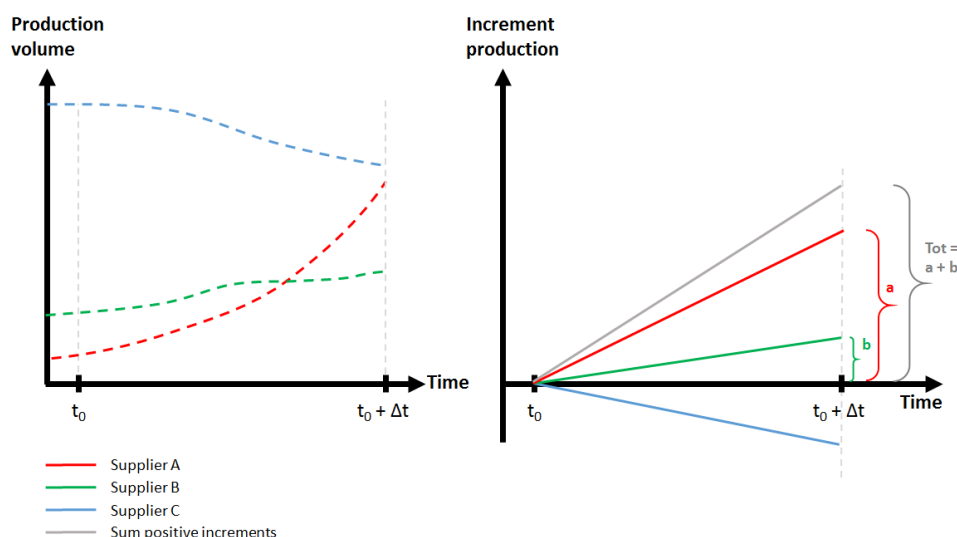
3. Identificatie markttrends

Markten kunnen een stijgende, stabiele of neerwaartse trend vertonen. In de context van consequential LCA kunnen we dit vernauwen tot twee situaties. Markten met een sterk neerwaartse trend en markten die groeien, stabiel zijn, of licht krimpen. De laatste situatie is voor zo goed als alle bouwmaterialen van toepassing [25]. Een gevolg van deze algemene toenemende trend, is dat op de lange termijn er extra geïnvesteerd wordt. Enerzijds om verouderde machines te vervangen, anderzijds om tegemoet te komen aan een toenemende vraag. Een aanname binnen deze studie is dat er bij deze toekomstige investeringen geopteerd zal worden voor competitieve en efficiënte technologie. De logica achter deze aanname is dat bedrijven op deze manier hun operationele kosten kunnen reduceren en daardoor een competitief voordeel kunnen halen.

4. Identificatie marginale producenten

Binnen de eerder bepaalde geografische marktgrenzen moeten voor een groeiende markt, de meest competitieve producenten geïdentificeerd worden. Dit zijn de producenten met een zo laag mogelijke productiekost. Aangezien dergelijke data over het algemeen niet beschikbaar is, zal er als

benadering gewerkt worden met trends in productievolume. Producenten die een sterke groei vertonen worden beschouwd als competitieve spelers op de markt. Zoals weergegeven in Figuur 15 worden producenten met een neerwaartse productietrend ('supplier C') uitgesloten van verdere analyse. Van de anderen wordt hun bijdrage aan de totale toename van de markttrend berekend. Dit aandeel is dan een maat van hoe competitief een producent is. Op basis hiervan kan dan een *marginal mix* worden samengesteld, wat een gewogen gemiddelde voorstelt van de producenten die waarschijnlijk beïnvloed zullen worden door een toenemende vraag binnen een zekere geografische markt.



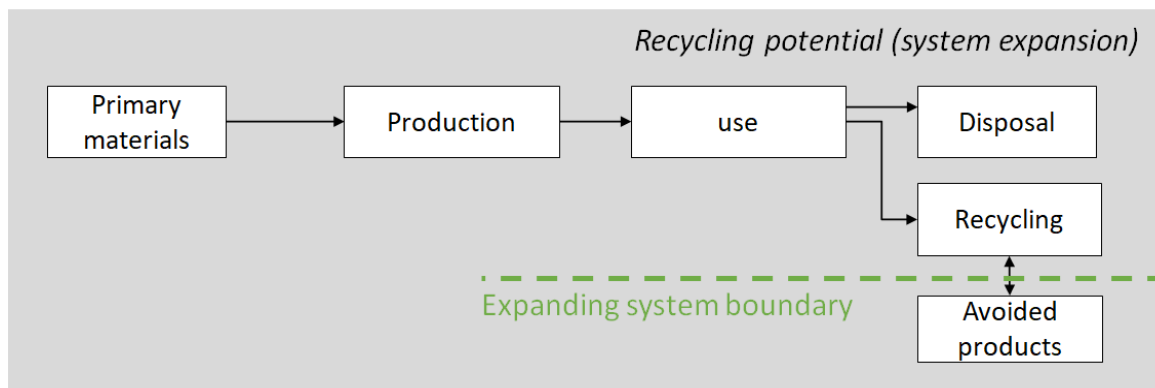
Figuur 15: Schematisch voorbeeld van het bepalen van een mix van meest competitieve producenten.

Op basis van de net beschreven procedure, kunnen dus de marginale producenten geïdentificeerd worden. Een aanvulling hierop is dat sommige producenten per definitie niet kunnen reageren op een veranderende vraag. Deze worden in de literatuur omschreven als *constrained suppliers*. Er kunnen meerdere redenen zijn waarom producenten niet kunnen reageren op een wijzigende vraag:

- Beperking door beleid: Overheden kunnen een verbod of maximum quota opleggen (bv. de geplande uitfasering van nucleaire energie in België zorgt ervoor dat deze technologie geen marginale kan zijn op lange termijn)
- Natuurlijke en operationele beperkingen: Er is een beperkte beschikbaarheid van grondstoffen, energie of plaats (bv. in België is het niet mogelijk om bijkomende waterkrachtcentrales te plaatsen, aangezien er hiervoor geen schikte plaatsen meer zijn).
- Beperking van bijproducten: als een proces meerdere outputs heeft, is er typisch één hoofdproduct en de andere zijn ondergeschikte bijproducten. Het hoofdproduct is de reden voor het volledige productieproces, hoewel de andere producten kunnen dan ook gevaloriseerd worden. Dit neemt niet weg dat een toenemende vraag voor een bijproduct niet zal resulteren in een toenemende productie (bv. de restwarmte van afvalverbrandingsovens kan worden gebruikt om elektriciteit op te wekken. Echter, bij een toenemende vraag aan elektriciteit zal dit niet geleverd kunnen worden door deze ovens. Hun werking wordt enkel bepaald door hun hoofddoel van afvalverwerking).

Consequential LCA is een toekomstgerichte modelleringsaanpak, wat zich ook manifesteert bij hoe er omgegaan wordt met recyclage. Om een dubbele telling van de voordelen van recyclage en hergebruik te vermijden, moet de keuze worden gemaakt tussen het belonen van het gebruik maken van gerecycleerd materiaal of te stimuleren dat een product hoogwaardig hergebruikt kan worden door slimme ontwerp- en materiaalkeuzes. Binnen deze studie wordt er gekozen voor de laatste optie, een aanpak die ook wel die van

het recyclagepotentieel (recycling potential) genoemd wordt. Een aanname hierbij is dat alle gebruikte materialen van een primaire bron zijn (de secundaire bronnen zijn in meeste gevallen *constrained*), dus de voordelen worden toegekend aan (hoogwaardig) hergebruik en recyclage.



Figuur 16: Modelleringsaanname m.b.t. het gebruik van secundaire grondstoffen. In het systeem van recycling potential wordt er in hoofdzaak gefocust op het faciliteren van kwalitatief hergebruik van componenten en materialen.

Systeemgrenzen De volledige levenscyclus van alle materialen en componenten valt binnen de systeemgrenzen, van ontginning tot en met de einde levensduur behandeling. Volgende elementen vallen binnen de systeemgrenzen:

- Ontginning ruwe materialen en productie afgewerkte materialen
- Transport
- Infrastructuur en gereedschap
- snijverliezen
- Uitgespaarde producten na recyclage en/of hergebruik

Volgende aspecten vallen buiten de systeemgrenzen:

- Impact gerelateerd aan arbeiders en gebruikers
- Accidentele vervuiling en als gevolg van ongelukken

Levenscyclusinventarisatie

Tijdens de levenscyclusinventarisatie (LCI) wordt alle data verzameld en gelinkt volgens de principes en aanname beschreven in sectie 2.2.2. Twee types data zullen worden gebruikt:

- Voorgrond data: dit is data over processen die specifiek zijn voor de geanalyseerde elementen. Het gaat hier over geselecteerde materialen, hoeveelheden, ... Deze data wordt aangeleverd door het team van Bureau Bouwtechniek
- Achtergrond data: voor alle dat die niet specifiek is voor de geanalyseerde elementen zal er gebruik gemaakt worden van algemene databases. In dit geval zal ecoinvent 3.5 gebruikt worden als achtergrond database. Binnen ecoinvent 3.5 zal er gewerkt worden met het consequential system model

Beschikbare gegevens in ecoinvent zijn niet altijd conform de aanname gemaakt binnen deze studie. Zo is het binnen ecoinvent een standaard aanname dat producten worden verhandeld op een globale markt. Daarom wordt er wel vertrokken van deze informatie, maar wordt deze aangepast waar nodig om conform te zijn met de aanname. Volgende aanpassingen zullen worden doorgevoerd:

- Op basis van de identificatie van de marginale producenten, zullen zelf markt mixen worden samengesteld
- Voor alle producten worden representatieve transportsenario's toegevoegd
- Om producten en processen representatief te maken voor een specifieke regio worden volgende inputs geharmoniseerd:
 - Elektriciteitsmix
 - Warmteproductie
 - Afkomst aardgas
 - Productie tapwater

Levenscycluseffectenbeoordeling

De impactanalyse zal gebeuren via twee methodes. Langs de ene kant worden de resultaten geanalyseerd op basis van de ReCiPe Endpoint (H) V1.13 methode.

2.2.3.3. Methode attributional LCA

Doel en reikwijdte

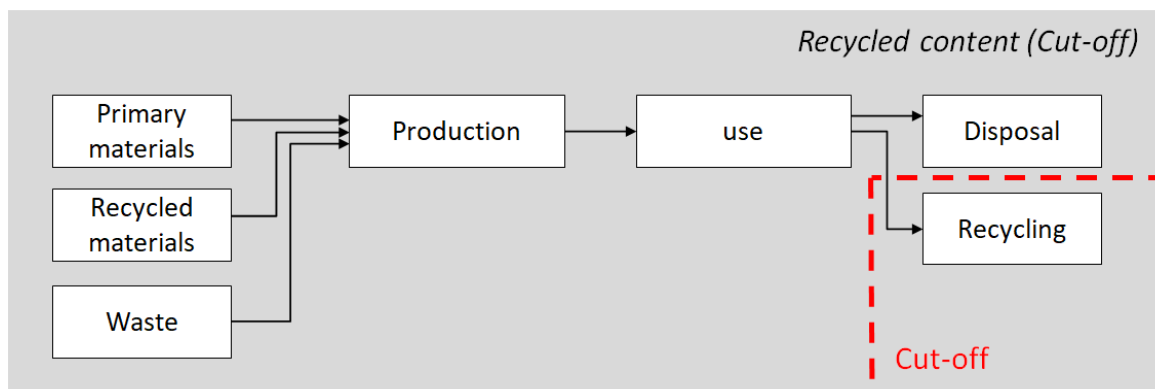
Een analyse op basis van een attributional LCA wordt in hoofdzaak toegepast om de resultaten te kunnen vergelijken met de online tool TOTEM [26]. TOTEM is momenteel de meest gekende en gebruikte LCA tool met betrekking tot de Vlaamse bouwsector. Binnen dit luik wordt een model opgebouwd dat volledig analoog en vergelijkbaar is met dat van TOTEM, inclusief alle aannames die beschreven zijn in het achtergrondrapport van TOTEM.

Daarnaast blijft het algemeen doel en bepaling functionele eenheid wel identiek als die beschreven in sectie 2.2.2.

Methode attributional. LCA Binnen dit luik wordt er niet gekeken naar het milieuprofiel van een marginaal product, maar naar dat van een gemiddeld product op de Vlaamse markt. De gemiddelde impact kan berekend worden op basis van observaties van de huidige marktmix. Net zoals bij TOTEM wordt aangenomen dat bouwproducten worden geproduceerd in West-Europa, op enkele uitzonderingen na zoals keramische tegels of constructiehout.

Een andere groot verschil met consequential LCA is dat er gekeken wordt naar de hoeveelheid gerecycleerd materiaal dat in de huidige producten verwerkt is, de recycled content. De principes van deze keuze worden getoond in Figuur 17. Om een dubbele telling te vermijden van de voordelen van recyclage en hergebruik, wordt er een cut-off toegepast voor de materialen die nog een nuttige toepassing kunnen hebben. Het percentage van materialen die gerecycleerd kunnen worden is toch wel van belang, want dit bepaald onder andere de hoeveelheid van gestort en/of te verbranden materiaal. Maar op welke manier de materialen een tweede leven kunnen krijgen, kan niet in rekening gebracht worden. Het is dus niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen bv. hoogwaardig direct hergebruik en een andere laagwaardige toepassing.

Systeemgrenzen. De systeemgrenzen worden volledig analoog bepaald als bij de consequential LCA.



Figuur 17: Modelleringsaanname m.b.t. het gebruik van secundaire grondstoffen. In het systeem van recycled content wordt gekeken naar de hoeveelheid gerecycleerd materiaal die tijdens de initiële productie gebruikt wordt.

Levenscyclusinventarisatie

Hierbij wordt dezelfde logica toegepast als bij consequential LCA. Wel zal er binnen ecoinvent 3.5 gewerkt worden met het cut off (of recycled content) system model

Levenscyclus effectenbeoordeling

Dezelfde methodes worden toegepast voor alle LCA's binnen dit onderzoek.

2.2.3.4. Resultaten

Case 1. Vloer opbouwen

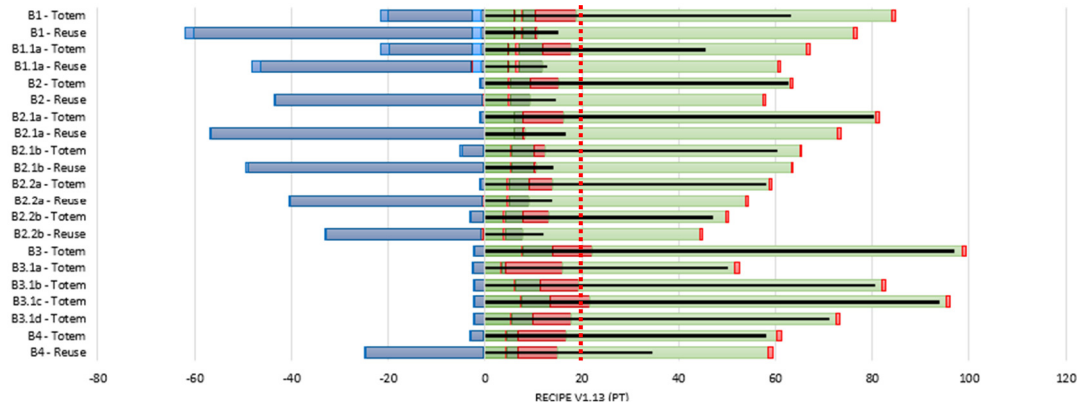
In Figuur 18, Figuur 19, Figuur 20 en Figuur 21 zijn de resultaten terug te vinden van de LCA-studie over de verschillende vloeropbouwen. Een vervangfrequentie van 15 jaar wordt als referentie genomen tijdens het bespreken van de resultaten. Vervolgens wordt er kort overlopen wat er gebeurt met de resultaten indien de wandopbouwen om de 5 of om de 30 jaar vervangen zouden worden. In de volgende paragrafen worden eerst de niet-geïsoleerde vloeren besproken, gevolgd door de vloeropbouwen die wel geïsoleerd zijn. Telkens zal eerst de LCA-studie besproken worden die volgens consequential LCA is uitgevoerd, en daarna de LCA-studie die volgens attributional LCA is uitgevoerd.

Consequential LCA. Een verhoogde vloeren die hergebruikt worden (B1 & B1.1a) hebben, bij een vervangfrequentie van 15 jaar, de laagste milieu-impact. De voorwaarde hierbij is wel dat deze vloeropbouwen ook effectief hergebruikt worden, anders stijgt de impact aanzienlijk. De verhoogde vloer met een gipsvezelplaat (B1) heeft een lagere impact dan de variant met een calciumsulfaatplaat (B1.1a). Dit komt omdat de productie van een calciumsulfaatplaat een grotere impact heeft dan de productie van een gipsvezelplaat. Wanneer beide vloeropbouwen hergebruikt worden, daalt het verschil qua impact wel tussen deze twee types verhoogde vloeren wel sterk. Ook bij de droge vloeropbouwen halveert de milieu-impact ongeveer wanneer deze vloeren hergebruikt worden in vergelijking met wanneer dit niet het geval zou zijn. De droge vloeren met een OSB-plaat (B2.1b) en gipsvezelplaat (B2) als dekvloer hebben een kleinere milieu-impact dan de variant met een calciumsulfaatplaat (B2.1a) als dekvloer indien al deze vloeropbouwen niet hergebruikt worden. Als deze vloeropbouwen wel hergebruikt worden, hebben ze allemaal een gelijkaardige milieu-impact. De variant met kurkkorrels (B2.2b) als uitvullingslaag heeft een kleinere impact dan de opbouw waarbij vermiculiet (B2.2a) en geëxpandeerde klei (B2) worden gebruikt als uitvullingslaag. De natte vloeropbouwen hebben de grootste milieu-impact, zowel door de hoge materiaalimpact als het beperkte potentieel voor hergebruik. Van alle varianten met verschillende uitvullingen, heeft de vloeropbouw met schuimbeton (B3) de grootste impact en de vloeropbouw met gespoten PUR (B3.1a) de laagste impact. Dat de impact van de vloeropbouw met schuimbeton zo groot is, is te wijten aan de hoeveelheid cement die aanwezig is in schuimbeton. De productie van cement heeft een zeer belastende impact op het milieu. Voorts werd ook de milieu-impact berekend van een variant waar polybeton (B3.2a) werd gebruikt als dekvloer in

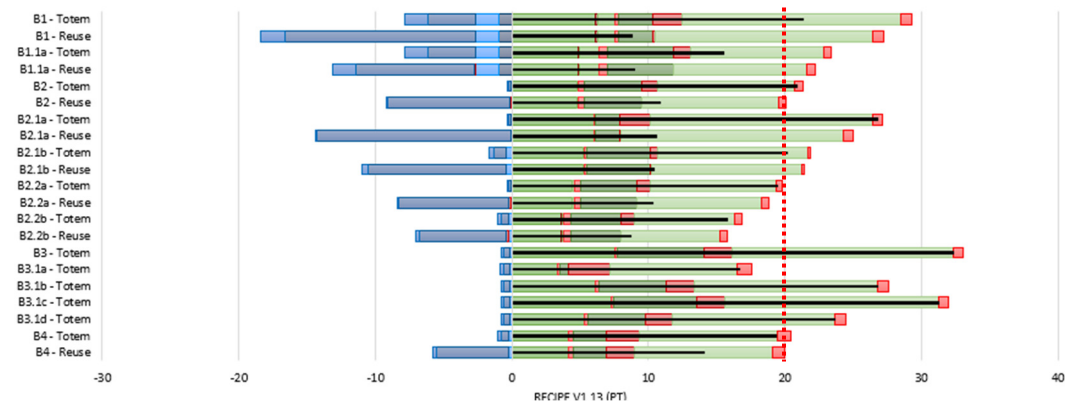
plaats van een anhydrietvloer. De impact van deze variant is drie keer groter dan de vloeropbouw met schuimbeton als uitvullingslaag, namelijk 115,44 Pt. Omwille van dit grote verschil is besloten om deze vloeropbouw niet op te nemen in grafiek aangezien de leesbaarheid hier sterk door zou verminderen. De details zijn wel terug te vinden in de rekenbladen in bijlage. Ook bij de natte vloeropbouwen met een dekvloer (B4) daalt de impact indien ze effectief hergebruikt worden. Ondanks deze daling, heeft deze hergebruikte vloeropbouw de grootste milieu-impact van alle andere vloeropbouwen die worden hergebruikt. Dit komt omdat deze vloeropbouw slechts gedeeltelijk hergebruikbaar is.

Bij een vervangfrequentie van 5 jaar hebben de vloeropbouwen die hergebruikt kunnen worden (B1, B2 en B4), een duidelijk voordeel t.o.v. diegene die niet hergebruikt worden. Bij een vervangfrequentie van 30 jaar vindt een omgekeerde trend plaats. Het relatieve verschil tussen een vloeropbouw die hergebruikt wordt en een vloeropbouw die niet hergebruikt wordt daalt bij deze vervangfrequentie. Een bijkomend verschil is dat de verhoogde dekvloer met een calciumsulfaatplaat (B1) die hergebruikt wordt, een kleinere impact heeft dan de variant met een gipsvezelplaat (B1.1a).

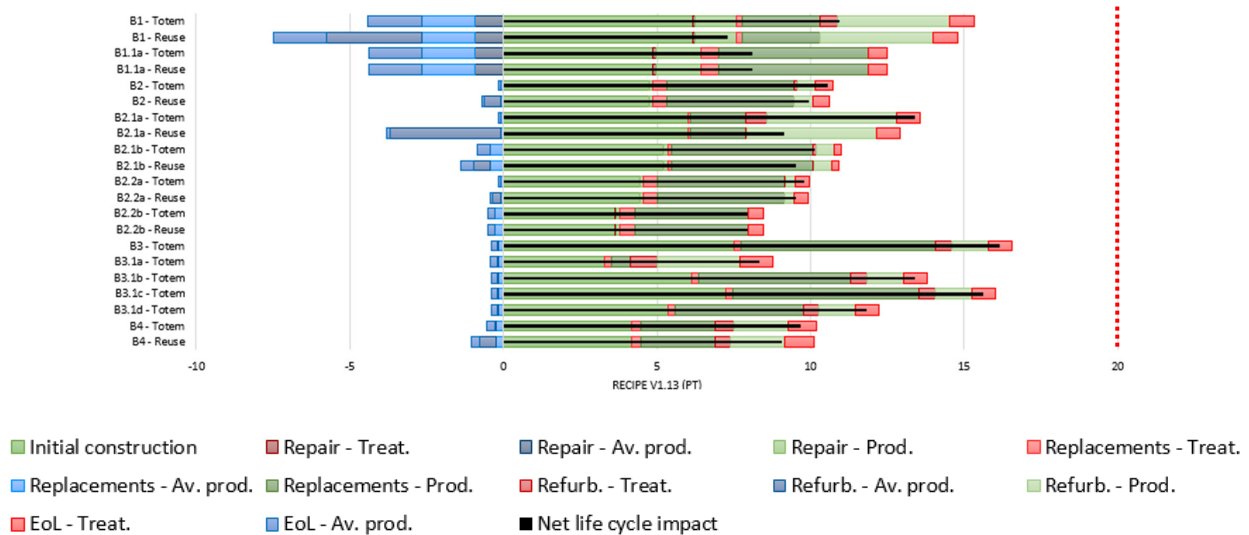
Consequential LCA vloer opbouwen – niet-geïsoleerd - vervangfrequentie om de 5 jaar



Consequential LCA vloer opbouwen – niet-geïsoleerd - vervangfrequentie om de 15 jaar



Consequential LCA vloer opbouwen – niet-geïsoleerd - vervangfrequentie om de 30 jaar



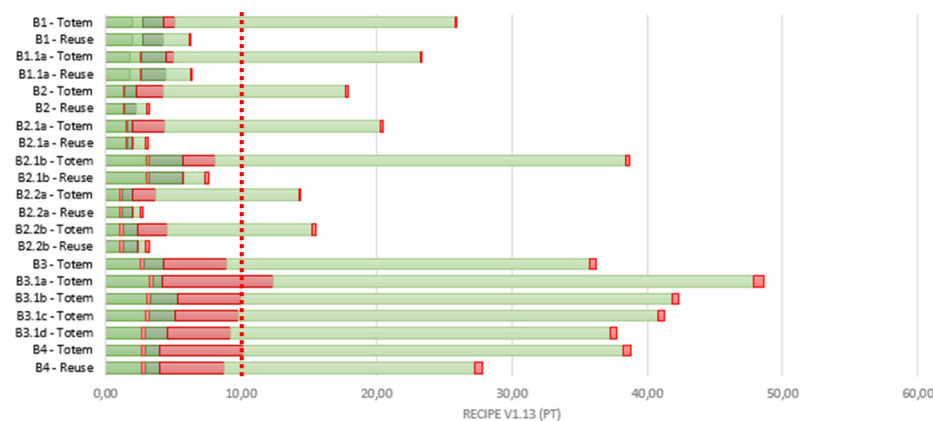
Figuur 18: Resultaten consequential LCA voor de niet-geïsoleerde vloer opbouwen met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.

Attributional LCA. Bij een vervangfrequentie van 15 hebben de verhoogde vloeren een relatief lage milieu-impact indien ze worden hergebruikt, maar i.t.t bij consequential LCA hebben ze niet meer de kleinste impact. De verschillen tussen de verhoogde vloeren met een calciumsulfaatplaat (B1) en een gipsvezelplaat (B1.1a) als afwerking zijn in dit geval minder uitgesproken dan bij consequential LCA. De droge vloeren die hergebruikt worden hebben de laagste impact van alle vloeropbouwen. De droge vloeren met een

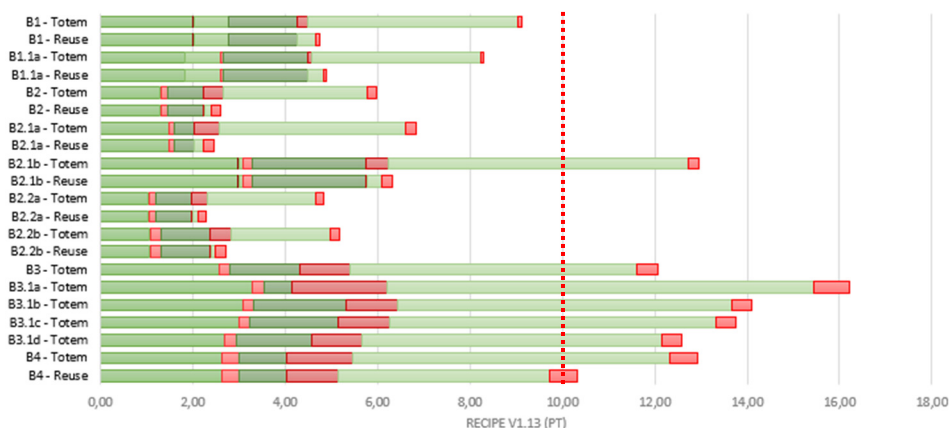
gipsvezelplaat (B2) en een calciumsulfaatplaat (B2.1a) hebben nu een beduidende kleinere impact dan de droge vloer met een OSB-plaat (B2.2a) als dekvloer. De vloeropbouw met vermiculiet (B2.1a) als uitvullingslaag heeft de kleinste milieu-impact, gevolgd door kurkkorrels (B2.1b) en geëxpandeerde kleikorrels (B2). De natte vloeropbouwen (B3) hebben de grootste impact. Net zoals bij consequential LCA heeft de natte vloer met polybeton (B3.2a) duidelijk de grootste impact van alle vloeropbouwen, namelijk 36,07 Pt. Ook hier werd deze vloeropbouw uit de grafiek gelaten omdat het anders moeilijk wordt om de grafiek goed te interpreteren. Van alle verschillende uitvullingslagen heeft de natte vloer met gespoten PUR (B3.1a) de grootste impact op het milieu. De natte vloer met dekvloer (B4) heeft een relatief grote milieu-impact. Indien deze vloeropbouw hergebruikt wordt daalt de impact gering. Van alle vloeropbouwen die kunnen worden hergebruikt, heeft deze vloeropbouw de grootste impact.

Wanneer de vloeropbouwen om de 5 jaar worden vervangen is er relatief gezien, een groter verschil tussen de vloeropbouwen die hergebruikt worden en de vloeropbouwen die dat niet worden. Bij een vervangfrequentie van 30 jaar vindt een omgekeerde trend plaats. Het relatieve verschil tussen een vloeropbouw die hergebruikt wordt en een vloeropbouw die niet hergebruikt wordt daalt bij deze vervangfrequentie.

Attributional LCA vloer opbouwen – niet-geïsoleerd - vervangfrequentie om de 5 jaar



Attributional LCA vloer opbouwen – niet-geïsoleerd - vervangfrequentie om de 15 jaar



Attributional LCA vloer opbouwen – niet-geïsoleerd - vervangfrequentie om de 30 jaar



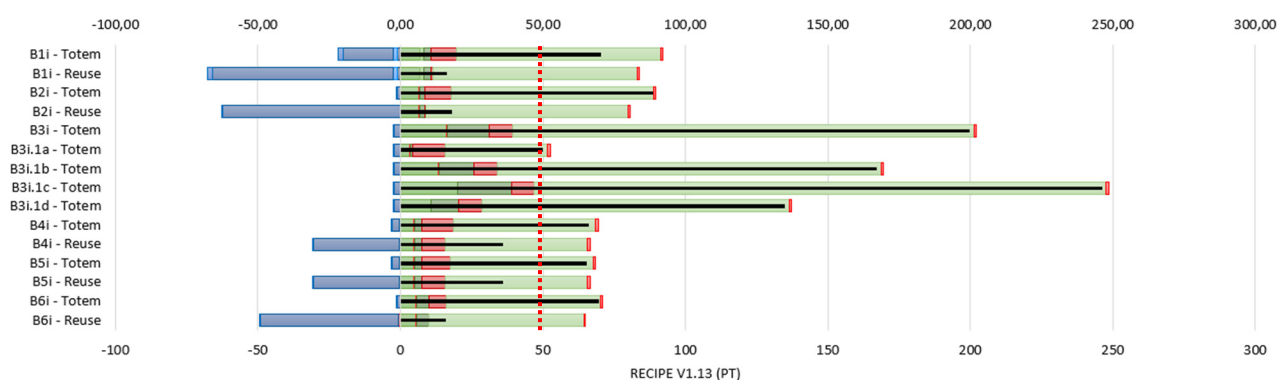
Figuur 19: Resultaten attributional LCA voor de niet-geïsoleerde vloer opbouwen met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.

Consequential LCA. De geïsoleerde verhoogde vloeren (Bi1) die hergebruikt wordt heeft de kleinste milieu-impact van alle geïsoleerde vloeropbouwen. De droge geïsoleerde vloeropbouw (Bi2) heeft de op een na grootste impact indien deze vloeropbouw niet hergebruikt wordt. Dit komt door de grote milieu-impact die gepaard gaat bij de productie van calciumsulfaatplaten. Wanneer deze vloeropbouw wel hergebruikt wordt, daalt de impact met meer dan de helft en heeft deze vloeropbouw de op een na kleinste impact van alle

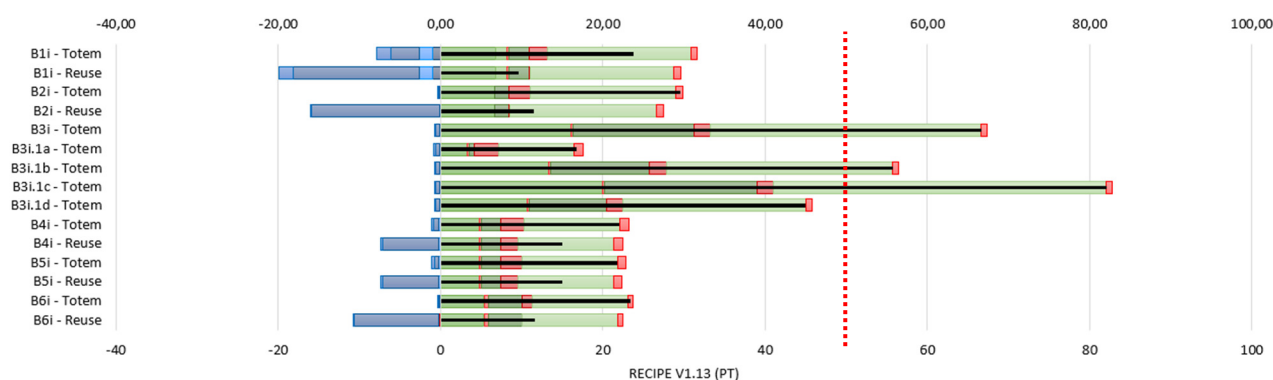
vloeropbouwen. De natte geïsoleerde vloeren hebben duidelijk de grootste impact van alle vloeropbouwen. De reden hiervoor is dat deze vloeropbouwen niet hergebruikt kan worden. De variant met gespoten PUR (Bi3.1a) als isolatie heeft de kleinste impact van alle varianten. De natte vloeropbouw met beton met perliet (Bi3.1c) als impact, gevolgd door de opbouw met schuimbeton (Bi3) als isolatie. De resultaten van de gedeeltelijk aanpasbare vloeropbouwen (Bi4 & Bi5) zijn praktisch gelijk. Bij beide vloeropbouwen daalt de impact relatief weinig wanneer deze (deels) worden hergebruikt. De droge vloeropbouw met isolatie (Bi6) die niet hergebruikt wordt heeft een gelijkaardige impact met de twee vloeropbouwen die gedeeltelijk aanpasbaar zijn en ook niet worden hergebruikt (Bi4 & Bi5). Wanneer deze droge geïsoleerde vloer wel hergebruikt wordt, daalt de impact wel aanzienlijker dan bij de gedeeltelijk aanpasbare vloeren.

Wanneer er een vervangfrequentie van 15 jaar wordt toegepast, is er relatief gesproken een groter verschil tussen de vloeropbouwen die hergebruikt worden en de vloeropbouwen die niet worden hergebruikt. Bij een vervangfrequentie van 30 jaar vindt een omgekeerde trend plaats. Het relatieve verschil tussen een vloeropbouw die hergebruikt wordt en een vloeropbouw die niet hergebruikt wordt daalt bij deze vervangfrequentie. Een bijkomend verschil bij een vervangfrequentie van 30 jaar, is dat de droge vloeropbouw met isolatie (Bi6) een relatief grotere impact heeft dan bij de vorige vervangfrequenties.

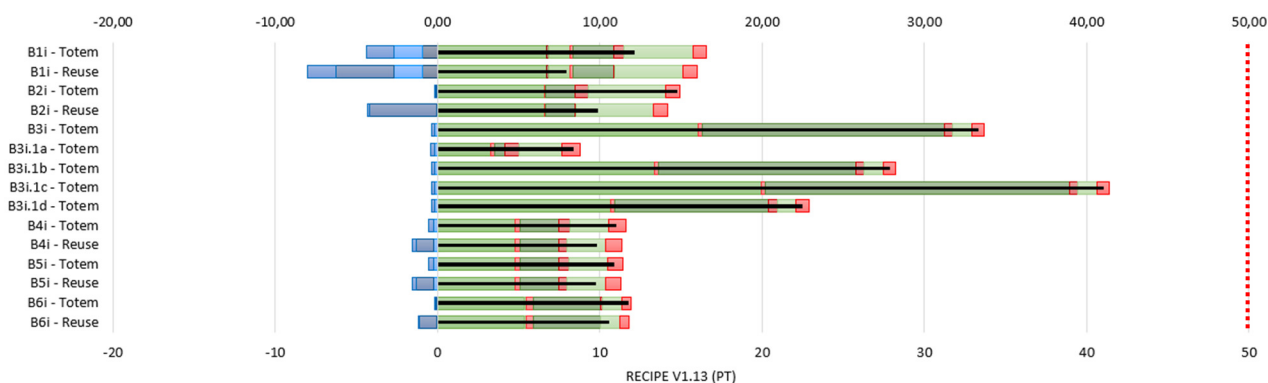
Consequential LCA vloer opbouwen – geïsoleerd - vervangfrequentie om de 5 jaar



Consequential LCA vloer opbouwen – geïsoleerd - vervangfrequentie om de 15 jaar



Consequential LCA vloer opbouwen – geïsoleerd - vervangfrequentie om de 30 jaar



Initial construction Repair - Treat. Repair - Av. prod. Repair - Prod. Replacements - Treat.
 Replacements - Av. prod. Replacements - Prod. Refurb. - Treat. Refurb. - Av. prod. Refurb. - Prod.
 EoL - Treat. EoL - Av. prod. Net life cycle impact

Figuur 20: Resultaten consequential LCA voor de geïsoleerde vloer opbouwen met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.

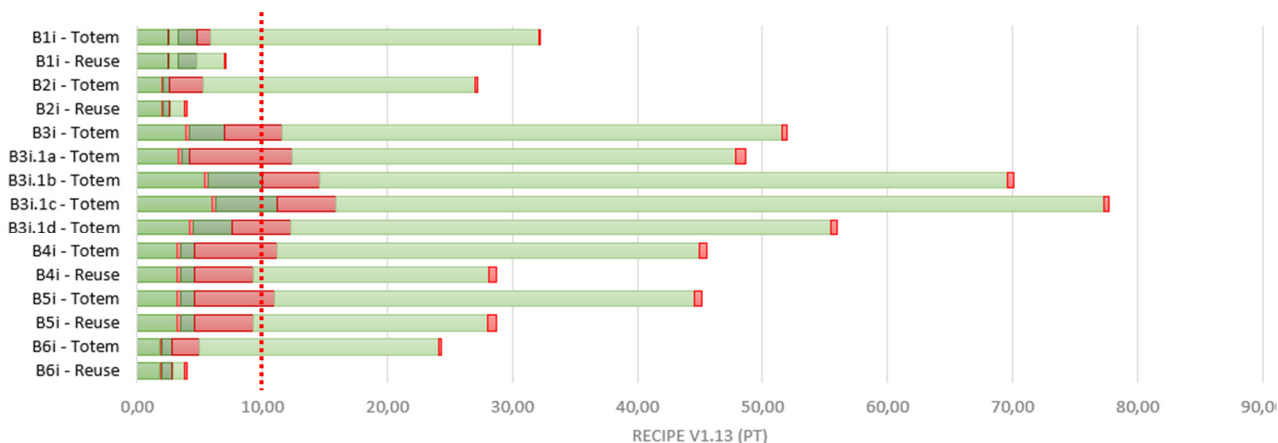
Attributional LCA. Indien de vloeren om de 15 jaar worden vervangen, heeft de verhoogde geïsoleerde vloer (Bi1) een relatief grote milieu-impact wanneer deze niet wordt hergebruikt. De voornaamste reden hiervoor is de milieu-impact die gepaard gaat met de productie van de vizels. Echter wanneer deze vloeropbouw hergebruikt wordt, halveert de milieu-impact. De droge geïsoleerde vloeropbouw (Bi2) heeft de kleinste impact van alle vloeropbouwen, met als voorwaarde dat deze ook effectief worden hergebruikt worden. De natte geïsoleerde vloeropbouwen hebben de grootste impact van alle geïsoleerde vloeropbouwen, al is het verschil met de andere geïsoleerde vloeren kleiner dan bij consequential LCA. De natte vloeropbouwen met gespoten PUR (Bi3.1a) en schuimbeton (Bi3) als isolatie hebben de kleinste milieu-impact. De natte vloer met beton met perliet (Bi3.1c) als isolatie heeft de grootste impact, gevolgd door de natte vloer met beton met EPS (Bi3.1b) als isolatie. De gedeeltelijk aanpasbare vloeropbouwen met isolatie (Bi4 & Bi5) hebben een gelijkaardige impact. Zowel wanneer deze vloeropbouwen hergebruikt worden als wanneer deze dat niet worden, hebben ze een grotere impact dan de meeste andere geïsoleerde vloeropbouwen. De droge geïsoleerde vloer (Bi6) heeft de kleinste impact op het milieu, samen met de droge geïsoleerde vloer (Bi2), indien ze hergebruikt wordt.

Wanneer er een vervangfrequentie van 15 jaar wordt toegepast, is er relatief gesproken een groter verschil tussen de vloeropbouwen die hergebruikt worden en de vloeropbouwen die niet worden hergebruikt. Bij een vervangfrequentie van 30 jaar vindt een omgekeerde trend plaats. Het relatieve verschil tussen een vloeropbouw die hergebruikt wordt en een vloeropbouw die niet hergebruikt wordt daalt bij deze vervangfrequentie. Een extra verschil bij deze vervangfrequentie, is dat de hergebruikte verhoogde vloer (Bi1) een grotere impact heeft dan de droge geïsoleerde vloer die niet hergebruikt wordt.

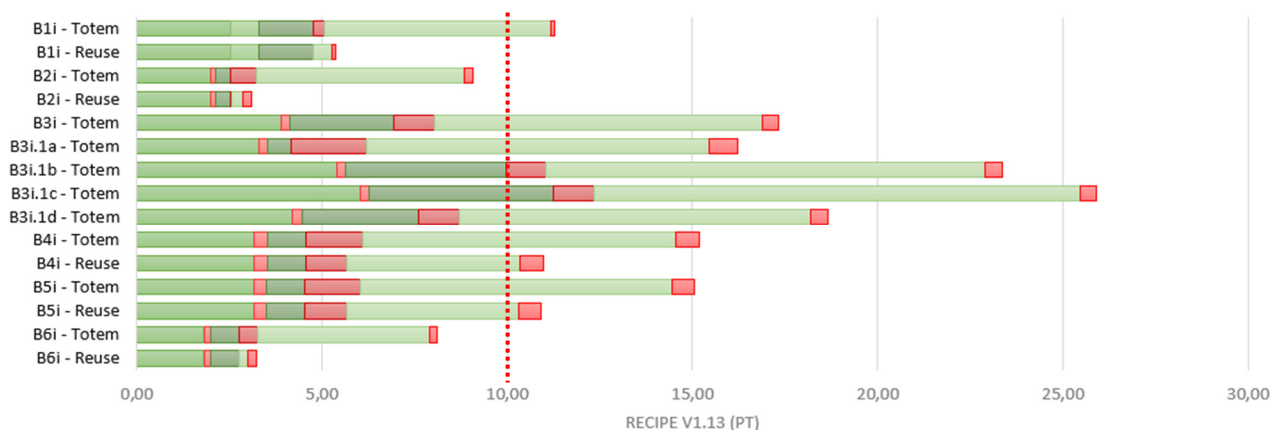
Besluit. Uit de resultaten van de LCA-studies blijkt dat er niet één vloeropbouw (zowel bij geïsoleerde als bij de niet-geïsoleerde) is die in elke situatie het beste scoort. De vervangfrequentie is een belangrijke parameter die de resultaten aanzienlijk kan beïnvloeden. Er valt wel een algemene trend uit op te maken: hoe sneller de vloeropbouwen vervangen dienen te worden, hoe beter de aanpasbare vloeren uit de bus komen. Bij een vervangfrequentie van 5 jaar, zullen aanpasbare vloeren altijd de kleinste milieu-impact hebben, op voorwaarde dat ze ook effectief hergebruikt worden. Bij een vervangfrequentie van 15 jaar hebben aanpasbare vloeropbouwen vaak nog steeds een kleinere milieu-impact dan vloeropbouw die niet aanpasbaar zijn, al is het verschil wel kleiner dan bij een vervangfrequentie van 5 jaar. Indien de vloeren elke 30 jaar worden vervangen, hebben aanpasbare vloeren niet altijd de laagste milieu-impact, al blijven de verhoogde en droge vloeren toch wel bij vloeropbouwen met de kleinste impact.

Naast de vervangfrequentie, hebben ook de methodologische keuzes een impact op de resultaten. Zo valt het op dat alle materialen die cement bevatten, bijvoorbeeld mortel en schuimbeton, een grotere impact hebben bij consequential LCA dan bij attributional LCA. De reden hiervoor is dat er bij attributional LCA wordt van uit gegaan dat er hoofdzakelijk hoogovencement wordt gebruikt, een restproduct van de staalindustrie. Bij consequential LCA daarentegen wordt gebruik gemaakt van Portland cement, wat een grotere milieu-impact heeft. Dit is omdat de slakken die vrijkomen bij de staalproductie als *constraint* beschouwd worden (zoals uitgelegd in 2.2.3). Hetzelfde geldt voor honingraatkarton, waarbij consequential LCA primair papier gebruikt voor de productie ervan terwijl er bij attributional LCA enkel secundair papier gebruikt wordt. Daarnaast is er ook nog een duidelijk verschil in resultaten bij gipskarton, gipsvezelplaten en calciumsulfaatplaten. Bij consequential LCA werd, op basis van handelsdata, gemodelleerd dat een groot deel van deze materialen wordt geïmporteerd uit Polen, terwijl er bij attributional LCA van wordt uitgegaan dat deze materialen in België worden geproduceerd. Hierdoor is de impact te wijten aan transport groter bij consequential LCA. Bovendien zorgt de productie in Polen ook voor een grotere impact aangezien de energiemix in Polen nog steeds zeer vervuילend is.

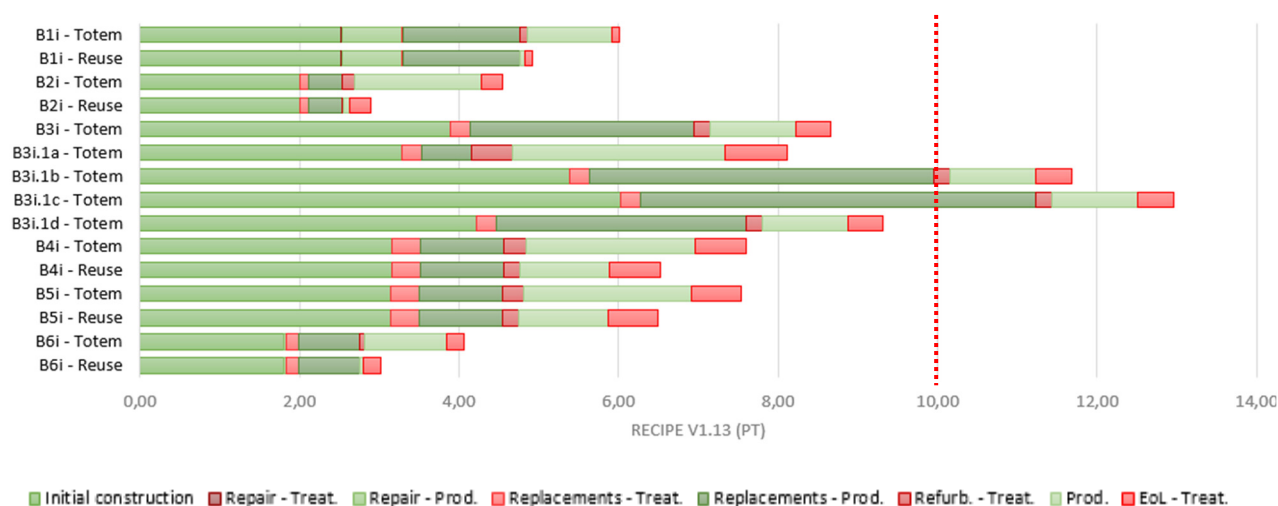
Attributional LCA vloer opbouwen – geïsoleerd - vervangfrequentie om de 5 jaar



Attributional LCA vloer opbouwen – geïsoleerd - vervangfrequentie om de 15 jaar



Attributional LCA vloer opbouwen – geïsoleerd - vervangfrequentie om de 30 jaar



Figuur 21: Resultaten attributional LCA voor de geïsoleerde vloer opbouwen met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.

Case 2. Niet-dragende wanden

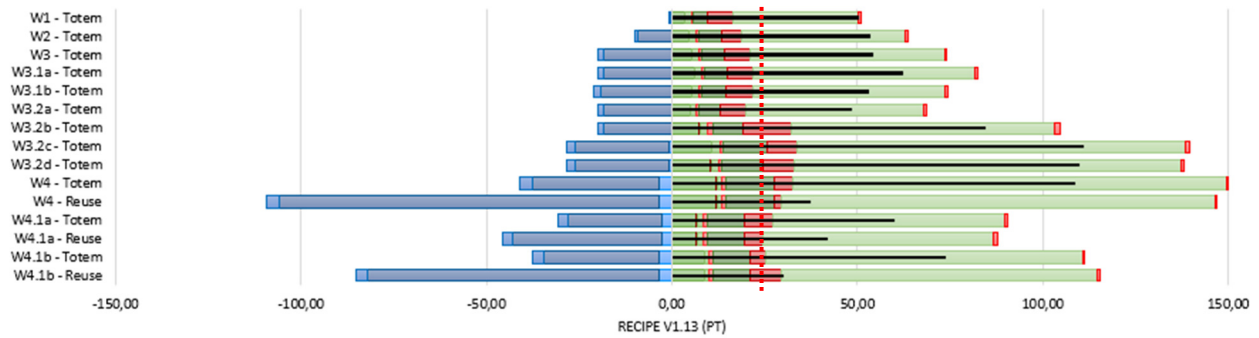
In Figuur 22 en Figuur 23 zijn de resultaten terug te vinden van de LCA-studie over de verschillende wandopbouwen. Een vervangfrequentie van 15 jaar wordt als referentie genomen tijdens het bespreken van de resultaten. Daarna wordt er kort overlopen wat er gebeurt met de resultaten indien de wandopbouwen

om de 5 of om de 30 jaar zouden worden vervangen. Eerst zal eerst de LCA-studie besproken worden die volgens consequential LCA is uitgevoerd, en daarna de LCA-studie die volgens attributional LCA is uitgevoerd.

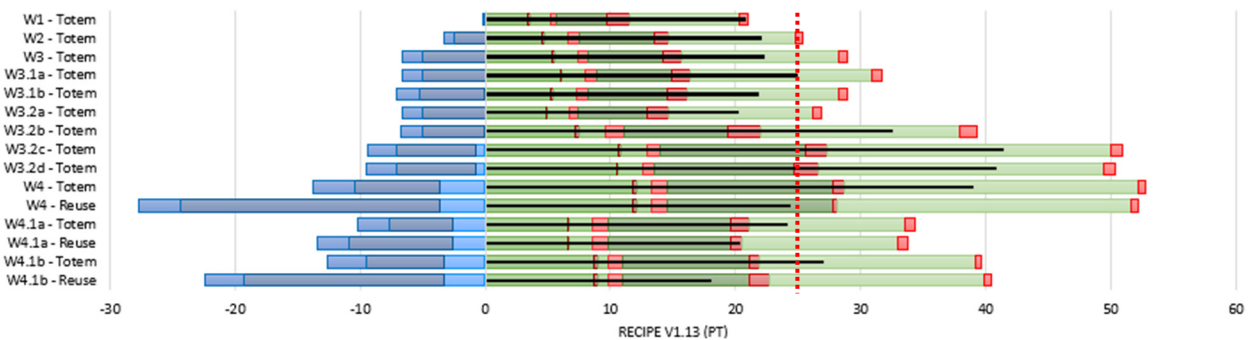
Consequential LCA. Wanneer er een vervangfrequentie van 15 jaar wordt toegepast, heeft de gemetste wand (W1) een relatief lage milieu-impact ondanks dat deze wand niet hergebruikt kan worden, zij het met een zeer beperkt recyclage potentieel. Hetzelfde geldt voor de lichte wand met een houten draagstructuur (W2), al is de impact van deze wand een beetje groter dan die van de gemetste wand. De impact op het milieu van een lichte wand met metal studs (W3) is in hoofdzaak afhankelijk van gekozen isolatie en afwerkingslaag. De opbouw met houtwol (W3.1b) heeft de kleinste impact, gevolgd door de opbouwen met respectievelijk steenwol (W3) en glaswol (W3.1a). Het type afwerking heeft een nog grotere invloed op de resultaten. Een afwerking met enkel gipskarton (W3) heeft de kleinste impact van alle varianten. Een afwerking met OSB-platen en gipskarton (en gipspleister) (W3.2a – W3.2 d) hebben de grootste impact van alle wandopbouwen. Dit moet echter genuanceerd worden, want deze varianten met een grotere impact zijn wel steviger dan de varianten met een kleinere impact. Hierdoor kan er dus bijvoorbeeld een verwarming worden gehangen aan deze stevigere wanden, wat niet zou kunnen bij de wanden met een lichtere afwerking. Deze nuttige eigenschappen dienen op gebouwniveau geanalyseerd te worden om tot een genuanceerde vergelijking te komen. De aanpasbare wand met JuuNoo profielen (W4) heeft niet altijd de kleinste impact bij een vervangfrequentie van 15 jaar. Indien de wanden niet hergebruikt worden, hebben ze vaak zelfs een grotere impact dan een aantal conventionele, niet hergebruikbare wanden. De variant met een clickwall (W4.1b) als afwerking heeft kleinste impact. De variant met gipskarton (W4.1a) als afwerking heeft een grotere impact omdat gipskarton niet hergebruikt kan worden, wat bij een clickwall wel het geval is. De aanpasbare wand met multiplex (W4) als afwerking heeft de grootste impact, omdat de productie van multiplex een grote impact heeft op het milieu. Hierdoor komen enkele conventionele wanden er zelfs beter uit dan deze aanpasbare wand met multiplex als afwerking.

Bij een vervangfrequentie van 5 jaar komen de aanpasbare wanden (W4) er uitgesproken sterker uit op basis van de milieu-impact. De verhouding tussen de overige wanden blijft gelijkaardig aan de verhoudingen die gelden bij de vervangfrequentie van 15 jaar. Wanneer de wanden elke 30 jaar worden vervangen, hebben de aanpasbare wanden (W4) niet meer beduidend de laagste impact van alle wandopbouwen. In dit geval zou een wand met metal studs (W3) met houtwol als isolatie en ene lichte afwerking het interessantste kunnen zijn op basis van de milieu-impact.

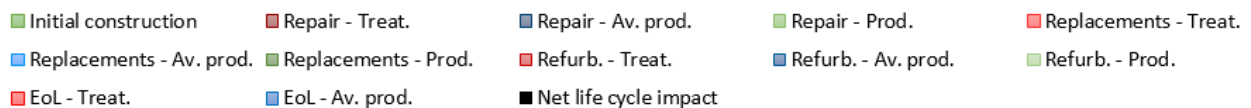
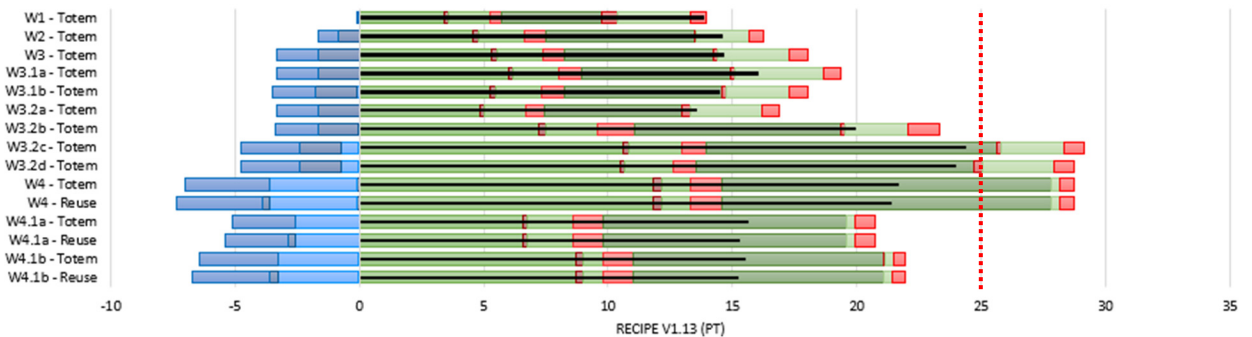
Consequential niet-dragende wand - vervangfrequentie om de 5 jaar



Consequential niet-dragende wand - vervangfrequentie om de 15 jaar



Consequential niet-dragende wand - vervangfrequentie om de 30 jaar

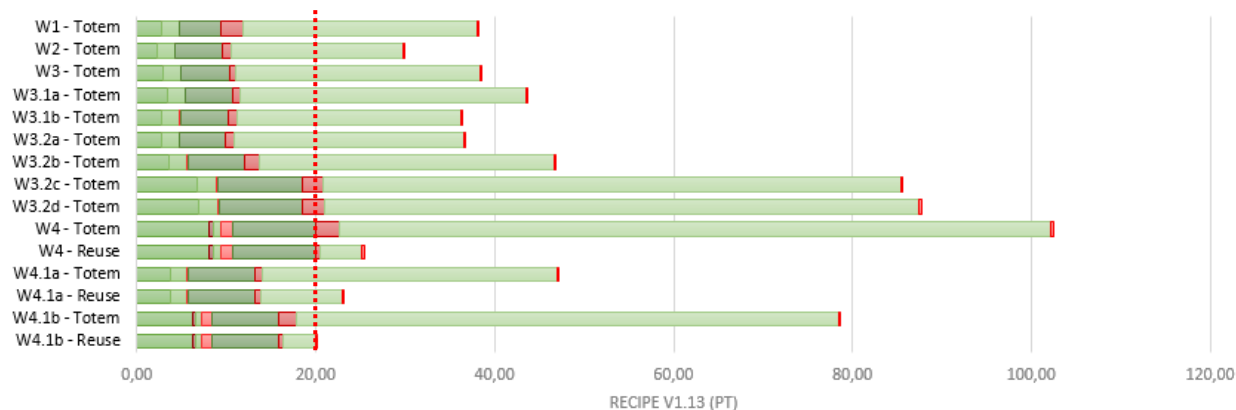


Figuur 22: Resultaten consequential LCA voor de niet-dragende wanden met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.

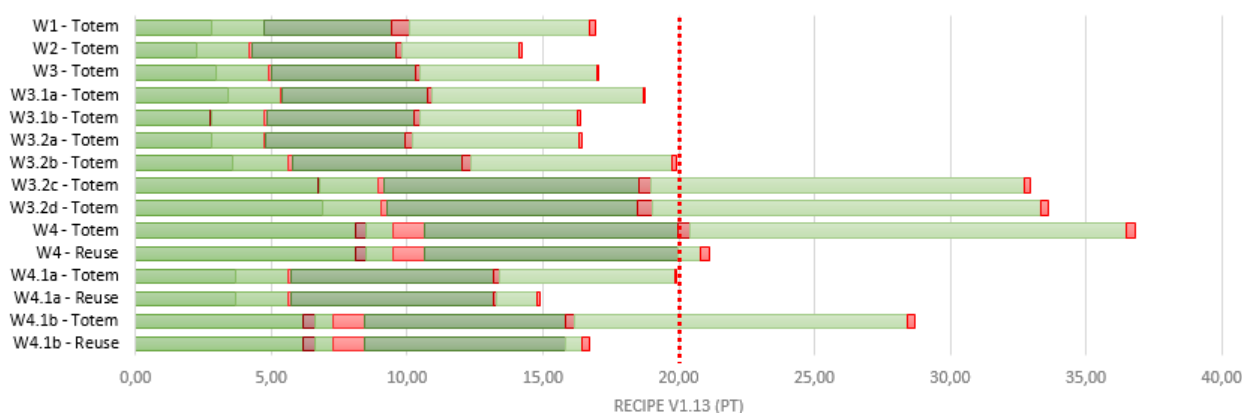
Attributional LCA. Wanneer de wanden om de 15 jaar worden vervangen, heeft de gemetste wand (W1) een relatief lage impact op het milieu. De wand met houten balken als structuur (W2) heeft de kleinste impact van alle wandopbouwen bij deze vervangfrequentie, wat niet het geval was bij consequential LCA. De originele wand met metal studs (W3) heeft een impact die te vergelijken is met de impact van de gemetste wand. Ook hier heeft de wand met houtwol als isolatie en een lichte afwerking de kleinste impact van alle varianten. De impact van de aanpasbare wanden daalt aanzienlijk wanneer ze effectief hergebruikt worden. Toch hebben de aanpasbare wanden niet de kleinste impact van alle wandopbouwen indien ze hergebruikt worden. Bovendien heeft de aanpasbare wand met gipskarton (W4.1a) als afwerking een kleinere impact dan de wand met een clickwall als afwerking (W4.1b). Dit komt omdat de productie van een clickwall een grotere impact heeft op het milieu dan de productie van gipskarton. De aanpasbare wand met multiplex (W4) als afwerking heeft de grootste impact. Wanneer deze wand niet wordt hergebruikt, heeft ze zelfs de grootste milieu-impact van alle wandopbouwen.

Indien de wanden om elke 5 jaar worden vervangen, hebben de aanpasbare wanden de kleinste impact van alle wandopbouwen. Bij deze vervangfrequentie heeft de variant met een clickwall (W4.1b) als afwerking een lagere impact dan de aanpasbare wand met gipskarton (W4.1a) als afwerking. Ook de variant met multiplex (W4) als afwerking heeft nu een lage milieu-impact. Een belangrijke voorwaarde is wel dat al deze aanpasbare wanden ook effectief hergebruikt worden, anders hebben ze vaak een grotere impact dan de meeste niet-aanpasbare wanden. De wand met houten balken (W2) heeft hierna de laagste impact, gevolgd door de gemetste wand (W1) en de wand met metal studs (W3). Wanneer een vervangfrequentie van 30 jaar wordt toegepast, hebben de aanpasbare wanden (W4) de grootste impact, afgezonderd van de wanden met metal studs (W3) met een stevigere afwerking. De wand met houten balken (W2) heeft bij deze vervangfrequentie de kleinste impact, gevolgd door een gemetste wand en een wand met metal studs met houtwol als isolatie en een lichte afwerking.

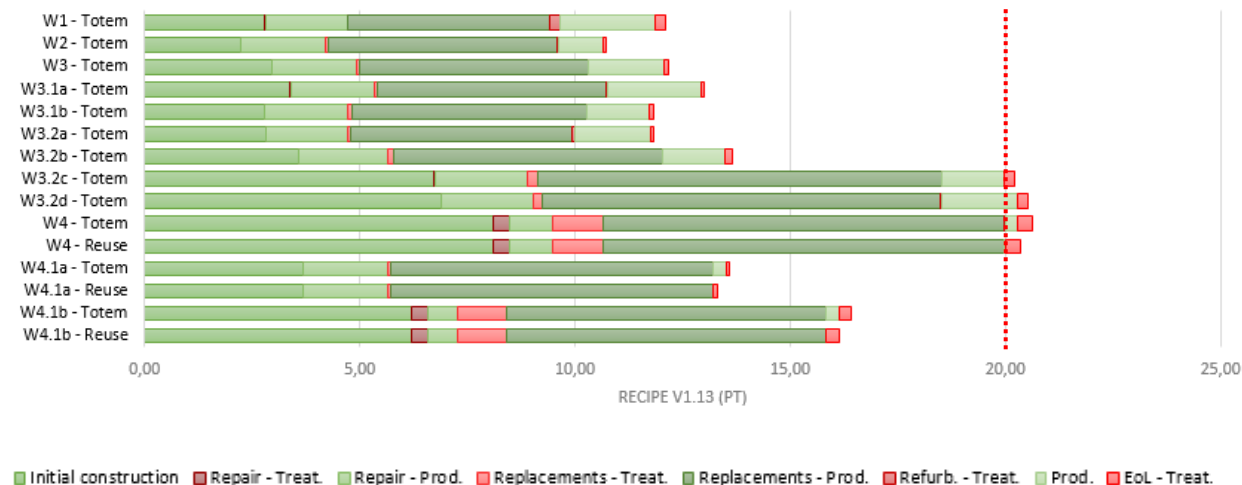
Attributional niet-dragende wand - vervangfrequentie om de 5 jaar



Attributional niet-dragende wand - vervangfrequentie om de 15 jaar



Attributional niet-dragende wand - vervangfrequentie om de 30 jaar



Figuur 23: Resultaten attributional LCA voor de niet-dragende wanden met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.

Besluit. Uit de resultaten van de LCA-studie blijkt dat er niet één wandopbouw (zowel bij geïsoleerde als bij de niet-geïsoleerde) is die in elke situatie het beste scoort. De vervangfrequentie is een belangrijke parameter die de resultaten aanzienlijk kan beïnvloeden. Er valt wel een algemene trend uit op te maken: hoe sneller de wandopbouwen vervangen dienen te worden, hoe beter de aanpasbare wanden uit de bus komen. Bij een vervangfrequentie van 5 jaar, zullen aanpasbare wanden altijd de kleinste milieu-impact hebben, op voorwaarde dat ze ook effectief hergebruikt worden. Wanneer er een vervangfrequentie van 15 jaar wordt gehanteerd, is er niet meer veel verschil qua milieu-impact tussen de aanpasbare en de conventionele wanden. Als de wanden elke 30 jaar worden vervangen, hebben aanpasbare wanden zelfs vaak een grotere milieu-impact dan wanden die niet hergebruikt kunnen worden. Naast de vervangfrequentie, hebben ook de methodologische keuzes een impact op de resultaten. Het valt bijvoorbeeld op dat bij een vervangfrequentie van 15 en 30 jaar de aanpasbare wanden met gipskarton een lagere impact hebben dan de aanpasbare wanden met een clickwall als afwerking bij attributional LCA, terwijl dit bij consequential LCA net andersom is. De reden hiervoor is niet de clickwall, maar het gipskarton. Bij attributional LCA wordt er van uit gegaan dat gipskarton wordt geproduceerd in België, terwijl er bij consequential LCA van wordt uit gegaan dat de productie grotendeels in Polen plaatsvindt. Dit resulteert in een grotere impact bij consequential LCA die te wijten is aan transport vanuit Polen en de productie in Polen (dat nog steeds gebruik maakt van een erg vervuilende energiemix). Een ander methodologisch verschil is terug te vinden bij de stalen profielen. De impact bij consequential LCA is hiervan lager dan bij attributional LCA. Bij consequential LCA wordt er van uitgegaan dat deze profielen enkel primair staal bevatten, en dat deze op het einde van hun levensduur bijna volledig gerecycleerd kunnen worden. Bij attributional LCA daarentegen wordt er van uitgegaan dat deze stalen profielen reeds gerecycleerd staal bevatten, maar de voordelen van de recyclage op het einde van de levensduur worden hier niet meegerekend (voor meer uitleg zie 2.2.3).

Documenten in bijlage

- LCA-berekeningen

2.2.4. TOTEM

Vanuit dit onderzoeksproject heeft Bureau Bouwtechniek in veel andere bouwprojecten de voorbije jaren geprobeerd om LCA mee te laten spelen als aandachtspunt bij materiaalkeuzes, ook al werd dit niet uitdrukkelijk gevraagd. Zo konden veel projectpartners en opdrachtgevers hiermee kennis maken. Hiervoor werd gebruik gemaakt van TOTEM, voluit 'Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials'. Dit is een Belgische tool ontwikkeld door de 3 gewesten samen om de milieueffecten van gebouw(element)en over hun volledige levenscyclus te beoordelen, de bouwkundige keuzes te optimaliseren en de milieueffecten van een bouw- en/of renovatieproject te beperken door een vergelijking van de ontwerpvarianten. Deze tool meet via LCA de milieueffecten voor verschillende milieueffectindicatoren in lijn met de Europese normen voor LCA van bouwmaterialen en constructies. Om de interpretatie van de resultaten te vergemakkelijken laat TOTEM toe om de verschillende indicatoren te aggregeren tot een ééngetalscore.

De tool biedt veel mogelijkheden maar de huidige versie heeft ook enkele beperkingen. Bijvoorbeeld circulariteit in de zin van demontabele verbindingen en mogelijkheden tot hergebruik wordt momenteel slechts gedeeltelijk gevaloriseerd in TOTEM. Daarom houden we het concept van circulariteit altijd in het achterhoofd, aanvullend aan het gebruik van TOTEM. We zijn er ons ook van bewust dat circulaire oplossingen niet noodzakelijk interessanter zijn op vlak van milieu-impact. Een circulaire oplossing die bv. tot drie keer hergebruik toelaat maar een zes keer hogere milieu-impact heeft dan een traditionele oplossing, zal uiteindelijk ondanks zijn circulariteit een groter nadelig effect hebben op het milieu.

Er zijn in een bouwproject vaak twee types aanbestedingen te onderscheiden. Eerst publiceren de opdrachtgevers een ontwerpopdracht richting ontwerptteams en nadien publiceert het ontwerpteam een uitvoeringsdossier richting aannemers. Beide kunnen TOTEM gebruiken in hun voorschriften. In het geval

van een design and build is deze opsplitsing niet aanwezig, maar kan TOTEM gelijkwaardig geïntegreerd worden.

Ontwerpopdracht met TOTEM

Als een opdrachtgever een opdracht voor een bouwproject publiceert, is het van belang dat het team rond die opdrachtgever over voldoende kennis beschikt om de ontvangen voorstellen of offertes kwalitatief te beoordelen. Dat is bij het gebruik van TOTEM niet anders. Zorg er dus voor dat er intern iemand de kans kreeg om hier voldoende kennis rond op te bouwen, of zorg er voor dat er tijdig een externe expert wordt aangeschreven om de opdrachtgever bij te staan. Externe expertise is zeker aan te raden bij een eerste verwerking van TOTEM in de voorschriften. De praktijk toont namelijk aan dat TOTEM hedendaags regelmatig gebrekkig wordt voorgeschreven of beoordeeld. Samenwerking met een externe expert geeft de opdrachtgever de mogelijkheid om langzaamaan intern de nodige kennis op te bouwen.

Bepaal als opdrachtgever eerst de context van de opdracht. Formuleer de duurzaamheidsdoelstellingen, verzamel de relevante projectdata en controleer als de doelstellingen haalbaar en realistisch zijn. De milieu-impact is een onderdeel van de bredere duurzaamheid. Kies goed waar de focus van het ontwerpteam op moet liggen.

Werk vervolgens voorschriften uit volgens een strategie naar keuze. Hou hierbij rekening met het aanwezige expertiseniveau intern of vraag raad bij een externe expert. Voorschriften kunnen van toepassing zijn op verschillende bouwfasen. Indien er meerdere inschrijvers zullen zijn, is het van groot belang de modelleerafspraken voor de berekening duidelijk vast te leggen. Mogelijke strategieën zijn:

- TOTEM-expertise als selectiecriterium opnemen, bv. via een verklaring op eer.
- Een berekening van de milieuprestatie vragen, zonder eis, bv. om ervaring op te doen, om ontwerpteam te sensibiliseren of om benchmarks te bepalen voor volgende projecten.
- De TOTEM-berekenaar vragen om een optimalisatie van de milieu-impact aan te tonen.
- Een berekening van de milieuprestatie vragen met daaraan een eis (bovengrens) gekoppeld. Die eis kan bepaald worden op gebouwniveau (per m² bruto vloeroppervlakte of als totale kost) of op elementniveau (per functionele eenheid, bv. m², m, stuk ...).
- Het resultaat van de berekening van de milieuprestatie opnemen als één van de gunningscriteria.

Als de voorschriften zijn uitgewerkt, wordt de opdracht gepubliceerd. Zorg dat er iemand (intern of extern) beschikbaar is om TOTEM-gerelateerde vragen met voldoende kennis te beantwoorden. Er moet ook iemand (intern of extern) gezocht worden die uiteindelijk de inschrijvingen zal beoordelen, als de gekozen strategie dit vereist.

Na een eventuele wedstrijdphase en gunning is het, afhankelijk van de gekozen strategie, ook belangrijk dat het naleven van eisen in latere bouwfasen wordt opgevolgd. Na afloop van het bouwproject wordt er ten slotte best een evaluatie gepland zodat alle betrokken partijen hieruit bijleren en TOTEM steeds vaker en steeds kwalitatiever wordt voorgeschreven en gebruikt.

Uitvoeringsopdracht met TOTEM

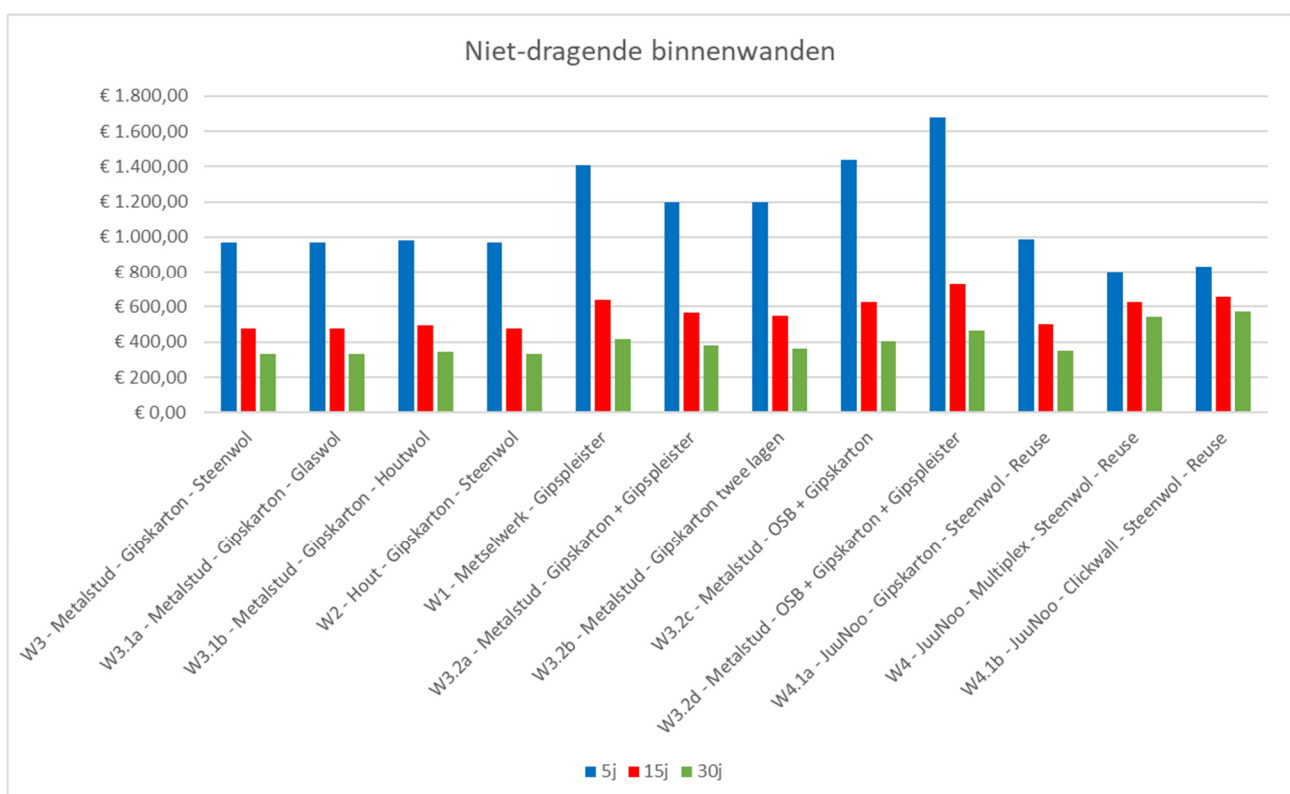
Ook een ontwerpteam kan TOTEM verwerken in hun aanbestedingsdossier. Er kan vermeld staan dat in de loop van het project de inschrijver (de aannemer) enkel technisch equivalente alternatieve materialen mag voorstellen waarvoor hij aan de hand van een TOTEM-berekening kan aantonen dat deze minstens even goed scoren op milieu-vlak dan de materialen uit het aanbestedingsdossier. Het ontwerpteam kan bij deze beoordeling rekening houden met andere duurzaamheidscriteria (bv. circulair bouwen), maar let op voor greenwashing. Dus ook hier is voldoende kennis noodzakelijk om TOTEM-berekeningen en duurzaamheidsargumenten kwalitatief te kunnen beoordelen.

2.2.5. Economische duurzaamheidsanalyse: LCC

De kostprijs van een bouwproject zal ook altijd een grote rol spelen als er beslissingen moeten worden genomen. Het is van belang dat een opdrachtgever niet enkel kijkt naar de investeringskost maar ook aandacht heeft voor latere kosten voor onderhoud, herstellingen en vervangingen. De Life Cycle Cost (LCC) houdt hiermee rekening. In de analyse voor casestudy campus Paardenmarkt worden de uitgangspunten van de LCA-berekening zoveel mogelijk behouden. De totale periode dat een muur of vloer zijn functie moet behouden is 60 jaar. Er worden berekeningen gedaan uitgaande van een gewenste vervanging om de 30 jaar, 15 jaar of 5 jaar.

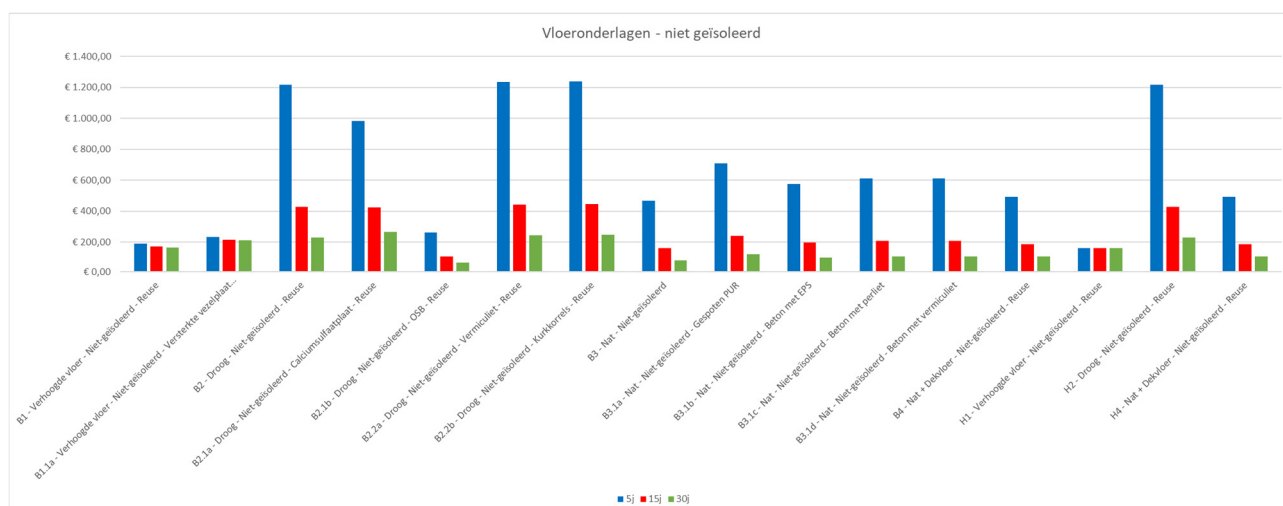
De resultaten van een levenscyclusanalyse hangen af van de beschikbare wetenschappelijke informatie (database) en kunnen verschillen indien daarvan een volgende versie verschijnt. De kostprijs van een bouwproject heeft weinig tot geen link met wetenschap maar varieert logischerwijs ook in de tijd. We willen er dus de aandacht op vestigen dat de redeneringsmethode bij deze casestudy belangrijker is dan de vermelde bedragen, aangezien deze afhankelijk zijn van heel veel factoren: beschikbaarheid van grondstoffen, drukte in de bouwsector, bereikbaarheid van het perceel of gebouw, bereikbaarheid van de zone in het gebouw waar er gewerkt moet worden, in te rekenen risico's, tijdsdruk of te behalen deadlines ... Ook de onderhoudskost zal variëren afhankelijk van de locatie in het gebouw. Een vaak gebruikte en publiek toegankelijke inkomhal zal frequenter onderhoud of vervanging vragen dan een bergruimte die slechts door een beperkt aantal mensen betreden wordt. De evolutie van de kostprijs van bouwmaterialen en werkuren is gebaseerd op de hedendaagse beschikbare kennis.

Bij de LCA was er een opsplitsing in 'TOTEM' en 'Reuse'. Bij de LCC wordt enkel de 'Reuse' weergegeven, omdat het juist het doel is van de materiaalkeuze om hergebruik te bevorderen.

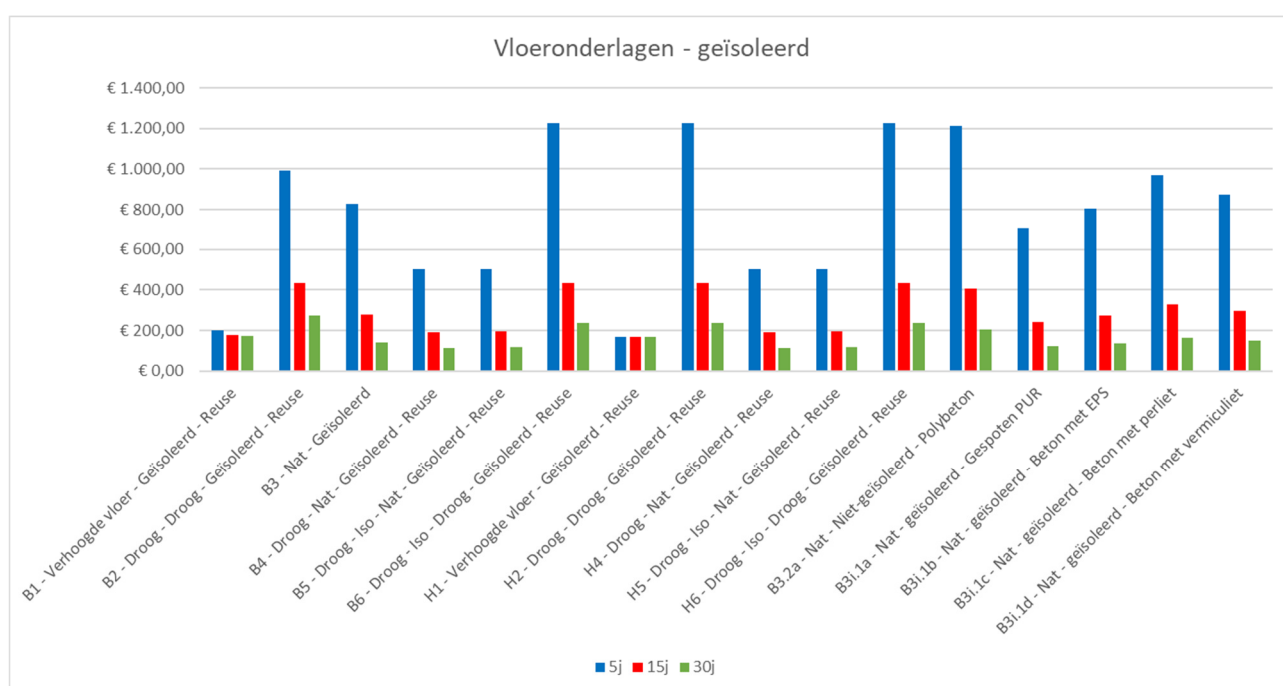


Figuur 24: LCC van niet-dragende binnenwanden met vervanging/verplaatsing elke 5, 15 of 30 jaar.

De wandsamenstellingen met de circulaire metalen structuur van JuuNoo zijn iets duurder als ze niet vaak verplaatst zouden worden, maar zijn goedkoper als ze regelmatig een andere locatie zouden krijgen.



Figuur 25: LCC van niet geïsoleerde vloeronderlagen met vervanging/verplaatsing elke 5, 15 of 30 jaar.



Figuur 26: LCC van geïsoleerde vloeronderlagen met vervanging/verplaatsing elke 5, 15 of 30 jaar.

Vloeronderlagen waarbij platen bovenop een droge uitvulling worden geplaatst en waarbij die platen niet demontabel aan elkaar worden bevestigd om een samenwerkend geheel te bekomen, scoren bij regelmatige aanpassing opvallend slechter dan bijvoorbeeld demontabele platen op vloerdragers.

Wat algemeen opvalt is dat demontabele meer circulaire systemen in het algemeen een grotere investeringskost vragen en dus financieel niet altijd interessant zijn als de vervanging pas na 30 jaar of later zal moeten gebeuren. Dit kan o.a. komen door het type materiaal dat duurder is (bv. nog niet zo gekend en dus nog weinig concurrentie of geen massaproductie) en/of door de hoeveelheid materiaal die groter is (bv. meer staal of hout en dus sterker om hergebruik aan te kunnen) en/of een duurdere plaatsingsmethode (bv. tijdsintensiever of nieuw en dus nog geen vlotte standaard plaatsingsmethode).

Het valt ook op dat de afwerkingsmaterialen zoals verf of vernis zorgen voor een grote kostprijs omdat deze de kortste levensduur hebben en meest onderhoud vragen.

2.2.6. Optimalisatie ontwerp en strategie

LCA en LCC hebben vrij veel gemeenschappelijk. Doordat ze beide kijken naar de volledige levensduur, geven ze een totaalbeeld op lange termijn. Een correcte inschatting van de projectafhankelijke gebruiksduur is van groot belang om de analyse correct te maken. De correctheid van die inschatting zal op lange termijn bepalen als het ontwerpteam en/of de opdrachtgever de juiste keuze heeft gemaakt.

De milieu-impact en levenscycluskost van een bouwproject kunnen verbeterd worden door de initiële milieu-impact en kostprijs te verlagen en/of door in te zetten op de herbruikbaarheid en zo in de toekomst afval en afbraakkosten en de nood voor nieuwe materialen en bijhorende kosten te vermijden. De keuze voor één van deze strategieën hangt af van het gebruik en dus de verwachte vervangfrequentie. Het is wel belangrijk te beseffen dat de aanpasbare en herbruikbare opbouwen enkel een lage impact en lage kostprijs hebben als ze effectief gebruikt worden waarvoor ze ontworpen zijn en hun levensduur gemaximaliseerd wordt. Dit houdt dus een risico in waar de ontwerper slechts een beperkte invloed op heeft, tenzij men inschrijft via DB(F)MO. Overdracht van circulaire insteken in een bouwproject zijn van essentieel belang om de positieve gevolgen te ervaren.

In dit onderzoeksproject werd gekeken naar het niveau van een element met zijn componenten. Dit is een logische keuze bij renovatieprojecten. Het is vanzelfsprekend ook nuttig om het volledige gebouw te bekijken op gebied van milieu-impact en kostprijs. Dan zal blijken dat ook ontwerpbeslissingen, bv. de vorm en dus de compactheid van een gebouw, een heel grote invloed kunnen hebben, misschien zelfs groter dan de optimalisatie van een element. Het blijft namelijk ook een doel om zo weinig mogelijk materiaal te gebruiken, wat niet aanwezig is bij de optimalisatie van één element.

LCC en LCA zijn afzonderlijk perfect te bekijken. Er moet wel een significant verschil zijn, bv. 20%, om er keuzes op te baseren. Als het beste van beide werelden samen gezocht wordt, kunnen de resultaten bijvoorbeeld opgeteld worden. Dit is zeker mogelijk via de huidige versie van TOTEM, waarbij gebruik wordt gemaakt van gemonetariseerde resultaten in euro die de kost van de maatschappelijke schade weerspiegelen. Door de kostprijs en de milieukost gewoon bij elkaar op te tellen, lijkt het alsof er geen weging gebeurt, maar eigenlijk is dit wel het geval. Bij elke combinatie van LCC en LCA zal de analist zich moeten afvragen als beide gelijkwaardig zijn of als het ene twee, drie, vier ... keer belangrijker is dan het andere. Dit zal steeds een ander optimaal resultaat opleveren. De resultaten in TOTEM zullen in de toekomst echter niet uitgedrukt blijven in euro's, dus dat maakt de combinatie van LCA en LCC binnenkort minder evident.

3. Conclusie

Het doorlopen traject is typerend voor de transitie naar een circulaire economie die de afgelopen 2 jaar in de bouwsector op gang is gekomen. De grootste resultaten zijn dan ook geboekt in het inzichtelijk krijgen van de barrières voor het omschakelen van een lineaire naar een circulaire economie, het sensibiliseren van partners in bouwprojecten, het formuleren van werkbare begrippen en het verlenen van inzicht in het valoriseren van duurzaamheid (LCC en LCA). De ambitie voor het diep doorvoeren van de circulariteitsprincipes, zoals we ze vandaag in kaart hebben, was aan de vooravond van deze transitie te hoog gegrepen. Niettegenstaande heeft het starten vanuit een sterke ambitie ertoe bijgedragen dat er resultaten zijn geboekt, en dit dan wel op vlak van innovatie, het vergroten van het draagvlak en kennisverspreiding. Ook in de casestudy zijn mooie stappen gezet, dan wel op kleinere schaal.

De casestudy's zorgden voor een reality check, wat essentieel was binnen dit onderzoek. Projecten van een grote schaal trekken in eerste instantie de aandacht van producenten omwille van de omvang van de bestelling, maar daarnaast hebben de grotere materiaalproducenten de mogelijkheden om te investeren in innovatie. Het belang van en de boost door projecten als de 'Green Deal Circulair Bouwen' en 'Sign form my future' kunnen hierbij natuurlijk niet worden weggecijferd. In dit breder kader plaatsen we dit onderzoeksproject als het ware op de plek waar "de koe bij de horens wordt gevat", of waar de theorie geconcretiseerd wordt in de praktijk. Daarenboven spreekt het voor zich dat een campus voor de faculteit Ontwerpwetenschappen als casestudy zal zorgen voor aanzienlijke kennisdeling met de volgende generatie die op de arbeidsmarkt komt.

In een terugblik op de afgelopen 2 jaar zien we geen eenvoudige start, een interessant en zeer leerrijk traject bij de transitie naar reversibel en demontabel bouwen, detailleren en voorschrijven, om te eindigen bij een toch wel moeizame implementatie bij de uitvoering/aannemer. We kunnen concluderen dat de ontwerpfase, de creatieve fase, de fase is waarin het meest in gang gezet kan worden. Dit zal echter enkel gebeuren als er vanuit de opdrachtgever ook de vraag en aandacht voor is. Het instappen in de eerste casestudy op het moment van definitief ontwerp, wanneer het ontwerp concreet wordt uitgewerkt, is te laat. Innovatie implementeren vraagt onderzoek, en dus tijd. Mogelijkheden van de opdrachtgever om te investeren via alternatieve economische modellen dienen vroeg onderzocht te worden, zodoende tijdig de aanbestedingsformules te bepalen. Welke loten zullen aanbesteed worden via klassieke procedures en welke loten zullen gegund worden via procedures voor nieuwe economische modellen? Welke vragen voor materiaalinnovatie, die ontstaan op de ontwerptafel, dienen onderzocht en beantwoord te kunnen worden door te overleggen met de producenten? Bij de uitvoering zagen we de grootste problemen bij de financiële investeringsanalyse die vaak de bovenhand neemt. Ook het tekort aan logistiek voor hergebruik en het tekort aan materialen met duidelijke circulaire specificaties moeten overwonnen worden. De ambtenaar krijgt, alvast in dit project, geen goedkeuring voor een beperkte extra investering in een uitvoering met een betere LCA-score en zelfs hogere kwaliteit. Als naast bouwtijd en investeringsbudget ook de milieu-impact en langetermijninvestering (LCA en LCC) kan toegevoegd worden bij de analyse van ontwerpen en offertes en misschien zelfs op elk min- of meerwerk, zetten we een grote stap vooruit.

De kennis die binnen Bureau Bouwtechniek is vergaard en is verkregen door eigen onderzoek, boekt ook resultaten op een veel grotere schaal dan enkel de casestudy's, welke zonder meer impact heeft op de opdrachtgevers en op de bouwmarkt. Het integreren en zeker ook het inzichtelijk krijgen van de principes van circulair bouwen in lopende projecten maakt dat we vandaag veel recente gerealiseerde projecten kunnen toevoegen aan de nieuwe categorie 'circulair bouwen', ook zichtbaar op onze website. Hét bewijs dat circulair bouwen realistisch is!

Het vervolg

Het project heeft er voor Bureau Bouwtechniek toe geleid dat er momenteel 2 voltijds equivalente medewerkers actief zijn op het vlak van adviesverlening rond circulair bouwen. Bureau Bouwtechniek zal dan ook zowel extern als intern verder inzetten op de onophoudelijke ontwikkelingen van de circulaire economie in de bouw. De nieuwe dienst binnen Bureau Bouwtechniek biedt antwoord zowel op de vraag naar LCA- en LCC-studies als op de vraag naar begeleidingstrajecten binnen ontwerp- en productontwikkeling. De eerste stappen in het onderzoek om een koppeling te vinden tussen de BIM-projecten en Buildings As Material Banks (BAMB) zijn gezet, weeral een volgende stap richting beheersbaarheid van materialen. Met de opgedane kennis tijdens dit onderzoeksproject wilt Bureau Bouwtechniek in de toekomst ook bouwheren steeds beter bijstaan.

De casestudy 'campus Paardenmarkt' wordt verder opgevolgd, de eindresultaten evenals het verloop van het project worden bij het beëindigen van de werken verwerkt in een presentatie welke ingezet zal worden voor kennisdeling. Evenzo zal Bureau Bouwtechniek blijvend inzetten op kennisdeling over circulaire ontwikkelingen in lopende projecten via lezingen en lerende netwerken. Maar ook zullen de gevormde banden met kennis- en overheidsinstanties aangehouden blijven en ingezet worden om mee te werken aan een gestructureerde transitie naar een circulaire bouwwereld.

De geleerde lessen m.b.t. ontmantelen en levensduurverlenging van materialen wordt verdergezet in het project Harvest Bay, een platform voor urban mining. Voor de ontwikkeling van het platform is er reeds contact gelegd met andere projecten binnen de Gerichte Call Circulaire Bouweconomie 2020, zodoende verder te kunnen versnellen.

4. Bijlages

4.1. Advies voor circulair bouwen bij campus Ceria

190220-DZH-VplusAnderlechtCeria-AdviesCirculairBouwen-jvs.pdf

4.2. Presentatie van introductie circulair bouwen bij BB tijdens Atelier Circulair

191017-DZH-AtelierCirculair-DeCirculaireWegVanBB-jvs.pdf

4.3. Basis vragenlijst voor te leggen aan vertegenwoordigers en fabrikanten

190208-DZH-CirculairAanbesteden-VragenVoorBouwpartners-jvs.pdf

4.4. Marktonderzoek circulaire producten en diensten

190308-DZH-CirculairAanbesteden-Marktonderzoek-jvs.pdf

4.5. Marktonderzoek bedrijven

190821-DZH-CirculairAanbesteden-GecontacteerdeBedrijven-jvs.pdf

4.6. Mogelijkheden om binnenwanden circulair te ontwerpen en aan te besteden

200327-DZH-CirculairAanbesteden-OpstartCasestudyWanden-jvs.pdf

4.7. Presentatie met mogelijkheden voor circulaire bureaus

200327-DZH-CirculairAanbesteden-MogelijkhedenVoorCirculaireBureaus-Presentatie-jvs.pdf

4.8. Onderzoek naar circulaire businessmodellen

200205-DZH-CirculairAanbesteden-OnderzoekCirculaireBusinessmodellen-jvs.pdf

4.9. Onderzoek naar afvalbeheersing bij bouwprojecten

190709-DZH-CirculairAanbesteden-Afvalbeheersing-jvs.pdf

4.10. Steekkaartinventaris van materialen voor Urban Mining

190605-DZH-CirculairAanbesteden-SteekkaartinventarisPaardenmarkt-jvs.pdf

4.11. Inleiding tot circulair bouwen in bestek

190710-DZH-CirculairAanbesteden-InleidingCirculairBouwenPaardenmarkt-jvs.pdf

4.12. Aandachtspunten voor een circulaire aanbesteding

190715-DZH-CirculairAanbesteden-AandachtspuntenCirculaireAanbesteding-jvs.pdf

4.13. Overzichtslijst gerecupereerde materialen uit campus Paardenmarkt

210224-DZH-CirculairAanbesteden-SloopinventarisPaardenmarktMetRecuperatie-kvl.pdf

4.14. Onderzochte vloeropbouwen

191112-DZH-CirculairAanbesteden-Vloeropbouwen-rdp.pdf

4.15. LCA-berekeningen

210401-DZH-CirculairAanbesteden-LCI-LCIA-mb.xlsx

5. Bibliografie

Global Footprint Network. (2018). *Earth Overshoot Day 2018 is August 1*. Opgehaald van <https://www.footprintnetwork.org/>.

- [1] WCED, "Our Common Future," Oxford/New York, 1987.
- [2] P. Glavič and R. Lukman, "Review of sustainability terms and their definitions," *J. Clean. Prod.*, vol. 15, no. 18, pp. 1875–1885, 2007.
- [3] International Organisation for Standardization, *ISO 14040 - Environmental management – Life Cycle Assessment – principles and framework*. Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardization, 2006.
- [4] International Organisation for Standardization, *ISO 14044 - Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardization, 2006.
- [5] C. L. Simões, L. M. Costa Pinto, R. Simoes, and C. A. Bernardo, "Integrating environmental and economic life cycle analysis in product development: A material selection casestudy," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 18, no. 9, pp. 1734–1746, 2013.
- [6] M. Buyle, W. Galle, W. Debacker, and A. Audenaert, "Sustainability assessment of circular building alternatives: Consequential LCA and LCC for internal wall assemblies as a casestudy in a Belgian context," *J. Clean. Prod.*, vol. 218, no. 2019, pp. 141–156, 2019.
- [7] M. Buyle, J. Braet, and A. Audenaert, "Life cycle assessment in the construction sector: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 26, pp. 379–388, Oct. 2013.
- [8] M. Curran, M. Mann, and G. Norris, "The international workshop on electricity data for life cycle inventories," *J. Clean. Prod.*, vol. 13, no. 8, pp. 853–862, Jun. 2005.
- [9] T. Silalertruksa, S. H. Gheewala, and M. Sagisaka, "Impacts of Thai bio-ethanol policy target on land use and greenhouse gas emissions," *Appl. Energy*, vol. 86, no. SUPPL. 1, pp. S170–S177, 2009.
- [10] J. H. Schmidt, "Comparative life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 15, no. 2, pp. 183–197, 2010.
- [11] P. Lesage, T. Ekvall, L. Deschênes, and R. Samson, "Environmental assessment of brownfield rehabilitation using two different life cycle inventory models. Part 1: methodological approach," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 12, no. 6, pp. 391–398, 2007.
- [12] B. P. Weidema, T. Ekvall, and R. Heijungs, "Guidelines for application of deepened and broadened LCA. Deliverable D18 of work package 5 of the CALCAS project," Rome, Italy, 2009.
- [13] B. P. Weidema, N. Frees, and A.-M. Nielsen, "Marginal production technologies for life cycle inventories," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 4, no. 1, pp. 48–56, Jan. 1999.
- [14] T. Ekvall and B. P. B. Weidema, "System boundaries and input data in consequential life cycle inventory analysis," *Int. J. life cycle Assess.*, vol. 9, no. 3, pp. 161–171, May 2004.
- [15] A. Zamagni, J. Guinée, R. Heijungs, P. Masoni, and A. Raggi, "Lights and shadows in consequential

LCA," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 17, no. 7, pp. 904–918, Apr. 2012.

- [16] J. M. Earles and A. Halog, "Consequential life cycle assessment: a review," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 16, no. 5, pp. 445–453, Mar. 2011.
- [17] M. Brandao, M. Martin, A. Cowie, L. Hamelin, and A. Zamagni, "Consequential Life Cycle Assessment : What, How, and Why ?," *Encycl. Sustain. Technol.*, pp. 277–284, 2017.
- [18] M.-A. Wolf, R. Pant, K. Chomkham Sri, S. Sala, and D. Pennington, "The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook," Ispra, Italy, 2012.
- [19] A. Martínez-Rocamora, J. Solís-Guzmán, and M. Marrero, "LCA databases focused on construction materials: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 58, pp. 565–573, 2016.
- [20] O. Ortiz, F. Catsells, and G. Sonnemann, "Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA," *Constr. Build. Mater.*, vol. 23, pp. 28–39, 2009.
- [21] G. A. Blengini and T. Di Carlo, "The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings," *Energy Build.*, vol. 42, pp. 869–880, 2009.
- [22] G. Finnveden, P. Eldh, and J. Johansson, "Wweighting in LCA Based on Ecotaxes. Development of a Mid-point Method and Experiences from Casestudy's," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 11, no. Special issue 1, pp. 81–88, 2006.
- [23] M. Goedkoop, M. Oele, J. Leijting, T. Ponsioen, and E. Meijer, "Introduction to LCA with SimaPro. Report version 5.2," PRé, Amersfoort, The Netherlands, 2016.
- [24] M. Buyle, "Towards a structured consequential modelling approach for the construction sector: the Belgian case. A fairy tale on methodological choices in LCA," University of Antwerp, 2018.
- [25] M. Buyle, M. Pizzol, and A. Audenaert, "Identifying marginal suppliers of construction materials: consistent modeling and sensitivity analysis on a Belgian case," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 23, no. 8, pp. 1624–1640, Aug. 2018.
- [26] OVAM, "TOTEM," 2018. [Online]. Available: <https://www.totem-building.be/>. [Accessed: 05-Mar-2018].

6. Lijst met figuren

Figuur 1: De Earth Overshoot Day van onze planeet. (Global Footprint Network, 2018).....	3
Figuur 2: Bestaande sporthal van campus Ceria in 2019.	6
Figuur 3: Bestaande leslokalen van campus Ceria in 2019.....	6
Figuur 4: Bureau Bouwtechniek spreekt op Atelier Circulair.	8
Figuur 5: De ontwikkelde visie van Bureau Bouwtechniek op circulair bouwen.	10
Figuur 6: Historische foto van campus Paardenmarkt.	12
Figuur 7: Bureau Bouwtechniek spreekt op BuildUp.	14
Figuur 8: Bureau Bouwtechniek spreekt voor C-bouwers.....	14
Figuur 9: Bureau Bouwtechniek spreekt voor studenten ingenieur architect en industrieel ingenieur aan Universiteit Gent.	17
Figuur 10: Heb aandacht voor de veiligheid als verschillende partijen materialen en producten komen ontmantelen.	21
Figuur 11: Schematische weergave van een geïntegreerde LCA/LCC analyse (gebaseerd op Simões et al. [5])	23
Figuur 12: Details van de vloeropbouwen.....	25
Figuur 13: Omgaan met multifunctionaliteit, allocatie vs. substitutie.....	29
Figuur 14: Schematisch voorbeeld van iteratieve procedure om geografische systeemgrenzen te bepalen.	32
Figuur 15: Schematisch voorbeeld van het bepalen van een mix van meest competitieve producenten.	33
Figuur 16: Modelleringsaannames m.b.t. het gebruik van secundaire grondstoffen. In het systeem van recycling potential wordt er in hoofdzaak gefocust op het faciliteren van kwalitatief hergebruik van componenten en materialen.....	34
Figuur 17: Modelleringsaannames m.b.t. het gebruik van secundaire grondstoffen. In het systeem van recycled content wordt gekeken naar de hoeveelheid gerecycleerd materiaal die tijdens de initiële productie gebruikt wordt.....	36
Figuur 18: Resultaten consequential LCA voor de niet-geïsoleerde vloer opbouwen met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.	38
Figuur 19: Resultaten attributional LCA voor de niet-geïsoleerde vloer opbouwen met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.	40
Figuur 20: Resultaten consequential LCA voor de geïsoleerde vloer opbouwen met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.	42
Figuur 21: Resultaten attributional LCA voor de geïsoleerde vloer opbouwen met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.	44
Figuur 22: Resultaten consequential LCA voor de niet-dragende wanden met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.	46
Figuur 23: Resultaten attributional LCA voor de niet-dragende wanden met vervangfrequentie om de 5, 15 en 30 jaar. Rode stippellijn: referentie-lijn om de impact over de verschillende functionele eenheden te kunnen vergelijken.	48
Figuur 24: LCC van niet-dragende binnenwanden met vervanging/verplaatsing elke 5, 15 of 30 jaar.	51
Figuur 25: LCC van niet geïsoleerde vloeronderlagen met vervanging/verplaatsing elke 5, 15 of 30 jaar.....	52
Figuur 26: LCC van geïsoleerde vloeronderlagen met vervanging/verplaatsing elke 5, 15 of 30 jaar.	52

7. Lijst met tabellen

Tabel 1: Overzicht vloer opbouwen (noot 1: polybeton werk als dekvloer en afwerking tegelijkertijd. Deze afwerking valt buiten de functionele eenheid en is bij de andere opbouwen dus niet opgenomen; noot 2: $U = 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$).	24
Tabel 2: Overzicht lichte wanden	26
Tabel 3: Belangrijkste verschillen tussen attributional en consequential LCA [17]	30
Tabel 4: Overzicht functionele eenheden	31