

DUURZAAM DRIJVEND WONEN

OPTIMALISATIE VAN CRADLE TO CRADLE
IN EEN DUURZAAM ONTWERP

ROBBERT JAN VAN DE SANDEN
MAART 2011

DRIJVEND WONEN

Robbert Jan van de Sanden

(ID: 1503240)

Opleiding: Bouwkunde

Afstudeerrichting: Architectuur

1e begeleider: Rogier Laterveer

2e begeleider: Marieke van der Laan

Afstudeerbedrijf: Kraaijvanger • Urbis

Begeleider: Martin van Kessel

Kraaijvanger • Urbis

architectuur interieur stadsontwerp

1	Inleiding	10
	Aanleiding - Relevantie: Water- en stedelijke problemen	10
	Probleemstelling	12
	Relevantie	12
	Doelstelling onderzoek	13
	Indeling onderzoeksrapport	13
2	Uitgangspunten ontwerp	16
	De gedachte	16
	Locatie	16
	Uitgangspunten Kraaijvanger Urbis	17
3	Cradle to Cradle	20
	Inleiding	20
	Duurzaamheid	20
	Methodes om de mate van duurzaamheid van bouwen te meten	21
	Cradle to Cradle	22
	Het certificeringssysteem	24
	C2C: het toppunt van duurzaamheid?	26
	C2C: een ondoordachte hype?	26
	C2C: toppunt van duurzaamheid of ondoordachte hype?	27
4	Het ontwerp uitgelicht	30
	Ontwerpkeuzes	30
	Het ontwerp gevisualiseerd	34
	Installaties	42
	Gebouw informatie modelleren	52
	Financiën	59
6	Conclusies en aanbevelingen	60

Voorwoord

Voor u ligt mijn afstudeerscriptie die als afronding dient van mijn opleiding Bouwkunde aan de Hogeschool Utrecht. Afgelopen semester heb ik een onderzoek gedaan in opdracht van het architectenbureau Kraaijvanger • Urbis te Rotterdam. Dit bureau heeft het winnende ontwerp geleverd bij de ontwerpwedstrijd ‘Duurzaam drijvend wonen’, uitgeschreven door gemeente Stadsdeel Oost in Amsterdam. Het winnende ontwerp zal als pilot project gebouwd gaan worden en op diverse prominente plekken in Nederland, zoals de Floriada van 2012 in Venlo gerealiseerd zal worden. Dit winnende ontwerp heeft als startpunt gediend voor de verdere uitwerking op het gebied van detaillering en materialisatie, waarbij het gedachtegoed van Cradle to Cradle centraal heeft gestaan. Er zal begonnen worden met het uitleggen van deze gedachte waarna het vervolgens praktisch is toegepast op het ontwerp. Het ontwerp is uitwerkt met het tekenprogramma Revit van softwareleverancier Autodesk. Het leren tekenen met dit 3D tekenprogramma waar een BIM mee kan worden opgezet, is bij dit afstudeeronderzoek als competentie toegevoegd.

Allereerst wil ik in het bijzonder mijn begeleider Martin van Kessel bedanken voor de tweede kans, maar ook voor zijn altijd kritische mening en “eye openers” waardoor ik tijdens mijn onderzoek weer op gang ben geholpen. Door het enthousiasme van de gehele begeleiding ben ik gemotiveerd om dit project tot een goed einde te brengen. De volgende personen wil ik hartelijk bedanken voor hun belangrijke input en tijd die zij voor mij en mijn afstudeeronderzoek hebben vrijgemaakt.

Vincent van der Meulen	Kraaijvanger • Urbis
Jack Smits	Polux B.V.
Rik Coolwijk	DGMR
Peter Minnema	Dura Vermeer
Harry van Moorsel	RM Glas Nederland b.v.

Rogier Laterveer	Hogeschool Utrecht
Marieke van der Laan	Hogeschool Utrecht
Jur Jonges	Hogeschool Utrecht

Tot slot wil ik iedereen die mij ook maar op enige wijze heeft bijgestaan tijdens het schrijven van deze scriptie heel hartelijk bedanken. En als laatste wil ik mijn familie heel erg bedanken voor alle steun die ik van hen heb mogen ontvangen.

Rotterdam, Maart 2011
Robbert Jan van der Sanden





INLEIDING 1

1.1 WATER- EN STEDELIJKE PROBLEMEN

Nederland ligt voor ongeveer één derde deel beneden de zeespiegel. Kilometers dijk en duinen moeten Nederland beschermen tegen de gevaren van de zee. Het belang van deze dijken en duinen zal alleen maar toenemen met een zeespiegel die naar verwachting door het opwarmen van de aarde in de nabije toekomst alleen maar zal stijgen. De eeuwig durende strijd met het water lijkt nooit gewonnen te kunnen worden. Maar waarom zouden wij Nederlanders de strijd aan blijven gaan tegen deze onverslaanbare tegenstander? Ongeveer 16% van het oppervlakte van Nederland bestaat uit water, van het land dat over blijft is ongeveer 21% bebouwbaar oppervlak om te kunnen wonen en werken (CBS, 2009). Dit betekent dat een zeer groot gedeelte van Nederland een continue strijd met het water staat te wachten, terwijl er ook zou kunnen worden gedacht aan oplossingen waarbij het water functioneel wordt ingezet om meer oppervlak te creëren waar men kan wonen en werken.

Met een groeiende bevolkingspopulatie wordt de noodzaak steeds groter om alternatieve woongelegenheid te creëren. Met een dichtheid van 397,7 bewoners per km² (CBS, 2009) is Nederland één van de meest dichtbevolkte landen ter wereld. Een alternatief als wonen op en met het water is in het verleden op tal van verschillende wijzen gerealiseerd. Van eenvoudige woonarken opgebouwd op een oude vrachtschuit tot moderne villa's op betonnen drijfbakken.



Foto: Gerard Leeuw ©



Foto: Waterwoningen in IJburg tijdschrift Building ©

Verschillende gemeentes hebben deze noodzaak om alternatieve woongelegenheden te benutten ook ingezien, denk hier bijvoorbeeld aan projecten in gemeenten als IJburg, Amsterdam of Almere haven. Steeds meer worden deze projecten gekoppeld aan duurzaamheidsthema's. Dit komt door het groeiende besef dat duurzaamheid één van de pijlers onder onze samenleving moet worden, om te voorkomen dat toekomstige generaties de rekening gepresenteerd krijgen voor het gedrag van voorgaande generaties.

In dit onderzoek is getracht een drijvende woning op een zo duurzaam mogelijke manier te ontwerpen. Zoals er verderop in dit onderzoek uiteen gezet zal worden, wordt onder het woord duurzaamheid en duurzaam ontwerpen een breed spectrum aan maatregelen geschaard. Dit afstudeeronderzoek focust zich op de ontwerpprincipes van Cradle to Cradle. Een initiatief van de Amerikaanse architect William McDonough en Duitse chemicus Michael Braungart. De ontwerpstrategieën en de gedachte van Cradle to Cradle zullen in hoofdstuk 4 verder behandeld worden.



Illustraties: expressie van waterwoningen in IJburg

1.2 PROBLEEMSTELLING

De in de inleiding beschreven feiten en uitdagingen voor Nederland in de 21e eeuw geven aan dat de noodzaak tot alternatieve woon- en leefomgevingen zal groeien. Een van deze mogelijke alternatieve woon- en leefomgevingen kan wellicht de uitbreiding op water zijn waarbij deze drijvende woning als referentie kan dienen. Daarbij zal de Cradle to Cradle gedachte in het achterhoofd gehouden worden. Dit onderzoek zal daarom een antwoord moeten formuleren op de volgende hoofdvraag:

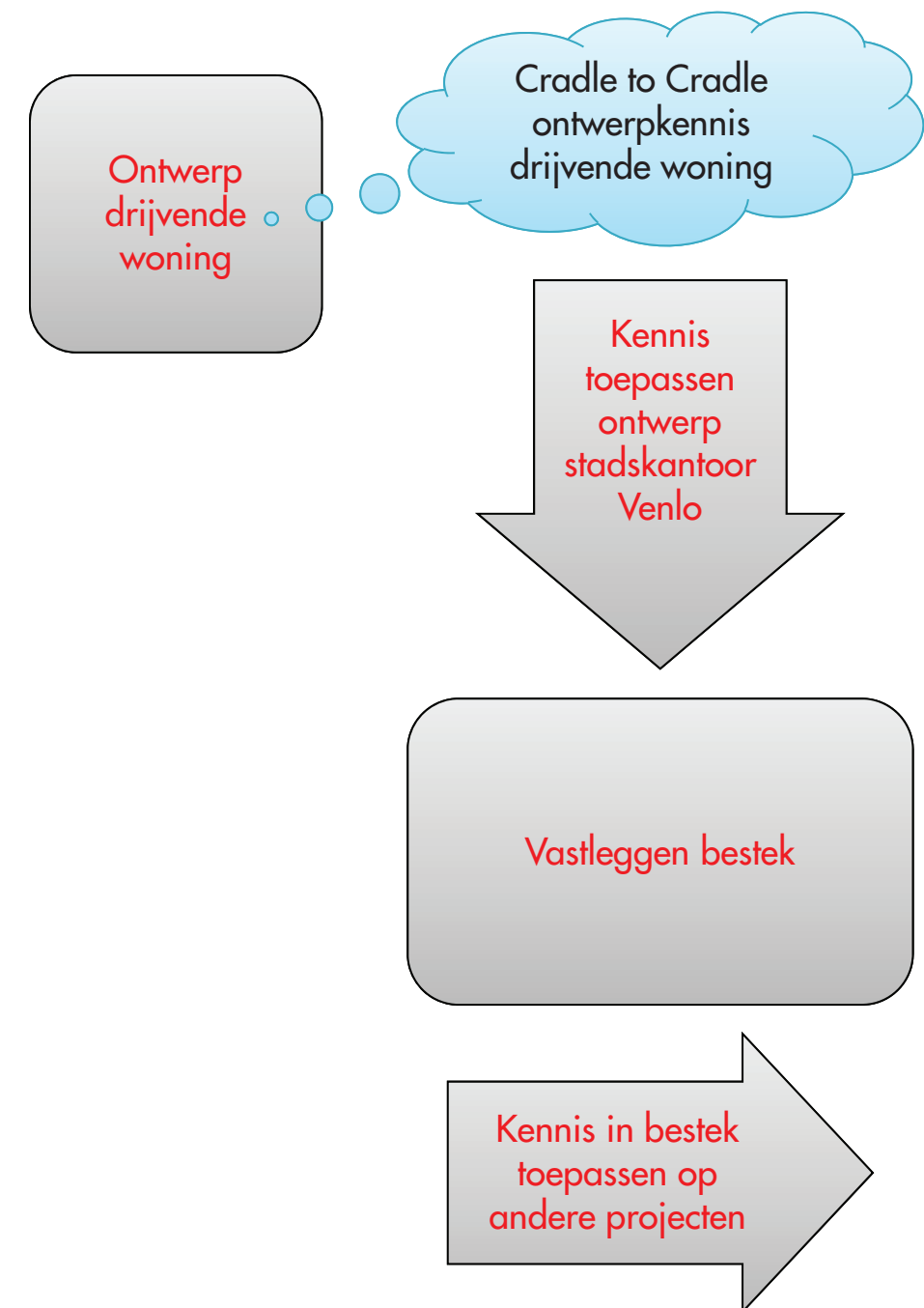
Hoe kan er een drijvende woning worden ontworpen die optimaal aan de Cradle to Cradle (C2C) gedachte, één van de aspecten van duurzaamheid voldoet, en waar het gebruik van het softwarepakket Revit een meerwaarde heeft als het gaat om het meetbaar maken van Cradle to Cradle?

Deze hoofdvraag zal worden uitgewerkt door het beantwoorden van de verschillende sub probleemstellingen:

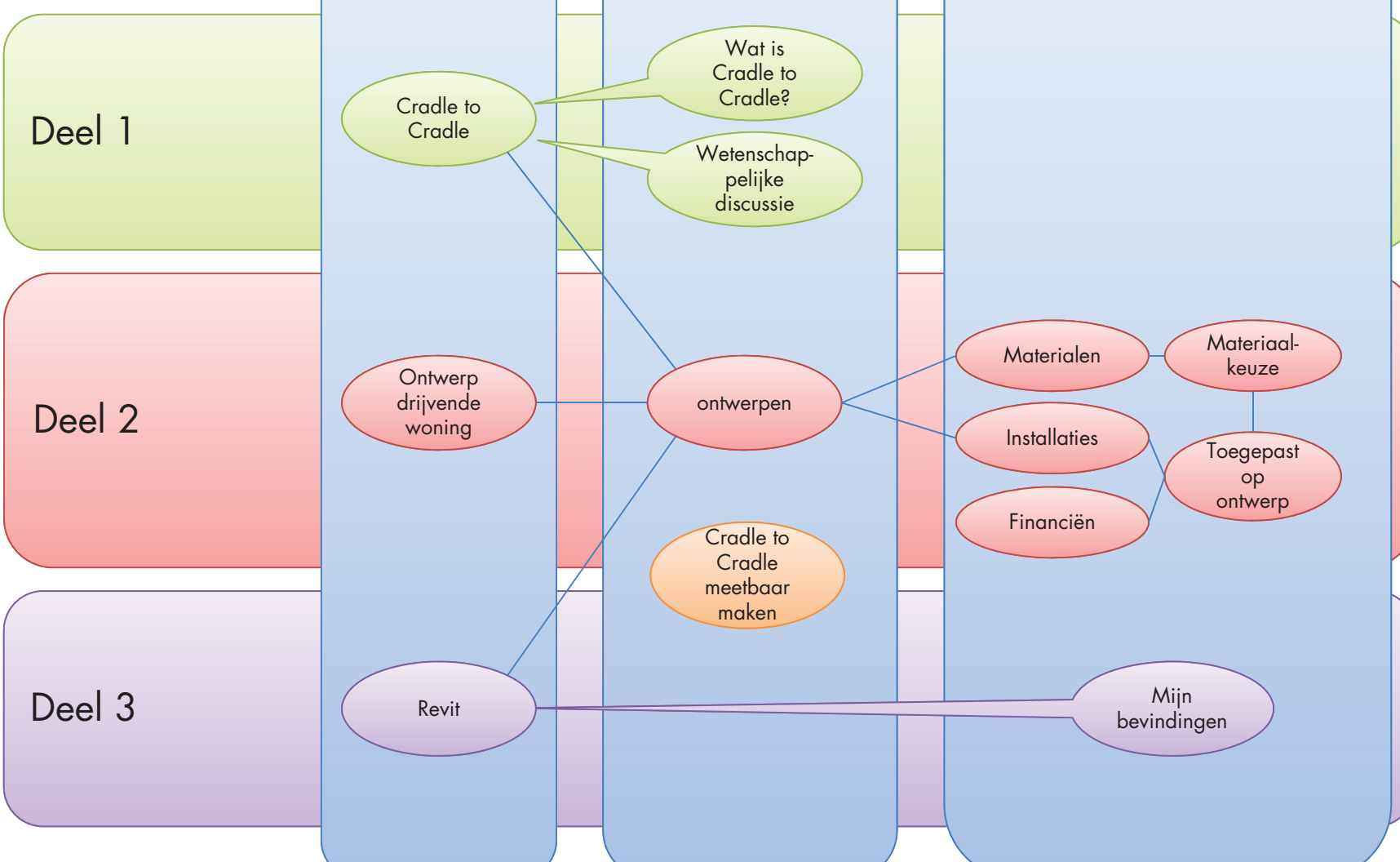
- Hoe zou het ontwerp van een drijvende woning van uitsluitend C2C-gecertificeerde bouwmaterialen eruit zien?
- Hoe ziet het ontwerp van een drijvende woning eruit die optimaal aan het gestelde programma van eisen voldoet?
- Welke 5 principedetails zijn er te ontwerpen die uitsluitend bestaan uit C2C-gecertificeerde materialen?
- Hoe zou het ideale ontwerp van een drijvende woning van uitsluitend C2C-gecertificeerde bouwmaterialen eruit zien?
- Hoe kan Revit helpen bij het meetbaar maken van C2C, de keuze van de materialisatie en de daaruit voortvloeiende kosten?
- Op welke manier kan Revit helpen bij het ontwerpen en uitwerken van een duurzame drijvende woning op een integrale manier waarbij constructie, materiaalgebruik en installaties samenkomen?
- Wat is er mogelijk met Revit als het gaat om zon- en liggingstudies?

1.3 RELEVANTIE

Met de uitwerking van deze drijvende woning zal getracht worden enerzijds antwoorden te vinden voor de problematiek rondom het onderwerp Cradle to Cradle. En anderzijds de kansen van het meten van duurzaamheid met het softwareprogramma Revit voor het architectenbureau Kraaijvanger • Urbis. De uitkomsten van het onderzoek naar de problematiek van Cradle to Cradle kunnen als input dienen in het ontwerpproces van stadkantoor Venlo, dat voor de Floriade van Venlo in 2012 volledig Cradle to Cradle gebouwd gaat worden. Deze gegevens zouden dan in een bestek verder gecategoriseerd en vastgelegd kunnen worden.



figuur 1: Schematische weergave van de relevantie van het onderzoek



figuur 2: Schematische weergave van de indeling van het rapport

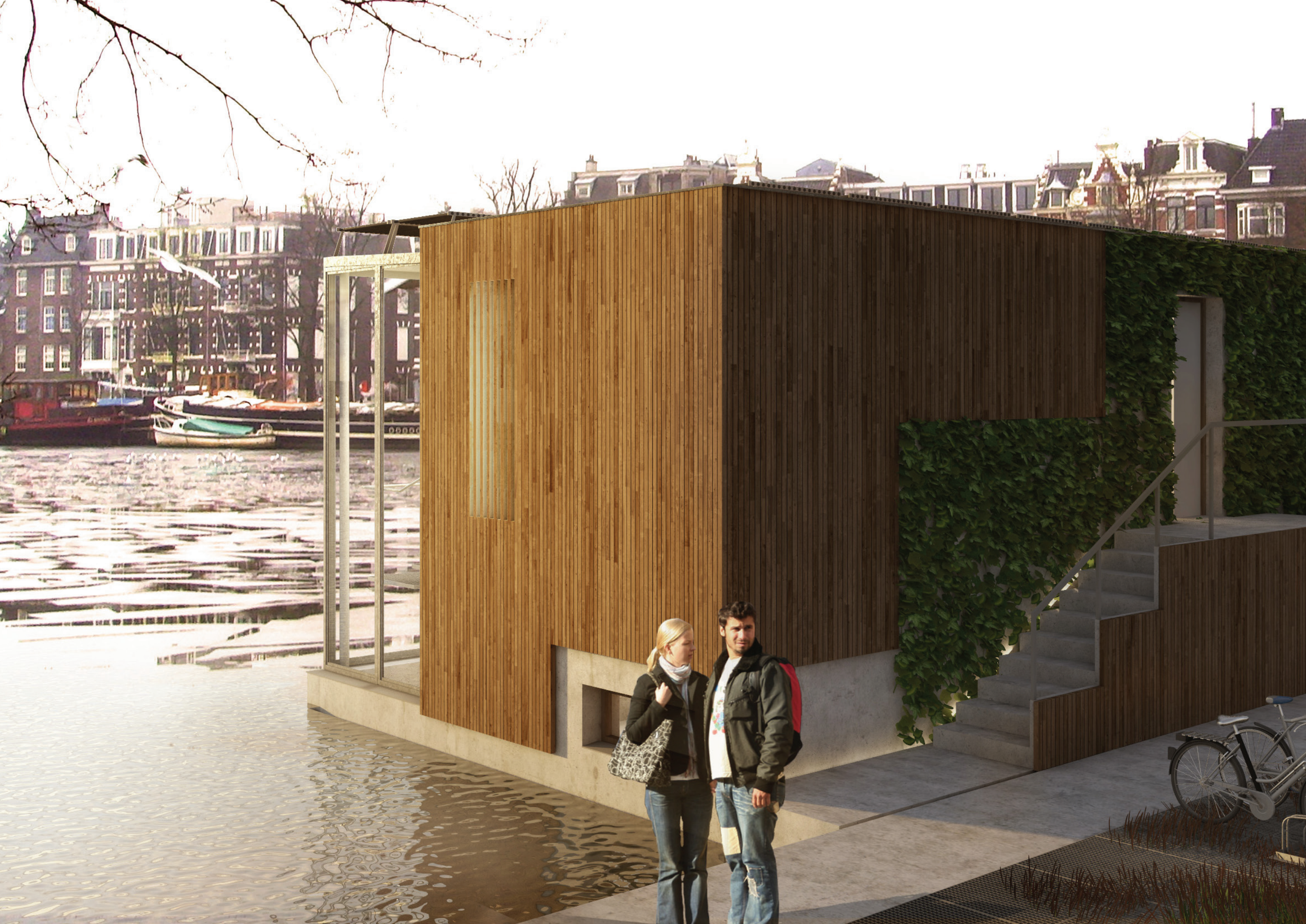
1.4 DOELSTELLING ONDERZOEK

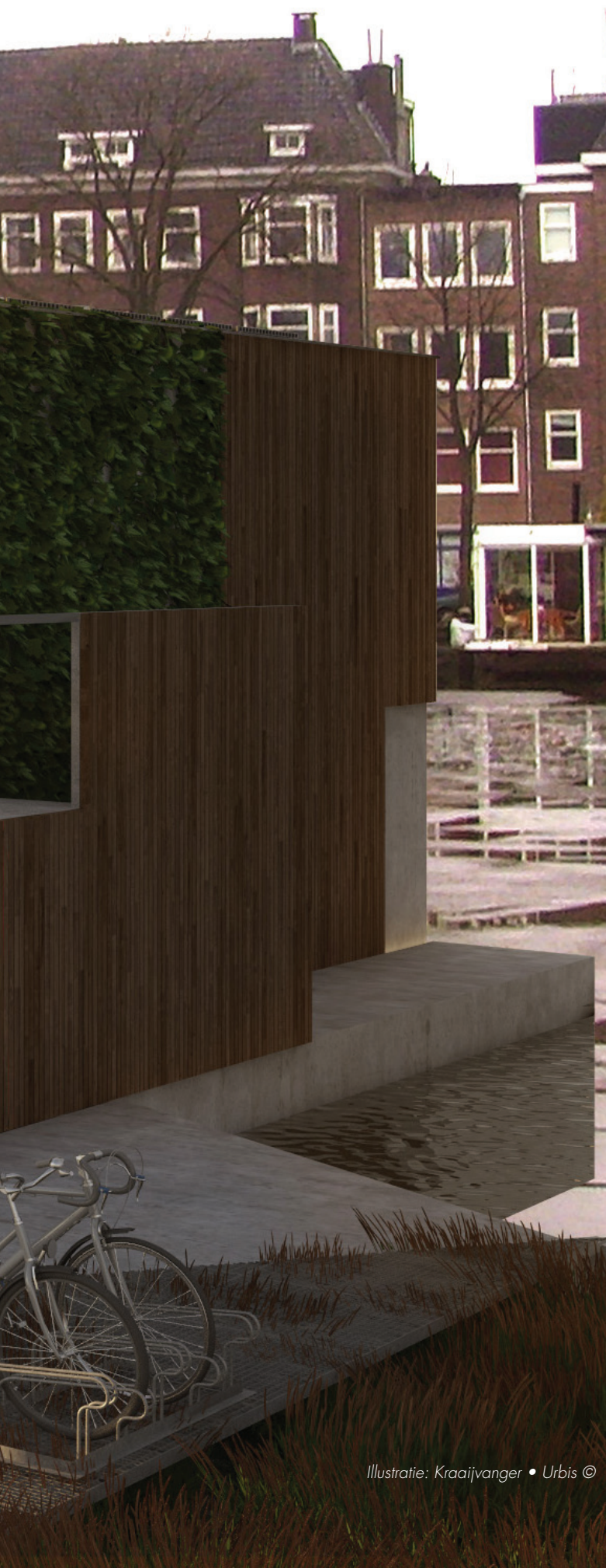
Het beoogde antwoord op de vraag van dit tweeledige onderzoek zal relevant zijn voor de diverse partijen binnen de bouwbranche. De doelstelling van dit onderzoek is om een zo duurzaam mogelijke drijvende woning te ontwerpen waarbij de materiaalkeuze het gedachtegoed van Cradle to Cradle optimaal ondersteund. Tevens moet de mate van duurzaamheid te toetsen zijn met add-ins voor het BIM-softwarepakket Revit.

Het schetsonwerp van de drijvende woning zoals het erbij lag bij de start van dit afstudeeronderzoek is opgewerkt naar een Definitief Ontwerp.

1.5 INDELING ONDERZOEKSRAPPORT

Dit onderzoeksrapport is opgebouwd uit drie delen, in het eerste deel zal het onderwerp Cradle to Cradle behandeld worden. Wat is Cradle to Cradle en hoe wordt er tegenaan gekeken. Het tweede deel behandelt het ontwerp van de drijvende woning, Installaties en begroting komen aan bod, er zullen ontwerpkeuzes uitgelegd worden en de detaillering op basis van de hierna beschreven sub onderzoeksvragen. Het derde gedeelte behandelt het softwareprogramma Revit. Hierbij zal getracht worden een koppeling te leggen tussen het ontwerp en het meetbaar maken van het duurzame gehalte van Cradle to Cradle. Daarnaast is hier mijn eigen bevinding beschreven over het leren ontwerpen met het tekenprogramma Revit. Deze indeling is samen met de hierna te behandelen probleemstelling en doelstelling samengevat in schema.





UITGANGSPUNTEN ONTWERP 2

2.1 DE GEDACHTE

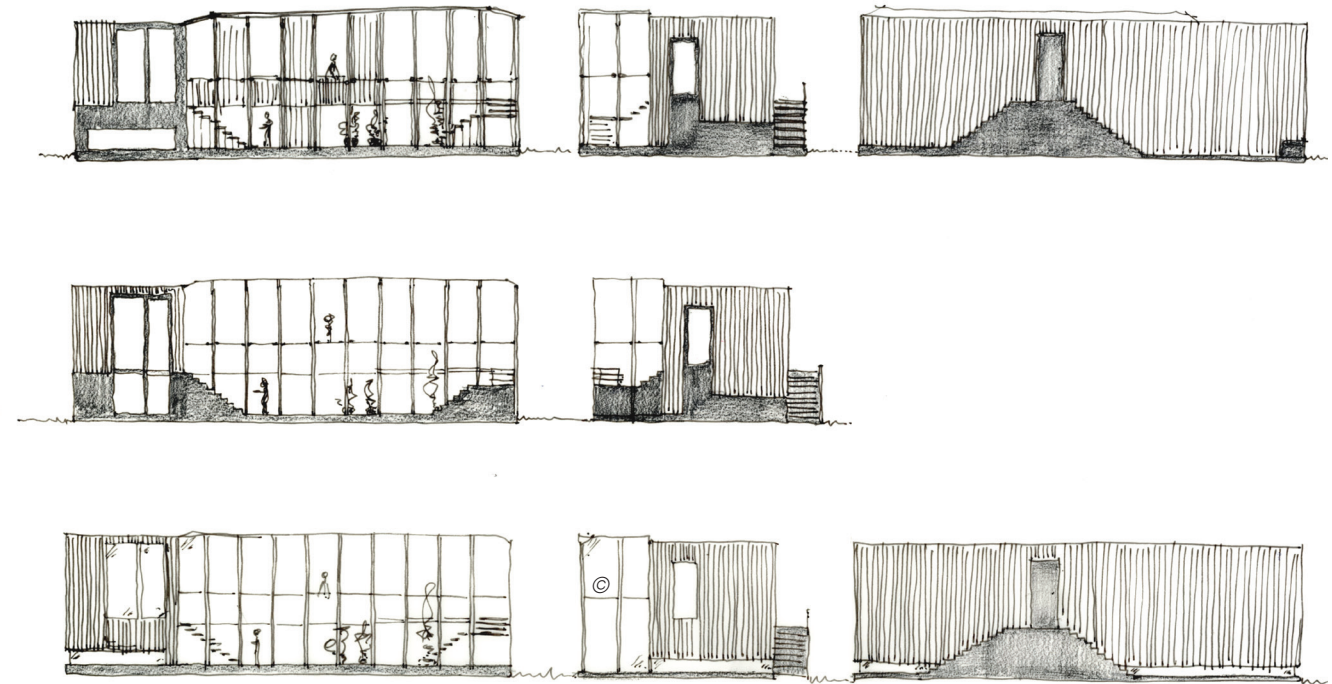
De ontwikkeling van de drijvende woning voor de ontwerpwedstrijd heeft plaats gevonden in een team van meerdere disciplines. Ondanks de futuristische kijk op de combinatie van wonen en duurzaamheid is er met een realistische en eenduidige visie gewerkt die in het hele ontwerp terugkomt:

- Maximaal benutten van het feit dat je drijft
- Geen vage aannames doen maar baseren op facts & figures
- Uitvoerbare en "down to earth" technieken te gebruiken

Uit deze visie is een uitvoerbaar ontwerp ontstaan dat uitgaat van in de markt bewezen technieken. Een ontwerp dat zijn omgeving schoner maakt en in het grootste gedeelte van het jaar energie levert, maar tegelijkertijd geen afbreuk doet aan het wooncomfort en daardoor een realiseerbaar woonhuis blijkt te zijn. De op zich simpele maar zeer doeltreffende gedachte dat je optimaal van de zon gebruikmaakt door met hem mee te draaien is een sterke zet in dit ontwerp. Door een zon toetredende kant en een zondichte kant te creëren kan men voldoen aan de klimatologische behoeften die door het jaar heen veranderen. Het doel van dit afstudeeronderzoek is om het ontwerp dat inmiddels ruim een half jaar oud is, onder de loep te nemen en vernieuwingen uit de markt toe te passen op het nieuwe ontwerp. De uiteindelijke uitdaging zal liggen in het omhoog brengen van het niveau van duurzaamheid van het ontwerp.

2.2 LOCATIE

De oorspronkelijke bestemming van de ontwerpwedstrijd was Amsterdam Oost. Maar door zijn autarkisch vermogen kan deze duurzame drijvende woning in elke gewenste gracht of rivier geplaatst worden. Hij zelfvoorzienend in energieopwekking, warmtevoorzieningen en levert schoon drinkwater voor haar bewoners. Bij het ontwerpen is behalve de afmeting (zie programma van eisen) geen rekening gehouden met specifieke locatiegerichte toepassingen.



Illustratie: Kraaijvanger • Urbis ©



illustratie: Schematische weergave tussen zomer en winter situatie
Kraaijvanger • Urbis ©

2.3 UITGANGSPUNTEN KRAAIJVANGER • URBIS

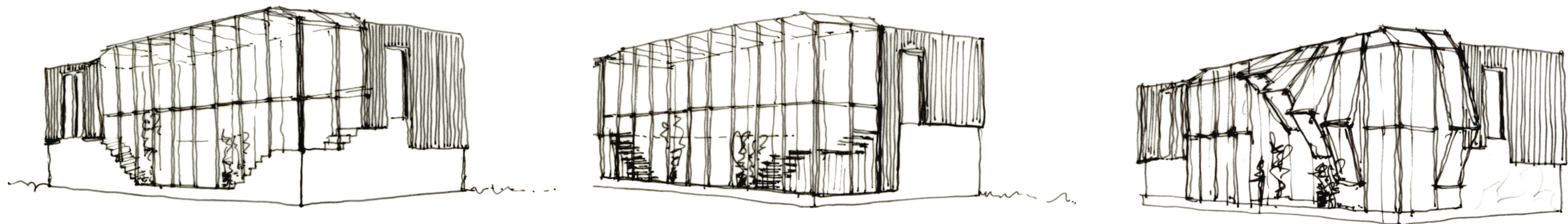
De bij de ontwerpwedstrijd genomen uitgangspunten zijn door Kraaijvanger • Urbis gehandhaafd en dienen ook als input voor mijn afstudeeronderzoek.

Programma van eisen

- De woning is 20 bij 7 bij 5 meter hoog (vanaf het water);
- De woning kost tussen de €250.000 en €500.000;
- De woning voldoet aan het bouwbesluit;
- De woning voldoet aan het Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht;
- De levensduur van de woning is minimaal 50 jaar;
- Verwarming in de woonvertrekken, minimaal 20 °C (bij een buitentemperatuur van -10 °C) en koeling, maximaal 26 °C;
- 150 liter tapwater van 60 °C per dag;
- Schoon drinkwater;
- Ventilatie-eisen volgens het bouwbesluit;
- Eigen watervoorziening en afvalwaterzuivering;
- Opslagcapaciteit voor energie (voldoende om zeven wind- en zonloze dagen op te vangen);
- 10 KWh per dag voor huishoudelijke apparaten voor koelen, vriezen, koken, afwassen, wassen, drogen, verlichting, televisie, audio, computers, etc.;
- Installatiegeluid in verblijfsruimte mag de 30 dB niet overschrijden voor toilet, kranen, douche, verwarming/warmwatervoorziening, ventilatie en 35 dB voor bad, douche, binnenriolering, pompinstallatie.

Naast dit basis programma van eisen voor het ontwerp zijn er nog een aantal zeer interessante additionele eisen gesteld aan het ontwerp. Deze additionele eisen zijn voornamelijk opgesteld in het kader van duurzaamheid. Allereerst wordt gesteld dat een oplaadpunt voor een elektrische auto een bonus zou zijn op de al eerder genoemde eisen. Dit oplaadpunt voor een elektrische auto heeft een zeer interessante dubbele achtergrond. Hierover zal verder in gegaan worden in het hoofdstuk installaties.

Zoals op elke duurzaamheidsagenda speelt ook bij dit ontwerp de CO₂ uitstoot een belangrijke rol. Beperking van deze uitstoot door de drijvende woning zal zoveel mogelijk beperkt dienen te worden tijdens de gebruiksfase. Een centrale rol binnen dit ontwerp speelt als laatste additionele eis de Cradle to Cradle gedachte. Binnen het programma van eisen voor de ontwerpwedstrijd van de drijvende woning was dit een vrijblijvende eis, alhoewel er tot op zekere hoogte wel degelijk een bepaalde mate van Cradle to Cradle werd verwacht. Binnen dit onderzoek is Cradle to Cradle echter een belangrijke voorwaardelijke eis geworden, omdat het de mogelijkheid geeft om je te profileren als ontwerpbureau. Voor Kraaijvanger • Urbis was de Cradle to Cradle gedachte een belangrijke pijler onder het ontwerp voor de drijvende woning en vandaar dat hierop dieper in gegaan zal gaan worden in het vervolg van dit onderzoek. Het volgende hoofdstuk zal worden gewijd aan de principes van duurzaamheid en Cradle to Cradle.



Illustratie: alternatieve ontwerpen Kraaijvanger • Urbis ©





CRADLE TO CRADLE 3

3.1 INLEIDING

Het begrip duurzaamheid is in de afgelopen jaren bij vele bedrijven en overheden hoger op de agenda komen te staan. Bedrijven geven tegenwoordig naast de jaarverslagen vaak ook duurzaamheidsverslagen uit om aan te geven dat moderne bedrijfsvoering niet enkel meer draait om het creëren van aandeelhouderswaarde en winst maar ook om de mate van duurzaamheid van het bedrijf. Ook overheden houden met het uitschrijven van aanbestedingen tegenwoordig rekening met duurzaamheidseisen. Het begrip 'duurzaamheid' is echter wel een vervuild begrip geworden in de loop der jaren, omdat het een verzamelnaam is geworden voor allerlei milieuvriendelijke, wereldverbeterende concepten die zichzelf met het begrip duurzaamheid op de kaart proberen te zetten. Om van het container begrip duurzaamheid gebruik te kunnen maken in dit afstudeer onderzoek zal er eerst een algemene definitie van duurzaamheid gegeven worden, vervolgens zal besproken worden wat de relatie is tussen het begrip duurzaamheid en het gedachtegoed van Cradle to Cradle. Hoe wordt Cradle to Cradle toegepast bij het duurzaam ontwerpen van gebouwen en aan welke criteria van het Cradle to Cradle gedachtegoed moet je voldoen om volledig duurzaam te ontwerpen?

3.2 DUURZAAMHEID

'Duurzaamheid gaat over de schaarste van de hulpbronnen waarmee welvaart wordt voortgebracht, zowel nu als in de toekomst. 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', aldus de definitie afkomstig uit een rapport 'Our Common Future' van de VN-commissie Brundtland uit 1987.

Duurzame ontwikkeling heeft tenminste drie dimensies: een sociale (rechtvaardigheid op wereldvlak), een ecologische (respect voor de draagkracht van de aarde), een economische (productie en consumptie voor behoeftebevrediging). Deze drie dimensies zijn weergegeven in bijgevoegd schema. Om te voldoen aan de definitie van duurzaamheid, moet er dus voldaan worden aan alle drie de dimensies.

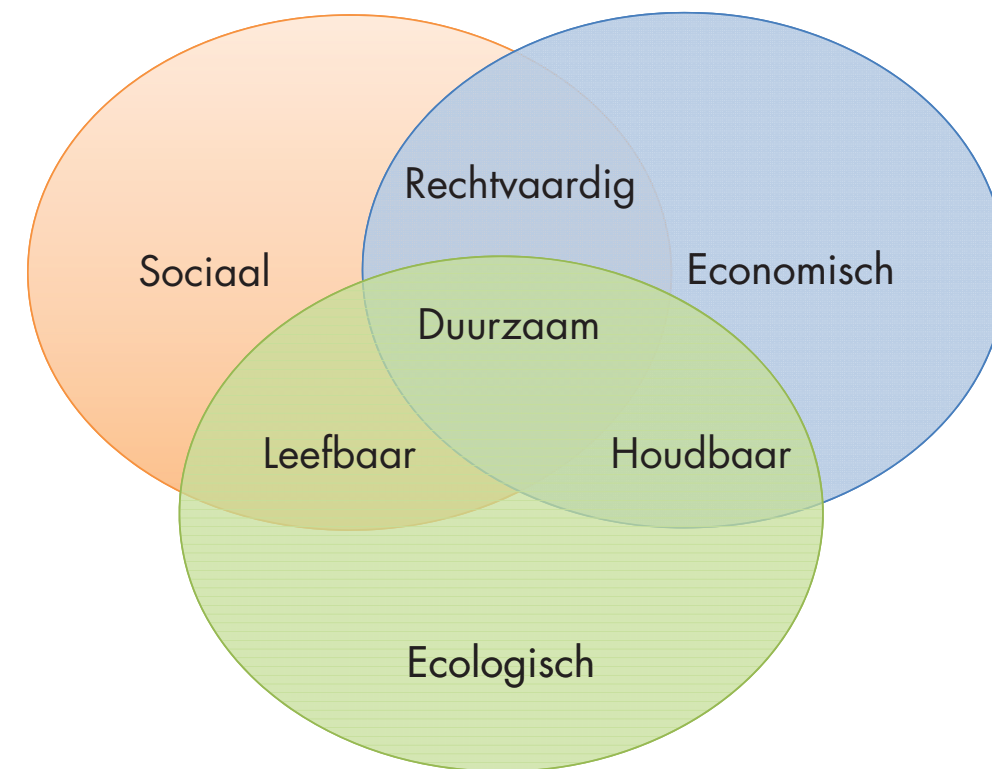
De termen 'duurzaamheid' en 'duurzaam gebruik' komen van oorsprong uit de bosbouw. Later zijn ze ook in de visserijbiologie gebruikt. In beide gevallen was de betekenis verwant met begrippen uit de ecologie. Het ging er om de natuur zodanig te beheren dat de natuurlijke structuren en processen niet principieel werden aangetast.

Concreet: aan visgronden en bossen mocht niet méér vis of hout worden onttrokken dan er door natuurlijke aanwas vanzelf weer bij zou komen. Het respecteren van deze 'gebruiksruimte' betekent dat ook toekomstige generaties er gebruik van kunnen blijven maken.

Net zoals in de specifieke definitie voor duurzaamheid in de bosbouw hierboven, heeft duurzaamheid ook in de bouwkunde een specifieke definitie. Duurzaam bouwen betekent volgens de Nederlandse Overheid (www.senternovem.nl): woningen en gebouwen ontwikkelen en beheren (gebruiken) met respect voor mens en milieu.

Het gaat bij duurzaam bouwen niet alleen om energiebesparing in huizen en gebouwen (gebouwde omgeving), maar bijvoorbeeld ook om:

- Gebruik van duurzame materialen die rekening houden met het milieu en de gezondheid van bewoners en gebruikers;
- Een gezond binnenmilieu om vocht, schimmel en ophoping van schadelijke stoffen te voorkomen;
- Prettige en leefbare huizen, gebouwen, wijken en steden;
- Duurzaam slopen door materialen te gebruiken die na sloop weer makkelijk kunnen worden hergebruikt;
- Verantwoord watergebruik;
- Voorkomen dat grondstoffen voor bouwmaterialen uitgeput raken.



Figuur 3: Schematische weergave duurzaamheid

Duurzaam bouwen speelt op drie schaalniveaus: materialen, gebouwen en stadsdelen en wijken. Het ene project combineert alle aspecten of thema's van duurzaam bouwen (zoals energie, materialen, gezondheid, ontwerp en landgebruik). Bij een ander project ligt de focus op één milieuaspect, bijvoorbeeld energie. Energieneutraal, klimaatneutraal of energiezuinig bouwen is een belangrijk onderdeel van duurzaam bouwen.

3.3 METHODES OM DE MATE VAN DUURZAAMHEID VAN BOUWEN TE METEN

Om de mate van duurzaamheid te bepalen voor gebouwen zijn er verschillende toetsingsmethodes ontwikkeld. Voorbeelden van deze toetsingsmethodes zijn het Eco device-model, Trias Energetica, Triple P-methode en Cradle to Cradle de meest voorname. De eerste drie methodes zullen kort besproken worden alvorens het begrip Cradle to Cradle behandeld zal worden.

Eco-device-model, dit model was één van de eerste toetsingsmodellen met betrekking tot de mate van duurzaam bouwen. Dit model is bedoeld om alle milieu-effecten die gedurende alle fasen van het bouw proces aan bod komen, inzichtelijk te maken. Het eco device-model beschouwt alle bouwfasen als één black box. De black box wordt bekeken op wat er ingaat (de milieuaspecten: denk aan grondstoffen, energie, en het ecosysteem), en er wordt gekeken naar wat uit de black box komt (de verschillende milieuaspecten: afval, energieverlies, verontreiniging, en verstoring van het ecosysteem). Dit wordt gedaan volgens de levenscyclusanalyse (LCA) door middel van de drie stappen strategie.

Aan de hand van de drie stappen strategie kan er gekeken worden naar hoe de instroom is tegen te houden, en hoe de uitstroom is te beperken. Hierdoor kan er een kringloop gecreëerd worden binnen de black box om zo het milieu niet aan te tasten. Dit kan bereikt worden door de drie stappen strategie te doorlopen:

IN Stroom	UIT Stroom
1. Beperk de vraag: voorkom onnodig gebruik	1. Voorkom afval
2. Gebruik duurzame / eindeloze bronnen	2. Hergebruik afval
3. Gebruik eindige bronnen verstandig	3. Verwerk (overig) afval verstandig.

Trias energetica, het meest toegepaste Eco Device-Model is het Trias Energetica model. Trias Energetica heeft zich echter alleen beperkt tot het energieaspect van duurzaam bouwen. Drie stappen om hieraan te voldoen zijn:

- 1. Beperk de energievraag (optimaal geïsoleerd, luchtdicht en gecontroleerd ventilerend);
- 2. Gebruik maken van duurzame energiebronnen (zon/wind energie bodemwarmte, etc.);
- 3. Gebruik eindige energie bronnen zo efficiënt mogelijk (hoog rendement).

Triple P, staat voor People - Planet - Profit/Prosperity. De term Triple P komt voort uit het concept van de Triple bottom-line zoals uitgewerkt door John Elkington in zijn boek Cannibals with Forks (Elkington, 1998). De triple bottom-line geeft aan dat een organisatie in haar bedrijfsvoering gelijkwaardig rekening moet houden met de volgende drie aspecten:

- People (mensen): de sociale consequenties van haar handelen
- Planet (milieu): de ecologische gevolgen
- Profit (winst): de economische rentabiliteit

Voor de Wereldtop over duurzame ontwikkeling te Johannesburg (2002) werd Profit veranderd in Prosperity (welvaart) om naast economische winst ook de maatschappelijke winst in de afwegingen te betrekken.

Naast de drie besproken toetsingsmethodes voor het meten van de mate van duurzaam bouwen is ook Cradle to Cradle een methode om de mate van duurzaamheid te meten. Dit afstudeeronderzoek en het ontwerp van de drijvende woning zijn toegespitst op het gedachtegoed van Cradle to Cradle als toetsingsmethode voor de mate van duurzaamheid. Hierna zal uitgelegd worden wat het duurzame concept van Cradle to Cradle inhoud, wat de voorstanders erover zeggen en waarom het volgens tegenstanders niet toepasbaar is. Daarnaast zal er besproken worden waarmee rekening moet worden gehouden in de ontwerpfase als het C2C gedachtegoed wordt toegepast.

3.4 CRADLE TO CRADLE

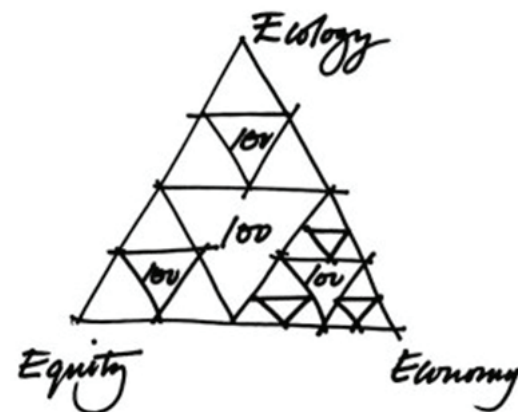
Het Cradle to Cradle concept past binnen de Industriële Ecologische (IE) benadering voor het ontwerpen van processen, systemen en gebouwen naar voorbeeld van de kringloop in de natuur, gelijk aan de oorsprong van het begrip duurzaamheid uit de ecologie wat eerder in dit onderzoek behandeld is. De vraag is: hoe heeft het concept Cradle to Cradle zich in de loop der jaren eigenlijk ontwikkeld?

In de jaren 70, nog voordat de term C2C gedefinieerd was zoals deze nu bestaat, schreef een Zwitserse architect samen met Genevieve Reday een rapport 'The potential for substituting Manpower for energy 1976' voor de Europese Commissie. Dit rapport sprak over een kringloop economie en hoe dit de economie (duurzame winsten), ecologie (vermindering ontginning en verspilling) en een rechtvaardige welvaart ten goede zou komen. Deze onderdelen (Economy, Ecology and Equity) vormen heden ten dage nog steeds de steunpilaren onder de theorieën van Braungart en McDonough, welke verderop in dit hoofdstuk besproken zullen worden.

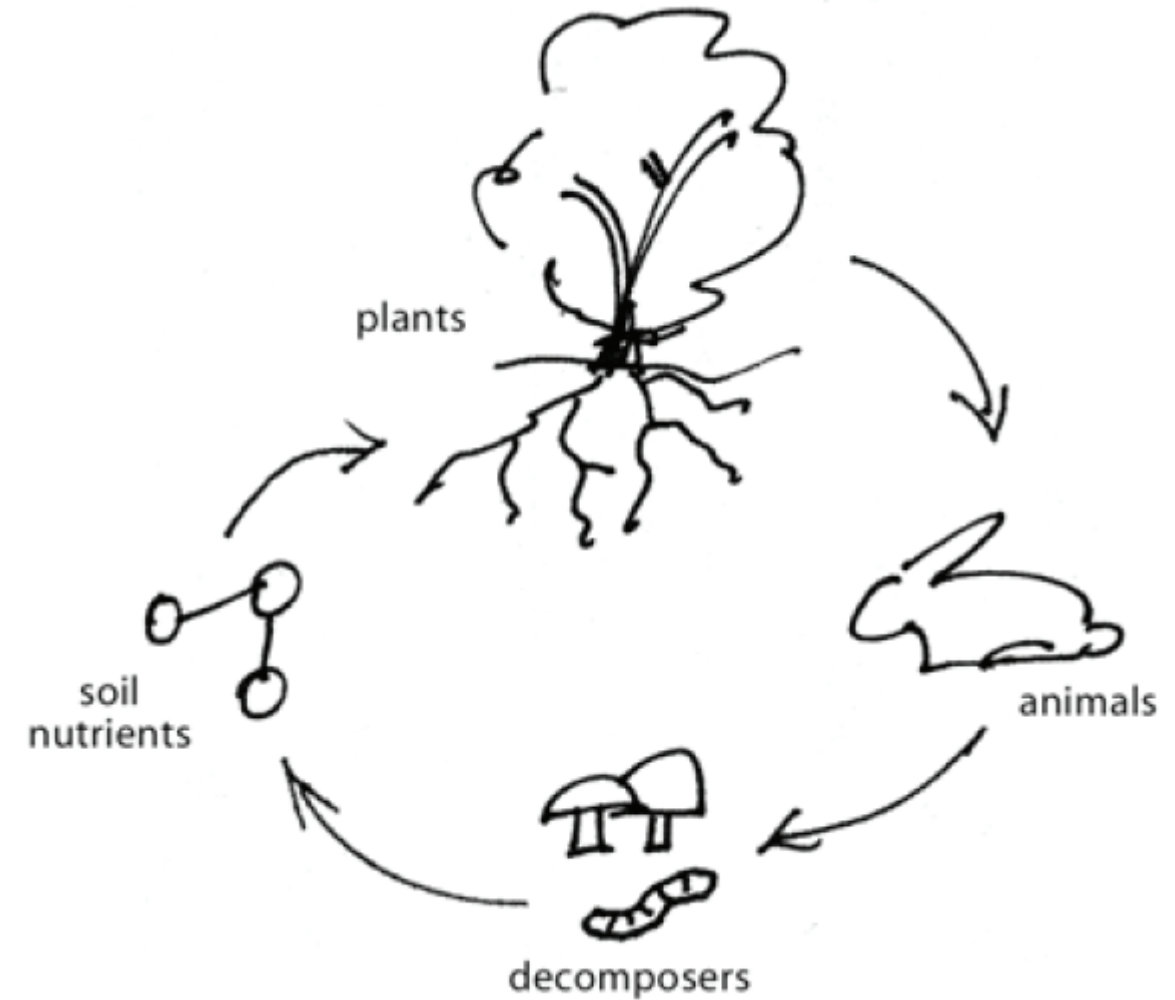
Om te ontwerpen met de 3 steunpilaren van de Cradle to Cradle gedachte is er een schema opgesteld. Deze fractale tegel is opgebouwd uit allemaal gelijkvormige vormen en heeft geen schaal. Het is bedoeld als hulpmiddel om vragen die opkomen tijdens het ontwerpproces te kunnen beantwoorden. Vragen die vanuit een bepaalde hoek komen, kunnen weerlegd worden met een tegenvraag uit een andere hoek.

Voorbeeld: vanuit de economische gedachte kan er gedacht worden om het productieproces van een

bedrijf naar landen te brengen met lage productiekosten en misschien wel kinderarbeid, puur kapitalistisch denkend. Hierop kunnen tegenvragen gesteld worden vanuit de hoek van de rechtvaardigheid. Zou er in het denkpatroon doorgeslagen worden in het denken vanuit rechtvaardigheid of ecologisch oogpunt dan zou de economische positie en daarmee de winst van het bedrijf in gevaar komen. Tijdens het ontwerpproces beweeg je je voort in het fractal op zoek naar de balans naar het denken vanuit meerdere oogpunten. Hierdoor wordt het denken in "ismes" zoals kapitalisme, communisme of ecologisme ontweken.

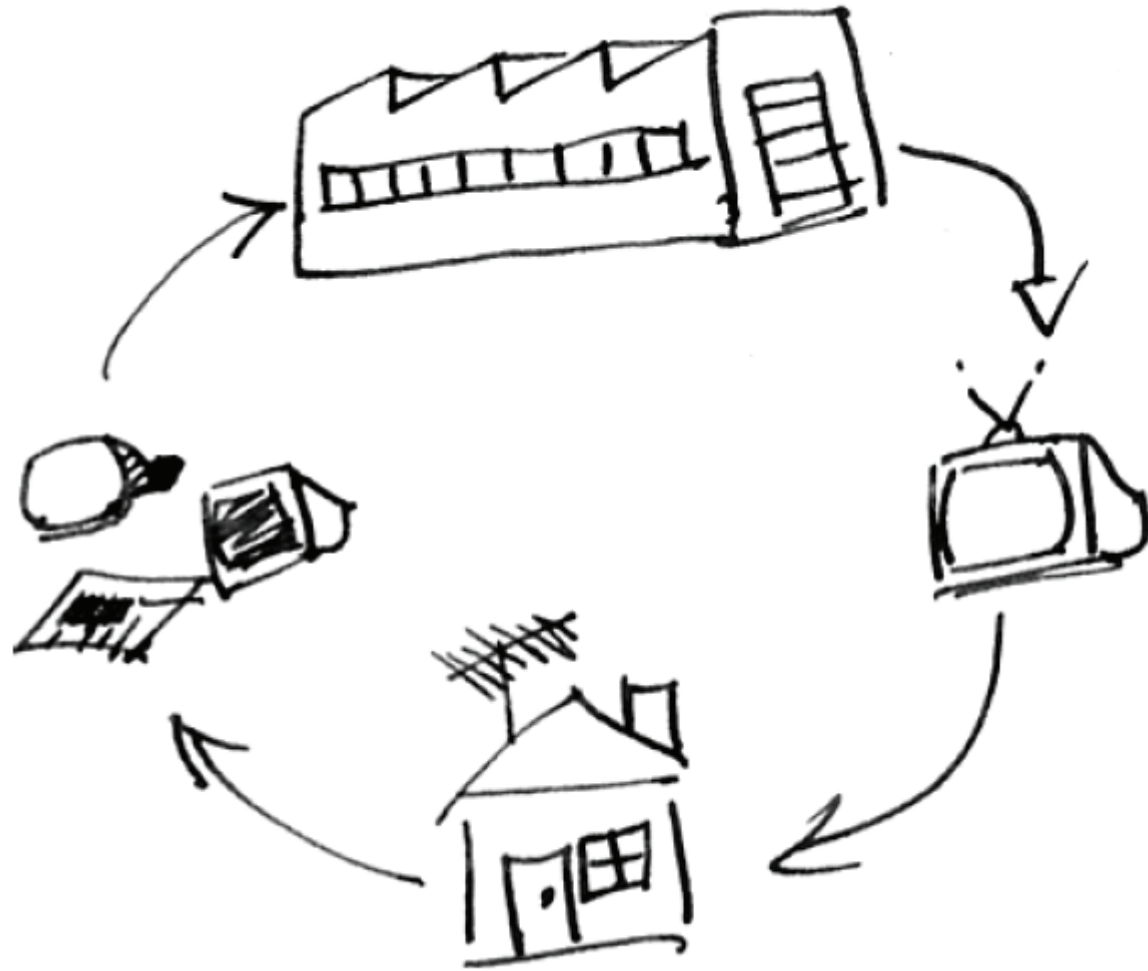


Figuur 4: Schematische weergave Equity, Economy en Ecology



Figuur 5: Schematische weergave natuurlijke kringloop volgens het C2C concept

De biologische kringloop stelt de aarde voor. Het natuurlijke recycleproces van de natuur is in staat om alle organische stoffen en verbindingen terug te brengen naar voedingstoffen voor nieuwe "producten". Dit natuurlijke recycleproces hoeft niet op gang gebracht te worden want het is altijd al aanwezig geweest op de aarde.



Figuur 6: Schematische weergave technische kringloop volgens het C2C concept

De technische kringloop bevat alle materialen die niet in de biologische kringloop terug gebracht kunnen worden omdat ze niet afbreekbaar zijn in de natuurlijke recycleprocessen. Deze minerale, synthetische en andere materialen moeten met een technisch recycleproces teruggebracht worden in de primaire staat van de stof.

In het nieuwe decennium hebben William McDonough en Michael Braungart het boek *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things* (2002) een boek uitgebracht, waarin ze een nieuwe visie op duurzaam ontwerpen geven. Dit boek gaf het begrip C2C voor velen een nieuwe dimensie. De gedachte van Cradle to Cradle ligt in het concept afval=voedsel, hierbij zouden alle materialen na hun levensloop nuttig te hergebruiken zijn in een volgende productie zonder kwaliteitsverlies.

McDonough en Braungart streven dus het recyclen van materiaal na op een manier dat de eigenschappen van het materiaal niet achteruit gaan. Met het op deze manier recyclen van materiaal moet al tijdens de ontwerpfase rekening worden gehouden. De huidige manier van ontwerpen van producten is echter over het algemeen het van wieg tot graf model (*Cradle to Grave model*). Producten worden ontworpen zonder dat er nagedacht wordt over wat er met de materialen gebeurt na het einde van de levensloop van het product. Er worden samenstellingen van materialen gemaakt die na de levensloop niet meer uit elkaar te halen zijn. Hierdoor worden veel bruikbare grondstoffen in materialen en producten "weggegooid" in de verbrandingsoven, in plaats van dat deze grondstoffen terugkeren als grondstoffen voor nieuwe materialen en producten.

Het devalueren van de grondstof in het recycleproces noemen Braungart en McDonough in hun boek "downcyclen". In de gedachte van Cradle to Cradle zou dit dus niet meer voor mogen voorkomen, door in het productieproces van producten goed na te denken over de gebruikte materialen en eigenschappen daarvan. Hierdoor kunnen de materialen na hun levensloop

volledig gescheiden worden zonder dat er onbedoelde chemische bruggen ontstaan die niet meer te scheiden zijn. Deze andere manier van recyclen noemen Braungart en McDonough in hun boek "upcyclen". Volgens het C2C-principe zijn er volgens McDonough en Braungart twee kringlopen te definiëren: de biologische kringloop en de technische kringloop.

3.5 HET CERTIFICERINGSSYSTEEM

Het MBDC is opgezet door Braungart en McDonough voor het Cradle to Cradle certificeren van producten. Het behoudt op dit moment het exclusieve recht om C2C te mogen certificeren. Het doel van de certificeringsmethode is om openheid te creëren naar de wereld door externe verificatie van de recyclebaarheid van het product of materiaal en daarmee de veiligheid en gezondheid voor mens en milieu in de toekomst te kunnen waarborgen. Hierbij vindt een deskundige beoordeling plaats van alle gevaren van de toxiciteit van alle materialen gedurende de gehele keten. Het traject waar het product doorheen gaat tijdens zijn levenscyclussen, in de biologische kringloop of de technische kringloop, is gedefinieerd. Uiteindelijk wordt elk product of materiaal gekwalificeerd aan de hand van de certificeringsrichtlijnen. De Cradle to Cradle certificering kent vier verschillende certificaten:

C2C Basic certificaat

C2C Silver certificaat

C2C Gold certificaat

C2C Platinum certificaat

Een gecertificeerd C2C product of materiaal wordt gekwalificeerd op een aantal duurzaamheidscategorieën, die hiernaast verder besproken zullen worden.





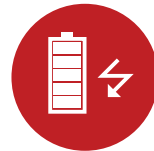
Maatschappelijke verantwoordelijkheid

Om een product het C2C certificaat toe te wijzen, worden de producten getoetst op een aantal duurzaamheidscategorieën. Naast deze eerder genoemde categorieën wordt een C2C product ook getoetst op een sociale categorie. Voor de verschillende niveaus van certificering (Basic, Silver, Gold en Platinum) zijn er bepaalde sociale en ethische criteria opgesteld. Deze worden onderverdeeld in bedrijfsethiek, aanwezigheid van een intern sociaal accreditatie proces en de aanwezigheid van accreditatie van de gehele waardeketen van het product.



Materiaalhergebruik

Over elk materiaal dat in het te certificeren product zit, is bekend in welke technisch of biologische kringloop deze terecht komt. Voor elk materiaal is een plan geschreven voor materiaalherstel en hergebruik. In het ontwerpproces van het product is dit meegenomen zodat de materialen na de levensloop ook daadwerkelijk weer praktisch en haalbaar te scheiden is.



Energiehuishouding

Bij het vervaardigen van producten of materialen is energie nodig. Deze energiehuishouding moet voor het certificaat in kaart gebracht worden, zowel kwantitatief als kwalitatief. Het ultieme doel van een Cradle to Cradle ontwerp is dat alle energie-input komt van duurzame energiebronnen zoals aardwarmte, windenergie, biomassa, waterkracht en zonlicht. Er moet een strategie ontwikkeld worden om ook in de toekomstige energiehuishouding duurzaamheid na te streven.



Materiaalanalyse

Hierbij worden alle aanwezige materialen in het te certificeren product geanalyseerd en gerapporteerd. Ook wordt bepaald in welk voedingsketen het materiaal behoort, biologische of technische kringloop. Voor hout gebaseerde producten, of voor houthoudende producten, moet de bron van het hout worden geïdentificeerd. Het streven moet zijn om alle zware milieubelastende materialen te vervangen door milieuvriendelijke varianten.



Waterhuishouding

Volgens de C2C certificeringscriteria moet het waterhuishouden dat bij het vervaardigen van een product of materiaal ontstaat als gevolg van bijvoorbeeld het koolen van installaties in kaart gebracht worden. Er moeten strategieën ontwikkeld worden voor de bescherming en het behoud van de kwaliteit en het aanbod van de watervoorraden. Hiervoor kunnen volgens het MBDC de volgende algemeen bekende richtlijnen worden gevolgd:

- World Business Council for Sustainable Development – Water Principles;
- Water Management Principles of the Ministry of Water, Land and Air Protection from the Government of British Columbia;
- Hannover Principles: Design for Sustainability – Water.

In deze strategieën moet bekend zijn wat en in welke staat de bron van de watervoorziening is, het watergebruik tijdens het proces en de staat van het water bij het lozen.

3.6 C2C: HET TOPPUNT VAN DUURZAAMHEID?

Zoals uit de certificeringsrichtlijnen blijkt, beslaat het C2C concept een zeer breed speelveld. Duurzaamheid wordt hierdoor vertaald in voordelen voor mens, natuur, energiebronnen en maatschappij. McDonough en Braungart beschrijven de volgende voordelen van de Cradle to Cradle filosofie. Het doel van Cradle to Cradle is het creëren van een systeem waarin producenten verantwoordelijkheid nemen voor de levensloop van hun producten zodat deze worden ontworpen met als uiteindelijke doel om te worden gerecycled. Door dit essentiële verschil in het denken en handelen van de producent door terugname van hun producten na de levensloop, kunnen de fabrikanten concurreren op basis van hoe efficiënt hun producten kunnen worden gerecycled in plaats van alleen hoe efficiënt ze kunnen worden geproduceerd en verhandeld. Het ideale Cradle to Cradle product vormt weinig tot geen risico voor de volksgezondheid, wordt ontworpen in een gesloten kringloop zodat deze oneindig recyclebaar of composteerbaar zouden zijn, wordt gemaakt met behulp van zonne-energie of andere duurzame energiebronnen, heeft geen invloed op lokale waterbronnen, en is ontworpen op een manier die de rechten van de mensen van onze planeet respecteert.

3.7 C2C: EEN ONDOORDACHTTE HYPE?

Pim Martens en Bas Amelung, hoogleraar en docent aan het instituut ICIS van de Universiteit Maastricht stellen dat de C2C filosofie misleidend is. Hun visie is dat de technologische kringloop veel sneller zal groeien dan de biologische kringloop, maar dat er

voor veel niet-afbreekbare stoffen nog geen nieuwe eindproducten bestaan. De technologische kringloop zal dus moeilijk te sluiten zijn. Daarnaast zijn er nog te weinig volledig afbreekbare stoffen. Daarbij komt dat ook natuurlijke stoffen bij een te hoge concentratie schadelijk zijn voor milieu en gezondheid. De gevolgen van C2C-systemen voor transport (demontage en hergebruik van producten leiden tot meer vervoer) en energiegebruik (recycling kost veel energie) blijven doorgaans onderbelicht wanneer men onderzoek doet naar de toepassing van het C2C concept.

Dit laatste punt hangt samen met de bevindingen van Bob Geldermans (2009). De geografische factor speelt volgens hem een rol in de mate van duurzaamheid van het C2C concept. Dat komt door de beperkte beschikbaarheid van bepaalde materialen. De C2C-gecertificeerde producten die wel op de markt te krijgen zijn, zijn geografisch onvoldoende verspreid. Ook is er nog niet voor elk productsoort een gecertificeerd alternatief aanwezig. Als voorbeeld is te noemen dat er in Nederland of Europa geen bedrijf is dat C2C-gecertificeerd glasproducten aanbiedt, dit in tegenstelling tot Amerika waar dit al wel aanwezig is op de markt.

Een vaak gehoord nadeel van C2C is dat het zeer hoge eisen kent waardoor het lastig te implementeren is. Geldermans (2009) concludeert in zijn onderzoek 'Cradle to Cradability' dat er een aantal obstakels zijn die de implementatie van C2C in de Nederlandse bouwsector kunnen bemoeilijken. De belangrijkste obstakels worden hierbij gevormd door het feit dat er momenteel geen transparante systemen zijn voor het

terug traceren van processen en materialen, er een discrepantie bestaat tussen ambities en interesses van de verschillende actoren, er gekozen wordt voor risicomijdende strategieën waarbij niet van de bestaande routes afgeweken wordt, de wetgeving is er niet op ingericht en de C2C certificering is onduidelijk en niet op orde.

Andere veel gehoorde kritiek op C2C wordt aangehaald door architect en duurzaamheidsexpert Dennis

Hauer (www.duurzaamgebouwd.nl). Hauer beweert dat 'een Cradle to Cradle-gebouw meer is dan een gebouw opgebouwd uit Cradle to Cradle-materialen'. Hij pleit voor meer aandacht voor de gehele levenscyclus van een gebouw en betrokkenheid van de bouwer en ontwerper bij het onderhouds- en sloopwerkzaamheden. Hij vindt dat C2C zich meer moet richten op verbeteren van het gehele proces in plaats van enkel het productieproces.



"De centrale gedachte van de C2C filosofie, is dat alle gebruikte materialen na hun leven in het ene product, nuttig kunnen worden ingezet in een ander product, Braungart en McDonough"

3.8 C2C: TOPPUNT VAN DUURZAAMHEID OF ONDOORDACHTTE HYPE?

Voordat er overgegaan wordt tot het ontwerp van de Drijvende woning, wordt er eerst bekeken wat de voor- en nadelen zijn van Cradle to Cradle. De idealistische filosofie van Cradle to Cradle met de gesloten kringloop naar voorbeeld van de natuurlijke kringloop en voordelen voor Economy, Ecology en Equity heeft in theorie veel potentie, zoals is gebleken in eerdere passages uit dit onderzoek.

Er zijn momenteel al initiatieven te benoemen die de Cradle to Cradle filosofie omarmen, zoals bijvoorbeeld het Cradle to Cradle uitvoeren van de Floriade van Venlo in 2012. Maar wat levert dit op voor deze organisaties?

- Een bruikbare gedachte om mee te kunnen ontwerpen zonder dat deze gedachte meetbaar aanwezig moet zijn in het uiteindelijke eindresultaat;
- Gecertificeerde (bouw)materialen waarvan je zeker kunt stellen dat deze met de grootste zorg voor ecologie en met rechtvaardigheid vervaardigd zijn;
- Een bruikbare gedachte om bedrijfsprocessen, bedrijfsethiek, energie- en waterhuishouding op nieuw te definiëren van microniveau tot macroniveau (gemeente-landelijk niveau);
- Reductie van afval- en energiekosten door meer eco-effectieve processen;
- C2C-Certificaat kan dienen als promotie richting stakeholders, vergelijkbaar met het stempel Maatschappelijk Verantwoord ondernemen;
- Een bijdrage aan de oplossing voor het afvalprobleem;
- Na de levensloop goed scheidbare grondstoffen.

Het Cradle to Cradle concept is nog niet volledig geoptimaliseerd en dus zijn er zeker ook nog kritische noten te plaatsen bij de toepassing van het Cradle to Cradle concept:

- Doordat er slechts één enkele C2C certificerings instantie is, zou er een bepaalde mate van subjectiviteit kunnen bestaan in het toewijzen van de certificaten. Aan de andere kant moet worden meegegeven dat er door deze manier van werken geen wildgroei aan C2C certificaten ontstaat;
- Realiteitszin wordt uit het oog verloren in de hedendaagse toepassing van C2C materialen en met name hun proces van recyclen. Ideale scenario's van energieverbruik worden toegepast, terwijl dit met de huidige energie-opwekking nog niet haalbaar is. Dit kan resulteren in een uiteindelijk zwaardere belasting van het milieu door het onderschatte energieverbruik;
- Er wordt (te) veel informatie gevraagd van het bedrijf met betrekking tot bedrijfsethiek en productie processen waardoor bedrijven afhaken die potentiële C2C te certificeren producten in huis hebben;
- Er zijn veel te weinig C2C-gecertificeerde bouwmaterialen op de markt aanwezig;
- Het C2C principe is niet op gebouwniveau meetbaar te maken.

Dit laatste punt over het meetbaar maken op gebouwniveau is voor de Drijvende Woning natuurlijk van cruciaal belang, hoe kan er anders bepaald worden in welke mate de Drijvende Woning voldoet aan de C2C

filosofie? De kern waar de discussie over het meetbaar maken van C2C op vast loopt is de impact van duurzaamheid ten opzichte van de investering. Dit wil zeggen, hoe overtuig je de opdrachtgever van het feit dat een extra investering voor een duurzamer gebouw benodigd is en dat men er vervolgens geen beloning voor terug krijgt in de vorm van een goede score of een certificaat. De noodzaak voor het op gebouwniveau meetbaar maken van C2C ligt volgens Vincent van der Meulen (Kraaijvanger • Urbis) opgesloten in redenen die zij ook tegen kwamen bij het volledig C2C ontwerpen van het Stadhuis van Venlo:

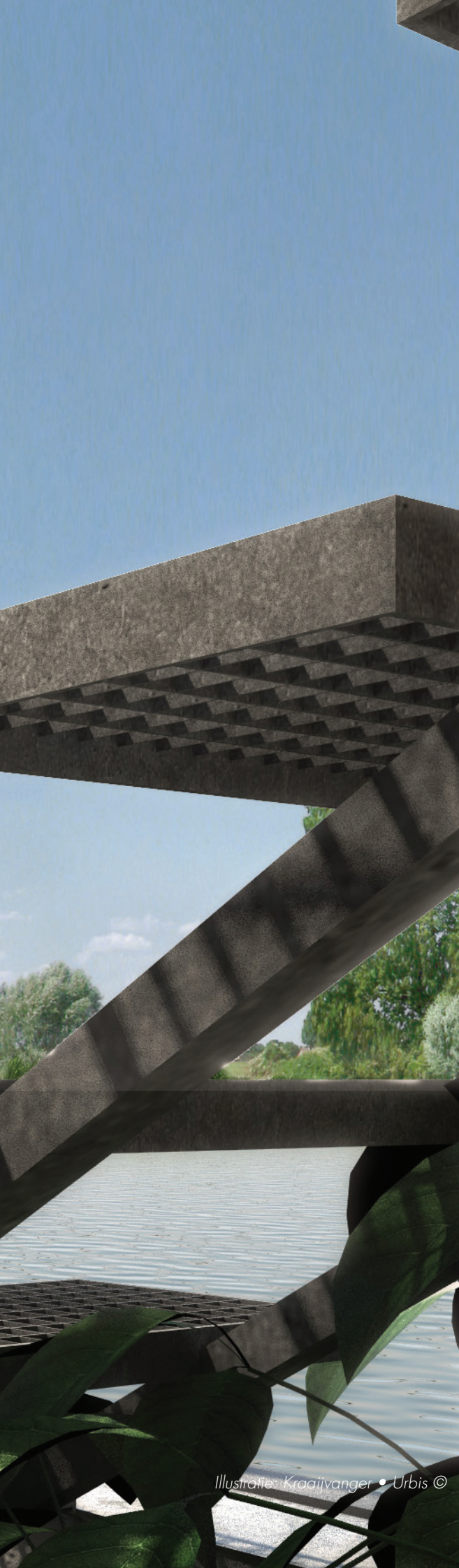
- Beslissingen zijn moeilijk te onderbouwen in bouwteams door de complexiteit van de materie;
- De drang naar feedback op een geleverde prestatie;
- Door de mate van duurzaamheid van C2C te kunnen meten, zou de meerwaarde van C2C gewaardeerd en geaccepteerd kunnen worden;
- Afwegingen over investeringsbeslissingen voor bepaalde onderdelen van het ontwerp hebben naast prijs en kwaliteit een derde dimensie, de C2C dimensie.

Vanuit zijn werkzaamheden als ontwerper bij het volledig C2C ontwerpen van het stadhuis van Venlo doet van der Meulen de volgende aanbevelingen voor het opzetten van een C2C meetsysteem op gebouwniveau:

- Een voorstel is het iken van het ontwerp aan een ander duurzaam gebouw;
- Een ander voorstel is een standaard woning met een minimale bouwbesluit als uitgangspunt nemen en dan van hieruit berekenen hoeveel beter de te ontwerpen woning is.

De vergelijking met een ander duurzaam gebouw of een standaard woning met een minimale bouwbesluit zou een zeer veelomvattend onderzoek gaan opleveren, wat gezien de beperkte beschikbare tijd van dit afstudeeronderzoek onhaalbaar is. In dit onderzoek zal er een reëel ontwerp van de Drijvende woning worden gemaakt, met daarin uitgelegd de afwegingen van enkele wel en niet C2C gecertificeerde materialen. Deze afwegingen worden beïnvloed door de beheersaspecten die later zullen worden toegelicht, te beginnen met de ontwerpcriteria.





HET ONTWERP 4

4.1 ONTWERPKEUZES

In deel 2 van het onderzoeksrapport zal het ontwerp van de drijvende woning uitgelegd worden. Het ontwerp zal getoetst worden aan de hand van de eerder gestelde sub probleemstellingen:

Ideaal: Hoe zou het ontwerp van een drijvende woning van uitsluitend C2C-gecertificeerde bouwmaterialen eruit zien?

Reëel: Hoe ziet het ontwerp van een drijvende woning eruit die optimaal aan het gestelde programma van eisen voldoet?

Bij de beantwoording van de eerste vraag zal een kader voor het ideale C2C ontwerp geschetst worden. Terwijl bij het beantwoorden van de tweede onderzoeksvraag de realiteit in ogenschouw gehouden zal worden. De volgende pijlers zijn als beheersaspecten geformuleerd en vormen een rode draad door de verschillende ontwerponderdelen van de drijvende woning:

- C2C ontwerpcriteria
- Onderhoud
- Financiën

Ontwerpcriteria Cradle to Cradle

In het boek 'Cradle to Cradle, afval is voedsel' staan ontwerpcriteria die ook in de architectuur toepasbaar zijn. Deze beschreven ontwerpcriteria zijn toepasbaar op een materiaal, product of ontwerp.

Uit het boek Cradle to Cradle, afval = voedsel (W. McDonough & M. Braungart, 2007) en de MBDC C2C certificeringscriteria zijn de volgende C2C-ontwerpprincipes gededistilleerd:



1. Ontwerp alle producten zodanig dat na gebruik alle materialen hoogwaardig hergebruikt kunnen worden in de biologische of technologische kringloop. Voorkom daarbij hybride materiaalstromen die zeer moeilijk te scheiden zijn. Ga daarbij uit van herontwerpen in plaats van verbeteren en neem de natuur daarbij als voorbeeld.
Voorbeeld: gebruik van C2C gecertificeerde materialen.

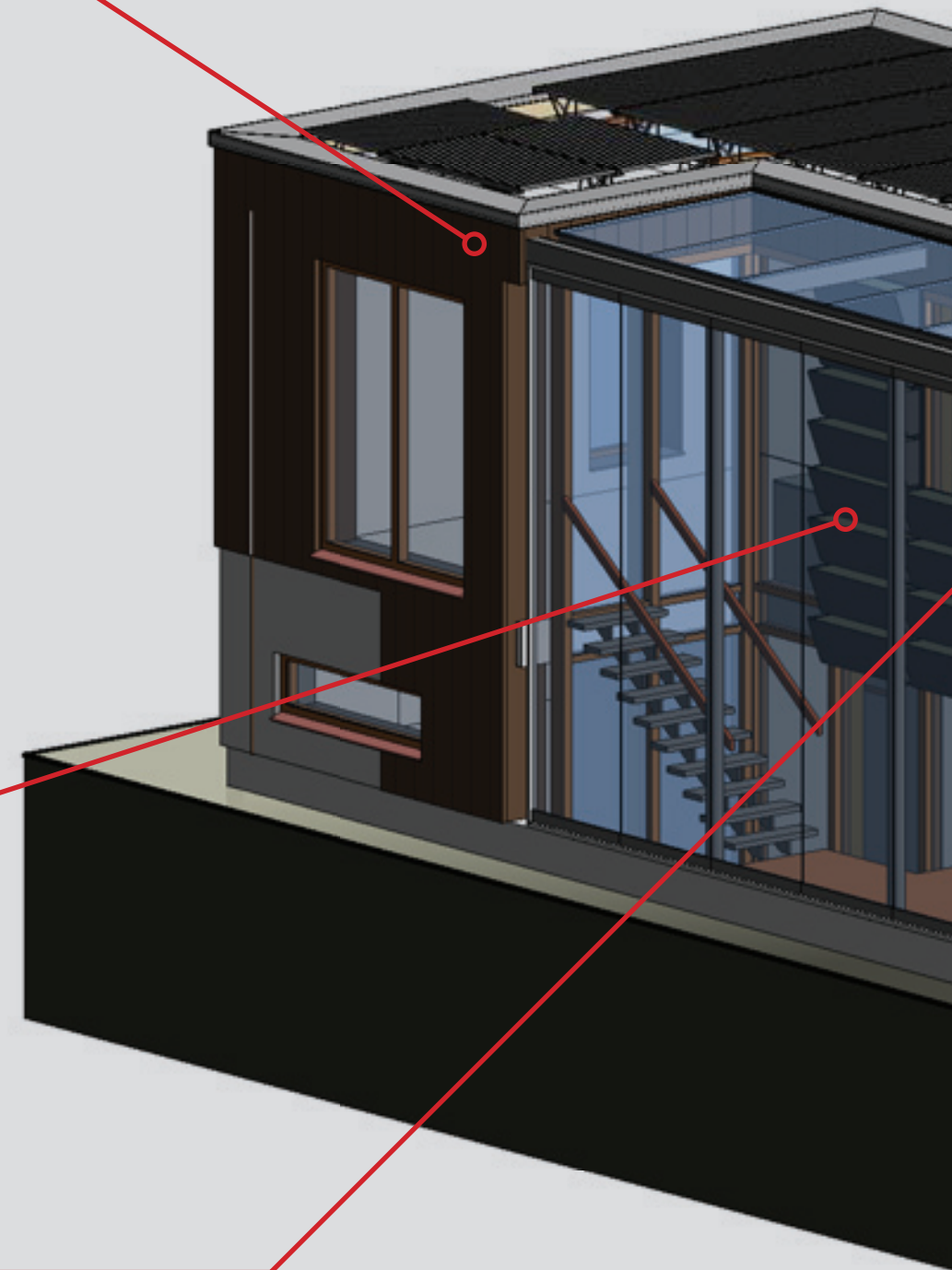
2. Zorg er voor dat bij het productieproces en het gebruik van het product geen (voor mens en milieu) schadelijke dan wel toxische stoffen vrijkomen.
Voorbeeld: Detailafdichting goed verzorgen dat gebruik van PUR en andere afdichtingsmiddelen niet nodig zijn.

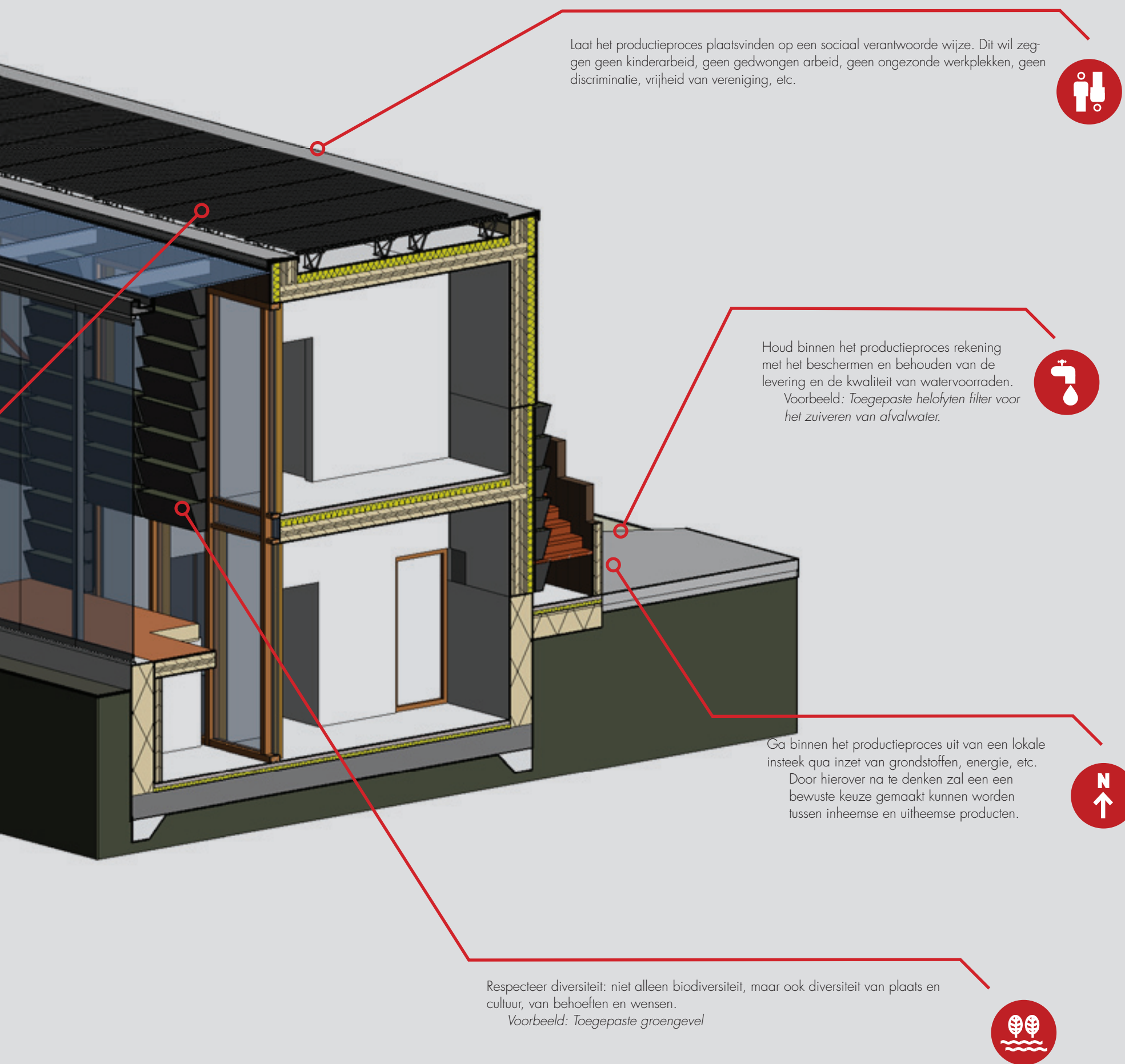


Zorg er voor dat het productieproces of het gebruik van het product een toegevoegde waarde creëert voor zijn omgeving (schoner milieu en gezond voor mensen). Ontwerp vanuit alle P's binnen de Triple P (People - Planet - Profit/Prosperity).
De drijvende woning is ontworpen als levend organisme, hij zal net als een boom van de natuur voedingsstoffen afnemen maar ook weer terug geven.



Maak gebruik van duurzame energiestromen zoals zon en wind.
Voorbeeld: Energieopwekking door middel van solyndra PV-panelen op het dak en opslag hiervan in brandstofcel.





Onderhoud

Bij het beheersaspect onderhoud wordt een oordeel gegeven over de levensduur van een materiaal. Deze hangt nauw samen met het benodigde onderhoud, zo kan ervoor gekozen worden om meer onderhoud plaats te laten vinden en hierdoor de levensduur te verlengen of voor minder onderhoud te kiezen en het materiaal of onderdeel eerder te vervangen. De benodigde intensiteit van het onderhoud speelt over het algemeen zelf ook al mee in de afweging voor een materiaal. Belangrijk is daarnaast ook te voorkomen dat benodigd onderhoud voor het verlengen van de levensduur van het materiaal het gebruik van C2C gecertificeerde materialen teniet doet. Kort voorbeeld: C2C gecertificeerd hout wat wordt geleverd met een niet gifvrije verf.

Financiën

Binnen het beheersaspect financiën speelt de traditionele afweging tussen kosten en baten een hoofdrol. Keuzes in het ontwerp worden gemaakt op basis van het beschikbare budget. Maar in het geval van de drijvende woning speelt hier dan nog de dimensie C2C een rol. Dit betekent dat de keuze voor C2C uiteindelijk ook in de baten terug zou moeten komen, dit kan bijvoorbeeld zijn in de vorm van subsidie van de overheid. Daarnaast zouden lagere recyclekosten van C2C gecertificeerde materialen een positieve bijdrage kunnen leveren aan de totale kosten van het ontwerp. Als laatste afweging voor de financiën zal de levensduur van de materialen in ogenschouw genomen worden, langere levensduur van C2C gecertificeerde materialen kunnen ook hierdoor weer een positieve uitwerking hebben op het totale kostenplaatje van de drijvende woning.

Materialisatie

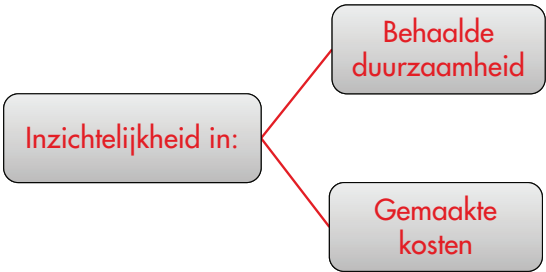
Bij de keuze van de materialen van de drijvende woning zijn een aantal factoren van belang. Allereerst moet het ontwerp aan de vigerende wetgeving voldoen zoals het bouwbesluit. Als tweede spelen de drie eerder beschreven beheeraspecten C2C ontwerpcriteria, onderhoud en financiën een belangrijke rol. Door deze verschillende factoren zijn de keuzes in het ontwerpproces niet altijd eenduidig te maken. De afwegingen wijken per keuze van elkaar af wat het ook lastig maakt een afweging te maken voor de Drijvende woning in zijn geheel. Hoe zou Cradle to Cradle toch kwalitatief meetbaar kunnen maken? Bij een gebrek aan methodes om Cradle to Cradle te meten is er een matrix opgezet om overzicht aan te brengen in de onderwerpen van de eerder genoemde discussie over de noodzaak van het meetbaar maken van Cradle to Cradle.

In de matrix zijn de beheeraspecten afgezet tegen het effect dat het materiaal heeft op de verschillende criteria. De materialen kunnen een uitgesproken positief effect hebben, een neutraal of een uitgesproken negatief effecten hebben op de gestelde criteria van de beheeraspecten. Op deze manier wordt er een kwalitatieve beoordeling gedaan over de effecten die optreden op de criteria.

Hoe ziet het ideale ontwerp van de drijvende woning eruit? Deze vraag is met het eerste gedeelte van de matrix te beantwoorden. De eerste twee beheeraspecten: C2C criteria en onderhoud geven het duurzame karakter van een materiaal weer. De meest ideale keuze is het materiaal dat de meeste positieve effecten scoort op de verschillende criteria.

Ontwerpkeuzes zijn niet alleen te maken op basis van de beheeraspecten C2C-criteria en onderhoud. De duurzaamheid van de ideale keuze zal afgezet moeten worden tegen de reële keuze waarbij het derde aspect financiën meegenomen wordt. De gevolgen van de financiële effecten op de keuze zijn een kwantitatieve beoordeling

Bij het maken van de ontwerpkeuze kunnen bepaalde randvoorwaarden die nog niet in de matrix verwerkt zitten, een doorslaggevende rol spelen. Bij de drijvende woning speelt gewicht van de materialen een belangrijke rol. Ondanks het positieve effect van een materiaal op de duurzaamheid kunnen deze randvoorwaarde doorslaggevend zijn.



In deze matrix zijn alle dimensies verwerkt, waardoor er inzicht kan worden gegeven in de gemaakte kosten ten opzichte van het duurzaamheidsgehalte wat er bereikt wordt.

materiaalkeuze aan de hand van de matrix Cradle to Cradle.

De drijvende bak is de basis van de drijvende woning. Het heeft een groot volume percentage van het totaal van de drijvende woning. In de zoektocht naar een woning die optimaal aan het gestelde programma van eisen voldoet is de drijvende bak een belangrijk bouwonderdeel. In het oorspronkelijke ontwerp van de drijvende woning zat een betonnen drijfbak. Naast beton zijn er ook alternatieve materialen te vinden in polyester: bio-composiet. Voor elk van deze twee materialen is een matrix ingevuld die hiernaast te zien is.

Materiaalalternatieven	Producent	Duurzaamheidsklasse
Beton	ENCI HeidelbergCement	70% secundair grondstoffen kan 150 jaar mee
Polyester: Bio composiet	Polux Bv.	100% natuurlijke materialen kan 20 jaar meegaan zonder beschermer.

In het overzicht van de matrixen wordt het duurzame karakter van ieder materiaal weergegeven. Er is te zien dat het materiaal Bio-composiet meer uitgesproken positieve effecten heeft ten aanzien van Cradle to Cradle ten opzichte van beton. Daarentegen heeft beton een langere levensduur en is goedkoper in aanschaf.

MATRIX CRADLE TO CRADLE BOUWEN

BETON

Beheersaspecten	Criteria	Effect		
		Positief	Neutraal	Negatief
C2C criteria	Recycling			
	schadelijke toxische stoffen			
	Toegevoegde waarde voor zijn omgeving			
	Duurzame energie (gebruik)			
	Diversiteit			
	watervoorraden			
	maatschappelijke verantwoordelijkheid			
	lokale insteek			
Onderhoud	Levensduur			
	Onderhoud van materialen			

Matrix Financiële aspecten

		Bedrag / Effect		
Financiën	aanschafkosten	€ 71.000		
	onderhoudskosten			
	terugverdiëntijd			
Overige randvoorwaarde	gewicht			

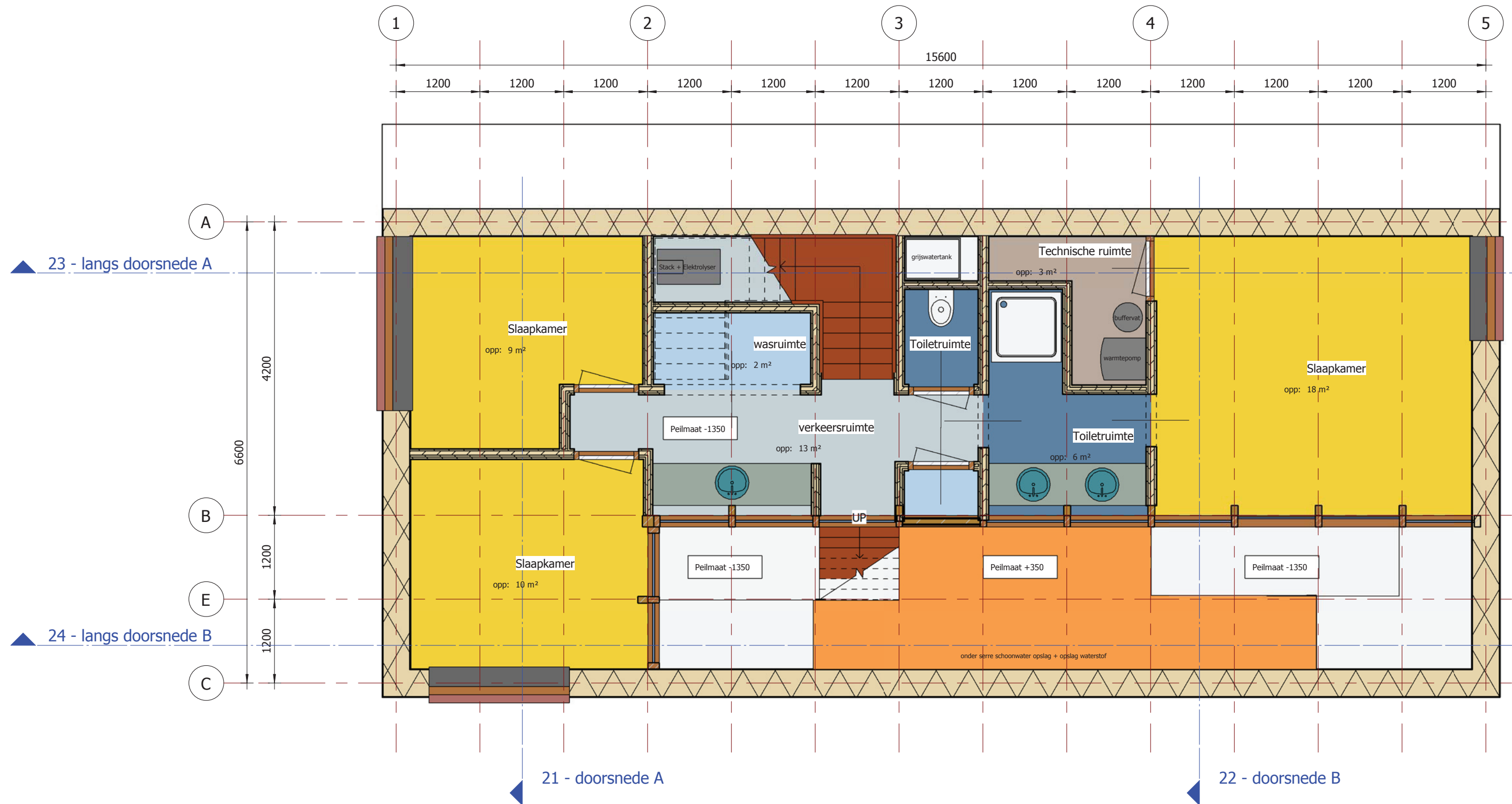
MATRIX CRADLE TO CRADLE BOUWEN

BIOCOMPOSITIET

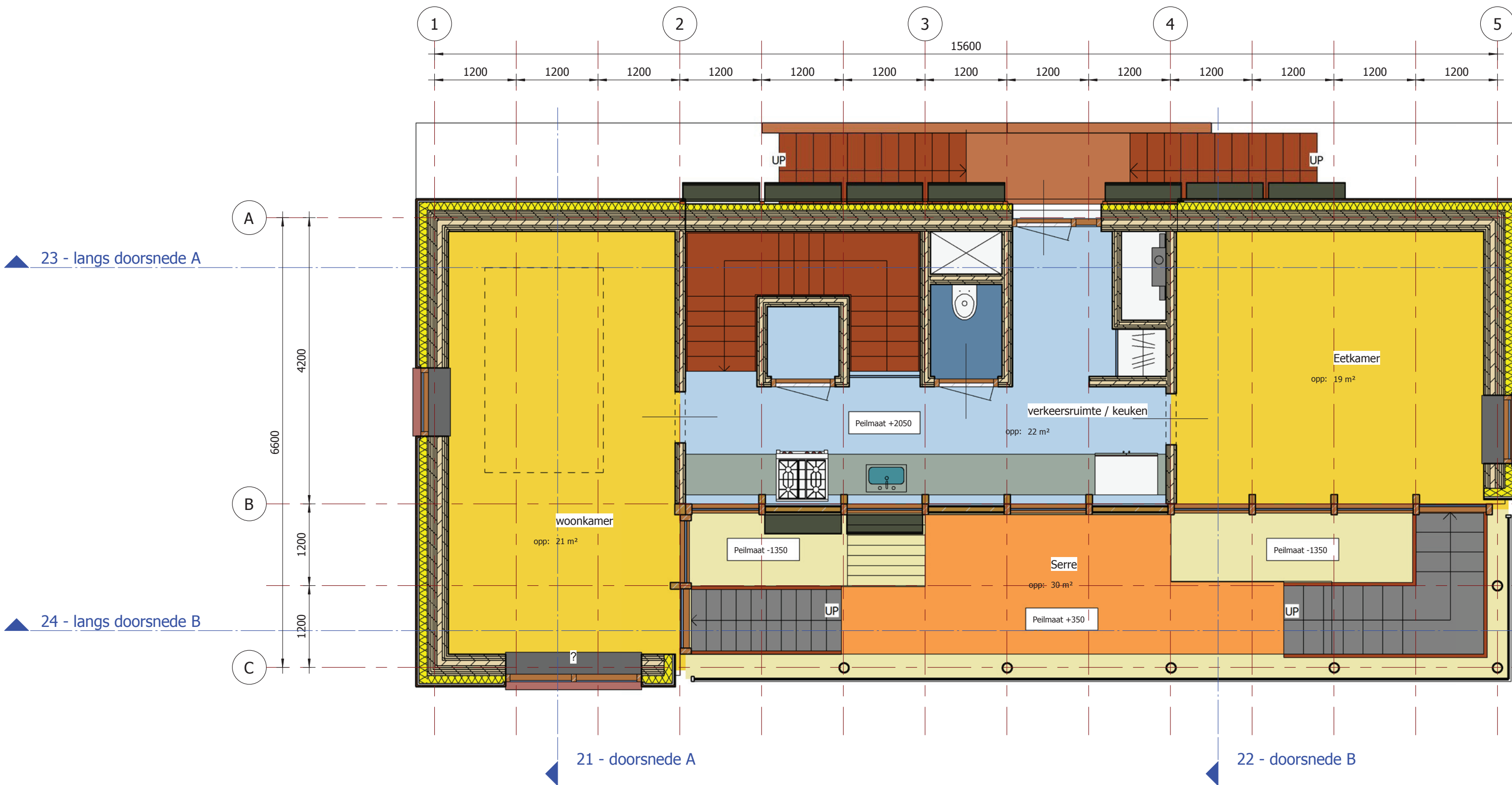
Beheersaspecten	Criteria	Effect		
		Positief	Neutraal	Negatief
C2C criteria	Recycling			
	schadelijke toxische stoffen			
	Toegevoegde waarde voor zijn omgeving			
	Duurzame energie (gebruik)			
	Diversiteit			
	watervoorraden			
	maatschappelijke verantwoordelijkheid			
	lokale insteek			
Onderhoud	Levensduur			
	Onderhoud van materialen			

Matrix Financiële aspecten

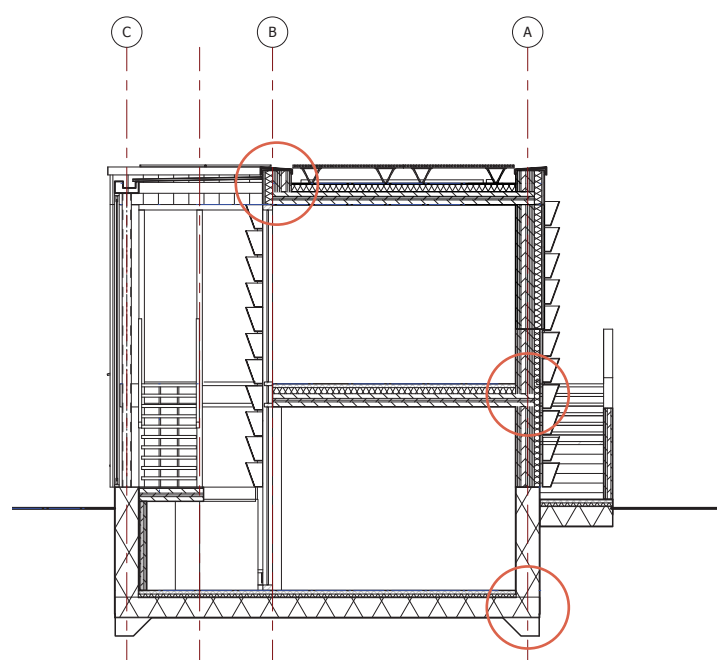
		Bedrag / Effect		
Financiën	aanschafkosten	€ 95.000		
	onderhoudskosten			
	terugverdiëntijd			
Overige randvoorwaarde	gewicht			



PLATTEGROND BEGANE GROND

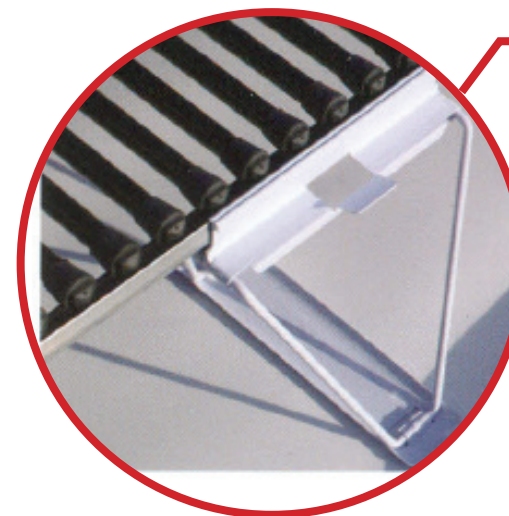






Detailering

Er zijn 9 details uitgewerkt. de bovenstaande 3 daarvan zullen hier behandeld worden.



Solyndra PV-panelen zijn ronden buizen liggend op een aluminium frame. Deze frames kunnen zonder bevestiging op het dak geplaatst worden. Door de ronden buizen wordt het zonlicht dat door de witte dakbedekking teruggekaatst ook opgevangen en verhoogd het rendement.



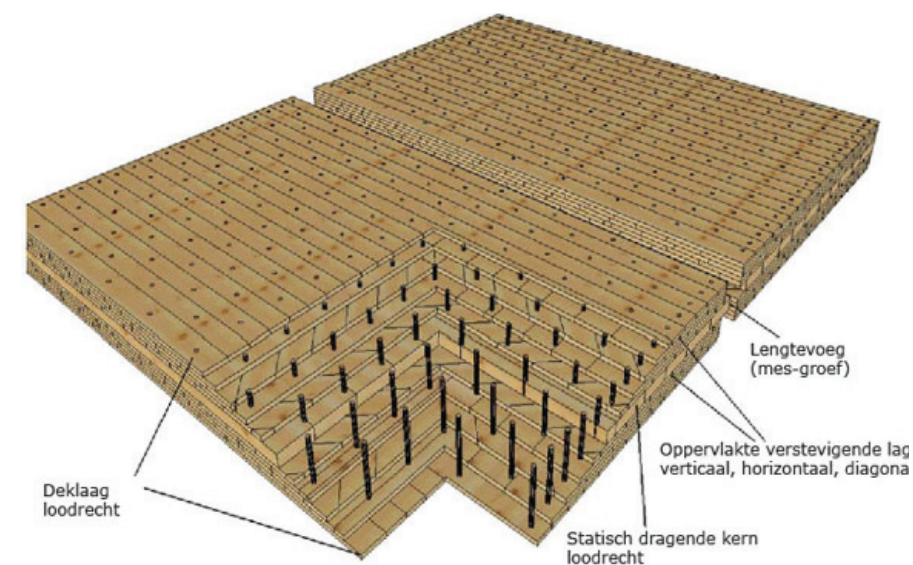
Pavaflex is een houtvezelisolatie van Pavatex. Deze houtvezeldekens bestaan uit 100% natuurlijk houtvezels, een restproduct van houtzagerijen. 120 mm pavaflex houtvezeldekens heeft een R-waarde van $3,16 \text{ m}^2\text{K/W}$.

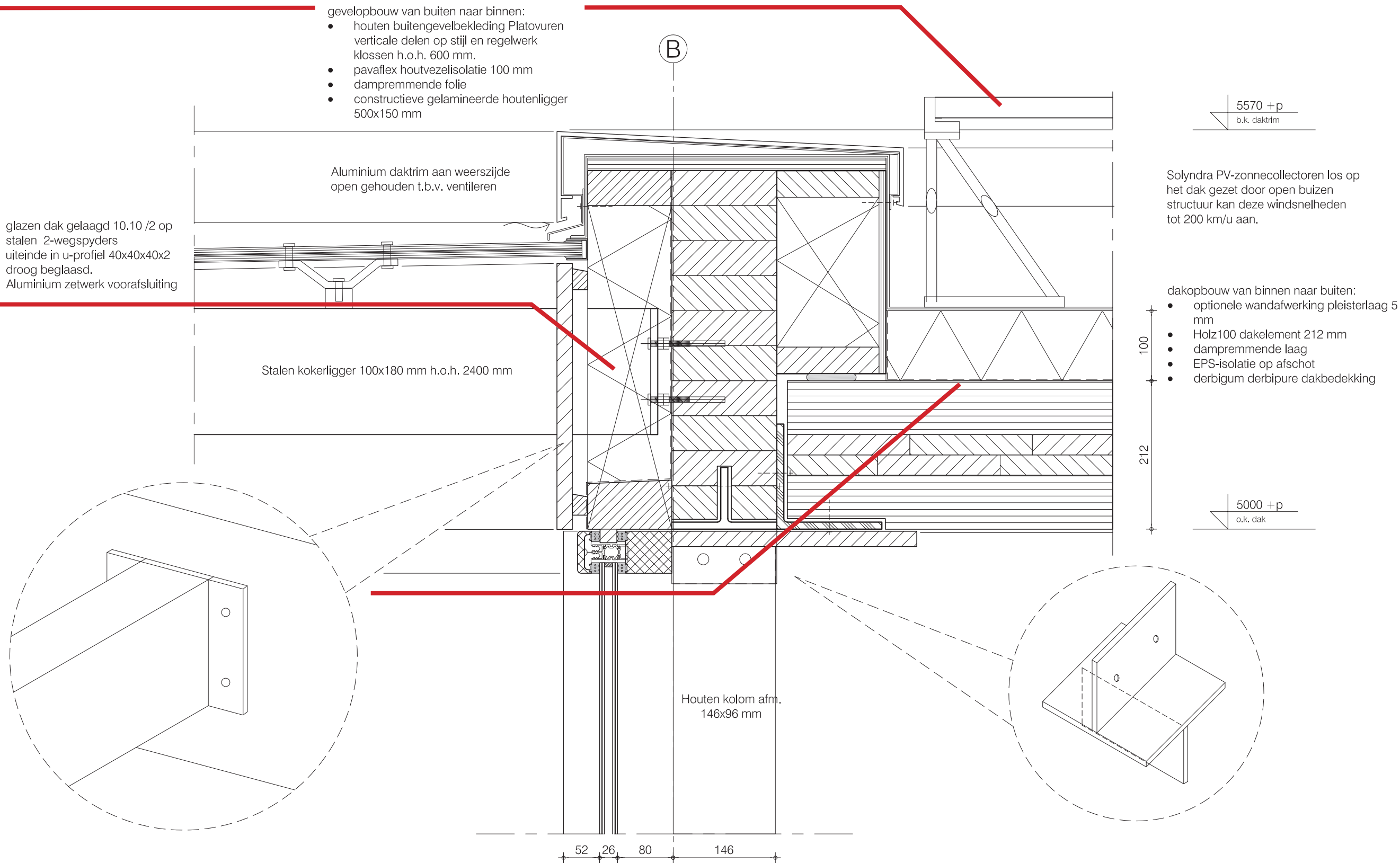


Holz100 houtelementen vervaardigd uit houten planken kruislinks op elkaar geplaatst en vast gemaakt met houten deuvels.

De vloeren bestaan uit 4 lagen hout van verschillende diktes en haalt een R-waarde van $2,4 \text{ m}^2\text{K/W}$.

de wanden bestaan uit 9 lagen hout van verschillende diktes en haalt een R-waarde van $3,6 \text{ m}^2\text{K/W}$.



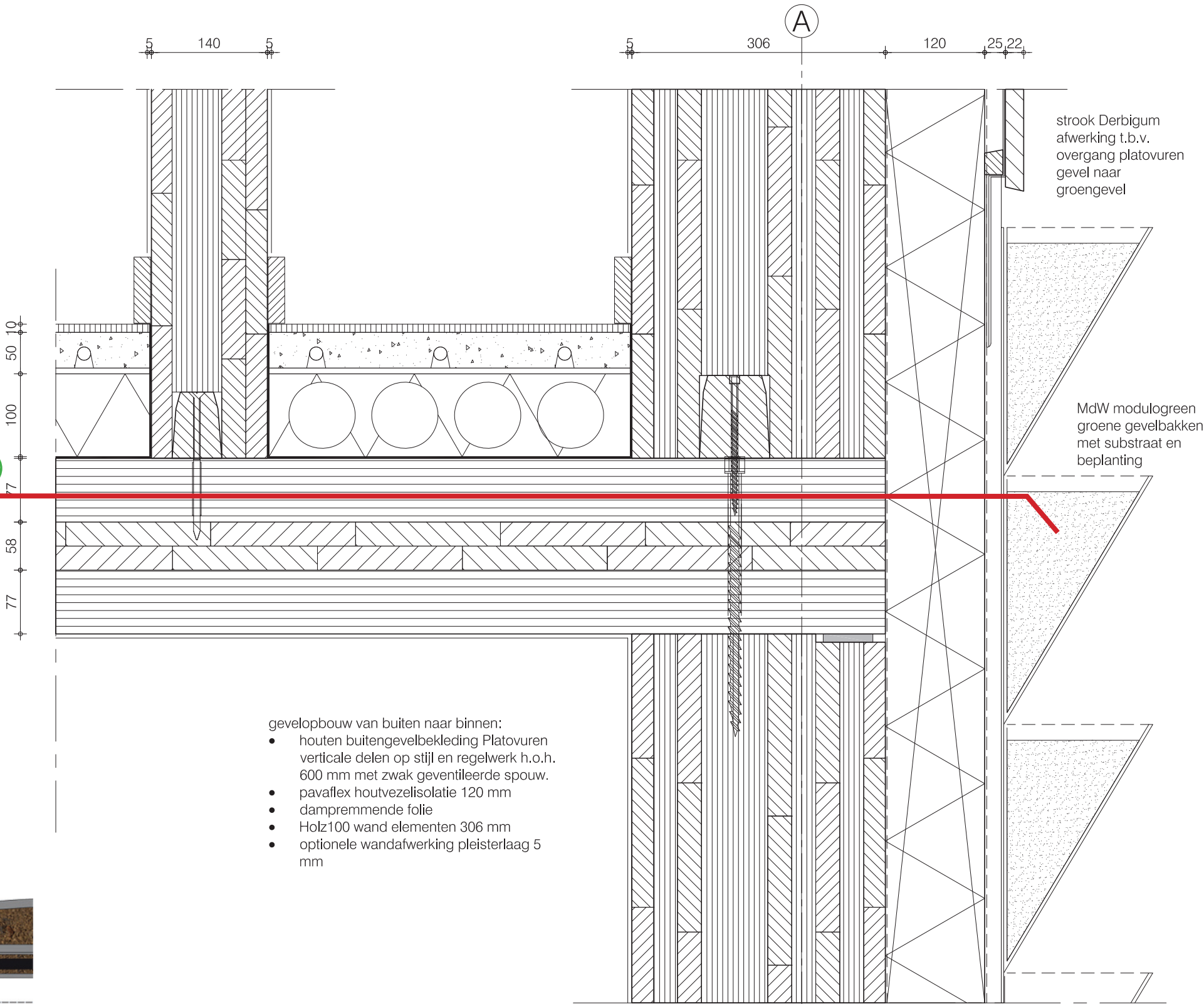
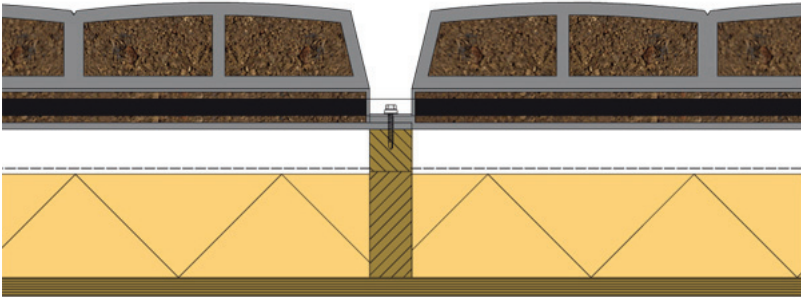


- vloeropbouw van boven naar beneden:
- Vloerbedekking
 - vloerplinten optioneel
 - vloerverwarming in dekvloer verwerkt
 - dampremmende folie
 - Pavaflex isolatie 100 mm t.b.v. leidingen
 - ondemand flowsysteem Ø80 mm
 - Folie
 - Holz100 vloerelement 212 mm
 - optionele plafond afwerking pleisterlaag 5 mm

2050 +p
begane grond



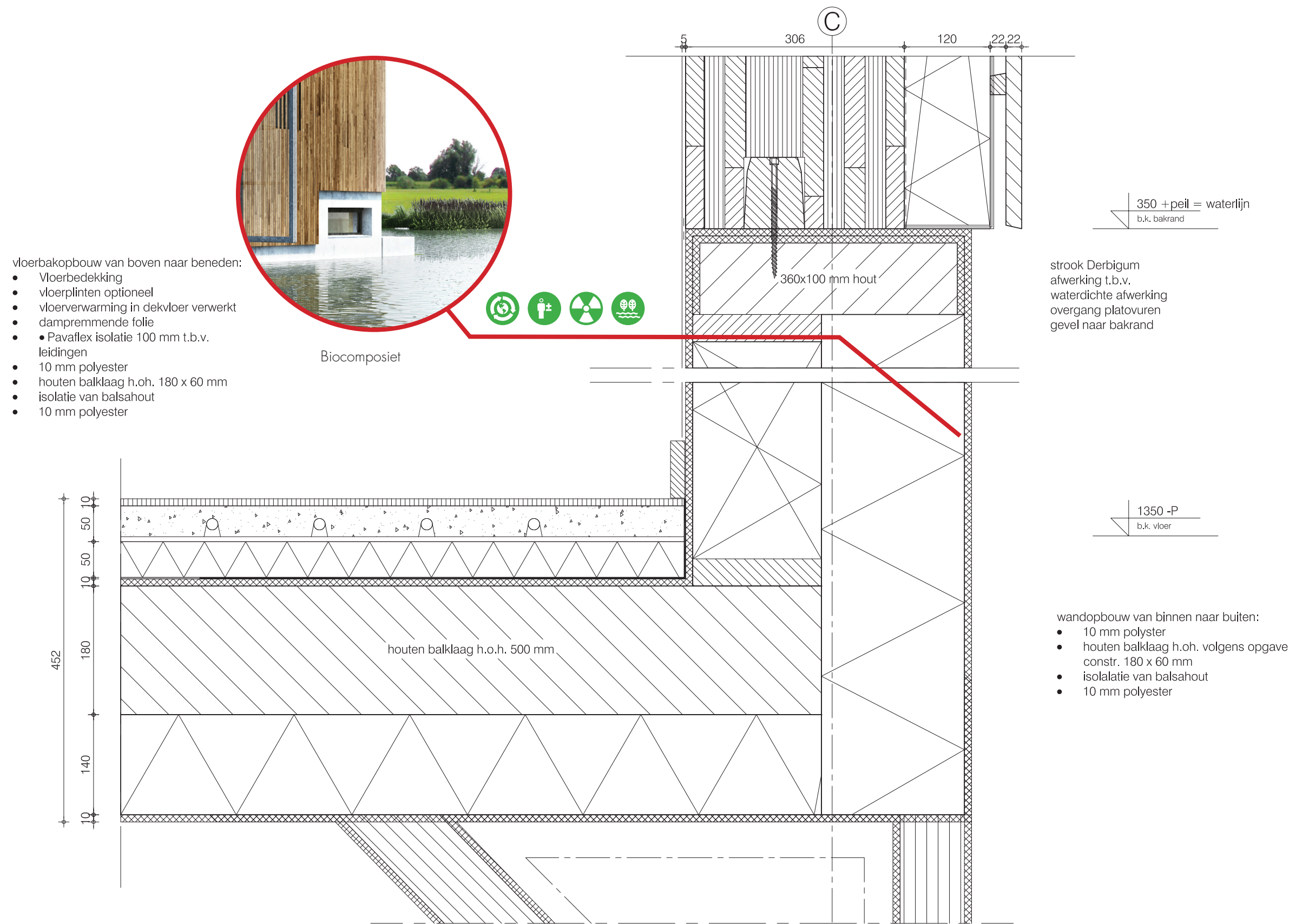
Modulogreen groengevelbakken



- gevelopbouw van buiten naar binnen:
- houten buitengevelbekleding Platovuren verticale delen op stijl en regelwerk h.o.h. 600 mm met zwak geventileerde spouw.
 - pavaflex houtvezelisolatie 120 mm
 - dampremmende folie
 - Holz100 wand elementen 306 mm
 - optionele wandafwerking pleisterlaag 5 mm

Kraaijvanger • Urbis
architectuur interieur stadsontwerp

Duurzaam drijvend wonen	1:5	3 maart 2011
project	Schaal	datum
detail 6	details	RJvdS
detailnummer	onderwerp	tekenaar



Kraaijvanger • Urbis
architectuur interieur stadsontwerp

Duurzaam drijvend wonen	1:5	3 maart 2011
project	Schaal	datum
detail 9	details	RJvdS
detailnummer	onderwerp	tekenaar

4.3 INSTALLATIES

Om aan de eisen van het programma van eisen te kunnen voldoen moet de woning in zijn geheel zelfvoorzienend zijn en moet alle energie op een duurzame manier opgewekt worden. Om dit na te kunnen streven zijn eerst alle stromen in en uit de woning geanalyseerd. Hieruit zijn een aantal kringlopen gedefinieerd:

- *Electrakingloop*
- *Warmtekringloop*
- *Waterkringloop*

Deze kringlopen bestaan uit verschillende installaties die hieronder beschreven zullen worden.

Electravorziening

Voor het opwekken van stroom voor de drijvende woning is uitsluitend gebruik gemaakt van PV-cellen. Dit zijn demontabele, modulaire PV-panelen van het type Solyndra. Omdat de woning met de zon meedraait is het praktisch niet mogelijk de zonnepanelen in de juiste geografische stand te zetten, daarom bestaan de PV-panelen van Solyndra uit ronde buizen die niet onder een hoek geplaatst hoeven worden en ook geen geografische situering behoeven. Om een zo hoog mogelijk rendement te halen uit de PV-panelen is er een wit dakoppervlak gemaakt. De zonnestralen die de buizen van bovenaf missen worden op die manier gereflecteerd en alsnog op de onderkant van de buizen weerspiegeld.

De energie die opgewekt wordt door de zonnepanelen, wordt opgeslagen in twee verschillende systemen. Voor de opslag van energie op korte termijn wordt gebruik gemaakt van accu's. In die accu's kan voor circa 2 dagen energie gebufferd worden. Als de korte termijn accu's vol zijn, wordt er automatisch overgeschakeld op een brandstofcel met waterstofopslagtank. Deze dient voor de energieopslag op langere termijn. Het opslaan van waterstof werkt als volgt: een PEM-elektrolyser (Proton Exchange Membrane) ook wel omgekeerde brandstofcel genoemd, scheidt met behulp van stroom vanuit de zonnepanelen water in waterstof en zuurstof met een rendement van 70%. Dit rendement is relatief laag omdat dit proces onder hoge druk plaats vindt. De waterstof wordt opgeslagen in vaste vorm in waterstoftanks. Deze waterstoftanks bestaan uit verschillende racks die een afmeting hebben van 300x500x500 mm. In één rack kan 16 m³ waterstof opgeslagen worden. Dit is mogelijk omdat de opslag plaats vindt door de waterstof chemisch te laten binden aan, in de racks aanwezige metaaloxide. Deze reactie vindt plaats bij kamertemperatuur en onder normale druk.

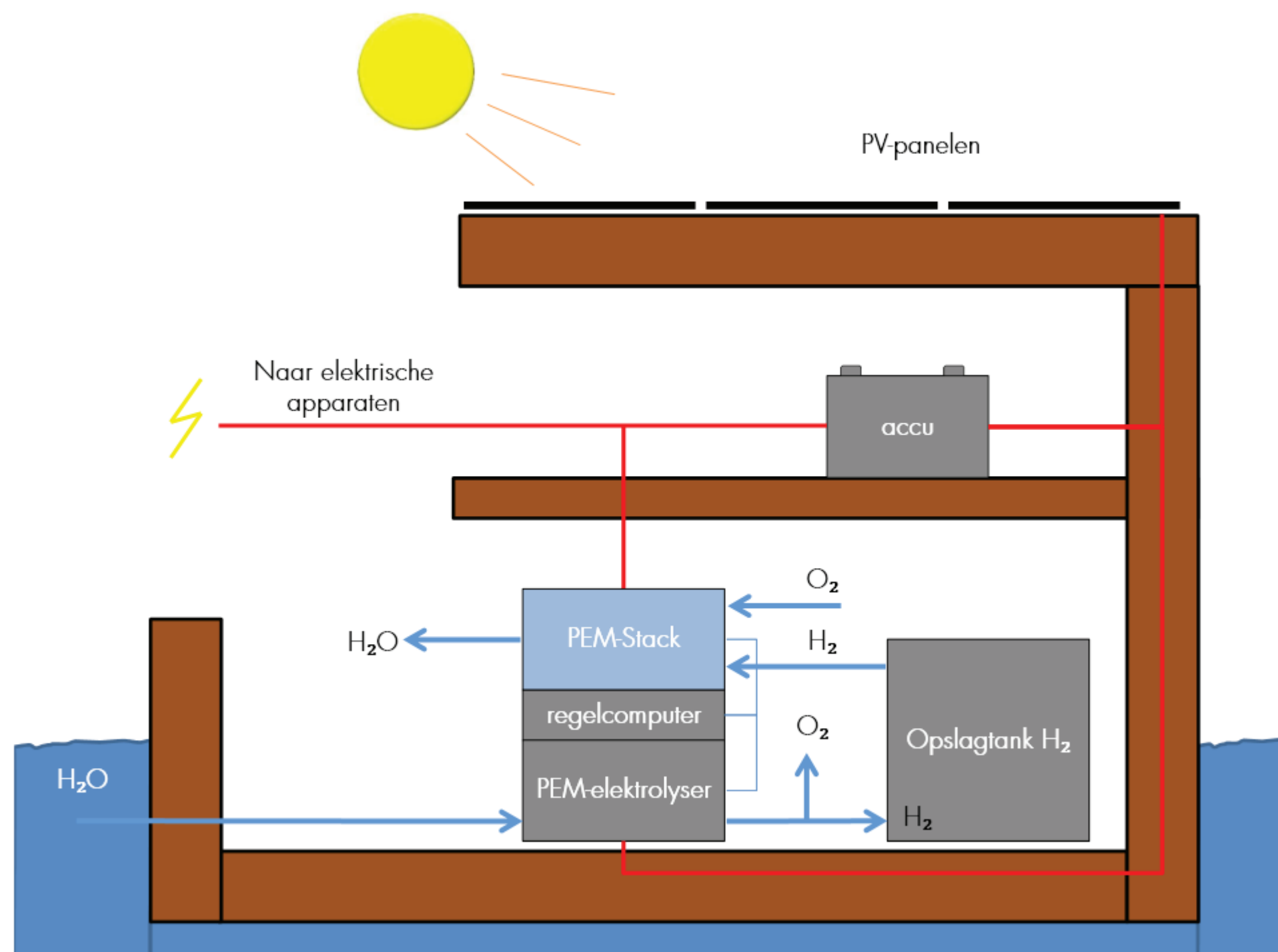
In de drijvende woning zijn vier racks toegepast, hiermee wordt een opslagcapaciteit van 280 kWh stroom en 280 kWh warmte gerealiseerd. De energie voor het verwarmen van de woning wordt ook uit de brandstofcel gehaald. Als er een energievraag is dan wordt het waterstof vanuit de waterstofopslag in de brandstofcel ge-

naamd PEM-stack gebonden aan zuurstof, waarbij weer water en energie ontstaat. De stack geeft 50% elektriciteit en 50% warmte in de vorm van warm water van 65°C dat weer gebruikt kan worden bij de verwarming van de drijvende woning. De PEM-stack heeft een vermogen van 5 kW.

De verlichting wordt in de gehele woning uitgevoerd in LED-verlichting van 12 Volt. Bij alle andere huishoudelijke apparaten wordt gebruik gemaakt van reguliere 220 VAC. De keuze voor het gebruik van 220 VAC wordt onderbouwd door het feit dat er grote verliezen optreden bij het gebruik van lage voltage. Om de hogere voltage met wisselstroom te verkrijgen zijn er omvormers toegepast.

Een optionele toevoeging in het elektriciteitsnetwerk van de drijvende woning is een oplaadpunt voor een elektrische auto of boot. Deze optie lijkt in eerste instantie puur een afnemer, maar kan ook een positieve bijdrage leveren aan de energiecapaciteit van de woning. De eerste functie van een elektrisch oplaadpunt is uiteraard het leveren van elektriciteit voor de accu in de auto, in dit geval is het oplaadpunt een afnemer van energie en zal in het ontwerp rekening moeten worden gehouden met extra afname van energie. Er is echter ook een technologische ontwikkeling gaande waarbij de accu van de elektrische auto als opslagplaats zal kunnen gaan dienen voor elektriciteit. Dit betekent dat het oplaadpunt als toeleverancier van energie zal kunnen dienen, voordelen kunnen vooral worden gevonden in het 's nachts opladen van de accu met nachstroom en overdag gebruiken van deze goedkoop afgenomen nachstroom.

Samen met de al aanwezige accu's in de drijvende woning, kan op deze manier dus de opslagcapaciteit van energie in de woning worden vergroot. Dit betekent dat de energievoorraad van de woning gemanaged moet kunnen worden om de uiteindelijk energieconsumptie zoveel mogelijk te beperken.



Energie verbruik van de woning gedurende het jaar.

Zoals te zien is in de tabel hier boven gebruikt het huishouden een aantal maanden per jaar meer vermogen dan de PV- cellen op het dak op kunnen wekken. In deze maanden zal de brandstofcel de benodigde energie opwekken. De brandstofcel moet in theorie 4 maanden overbruggen waarin de vraag groter is dan de opbrengst. De capaciteit van de brandstofcel is hierop afgesteld en deze kan volledig opgeladen 280kWh stroom en 280kWh warmte opwekken.

In praktijk zal te overbruggen tijd kleiner kunnen zijn en zal er daardoor minder opslag nodig zijn. In dit model is namelijk uit gegaan van een verbruik van 10kWh per dag voor huishoudelijke apparatuur wat aangegeven is in het programma van eisen. Deze vraag is flink te verminderen door het gebruik van energiezuinige apparatuur.

Verbruikers:

Inductie kookplaat	1.09	kWh
Waterkoker(5 min.)	0.083	kWh
Koffiezet apparaat	0.167	kWh
Combi Oven(10 min.)	0.167	kWh
Koelkast/vriezer A-label	0.9	kWh

Totaal: 2.41 kWh

Vaatwasser(hotfill)	0.4	kWh
Wasmachine(hotfill)	0.16	kWh

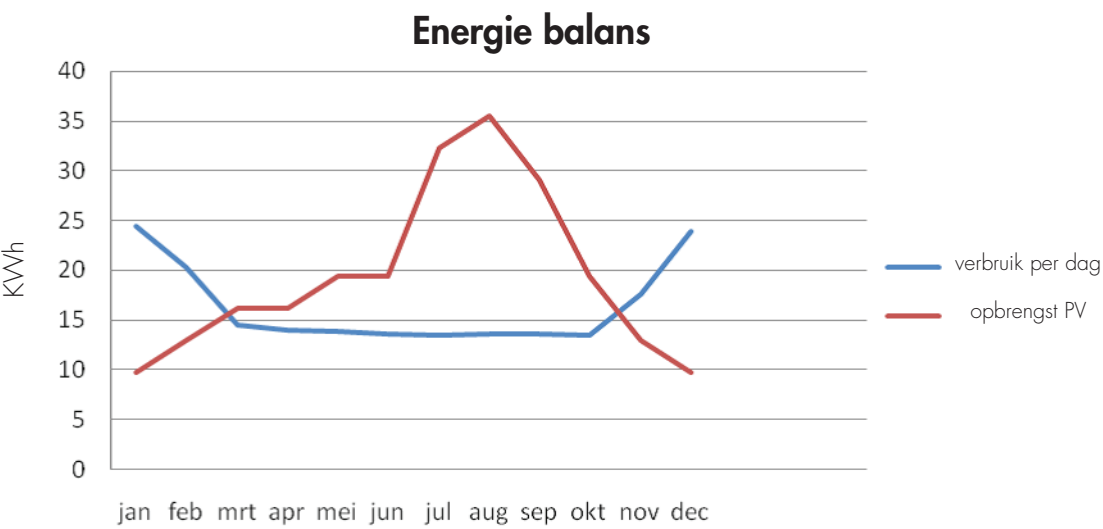
Totaal: 0.56 kWh

42" lcd led tv gebruik 4 uur per dag	0.4	kWh
energie zuinige computer/		
laptop+ gebruik telefoon/mp3 speler	0.5	kWh

Totaal: 0.9 kWh

Totaal verbruik per dag apparatuur: 3.87 kWh

Door gebruik te maken van energiezuinige apparatuur in de drijvende woning, is het verbruik van 10 kWh te reduceren naar 3.87 kWh. Voor de volledigheid moeten in deze berekening nog wel het variabele verbruik van de



installaties worden meegenomen, deze zijn weergegeven in onderstaand tabel. Maar er kan met deze besparing veel energie worden opgeslagen in de brandstofcel of het door middel van een aansluiting naar de wal terug leveren aan het elektriciteitsnet. Hieronder is het verbruik van de installaties per dag weergegeven:

maanden	verwarming kWh	led verlichting kWh	ventilatie kWh	tapwater kWh	div. pompen kWh
jan	10,73	0,5	1,61	1,61	0,5
feb	6,54	0,5	1,61	1,61	0,5
mrt	0,77	0,5	1,61	1,61	0,5
apr	0,42	0,3	1,61	1,61	0,5
mei	0,35	0,3	1,61	1,61	0,5
jun	0,14	0,2	1,61	1,61	0,5
jul	0,05	0,2	1,61	1,61	0,5
aug	0,13	0,2	1,61	1,61	0,5
sep	0,07	0,3	1,61	1,61	0,5
okt	0,01	0,3	1,61	1,61	0,5
nov	3,84	0,5	1,61	1,61	0,5
dec	10,25	0,5	1,61	1,61	0,5
Bron:	EPC berekeningen	Aanname DGMR	EPC berekeningen	Minimale eis pve x energie gebruik warmtepomp	Aanname DGMR

Een rampdag in december.

Rond 21 december is de kortste dag van het jaar. De zon komt in deze maand de minste uren van de dag boven de horizon uit. De opbrengst van de PV-panelen zal in deze maand gemiddeld het laagst zijn. Als voorbeeld voor de volgende berekening van deze overbrugging van de maand december, is een decemberdag genomen waarin de zon de hele dag niet schijnt. Op zo’n dag wordt ervan uit gegaan dat de Solyndra PV-cellen op het dak 0.8 Wh opnemen per Wp, gemiddeld is dit in december ongeveer 1.25 Wh per Wp (Wattpiek).

Berekening capaciteit brandstofcel:

80 m² dakoppervlak met PV-panelen * 97 Wp per m² = 7760 Wp per m²

7760*0.8 Wp = 6208 Wh = 6.208 kWh

Voor huishoudelijke apparatuur wordt uitgegaan van 10kWh per dag.

Gemiddeld verbruik van de installaties per dag in december:

Verlichting	0.5	kWh
Tapwater	1.61	kWh
Ventilatie	1.61	kWh
Verwarming	10.4	kWh
div. Pompen	0.5	kWh

Totaal: 14.62 kWh

(Berekening zijn gemaakt door DGMR, gegevens uit bovenstaande tabel)

installaties + huishoudelijke apparatuur= 10+14.62= 24.62 kWh

Dit betekent dat de brandstofcel op een dag als deze een energieverbruik van (24.62 kWh- 6.208kWh=) 18.4 kWh op moet vangen. In de wintermaanden kunnen 30 van dit soort dagen optreden voordat de brandstofcel uitput. Uitgaande van een gemiddelde decemberdag houdt de brandstofcel het 2 volle maanden vol, dit is genoeg om de hele winter te overbruggen.

Mochten deze gegevens te gunstig zijn genomen en er in praktijk toch een tekort aan waterstof optreden in de winter, zijn er een aantal mogelijkheden om dit op te lossen.

- Allereerst kan de opslagcapaciteit van de opslagtank vergroot worden. Er kunnen meer racks geplaatst worden, per rack zou dit een extra opslagcapaciteit geven van 16 m³ waterstof.
- Als tweede er gezocht worden naar alternatieve brandstoffen. De brandstofcel werkt namelijk ook op biobrandstof.
- De derde optie is het bijvullen van extra waterstof vanaf de kant.
- En de laatste optie is de meest voor de hand liggende optie. Het gebruik maken van het elektriciteitsnet werk van de wal. Hieraan kan ‘s zomers overcapaciteit worden afgegeven en ‘s winters tekorten worden opgevangen.

Warmtevoorziening

Om de drijvende woning te laten voldoen aan zijn autarkisch vermogen om volledig zelfvoorzienend te zijn, zijn er een aantal geavanceerde installaties verwerkt in het ontwerp. Voor de warmteopwekking van de drijvende woning wordt gebruikt gemaakt van een warmtepomp. Een warmtepomp is te vergelijken met een cv-ketel: de woning heeft constant een aangename temperatuur en er is steeds voldoende warm water. Een cv-ketel gebruikt daarbij vooral gas en een beetje elektriciteit. De warmtepomp onttrekt met elektriciteit warmte uit een bron. De bron van deze warmtepomp is het oppervlaktewater en heeft een COP (coëfficiënt of performance) van 6. Deze waarde geeft de verhouding tussen geproduceerde hoeveelheid warmte en de benodigde elektriciteit. De warmtepomp verwarmt het water tot 35 °C en deze warmte wordt door de woning verspreid door middel van vloerverwarming op beide woonlagen.

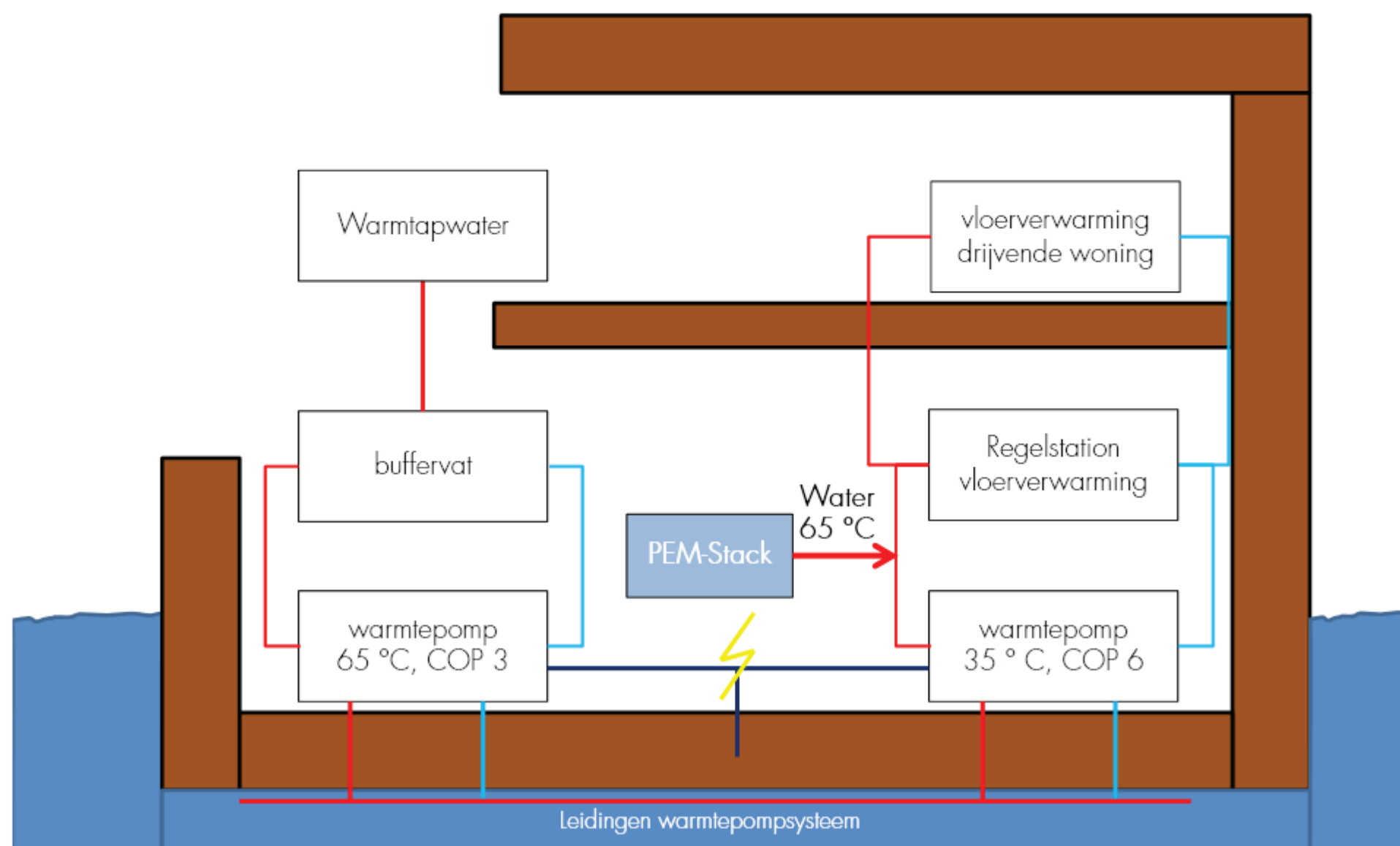
De benodigde elektriciteit voor de warmtepomp komt uit de PV-cellen op het dak. Alternatieve opwarming is het toepassen van zonnecollectoren, maar omdat deze niet efficiënt genoeg zijn in de winter wanneer de meeste warmte nodig is, is dit niet toegepast. De benodigde energie voor het opwekken van warmte in de winter komt uit de brandstofcel. De keuze om in de drijvende woning de warmte indirect op te slaan in de vorm van waterstof (warmtepomp werkt op de energie uit de brandstofcel) en niet in een warmteopslag heeft met het feit te maken dat deze methode te veel ruimte in beslag neemt. Een woning op het vasteland kan deze warmtebuffer in potentie in de grond kwijt. Bij deze vorm van warmteopslag is er voor 3 dagen 4 m³ installatie ruimte nodig. Met elektriciteit kan dit bij dezelfde warmtebehoefte met een ruimte van 0,2 m³.

Om deze reden is de drijvende woning zeer goed geïsoleerd, de gevels halen een RC waarde van minimaal 6. Dit is gewenst om de energievraag voor het verwarmen van de woning zo laag mogelijk te houden. Ook de manier waarop het gebouw interactie heeft met de zon bespaart veel energie. In de zomer draait zijn dichte gevel naar de zon en in de winter wordt juist alle zon binnen gelaten. Hierdoor neemt de warmtebehoefte in de winter met 40% af, de koelbehoefte in de zomer neemt met 90% af. Deze gegevens komen uit de twee EPC-berekeningen die zijn gemaakt. Eén met de woning in de 'zomerstand' en één met de woning in 'winterstand'. Ook geeft de EPC-berekening een indicatiegetal voor het risico op oververhitting in de zomer, deze is voor de begane grond en de serre 0,0; voor de verdieping 0,32. Dit houdt in dat er een laag tot matig risico is op te hoge temperaturen. Mocht het in de zomer toch te warm worden binnen dan kan het oppervlaktewater via de leidingen van de vloerverwarming gebruikt worden voor de koeling van de drijvende woning.

Het Klimasysteem

In de drijvende woning is de warmtepomp gekoppeld aan het vloerverwarmingssysteem, de WTW-unit (warmterugwinunit) en het CO₂-gestuurd demand flow ventilatiesysteem. Samen vormen zij het klimaatstelsel. Het zorgt

de hele dag en nacht voor een gelijkmatige warmte. De ingestelde temperatuur wordt zowel in de winter (verwarming) als in de zomer (koeling) gehandhaafd. Tijdens het koelen kan de temperatuur tot maximaal circa vier graden lager zijn dan de buitentemperatuur. In de zomer kunnen dus geen 'extreem' lage temperaturen worden gehaald, er is immers geen airconditioning systeem toegepast.



Ventilatievoorziening

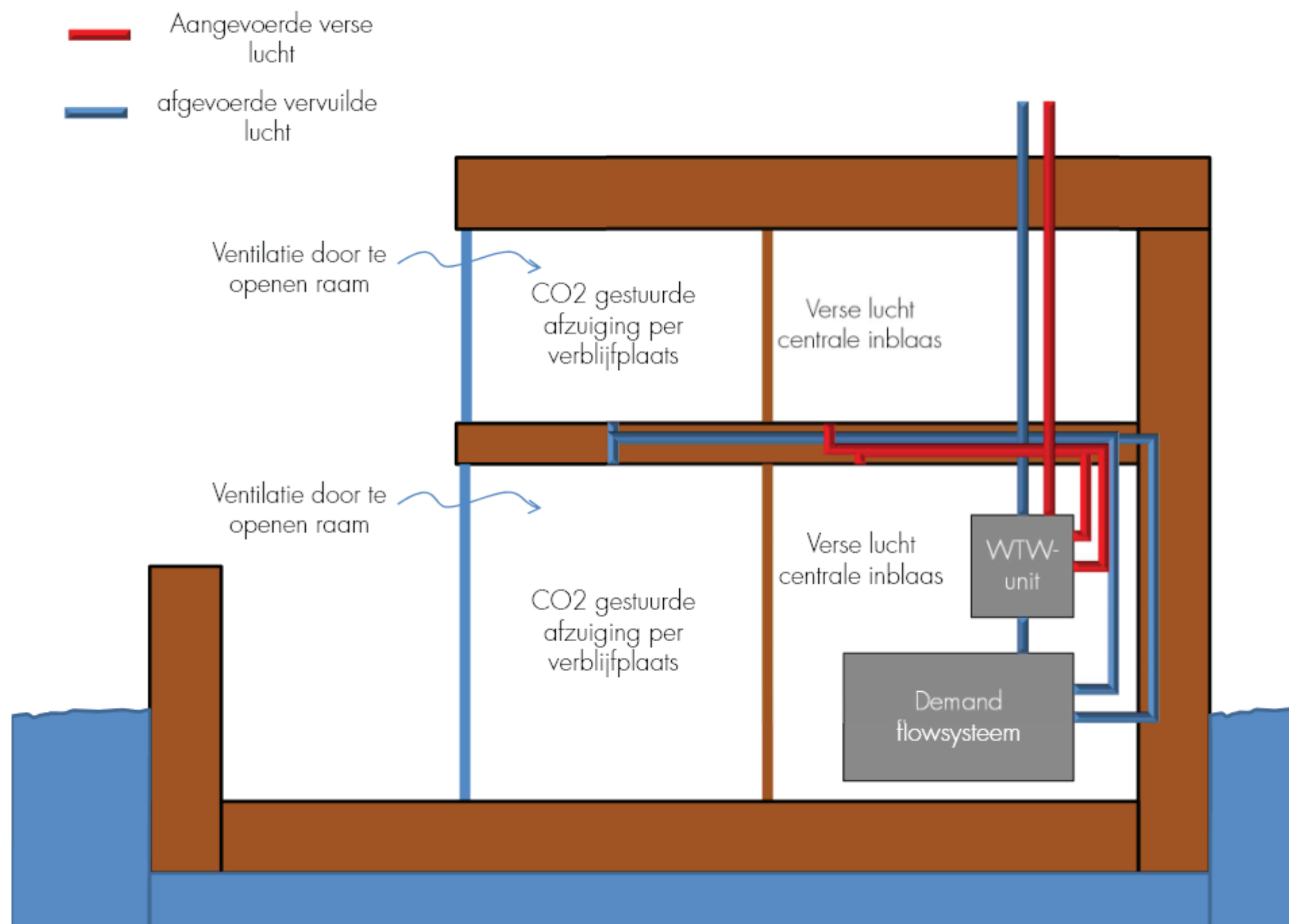
In de drijvende woning zijn twee aan elkaar gekoppelde installaties toegepast voor het behandelen van lucht, het CO₂-gestuurd demand flow system en een WTW-unit (warmteterugwinunit) met een rendement van 95 %. Dit gebalanceerd ventilatiesysteem is 'vraaggestuurd' en werkt op de behoefte van de bewoner.

De centrale unit in dit gebalanceerd ventilatiesysteem is de WTW-unit. Met behulp van een toe- en afvoerventilator voert deze de verse buitenlucht naar binnen en 'vervulde' binnenlucht naar buiten. De afgevoerde binnenlucht wordt door de WTW-unit geleid. Hierin wordt de aangevoerde buitenlucht al voorverwarmd met de verwarmde binnenlucht voordat deze de woning wordt ingevoerd. Op deze manier wordt 's winters het grootste gedeelte van de warmte terug-gewonnen.

In de zomer kan er voor de invoer van verse schone lucht gekozen worden tussen de WTW-unit of een te openen raam. De werking van de WTW-unit wordt dan omgekeerd, de koude lucht wordt teruggewonnen in plaats van ventileren met warme buitenlucht. De verse lucht wordt toegevoerd in de verkeersruimten van de drijvende woning. Via kanalen wordt lucht afgezogen uit de keuken, badkamer, toilet, wasruimte en verblijfsruimten waar één of meer afzuigpunten aanwezig zijn. Elk afzuigpunt is via een kanaal aangesloten op het Demandflow plenum (verzamelbox) en heeft een eigen regelklep in het plenum. Daarnaast zijn in deze plenum CO₂-sensoren geplaatst voor elke verblijfsruimte één en daarnaast een extra RV-sensor (relatieve vochtigheidssensor) voor de badkamer. De CO₂-sensor meet regelmatig het CO₂-gehalte in de verblijfsruimten. Zodra het CO₂-niveau in een ruimte stijgt zal het systeem er automatisch voor zorgen dat er in de betreffende ruimte meer wordt geventileerd en in de verkeersruimten meer wordt toegevoerd. De klep voor die ruimte wordt dan iets meer open gestuurd en als meerdere ruimtes ventilatievraag hebben, gaat ook de ventilator automatisch harder draaien. Als het CO₂-percentage weer op het gewenste niveau is, zal de regelklep automatisch sluiten en de ventilatortoeren lager gezet worden.

In de badkamer wordt zoals eerder vermeld naast het meten van CO₂ ook de relatieve luchtvochtigheid gemeten. Als de luchtvochtigheid in de badkamer stijgt, zal het systeem direct de badkamer prioriteit geven en meer gaan ventileren totdat de relatieve luchtvochtigheid weer op het normale niveau is.

In de keuken wordt een tweede afzuigpunt aangebracht voor een bronafzuiging van kookdampen. Deze kan in de keuken worden bediend. Na een bepaalde periode wordt de afzuigkapfunctie automatisch uitgeschakeld.



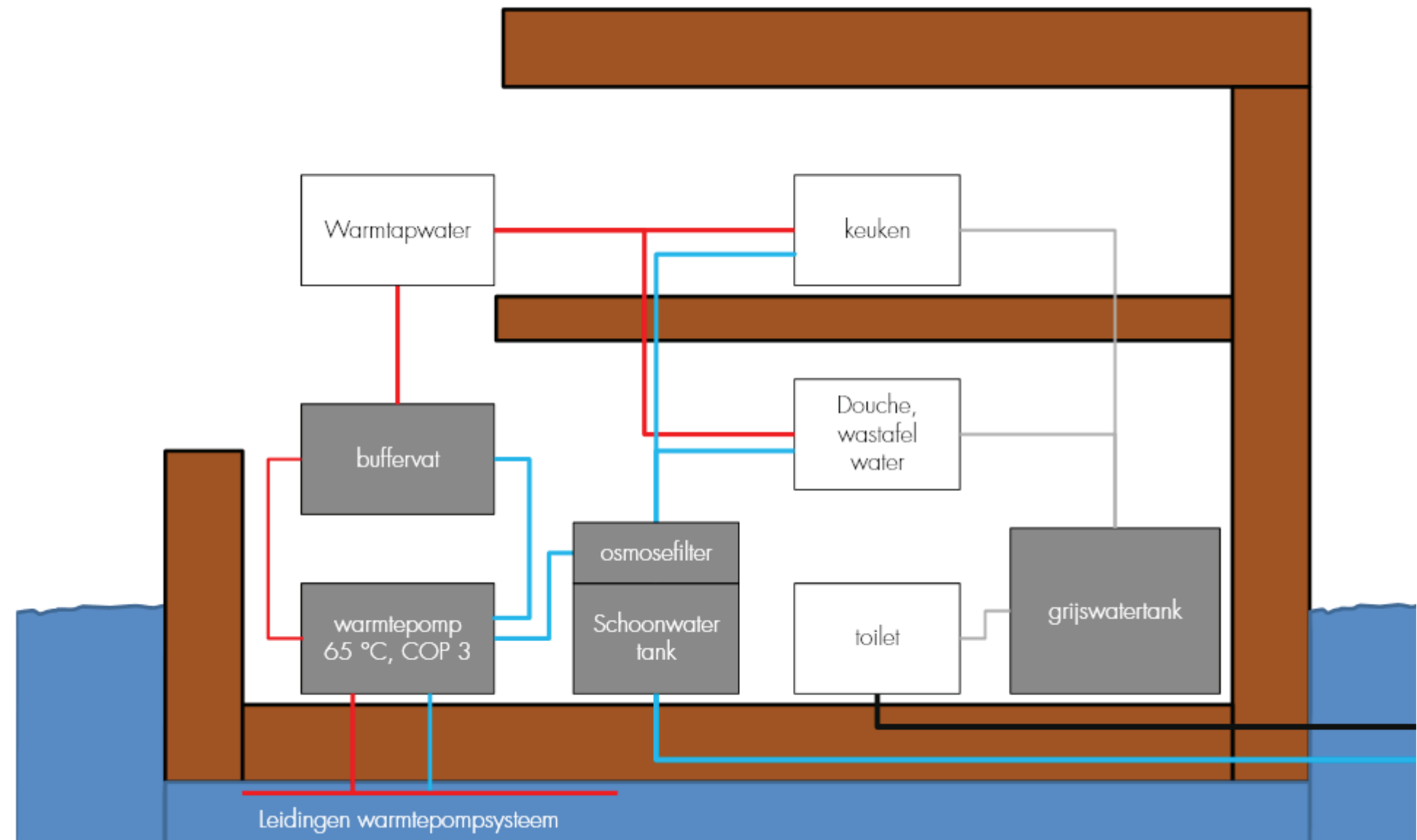
Drinkwater kringloop

Een belangrijk uitgangspunt van het ontwerp van de drijvende woning was het comfort dat niet achteruit mocht gaan. Als gebruiker moet je je dus niet beperkt voelen om water te gebruiken of normaal te kunnen douchen. Als er in het ontwerp gekozen was om regenwater op te slaan en als drinkwater te gebruiken, zou je daar geen ruimte voor hebben en de gebruiker zou zich moeten beperken in zijn gebruik.

In het ontwerp van de drijvende woning is er daarom gekozen om oppervlaktewater als bron voor het drinkwater te gebruiken. Dit is veel efficiënter dan de realisatie van een regenwateropslag omdat de woning al in het water ligt. Hiervoor zou namelijk een buffer van 10 m³ gerealiseerd moeten worden om tijdens de droge maanden juni, juli en augustus genoeg drinkwater te hebben.

Om het oppervlaktewater geschikt te maken voor drinkwater wordt het gezuiverd door middel van filtering door een helofytenfilter en een osmosefilter. Het grijze water (afvalwater uit de douche en de gootstenen) gaat direct naar de helofytenfilter, of wordt gebruikt voor het doorspoelen van het toilet. Het spoelwater van het toilet gaat eerst naar een septic tank voordat het door de helofytenfilter heen gaat.

Voor het bereiden van warm tapwater is de drijvende woning voorzien van een tweede warmtepomp met een COP van 4. Deze warmtepomp levert water met een temperatuur van 65 °C en gebruikt net als de andere warmtepomp als bron het oppervlaktewater. Het verwarmde water van de warmtepomp wordt opgeslagen in een voorraadvat.

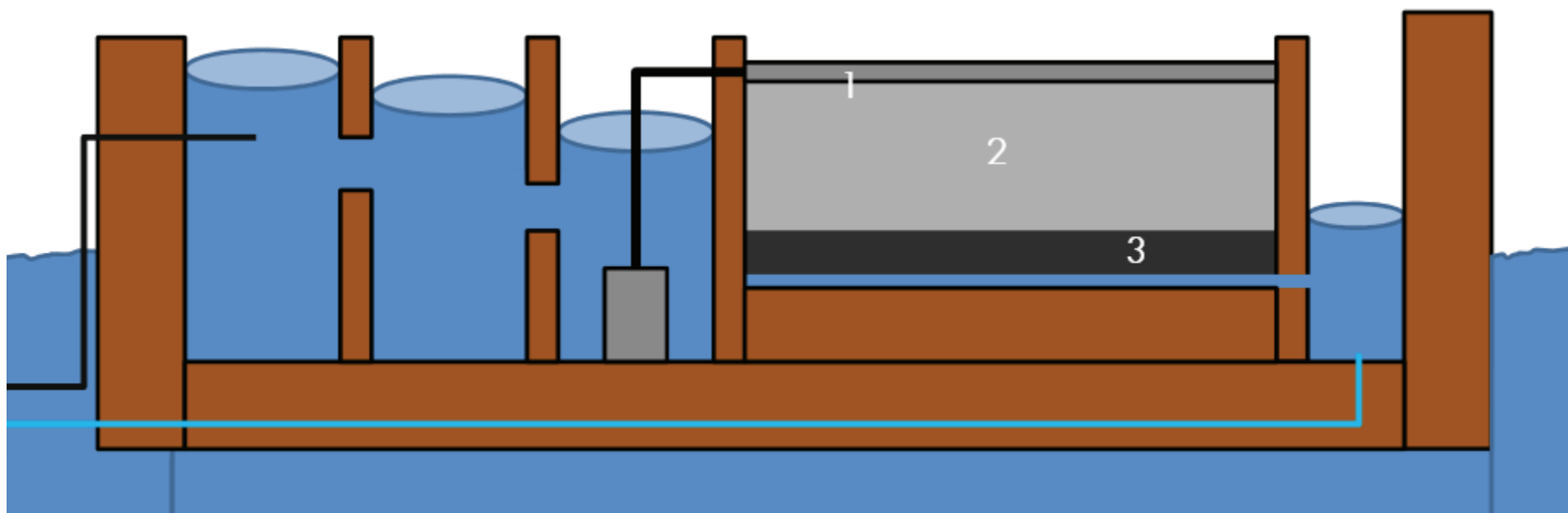


Het water in het voorraadvat wordt minimaal één keer per dag opgewarmd tot 63 °C, hiermee wordt legionellagroei voorkomen. Een bijkomstig voordeel van de brandstofcel is dat deze naast elektriciteit ook warmte van 65 °C produceert die gebruikt kan worden bij de verwarming van het tapwater.

Een andere energiebesparing kan worden bewerkstelligd door het gebruik van een WTW-unit voor het douchewater. Deze DWTW-unit verwarmd het schone water deels met de warmte van het afvalwater van de douche. Met de DWTW-unit is het mogelijk om 55% van de warmte van het douchewater terug te winnen.

Vetafscheidput septictank pompput voor
het
voorbezonden
afvalwater Helofytfiler bestaande uit:

- 1 grindbed met drukleidingen
- 2 substraat (vulmateriaal) van het helofytenfilter
- 3 grindlaag met drainageleidingen

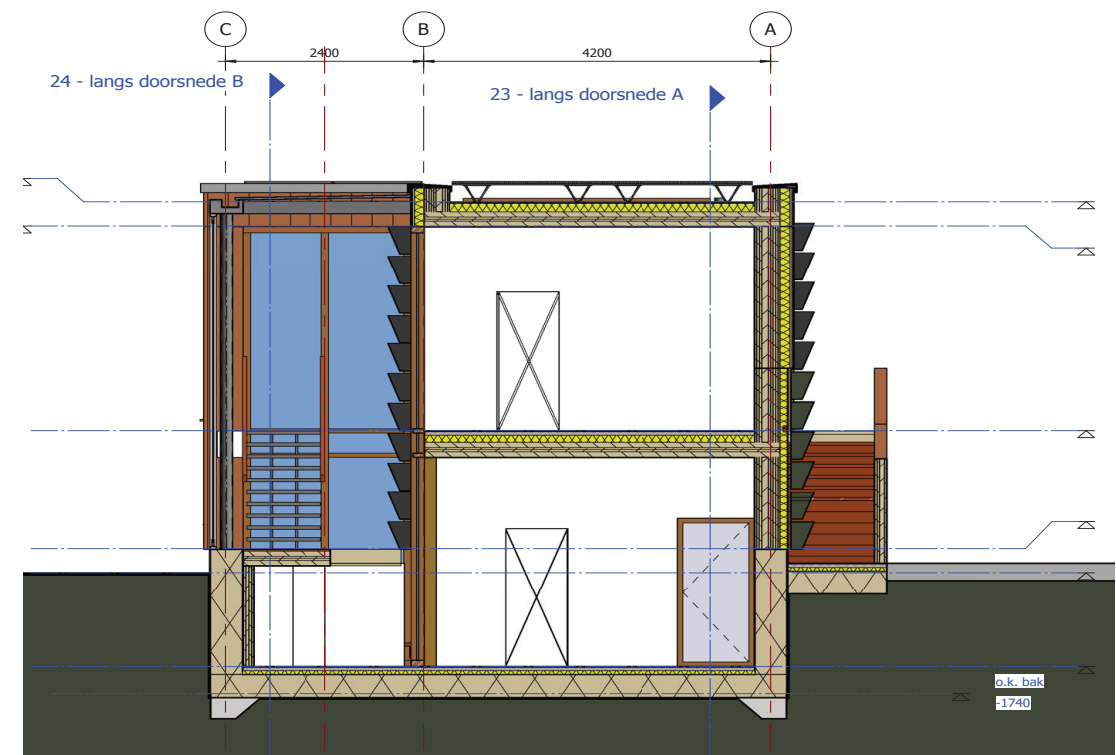
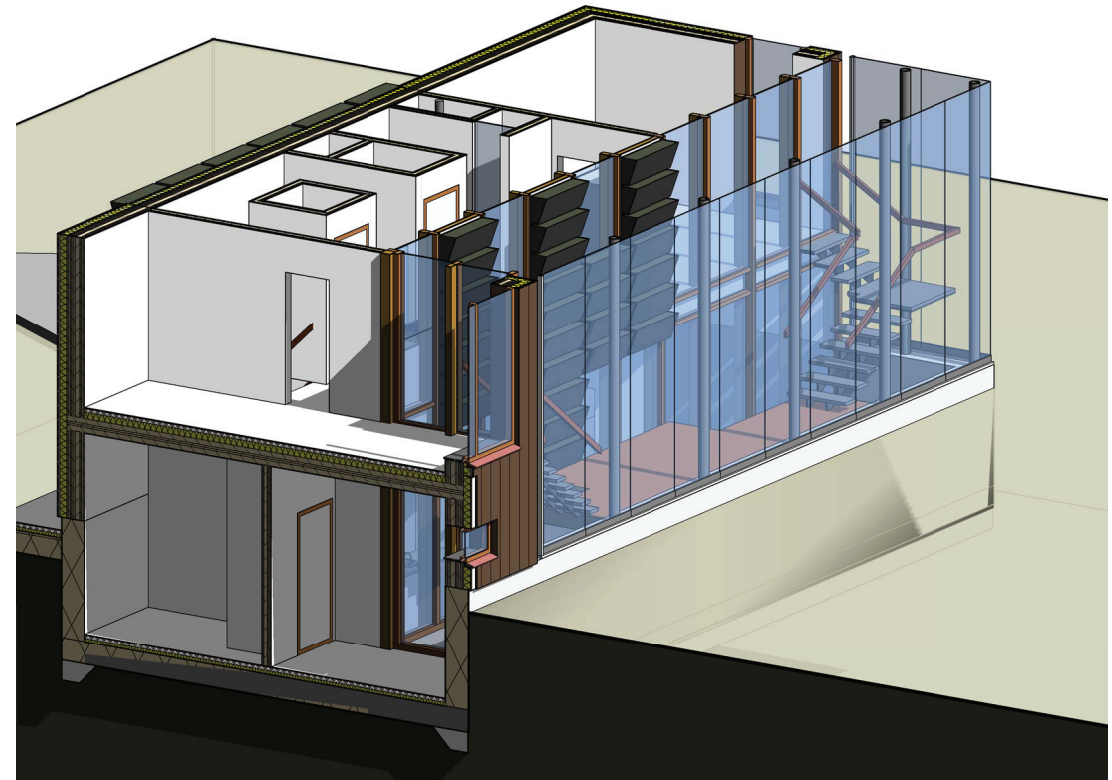


4.4 GEBOUW INFORMATIE MODELLEREN AAN DE HAND VAN REVIT

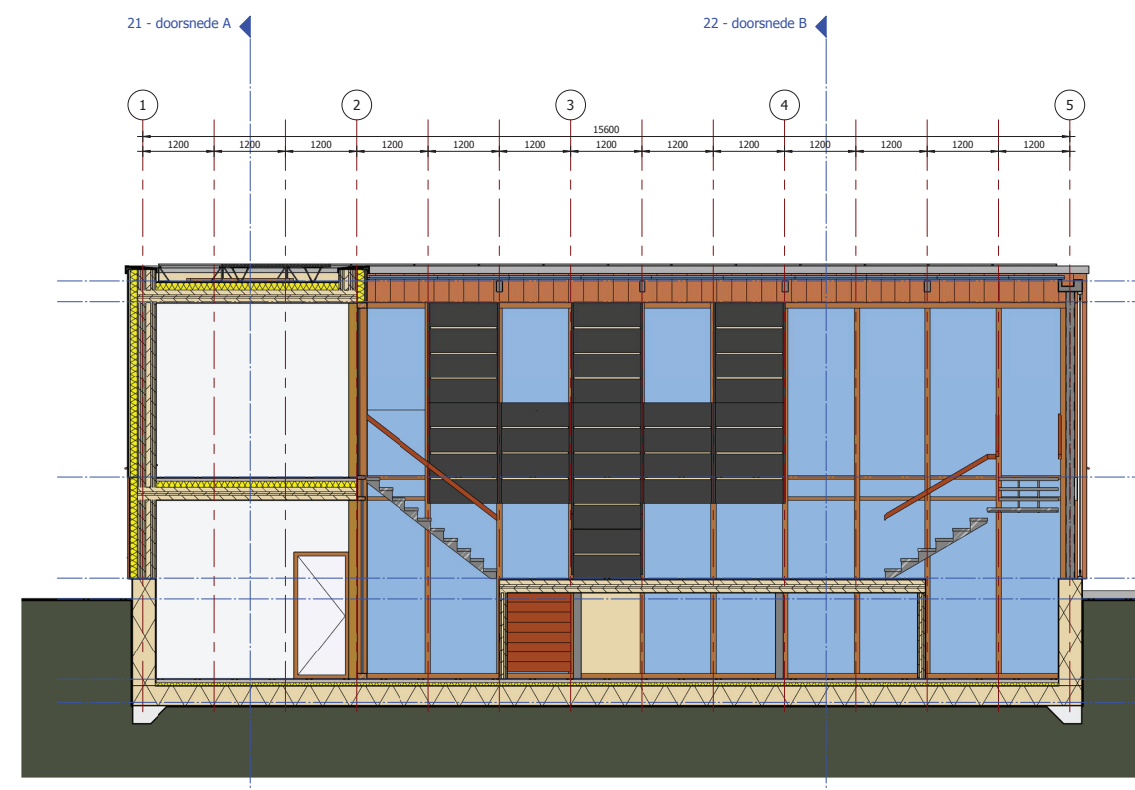
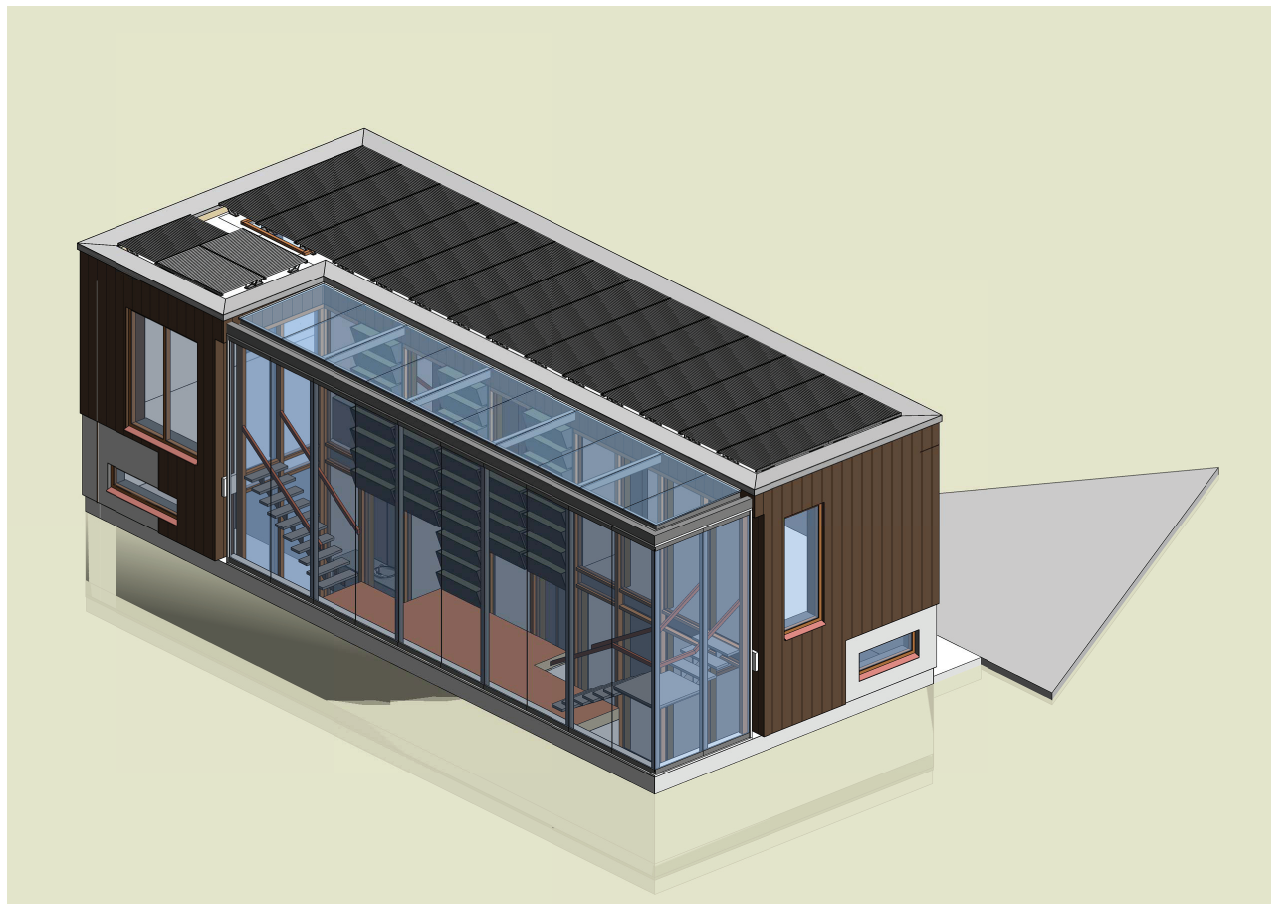
Inleiding

Als een autofabrikant besluit een nieuw model auto op de markt te brengen, wordt dit voorafgegaan door zeer uitgebreide en nauwkeurige testen. Deze testen worden gedaan met (meerdere) prototypes om alle voor- en nadelen van het ontwerp aan het licht te krijgen. Het uiteindelijke optimale model wat op de markt gebracht wordt, is eigenlijk voortgekomen uit geëvalueerde prototypes. In een ideale situatie zou in de gebouwde omgeving ook van deze methode gebruik gemaakt moeten worden. Maar wat is de realiteit?

De totstandkoming van het ontwerp van een gebouw vindt al gedurende decennia op dezelfde manier plaats. Lang leek hierin te worden berust maar met de komst van nieuwe technologieën op ICT-gebied lijkt er een keerpunt te zijn gekomen. Een nieuwe manier van ontwerpen is het gebruik van BIM tijdens het ontwerpproces. De 3D tekeningen, de kern van BIM, kunnen opgebouwd zijn in een parametrisch model (BIM), of met behulp van vectoren (CAD). BIM is een (ge)Bouw Informatie Model (Engels: Building Information Model). BIM verschilt van CAD (Computer Aided Design) omdat er een intelligent parametrisch 3D-model gecreëerd wordt, waar op diverse methodes data uit te genereren valt. Als de vergelijking nogmaals wordt gemaakt met de auto-industrie dan zie je dat bij een nieuw ontwerp verschillende prototypen gebouwd worden. In de bouwwereld is dit niet mogelijk. Door het ontwerp van een gebouw echter op te zetten in een BIM wordt een digitaal prototype gecreëerd. Dit ontwerp kan onderworpen worden aan verschillende testen waardoor in theorie een foutloos ontwerp kan ontstaan. Er zijn verschillende softwareprogramma's geschreven voor het maken van een gebouw informatie model van een gebouw. Voor het tekenen van het ontwerp van dit afstudeeronderzoek heb ik mij beperkt tot het leren tekenen met het softwareprogramma Revit Architecture van softwareleverancier Autodesk. Eigenlijk heet het ontwerpen met Revit geen tekenen meer maar moduleren van het 3D model. Het 3D model wordt gemoduleerd "gekneed" totdat de gewenste vormen zijn bereikt.



Deze nieuwe ontwerpmethode kent meerdere voordelen. Doordat er in een 3D model gewerkt wordt zijn alle tekeningen van plattegronden, doorsnede en aanzichten aan elkaar verbonden. Ook zijn er nauwkeurige uitrekstaten van materialen uit het model te genereren. Deze nieuwe techniek verhoogt de nauwkeurigheid van het ontwerp en verlaagt de kans op faalkosten door ontwerpfouten. Om deze reden is de verwachting dat verschillende ontwerpende disciplines binnen de bouwbranche in de komende jaren over zullen stappen op deze nieuwe softwareprogrammatuur. Zo is Kraaijvanger • Urbis inmiddels gestart met haar tweede pilotproject wat volledig met Revit getekend wordt. Bij deze nieuwe software hoort ook een andere manier van werken en denken tijdens het tekenen. Mijn eerste ervaring tijdens het uitwerken van het ontwerp van de drijvende woning kan daarom waardevolle input vormen voor het architectenbureau.



Mijn ervaring

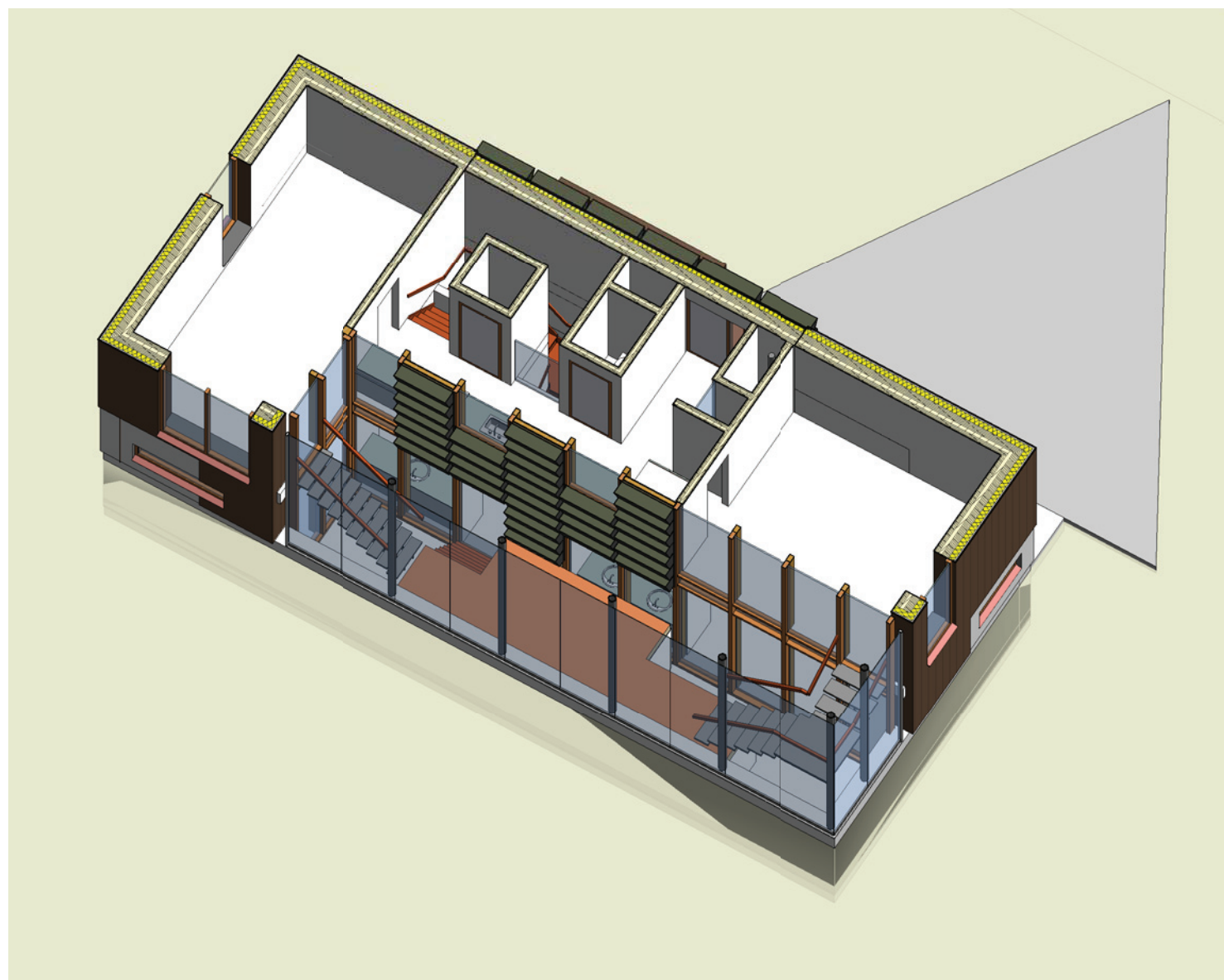
Mijn ontwerpproces van de drijvende woning was tevens mijn leerproces met Revit. Ik heb geen cursus gedaan om het programma gestructureerd te leren. Wel heb ik hulp gekregen van bouwkundig tekenaars binnen Kraaij-vanger • Urbis. Verder heb ik veel aan tutorials op het internet gehad. Veel bewerkingen in Revit staan uitgelegd aan de hand van filmpjes of oefenbestanden. Doordat ik het programma eigenlijk “spelenderwijs” heb aangeleerd lieten de kwaliteit en structuur van het model te wensen over. Daarom heb ik het model deels noodgedwongen op-nieuw op moeten zetten, mede ook omdat de keuze van het template in het begin niet optimaal was. Ik had een standaard Revit-template gekozen. In dit template staan veel standaard parameters ingesteld op een niet Neder-landse manier van tekenen. Bij het tweede model heb ik een “vernederlandse” template gebruikt.

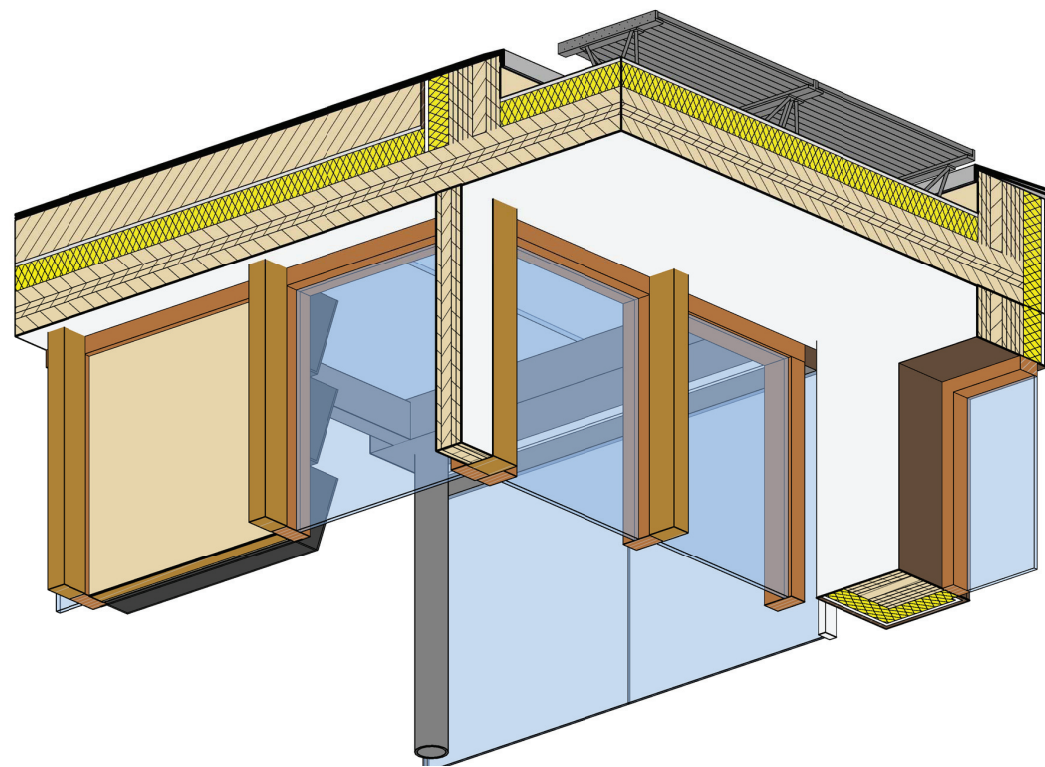
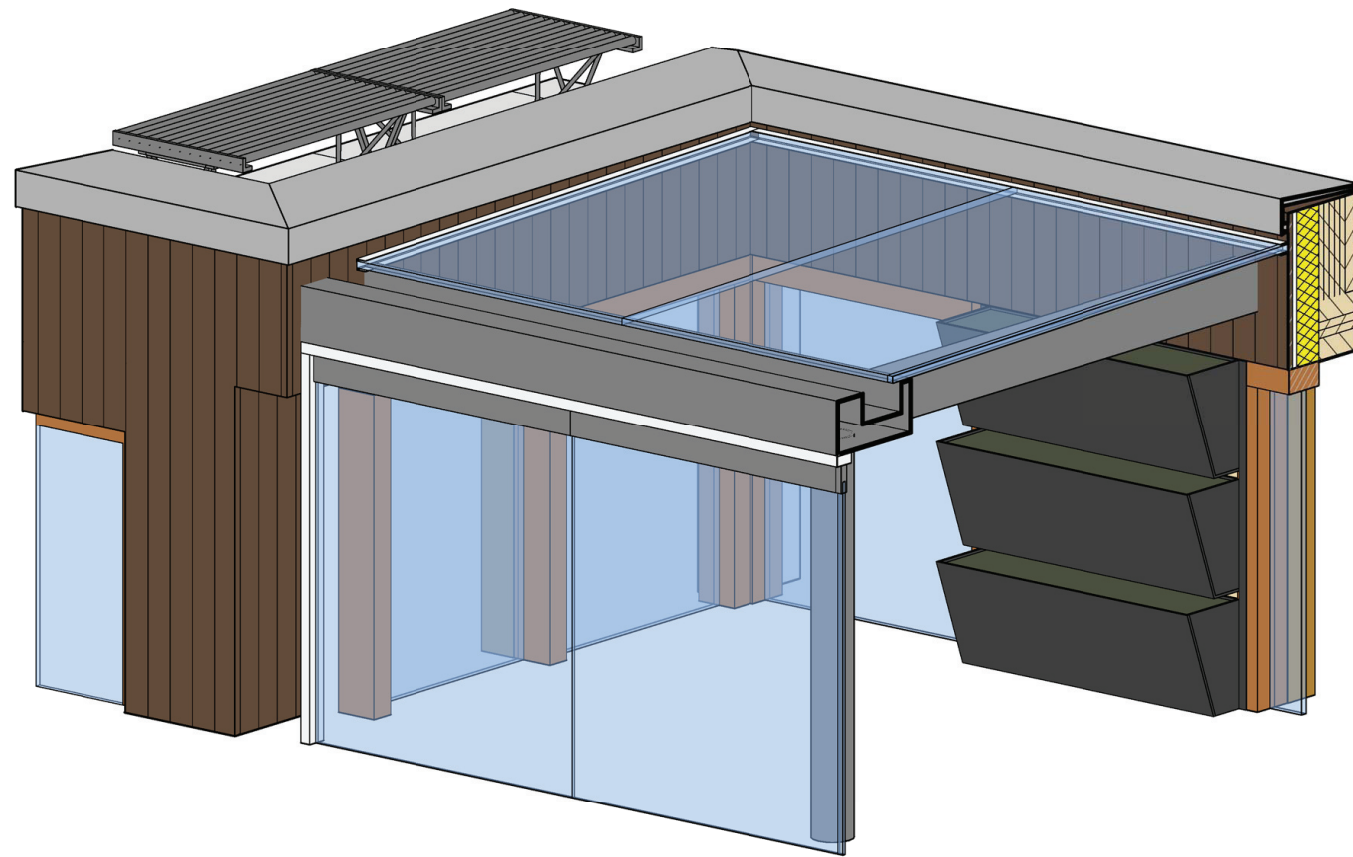
De eerste stap die een andere nieuwe gebruiker van het Revit programma naar mijn mening moet zetten, is het adopteren van een nieuwe manier van denken. Denk tijdens het moduleren niet in vlakken maar in plaats daarvan in een geheel ontwerp. Het werken vanuit een 3D model geeft meer overzicht waardoor ontwerpkeuzes snel-ler inzichtelijk worden, daardoor kan er effectiever gewerkt worden. Het opbouwen van het model gebeurt aan de hand van bouwonderdelen zoals muren, vloeren, deuren, en ramen. Deze onderdelen worden geplaatst als complete componenten. Een muur bestaat dus niet uit uitsluitend rectale belijning maar heeft een lengte, breedte, hoogte en een gedefinieerde opbouw van materialen. Hiervoor is veel informatie benodigd die vaak nog niet is bepaald of voor handen is in vroege stadia van het ontwerpproces. Het inbrengen van deze informatie zal de werkintensiteit naar voren doen verschuiven wat tot een verschuiving in het ontwerpproces zal lijden. Dit zal ook weer gevolgen hebben voor de fasering van het ontwerpproces.

Revit is een slim programma, zo zitten er veel voorgeprogrammeerde toepassingen in verwerkt. Waar je bijvoor-beeld op de ouderwetse tekentafel zelf alle symbolen moest tekenen en kon bepalen aan de hand van welke lijnen je een doorsnede of aanzicht opzet, zitten deze standaard als componenten met parameters in Revit. Het probleem dat hierbij naar voren komt, is dat bij het instellen van deze parameters veel meer kennis benodigd is van de werking van het programma dan voor het trekken van lijnen zoals op de ouderwetse tekentafel en het tekenen met CAD-programma's. Naast de benodigde bouwkundige kennis en de kennis om een technische bouw-kundige tekening op te zetten is er kennis benodigd over het moduleren met Revit. Gemis van deze kennis zal tot gevolg hebben dat de kwaliteit van het visuele beeld van het 3D model en de daaruit voortkomende tekeningen daaronder te lijden hebben. Voldoende kwalitatieve educatie in het tekenen met Revit is een belangrijke succesfac-tor voor het opzetten en uitwerken van een ontwerp.

Vaak wordt er gedacht dat bij het ontwerpen met een BIM het 3D model het belangrijkste onderdeel is dat eerst uitgewerkt dient te worden. Echter de informatie die in het model gestopt kan worden is minstens net zo belangrijk. Het motto 'Garbage in, Garbage out' is hier dus zeker van toepassing. De verkregen informatie kan op diverse manieren doorberekend worden in begrotingen, kozijn- en materiaalstaten, analyses of onderhoud-beheersystemen

mits het op een verantwoordelijke manier aan het model gekoppeld wordt. Om deze informatie later zo goed mo-gelijk te kunnen doorberekenen vanuit het BIM, is het belangrijk dat er eerst een goede structuur voor de informatie opgezet wordt, ook wel een informatieboom genoemd. Door categorisering aan te brengen in het model zijn ele-menten in latere fasen als het model complexer is geworden gemakkelijker terug te vinden en beter te verwerken in exportfiles. Methodes voor het aanbrengen van een categorisering van de informatiestructuur kunnen zijn een uitgebreide SfB-systematiek, deze is internationaal aanvaard en onderdeel van het STABU- bestekssystematiek. Het opbouwen van het model aan de hand van een systematiek is een begin om een volledig correct georga-niseerde BIM te creëren. Maar de kwaliteit van dit model zal van de invulling en discipline van de modelleurs afhangen. Er zitten ook zeker nog haken en ogen aan, allereerst heeft elk bedrijf zijn eigen tekenstijl. Hierbinnen hebben alle werknemers ook weer een eigen interpretatie van tekenonderdelen. Daarnaast zijn er de onderaanne-mers die ook weer een eigen tekenstijl hanteren. Deze verschillende disciplines zullen dezelfde structuursystematiek moeten gaan hanteren zonder dat de vrijheid van de eigen tekenstijl daarbij verloren gaat. Een tweede argument is dat elke modelleur de discipline zal moeten opbrengen om het model aan de hand van de vooraf afgesproken structuur-systematiek op te bouwen. Volgens J. Koks van Atelier Pro Architecten heeft het argument niet zozeer te maken met het werken met een BIM-model als wel met de methode van werken zoals die gebruikelijk is in de huidige bouwpraktijk: adviseurs tekenen wat nodig is voor een tekening op papier, ze verduidelijken en vullen deze aan met een veelvoud van de bij de tekeningen behorende documenten (afwerkstaten, bestekken, kozijnsta-ten, e.d.). De techniek van het CAD-tekenen heeft weinig invloed op de overige bij het proces betrokken partijen. Bij toepassing van een BIM-model zijn deze aanvullende documenten overbodig, immers alle informatie kan in het model worden gevat, met de nadruk op 'kan', want dan moet de verantwoordelijke partij die informatie wél in het model inbrengen en op de juiste manier formuleren: een dak is geen vloer ook al is het dezelfde kanaalplaat. Hij impliceert hiermee dat een gestructureerd model alleen op te bouwen is als alle partijen hun verantwoordelijkhe-den nemen en de modelleurs de discipline op kunnen brengen om de indeling van de informatieboom serieus te nemen en fouten hierin te minimaliseren.





Het 3D detail

Een complex knooppunt kan in Revit uitwerkt gewerkt worden in 3D. Zoals hiernaast te zien is wordt er een duidelijk en overzichtelijk beeld gecreëerd van het te detailleren gedeelte, in dit geval gaat het om binnenhoek van de serre. De complexe kruising die de verschillende bouwonderdelen maken wordt helder weergegeven en kan uit verschillende hoeken bekeken worden om zo de beste oplossing te vinden.

Revit meetbaar maken

Zoals al eerder beschreven heeft het ontwerpen met BIM veel potentie. Naast het feit dat Revit te gebruiken is als bouwkundig tekenprogramma, zou er in theorie ook duurzaamheidsmodules aangekoppeld kunnen worden. Deze maken de duurzaamheid van het te ontwerpen gebouw inzichtelijk. Bij het ontwerp van de drijvende woning zijn verschillende ontwerpkeuzes inzichtelijk gemaakt aan de hand van de beschreven matrix. De keuzes werden inzichtelijk gemaakt door het effect van duurzaamheid en de kosten daarvan tegen elkaar af te zetten. Zouden deze keuzes ook interactief gemaakt kunnen worden aan de hand van Revit? In dit hoofdstuk zal de volgende vraag gesteld worden: Hoe kan Revit helpen bij het meetbaar maken van C2C, de keuze van de materialisatie en de daaruit voortvloeiende kosten?

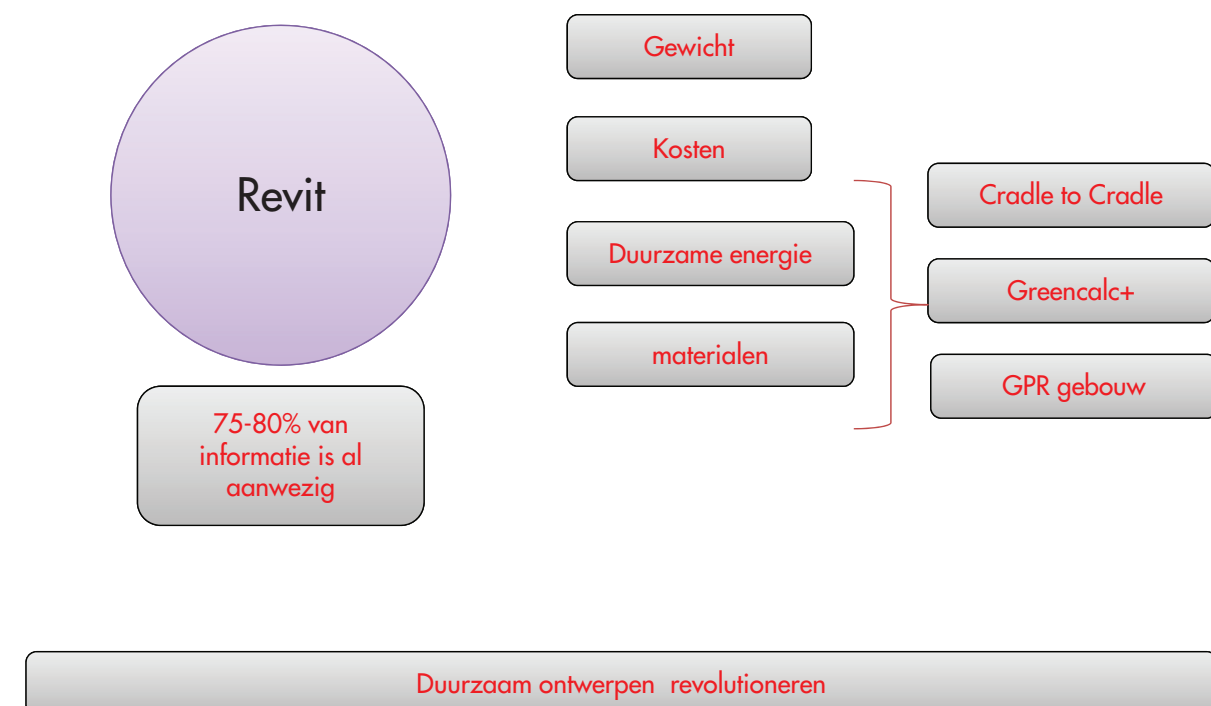
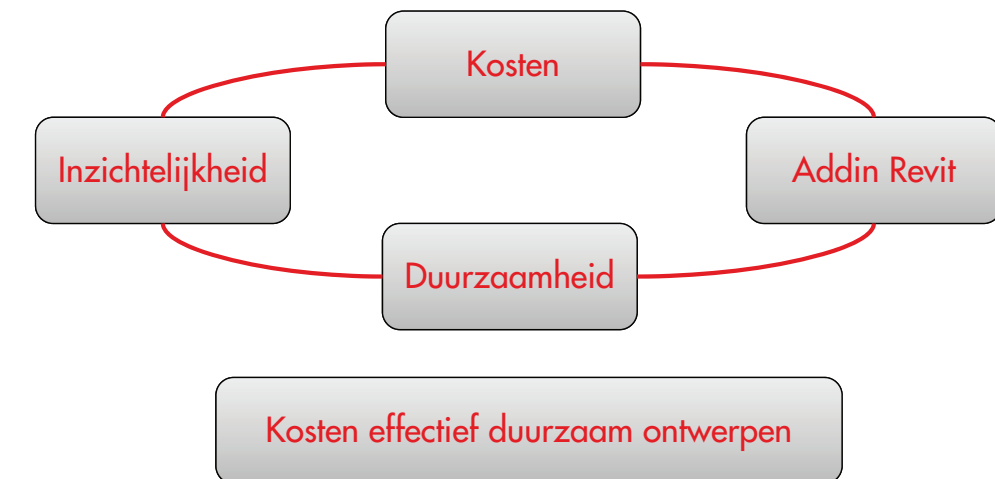
Eén van de nadelige conclusies die getrokken kunnen worden uit het ontwerpen volgens het Cradle to Cradle principe is dat het niet meetbaar te maken is. Er is voor het meten van de mate van Cradle to Cradle van gebouwen momenteel geen meetmethode beschikbaar. Hierdoor wordt het meten van de duurzaamheid volgens Cradle to Cradle criteria praktisch onmogelijk.

Stel er zou een deugdelijk meetmethode voor Cradle to Cradle beschikbaar zijn, op welke manier zou Revit kunnen helpen bij het ontwerpen en uitwerken van een duurzame drijvende woning op een integrale manier waarbij constructie, materiaalgebruik en installaties samenkomen?

Voor het beantwoorden van deze vraag zou ik willen wijzen op een intern rekenprogramma dat de gegevens van Revit interactief gebruikt. Dit rekenprogramma, in de ICT-branche ook wel add-in genaamd, zou voor Revit zo kunnen worden ontwikkeld dat een aantal vooraf te definiëren parameters tegen elkaar worden afgezet. Mogelijke parameters of beheersaspecten die effect hebben op het ontwerp van de drijvende woning zijn:

- *Duurzame energie;*
- *Materialen;*
- *Kosten;*
- *Gewicht.*

Deze add-in zou de parameters visueel tegen elkaar afzetten, waarbij voor elke verandering in het ontwerp onmiddellijk inzichtelijk wordt welk effect dit heeft op de overige beheersaspecten. Tijdens ontwerpssessies zou er op deze manier real-time ontwerpbeslissingen gemaakt kunnen worden. Waar bij de traditionele werkwijze deze effecten pas na de ontwerpssessie bepaald werden, kunnen deze dan dus meteen zichtbaar worden gemaakt voor alle betrokken partijen. Volgens Vincent van der Meulen (Kraaijvanger • Urbis) zou dit de kwaliteit van de ontwerpen kunnen verbeteren en de ontwerptijd kunnen halveren.



FINANCIËN

Dit is een samenvatting van de totale begroting, deze is te vinden in de bijlage. Er zijn twee begrotingen gemaakt een met een drijvende Biocomposiet bak, en een met een betonnenbak.

Begroting met drijvende bak van Biocomposiet:

Drijvende bak Biocomposiet	€ 85.000
Funderingsconstructies +aanlegsteiger	€ 29.000
Gevel + serre	€ 134.000
binnenwanden en openingen	€ 28.400
Vloeren en daken	€ 51.400
Installaties	€ 101.000
bouwplaatskosten	€ 10.000
Totaal:	€ 573.000

Begroting met drijvende bak van beton:

Drijvende bak beton	€ 70.000
Funderingsconstructies +aanlegsteiger	€ 29.000
Gevel + serre	€ 134.000
binnenwanden en openingen	€ 28.400
Vloeren en daken	€ 51.400
Installaties	€ 101.000
bouwplaatskosten	€ 10.000
Totaal:	€ 557.000

5.1 CONCLUSIES

De doelstelling van dit onderzoek was om een zo duurzaam mogelijk drijvende woning te ontwerpen met behulp van het softwarepakket Revit waarbij in de materiaalkeuze het gedachtegoed van Cradle to Cradle (C2C) optimaal wordt ondersteund.

Braungart en McDonough omschreven het doel van Cradle to Cradle als het creëren van een systeem waarin producenten verantwoordelijkheid nemen voor de levensloop van hun producten zodat deze worden ontworpen met als uiteindelijke doel om te worden gerecycled. De wetenschappelijke discussie met betrekking tot C2C is interessant, waarbij de vraag is of C2C omschreven kan worden als hype of een doordachte ‘duurzaam-doen-methode’. De conclusie die we kunnen trekken uit het literatuuronderzoek over C2C in deze studie is dat dit concept de toekomst heeft op het gebied van duurzaam bouwen. De afweging tussen de begrippen duurzaam of C2C is overigens als volgt te maken. We kunnen stellen dat je duurzaam bent als je Cradle to Cradle denkt, maar als je duurzaam wilt zijn hoeft je niet per se Cradle to Cradle te denken. Als je volgens de C2C-gedachte ontwerpt ben je dus per definitie op een duurzame manier bezig. Om optimale duurzaamheid (zonder dit meetbaar te maken) na te streven, zijn de ontwerpcriteria van Cradle to Cradle toereikend (genoeg).

In dit onderzoek zijn ook een aantal barrières besproken die voorkomen dat C2C nog niet op grote schaal toegepast kan worden. Als we deze projecteren op de Drijvende woning, spelen de volgende barrières een rol:

- Logistieke uitdaging doordat er veel te weinig C2C-gecertificeerde bouwmaterialen op de markt zijn of in ieder geval geografisch onvoldoende verspreid zijn;
- Het C2C principe is niet meetbaar te maken. Alternatief hiervoor is het uitvoeren van andere duurzaamheidsberekeningen zoals Breeam, GPR of Greencalc van de drijvende woning;
- Individuele gebouwen zijn niet C2C te certificeren, daardoor blijft de beloning achter bij de gedane inspanning;
- Om C2C te ontwerpen wordt (te) veel goedwillendheid van de betrokken personen geëist.

Bij een gebrek aan methodes om Cradle to Cradle te meten, is er in het vervolg van het onderzoek een matrix opgezet om overzicht aan te brengen in de verschillende beheersaspecten (C2C Criteria, Onderhoud, Financiën en Randvoorwaarden). Bij het maken van de ontwerpkeuze kunnen bepaalde randvoorwaarden die nog niet in de matrix verwerkt zitten, een doorslaggevende rol spelen. Bij de drijvende woning speelt gewicht van de materialen een belangrijke rol. Ondanks het positieve effect van een materiaal op de duurzaamheid kunnen deze randvoorwaarden van doorslaggevende betekenis zijn. In de matrix zijn de beheersaspecten afgezet tegen het effect dat het materiaal heeft op de verschillende criteria. De materialen kunnen een uitgesproken positief effect, een neutraal of een uitgesproken negatief effecten hebben op de gestelde criteria van de beheersaspecten. Met betrekking tot de volgende bouwonderdelen zijn de volgende materiaalkeuzes gedaan:

- Onderbouw drijvende bak: qua duurzaamheid en randvoorwaarden komt bio-composiet als voorkeur naar

- voren uit de matrix;
- Constructie: gekozen constructiemateriaal is zeer kostbaar maar de duurzaamheid van het materiaal weegt op tegen deze investering omdat het hier een materiaal betreft met een C2C gold-certificering;

De toegepaste installaties zijn geselecteerd als bewezen technieken in de markt, die per onmiddellijke ingang kunnen worden ingezet. Voorwaarde daarbij was dat de woning volledig zelfvoorzienend zou zijn, toepassing van zonnecellen en een hoogwaardige brandstofcel hebben hieraan een grote bijdrage geleverd. Ook het toegepaste helofytenfilter voor het verwerken van het vuile water heeft een grote bijdrage geleverd. Het uiteindelijke doel was om alle stromen van de verschillende kringlopen ook daadwerkelijk in de drijvende woning te sluiten.

In de toekomst kan Revit en daarmee een nieuwe technologie als BIM een meerwaarde vormen in de zoektocht naar een zo duurzaam mogelijk ontwerp. Maar om dit meetbaar te maken in Revit door middel van een addin zal eerst het concept Cradle to Cradle meetbaar gemaakt moeten worden. Wordt dit bewerkstelligd dan ligt de weg open om met bepaalde beheersaspecten real-time op een effectieve manier met elkaar ontwerpbeslissingen te nemen.

Programma van eisen waar de drijvende woning aan moest voldoen:

- | | |
|--|----------------|
| • De woning is 20 bij 7 bij 5 meter hoog (vanaf het water); | √ |
| • De woning kost tussen de €250.000 en €500.000; | √ ¹ |
| • De woning voldoet aan het bouwbesluit; | √ |
| • De woning voldoet aan het Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht; | √ |
| • De levensduur van de woning is minimaal 50 jaar; | √ ¹ |
| • Verwarming in de woonvertrekken, minimaal 20 °C (bij een buitentemperatuur van –10 °C) en koeling, maximaal 26 °C; | √ |
| • 150 liter tapwater van 60 °C per dag; | √ |
| • Schoon drinkwater; | √ |
| • Ventilatie-eisen volgens het bouwbesluit; | √ |
| • Eigen watervoorziening en afvalwaterzuivering; | √ |
| • Opslagcapaciteit voor energie (voldoende om zeven wind- en zonloze dagen op te vangen); | √ |
| • 10 KWh per dag voor huishoudelijke apparaten voor koelen, vriezen, koken, afwassen, wassen, drogen, verlichting, televisie, audio, computers, etc.; | √ |
| • Installatiegeluid in verblijfsruimte mag de 30 dB niet overschrijden voor toilet, kranen, douche, verwarming/warmwatervoorziening, ventilatie en 35 dB voor bad, douche, binnenriolering, pompinstallatie. | √ |

¹ Op basis van keuze van beton als drijvende bak.

5.2 AANBEVELINGEN

Cradle to Cradle

Door de afwezigheid van een methode om het Cradle to Cradle gehalte op gebouwniveau te kunnen meten is er een aanzet gedaan tot een eigen matrix. Deze matrix heeft vanuit het financiële oogpunt een mogelijke tekortkoming waardoor deze door sceptici niet goed geïnterpreteerd zou kunnen worden. Eigenlijk zou naast de aanschafprijs en onderhoudskosten een terugverdientijd doorberekend moeten worden waardoor de vergelijking zuiverder gemaakt kan worden.

Naast de eigen opzet van de matrix die het Cradle to Cradle gehalte van materiaalkeuzes in het ontwerp inzichtelijk maakt, moet een betrouwbaar meetsysteem opgezet worden voor het meten van het C2C gehalte op gebouwniveau. Mogelijke methodes voor het opzetten van een dergelijk systeem zijn:

- Een voorstel is het eiken van het ontwerp aan een ander duurzaam gebouw;
- Een ander voorstel is een standaard woning met een minimale bouwbesluiteis als uitgangspunt nemen en dan van hieruit berekenen hoeveel beter de te ontwerpen woning scoort.

Detail niveau

Voor het uitvoeren van de Cradle to Cradle gedachte kan er met name op detailniveau nog veel gewonnen worden. De kleine elementen in de details van het ontwerp van de drijvende woning zijn zo optimaal mogelijk opgelost met de materialen die momenteel voor handen waren. Wanneer er meer C2C gecertificeerde materialen op de markt zouden komen, zou dit het ontwerp als geheel zeker een hoger C2C gehalte geven. Als voorbeeld is een isolatiemateriaal voor het dak op afschot te benoemen. De gebruikte gevelisolatie, pavatex houtvezelmatten, zijn niet drukvast waardoor deze niet als dakisolatie te gebruiken zijn. Conclusie is om toch EPS-afschotisolatie toe te passen om bouwkundig tot een goede oplossing te komen, maar helaas is er dus geen C2C gecertificeerd alternatief op de markt. De markt van nieuwe C2C-gecertificeerde bouwmaterialen zal in de toekomst nauwelijkt in de gaten gehouden moeten worden om ook op detailniveau 100% C2C te zijn.

BIM

Met het introduceren van een meetsysteem voor C2C zal het makkelijker worden om dit meetbaar te maken in een dergelijk tekenprogramma als Revit. Mogelijke parameters die hier van toepassing zouden kunnen zijn als beheersaspecten:

- Duurzame energie;
- Materialen;
- Kosten;
- Gewicht.

De beheersaspecten 'duurzame energie' en 'materialen' zijn van invloed op de mate van C2C, evenals bestaan de meetsystemen zoals Greencalc+ en GPR gebouw die betrekking hebben op het meten van duurzaamheid.

Indien een meetsysteem voor C2C achterwege blijft, zouden de richtlijnen van deze programma's als alternatief kunnen worden gezien. In een latere fase is een C2C addin voor Revit natuurlijk een uitstekende mogelijkheid.