

## MASTER

### De weg naar Cradle to Cradle

### Nederlandse vrijstaande woningen volgens de Cradle to Cradle filosofie

van Veldhuizen, D.

*Award date:*  
2010

[Link to publication](#)

#### **Disclaimer**

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

ARR  
2010  
BWK

4692

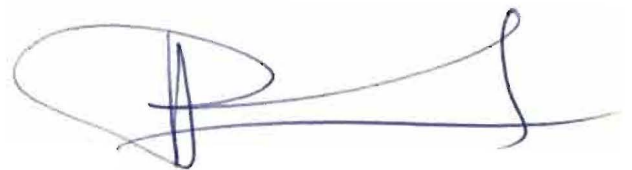
# De weg naar Cradle to Cradle

Nederlandse vrijstaande woningen volgens de Cradle to Cradle filosofie

Technische Universiteit Eindhoven  
Faculteit Bouwkunde  
Architecture, Building & Planning  
December 2010

0557079 Diana van Veldhuizen BSc

**arch'mal** eindhoven university of technology  
faculty of architecture, building and planning  
department of architecture  
vertigo 7.08  
p.o. box 513  
nl - 5600 mb eindhoven tel. 040 2473380



# De weg naar Cradle to Cradle

**Auteur afstudeeronderzoek:**

0557079 Diana van Veldhuizen BSc

Geldropseweg 30-24

5611 SJ Eindhoven

dianavanveldhuizen@gmail.com

**Technische Universiteit Eindhoven:**

Faculteit Bouwkunde

Architecture, Building & Planning

Building Technology - Design and Lifespan

December 2010

**Afstudeercommissie:**

Voorzitter: prof. ir. J.M. Post (TU/e)

Hoofd begeleider: dr. ir. P.A. Erkelens (TU/e)

Externe begeleider: ir. M.H.N. van de Berg (DSM)

Externe begeleider: ir. E.S.M. Nelissen (Nelissen BV)



## Voorwoord

Het afstudeeronderzoek 'De weg naar Cradle to Cradle' voor de master Architecture, Building & Planning in de richting Building Technology, Design and Lifespan aan de faculteit Bouwkunde van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) bestaat uit vier delen.

Voor u ligt de bundeling van de vier delen die gescheiden worden door de gekleurde bladen. Het eerste deel beslaat de ontwikkeling van een Cradle to Cradle bouwmethode voor vrijstaande woningen. Deel twee omvat het handboek van het 'Cradle to Cradle toepassingsmodel voor vrijstaande woningen'. De conclusies, aanbevelingen tot aanpassing en aanbevelingen tot vervolgonderzoek zijn uiteengezet in deel drie. Dit toepassingsmodel is getoetst met een pilot, waarvan de uitwerking in het vierde deel, de bijlagen, te vinden is.

Gedurende het afstudeerproces ben ik vanuit de TU/e begeleid door dr. ir. P.A. Erkelens in het onderzoeksproces. Daarnaast hebben ir. M.H.N. van den Berg, product developer bij DSM, mij op materiaalkundig niveau en ir. E.S.M. Nelissen, directrice van Nelissen BV, op installatietechnisch niveau begeleid. Graag wil ik de begeleiders hartelijk bedanken voor alle hulp tijdens het afstudeertraject. In het bijzonder wil ik graag prof. ir. J.M. Post bedanken voor de begeleiding vanuit zijn expertise op het gebied van Cradle to Cradle en voor de mogelijkheid om de woning 'Recht op wind' Cradle to Cradle uit te werken.

Naast de mensen die direct invloed hebben gehad op het afstudeerproject, wil ik graag mijn familie en vrienden bedanken voor hun steun en vertrouwen. Voor het kritisch doorlezen van het verslag en de posters wil ik Laura en Kyra hartelijk bedanken. Voor de kritische blik op het Cradle to Cradle toepassingsmodel wil ik Christanie en Eva ook graag hartelijk bedanken.

Eindhoven, december 2010

Diana van Veldhuizen



## Samenvatting

De fossiele brandstoffen raken op, de afvalberg wordt groter en de milieuvervuiling en CO<sub>2</sub> uitstoot nemen toe. Het transport en de productie in de bouw draagt hier aan bij (Lichtenberg, 2005). Om toekomstige generaties te kunnen voorzien van energie, materialen en een welgesteld milieu, zal er een omslag moeten plaatsvinden binnen de bouw. De doelstellingen van de Europese Commissie die aan deze omslag bijdragen zijn om voor 2020 de broeikasgasemissies te reduceren, het energieverbruik terug te dringen en in te zetten op duurzame energiebronnen. Het bereiken van deze doelstellingen en het transformeren van de afvalberg naar een voedingsberg, is mogelijk door te bouwen volgens de Cradle to Cradle filosofie.

Een volledig Cradle to Cradle (C2C) uitgewerkt gebouw levert tijdens de bouw, het gebruik en zelfs de sloop geen afval op maar juist voedsel. De toegepaste bouwmaterialen zijn namelijk terug te brengen in de biologische of technologische kringloop, waar zij als nutriënt opgenomen kunnen worden in de natuur of in een nieuw product. Door uitsluitend gebruik te maken van duurzame energiebronnen en bij te dragen aan de biodiversiteit, levert het gebouw een bijdrage aan de natuur en kunnen de gestelde doelen van de Europese Commissie worden behaald. Echter, om de C2C filosofie te kunnen implementeren in de gebouwde omgeving zijn er concrete bouwkundige handvatten nodig. Op dit moment is hier een gebrek aan. Dit afstudeeronderzoek wil deze leemte vullen door de particuliere opdrachtgever een 'C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen' te bieden. De particuliere opdrachtgever is direct betrokken bij de bouw van een woning, zonder tussenkomst van andere belanghebbenden. Hierdoor zullen de geboden C2C toepassingen sneller worden gerealiseerd dan bij een bouwproject van een grotere schaal. Het toepassingsmodel zorgt ervoor dat het gebrek aan bouwkundige kennis van de particuliere opdrachtgever geen probleem meer is; er een overzichtelijk bouwtraject ontstaat; en er een betere raming gemaakt kan worden van de kosten. Door het gebruik van het C2C toepassingsmodel wordt het voor de particuliere opdrachtgever mogelijk om op omgevingsniveau, ontwerpniveau, installatieniveau en materiaalniveau een C2C vrijstaande woning te ontwikkelen.

Ten grondslag van dit toepassingsmodel liggen de binnen dit afstudeeronderzoek geformuleerde C2C uitgangspunten. Hiertoe is er allereerst een literatuurstudie uitgevoerd naar het C2C concept en de huidige bouwconcepten IFD-bouwen, Passiefhuis en Catalogus bouwen. Deze bouwconcepten zijn geanalyseerd om ze vervolgens in een matrix te vergelijken met het C2C concept. Hierin komen de overeenkomsten en verschillen met het C2C concept duidelijk naar voren. Zo komen bijvoorbeeld de aanpasbaarheid van het gebouw en demonteerbaarheid van de bouwelementen binnen IFD bouwen overeen met de C2C filosofie. Maar het concept afval blijft aanwezig, al wordt wel beoogd dit te verminderen. Het Passiefhuis concept stelt dat energie het probleem is. Woningen binnen dit concept worden dan ook extra geïsoleerd om het energieverbruik voor het verwarmen zo minimaal mogelijk te houden. Binnen de C2C filosofie is energie niet het probleem, maar zijn juist de materialen het probleem. Fundamenteel komen het Passiefhuis concept en de C2C filosofie dus niet overeen. Bij het bouwen van een Catalogus woning staat de gebruiker centraal en is er een overzichtelijk bouwtraject, wat beide overeenkomt met de C2C filosofie. Echter, de traditionele installaties en het lokatie ongebonden ontwerp van de woning komen niet overeen met de C2C filosofie. De overeenkomsten tussen de bouwconcepten en de C2C filosofie vormen voor een deel de C2C uitgangspunten voor het te ontwikkelen C2C toepassingsmodel.



Daarnaast zijn de installatieconcepten conform de Energie Prestatie Norm (EPN) en de C2C materialen onderzocht. Uit dit onderzoek zijn de overige C2C uitgangspunten geformuleerd. Binnen de C2C filosofie is CO<sub>2</sub> neutraal bouwen een van de doelstellingen en is duurzame energie in overvloed aanwezig. Maar binnen de EPN staat energie als probleem centraal. Veel installaties binnen de EPN zijn dan ook gericht op het verlagen van het energieverbruik. In het C2C toepassingsmodel zijn dan ook alleen de noodzakelijke duurzame installaties opgenomen die daadwerkelijk bijdragen aan het verhogen van het comfort en het binnenklimaat verbeteren.

Het onderzoek naar C2C materialen is beperkt tot de materialen die op dit moment beschikbaar zijn. Zo zijn er door McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC) verschillende materialen C2C gecertificeerd en door ir. D. Tulp zijn huidige bouwmaterialen C2C beoordeeld in een 'C2C materialen tool'. Deze materialen zijn onderzocht op de toepasbaarheid binnen de schaal van de vrijstaande woning en de beschikbaarheid van de materialen in Nederland. Op basis van dit onderzoek is er een overzicht van C2C materialen samengesteld welke opgenomen is in het C2C toepassingsmodel.

Vervolgens zijn de geformuleerde C2C uitgangspunten doorontwikkeld tot het 'C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen' waarin de duurzame installaties en de C2C materialen een plaats hebben gekregen. De C2C uitgangspunten zijn onder te verdelen in de niveaus 'Omgeving', 'Ontwerp', 'Installaties' en 'Materialisatie'. Deze niveaus zijn onderling gerelateerd. Zo kan het ontwerp van een woning bijdragen aan haar omgeving en andersom. De installaties en de materialisatie vullen het ontwerp aan. Het toepassingsmodel start met de vraag naar de 'Projectgegevens' op basis waarvan het kader wordt geschept voor de mogelijke C2C toepassingen. De toepassingen die gekozen kunnen worden binnen de niveaus, zijn gevalideerd aan de hand van de geformuleerde C2C uitgangspunten en de C2C filosofie. Na het invoeren van de binnen het toepassingsmodel gevraagde gegevens is er onder 'Resultaten' de C2C score van de woning af te lezen. Deze C2C score geeft aan hoe goed de woning in totaal is afgestemd op C2C. Hoe hoger de score, des te beter de afstemming op C2C. Daarnaast worden de gekozen C2C toepassingen in het 'Totaal overzicht' opgesomd.

De ontwikkeling van de pilot, de vrijstaande woning 'Recht op Wind' te Bergschenhoek, verliep synchroon met de ontwikkeling van het C2C toepassingsmodel. Gaandeweg is het toepassingsmodel dan ook aangepast door de vragen die tijdens de ontwikkeling van de pilot speelden. Hieronder vallen de vragen over waardering van natuurlijke ventilatie versus mechanische ventilatie, de waardering van aardwarmtekorven ten behoeve van de verwarming van de woning, het gebruik van een grijswatersysteem en de consequenties voor het toepassen van giftige materialen. Deze onderwerpen zijn verwerkt in het model en in het waarde kader waarin de waardering per C2C toepassing is uiteengezet. Hierop is een controle uitgevoerd door de reeds gebouwde vrijstaande woning met een vergelijkbaar vloeroppervlak 'Ringoven 31' te Mariaheide, in te voeren in het model. Hieruit bleek dat de CO<sub>2</sub> uitstotende energieleverancier en de toepassing van pvc houdende materialen ervoor zorgden dat er geen C2C score behaald kon worden.

**DEEL I**

## Inhoudsopgave deel I

Inleiding .....	3
1 Cradle to Cradle .....	5
1.1 Kringlopen .....	6
1.1.1 Twee afzonderlijke kringlopen .....	6
1.2 Eco-effectief in plaats van eco-efficiënt .....	7
2 Huidige bouwconcepten .....	10
2.1 Industrieel, flexibel en demontabel bouwen .....	10
2.1.1 IFD-concept .....	10
2.1.2 IFD-projecten .....	12
2.1.3 Beschouwing vanuit het C2C concept .....	18
2.2 Passiefhuis concept .....	20
2.2.1 Passiefhuis en vormgeving .....	21
2.2.2 Passiefhuis en detaillering .....	21
2.2.3 Passiefhuis en installaties .....	22
2.2.4 Passiefhuis projecten .....	24
2.2.5 Beschouwing vanuit het C2C concept .....	27
2.3 Catalogus bouw .....	28
2.3.1 Opbouw cataloguswoning .....	29
2.3.2 Catalogus projecten .....	30
2.3.3 Beschouwing vanuit het C2C concept .....	33
3 Installatiesystemen conform bouwbesluit .....	34
3.1 EPN .....	34
3.1.1 Energie-efficiëntie .....	34
3.1.2 Berekeningsmethodiek .....	35
3.2 Duurzame installaties binnen de EPN .....	36
3.2.1 Koeling & Verwarming .....	38
3.2.2 Warm tapwater .....	40
3.2.3 Ventilatie .....	41
3.2.4 Elektriciteit .....	41
3.3 Beschouwing vanuit het C2C concept op de EPN .....	42
4 Cradle to Cradle materialen .....	44
4.1 MBDC certificeringsprogramma .....	44

4.2	C2C materialen tool.....	45
5	Cradle to Cradle bouwconcept.....	48
5.1	C2C uitgangspunten uit de huidige bouwconcepten studie .....	48
5.2	C2C uitgangspunten uit installatieconcepten studie.....	50
5.3	C2C uitgangspunten uit materialen studie.....	50
5.4	Uitgangspunten C2C bouwconcept.....	51

## Inleiding

Sinds de industriële revolutie in Nederland aan het eind van de 18<sup>e</sup> eeuw, is het gebruik van fossiele brandstoffen en daarmee de uitstoot van CO<sub>2</sub> door de groeiende industrie exponentieel toegenomen. Naar aanleiding hiervan waarschuwde de Club van Rome al in 1972 met het rapport 'The Limits to Growth' voor onder andere de uitputting van de aarde. Toch heeft deze waarschuwing pas vanuit de overheden gevolg gekregen bij het ontstaan van het Brundtland-rapport 'Our common future' in 1987. Het rapport riep voor het eerst op tot duurzame ontwikkeling. De voornaamste conclusie van het rapport was dat de belangrijkste mondiale milieuproblemen het gevolg waren van de armoede in het ene deel van de wereld en de niet-duurzame consumptie en productie in het andere deel van de wereld.

Een van de milieuproblemen waar in de westerse wereld op dit moment veel aandacht voor is, is de klimaatverandering. Deze voorspelde klimaatverandering die onder andere veroorzaakt wordt door de toenemende CO<sub>2</sub> uitstoot, heeft grote gevolgen voor de hele wereld. De EU heeft onlangs een convenant gesloten waarin verschillende doelen zijn opgenomen om de klimaatverandering terug te dringen. Een van de doelen van de Europese Commissie is om in 2020 de CO<sub>2</sub> uitstoot en het fossiele brandstoffen gebruik met 20% terug te dringen ten opzichte van 1990.

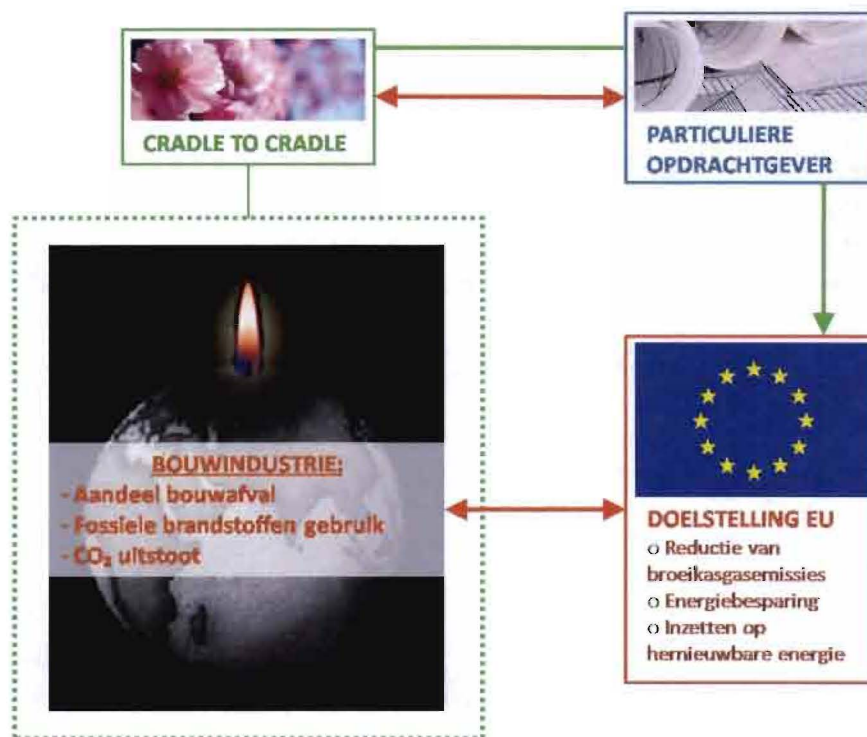
Sinds de oliecrisis van 1973 is de bouwindustrie bewust van het feit dat 30% tot 40% van de globale energievoorraad gerelateerd is aan de bouw<sup>(1)</sup>. En op de voedselindustrie na levert een woning de hoogste bijdrage aan broeikasgas emissies. Een milieuvriendelijke uitvoering van een woning zal dus bijdragen aan het doel van de Europese Commissie om de CO<sub>2</sub> uitstoot en het fossiele brandstoffen gebruik te verminderen.

De ultieme milieuvriendelijke uitvoering van een gebouw is een gebouw volgens de C2C filosofie. Een van de speerpunten van deze filosofie is 'afval = voedsel'. Een volledig C2C uitgewerkt gebouw zou dus tijdens de bouw, het gebruik en zelfs de sloop, geen afval opleveren maar juist voedsel. Afvalstoffen worden dus niet gedumpt op de afvalberg maar als grondstof gebruikt voor een nieuw materiaal of een nieuwe toepassing. We spreken hier dan ook niet van 'downcycling' of 'recycling' maar van 'upcycling'. In 2002 kwam de Engelse versie van het boek 'Cradle to Cradle: Remaking the way we make things' uit, geschreven door Michael Braungart en William McDonough. De Nederlandse versie van dit boek, Cradle to Cradle: Afval = Voedsel<sup>(1)</sup>, kwam in 2007 uit. Sindsdien is dit onderwerp onder de aandacht gekomen van de wetenschap en worden er steeds meer onderzoeken op dit gebied gedaan. Deze onderzoeken worden onder andere door het bedrijf MBDC van Braungart en McDonough zelf gedaan en door afstudeerders aan de TU/e. Zo heeft ir. D. Tulp in 2009 aan de TU/e onderzoek gedaan naar C2C materialen<sup>(2)</sup> en heeft ir. B. van de Westerlo<sup>(3)</sup> onderzoek gedaan naar een C2C ontwerptool voor industrieel erfgoed. De afstudeeronderzoeken blijven echter veelal steken bij de theoretische C2C mogelijkheden. De realisatie van deze mogelijkheden en de toetsing van de theorie met de praktijk is in Nederland nog niet gebeurd.

Dit afstudeeronderzoek gaat een stap verder. De doelstelling van dit onderzoek is het stimuleren van toepassingen van C2C in kleinschalige Nederlandse woningbouwprojecten. Met dit onderzoek wordt een methode ontwikkeld om vrijstaande woningen te ontwerpen volgens de C2C filosofie. De hoofdonderzoeksvraag van dit onderzoek is dan ook: *Hoe ziet een toepassingsmodel eruit voor een Cradle to Cradle vrijstaande woning in Nederland?*

Hierbij zijn verschillende deel- en subvragen gesteld, waaronder: *In hoeverre sluiten de huidige bouwconcepten aan op de C2C filosofie? Welke uitgangspunten zijn te formuleren voor een C2C bouwconcept? Hoe kan het C2C bouwconcept toepasbaar gemaakt worden voor toekomstige gebruikers? Hoe is de pilot vormgegeven op basis van het C2C toepassingsmodel?*

Allereerst is er een literatuurstudie gedaan naar het C2C concept en de huidige bouwconcepten IFD-bouwen, Passiehuys en Catalogus bouwen. Uit deze literatuurstudie zijn vervolgens uitgangspunten gedestilleerd die meegenomen kunnen worden in de ontwikkeling van een C2C bouwconcept. Er is voor deze ontwikkeling ook ingegaan op installatieconcepten en C2C materialen. Vervolgens is het C2C bouwconcept doorontwikkeld tot een toepassingsmodel waarmee de gestelde doelgroep C2C vrijstaande woningen kunnen ontwikkelen. Dit C2C toepassingsmodel wordt getoetst met een pilot, de vrijstaande woning 'Recht op Wind' te Bergschenhoek, waarna er een herontwerp voor deze pilot volgt. De relatie tussen dit afstudeeronderzoek en de gestelde problematiek is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Relatie afstudeeronderzoek en gestelde problematiek

## 1 Cradle to Cradle

De Amerikaanse architect William McDonough en de Duitse chemicus Michael Braungart zijn de grondleggers van de C2C filosofie. De C2C filosofie is niet alleen op de bouw gericht, maar op alles wat er in de wereld geproduceerd wordt. De letterlijke vertaling van Cradle to Cradle is 'van wieg tot wieg'.

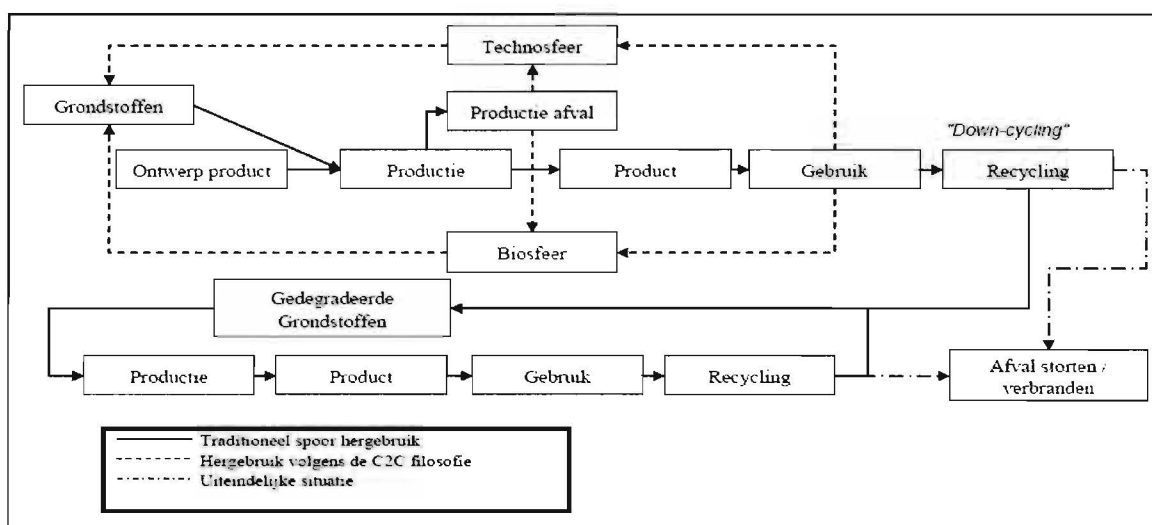
Een goed voorbeeld van de C2C filosofie is de kersenboom. Die produceert elk jaar talloze bloesems en kersen, met maar één enkel doel: dat een van die kersen op de grond valt, waar de pit ontkiemt, zodat een nieuwe kersenboom kan gaan groeien. De kersenboom produceert uitbundig, zelfs overdadig. Toch zal niemand hem van verspilling betichten. Waarom niet? Omdat ook de 'niet-nuttige' producten van de boom hun functie hebben. Bloesemblaadjes vallen op de grond, waar ze verteren en de bodem voeden, kersen worden gegeten door dieren en mensen. Een kersenboom produceert geen afval, maar verrijkt haar hele omgeving, betogen Braungart en McDonough.

In de bouw wordt al gebruik gemaakt van het concept recyclen (Figuur 2). Met recyclen wordt bedoeld dat het 'afval'-product wordt omgezet in een nieuw product van lagere orde. Dit wordt door de C2C filosofie ook wel 'downcycling' genoemd. Waar C2C voor staat is juist 'upcycling', afval is voedsel. Alle gebruikte materialen kunnen na hun leven in het ene product, nuttig worden ingezet in een ander product. Hierbij mag er geen kwaliteitsverlies optreden en alle restproducten moeten hergebruikt kunnen worden of milieuneutraal zijn. Om 'afval is voedsel' te laten werken, moeten biologische en technische voedingsstoffen scheidbaar zijn, en elk in een eigen cyclus worden herverwerkt. In deze voortdurende kringloop zouden alle materialen en stoffen hun biologische en technische voedingswaarde moeten behouden.



Figuur 2: Recyclen

De kern van het Cradle to Cradle concept is dan ook het sluiten van de materiaalkringlopen in de biosfeer en de technosfeer (Figuur 3). Daarnaast is het volgens het C2C concept van belang om bio- en sociologische diversiteit te behouden en mogen de gebruikte materialen geen schadelijke gevolgen hebben voor mens en milieu zoals het verwekken van ziektes of het ontregelen van hormonen.<sup>(2)</sup>



Figuur 3: Visualisatie van de productiekringloop

## 1.1 Kringlopen

Om de noodzaak van de kringlopen te benadrukken, wordt allereerst de huidige problematiek uiteengezet die krachtig ondersteund wordt door verschillende citaten. Ten tweede worden de biologische en de technologische materialen kringlopen besproken.

De manier waarop er tegenwoordig producten worden geproduceerd, past niet meer in deze tijd van milieubewust denken. Dat dit niet meer van deze tijd is, wordt door diverse wetenschappers bevestigd. Hieronder volgt een passage uit het boek *Cradle to Cradle: Afval = voedsel*<sup>(1)</sup> dat vertelt hoe vroeger werd gedacht over produceren en hoe dit nog steeds de huidige denkwijze over produceren beheerst, ookal is deze denkwijze achterhaald:

*"De natuur was volgens de westerse opvatting tegelijkertijd ook een ontzagwekkende brute kracht die geciviliseerd moest worden. De mensen vonden natuurkrachten vijandig en wilden ze bedwingen. In de Verenigde Staten nam het temmen van de wildernis mythische vormen aan. Het 'veroveren' van ongerepte natuurgebieden werd gezien als een culturele en zelfs spirituele plicht.*

*Ons begrip van de natuur is inmiddels ingrijpend veranderd. Nieuwe studies tonen aan dat de oceanen, de lucht, de bergen en de planten en dieren die erin leven, kwetsbaarder zijn dan de toenmalige vernieuwers ooit hadden gedacht. Toch werken moderne industrieën nog altijd volgens de richtlijnen die zijn ontwikkeld toen de mens nog een heel ander wereldbeeld had. Ze dateren uit een tijd waarin de gezondheid van natuurlijke systemen of een besef van hun kwetsbaarheid, complexiteit en onderlinge verbondenheid niet op de agenda van het industrieel ontwerp stonden. De industriële infrastructuur zoals wij die nu kennen is gericht op het maken van een product en op het zo snel en goedkoop mogelijk bij de klant brengen daarvan, zonder rekening te houden met andere zaken.*

....  
*Maar het ontwerp van de Industriële Revolutie bevatte fundamentele gebreken, die tot cruciale emissies hebben geleid. Met als gevolg dat we niet alleen zijn opgezaaid met de rampzalige gevolgen daarvan, maar ook dat ons denken nog altijd gedomineerd wordt door de opvattingen uit die tijd." (p35-36)*

Deze industriële manier van produceren kent ook haar weerslag op de maatschappij. De huidige maatschappij wordt namelijk bestempeld als wegwerp maatschappij. De verantwoordelijkheid voor de mentaliteit van de huidige maatschappij ligt onder andere bij de verpakkingindustrie. Dit wordt duidelijk gemaakt in onderstaand citaat.

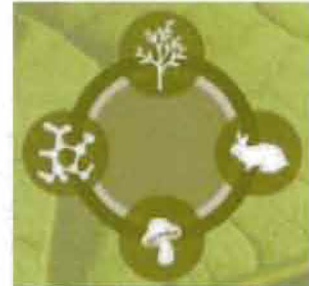
*"Denk er eens over na, je wordt consument genoemd, maar wat je echt consumeert is eigenlijk niet veel, op wat voedsel en vloeistoffen na. De rest is ontworpen om weg te gooien als je het niet meer nodig hebt. Maar wat is 'weg'? 'Weg' bestaat niet. 'Weg' is een loze kreet." (p37)*

### 1.1.1 Twee afzonderlijke kringlopen

In de C2C filosofie zijn er twee afzonderlijke kringlopen. De eerste is de biologische kringloop of de biosfeer; de kringlopen van de natuur. De tweede is de technische kringloop of de technosfeer; de kringlopen van de industrie, waaronder het winnen van technische grondstoffen uit de natuur.

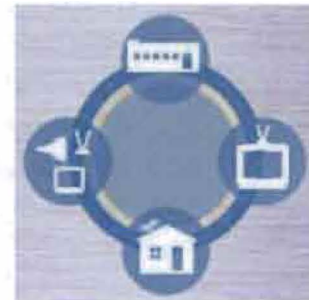


Producten uit de biologische kringloop (Figuur 4) bestaan uit materialen die biologisch afbreekbaar zijn en voedsel worden voor de biosfeer. Hieronder vallen organische grondstoffen, zoals hout of katoen, die na hun werkzame leven kunnen worden gecomposteerd. Zo geven ze weer voeding aan nieuwe organische grondstoffen. Ontwerpen voor de biosfeer betekent: grondstoffen in het productieproces niet vervuilen met schadelijke chemicaliën. Alleen volledig organische grondstoffen kunnen veilig worden gecomposteerd.



Figuur 4: Biologische kringloop

Binnen de technische kringloop (Figuur 5) bestaan producten uit technische grondstoffen die in een gesloten technosfeer blijven circuleren als waardevolle voedingsstoffen voor de industrie. In de technosfeer wordt gewerkt met niet-organische stoffen, zoals metaal en kunststof. Producten in de technosfeer kunnen, nadat ze zijn afgedankt, uit elkaar worden gehaald. Onderdelen kunnen worden omgesmolten en opnieuw gebruikt in andere producten. Ontwerpen voor de technosfeer houdt in: ervoor zorgen dat onderdelen die van verschillend materiaal zijn gemaakt, eenvoudig zijn te scheiden. Alleen dan kunnen ze op hoog niveau worden hergebruikt.



Figuur 5: Technische kringloop

Om ervoor te zorgen dat deze twee kringlopen gezond, waardevol en succesvol blijven, is het van groot belang dat ze elkaar niet besmetten. Producten die in de biologische kringloop terechtkomen, mogen geen mutagenen, kankerverwekkende stoffen, moeilijk afbreekbare giftige stoffen of andere stoffen bevatten die zich in natuurlijke systemen kunnen ophopen met alle schadelijke gevolgen van dien. Omgekeerd zijn biologische voedingsstoffen niet ontworpen om aan de technische kringloop te worden toegevoegd. Ze gaan dan niet alleen verloren voor de biosfeer maar verzwakken ook de kwaliteit van de technische grondstoffen (Figuur 6).<sup>(1)</sup>



Figuur 6: Biosfeer verzwakt de technosfeer

Zodra producenten hun producten als dienstproduct gaan ontwerpen, zullen de materialen weer terugkomen bij de producent, die de meest geschikte persoon is voor upcycling. Hierbij koopt de consument niet het product, maar de dienst die het levert. Het voordeel hiervan is dat het product nadat de consument het niet meer gebruiken wil, naar de producent terug gaat die vervolgens de waardevolle materialen kan terugwinnen en daar nieuwe producten van kan maken. De producent blijft dus eigenaar van zijn grondstoffen en het product blijft binnen de kringlopen.

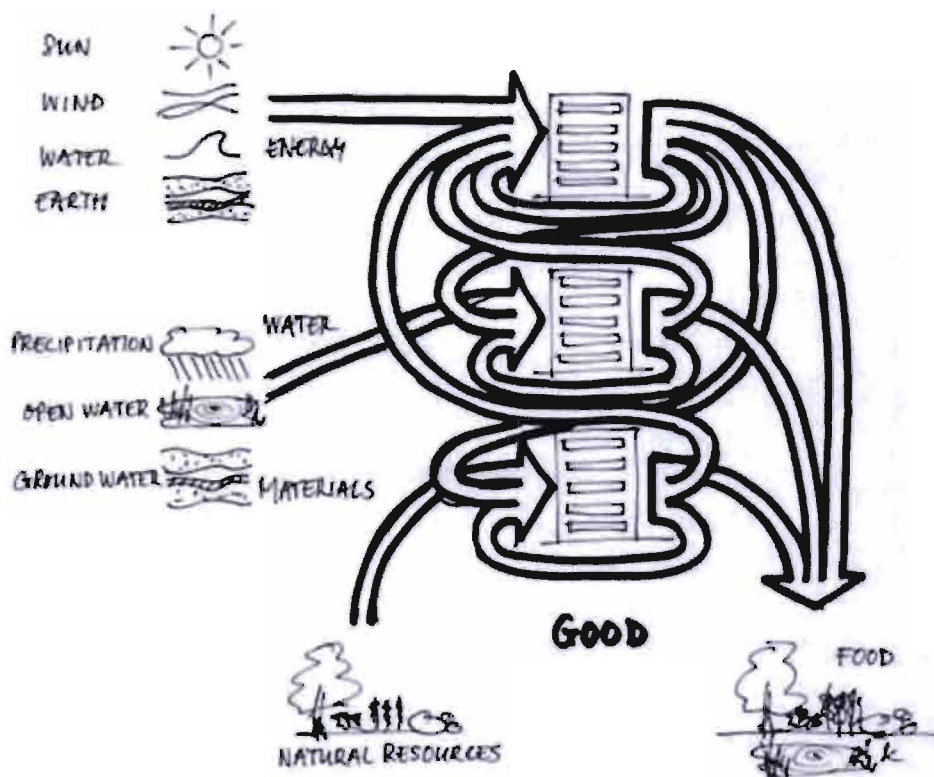
## 1.2 Eco-effectief in plaats van eco-efficiënt

Als de mens erin slaagde om, net als de natuur, geen afval te produceren, dan zou het onzin zijn om te hameren op minder, zuiniger, efficiënter. Je zou kunnen kopen en weggooien zoveel als je wilt, zonder je schuldig te hoeven voelen over je gedrag.

Eco-efficiënt is naar buiten toe een bewonderenswaardig en zelfs nobel concept, maar, omdat het niet diep genoeg gaat, is het geen strategie voor succes op de lange termijn. Het werkt binnen het

zelfde systeem dat het probleem in eerste instantie veroorzaakt. Een systeem dat blijft bestaan zolang het overeind wordt gehouden door morele spelregels en sancties. Eco-efficiënt is dus eerder een illusie dan dat het werkelijke verandering oplevert. We redden er het milieu niet mee, maar bereiken in feite het tegenovergestelde omdat het de industrie de ruimte geeft om vanuit de bestaande processen alles rustig, gestaag en tot het einde toe af te maken.

In plaats van eco-efficiënt zou de mens eco-effectief moeten worden. Een eco-effectieve benadering van ontwerpen zou een dussdanige extreme innovatie kunnen opleveren waardoor het in geen enkel opzicht meer lijkt op iets dat we kennen. Tegelijkertijd kan zo'n benadering de weg wijzen naar optimalisatie van bestaande systemen die al redelijk goed functioneren. De oplossing zelf hoeft niet radicaal te zijn, maar de verschuiving van het standpunt waar we vanuit gaan, is dat beslist wel; van het oude beeld van de natuur als een fenomeen dat beheerst moet worden, naar het nieuwe beeld van een houding van betrokkenheid. Zo kan er een wereld ontstaan waarin gebouwen, net als bomen, meer energie produceren dan ze verbruiken en hun eigen afvalwater zuiveren; fabrieken afvalwater lozen van drinkwater kwaliteit; producten geen nutteloos afval worden als hun bruikbaarheidsduur voorbij is, maar verteren en als voedsel dienen voor planten en dieren of terugkeren naar industriële cycli om kwalitatief hoogwaardige grondstoffen te leveren voor nieuwe producten; miljarden, zelfs biljoenen dollars aan materialen elk jaar kunnen worden verzameld voor menselijke en natuurlijke doeleinden; vervoer de kwaliteit van leven verbetert en goederen en diensten levert. Kortom, een wereld van overvloed in plaats van een wereld van grenzen, vervuiling en afval (Figuur 7).<sup>(1)</sup>



Figuur 7: Eco-effectief bouwen, Andy van den Dobbelsteen

In plaats van een ecologische voetprint die schadelijk is, moeten we naar een ecologische voetprint gaan die voedend is. Braungart en McDonough realiseren zich dat het zo ver nog lang niet is. Ontwerp- en productieprocessen zijn niet van de ene op de andere dag te veranderen. Maar er zijn al veel stappen gezet. Zo 'verbouwden' de Duitser en de Amerikaan het terrein van de allereerste Fordfabriek in Michigan van een troosteloos en vervuild stuk grond, tot een complex zó schoon en groen, dat er kinderen zouden kunnen spelen. Met sportartikelenproducent Nike werkten ze aan recyclebare schoenen. En samen met de Duitse textielfabrikant Trigema ontwikkelden ze het eerste composteerbare T-shirt ter wereld.

Cradle to cradle onderscheidt vijf stappen op de weg naar eco-effectief productontwerp:

- Gebruik geen stoffen meer waarvan vaststaat dat ze schadelijk zijn. Voorbeelden van zulke stoffen zijn PVC, cadmium, lood en kwik.
- Probeer, in die gevallen waarin 100 procent zekerheid over de onschadelijkheid van een product of stof niet haalbaar is, in ieder geval zo zeker mogelijk te zijn. Kies dus voor hout met het FSC-keurmerk, ook al zegt dat keurmerk niet alles over de precieze omstandigheden op duurzaamheidsgebied in het bos waar dat hout vandaan komt.
- Stel een 'positieve lijst' op met stoffen waarvan bewezen is dat ze onschadelijk en veilig in het gebruik zijn.
- Gebruik alleen nog producten of stoffen van de positieve lijst.
- Vind het product opnieuw uit.

De vitaliteit van een ecosysteem hangt af van de mate van diversiteit. Hoe hoger de diversiteit, hoe veerkrachtiger het ecosysteem. Om diversiteit in onze samenleving te bevorderen moet er zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van lokale grondstoffen, energie en culturele gebruiken. Er moet rekening gehouden worden met lokale omstandigheden. Zodra er ruimte is voor diversiteit, is er ruimte voor expressie en esthetische voorkeur. Naast respect voor diversiteit moeten ook economische (zoals werkgelegenheid), sociologisch (zoals de betrokkenheid van de bevolking) en ecologische aspecten worden gerespecteerd.

## 2 Huidige bouwconcepten

Om tot nieuwe uitgangspunten voor een C2C bouwconcept te kunnen komen, wordt er in dit hoofdstuk eerst gekeken naar de huidige succesvolle bouwconcepten. De essentie van IFD-bouwen, Passiefhuis en Catalogus worden eerst uitgelegd, waarna er drie projecten per bouwconcept worden geanalyseerd. Vervolgens wordt er vanuit de C2C filosofie een reflectie gegeven op de geanalyseerde bouwconcepten, waaruit zal blijken in hoeverre de systemen bij de C2C filosofie aansluiten.

### 2.1 Industrieel, flexibel en demontabel bouwen

In 1997 bracht het ministerie van Economische Zaken het rapport "Marktpotentie van IFD-bouwen" door Damen Consultants uit. In de volgende paragraaf wordt het bouwconcept IFD-bouwen uitgelegd. Uit dit rapport bleek dat IFD-bouwen een helder antwoord kon geven op een aantal problemen en beleidsdoelstellingen, zoals de verscherping van de milieu- en Arbo-eisen en de spanning op de arbeidsmarkt. Naar aanleiding hiervan hebben de ministeries van VROM en EZ, mede in aansluiting op de Nota Milieu en Economie (1997), gezamenlijk het stimuleringsprogramma IFD-bouwen opgezet.

De Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting (SEV) is in 1999 begonnen met het uitvoeren van het stimuleringsprogramma. De eerste wervingsronde voor demonstratieprojecten startte om bouwers te stimuleren zodanig te bouwen dat er beter aangesloten zou worden op de veranderende vraag in de markt. Daarbij werd de milieubelasting beperkt. Er kon subsidie aangevraagd worden voor innovatieve gebouwen gebaseerd op de IFD-technieken: beter beheersbaar bouwen, gebruikerswensen en -wisselingen faciliteren en een gebouw neerzetten dat vanuit milieuoogpunt minder afval oplevert, zowel tijdens de bouw als bij de sloop.<sup>(3)</sup>

Tijdens het subsidieprogramma dat tot 2006 liep, hebben 92 projecten de demonstratiestatus verworven in drie verschillende sectoren. Deze sectoren zijn:

- woningbouw- en utiliteitsbouwprojecten
- nieuwbouw-, renovatie- en herontwikkelingsprojecten
- concrete projecten of haalbaarheidsonderzoeken

#### 2.1.1 IFD-concept<sup>(4) (5)</sup>

**Industrieel bouwen** staat voor het samenvoegen of monteren van industriële bouwproducten<sup>1</sup> op de bouwplaats. De gedachte hierachter is dat in de fabriek betere arbeidsomstandigheden en een betere kwaliteitszorg mogelijk zijn dan op de bouwplaats, dat er efficiënt met materiaal en energie wordt omgegaan en restmateriaal wordt verzameld en hergebruikt. Op de bouwplaats hoeven de industriële producten vervolgens alleen nog samengevoegd of gemonteerd te worden.

Een goede voorbereiding van het bouwproces is van belang bij industrieel bouwen, omdat deze bouwwijze geen ruimte laat voor improvisatie op de bouwplaats zelf. De juiste maatvoering en detaillering van alle aansluitingen en overgangen zijn dan ook van groot belang.

**Flexibel bouwen** betekent onder andere de mate waarin een gebouw of bouwproduct aan te passen is aan de eisen en wensen van de gebruikers. Tijdens verschillende stadia kan flexibiliteit een grote

---

<sup>1</sup> Industriële bouwproducten = alle bouwproducten die in een fabriek worden gemaakt

rol spelen. Grofweg kunnen er twee vormen onderscheiden worden: vóór en tijdens de uitvoering (*procesflexibiliteit*) en tijdens de gebruiksfase (*gebruiksflexibiliteit*).

Ontwikkende en uitvoerende partijen kunnen met *procesflexibiliteit* een uitgebreide keuzevrijheid bieden aan de eerste gebruiker(s) van het gebouw. De keuzevrijheid kan in verschillende gradaties geboden worden. Zo kan bijvoorbeeld de gebruiker in de woningbouw binnen een vast casco zelf de grootte en plaats van woonkamer, slaapkamers, keuken en badkamer bepalen. Of zelfs keuzevrijheid hebben in het bouwvolume, materiaalgebruik en de uitvoering van gevels en dak. Ontwikkende en/of uitvoerende partijen kunnen hiervoor uitbreidingsvarianten aanbieden.

Procesflexibiliteit vraagt dan ook om een overzichtelijke en heldere bouwwijze met een scheiding van de bouwactiviteiten. Zo wordt het bouwproces beter controleerbaar met minder kans op faalkosten doordat het bouwkundig en installatietechnisch werk zijn ontkoppeld. De bewoners en gebruikers kunnen op deze manier hun beslissingen over de indeling en inrichting in een laat stadium nemen.

*Gebruiksflexibiliteit* maakt het mogelijk om tijdens de bewoning of het gebruik van het gebouw veranderingen aan te brengen, afgestemd op de specifieke en persoonlijke wensen en eisen van de gebruiker(s). Deze veranderingen kunnen betrekking hebben op *inrichtingsflexibiliteit*, verschuiven van de inrichting en verplaatsen van wandcontactdozen, *indelingsflexibiliteit*, veranderen van de grootte van verblijfsruimten door het verwijderen en plaatsen van scheidingswanden, en *uitbreidingsflexibiliteit*, het vergroten van de woning door aan- en uitbouwen.

**Demontabel bouwen** is het zodanig construeren van een gebouw dat een bouwdeel later gemakkelijk kan worden verwijderd en hergebruikt. Demontabel bouwen is verwant met industrieel bouwen, omdat het demonteren vaak het beste lukt met prefab producten. Voor de gebruiksflexibiliteit is demontabel bouwen ook van belang. Of een gebouw gebruiksflexibel is wordt namelijk voor een groot deel bepaald door de eenvoud waarmee bouwdelen zijn te verwijderen en te verplaatsen. Dit heeft vooral betrekking op de afbouw van een gebouw.<sup>(6)</sup>

Het demonteren gebeurt met zo min mogelijk beschadigingen en zonder beschadigingen aan omliggende bouwdelen. Het hergebruik draagt bij aan het beperken van de milieubelasting van het bouwproces.

Hergebruik staat op de tweede trede van de Ladder van Lansink (Figuur 8). Deze ladder wordt op het gebied van afvalbeheer gebruikt als waardeschaal die de verschillende afvalbehandelingen ordent. In 1979 is deze bedacht door de Nederlandse politicus Ad Lansink. Hoe hoger op de ladder, hoe minder milieubelastend.



Figuur 8: Ladder van Lansink

### 2.1.2 IFD-projecten

Binnen alle gerealiseerde IFD-projecten zijn 3 projecten uitgekozen en hieronder geanalyseerd op flexibiliteit en sleutelaspecten. De keuze voor deze projecten is gebaseerd op een zo volledig mogelijke dekking van alle IFD-aspecten die mogelijk toe te passen zijn in de Nederlandse woningbouw. De IFD-aspecten van alle gerealiseerde IFD-projecten zijn te vinden in deel IV van dit afstudeeronderzoek. In deel IV zijn ook de IFD-aspecten die in de 3 projecten voorkomen in tabelvorm weergegeven. Voor de analyse is gebruik gemaakt van de informatie uit het boek *Leren door demonstreren*<sup>(8)</sup> en de informatie op de internetsite [www.sev-realisatie.nl](http://www.sev-realisatie.nl), waar de projecten worden besproken.

#### Projectpaviljoen – Drachten

In het projectpaviljoen (Figuur 9) demonstreert bouwbedrijf VDM de mogelijkheden van houtskeletbouw voor eengezinswoningen en appartementen. De architect heeft samen met VDM de architectonische en bouwtechnische concepten ontwikkeld.

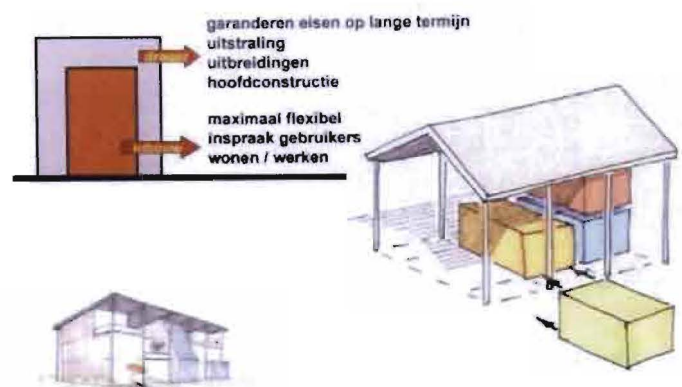


Figuur 9: Projectpaviljoen te Drachten

#### Flexibiliteit

Het Projectpaviljoen te Drachten is zowel uitbreidbaar, herverkavelbaar als vrij indeelbaar (Figuur 10). Door de toepassing van plintgoten en plafond-, wand- of luchtverwarming is de vrije indeelbaarheid en functieverandering in de toekomst mogelijk. In de huidige toestand is het paviljoen in gebruik als kantoor voor VDM. Maar door de beukmaat van 7,20m kan het paviljoen bijvoorbeeld ook in gebruik genomen worden als woonruimte voor senioren, waarvoor een slaapkamer en badkamer op de begane grond gerealiseerd kan worden.

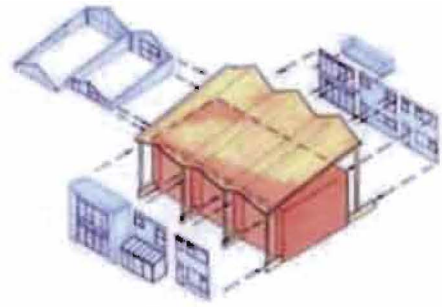
Praktijkruimten voor thuiswerkende mensen zijn ook goed te realiseren. Bewoners kunnen met één bouwlaag beginnen en later de woning met één of twee verdiepingen onder het dak uitbreiden.



Figuur 10: Concept Projectpaviljoen

### **Sleutelaspecten**

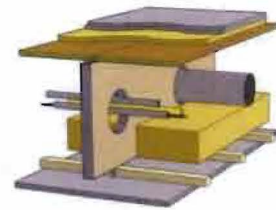
Er is een grote keuzevrijheid in de indeling, gevels, uitbreiding en afwerking (Figuur 11). Zo hebben de toekomstige bewoners onder andere de keuze voor een woonkamer aan de tuinkant of de straatkant. Het is een flexibel bouwsysteem, geschikt voor levensloopbestendig bouwen. Zo zijn alle ruimten vrijwel geheel zelf in te delen dankzij de leidingloze constructie van het casco. In een plintgoot systeem zijn de benodigde contactpunten voor onder andere licht en telecommunicatie ondergebracht. De woningen voldoen aan het eisenpakket van het Woonkeur certificaat voor nieuwbouwwoningen. Moderne, flexibele installaties met onder andere koeling op basis van een warmtepomp bevorderen het comfort.



Figuur 11: Keuzevrijheid

Industrieel bouwen uit zich in het Projectpaviljoen in de houtskeletbouw elementen voor de gevels en vloeren die in de fabriek zijn samengesteld. Doordat deze op de bouwplaats enkel nog gemonteerd hoeven te worden, is de bouwsnelheid hoog. De totale bouwtijd bedroeg dan ook 27 weken, waarin de casco's in vijf dagen gemonteerd zijn. Dit is aanmerkelijk sneller dan bij traditionele woningbouw. De gevelelementen zijn demontabel en de kozijnen zijn te demonteren door het gebruik van metalen strips.

Een innovatieve prefab houten vloer met een constructieve ligger is één van de nieuw ontwikkelde producten. Deze Kertoligger (Figuur 12), gelamineerde ligger die is opgebouwd uit 3mm dikke fineerlagen, overspant in één keer de woningbreedte van 7,20m. De verdiepingsvloeren bestaan uit houten elementen van 2,40m breed en 7,20m lang. Door de hoogte van de houten liggers (400mm) zijn alle soorten leidingen in de vloer te plaatsen over maximaal één derde van de hoogte van de ligger.



Figuur 12: Kertoligger

Doordat de vloer is voorzien van een zwevende dekvloer met isolatie en veerrails voor het vrijhangende plafond, is de geluidsisolatie voldoende voor appartementen. In de zelf ontwikkelde plintgoot zitten de leidingen voor elektra. Het overkoepelende lessenaarsdak heeft een eigen draagconstructie en geeft het blok eenheid in uitstraling. Aan de dragende kolommen van het dak worden de balkons bevestigd.

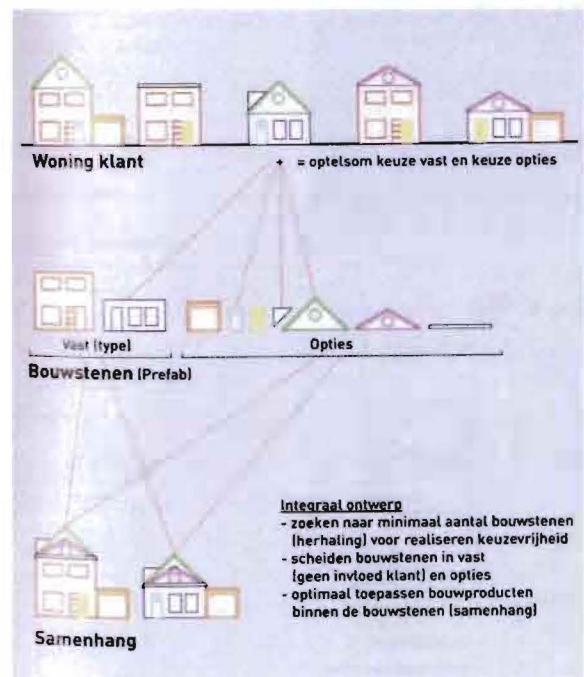
## Trento Continu – Haarlem

In de Haarlemse Slachthuisbuurt zijn door de woningstichting Pré Wonen in samenwerking met Nijhuis Bouw B.V. dertig boven- en benedenwoningen vervangen door nieuwbouw (Figuur 1515). De nieuwbouwstraat bestaat uit een drielaags appartementengebouw en grondgebonden woningen. Binnen dit gecompliceerde project, vanwege de binnenstedelijkheid en kleinschaligheid met veel woningtypes, hebben de terugkerende huurders zeggenschap over de planvorming waardoor de klantwensen gevarieerd zijn.

Nijhuis Bouw B.V. ontwerpt aan de hand van een Integrale Ontwerpmethode (Figuur 15), waarmee op basis van een voorlopig ontwerp de technische samenhang van bouwdelen, installaties en klantenwensen wordt ontworpen en geoptimaliseerd op basis van een kennisbank. Dit geeft de opdrachtgever de mogelijkheid om vroegtijdig in het proces de technische consequenties van een architectonisch ontwerp te voorzien. Daarmee verbetert de prijs-kwaliteitverhouding van een woningbouwproject, wordt het voorbereidings- en uitvoeringsproces versneld en worden de faalkosten gereduceerd. Het proces is geoptimaliseerd en het uiteindelijke product is iedere keer anders.



Figuur 15: Trento Continu te Haarlem



Figuur 15: Integrale Ontwerpmethode

### Flexibiliteit

De Trento Continu woningen zijn vrij indeelbaar (Figuur 16) mede dankzij de toegepaste installaties en infrastructuur. Zo liggen de lichtpunten in de woning vast en zijn met een zekere overmaat aangebracht. Deze aansluitpunten zijn geschakeld met de ontvangers in de meterkast en zijn draadloos in te stellen zodat men op verschillende punten licht kan krijgen. Vanwege de overmaat kunnen aanpassingen en uitbreidingen op het systeem in de meterkast worden geprogrammeerd zonder ingrijpende aanpassingen in de infrastructuur. Extra intelligente functies zijn ook zonder ingrijpende aanpassingen aan de woning toe te voegen middels het PeHa-systeem (Figuur 17). Dit systeem maakt het mogelijk om tal van elektrische apparaten en systemen in huis draadloos middels infrarood te besturen. Denk bijvoorbeeld aan de verlichting en de jaloezieën. In de cascowanden is ook een overmaat aan elektra- en aansluitingen opgenomen en er is een ontkoppelde keukeninstallatie met separate verdeelinrichting van Tiara. De decentrale elektrische



verdeelinstallatie Tiara is met name ontwikkeld voor toepassing in keukens. Daarnaast kan Tiara eenvoudig worden bijgeplaatst in iedere woon- of werkruimte waar een grote(re) behoefte aan elektriciteit bestaat.



Figuur 16: Vrijindeelbare woning



Figuur 17: PeHa systeem

### **Sleutelaspecten**

Het Trento-concept is consumentgericht en tracht een grote keuzevrijheid te bieden met behoud van de voordelen van seriematige woningbouw. Trento gaat uit van een integrale ontwerpmethodede, waarbij het functionele, technische en installatieontwerp tegelijkertijd worden uitgewerkt. In combinatie met het co-makership is dit een belangrijke procesinnovatie om het klantgericht bouwen te beheersen.

De specifieke binnenstedelijke situatie van de Slachthuisbuurt vraagt om een zo kort mogelijke bouwtijd om de overlast te beperken. De sterk geïndustrialiseerde bouwwijze van het Trento-concept benut de voordelen van een hoge mate van prefabricage, waardoor, ondanks de verschillen tussen individuele woningen, toch een hoog bouwtempo wordt behaald. De eerste woning is binnen 16 weken opgeleverd.

Het casco bestaat volledig uit droge en demontabele elementen: prefab funderingsbalken, een ribcassettevloer als begane grondvloer, dragende wanden van prefab beton, VBI-leidingvloeren als verdiepingsvloeren (Figuur 18), een doosdak met pannen, binnenspouwbladen met beglaasde kozijnen. De keuze voor de demontabele elementen hangt samen met de klantgerichtheid van het concept. Zo kunnen de leidingen op een laat moment aangebracht worden in de VBI-leidingvloer.



Figuur 18: VBI-leidingvloer

Doordat het leidingwerk grotendeels prefab, op lengte en in onderdelen voor gemonteerd, wordt aangevoerd, is veel tijdswinst in de montage te behalen. Door de open goten van de VBI-leidingvloer te vullen met korrels en de afwerkvloer op folie te leggen kan de inbouw later van de drager gescheiden worden. Deze verpompbare anhydrietvloer / zandcementdekvloer ligt op een folie over de VBI-leidingvloer, op deze manier kan relatief eenvoudig de toplaag verwijderd worden waardoor de leidingen bereikbaar zijn. Ook de metal stud-binnenwanden zijn verwijderbaar.

### Casco Façade – Oegstgeest

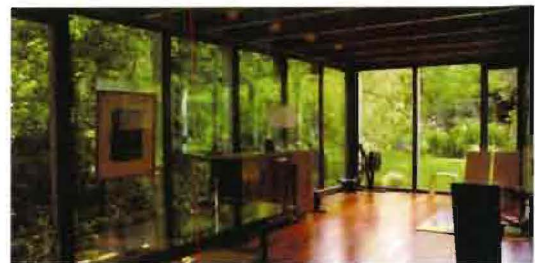
De Casco Façade (Figuur 19) is een particuliere, vrijstaande, betaalbare casco-woning waarvan de bewoner zelf de indeling en afwerking kan bepalen. Het ontwerp is gericht op blijvende veranderbaarheid voor gebruik in verschillende levensfasen. Daarbij is een volledige scheiding tussen casco en inbouw aangebracht, waarbij ook de gevelindeling flexibel is. Deze cascowoning is gebouwd op de plaats waar voorheen een atelier met een enkele bouwlaag stond. De cascowoning heeft een oppervlakte van ongeveer 100 m<sup>2</sup> en is licht uitgevoerd, waardoor de bestaande fundering hergebruikt kan worden. De ambitie van Casco Façade is het ontwikkelen en in de praktijk testen van een eenvoudig, droog bouwsysteem met handzame elementen.



Figuur 19: Casco Facade te Oegstgeest

#### **Flexibiliteit**

De woning is volledig vrij indeelbaar (Figuur 20) doordat er geen (dragende) wanden zijn en de leidingsystematiek flexibele leidingzones met overmaat biedt. Het *droge vloersysteem* is uitgevoerd met *vloerverwarming*, afgedekt met twee lagen gipsvezelplaat.



Figuur 20: Vrij indeelbare woning

Door het vloerverwarmingpakket vrij te houden van de gevel ontstaat een *leidinggoot* voor elektra. Om ervoor te zorgen dat er overal aansluitpunten te realiseren zijn, zijn er twee *Tiara-verdeelkasten* geplaatst, aangevuld met het *Wieland-stekkersysteem* (Figuur 21). Met het Wieland stekkersysteem is een volledig stekkerend elektrasysteem mogelijk.



Figuur 21: Wielandstekker

#### **Sleutelaspecten**

Voor de bouw van deze woning zijn alleen geprefabriceerde onderdelen in handelsmaten toegepast, waardoor er geen afwerkingfase nodig was. De droge montage, die voor een bouwtijd van negen dagen zorgde en een minimum aan details, levert voor Casco Façade blijvende veranderbaarheid. Alle gevelvullingen zijn even groot, beneden, boven, open, gesloten of transparant. Alle onderdelen zijn mechanisch bevestigd en dus ook mechanisch demontabel. Bij de aansluiting van de kozijnen op de kolommen is wel kit gebruikt in verband met de garantie bepaling.

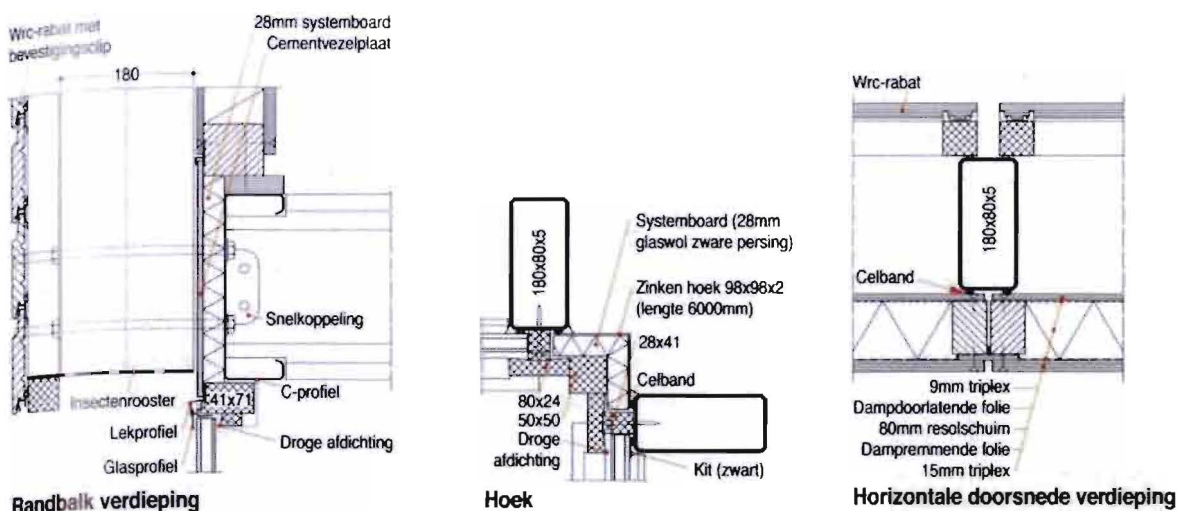
De woning is gefundeerd op palen en heeft een stalen constructie (Figuur 22). De hoge grondwaterstand maakte een waterdichte begane grond vloer noodzakelijk. Deze vloer is opgebouwd uit een vlakke betonplaat met een laag foamglas en dakbedekking als waterkerende laag. Daarop ligt een isolatielaag van 100mm XPS en een droog vloerverwarmingssysteem, afgewerkt met twee lagen gipsvezelplaat.

De rioleringen zijn in het vloerpakket opgenomen. In de staalframeleggers van de verdiepingsvloer zijn, nabij de gevel, ronde sparingen opgenomen voor voldoende leidingvrijheid. Op de begane grond is een alternatief voor een kruipruimte ontwikkeld door een multiplex bak in het vloerpakket op te nemen. Verticale leidingkokers worden geïntegreerd in kasten.

Verder zijn de verdiepings- en dakvloeren opgebouwd uit een draagstructuur van staalframebouw met 25mm multiplex. De gevel is een zelfdragende vliesgevel (constructieve systeemgevel), opgebouwd uit stalen kokerprofielen en houten raamkaders, waarbij de dichte delen zijn uitgevoerd in houtskeletbouw (Figuur 23). Door de aard van de materialen zijn behang, stuc en verf overbodig. De meeste onderdelen zijn bovendien demontabel en kunnen na sloop worden hergebruikt. Mede door deze maatregelen is het bouwafval op de bouwplaats beperkt gebleven tot een halve kuub.



Figuur 22: Opbouw constructie



Figuur 23: Detaillering casco façade

### 2.1.3 Beschouwing vanuit het C2C concept

Een van de deelaspecten die vallen onder de industriële tak van het IFD-bouwconcept is de fabricage van bouwproducten in de fabriek en de montage op de bouwplaats. Op een industriële manier produceren van bouwproducten valt binnen de C2C filosofie. Alle materialen worden binnen één fabriek verwerkt tot een bouwproduct, waardoor de nevenproducten (afval) mogelijk terug in het productieproces gebracht kunnen worden of een andere functie kunnen krijgen. De industriële bouwwijze draagt ook bij aan gunstige werkomstandigheden op de bouwplaats, wat overeenkomt met het sociale aspect van C2C. De projectongebonden productontwikkeling biedt nieuwe oplossingen voor de bouw. De projectongebondenheid is vanuit C2C gezien positief omdat de productie van de bouwproducten dan hoger ligt dan bij een projectgebonden bouwproduct waar de afzetmarkt zich beperkt tot het desbetreffende project. Op dit moment zijn er nog relatief weinig C2C bouwproducten op de markt waardoor het deelaspect productontwikkeling vanuit de C2C principes positief is.

Onder flexibel bouwen binnen het IFD-bouwconcept vallen de keuzemogelijkheden voor de eerste bewoner. Dit deelaspect valt onder het sociale aspect van C2C omdat vanuit de bouw het woongenot van de bewoner zo groot mogelijk wordt gemaakt. De aanpasbaarheid van de woning met betrekking tot indeling, uitbreiding en functieverandering geven de woning meer toekomstwaarde in de zin van woongenot en exploitatiekosten. Vanwege deze aanpasbaarheid kan de bewoner zijn volledige leven in dezelfde woning blijven wonen. Ouderdom hoeft voor de bewoner geen reden te zijn om te verhuizen naar een andere woning omdat de eigen woning volledig aan de behoeften kan worden aangepast. Hierdoor kan het woongenot van de bewoner toenemen, maar komen de materialen die in de woning verwerkt zijn niet vrij en is de woning dus wel onderhevig aan onderhoud. Het vergroten van het woongenot valt onder de sociale uitgangspunten van C2C, maar het lange tijd niet vrijkomen van de voedingsstoffen (bouwmaterialen in de woning) kan ervoor zorgen dat deze degraderen. Het deelaspect ontkoppeling van de levensduur speelt hier op in door de materialen met verschillende levensduur van elkaar te scheiden waardoor vervanging (aan het eind van de levensduur) mogelijk is.

Herbestemmen/verplaatsen is een deelaspect van demontabel bouwen in het IFD-bouwconcept. De bestaande gebouwvoorraad die niet meer voldoet aan de huidige eisen wordt in eerste instantie onderzocht op de mogelijkheid tot herbestemming. Dit is een duurzame manier van hergebruik en valt dan ook niet binnen het C2C concept.

Binnen het IFD-bouwconcept wordt het hergebruik/demonteren op zoveel mogelijk gelijkwaardig niveau gedaan. De bouwmaterialen die er op het oog goed uitzien, worden dan ook hergebruikt/gedemonteerd. Er wordt niet gekeken naar de mogelijke nieuwe toxische straling van het bouw materiaal die bijvoorbeeld ontstaan is door de blootstelling de omgeving (zon, wind, regen, e.d.). Omdat het bouw materiaal bij C2C (onder ideale omstandigheden) een gelijkwaardige functie krijgt en niet wordt opgewaardeerd of terug in de kringloop komt als nutriënt, valt dit deelaspect niet onder C2C.

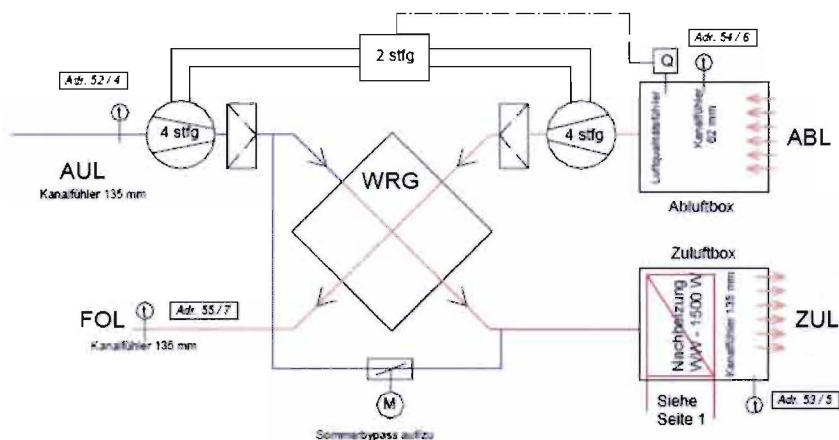
Bouw- en slooafval wat bij IFD-bouwen zoveel mogelijk wordt beperkt, bestaat binnen het C2C concept in essentie niet. Dit doordat de producten ontwikkelt worden op basis van nutriënten die allen onderdeel zijn van de biologische of de technologische kring en hier ook altijd weer in terugkeren.

In de 92 projecten die in het subsidieprogramma de demonstratiestatus verworven, zijn verschillende IFD-technieken ontwikkeld mede dankzij de verkregen projectsubsidie. Aan de hand van deze projecten is een overzicht samengesteld dat per bouwdeel, te weten hoofddraagstructuur - skelet, vloer, installaties / leidingen en gevel, de technieken samenvat. In de bijlagen worden de technieken weergegeven. Gezien er binnen het C2C concept nog veel onderzoek nodig is naar vooral (nieuwe) C2C bouwmaterialen en de ontwikkeling hiervan, is een projectsubsidie voor onderzoek C2C bouwmaterialen en pilot projecten waarin deze materialen worden toegepast zeer gewenst.

## 2.2 Passiefhuis concept

Een passiefhuis heeft een zeer goede geïsoleerde schil zonder warmtebruggen, die uiterst zorgvuldig is uitgevoerd, zodat er zo weinig mogelijk koudestralende oppervlakken en geen tochtverschijnselen optreden en er constant een gelijkmatige binnentemperatuur heerst. Door een uitgekiend ontwerp, georiënteerd op de zon, uitgevoerd met zeer goede schilisolatie, zonder warmtebruggen en met een effectieve kierdichting, kan warmte nauwelijks weg uit het passiefhuis. Hierdoor is er nog maar heel weinig energie nodig om de woning in de winter op temperatuur te houden en blijft de woning in de zomer ook aangenaam koel. In een passiefhuis zorgen passieve warmtebronnen als de zon en interne warmtebronnen, zoals bewoners en energiezuinige verlichting en huishoudelijke apparatuur, voor bijna alle benodigde warmte. Door de kleine hoeveelheid extra warmte die nodig is op een dergelijke slimme manier aan te voeren, is een conventioneel verwarmingssysteem overbodig.

Een voortdurende toevoer van gefilterde verse ventilatielucht (minimaal F7 filter die pollen en fijnstof uit de buitenlucht haalt<sup>(7)</sup>) is, naast goede isolatie en kierdichting, een van de belangrijkste randvoorwaarden voor een passiefhuis. Een comfortventilatiesysteem (Figuur 24) wordt gekoppeld aan een HR warmteterugwinsysteem, zodat de lucht in de winter altijd warm de woning binnenkomt en er geen overbodige ventilatieverliezen optreden. Dit is een garantie voor een aangenaam en gezond binnenklimaat waar te hoge CO<sub>2</sub> concentraties, vocht, schimmel, pollen en insecten geen kans krijgen. In een passiefhuis is de resterende warmtebehoefte voor ruimteverwarming zo gering, dat zonder verlies van comfort kan worden afgezien van conventionele verwarmingssystemen.



Figuur 24: Schematische voorstelling van een comfortventilatiesysteem

Door de verregaande energiebesparing is de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen zo beperkt mogelijk. Het totale primaire energieverbruik in een huishouden blijft begrensd tot 120 kWh/m<sup>2</sup>/jr. Dit betekent 75% minder energieverbruik en minimaal 54% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot ten opzichte van de huidige standaard nieuwbouwwoning. Deze woningen hebben namelijk een energievraag voor ruimteverwarming van ca. 60kWh/m<sup>2</sup>, een primaire energievraag van 158 kWh/m<sup>2</sup> en een CO<sub>2</sub> uitstoot van 2621kg CO<sub>2</sub><sup>(8)</sup>. De passiefhuisnorm gaat dus met betrekking tot comfort en energiezuinigheid (EPC = 0,4) veel verder dan de actuele Nederlandse volkshuisvestingstandaard (EPC = 0,8).

Het passiefhuisconcept is oorspronkelijk eind jaren tachtig ontwikkeld door Prof. Bo Adamson aan de universiteit van Lund in Zweden. Sinds begin jaren negentig is het concept verder ontwikkeld door

het wetenschappelijke Passivhaus Institut in Darmstadt onder leiding van Dr. Wolfgang Feist, professor aan de universiteit van Innsbruck. Dr. Feist is samen met Helmut Krapmeier (Energieinstitut Vorarberg in Oostenrijk) de drijvende kracht achter de passiefhuis ontwikkelingen in Europa. In de afgelopen 10 jaar zijn er in Nederland 21 passiefhuizen gerealiseerd. Naar schatting zullen hier in de komende jaren 450 bij komen. Via SenterNovem worden steeds vaker grotere passiefhuis projecten in het kader van demonstratieprojecten (EOS DEMO) en unieke kansenregelingen (UKR) financieel ondersteund.

In Nederland zijn tot nu toe voornamelijk nieuwe woningen volgens het passiefhuisconcept gerealiseerd. Vooral in Duitsland en Oostenrijk is dit concept bovendien al vaak toegepast bij onder andere verzorgingshuizen, scholen, kantoren en bedrijfsgebouwen. Ook bij renovatie van bestaande bouw wordt inmiddels veelvuldig de passiefhuistechniek toegepast.

### 2.2.1 Passiefhuis en vormgeving

Voor elk gebouw dat gebaseerd is op de passiefhuistechniek, is de vormgeving van essentieel belang omdat dit los van welke architectuuropvatting dan ook gebonden is aan een aantal specifieke randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden zijn hieronder weergegeven:

- zongericht ontwerp en gebruik van zoveel mogelijk daglicht
- juiste oppervlakte/inhoud verhouding
- beperkt afkoelend buitenoppervlak
- indien nodig, toepassing van vaste of regelbare zonwering ter voorkoming van temperatuuroverschrijdingen in de zomer
- toepassing PHPP (passiefhuis rekenpakket; Passivhaus Institut, Darmstadt) als ontwerptool

Om maximale warmtewinsten door zinstraling te bereiken, dient een passiefhuis zuid georiënteerd te worden. In de volgende tabel (Tabel 1) is de invloed weergegeven op de warmtevraag voor vier verschillende oriëntaties, voor zowel de eind- als tussenwoning. De oriëntatie is van grote invloed op de warmtevraag van de woning. In de tabel is te lezen dat de tussenwoning ook bij minder gunstige oriëntatie voldoet aan de passiefhuisrichtlijn voor maximale warmtevraag.

Oriëntatie tuinzijde	Warmtevraag voor verwarming in kWh/m <sup>2</sup>	
	<i>eindwoning</i>	<i>tussenwoning</i>
zuid	15,0	10,7
noord	17,6	12,7
west	17,7	12,9
oost	17,1	12,4

Tabel 1: Warmtevraag van een eind- en tussenwoning met verschillende zon oriëntaties berekend met PHPP

### 2.2.2 Passiefhuis en detaillering

Voor passiefhuizen wordt een volledig warmtebrugvrije constructie nagestreefd, wat betekent dat er geen bouwdelen zijn die warmte naar buiten kunnen geleiden. Zo ontstaat er een aaneengesloten schil van isolatie rondom, waardoor warmteverliezen zo klein mogelijk blijven en het comfort verbetert. Ook kan er geen condensvorming optreden omdat de lucht nergens in de woning in aanraking komt met een koud oppervlak.

Niet alleen de begane grondvloer, gevels en het dak, maar ook de hele schil (Tabel 2), inclusief kozijnen, ramen en deuren dienen goed geïsoleerd te worden uitgevoerd ( $R_c \geq 8,4 - 10$ ). In

vergelijking met de traditionele bouw wordt er dus extra isolatiemateriaal aan de woning toegevoegd. Op deze manier voelt het passiefhuis het hele jaar door behaaglijk aan. Dit komt doordat er in de woning geen oppervlakten zijn die relatief koud zijn en dus ook geen kou uitstralen.

Bouwdeel	Referentie	Omschrijving passiefhuis-uitvoering
Langsgevels	4 m <sup>2</sup> K/W	Rc=8,4 m <sup>2</sup> K/W: HSB-elementen met I-profielen; PIR isolatie. Dikte element: 240mm
Kopgevel	4 m <sup>2</sup> K/W	Rc=9 m <sup>2</sup> K/W: Betonnen binnenblad en daarop PIR isolatie. Dikte isolatie: 200mm
Daken	4 m <sup>2</sup> K/W	Rc:9,5 m <sup>2</sup> K/W: Opbouw n.t.b. door leverancier
Woningscheidende muur		Ankerloze spouwmuur met isolatie (minerale wol) in de spouw; 60mm
Begane grondvloer	4 m <sup>2</sup> K/W	Rc=6,5 m <sup>2</sup> K/W: Opbouw n.t.b.
Kruipruimte		Wanden van de kruipruimte isoleren (Rc-0,5 m <sup>2</sup> K/W' en niet ventileren)
Fundering		Fundering isoleren (inpakken) of scheiden van vloer met Foamglas of gelijkwaardig
Ramen		U <sub>glas</sub> ≤ 0,6 W/(m <sup>2</sup> K); G <sub>glas</sub> ≥ 50%; LTA 0,6; ZTA 0,4 - 0,6
Kozijnen		U kozijn ≤ 0,8 W/(m <sup>2</sup> K)
Voordeur		Voordeur geïsoleerd met drievoudig glas, U <sub>d</sub> ≤ 0,8 W/(m <sup>2</sup> K)

Tabel 2: Overzicht isolatiewaarden tunnelgietsbouw woning in passiefhuis uitvoering

Naast de goede isolatie is het in een passiefhuis belangrijk dat er geen kieren en andere openingen zijn waardoor lucht, vocht of warmte de woning ongewenst in of uit kan. Om de mate waarin het gebouw dicht is te kunnen meten kan de zogenoemde blowertest uitgevoerd worden. Hierbij wordt in een afgesloten huis lucht naar buiten geblazen en worden de drukverschillen binnen en buiten met elkaar vergeleken (voor een passiefhuis geldt  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ , dit komt overeen met een karakteristieke luchtdoorlatendheid  $q_{v;10};kar = \pm 0,15 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ ). Goede kierdichting zorgt voor energiebesparing en een beter te controleren ventilatie, hetgeen het comfort ten goede komt.

Er is een beperking van de luchtdoorlatendheid volgens het Bouwbesluit: de volgens NEN 2686 bepaalde luchtvolumestroom van het totaal aan verblijfsgebieden, toiletruimten en badruimten van een gebruiksfunctie is niet groter dan  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Als richtwaarde voor de karakteristieke luchtdoorlatendheid voor een nieuwbouwwoning met gebalanceerde ventilatie geldt  $q_{v;10};kar=0,625 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ .

### 2.2.3 Passiefhuis en installaties

Het grootste voordeel van een passiefhuis is dat door de duidelijke energiebesparende maatregelen er zo weinig warmte nodig is, dat deze warmte in het 'stookseizoen' door middel van naverwarming over de ventilatielucht de woning ingebracht kan worden. Gebalanceerde ventilatie van de woning vormt zo de basis van het passiefhuisconcept. Het zorgt voor schone en verse lucht in de woning, terwijl gebruikte vervuilde lucht met vocht wordt afgevoerd. Door de balansventilatie met warmteterugwinning (WTW ≥ 80% rendement) wordt bovendien bijna alle warmte teruggewonnen. De gebruikte ventilatoren zijn energiezuinig en verbonden met geïsoleerde ventilatiekanalen. Een passiefhuis wordt altijd goed geventileerd en levert een hygiënisch, gezond en constant binnenklimaat op, zonder grote temperatuurschommelingen. Door het gebruik van horizontale bodemwarmtewisselaars in de grond (grond/lucht) worden de temperatuurverschillen nog meer



gedempt. Echter is voor de gebruiker van het passiefhuis een goede gebruiksaanwijzing nodig, waar de gebruiker zich ook aan moet houden. Het is dan ook van belang om de installaties van een gebruiksvriendelijke bediening te voorzien.

Bovendien kan een passiefhuisinstallatie op verschillende manieren de toch al lage energierekening nog verder verlagen. Ten eerste kan een bodemwarmtewisselaar gebruikt worden, die 's zomers koelte en 's winters warmte aan de verse ventilatielucht afgeeft. Ook kan gebruik gemaakt worden van zonnecollectoren (vlakke plaat of vacuüm) om de zonnewarmte op (warm) tapwater over te brengen in geïsoleerde leidingen. Dit kan in combinatie met een warm wateraansluiting voor een vaatwasmachine en de wasmachine, voor een energiebesparing zorgen van 50-70% op warm waterbereiding. Tevens kunnen PV panelen ingezet worden voor de opwekking van duurzame additionele elektrische energie.

Variant		Ruimteverwarming (GJ/jaar)	Oververhitting (uur/jaar)
a	Alleen bypass (geen spui-/ nachtventilatie, geen zonwering)	0,8	3206
b	A + spui- en nachtventilatie	0,9	43
c	A + zonwering	1,1	2275
d	A + spui- en nachtventilatie + zonwering	1,1	18

Tabel 3: Effect variatie in 'verkoelende maatregelen' op prestatie variant betoncascos

Variant d	Ruimteverwarming		Oververhitting
	Vraag (GJ/jr)	Piek (kW)	# uur > 25,5 °C
Beton	1,1	0,6	18
Gietbouw (idem beton + HSB binnenblad)	1,1	0,5	20
Houtskeletbouw	1,1	~ 0,6	97
kalkzandsteen	1,1	0,5	22

Tabel 4: Overzicht van resultaten voor de vier cascovarianten, met uitgangspunten volgens variant d uit tabel 3

Zoals in Tabel 4 is te zien, heeft de cascovariant houtskeletbouw per jaar 97 uren temperatuuroverschrijding, de overige varianten rond de 20 uur per jaar. Hierbij wordt opgemerkt dat er waarschijnlijk iets te weinig thermische massa in de houtskeletbouw-variant is gemodelleerd (vanwege het weglaten van houten constructiedelen). Het aantal overschrijdingsuren is hierdoor voor deze variant waarschijnlijk overschat.

### 2.2.4 Passiefhuis projecten

Om de theorie van de passiefhuistechnologie in de praktijk te onderzoeken, zijn er vier (vrijstaande) Passiefhuis woningen met een BVO tussen de 110m<sup>2</sup> en 185m<sup>2</sup> geanalyseerd. Deze analyses worden heironder besproken.

#### Villa Selfkant-Großwehrrhagen (Duitsland)

Gebouw		Installatie	U-waarden
BVO:	110m <sup>2</sup>	<b>Ventilatiesysteem:</b>	<b>BG vloer:</b>
Bruto inhoud:	1025m <sup>3</sup>	Pluggit Avent P300 + (ca. 50m) bodemwarmtewisselaar	0,12 W/(m <sup>2</sup> K)
Materialisatie:	Massiefbouw; baksteen	<b>Verwarming:</b>	<b>Buitenwand:</b>
		Pelletkachel, Wodtke Topline Airplus - PO 04.8 E (max. 8kW)	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)
		<b>Warm water:</b>	<b>Dak:</b>
		Lucht/water warmtepomp van Valliant (geoTHERM VWL, 250l)	0,115 W/(m <sup>2</sup> K)
		<b>Duurzame zonnestroomopwekking:</b>	<b>Kozijn incl. glas:</b>
		24,8m <sup>2</sup> PV op het dak	0,85 W/(m <sup>2</sup> K)

De woning is gericht op de zon en heeft een helder architectonisch concept. Een dwarse bovenbouw aan de zuidzijde, die als vaste zonwering aan drie zijden uitkraagt over de grote glazen pui van de onderliggende woonkamer.

Een (gesloten) pellet kachel in de woonkamer werkt als centrale verwarming. Daarnaast is er een warmteterugwin-/ ventilatiesysteem gecombineerd met een horizontale bodemwarmtewisselaar aanwezig, dat zorgt voor verse lucht met een minimum aan warmteverliezen. De warmtepompboiler (250 liter vat), die de warmte uit de binnenlucht haalt, zorgt voor warm water.

Op het dak wordt met 24,8m<sup>2</sup> zonnepanelen jaarlijks ca. 2.500 kWh duurzame zonnestroom opgewekt. Dit is ruim voldoende om de elektriciteitsbehoefte voor zowel de ventilatie, de ruimteverwarming en de bereiding van warmt tapwater af te dekken.

## Nulenergiewoning Duiven

Gebouw		Installatie	U-waarden
BVO:	185m <sup>2</sup>	<b>Ventilatie- &amp; Verwarmingssysteem:</b> Vitotress 343 van Vliessmann (all-electric passiefhuistechnologie)	<b>BG vloer:</b>
Bruto inhoud:	720m <sup>3</sup>		0,136 W/(m <sup>2</sup> K)
Materialisatie:	Hybridebouw		
		<b>Additionele verwarming:</b>	<b>Buitenwand:</b>
		Tegelkachel op de BG	0,124 W/(m <sup>2</sup> K) onder 0,122 W/(m <sup>2</sup> K) boven
		<b>Warm water:</b>	<b>Dak:</b>
		5m <sup>2</sup> zonthermische collectoren op het dak	0,122 W/(m <sup>2</sup> K)
		<b>Duurzame zonnestroomopwekking:</b>	<b>Glas:</b>
		56m <sup>2</sup> PV op het dak	0,6 W/(m <sup>2</sup> K)

De totale energievraag voor verwarming, ventilatie, verlichting en huishoudelijke apparatuur van deze woning is erg klein. Aan de minimale energiebehoefte wordt duurzaam voldaan door extreme schilisolatie, uitstekende kierdichting, drievoudige beglazing en geïsoleerde lariks houten sandwichkozijnen, ramen en deuren. Hierdoor wordt het effect van passieve zonne-energie zo groot mogelijk. Er hoeft daarom nog maar weinig energie actief opgewekt hoeft te worden (via een zonthermisch en zonelektrisch systeem) met teruglevering aan het elektranet om de woning energieneutraal te maken.

In deze woning is all-electric passiefhuistechnologie toegepast, die zeer economisch is en een aansluiting op het stadsverwarmingnet overbodig maakt. Zowel in de ventilatie- als de verwarmingsbehoefte wordt door één apparaat voorzien: Vitotres 343 van Viessmann. Dit systeem bevat gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Een warmtepomp haalt de benodigde warmte uit de uitgaande ventilatielucht. Extra warmte wordt dan door 5m<sup>2</sup> zonthermische collectoren op het dak geleverd. Voor aanvullende ruimteverwarming wordt een tegelkachel op de benedenverdieping gebruikt. In totaal 56m<sup>2</sup> aan PV panelen op het dak wekken jaarlijks zo'n 4000 kWh aan elektrische energie op en dekken daarmee het huishoudelijk stroomgebruik van 3600 kWh ruimschoots af.

## Dijkvilla Dalem, Waalwijk

Gebouw		Installatie	U-waarden
BVO:	155m <sup>2</sup>	<b>Ventilatiesysteem:</b> J.E. StorkAir WHR 950 (gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning)	<b>BG vloer:</b>
Bruto inhoud:	544m <sup>3</sup>		0,113 W/(m <sup>2</sup> K)
Materialisatie:	Massiefbouw; lichtbeton prefab wandelementen		
		<b>Verwarming:</b>	<b>Buitenwand:</b>
		ATAG ZonneGasCombi HR	0,115 W/(m <sup>2</sup> K)
		<b>Warm water:</b>	<b>Dak:</b>
		4,23m <sup>2</sup> zonnecollectoren	0,116 W/(m <sup>2</sup> K)
		<b>Duurzame zonnestroomopwekking:</b>	<b>Glas:</b>
	-		0,6 W/(m <sup>2</sup> K)

Dit passiefhuis heeft nagenoeg geen energie voor verwarming nodig. Het betonnen casco is rondom in 300mm EPS ingepakt. Deze zeer zware schilisolatie met drievoudige beglazing in geïsoleerde houten kozijnen, ramen en deuren met dubbele kierdichting zorgen voor extreme beperking van transmissie- en infiltratieverliezen, in combinatie met een hoog binnencomfort. Een gebalanceerd mechanisch ventilatiesysteem met bodemwarmtewisselaar en warmteterugwinning zorgt voor minimalisering van de warmteverliezen door ventilatie. Daarnaast zorgt een HR ZonneGasCombi met 4,23m<sup>2</sup> zonnecollectoren voor de warm waterbereiding en de beperkte additionele verwarming.

Er is een gebalanceerde ventilatie en warmteterugwinning aanwezig, inclusief 100% zomerbypass en 88% efficiëntie. De verse ventilatielucht wordt voorgefilterd door een F7 filter.

### 2.2.5 Beschouwing vanuit het C2C concept

Het passiefhuis bouwconcept is gericht op energiebesparing, zowel passief als actief, en duurzame energiewinning. Binnen het concept wordt energie dus als een probleem gezien, terwijl energie binnen het C2C concept geen probleem is omdat de zon daar in overvloed in voorziet. Fundamenteel komt het passiefhuis bouwconcept dus niet overeen met het C2C concept. Echter sluit de duurzame manier van energiewinning, gebruik van PV, wel aan bij het C2C concept.

De passieve energiebesparing wordt binnen het passiefhuis bouwconcept gerealiseerd door het ontwerpen van een luchtdichte isolerende gebouwschil, die te combineren is met elke mogelijke onderliggende bouwconstructie. De luchtdichtheid ontstaat door luchtdicht detailleren, kierdicht bouwen, waardoor de warmte/koude die binnen de schil is niet middels luchtstromen door de gebouwschil naar buiten gaat. Door luchtdicht te detailleren worden er in vergelijking met de traditionele bouw extra materialen toegevoegd, zoals buthyl rubberband en kurk of PUR, om onder andere de kozijnen te isoleren. Ook wordt er een dampremmende laag aangebracht van PE-folie met buthyl- of acrylaatbanden verkleefd, of plasto-elastische dubbelzijdig klevende afdichtingsband op basis van buthyl rubber.

Om de hoge Rc-waarden voor de gebouwschil tussen de  $6,5\text{m}^2\text{K/W}$  en  $10\text{m}^2\text{K/W}$  te kunnen realiseren, wordt er een (extra dikke) laag isolatiemateriaal toegevoegd. Het toegepaste isolatiemateriaal verschilt van minerale wol, gesiliconiseerde vermiculiet korrel en EPS20 verwerkt in de wanden en in het dak, tot thermoparels (tempex korrels) en gelijmde tempexblokken in de kruipruimte. De hierboven genoemde materialen zijn vanuit de C2C filosofie gezien overbodig als het gaat om de extra hoeveelheden isolatie ten behoeve van energiebesparing, omdat de C2C filosofie uitgaat van een materialen schaarste. Daarnaast is de samenstelling van de genoemde materialen niet C2C. Verder in dit onderzoek wordt er uitgebreid teruggekomen op C2C materialen.

De actieve energiebesparing in de vorm van gebalanceerde ventilatiesystemen met WTW zorgt niet alleen voor een energiebesparing. De kwaliteit van de lucht in het gebouw neemt toe door het gebruik van minimaal een F7 filter. Dit komt de gezondheid ten goede doordat de luchtwegen minder onderhevig zijn aan schadelijke deeltjes in de ingeademde lucht, waardoor de kwaliteit van het leven omhoog gaat. Alhoewel dit aspect overeenkomt met het C2C concept, zijn de gebruikte materialen in een dergelijke installatie hoogst waarschijnlijk niet C2C.

### 2.3 Catalogus bouw

Hoewel de woningbouw op basis van catalogi (Figuur 25) geen nieuw verschijnsel is, is de hedendaagse catalogusbouw dat wel. De woningcatalogus heeft een lange voorgeschiedenis uit de architectuur, die begint rond 1550 met een catalogus van Serlio waarin archetypen van woningen die de orde in de samenleving weerspiegelt zijn weergegeven (C. Rapp & D. Bakker (1998), *Ready made huizen*). Echter, van een koppeling tussen ontwerp en uitvoering, een van de kernmerkende aspecten van catalogusbouw, is pas sprake sinds de laatste decennia.<sup>(9)</sup>



Figuur 25: Voorbeeld cataloguswoning

#### Definitie en afbakening van het begrip cataloguswoning<sup>(10)</sup>

1. De cataloguswoning wordt *in opdracht van individuele particulieren* gebouwd, in plaats van een professioneel opdrachtgever zoals een corporatie of ontwikkelaar. Daarmee vervult de toekomstige bewoner in zekere zin de traditionele rol van opdrachtgever, en heeft als zodanig inbreng in het programma en ontwerp van de woning. Het aanbod van cataloguswoningen is dan ook gericht op consumenten die een losse kavel bezitten of de woning in combinatie met een kavel aanschaffen. Overigens bouwen diverse catalogusbouwers hun producten ook seriematig in projectvorm, zoals bijvoorbeeld in het geval van recreatieparken.
2. De cataloguswoning wordt *door één bouwbedrijf geleverd, dat daarbij de diverse rollen en taken binnen het bouwproces voor zijn rekening neemt*. Als zodanig treedt het bedrijf op als leverancier, makelaar, bouwer, architect, constructeur etc. en heeft de consument slechts met één aanspreekpunt te maken. Van de traditionele driehoeksrelatie tussen opdrachtgever, architect en aannemer is in dit geval geen sprake meer.
3. De woning wordt als *totaalproduct en tegen een vaste prijsgarantie* aangeboden en opgeleverd. Overigens bestaat bij enkele bedrijven wel de mogelijkheid tot zelfbouw, hetgeen neerkomt op de bouw van het casco door het bouwbedrijf en de afbouw vervolgens door de bewoner zelf wordt verricht.
4. Cataloguswoningen worden in de vorm van *standaardtypen* aangeboden. De consument kan vervolgens veelal aanpassingen maken door het aanbrengen van extra's in de vorm van een bredere beukmaat, serres of dakkapellen, het wijzigen van materialen als dakpannen en dergelijke, en het kiezen van keukens en sanitair.

De uiteindelijke cataloguswoningen worden via drie verschillende wegen ontwikkeld:

1. *individuele ontwerpen gebaseerd op een standaard* die door middel van modules of een vast maatpatroon wordt samengesteld en waarbij afwijking vrijwel onmogelijk is;
2. *ladenplannen* die de aanbieder kant en klaar in de la heeft liggen en waarbij mogelijkheden tot aanpassingen in het algemeen beperkt zijn en relatief hoge kosten met zich mee brengen;
3. *brochureplannen* met standaardwoningen, waarbij kleine variaties kunnen worden aangebracht zoals wel of geen dakkapel, garage of kelder, maar waarbij uiterlijk, indeling en prijs van standaard en variaties vastliggen.

De hoge mate van standaardisatie komt in al deze typen duidelijk naar voren. Wat deze typen van elkaar scheidt, is de mate en de mogelijkheid van afwijken van de standaard. In hoeverre er van de standaard af te wijken is en welke (hoge) kosten hiermee gemoeid zijn, verschilt per bouwbedrijf. Hoewel het bij een standaard ontwerp van te voren vast ligt welke prijs en welke bouwtijd er voor gerekend wordt, kiest men in de praktijk toch niet vaak voor een dergelijk ontwerp uit de folder. Men is dus bereid om voor een persoonlijke aanpassing op een standaard ontwerp meer te betalen. Zo is het bij een aantal bouwbedrijven ook mogelijk om af te wijken van de standaard elektrische installatie. Deze mogelijkheid bestaat echter tot het moment dat de wanden zijn geplaatst. Hierna is elke wijziging erg kostbaar of nagenoeg onmogelijk.

### 2.3.1 Opbouw cataloguswoning

De bouwtijd van een cataloguswoning ligt tussen de twee en vier maanden. Deze korte bouwtijd is mogelijk door de perfecte afstemming tussen bouwmethode, productie, logistiek, kostencalculatie en marketing. En door de standaardisatie, waardoor er vrijwel geen onvoorziene factoren zijn. Echter ontstaat er door de standaardisatie een zekere mate van eenvormigheid en gaat de relatie tussen gebouw en omgeving dikwijls verloren.

De constructie bestaat doorgaans uit kalkzandsteen, cellenbeton of houtskeletbouw en is geprefabriceerd. Complete gevels, daken, dakkapellen met kozijnen en ramen, worden per onderdeel vervoerd naar de bouwplaats waar de montage van de onderdelen, afhankelijk van het weer, plaatsvindt in 1 à 2 dagen. Hierna kan het afwerken beginnen.<sup>(11)</sup>

Het verschilt per bouwbedrijf in hoeverre de cataloguswoning geprefabriceerd gebouwd wordt. Zo beperkt het product van bouwbedrijf CVK en Star-Frame zich tot de ruwbouw, terwijl bouwbedrijf Tasta-Tadema, Plannon en FORT volledige cataloguswoningen als product verkopen.

### 2.3.2 Catalogus projecten

#### Tasta-Tameda

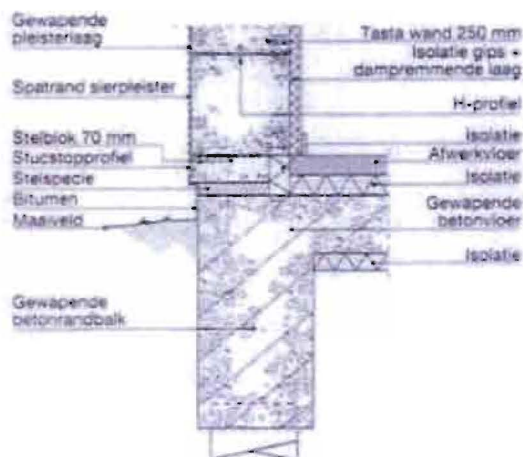
De cataloguswoningen van Tasta / Tadema (Figuur 26) komen tot stand middels een samenwerking tussen drie bedrijven, waardoor er een sleutelklare woning ontstaat. Tasta b.v. is verantwoordelijk voor de ruwbouw en de afbouw, Tadema houdt zich bezig met de project ontwikkeling en Hebel is de producent van de cellenbeton blokken en elementen waaruit de constructie van de cataloguswoning is opgebouwd.

De catalogus woning wordt opgebouwd uit standaard cellenbeton blokken (0,5m x 0,25m x 0,25m) en speciaal ontworpen blokken (0,25m x 0,25m x 0,25m). Deze blokken worden voor de stabiliteit klemvast met elkaar verbonden door middel van kunststofstrips. De moduulmaat bepaalt de verhoudingen van de gevelopeningen, waardoor er gewerkt moet worden met afwijkende kozijn vormen. De gevel zelf wordt afgewerkt met gekleurd pleisterwerk tegen een glasweefselmat.

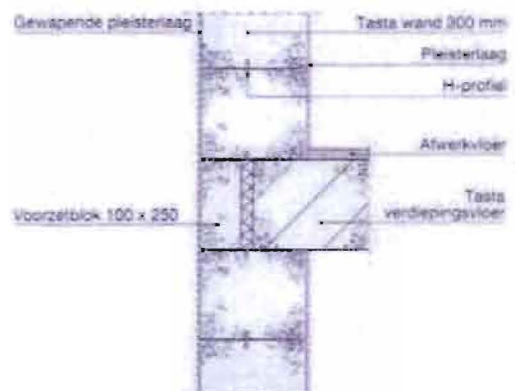
De vloeren bestaan uit gewapend cellenbeton met een maximale lengte van 7,5m. De fundering bestaat uit een gewapende betonvloer met een gewapende betonrandbalk. Het dak is een vlak of hellend pannendak wat in overleg met Tasta b.v. wordt ontworpen.



Figuur 26: Cataloguswoningen van Tasta-Tameda



Figuur 28: Verticale doorsnede, gevel/begane grond



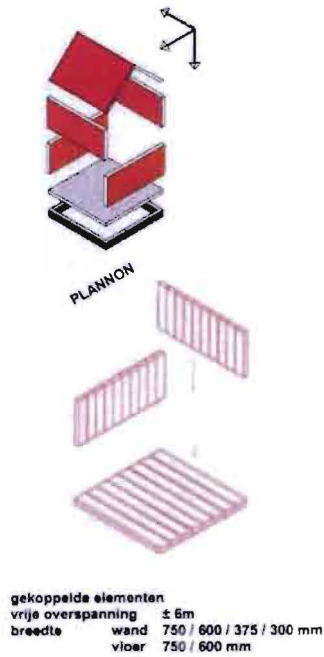
Figuur 27: Verticale doorsnede, dragende wand/verdiepingsvloer



## Plannon

Bouwbedrijf Plannon BV bouwt sleutelklare cataloguswoningen (Figuur 29) op basis van Ytong cellenbeton elementen. De dikte en de breedte van de elementen variëren maar de hoogte staat vast op 2550mm. De stabiliteit wordt gehaald uit de koppeling van de vloer elementen en de wanden. De afmetingen van de raam- en deuropeningen volgen uit de standaard Ytong casco-maten.

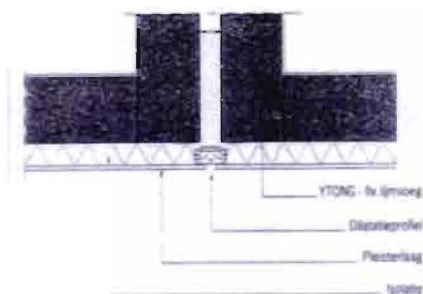
De vloer is opgebouwd uit VBI kanaalplaatvloerdelen of Ytong vloerplaten met een dikte tussen de 240mm en 300mm en een breedte tussen de 600mm en 750mm. De maximale overspanning van de vloerdelen ligt rond de 6m.



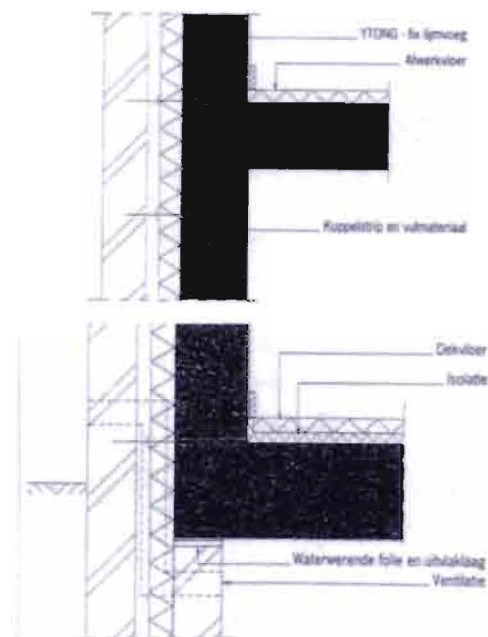
Figuur 29: Cataloguswoningen van Plannon BV



De prefab scharnierkap wordt geleverd door Jonker Houtconstructies. De gevel is opgebouwd uit een cellenbeton binnenspouwblad met houten gevelbekleding of een stenen buitenspouwblad.



Figuur 30: Horizontale doorsnede, gevel / woningscheidende wand

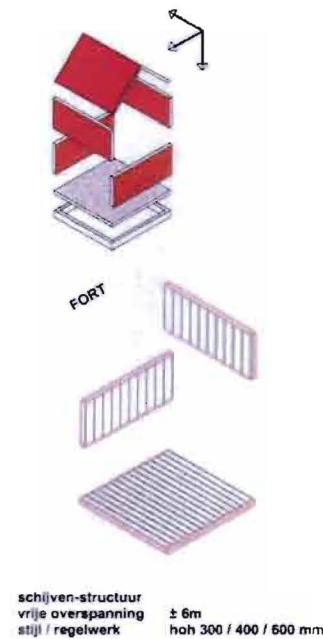


Figuur 31: Verticale doorsnede, dragende gevel / vloer

## Fort

De cataloguswoningen van Fort (Figuur 32) zijn opgebouwd uit prefab houtskeletbouwelementen en worden sleutelklaar opgeleverd. De stabiliteit wordt verzorgd door de schijfwerking van de wand- en vloerelementen.

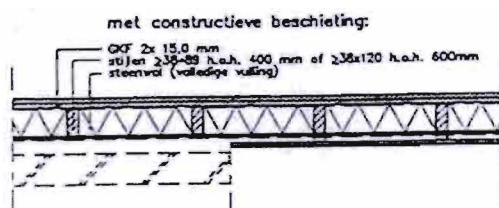
De houtskeletbouw vloerelementen zijn opgebouwd uit een constructie van houten balken van 39x195/220mm die aan de bovenkant afgewerkt zijn met 18mm triplex/OSB en aan de onderkant met 15mm gipsplaat. Deze vloerelementen hebben een maximale overspanning van 6m en hebben een glaswol vulling van 80mm ten behoeve van de geluidswering.



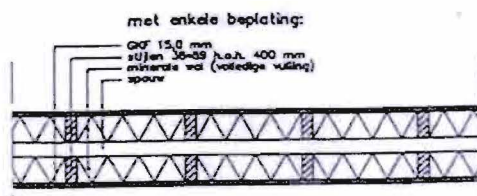
Figuur 32: Cataloguswoningen van Fort



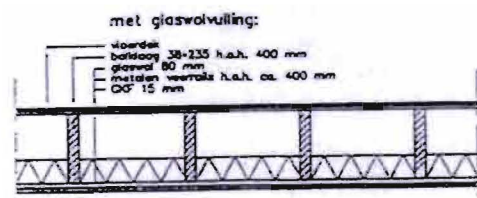
Stijlen en regels 39x63/90/120mm vormen de constructie voor de houtskeletbouw wandelementen, waar de triplex/OSB-plaat voor de stabiliteit zorgt. De gevel is afgewerkt met houten gevelbekleding of een stenen buitenspouwblad. Ter plaatse van de gevel zijn de houtskeletbouwelementen met steenwol geïsoleerd en aan de interieur zijde afgewerkt met een dubbele gipsplaat van 15mm.



Figuur 33: Horizontale doorsnede, (dragende) gevel



Figuur 34: Horizontale doorsnede, woning scheidende wand



Figuur 35: Verticale doorsnede, vloer-element

### 2.3.3 Beschouwing vanuit het C2C concept

Cataloguswoningen staan over het algemeen gunstig in de markt vanwege haar scherpe prijs/kwaliteit verhouding. Voor de particuliere opdrachtgever staat aan het begin van het proces de totaalprijs voor de cataloguswoning vast. Daarnaast weet de particuliere opdrachtgever precies wat er gebouwd gaat worden aan de hand van voorbeeldprojecten van hetzelfde type woning. Dit transparante bouwproces komt overeen met het C2C concept gezien vanuit het sociaal economische aspect.

De catalogusbouwer biedt de toekomstige bewoner van een catalogus woning per type woning de keuze uit enkele standaard uitbreidingsmogelijkheden tegen meerprijs. Op deze manier blijft de cataloguswoning binnen haar eigen bouwconcept. Dit principe komt overeen met het C2C concept, waarbij gekeken wordt naar alleen C2C oplossingen. Echter, de gebruikte materialen waarmee cataloguswoningen gebouwd worden, zijn niet C2C.

Wanneer de fabrieken, waar de cataloguswoningen gebouwd worden, de geproduceerde woningen ook weer terug nemen en opnemen in hun productieproces, zoals bij Desso tapijt, kan er een gesloten kring ontstaan. In deze kringloop gaan er geen nutriënten verloren, de cataloguswoningen worden als dienstproduct gezien door de gebruiker en door de fabriek als zijnde ontworpen. In Amerika is het bijvoorbeeld al normaal om de inboedel te huren bij een grote firma, welke de gehuurde inboedel ook weer inneemt wanneer de gebruiker verhuisd of toe is aan vernieuwing. Dit principe gecombineerd met de cataloguswoning die door de fabrikant weer teruggenomen wordt, is volgens het C2C concept het juiste.

### 3 Installatiesystemen conform bouwbesluit

Om nieuwe uitgangspunten te formuleren met betrekking tot het installatieconcept voor het te ontwikkelen C2C bouwconcept, worden de huidige installatieconcepten aan de hand van de energieprestatienorm (EPN) in dit hoofdstuk besproken. De achtergrond van de EPN zal als eerst besproken worden, waarin de installatiesystemen zijn genormeerd en ondergebracht. Hierna wordt er een reflectie gegeven vanuit de C2C filosofie op de EPN. Tot slot worden de duurzame installaties binnen de EPN kort toegelicht.

#### 3.1 EPN

Tot 15 december 1995 beperkte de energiezuinigheid zich tot het isoleren van de gebouwschil en tot de beperking van de luchtdoorlatendheid. De energieprestatienorm (EPN) gaat veel verder. Met de energieprestatienorm wordt de totale energie-efficiëntie van een gebouw beoordeeld; niet alleen de thermische isolatie en de luchtdoorlatendheid, maar ook de installaties. De normen waarin de energie-efficiëntie wordt bepaald zijn de volgende:

- NEN 5128: 2004 - Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen
- NEN 2916: 2004 - Energieprestatie van utiliteitsgebouwen

Bij deze normen behoren respectievelijk NPR 5129 V2.02 en de NPR 2917 V2.02. Met behulp van de in deze normen vastgelegde methoden wordt de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) bepaald. In het Bouwbesluit zijn de eisen opgenomen, die aan deze energieprestatiecoëfficiënt worden gesteld. De te behalen prestatie is afhankelijk van de gebruiksfunctie. In het kader van dit afstudeeronderzoek zal alleen in worden gegaan op de normen die betrekking hebben op de woningbouw. Voor de woningbouw is per 1-1-1998 de EPC-eis van 1,4 (15-12-1995) verzwaaard naar 1,2. Per 1-1-2000 is deze nogmaals verzwaaard naar 1,0. Per 1-1-2006 is de EPC-eis uiteindelijk verscherpt naar 0,8.

Technisch is het overigens al mogelijk een EPC van 0,60 en lager te realiseren. Sinds 1-1-2006 dient bij woningen en utilitaire gebouwen een energiecertificaat aanwezig te zijn. De resultaten van de energieprestatieberekeningen worden opgenomen in dit certificaat. Deze verplichting is vastgelegd in de EPBD (Energy Performance Building Directive). Dit is Europese regelgeving op het gebied van energiebesparingen. Gebruikers en bewoners van gebouwen en woningen kunnen met behulp van dit certificaat de energiezuinigheid van gebouwen en woningen vergelijken. Voor de nieuwbouw worden de rekenresultaten uit de EPN-berekeningen gebruikt. Voor de bestaande voorraad worden hiervoor de EPA-berekeningen (energieprestatieadvies) gebruikt. Het is de verwachting dat de huidige normen en de EPA-W (woningbouw) en EPA-U (utiliteitsbouw) berekeningen op niet al te lange termijn worden vervangen door Europese normen. Naast de verplichting om bij nieuwbouw van woningen en gebouwen een energieprestatie op te leggen en dit vast te leggen in het energiecertificaat zijn er ook verplichtingen om installaties te keuren en bij (grotere) renovaties een energiebesparingsadvies op te laten stellen.

##### 3.1.1 Energie-efficiëntie

Hoe lager de EPC des te beter de energie-efficiëntie. De EPC wordt berekend door het karakteristiek (dat wil zeggen voor het betreffende gebouw) energiegebruik te delen door een genormeerd energiegebruik. In het karakteristiek energiegebruik is het gebruik voor de volgende aspecten opgenomen:

- ruimteverwarming
- tapwaterbereiding
- verlichting
- ventilatoren
- koeling
- bevochtiging

Indien er natuurlijk geventileerd wordt en niet gekoeld of bevochtigd, dan vervallen de 3 laatste onderdelen.

In de bepalingsmethoden worden vanzelfsprekend de energieverliezen bepaald. Voor ruimteverwarming zijn dat de warmteverliezen naar buiten, kruipruimten en aangrenzend onverwarmde ruimten. Ook de opwekkings- en systeemverliezen worden meegenomen in de berekeningen. Daarnaast worden warmtewinsten ten gevolge van de zon en van personen en apparaten weer van deze verliezen afgetrokken.

Voor tapwaterbereiding is niet alleen de grootte van de woning of het gebouw belangrijk, maar ook het opwekkingsrendement en de leidinglengtes. Voor het verlichtingsaandeel wordt voor woningen en woongebouwen een forfaitaire (vastgelegde) waarde per vierkante meter aangehouden.

Ventilatoren zijn nodig voor het ventilatiesysteem. Het energiegebruik kan forfaitair worden meegenomen, maar ook kan het 'werkelijk' energiegebruik voor de ventilatoren worden berekend.

### 3.1.2 Berekeningsmethodiek

Stappenplan EPC-berekening:

- Schematisering van een woonfunctie of woongebouw
- Bepalen van de verliesoppervlakte
- Bepalen van de gebruiksoppervlakte
- Berekenen van het karakteristieke energiegebruik uit de afzonderlijke energieposten en het verzamelen van de hiervoor benodigde gegevens

Onder het schematiseren van een woonfunctie of woongebouw, valt onder andere het categoriseren van het gebouw in de volgende categorieën:

VZ: verwarmde zones  
 SV: sterk geventileerde ruimten  
 AOR: aangrenzende onverwarmde ruimten  
 AOS: aangrenzende onverwarmde serres  
 AVR: aangrenzende verwarmde ruimten

De formule waarmee de EPC wordt berekend is:

$$EPC = \frac{Q_{\text{pres,tot}}}{330 \times A_{\text{g,verw.}} + 65 \times A_{\text{verlies}}} \times \frac{1}{C_{\text{EPC}}}$$

$Q_{\text{pres,tot}}$  = het karakteristiek energiegebruik is MJ;

$A_{g,verw}$  = de gebruiksoppervlakte (GO) van de verwarmde ruimtes;

$A_{verlies}$  = de verliesoppervlakte (van de thermische schil);

$C_{EPC}$  = de getalswaarde van de correctie ten opzichte van de vorige versie van deze norm.

$$Q_{pres;tot} = Q_{prim;verw} + Q_{prim;hulp;verw} + Q_{prim;tap} + Q_{prim;vent} + Q_{prim;vl} + Q_{zon;comf} + Q_{prim;koel} + Q_{prim;bev.} - Q_{prim;pv.} - Q_{prim;comp;wk}$$

$$\text{Energiebudget} = EPC_{eis} \times C_{EPC} \times (A_g \times 330 + A_{verlies} \times 65)$$

De noemer is dus het genormeerde energiegebruik of anders gezegd het energiebudget. Zolang het energiegebruik van de woonfunctie niet hoger is dan het energiebudget, wordt aan de EPC-eis voldaan. In de EPC-berekening wordt uitgegaan van een vast bewonersgedrag. Zo is het stookgedrag (binnentemperaturen), het ventilatiegedrag (hoeveelheden) en het warmwatergebruik vastgelegd. De energieprestatie geeft dus geen voorspelling van het energiegebruik.

### 3.2 Duurzame installaties binnen de EPN

Bij het maken van een EPC-berekening kan er gekozen worden voor de toepassing van verschillende klimaatinstallaties. Voor klimaatinstallaties valt er in het algemeen de volgende onderverdeling te maken:

- Opwekking:**
  - Warmte opwekking
  - Koude opwekking
  - Luchtbehandeling
- Distributie:**
  - Leidingen
  - Kanalen
- Afgifte:**
  - Verwarming
  - Ventilatie
  - Geïntegreerde systemen

Een overzicht van de mogelijke duurzame installatiesystemen voor vrijstaande woningen, die genormeerd zijn in de EPN, is hieronder weergegeven (Figuur 36):

systeem	substelsysteem	installatie
Koeling	opwekking	WKO + E-WP in zomerbedrijf
	distributie	(water) leiding
	afgifte	LTV convector
Verwarming	opwekking	WKO + E-WP
	distributie	(water) leiding
	afgifte	LTV
Warm tapwater	opwekking	E-WP met ventiliertourlucht als bron E-WP met ventiliertourlucht als bron + electroboiler Zonnecollectoren
	distributie	douchepijp WTW (water) leiding
	afgifte	kraan
Ventilatie	opwekking	mechanische toevoer, luchtbehandelingskast (met WTW) natuurlijke toevoer (met WTW)
	distributie	luchtkanaal
	afgifte	Ventilatioerooster Verdringingsrooster
Elektriciteit	opwekking	PV

Figuur 36: Overzicht duurzame installatiesystemen volgens EPN

Hieronder worden de uiteengezette installatiesystemen uit Figuur 36 kort toegelicht om een beeld te krijgen van de werking van de systemen. De installatiesystemen worden per systeem besproken. In de C2C methode zal er, daar waar nodig, dieper op de installatiesystemen zelf worden ingegaan.

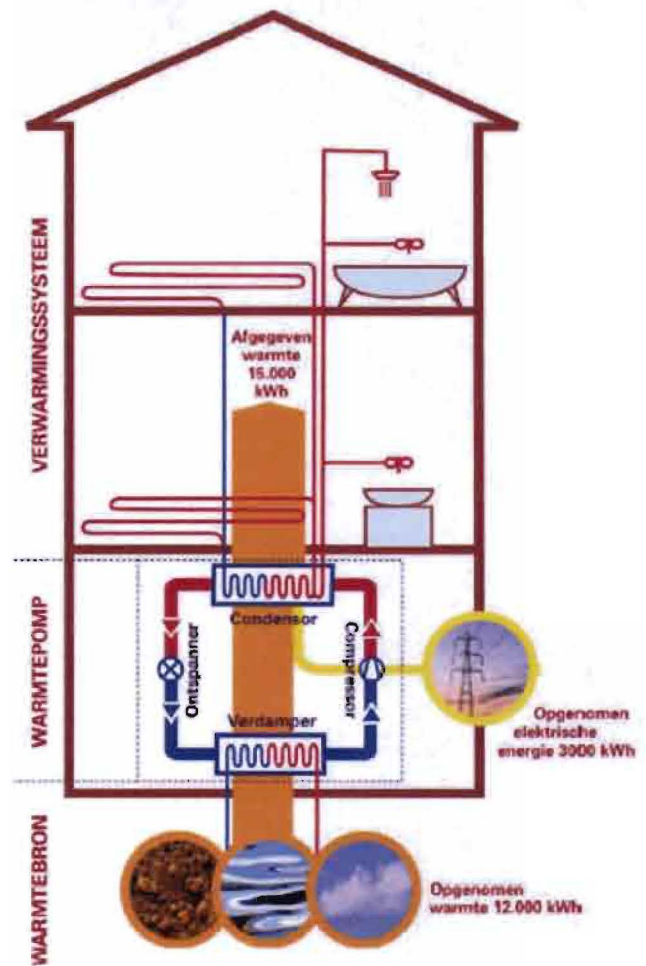
### 3.2.1 Koeling & Verwarming

Koeling en verwarming worden in deze paragraaf samen genomen, omdat beiden via hetzelfde installatiesysteem geleverd kunnen worden. In de zomer kan de warmtepomp de warmte namelijk afvoeren naar de bodem en de koude toevoegen aan de woning. Dit wordt vrije koeling genoemd. De werking van de systemen worden hieronder toegelicht. Een overzicht van de koppeling van de hieronder besproken systemen is hiernaast weergegeven (Figuur 37).

#### Warmte Koude Opslag (WKO)

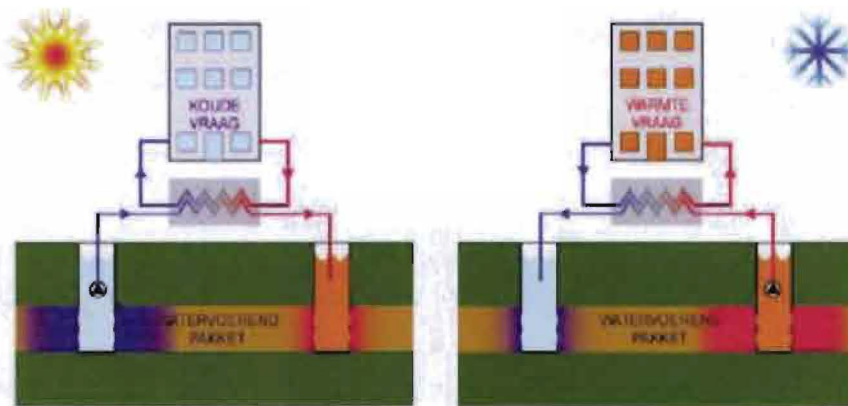
In de winter is er een overschot aan kou die in de zomer goed gebruikt kan worden voor koeling. De zomerzon levert op haar beurt warmte die in de winter van pas kan komen voor verwarming. Het opslaan van warmte en/of koude ten behoeve van respectievelijk verwarming of koeling van een gebouw, wordt WKO genoemd. Dit leidt tot een aanzienlijke energiebesparing en vermindering van CO<sub>2</sub> uitstoot. Er zijn twee soorten WKO-systemen waarmee de natuurlijke energie in de bodem kan worden benut. Men kan gebruik maken van open systemen en gesloten systemen.

Open systemen (Figuur 38) gebruiken water uit aquifers. Dit grondwater wordt via een beperkt aantal buizen onttrokken en geïnfiltreerd. Een techniek waarbij grondwater van en naar een koude en warme bel wordt gepompt om bodemenergie te winnen en op te slaan. Deze toepassing is vaak geschikt wanneer er een grote vraag naar energie is (bijvoorbeeld voor de utiliteitsbouw, tuinbouwsector en andere grootschalige toepassingen). Omdat warmte en koude uit het gebouw aan de bodem wordt toegevoegd, kan een hoog rendement worden gehaald, met een besparing aan primaire energie van zo'n 50%.



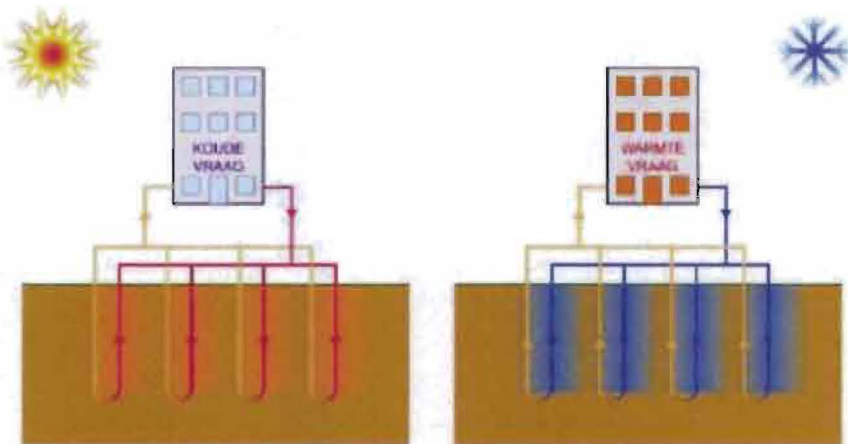
Figuur 37: Principewerking totaalsysteem duurzame warmte





Figuur 38: Open systeem

Gesloten systemen (Figuur 39) kunnen toegepast worden bij één of meerdere vrijstaande woningen. Als synoniem wordt ook de term bodemwarmtewisselaar gebruikt. Binnen dit systeem wordt er gebruik gemaakt van een techniek waarbij vloeistof, vaak met een antivries (glycol) erin opgelost, door gesloten bodemlussen wordt geleid om warmte en koude aan de bodem te onttrekken.



Figuur 39: Gesloten systeem

### Elektrische warmtepomp (E-WP)

Warmtepompen zijn duurzame energiesystemen die onbenutte energie uit de omgeving, zoals buitenlucht, bodem of grondwater, omzetten in bruikbare warmte. Bodemwater of buitenlucht wordt geleid langs een vloeistof in de warmtepomp die op lage temperatuur al verdampt. Bij het verdampen neemt die vloeistof warmte op uit de warmtebron. De pomp drukt vervolgens de vloeistofdamp samen. Daardoor stijgt de druk en neemt de temperatuur nog meer toe. De warmte wordt vervolgens langs bijvoorbeeld waterleidingen van een verwarmingssysteem geleid, en daaraan afgegeven. In een warmtepomp wordt de relatief lage temperatuur van deze bronnen naar een hoger temperatuurniveau (max. 60°C) gebracht.

Het rendement van de warmtepomp zelf, staat op warmtepompen genoteerd achter de aanduiding COP (Coëfficiënt Of Performance). Achter COP staat altijd een getal. Dat geeft de verhouding aan tussen de hoeveelheid warmte die de warmtepomp afgeeft, en de hoeveelheid energie die de installatie nodig heeft om te pompen en dergelijke. Een COP van 1 betekent dat de warmtepomp net zo veel warmte afgeeft als die aan energie opmaakt. De huidige elektrische warmtepompen hebben een COP tussen 3 en 5. Bij een COP van 3 geeft de warmtepomp drie maal meer warmte af dan het nodig heeft; het rendement is dan 300 procent.

**Lagetemperatuur Verwarming (LTV)**

LTV is een ruimteverwarmingssysteem dat aangesloten kan worden op de warmtepomp. Dit systeem verwarmt kamers gelijkmatig en constant. Dat gebeurt via vloerverwarming, wandverwarming of lagetemperatuur radiatoren. Huismijt en stofschroei krijgen daardoor nauwelijks kans. LTV gebruikt water van relatief lage temperatuur van maximaal 55 graden Celsius. Bij gewone radiatoren met een cv-ketel is dat 90 graden Celsius.

**3.2.2 Warm tapwater****Warmtepompboiler**

Warmte uit retourlucht wordt meestal alleen voor tapwaterverwarming gebruikt, in dat geval is sprake van een warmtepompboiler. De retourlucht uit de woning stroomt langs een warmtewisselaar, waar de warmte wordt afgedragen aan een vloeistof, waardoor deze opwarmt. In een groot boilervat wordt het warme leidingwater opgeslagen. Omdat de warmte uit de retourlucht gebruikt wordt, is het noodzakelijk dat er mechanische afzuiging in de woning aanwezig is. Gebalanceerde ventilatie is niet mogelijk in combinatie met een warmtepompboiler, omdat bij gebalanceerde ventilatie ook de warmte uit de afgezogen lucht wordt gebruikt en warmte maar één keer hergebruikt kan worden.

**Elektrische boiler**

Een elektrische boiler is een groot voorraadvat waarin water wordt verwarmd met een elektrisch element. Dit warme water kan gebruikt worden voor douchen, afwassen ed. Er zijn ook kleine elektrische boilers, deze worden vaak close-in boilers genoemd, en zijn alleen geschikt om warmwater voor de keuken te maken.

**Warmteterugwinning (WTW)**

WTW is een algemeen principe waarbij de warmte van afgevoerde lucht, water of een ander medium wordt overgedragen aan verse, nog niet opgewarmde lucht of water. Een bekende toepassing hiervan is de toevoer-ventilatielucht die wordt opgewarmd met de warmte uit afvoer-ventilatielucht. Daardoor wordt er minder warmte 'weggeventileerd'; per saldo kost het minder energie om het gebouw op temperatuur te houden. Een andere toepassing is de warmteterugwinning uit douchewater. Koud leidingwater wordt dan voorverwarmd door de warmte van het wegstromend douchewater; daardoor kost het minder energie om het te verwarmen voor warm tapwater.

**Zonnecollector**

Een zonnecollector is doorgaans een vlakke plaat die op een dak geplaatst kan worden. Het hart van een zonnecollector is een zwarte plaat, de absorber. Door de absorber in een isolerende bak te plaatsen, neemt de absorber meer warmte op dan hij afgeeft aan de omgeving. Gevolg hiervan is dat de temperatuur van de absorber stijgt. Wanneer de temperatuur van de absorber hoger is dan de omgevingstemperatuur zal, naarmate dit verschil toeneemt, de warmtestroom van de absorber naar de omgeving groter worden. Wanneer de warmtestroom van de absorber naar de omgeving zo groot is geworden dat die gelijk is aan de opgenomen warmte, zal de temperatuur van de absorber niet verder stijgen. Wordt er naast de isolatie aan de achter- en zijkant een transparante afdekplaat aan de bovenkant van de absorber geplaatst, neemt de warmtestroom van absorber naar omgeving af en stijgt de absorber temperatuur.

Om de gewonnen warmte ook te kunnen gebruiken, worden aan de achterkant van de absorber leidingen gemonteerd waardoor water stroomt. Dit water circuleert tussen de collector en de boiler. Doordat de temperatuur van de absorber hoger is dan het water, zal de watertemperatuur toenemen. Dit gebeurt net zo lang totdat het water dezelfde temperatuur heeft als de absorber. Het water in de boiler wordt als warm tapwater gebruikt.

### 3.2.3 Ventilatie

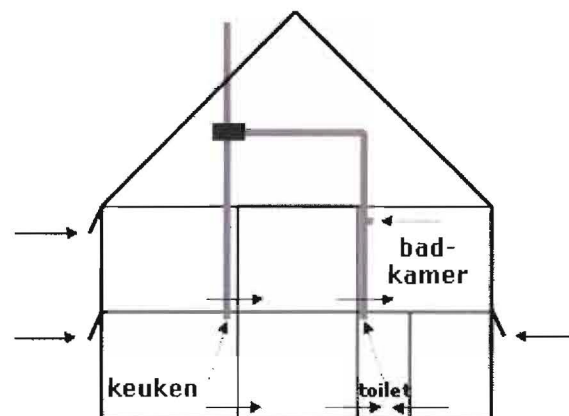
In de EPN zijn er verschillende ventilatiesystemen opgenomen, die onder te brengen zijn in de onderstaande categorieën.

**Natuurlijke ventilatie** In een natuurlijk geventileerde woning moeten (klep)raampjes, roosters en ventilatiekanalen ervoor zorgen dat er voldoende frisse lucht in de woning komt. Een volledig natuurlijke ventilatie is daardoor een gebruikers- en uitvoeringsgevoelig ventilatiesysteem.

Luchtverversing in een natuurlijk geventileerde woning komt tot stand via de drukverschillen die onder meer ontstaan door ventilatiekanalen. Om voldoende afvoer via die kanalen te realiseren, dienen de kanalen zorgvuldig gedetailleerd te zijn. Daarnaast is natuurlijke afvoer afhankelijk van weersomstandigheden zoals wind en temperatuur.

#### Mechanische ventilatie

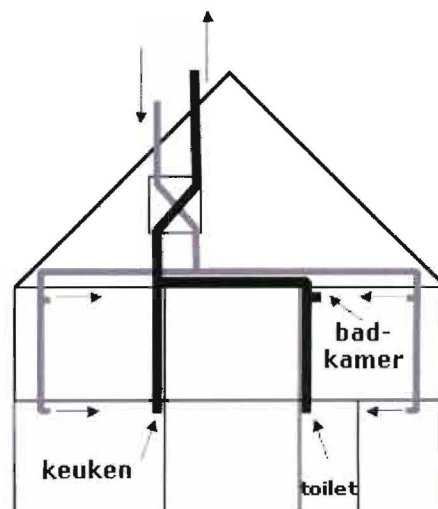
Een mechanisch ventilatiesysteem (Figuur 40) zorgt voor luchtverversing onder alle omstandigheden. De lucht wordt natuurlijk toegevoerd en mechanisch afgevoerd. Mechanische afzuiging kost energie, maar bevordert wel de kwaliteit van de lucht in de woning.



Figuur 40: Principeschema mechanische ventilatie

#### Gebalanceerde ventilatie

Een van de kenmerken van een gebalanceerd ventilatiesysteem (Figuur 41) is de gecontroleerde luchtverversing onder alle omstandigheden. De ventilatielucht wordt zowel mechanisch toegevoerd als mechanisch afgevoerd. Een warmtewisselaar zorgt ervoor dat de uitgaande lucht zijn warmte afgeeft aan de binnenkomende lucht. Dit is comfortabel en bespaart energie. Dit systeem noemen we gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning via een warmtewisselaar. Dit systeem is niet uitschakelbaar.



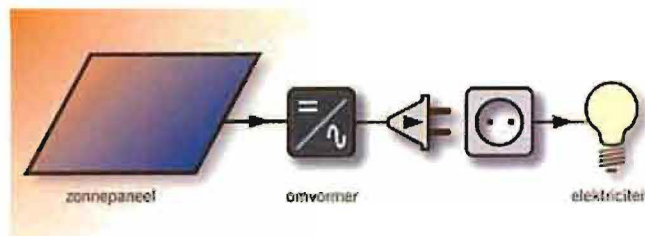
Figuur 41: Principeschema gebalanceerde ventilatie

### 3.2.4 Elektriciteit

Het is mogelijk om in de EPN te kiezen voor de toepassing van (aanvullende) decentrale energieopwekking. De enige soort decentrale energieopwekking die opgenomen is in de EPN is zonne-energie.

**PV-panelen** Een PV-paneel bestaat uit een groot aantal zonnecellen en kan door het fotovoltaïsche principe van deze cellen uit (zon)licht elektriciteit genereren. PV-panelen zijn er in verschillende uitvoeringen als paneelvorm, als onderdeel van de zonwering, als deel van een glazen dak of gevel en als film over dakpannen of dakpanelen. Een PV-systeem bestaat weer uit een aantal PV-panelen. De twee belangrijkste onderdelen die alle PV-systemen gemeen hebben, zijn de modules die zonlicht in elektriciteit omzetten (de cellen) en de omvormers (inverters) die de elektriciteit in wisselstroom (AC) omzetten (Figuur 42). Wanneer er teveel elektriciteit wordt geproduceerd kan dit meestal naar het net worden gevoerd.

Om het zonlicht optimaal te benutten moeten PV-panelen in een bepaalde richting naar de zon worden gericht. Omdat de optimale hoek verschillend is voor de tijd van het jaar, is een hoek van 36 graden optimaal voor maximale instraling bij vast gemonteerde panelen. De richting van een vast zonnepaneel is bij voorkeur iets ten westen van het zuiden.



Figuur 42: PV-systeem

### 3.3 Beschouwing vanuit het C2C concept op de EPN

Eén van de milieudoelstellingen van de overheid is het terugdringen van de CO<sub>2</sub> uitstoot. NOVEM (Nederlandse Maatschappij voor Energie & Milieu), is op vele fronten actief om deze taakstelling concreet in te vullen. Zo wordt er nagegaan of er besparingen of alternatieven zijn voor de opwekking van elektriciteit. Voor de bouw zijn er taakstellingen geformuleerd om onder andere het vanuit de overheid gestelde energieprobleem aan banden te leggen. In eerste instantie was de taakstelling dat gebouwen die na 15 december 1995 zouden worden gebouwd 10 - 15 % energiezuiniger zouden moeten zijn. Het instrument om dit te bewerkstelligen is de zogenaamde energieprestatienormering (EPN). In de ontwerpfase kan met dit instrument beoordeeld worden of het betreffende gebouw voldoende energie-efficiënt uitgevoerd zal kunnen worden.

In het Bouwbesluit zijn de eisen opgenomen, die aan deze energieprestatiecoëfficiënt worden gesteld. De te behalen prestatie is afhankelijk van de gebruiksfunctie. Binnen de C2C filosofie is CO<sub>2</sub> neutraal bouwen een van de doelstellingen en is duurzame energie in overvloed aanwezig. Maar binnen de EPN staat energie als probleem centraal. Het terugdringen van het energieverbruik staat hier gelijk aan een verlaging van de EPC. Om tot de bouw van een woning over te kunnen gaan, moet aan het bouwbesluit worden voldaan. Vandaar dat deze 'duurzaamheids tool', de EPC berekening, die uitgaat van een energieprobleem, toch meegenomen wordt in het onderzoek naar de ontwikkeling voor een C2C bouwmethode.

Een veel toegepaste manier om EPC te verlagen, is het toevoegen van genormeerde efficiënte installaties aan het gebouw. Deze installaties zijn opgenomen in het programma van de EPC-berekening en zijn eenvoudig aan het gebouw toe te voegen door de gewenste installaties aan te vinken. Omdat het veel werk is om alternatieve, niet genormeerde, mogelijkheden in te voeren

middels een kwaliteitsverklaring in de EPC-berekening om een lagere EPC te behalen, blijven deze dan ook vaak buiten beschouwing. Het gevolg hiervan is dat er gebouwen ontstaan die een overschot aan installaties kunnen hebben, met het enige doel het verlagen van de EPC. Om dit tegen te gaan, zal de EPC-berekening anders ingericht moeten worden. De EPC-berekening kan dan pas uitgevoerd worden, wanneer het gebouwoontwerp optimaal is afgestemd op de mogelijkheden die de directe omgeving van het gebouw biedt. In het gebouwoontwerp moeten dus allereerst de natuurlijke actieve systemen zijn geïntegreerd, voordat het gebouw verder wordt aangevuld met installatietechnische actieve systemen op basis van de EPC-berekening.

## 4 Cradle to Cradle materialen

In de NewScientist publiceerde David Cohen een artikel over de voorraden die de aarde nog heeft en hoe lang we hiermee in onze behoefte kunnen voorzien. Een overzicht van deze voorraden is te vinden in deel IV van dit afstudeeronderzoek. Uit dit artikel komt naar voren dat we met sommige grondstoffen niet langer dan 40 jaar in onze huidige behoefte kunnen voorzien. Het element Indium bijvoorbeeld, dat in LCD TV's wordt gebruikt, is zelfs nog maar voor 4 jaar voorradig.

Naast de eindige beschikbaarheid van de grondstoffen, is het delven van de stoffen vaak ook erg milieubelastend en kan het grote gevolgen hebben voor de lokale gemeenschap. Na het delven worden de grondstoffen tot producten verwerkt, die na de gebruikperiode als afval gedumpt worden op stortplaatsen of worden verbrand bij de afvalverbranding. Dit zorgt voor verontreiniging en vervuilende emissies. Wel worden steeds meer afvalverwerkingsbedrijven ook recyclingbedrijven die waardevolle materialen uit de afvalstroom halen. Maar als de producten in eerste instantie volgens het C2C concept wordt ontworpen, dan is het mogelijk om alle materialen, zonder schade aan de natuur, te laten composteren of te upcyclen.

Op dit moment zijn er verschillende C2C materialen beschikbaar. Zo zijn er door McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC) verschillende materialen C2C gecertificeerd en door ir. D. Tulp zijn huidige bouwmaterialen C2C beoordeeld in een C2C materialen tool<sup>(2)</sup>. Zowel het C2C certificeringsprogramma van MBDC, als de C2C materialen tool van ir. D. Tulp worden hieronder besproken.

### 4.1 MBDC certificeringsprogramma

De MBDC heeft een certificeringsprogramma gestart voor producten en materialen. Op de website [www.mbdc.com](http://www.mbdc.com) is een lijst samengesteld, die in de loop van de tijd zal worden aangevuld, met producten en materialen die een Cradle to Cradle certificaat hebben behaald. In deel IV van dit afstudeeronderzoek is een beschrijving opgenomen van C2C gecertificeerde bouwgerelateerde materialen die toepasbaar zijn in kleinschalige woningbouwprojecten. De criteria waar de producten en materialen aan moeten voldoen om een certificaat te behalen zijn nog in ontwikkeling.

De MBDC verdeelt de certificaten onder in Basic, Silver, Gold en Platinum. Opvallend is dat het grootste deel van de gecertificeerde producten een Silver certificering hebben (Figuur 43). Om voor een certificaat in aanmerking te komen moet men alle materialen, componenten etcetera, identificeren die in het uiteindelijke product voorkomen als ook alle elementen die er in voorkomen met daarbij vermeld de relatieve concentratie.



Figuur 43: Certificaat logo

De aanvrager moet het product toekennen aan de biosfeer of technosfeer en aangeven van alle materialen, componenten etcetera, of ze biologische of technologische voedingsstoffen zijn. Als in het product zowel technologische en biologische voedingsstoffen voorkomen moet dit expliciet worden aangegeven en worden aangetoond dat de voedingsstoffen te scheiden zijn.

Het effect van de materialen op de gezondheid van mens en natuur moet worden aangegeven als zijnde groen (A-B, weinig tot geen risico, minimaal 25% voor Platinum certificaat), geel (C, weinig tot gemiddeld risico, wordt geaccepteerd tenzij een groen alternatief bestaat), rood (x, hoog risico) of grijs (onvolledige data). Producten met materialen van de PVC polymeer familie komen niet voor certificering in aanmerking. Het gebruik van zware metalen als lood, mercurie, cadmium en chroom

VI limiteren het certificaat tot Basic, tenzij het materiaal nodig is voor het functioneren van het product en het in een gesloten kringloop blijft voortbestaan.

Het product moet voldoen aan de Cradle to Cradle emissie standaarden zoals die staan vermeld in het document van de MBDC. Daarnaast moet het energiegebruik (kwantitatief en kwalitatief) worden gedefinieerd voor verschillende stappen in het productieproces. Om voor een Gold certificaat in aanmerking te komen moet het energieverbruik van de assemblage fase in het productieproces voor minimaal 50% uit hernieuwbare energie bestaan. Voor een Platinum certificaat moet dit 100% zijn en het totale energieverbruik over het totale productieproces moet voor 50% uit hernieuwbare energie bestaan.

De kwaliteit van het water moet worden gewaarborgd, voor een Gold of Platinum certificaat moet dit doormiddel van onafhankelijke controle worden aangetoond. Ook moeten de sociale en ethisch verantwoorde arbeidsomstandigheden van de werknemers worden aangetoond.<sup>[2]</sup>

Wanneer het certificaat eenmaal is uitgegeven voor een product, geldt de certificering voor één jaar. Om het certificaat het erop volgende jaar weer te kunnen verkrijgen, moeten alle gegevens met betrekking tot het product en het productieproces opnieuw worden gecontroleerd door MBDC. Hiervoor moet elk jaar een bedrag voor worden betaald, wat bedrijven ervan kan weerhouden om elk jaar opnieuw voor de certificering te kiezen.

## 4.2 C2C materialen tool

Door Ir. D. Tulp is er, zoals in de inleiding reeds aangestipt, onderzoek gedaan naar een instrument waarmee bouwdeelen van een standaard nieuwbouw Nederlandse eengezinswoning getoetst of ontworpen kunnen worden aan de hand van de Cradle to Cradle criteria. Om dit te kunnen onderzoeken zijn er een aantal principes en criteria gedestilleerd uit het boek van Braungart en McDonough<sup>(1)</sup>, uit wetenschappelijke achtergronden van overige concepten en uit kritiek op het concept uit de wetenschappelijke wereld.

Het gaat hierbij om vier principes met per principe één of meer criteria:

- Het beperken van toxische elementen, dat doormiddel van LCA gegevens kan worden aangegeven.
- Het sluiten van de kringlopen, waarbij moet worden aangetoond of het materiaal biologisch afbreekbaar is of in welke mate het terug gebracht kan worden in de technosfeer.
- Ecologische en sociale aspecten, waarin biologische diversiteit en menselijk welzijn worden behandeld.
- Toekomstgerichte maatregelen zoals het bezitten van een keurmerk voor het duurzaam exploiteren van hernieuwbare bronnen.

Met deze principes en criteria is een instrument ontwikkeld waarmee met een relatieve score aangegeven kan worden in hoeverre een bouw materiaal voldoet aan het Cradle to Cradle concept. Dit instrument maakt onderscheid tussen materialen in de technosfeer, biosfeer of een combinatie van de twee, zodat alleen de criteria gelden die bij de juiste kringlopen horen. Er wordt op elk principe een deelscore in procenten behaald die vervolgens worden gemiddeld met weegfactoren tot een eindscore.

De verdeling van de weegfactoren voor de verschillende principes is als volgt:

- Aanwezigheid toxiciteit wordt gewogen met weegfactor 3
- Sluiten van kringlopen met weegfactor 5
- Sociologische en ecologische aspecten met weegfactor 2
- De toekomstwaarde ook met weegfactor 2

Deze weegfactoren zijn deels gebaseerd op het 5-dot systeem dat door MBDC voor de classificering van materialen is opgesteld. Binnen het C2C concept, afval is voedsel, bestaat het concept afval niet en is het sluiten van de kringlopen dan ook het belangrijkste doel. Daarnaast is het belangrijk dat de juiste, schone, materialen gebruikt worden, in plaats van de schadelijke, vervuilende en toxische materialen. Wanneer deze materialen op een eco-effectieve manier worden gewonnen, geproduceerd, het welstands niveau van de omgeving versterken, in relatie tot de sociologische en ecologische aspecten, en er behoefte is voor de nutriënten nadat deze al eens gebruikt zijn, in relatie tot de toekomstwaarde, zal het materiaal in de C2C materialentool hoog scoren.

Deze tool is gebruikt om te onderzoeken welke bouwdelen van een standaard nieuwbouw Nederlandse eengezinswoning relatief minder voldoen aan het Cradle to Cradle concept. Uit deze laag scorende bouwdelen, te weten de fundering, binnenwanden, gevel en vloeren is de gevel gekozen om verder uit te werken.

Vervolgens zijn de standaard bouwmaterialen die gebruikt kunnen worden bij het ontwerpen van een gevel voor een nieuwbouw Nederlandse eengezinswoning geanalyseerd met behulp van het instrument. Hieruit is gebleken dat er nog geen materialen zijn die 100% voldoen aan de Cradle to Cradle criteria, maar dat het wel goed benaderd wordt door materialen als leemstenen en duurzaam verduurzaamd hout met scores van respectievelijk 92% en 90%. In deel IV van dit afstudeeronderzoek zijn de onderzochte materialen in tabelvorm te vinden.

De tool is op dit moment sterk afhankelijk van de materiaal gegevens uit de NIBE publicaties (deel 1, 2 en 3). Dit zorgt voor een beperking van het scala aan mogelijk in te voeren bouwmaterialen. In het kader van dit afstudeeronderzoek wordt er niet gezocht naar een alternatief of een aanvulling in deze zin, aangezien dit zeer tijdrovend is.

Een gemis in de tool zijn criteria die een positieve voetprint (Figuur 44) mogelijk maken, zoals systemen die de lucht of het water zuiveren (detoxische werking) of materialen die voedingsstoffen toevoegen aan de bodem (biologisch afbreekbaar hoeft niet te betekenen dat het ook voedsel is voor nieuwe grondstoffen). Bij de keuze van de toe te passen materialen binnen dit afstudeeronderzoek, zal dit wel meegenomen worden. De beoordeling of een materiaal een positieve voetprint mogelijk maakt, zal gebaseerd zijn op eigen inzicht en het inzicht van de betrokken afstudeerbegeleiders.



Figuur 44: Positieve voetprint

Een ander kritisch punt van de tool is het wiskundig model achter de weegfactoren (zie bijlagen). Na een telefonisch gesprek met Ir. D. Tulp is gebleken dat de percentages die gebruikt zijn in de tool uit een wiskundig model komen. Wanneer deze percentages onder de loep worden genomen, of mogelijk veranderd worden, moet het hele model veranderd worden. Voor de strekking van dit



onderzoek is het herschrijven van het model van minder belang omdat de verwachting is dat het om kleine procentuele verschillen zal gaan en het relatief veel tijd in beslag zal nemen.

## 5 Cradle to Cradle bouwconcept

Een C2C bouwconcept is fundamenteel gebaseerd op de C2C filosofie. Om nieuwe uitgangspunten te kunnen formuleren voor een C2C bouwconcept, is er in dit afstudeeronderzoek dan ook gekeken naar de C2C filosofie, maar ook naar de huidige bouwconcepten, installaties volgens het bouwbesluit, C2C materialen en aanvullende literatuur<sup>(12)(13)(14)</sup>. Op basis hiervan worden er in dit hoofdstuk uitgangspunten voor een C2C bouwconcept geformuleerd. Deze uitgangspunten zullen de basis vormen voor de ontwikkeling van een C2C bouwmethode.

### 5.1 C2C uitgangspunten uit de huidige bouwconcepten studie

De huidige bouwconcepten IFD, Passiefhuis en Catalogus bouwen zijn in dit afstudeeronderzoek geanalyseerd. Op basis van deze analyse zijn de kernpunten binnen het concept, installaties, materiaalgebruik en omgeving van de bouwconcepten gewogen met de C2C filosofie. De uitwerking hiervan is in de onderstaande tabel weergegeven (Figuur 45). De kernpunten uit de tabel die overeenkomen met de C2C filosofie worden na de tabel besproken.

		Cradle to Cradle reflectie			
		Concept	Installaties	Materiaalgebruik	Omgeving
Bouwmethoden	IFD	aanpasbaar gebouw	flexibel	demontabel	optimaal ruimtegebruik
		duurzaam hergebruik / herbestemmen	domotica	industrieel	montage op de bouwplaats
		bouw- & sloopafval		flexibel	
	Passiefhuis	energie = probleem	gezondheid	samenstelling materialen	duurzame energie
				overbodige materialen	passief ontwerp
				materiaal verbindingen	
	Catalogus	totaal overzicht	traditioneel	industrieel	montage op de bouwplaats
		positie bewoner			lokatie ongebonden
		productie & vervoer			

	Komt overeen met de C2C filosofie
	Komt deels overeen met de C2C filosofie
	Komt niet overeen met de C2C filosofie

Figuur 45: C2C reflectie op de bouwmethoden

De kernpunten met betrekking tot het concept van de huidige bouwconcepten die overeen komen met de C2C filosofie zijn het aanpasbaar bouwen, totaal overzicht en de positie van de bewoner. Door een woning zo te ontwerpen dat er ingespeeld kan worden op veranderende wensen in de toekomst, aanpasbaar bouwen, blijft de woning onderdeel van de gebouwde omgeving. Er zal dan ook geen sloopafval ontstaan of leegstand omdat de woning kan blijven inspelen op de veranderende wensen.

Zoals in het vooronderzoek te lezen, behorend bij dit afstudeeronderzoek, neemt het percentage particuliere opdrachtgevers onder andere af door de lange periode van onduidelijkheid gedurende het bouwproces. Wanneer aan het begin van het bouwproces alle betrokken partijen precies weten wat er van hun verwacht wordt en de toekomstige gebruiker een realistisch beeld heeft van de toekomstige woning (Figuur 46), totaal overzicht, zal dit een hoger percentage particuliere opdrachtgevers opleveren. Op deze manier staat voor de particuliere opdrachtgever aan het begin van het bouwproces de totaalprijs voor de cataloguswoning vast. Met behulp van een C2C bouwmethode zou naast een benodigde C2C bouwmaterialen lijst voor de bouw van een woning, uitgangspunten voor het ontwerp en de benodigde installaties opgesteld kunnen worden, op basis waarvan een architect, aannemer en installateur sneller een prijs kunnen maken. Hierdoor kan er een scherpe prijs/kwaliteit verhouding voor een C2C woning ontstaan.



Figuur 46: Beeld van de toekomstige woning

Tijdens het ontwerp van de C2C woning staan de wensen van de toekomstige bewoner, positie gebruiker, centraal. Des te meer de woning naar wens van de gebruiker is, des groter het gebruiksgenot ervan en des te langer de woning onderdeel blijft van de gebouwde omgeving.

De kernpunten met betrekking tot de installaties in de huidige bouwconcepten die overeen komen met de C2C filosofie zijn de flexibiliteit, domotica en gezondheid. Door het ontwerp van de woning en de benodigde installaties zo op elkaar af te stemmen dat er op veranderende wensen in de toekomst kan worden ingespeeld, flexibiliteit, blijft de woning onderdeel van de gebouwde omgeving. Er zal dan ook bij de installatie van de installaties onder andere rekening gehouden moeten worden met mogelijke toekomstige uitbreidingen op het installatiesysteem.

Door de toepassing van domotica worden, ten behoeve van een betere kwaliteit van wonen en leven, technologie en diensten geïntegreerd. Domotica omvat alle elektronische toepassingen in de woning om functies te besturen (als verwarmen, ventileren en verlichten) en diensten uit de woonomgeving te gebruiken (als alarmeren, telefoneren en televisie kijken). Dit gebeurt bij voorkeur flexibel: op elke plek en op elk tijdstip dat het de bewoner past, met een gemakkelijke bediening en desgewenst op afstand.

Door bijvoorbeeld in een woning de lucht gecontroleerd te zuiveren in een luchtbehandelingkast, wordt de luchtkwaliteit verbeterd. Dit komt de gezondheid ten goede doordat de luchtwegen minder onderhevig zijn aan schadelijke deeltjes in de ingeademde lucht, waardoor de kwaliteit van het leven omhoog gaat.

Het kernpunt met betrekking tot het materiaalgebruik in de huidige bouwconcepten die overeen komt met de C2C filosofie is demontabel bouwen. Door materialen zo te ontwerpen dat zij onderdeel blijven van de biologische of de technologische kringloop, gaan er geen voedingsstoffen verloren. Pas als deze materialen in de bouw ook een demontabele inpassing krijgen in het ontwerp, is het ook daadwerkelijk mogelijk om de materialen binnen de kringlopen te houden.

De kernpunten met betrekking tot de omgeving in de huidige bouwconcepten die overeen komen met de C2C filosofie zijn optimaal ruimtegebruik en het gebruik van duurzame energie. Optimaal ruimtegebruik heeft betrekking op de ruimtelijke mogelijkheden van het ontwerp ten opzichte van haar omgeving. Door zodanig te ontwerpen dat alle ruimten in de woning optimaal worden gebruikt en daarnaast de mogelijkheid tot uitbreiding te creëren, kan de woning bijvoorbeeld bij gezinsuitbreiding worden vergroot. Op deze manier speelt het ontwerp van de woning in op mogelijke veranderingen in de toekomst en zal dan ook onderdeel blijven van de gebouwde omgeving.

Een doorsnee woning in Nederland is aangesloten op het energie-net van de gevestigde energieleveranciers. Het verkeer op dit energie net is, gezien vanuit het gebouw, eenzijdig. De woning neemt alleen energie af van het net en levert geen energie terug aan het net. Door meer gebruik te maken van de duurzame energie, kleinschalige hybride systemen waarbij lokaal opgewekte zonne-energie een hoofdrol speelt, kan het overschot aan opgewekte energie deels worden opgeslagen voor eigen gebruik en deels worden geleverd aan het net.

## 5.2 C2C uitgangspunten uit installatieconcepten studie

Met de huidige invulling van de EPN kunnen ook woningen gebouwd worden met een lage EPC die qua ruimtelijk ontwerp zelf totaal niet energie-efficiënt zijn. Door simpelweg in de EPC-berekening de EPC-verlagende installaties aan te klikken, kan er toch een lage EPC behaald worden. Dit met het gevolg dat er uiteindelijk veel installaties in de woning geplaatst worden, die met een verbeterd ruimtelijk ontwerp wellicht overbodig zouden zijn of overgedimensioneerd. Het is dan ook belangrijk dat ten grondslag van het ontwerp van een woning de natuurlijke actieve systemen van de directe omgeving (als zon, wind, water en grond) moeten liggen, die dan ook geïntegreerd worden in het ruimtelijk ontwerp. Aanvullend op deze natuurlijke actieve systemen kunnen installatietechnische systemen toe worden gepast, ter verhoging van het comfort in de woning.

Bij het toepassen van installatietechnische systemen moet vanuit de C2C filosofie het gebruik van aardgas vermeden worden. Ook moeten de gekozen installaties optimaal op elkaar aansluiten en als één systeem werken. Door bijvoorbeeld installaties dicht bij de tappunten te plaatsen, kunnen leidingen aanzienlijk korter worden. Hierdoor zijn de warmteverliezen terug te brengen en is het materiaalgebruik (van eindige materiaalbronnen) ook terug gebracht. Daarnaast kan men ook denken aan het aansluiten van de wasmachine en vaatwasser op een warm waterleiding, waardoor de apparaten direct warm water ontvangen in plaats van het koude water uit de reguliere koud waterleiding en dit dan alsnog zelf moet opwarmen.

Binnen dit afstudeeronderzoek worden de materialen in de verschillende installatiesystemen niet beoordeeld op C2C. De omvang van een dergelijke beoordeling is zodanig groot, dat het een afstudeeronderzoek opzich is. Er wordt wel aangenomen dat de huidige installatiesystemen qua materiaalgebruik niet zullen voldoen aan de C2C principes. Deze aanname is gebaseerd op de hoeveelheden plastics en metalen die in de meeste installaties verwerkt zijn en vaak afkomstig zijn van over de hele wereld.

## 5.3 C2C uitgangspunten uit materialen studie

Tot op heden is het nog niet mogelijk om een woning te realiseren waarin alleen door MBDC C2C gecertificeerde bouwmaterialen voorkomen. Nog niet alle bouwmaterialen die nodig zijn voor het

bouwen van een woning zijn door MBDC C2C gecertificeerd. Om toch zo C2C mogelijk te bouwen kan de C2C materialen tool<sup>(2)</sup> een uitkomst bieden, wanneer de benodigde bouwmaterialen niet voorkomen in de MBDC C2C gecertificeerde materialen lijst.

Daarnaast zijn er nog bouwmaterialen die zich profileren als 'eco-vriendelijk' die mogelijk ook in aanmerking komen voor een MBDC C2C certificaat. Echter, of deze materialen ook eco-effectief zijn zoals gesteld in de C2C principes is nog maar de vraag. Wanneer een product als 'eco-vriendelijk' in de markt wordt gezet, zal dit namelijk ook een verkoop technische grondslag hebben. Daarom wordt er in de laatste plaats gekozen voor het toepassen van deze materialen, als er geen C2C alternatief voor handen is.

#### 5.4 Uitgangspunten C2C bouwconcept

Op basis van de literatuurstudie die in dit afstudeeronderzoek is vastgelegd, zijn er de volgende uitgangspunten voor een C2C bouwconcept per niveau te formuleren:

Omgeving:

- Draag bij aan de lokale biodiversiteit, positieve voedafdruk
- Respecteer cultureel erfgoed
- Integreer de aanwezige natuurlijke actieve systemen in ontwerp en positionering
- Zorg voor een vorm van waterzuivering

Ontwerp:

- Zorg voor een gezond binnenklimaat
- Maak optimaal gebruik van daglicht
- Ontwerp en bouw demontabel, producten worden diensten
- Ontwerp op een dusdanige manier dat de positie van de gebruiker centraal staat
- Zorg voor een totaal overzicht in het bouwproces
- Zorg voor flexibiliteit in ruimtelijke indeling, uitbreiding en installaties

Installaties:

- Gebruik duurzame energiebronnen
- Zorg voor een vorm van waterzuivering
- Bouw CO<sub>2</sub> neutraal
- Zorg voor een gezond binnenklimaat
- Maak gebruik van natuurlijke ventilatie
- Maak aanvullend gebruik van installatiesystemen en domotica

Materialisatie:

- Gebruik MBDC C2C gecertificeerde materialen
- Gebruik aanvullend de materialen uit de C2C materialen tool
- Materialen moeten in de biologische of technologische kringloop terug te brengen zijn

**DEEL II**

## Inhoudsopgave deel II

1	Doelgroep C2C toepassingsmodel.....	3
1.1	Particulier opdrachtgeverschap .....	3
1.2	Kloof tussen wens en realisatie.....	4
2	Ontwikkeling C2C toepassingsmodel .....	5
2.1	Relatie tussen C2C uitgangspunten en C2C toepassingsmodel .....	5
2.3	Waardekader C2C toepassingsmodel.....	8
3	C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen .....	12
3.1	Projectgegevens .....	12
3.1.1	Algemene gegevens.....	13
3.1.2	Projectomschrijving.....	13
3.2	Omgeving.....	15
3.2.1	Bodem .....	15
3.2.2	Lucht .....	16
3.2.3	Water.....	17
3.2.4	Flora & Fauna .....	18
3.3	Ontwerp.....	19
3.3.1	Ruimtelijk ontwerp .....	20
3.3.2	Comfort.....	20
3.3.3	Flora & Fauna .....	22
3.4	Installaties .....	23
3.4.1	Duurzame energieopwekking.....	24
3.4.2	Comfort.....	25
3.4.3	Flexibiliteit .....	28
3.5	Materialisatie.....	29
3.5.1	Hergebruik van restmaterialen op het kavel.....	30
3.5.2	Constructieve toepassingen .....	31
3.5.2	Toeslagmaterialen .....	32
3.5.3	Gebouwschil .....	32
3.5.4	Isolatiematerialen.....	36
3.5.5	Binnenafwerking.....	38
3.5.6	Applicaties .....	39
3.5.7	Hemelwatersystemen .....	40

3.6	Resultaat.....	41
3.7	Totaal overzicht .....	42



## 1 Doelgroep C2C toepassingsmodel

De doelgroep voor het te ontwikkelen C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen is de particuliere opdrachtgever. Uit het vooronderzoek bleek dat de particuliere opdrachtgever behoefte heeft aan onder andere technische bouwkundige kennis om soepeler door het bouwtraject van een nieuw te bouwen woning te komen. In dit hoofdstuk wordt het particulier opdrachtgeverschap uiteengezet aan de hand van achtergrond informatie en de manier van werken. Vervolgens wordt de koppeling tussen particulier opdrachtgeverschap en het C2C toepassingsmodel toegelicht.

### 1.1 Particulier opdrachtgeverschap

Bij particulier opdrachtgeverschap verwerft een particulier (of meerdere particulieren) zelf de grond(en) en bepaalt hij ook zelf met welke partijen hij zijn woning voor eigen gebruik gaat realiseren. Deze bouwwijze onderscheidt zich van de projectmatige woningbouw door de omkering van het bouwproces: bij particulier opdrachtgeverschap verschijnt de bewoner in spe niet slechts aan het einde van het proces als afnemer, maar al aan het begin ervan, als opdrachtgever. Hij is dus zowel opdrachtgever als gebruiker, en heeft daardoor meer mogelijkheden om zijn eigen woonwensen te realiseren. Hiermee onderscheidt particulier opdrachtgeverschap zich van het zogenaamde consumentgerichte bouwen, waarbij de projectontwikkelaar de kavels koopt en de woningen ontwerpt en bouwt, en de consument vervolgens laat kiezen uit variaties in bijvoorbeeld materiaalgebruik en woninggrootte.

Binnen particulier opdrachtgeverschap valt er een onderscheid te maken tussen traditionele kavelbouw, catalogusbouw en collectief opdrachtgeverschap. Bij traditionele kavelbouw koopt een individuele particulier een eigen kavel. De woning wordt in de meeste gevallen met een architect ontworpen, maar dat kan ook zelf (door de opdrachtgever). Wanneer het ontwerp voor de woning gereed is en de bouwvergunning is verleend, kan er een bouwbedrijf gekozen worden om op die manier de woning daadwerkelijk te realiseren.

Een eigenaar van een kavel met een woonbestemming kan ook een woning uit een catalogus kiezen of samenstellen, catalogusbouw, in plaats van in zee te gaan met een architect. De woning wordt in dit geval door de catalogusbouwer gebouwd en niet door een onafhankelijke aannemer. Wensen die buiten het aanbod van de catalogus vallen, kunnen meestal tegen meerkosten worden gerealiseerd.

Wanneer niet alleen een individu, maar een groep van particulieren bouwgrond verwerven, spreekt men van collectief opdrachtgeverschap. Deze groep organiseert zich meestal in een stichting of vereniging, die vervolgens als opdrachtgever een architect en een aannemer benadert.



Figuur 1: Samenwerkende particulieren

Het voordeel van particulier opdrachtgeverschap is dus dat het ontwerp van de woning op eigen woonwensen kan worden afgestemd. Ook gemeenten hebben er belang bij om particulier opdrachtgeverschap te stimuleren. Omdat deze bouwwijze in hoge mate aan de woonwensen tegemoetkomt, draagt ze namelijk bij aan een aantrekkelijker woon- en vestigingsklimaat. Op deze manier kunnen gemeenten bevorderen dat de midden- of hogere-inkomensgroepen zich aan een buurt, een wijk of de gehele stad binden en vestigen. Door particulier opdrachtgeverschap voor starters mogelijk te maken, kunnen dorpen bevorderen dat ook de jongeren er blijven wonen.

## 1.2 Kloof tussen wens en realisatie

In het jaar 2000 heeft het rijk besloten dat binnen vijf jaar éénderde deel van alle nieuw te bouwen woningen door particulieren zelf moet kunnen worden ontwikkeld. In 2005 is gebleken dat dit streven niet is behaald. Tussen 2000 en 2006 daalde het aandeel particulier opdrachtgeverschap in Nederland zelfs van 17 naar 11 procent (Nieuwbouwstatistieken, cbs 2005).

Opvallend is dat de groep belangstellenden voor particulier opdrachtgeverschap aanzienlijk groter is dan de groep die daadwerkelijk als opdrachtgever is opgetreden. Er is dan ook een kloof tussen wens en realisatie, die hoofdzakelijk veroorzaakt wordt door het volgende:

- Gebrek aan bouwkundige kennis
- Langdurig bouwtraject
- Geen totaaloverzicht, losse adviseurs
- Onverwachte kostenposten
- Hoge kosten en schaarste aan kavels
- Ingewikkelde regelgeving



Figuur 2: Particuliere opdrachtgever met bouwens

Om particulier opdrachtgeverschap te stimuleren heeft het ministerie van VROM met twintig stedelijke regio's een woningbouwkundige overeenkomst afgesloten voor de periode 2005-2010: de Convenanten Woningbouwafspraken. In deze overeenkomst is onder andere besloten wat het drempelpercentage is per regio voor particulier opdrachtgeverschap. Voor iedere gebouwde woning boven deze drempel keert het VROM een premie uit van 1.600 euro aan de samenwerkingsorganisatie van gemeenten of aan de provincie.

Daarnaast heeft het kabinet in 2005 ingestemd met het voorstel voor de Grondexploitatiewet. Met deze wet kunnen gemeenten delen van woningbouwlocaties aanwijzen voor particulier opdrachtgeverschap. Woningbouwgrond in de handen van ontwikkelaars kunnen op die manier toch worden toegepast voor particuliere woningbouw.

Tenslotte heeft de overheid de jaarlijkse 'Rijksprijs voor inspirerende opdrachtgeverschap, de Gouden Piramide' in het leven geroepen. De prijs bestaat uit een geldbedrag van 50.000 euro en een speciaal ontworpen trofee. De jury staat onder leiding van de Rijksbouwmeester. Er wordt veel publiciteit gegeven aan de prijs en de inzendingen, zowel voor de vakwereld met een uitgebreide publicatie, als voor het brede publiek met een serie tv-programma's over de nominaties.

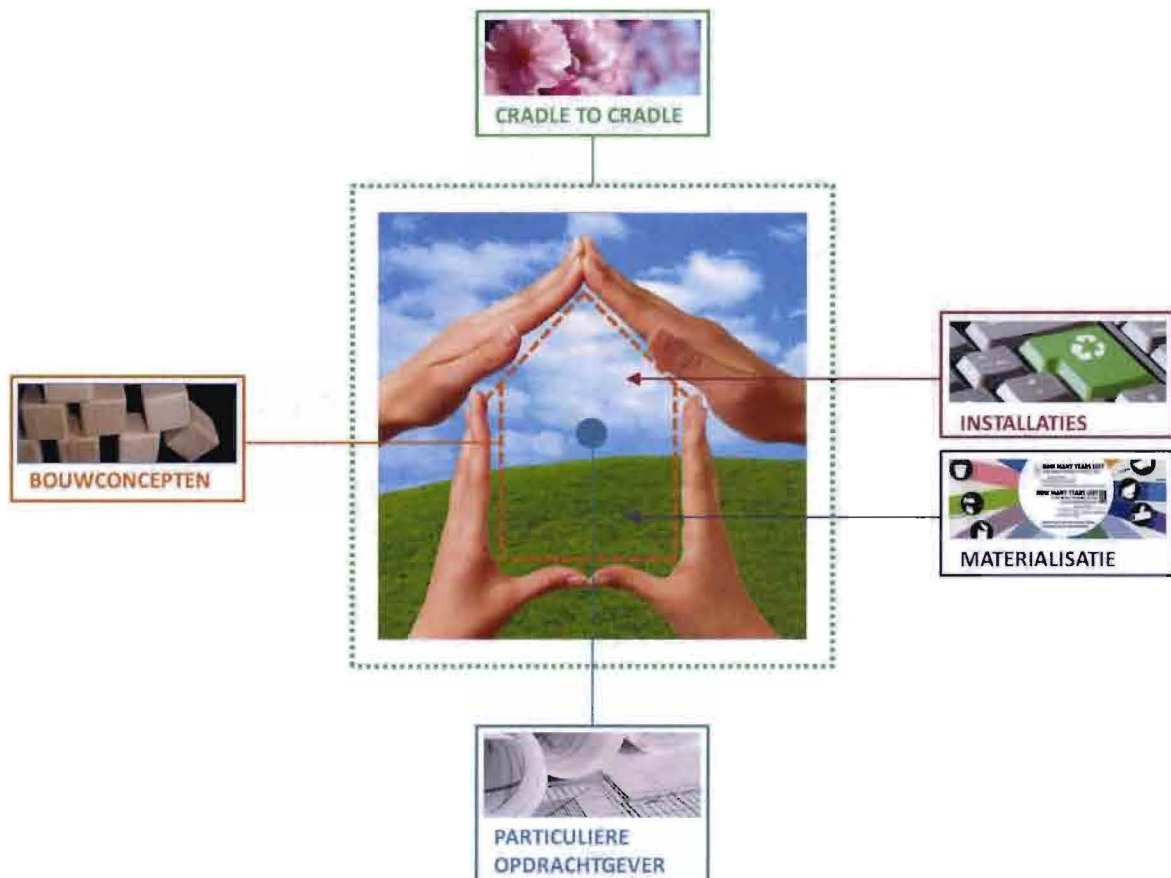
De particuliere opdrachtgever heeft nu dus nog behoefte aan concrete bouwkundige handvaten waardoor: het gebrek aan bouwkundige kennis geen probleem meer is; er een overzichtelijk bouwtraject ontstaat; en er een betere raming gemaakt kan worden van de kosten. Het C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen speelt hier op in, waardoor het percentage particuliere opdrachtgevers zal stijgen. Daarnaast dragen de C2C woningen bij aan het milieu en worden de EU doelen sneller behaald.

## 2 Ontwikkeling C2C toepassingsmodel

In dit hoofdstuk wordt de relatie tussen de C2C uitgangspunten en de ontwikkeling van het C2C toepassingsmodel uitgewerkt. Daarna wordt de samenhang van binnen model besproken en de waardering middels het waarde kader.

### 2.1 Relatie tussen C2C uitgangspunten en C2C toepassingsmodel

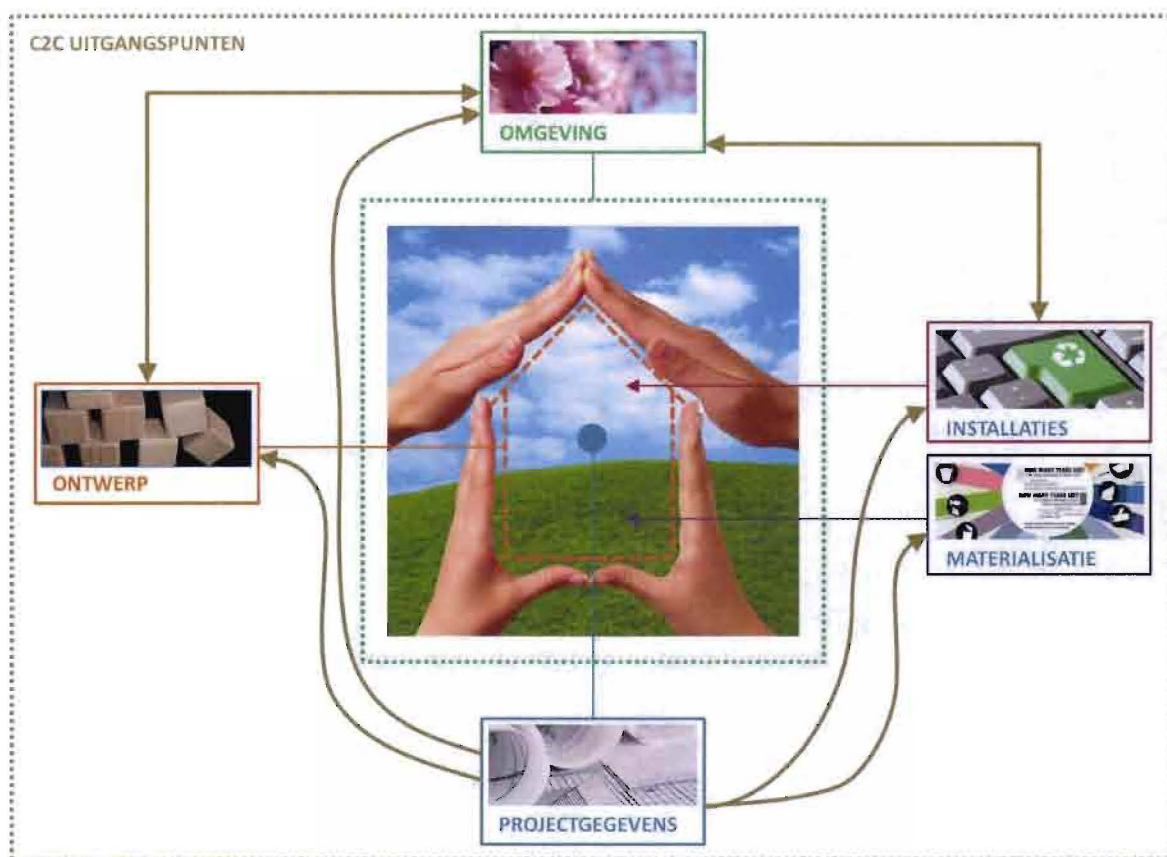
In deel I van dit afstudeeronderzoek is er onderzoek gedaan naar het cradle to cradle concept, succesvolle bouwconcepten, installatiesystemen conform de EPN en C2C materialen. De relatie tussen deze onderzoeken is in Figuur 3 weergegeven. Centraal staat de particuliere opdrachtgever die voornemens is een vrijstaande woning te bouwen. De verschillende bouwconcepten die hij of zij kan gebruiken bij het ontwerp van de woning, worden aangevuld door installaties en materialisatie. Hetgeen wat alles omvattend is en dus betrekking heeft op zowel de bouwconcepten, installaties, materialisatie als de particuliere opdrachtgever, is cradle to cradle.



Figuur 3: Relatie tussen de onderzoeken

Uit het onderzoek zijn verschillende C2C uitgangspunten geformuleerd. Deze C2C uitgangspunten zijn te groeperen tot uitgangspunten voor de omgeving, het ontwerp, de installaties en de materialisatie. De omgeving en het ontwerp hebben onderling een directe relatie. Deze relatie is in Figuur 4 weergegeven met de bruine link, tussen het ontwerp en de omgeving, die twee kanten op wijst. Binnen het ontwerp kan er gebruik gemaakt worden van de kwaliteiten en mogelijkheden van de omgeving. Daarnaast kan een C2C ontwerp bijdragen aan de kwaliteit van de omgeving.

Zo zijn ook de omgeving en de installaties onderling direct verbonden. Wanneer de omgeving bijvoorbeeld hard water biedt, kunnen installaties in de woning dit water ontharden. De particuliere opdrachtgever zelf geeft middels de projectgegevens input voor de omgeving, het ontwerp, de installaties en de materialisatie. In de figuur is dit weergegeven met de bruine pijlen die vertrekken vanaf de projectgegevens en uitkomen in het ontwerp, de omgeving, de installaties en de materialisatie. Op deze manier blijft de particuliere opdrachtgever centraal staan.



Figuur 4: Samenhang C2C toepassingsmodel

De basis voor de blauwdruk van het C2C toepassingsmodel zijn de C2C uitgangspunten. Deze zijn uiteengezet in Tabel 1 op de volgende pagina. Op basis van deze uitgangspunten zijn de onderwerpen binnen omgeving, ontwerp, installaties en materialisatie opgezet. Bij de verdere uitwerking van de onderwerpen is er rekening gehouden met de eisen die al door het Bouwbesluit en de Woonkeur + aan een de bouw van een woning worden gesteld. Voor de verdere verdieping van de onderwerpen is er gekeken naar de Duurzaamheidsrichtlijnen van de gemeente Veghel, de bestemmingsplannen van de pilot 'Recht op Wind' te Bergschenhoek en 'Ringoven 31' te Mariaheide, en de 'C2C Designtool' door ir. B. van de Westerlo.

		C2C toepassingsmodel			
		Omgeving	Ontwerp	Installaties	Materialisatie
C2C uitgangspunten	Cradle to Cradle	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Draag bij aan de lokale biodiversiteit, positieve voedafdruk</li> <li>2. Respecteer cultureel erfgoed</li> <li>3. Integreer de aanwezige natuurlijke actieve systemen in ontwerp en positionering</li> <li>4. Zorg voor een vorm van waterzuivering</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zorg voor een gezond binnenklimaat</li> <li>2. Maak optimaal gebruik van daglicht</li> <li>3. Ontwerp en bouw demontabel, producten worden diensten</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gebruik duurzame energiebronnen</li> <li>2. Zorg voor een vorm van waterzuivering</li> <li>3. Bouw CO<sub>2</sub> neutraal</li> <li>4. Zorg voor een gezond binnenklimaat</li> <li>5. Maak gebruik van natuurlijke ventilatie</li> <li>6. Maak aanvullend gebruik van installatiesystemen en domotica</li> </ol>	
	Bouwsystemen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integreer de aanwezige natuurlijke actieve systemen in ontwerp en positionering</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ontwerp op een dusdanige manier dat de positie van de gebruiker centraal staat</li> <li>2. Zorg voor een totaal overzicht in het bouwproces</li> <li>3. Zorg voor een gezond binnenklimaat</li> <li>4. Zorg voor flexibiliteit in ruimtelijke indeling, uitbreiding en installaties</li> <li>5. Ontwerp en bouw demontabel</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gebruik duurzame energiebronnen</li> <li>2. Maak aanvullend gebruik van installatiesystemen en domotica</li> </ol>	
	C2C materialen				<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gebruik MBDC C2C gecertificeerde materialen</li> <li>2. Gebruik aanvullend de materialen uit de C2C materialentool</li> <li>3. Materialen moeten in de biologische of technologische kringloop terug te brengen zijn</li> </ol>

Tabel 1: C2C uitgangspunten in het C2C toepassingsmodel

### 2.3 Waardekader C2C toepassingsmodel

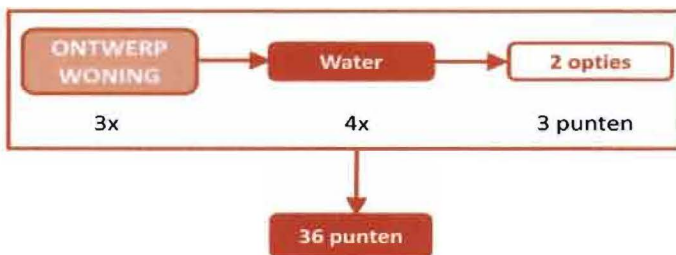
De onderwerpen omgeving, ontwerp, installaties en materialisatie in het C2C toepassingsmodel hebben een onderling verschillende waardering. Zo telt het onderwerp omgeving 3x, ontwerp 3x, installaties 2x en materialisatie 1x mee in de behaalde totaal score. De verschillende C2C mogelijkheden binnen de onderwerpen hebben ook een eigen waardering. Het toekennen van de waardering aan de gekozen C2C mogelijkheden in het model is gebaseerd op de geformuleerde C2C uitgangspunten. Een uiteenzetting van de waardering per onderwerp is in Figuur 5 tot en met 9 weergegeven.

3	OMGEVING		
3	Bodem kwaliteit	Geen verontreiniging	3
		Geen verontreiniging + verbetering	4
		Lichte verontreiniging	0
		Lichte verontreiniging + verbetering	2
		Zware verontreiniging	0
		Zware verontreiniging + verbetering	2
2	Type bestrating	Luchtzuiverende bestrating	4
		Schelpen	3
		Houtsnippers	3
		Bankirai	3
2	Verharding	0 - 39%	4
		40 - 59%	2
		60 - 100%	0
3	Luchtkwaliteit	Onder de grenswaarden	3
		Onder de grenswaarden + NO <sub>2</sub> & PM <sub>10</sub> opname	4
		Voldoen aan grenswaarden	2
		Voldoen de grenswaarden + NO <sub>2</sub> & PM <sub>10</sub> opname	4
		Boven de grenswaarden	0
		Boven de grenswaarden + NO <sub>2</sub> & PM <sub>10</sub> opname	2
3	Rioolstelsel	Geen aansluiting	nvt
		Gemengd rioolstelsel	0
		Gescheiden rioolstelsel	2
		Verbeterd gescheiden rioolstelsel	3
4	Afkoppeling HWA	Regenton	2
		Op eigen grond	2
		Regenton en op eigen grond	3
		Op riolering	0
3	Dierenhuisvesting	Geen voorzieningen	0
		Vogelkasten	4
		Bijenkorven	4
		Vleermuiskelders	4
1	Geluidwering	Oriëntatie	4
		Beplanting	4
		Aardewal	2

Figuur 5: Waardekader 'Omgeving'

3		ONTWERP	
2	Ruimtelijk ontwerp	1 optie	1
		2 opties	2
		3 opties	4
3	Flexibiliteit	verd. hoogte < 2,7m	0
		verd. hoogte < 2,7m + 1 optie	1
		verd. hoogte < 2,7m + 2 opties	2
		2,7m < verd. hoogte < 2,9m	2
		2,7m < verd. hoogte < 2,9m + 1 optie	3
		verd. hoogte > 2,9m	3
		2,7m < verd. hoogte < 2,9m + 2 opties	4
		verd. hoogte > 2,9m + 1 of 2 opties	4
2	Verwarmen	1 optie	2
		2 of meer opties	4
2	Koelen	1 optie	1
		2 opties	2
		3 opties	3
		4 of meer opties	4
2	Ventileren	1 optie	2
		2 opties	3
		3 of meer opties	4
2	Daglicht	1 optie	2
		2 of meer opties	4
4	Water	1 optie	2
		2 opties	3
		3 opties	4

Figuur 6: Waardekader 'Ontwerp'



Figuur 7: Voorbeeld berekening waardering

2		INSTALLATIES	
4	Duurzame energie	0 - 25%	1
		25 - 50%	2
		50 - 75%	3
		75 - 100%	4
-4	Gas consumptie	Geen	0
		Koken	2
		Verwarming	2
		Verwarming en warm tapwater	3
		Alle bovengenoemde	4
4	CO <sub>2</sub> neutraal	< 2000 kg CO <sub>2</sub>	1
		< 1000 kg CO <sub>2</sub>	2
		< 500 kg CO <sub>2</sub>	3
		< of = 0 kg CO <sub>2</sub>	4
2	Verwarmen	Vacuümbuiscollector	2
		Horizontale bodemwarmtewisselaar	2
		Verticale bodemwarmtewisselaar	3
		WKO	3
		Restwarmte (passend)	4
		Restwarmte (niet passend)	0
		Temperatuur per ruimte instelbaar	4
		Temp. in enkele ruimten instelbaar	2
		Iedere ruimte heeft dezelfde temp.	0
1	Koelen	Horizontale bodemwarmtewisselaar	2
		Verticale bodemwarmtewisselaar	3
		Aardwarmtekorf	3
		WKO	3
		Geen	4
		Temperatuur per ruimte instelbaar	4
		Temp. in enkele ruimten instelbaar	2
		Iedere ruimte heeft dezelfde temp.	0
2	Warm tapwater	Passende systeemkeuze	3
		Niet passende systeemkeuze	0
1	Ventileren	Natuurlijke ventilatie	4
		Natuurlijke/Mechanische ventilatie	3
		Mechanische ventilatie	3
		Temperatuur per ruimte instelbaar	4
		Temp. in enkele ruimten instelbaar	2
		Iedere ruimte heeft dezelfde temp.	0
3	Water	Waterontharder aanwezig	4
		Geen waterontharder aanwezig	-2
3	Aanpasbaarheid	Volledig aanpasbaar	2
		Gedeeltelijk aanpasbaar	1
		Niet aanpasbaar	0
1	Leidinglengte	Kortst mogelijke leidingtengtes	4
		Gedeeltelijk rekening mee gehouden	2
		Geen rekening mee gehouden	0
1	Bereikbaarheid	Installaties en leidingen bereikbaar	4
		Leidingen gedeeltelijk bereikbaar	2
		Leidingen niet bereikbaar	0
2	Uitbreidbaarheid	Telefoon en data	1
		Elektra	1
		Telefoon, data en elektra	2
		Geen rekening mee gehouden	0

Figuur 8: Waardekader 'Installaties'



2	MATERIALIZATIE		
4	Hergebruik	0 - 19%	0
		20 - 39%	1
		40 - 59%	2
		60 - 79%	3
		80 - 100%	4
2	Constructieve toepassingen	C2C certified	4
		C2C tool	3
2	Gebouwschil	C2C certified	4
		C2C tool	3
2	Afbouw	C2C certified	4
		C2C tool	3
2	Installaties	C2C certified	4
		C2C tool	3

Figuur 9: Waardekader 'Materialisatie'

Een waardering voor het onderdeel hergebruik binnen het onderwerp 'Materialisatie' werkt als volgt: Het totale percentage aan hergebruik van restmaterialen op het kavel is bijvoorbeeld 75%. Aan dit percentage worden 3 punten toegekend. Het onderdeel hergebruik zelf telt binnen 'Materialisatie' 4x. Het onderwerp 'Materialisatie' zelf telt 2x. De behaalde C2C totaal score, bij een totaal percentage aan hergebruik van restmaterialen op het kavel van 75%, wordt dan  $3 \times 4 \times 2 = 24$  punten. De berekening van de score op basis van het waarde kader en de weergave van de score in het tabblad 'Resultaten' is volledig automatisch.

De verhouding tussen het maximaal aantal te behalen punten per onderwerp is als volgt:

Onderwerp	Maximaal aantal punten	Verhouding
Omgeving	231	7
Ontwerp	204	6
Installaties	164	5
Materialisatie	96	3

Tabel 2: Onderlinge verhouding onderwerpen

In de totale waardering telt het onderwerp 'Materialisatie' in verhouding het minst zwaar mee. Hierdoor wordt voorkomen dat men meent een C2C vrijstaande woning te hebben ontwikkeld enkel door het toepassen van C2C materialen. Het gebruik van C2C materialen is slechts een onderdeel van de C2C filosofie. Daarnaast spelen onder andere het gebruik van duurzame energiebronnen en CO<sub>2</sub> neutraal bouwen een belangrijke rol. Deze onderwerpen komen dan ook terug binnen het onderwerp 'Installaties'. Het 'Ontwerp' van de vrijstaande woning wordt hiermee aangevuld. Binnen het toepassingsmodel wordt gestimuleerd om een zo actief mogelijke woning te ontwerpen die gebruik maakt van en bijdraagt aan haar 'Omgeving'. Op deze manier ontstaat er een balans tussen de 'Omgeving', 'Ontwerp' en 'Installaties', die weerspiegeld wordt in de verhouding van de waardering.

Door het C2C toepassingsmodel te testen met de pilot 'Recht op Wind' te Bergschenhoek, gemeente Lansingerland, is de waardering per onderwerp vastgesteld. Hierop is een controle uitgevoerd door de reeds gebouwde woning met een vergelijkbaar vloeroppervlak 'Ringoven 31' te Mariaheide, gemeente Veghel, in te voeren in het model. Hieruit bleek dat de CO<sub>2</sub> uitstotende energieleverancier en de toepassing van pvc houdende materialen ervoor zorgden dat er geen C2C score behaald kon worden.

### 3 C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen

Het C2C toepassingsmodel bestaat achtereenvolgens uit de invul tabbladen 'Projectgegevens', 'Omgeving', 'Ontwerp woning', 'Installaties' en 'Materialisatie'. In deze tabbladen kunnen bij de verschillende onderdelen gegevens worden ingevuld in de invulvelden en keuzes gemaakt worden middels pulldown menu's en checkboxes. De rode driehoekjes in het C2C toepassingsmodel geven extra informatie over het betreffende onderwerp. Het is van belang dat de tabbladen achtereenvolgend worden ingevuld, dit in verband met de berekeningen die achter de invulvelden verwerkt zijn. Met de knoppen onderaan de tabbladen kan men naar het tabblad 'Home' waar deze informatie te vinden is, naar een volgend tabblad, een tabblad terug, naar de 'Resultaten' en naar het 'Totaal overzicht'. De laatste tabbladen 'Resultaten' en 'Totaal overzicht' geven de behaalde C2C score weer en een overzicht van de gekozen C2C toepassingen. In dit hoofdstuk worden de tabbladen inhoudelijk besproken.

#### 3.1 Projectgegevens

## I. PROJECTGEGEVENS

ALGEMENE GEGEVENS

Projectnaam: <input style="width: 90%;" type="text"/>	Plaats: <input style="width: 90%;" type="text"/>
Adres: <input style="width: 90%;" type="text"/>	Gemeente: <input style="width: 90%;" type="text"/>
Postcode: <input style="width: 20%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="[Klik hier]"/> <input style="width: 70%;" type="text"/>	Provincie: <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="[Klik hier]"/>
Datum invoer: <input style="width: 90%;" type="text"/>	Datum laatste wijziging: <input style="width: 90%;" type="text"/>

PROJECTOMSCHRIJVING

Kavelgrootte: <input style="width: 80%;" type="text"/> m <sup>2</sup>	Aantal bewoners: <input style="width: 80%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="[Klik hier]"/>
Bestaande bebouwing op kavel: <input style="width: 80%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="[Klik hier]"/>	Max. aantal gasten: <input style="width: 80%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="[Klik hier]"/>
Hoogte omliggende bebouwing of groen: <input style="width: 80%;" type="text"/> m <sup>1</sup>	

<b>Omsluiting door:</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr style="background-color: #0056b3; color: white;"> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 15%;">bebouwing</th> <th style="width: 15%;">oriëntatie</th> <th style="width: 15%;">oriëntatie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> woningen</td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> industrie</td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> tuinbouwkassen</td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> <td><input type="text" value="[Klik hier]"/></td> </tr> </tbody> </table>		bebouwing	oriëntatie	oriëntatie	<input type="checkbox"/> woningen	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="checkbox"/> industrie	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="checkbox"/> tuinbouwkassen	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr style="background-color: #0056b3; color: white;"> <th style="width: 100%;">infrastructuur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> vliegveld &lt; 50km</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> autoweg &lt; 5km</td> </tr> </tbody> </table>	infrastructuur	<input type="checkbox"/> vliegveld < 50km	<input type="checkbox"/> autoweg < 5km
	bebouwing	oriëntatie	oriëntatie																	
<input type="checkbox"/> woningen	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>																	
<input type="checkbox"/> industrie	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>																	
<input type="checkbox"/> tuinbouwkassen	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>																	
infrastructuur																				
<input type="checkbox"/> vliegveld < 50km																				
<input type="checkbox"/> autoweg < 5km																				

natuur	oriëntatie	oriëntatie	afstand tot kavel
<input type="checkbox"/> kanaal / rivier	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>
<input type="checkbox"/> sloot	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>
<input type="checkbox"/> kuststrook	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>
<input type="checkbox"/> meer	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>
<input type="checkbox"/> waterwingebied	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>
<input type="checkbox"/> bomen	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>
<input type="checkbox"/> struiken	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>	<input type="text" value="[Klik hier]"/>

Home	Terug	Verder	Resultaat	Totaal overzicht
------	-------	--------	-----------	------------------

Figuur 10: Tabblad projectgegevens

Het eerste invul tabblad, te zien in Figuur 10, is neutraal blauw van kleur, waarin door de particuliere opdrachtgever algemene en bekende projectomschrijvende gegevens kunnen worden ingevuld. Deze gegevens leveren input voor de volgende tabbladen.

### 3.1.1 Algemene gegevens

De algemene gegevens komen terug in de tabbladen 'Resultaten' en 'Totaal overzicht'. Bij het afdrukken van de deze twee tabbladen is het op deze manier duidelijk om welk project het gaat.

**Projectnaam - Adres - Plaats - Gemeente - Provincie** Met het invullen van deze gegevens wordt het betreffende project vastgelegd in het C2C toepassingsmodel. Deze gegevens hebben geen invloed op de verdere berekeningen.

**Postcode** Middels het pulldown menu kan de betreffende postcodegebied worden aangegeven. Het postcodegebied staat in relatie met de mogelijke hoeveelheid op te wekken windenergie. De uiteindelijke mogelijke hoeveelheid windenergie wordt aangegeven in het tabblad 'Installaties' onder Duurzame energie.

**Datum invoer - Datum laatste wijziging** Deze invulvelden zijn enkel ter informatie voor de gebruiker en zullen dan ook geen invloed hebben op de resultaten.

### 3.1.2 Projectomschrijving

**Kavelgrootte** In het tabblad 'Omgeving' wordt de kavelgrootte meegenomen in het berekenen van de verharding.

**Bestaande bebouwing** Er kan hier een keuze gemaakt worden tussen 'Aanwezig' en 'Niet aanwezig'. Wanneer er bestaande bebouwing aanwezig is, kan er in het tabblad 'Materialisatie' worden aangegeven hoeveel procent van de te slopen bestaande bebouwing er hergebruikt wordt.

**Hoogte omliggende bebouwing** Voor zoninfiltratie en zonne- en windenergie is het belangrijk dat er zich geen belendende bebouwing of groen in de omgeving begeeft. Dit kan de opbrengst drastisch verlagen. Het is zaak om het getal in meters uit te drukken.

**Aantal bewoners** Door aan te geven hoeveel bewoners er gemiddeld de komende 5 jaar in de woning zullen wonen, wordt er in het tabblad 'Ontwerp' een schatting van het huishoudelijk waterverbruik gemaakt.

**Maximaal aantal gasten** De basis watervoorziening van de woning kan in overleg met een installatie adviseur worden uitgebreid of anders geregeld wanneer er regelmatig > 20 gasten zijn die gebruik maken van het toilet. Dit kan invloed hebben op de keuze voor een grijswatersysteem in het tabblad 'Ontwerp'.

**Omsluiting door: bebouwing** De omsluiting door woningen in combinatie met het aangeven van 'geen aansluiting' of 'gemengd rioolstelsel' bij het onderdeel rioolstelsel van het tabblad 'Omgeving' kan de omgang met zwart water worden beïnvloed in het tabblad 'Installaties'. Hier kan dan gekozen worden voor een helofytenfilter. Omsluiting door industrie of tuinbouwkassen kan het gebruik van restwarmte mogelijk maken bij het onderdeel comfort in het tabblad 'Installaties'.

**Omsluiting door: natuur**

Wanneer het kavel wordt omsloten door water kan hier in het tabblad 'Ontwerp' gebruik van gemaakt worden bij het verkoelen van de ventilatielucht. De bomen en struiken kunnen bijdragen aan de onderdelen lucht en flora & fauna in het tabblad 'Omgeving'.

**Omsluiting door: infrastructuur**

De omsluiting door infrastructuur is een extra aandachtspunt met betrekking tot de geluidhinder en de luchtkwaliteit. Deze informatie wordt niet meegenomen in het resultaat, omdat de Flora- en faunawet hierin voldoende beschermt. Onder de paragraaf Flora & Fauna wordt deze wet kort toegelicht.

## 3.2 Omgeving

# II. OMGEVING

### BODEM

Bodemkwaliteit:       Bebouwd oppervlak:  m<sup>2</sup>

Kwaliteitsverhoging:        Verhard oppervlak:  m<sup>2</sup>

Grasoppervlak:  m<sup>2</sup>      Type bestrating:

Verharding:  %

### LUCHT

Luchtkwaliteit:

Luchtkwaliteit verbetering:

	CO <sub>2</sub> vastlegging (kg)		NO <sub>2</sub> opname	PM <sub>10</sub> opvangen
	na 6 jaar	tijdens leven		
Bomen	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!
Grasoppervlak		0		

### WATER

Rioolstelsel:       Afkoppeling HWA:

Waterkwaliteit:       Jaarlijkse neerslag:  mm

### FLORA & FAUNA

Aansluiting met EHS:       Geluidhinder:

Dierenhuisvesting:       Geluidwering:

Home
Terug
Verder
Resultaat
Totaal overzicht

Figuur 11: Tabblad omgeving

Het tweede tabblad, te zien in Figuur 11, is bruin van kleur wat refereert naar de aarde. Binnen de onderdelen Bodem, Lucht, Water en Flora & Fauna komen alle C2C onderwerpen aan bod die zich bevinden in de directe omgeving van het kavel. In dit tabblad wordt zowel naar gegevens over het kavel gevraagd, als C2C keuze mogelijkheden gegeven door middel van pulldown menu's. Door het geven van de C2C mogelijkheden wordt ingespeeld op de bewustwording van de particuliere opdrachtgever.

### 3.2.1 Bodem

Als er sprake is van ernstige bodemverontreiniging dan is de Wet bodembescherming (Wbb) van kracht. Het doel van de Wbb is in de eerste plaats het beschermen van de (land- of water-) bodem zodat deze kan worden benut door mens, dier en plant, nu en in de toekomst. Via de Wbb heeft de Rijksoverheid de mogelijkheid algemene regels te stellen voor de uitvoering van werken, het transport van stoffen en het toevoegen van stoffen aan de bodem. Ontwikkelingen kunnen pas plaatsvinden als de bodem, waarop deze ontwikkelingen gaan plaatsvinden, geschikt is of geschikt is gemaakt voor het beoogde doel. Bij nieuwbouwactiviteiten dient de bodemkwaliteit door middel van onderzoek in beeld te zijn gebracht. In het algemeen geldt dat nieuwe bestemmingen bij voorkeur op een schone bodem dienen te worden gerealiseerd.

**Bodemkwaliteit - Kwaliteitsverhoging** Bij het aangeven van de bodemkwaliteit wordt er verwezen naar de normering in de Wbb. Wanneer de bodemkwaliteit onder of gelijk aan de norm is, kan de

kwaliteit verhoogd worden door te kiezen voor infiltratie met hemelwater. Wanneer de bodem lichte of zware verontreinigingen bevat, moet er gekozen worden voor sanering om de kwaliteit te verhogen en een C2C score te kunnen behalen in het C2C toepassingsmodel.

**Grasoppervlak** Hier kan het aantal vierkante meters gras op de kavel exclusief het aantal vierkante meters groendak worden aangegeven. Het grasoppervlak wordt gebruikt om de CO<sub>2</sub> vermindering te berekenen die meegenomen wordt in de totale CO<sub>2</sub> uitstoot berekening in het tabblad 'Installaties'.

**Bebouwd oppervlak - Verhard oppervlak** Het bebouwde oppervlak wordt samen met het verharde oppervlak, de bestrating, meegenomen in de berekening voor het percentage aan verharding op het kavel.

**Type bestrating** In het pulldownmenu kan gekozen worden voor de volgende duurzame vormen van bestrating: luchtzuiverende bestrating, schelpen, houtsnippers en bankirai.

**Verharding** De uiteindelijke verharding van het kavel wordt volgens Figuur 12 berekend.



Figuur 12: Berekening verharding

### 3.2.2 Lucht

De kern van de Wet luchtkwaliteit (titel 5.2 luchtkwaliteitseisen van de Wet milieubeheer) is het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). Het NSL is een bundeling maatregelen op regionaal, nationaal en internationaal niveau die de luchtkwaliteit verbeteren en waarin alle ruimtelijke ontwikkelingen/projecten zijn opgenomen die de luchtkwaliteit verslechteren. Het doel van het NSL is om overal in Nederland te voldoen aan de Europese normen voor de luchtverontreinigende stoffen, waarvan stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) en fijn stof (PM<sub>10</sub>) de belangrijkste zijn.

Naast de introductie van het NSL is de invoering van het begrip “niet in betekende mate bijdrage” (NIBM) een belangrijk onderdeel van de Wet luchtkwaliteit. Een project draagt NIBM bij aan de luchtkwaliteit als zowel de jaargemiddelde grenswaarde NO<sub>2</sub> als PM<sub>10</sub> niet meer toeneemt dan 3% van de jaargemiddelde grenswaarde van die stof. Dit betekent, kortweg, dat als de toename van de beide jaargemiddelde concentraties kleiner is of gelijk is aan 1,2 µg/m<sup>3</sup> (3% van 40 µg/m<sup>3</sup>) een ontwikkeling kan worden beschouwd als een project die NIBM bijdraagt aan de luchtkwaliteit.

**Luchtkwaliteit** Bij het aangeven van de luchtkwaliteit wordt er verwezen naar de normering in de Wet luchtkwaliteit. Wanneer de luchtkwaliteit onder of gelijk aan de norm is, kan deze verbeterd worden door de omliggende of aan te planten bomen middels de knop 'invoer bomen'. Wanneer de luchtkwaliteit boven de norm is, mag er volgens de Wet luchtkwaliteit niet gebouwd worden en kan er geen C2C score behaald worden in het C2C toepassingsmodel.

**Luchtkwaliteit verbetering** De luchtkwaliteit kan verbeterd worden door de omliggende bomen. Deze kunnen worden aangegeven middels de knop 'invoer bomen'. Het programma rekent de CO<sub>2</sub> opname van de bomen uit en deze wordt in mindering gebracht bij de totale CO<sub>2</sub> uitstoot berekening in het tabblad 'Installaties'. Daarnaast wordt de verbetering van de luchtkwaliteit ook aangegeven in de opname aan NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub>.

### 3.2.3 Water

**Rioolstelsel** De omsluiting door woningen in het tabblad 'Projectgegevens' in combinatie met het aangeven van 'geen aansluiting' of 'gemengd rioolstelsel' bij het onderdeel rioolstelsel van dit tabblad kan de omgang met zwart water worden beïnvloed in het tabblad 'Installaties'. Hier kan dan gekozen worden voor een aansluiting op het riool, een helofytenfilter of een septische tank.

**Waterkwaliteit** De tien Nederlandse drinkwaterbedrijven, alle Vewin-lid, produceren en distribueren drinkwater. Waternet houdt zich naast drinkwaterproductie en -distributie ook bezig met de verwerking van afvalwater en het beheer van grond- en oppervlaktewater. In Figuur 13 zijn de voorzieningsgebieden van de drinkwaterbedrijven weergegeven. Naast de tien drinkwaterbedrijven zijn in Nederland de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) en het Waterwinningsbedrijf Brabantse Biesbosch (WBB) actief. De bedrijfsvoering van WRK is ondergebracht bij Waternet en PWN, de bedrijfsvoering van WBB bij Evides. De twee bedrijven distribueren geen drinkwater, maar leveren gedeeltelijk gezuiverd water aan drinkwaterbedrijven en industrie. De drinkwaterbedrijven zijn naamloze vennootschappen met gemeenten en provincies als aandeelhouders. Uitzondering hierop is Waternet (stichting).



Figuur 13: Voorzieningsgebieden drinkwaterbedrijven anno 2010

De hardheid van het water heeft invloed op de levensduur van de huishoudelijke waterverbruikende apparaten. Op de site van Aquacell, in het C2C toepassingsmodel aangegeven, is de hardheid per

plaats in Nederland te vinden. Wanneer de hardheid boven gemiddeld is, gaat de levensduur van deze apparaten achteruit. Deze apparaten zijn doorgaans slecht te re- of upcyclen en worden dan beschouwd als afval. Om deze afvalstroom te beperken kan er in het geval van hard water gekozen worden voor een wateronthardinginstallatie in het tabblad 'Installaties'.

**Afkoppeling HWA** HWA is de afkorting voor hemelwaterafvoer. Door de HWA af te koppelen van het riool, wordt het riool ontlast en het hemelwater door de bewoner gebruikt om de bodem te infiltreren en voor het watergebruik wat niet perse van drinkwaterkwaliteit hoeft te zijn. Denk hier bijvoorbeeld aan het wassen van de auto.

**Jaarlijkse neerslag** Uit de tabellen onder de knop 'neerslag cijfers' kan de jaarlijkse hoeveelheid neerslag voor de betreffende plaats worden afgelezen. Deze hoeveelheid kan in het invulveld van de jaarlijkse neerslag worden ingevuld. Hiermee wordt berekend of het gewenste hemelwaterverbruik, wat aangegeven kan worden in het tabblad 'Ontwerp', ook daadwerkelijk haalbaar is.

### 3.2.4 Flora & Fauna

Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft in 1990 de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) geïntroduceerd. De EHS bestaat uit een netwerk van natuurgebieden. Het doel van de EHS is de instandhouding en ontwikkeling van deze natuurgebieden om daarmee een groot aantal soorten en ecosystemen te laten voortbestaan.

**Aansluiting met EHS** Wanneer er een aansluiting is met de EHS, kan er geen bouwvergunning worden aangevraagd en kan er ook geen C2C score behaald worden met het C2C toepassingsmodel. De bouw van een woning kan de EHS op een dusdanige manier verstoren dat het ten koste gaat van de flora & fauna. Vanuit de C2C filosofie moet hier juist aan worden bijgedragen.

De Flora- en faunawet (Ffw) beschermt alle in het wild levende zoogdieren, vogels, reptielen en amfibieën. Van deze soortgroepen zijn alleen Huismuis, Bruine en Zwarte rat niet beschermd. Van de vissen, ongewervelde dieren (zoals vlinders, libellen en sprinkhanen) en planten zijn alleen de in de wet genoemde soorten beschermd.

**Dierenhuisvesting** Om rekening te houden met de (potentiële) aanwezige dierenpopulatie op of om het kavel een vervangende huisvesting te verzorgen, kan er hier een passende voorziening gekozen worden uit het pulldown menu. Op deze manier wordt de biodiversiteit gerespecteerd.

In de Wet geluidhinder (Wgh uit 2007) is bepaald dat indien met het bestemmingsplan nieuwbouw van woningen en/of andere geluidgevoelige objecten mogelijk wordt gemaakt, de van belang zijnde geluidhinderaspecten moeten worden onderzocht. De verschillende uitvoeringsbesluiten van de Wet geluidhinder zijn geregeld in het Besluit geluidhinder. Zowel het wegverkeer als de luchtvaart zijn twee mogelijke bronnen ten aanzien van geluidhinder.

**Geluidhinder - Geluidwering** Bij het aangeven van de geluidhinder wordt er verwezen naar de normering in de Wgh. Als de geluidwering onder de norm is, hoeft er geen vorm van geluidhinder gekozen te worden. Wanneer de geluidhinder gelijk aan de norm is, kan er gekozen worden voor een vorm van geluidwering om de geluidhinder terug te dringen. Zodra de geluidhinder boven de norm is, mag er volgens de Wgh niet gebouwd worden en kan er geen C2C score behaald worden in het C2C toepassingsmodel.



## 3.3 Ontwerp

## III. ONTWERP WONING

## RUIMTELIJK ONTWERP

doel	uitwerking
<input type="checkbox"/> effectief ruimtegebruik	minimaliseren circulatieruimte
<input type="checkbox"/> beperken warmtevraag	brievenbus buiten, compact bouwen, warm wateraansluiting was- en/of afwasmachine
<input type="checkbox"/> huishoudelijke recycling	integreer de glas-, papier-, plastic- en compostbak
<input type="checkbox"/> geen van bovenstaande	

## Flexibiliteit:

doel	uitwerking
<input type="checkbox"/> aanpasbaar bouwen	scheiding drager en inbouw, scheidingwanden verplaatsbaar
<input type="checkbox"/> demontabel bouwen	toepassen van demontabele verbindingen

ruimte	aantal	afmeting
bouwlagen	[Klik hier]	[Klik hier] m <sup>1</sup>
totaal vloeroppervlak		m <sup>2</sup>

## COMFORT

## Verwarmen:

middel	uitwerking
<input type="checkbox"/> ruimtelijk ontwerp	warmte behoevende functies op het zuiden
<input type="checkbox"/> zon	zon geïntegreerde plattegrond
<input type="checkbox"/> bodem	ondergronds bouwen
<input type="checkbox"/> geen van bovenstaande	

## Koelen:

middel	uitwerking
<input type="checkbox"/> ruimtelijk ontwerp	warmte ontwikkelende functies op het noorden
<input type="checkbox"/> oriëntatie	reductie glas op het zuiden, zonwerende beglazing
<input type="checkbox"/> schaduw	bomen, zonwering, klimaatdak, ramen terugleggen, overstek
<input type="checkbox"/> water	vegetatie, adiabatische koeling
<input type="checkbox"/> bodem	ondergronds bouwen
<input type="checkbox"/> thermische massa	warmte accumulerende materialen
<input type="checkbox"/> nachtelijke koeling	te openen ramen
<input type="checkbox"/> materiaalgebruik	licht gekleurde materialen
<input type="checkbox"/> geen van bovenstaande	

## Ventileren:

middel	uitwerking
<input type="checkbox"/> gevel openingen	natuurlijke trek
<input type="checkbox"/> bodem	opwarmen ventilatielucht
<input type="checkbox"/> water	bevochtiging en koeling van de ventilatielucht
<input type="checkbox"/> trapgat	natuurlijke trek
<input type="checkbox"/> vide	natuurlijke trek
<input type="checkbox"/> groen binnen	luchtzuiverend en bevochtigend: Areca palm, Rhapsis, Chamaedorea, Rubberplant, Dracaena Janet Craig, Vaantjesplant, Sprietplant
<input type="checkbox"/> luchtkwaliteitsmeter	controle op luchtkwaliteit bij natuurlijke ventilatie
<input type="checkbox"/> geen van bovenstaande	

Daglicht:		middel	uitwerking
<input type="checkbox"/>	daglichtopeningen		in wanden en dak
<input type="checkbox"/>	lichtkoof		daglichtinfiltratie door het dak
<input type="checkbox"/>	reflectie		water, spiegels, vloerafwerking, lichtplank
<input type="checkbox"/>	geen van bovenstaande		

Water:		middel	uitwerking
<input type="checkbox"/>	nationaal leidingwaternet		drinkwater
<input type="checkbox"/>	grijswater		wasmachine-, bad-, douchewater hergebruik voor toiletspoeling
<input type="checkbox"/>	hemelwater		regenton voor infiltratie, auto wassen

waterverbruik totaal:	<input type="text" value="FALSE"/> L/j	waarvan grijswater:	<input type="text" value="FALSE"/> L/j
waarvan drinkwater:	<input type="text" value="FALSE"/> L/j	waarvan hemelwater:	<input type="text" value="FALSE"/> L/j

### FLORA & FAUNA

Dakoppervlak:	<input type="text"/> m <sup>2</sup>	Waarvan groendak:	<input type="text"/> m <sup>2</sup>
Geveloppervlak:	<input type="text"/> m <sup>2</sup>	Waarvan groengevel:	<input type="text"/> m <sup>2</sup>
Groendak en groengevel is met sedum beplant:	<input type="text" value="[Klik hier]"/>		
Hoeveelheid opgevangen hemelwater via dak:	<input type="text" value="0"/> L/j		

Figuur 14: Tabblad ontwerp woning

Het derde tabblad, te zien in Figuur 14, is oranje van kleur wat het inventieve ontwerpende karakter weergeeft. Door alle C2C ontwerp mogelijkheden te laten zien binnen het Ruimtelijk ontwerp, Comfort en Flora & Fauna wordt er ingespeeld op de bewustwording van de particuliere opdrachtgever. Er wordt dan ook voornamelijk gevraagd naar de mogelijkheden die de particuliere opdrachtgever wil toepassen middels de checkboxes en naar enkele gegevens voor de invulvelden.

### 3.3.1 Ruimtelijk ontwerp

**Ruimtelijk ontwerp** Er kan hier gekozen worden voor C2C mogelijkheden die effect hebben op het algemeen ruimtelijk ontwerp van de woning. Met het aanvinken van de checkboxes wordt de keuze gemaakt die het ontwerp van de woning zal beïnvloeden. Door effectief ruimtegebruik wordt de verharding op het kavel en het materiaalgebruik (wat nu voor een groot deel nog niet C2C zal zijn) beperkt. De overige doelstellingen spreken voor zich.

**Flexibiliteit** De flexibiliteit van het ontwerp van de woning hangt af van de aanpasbaarheid, demontabelbaarheid en de verdiepingshoogte. Vanuit Cradle to Cradle wordt gesteld dat het gebouw flexibel moet zijn in gebruik, ook na een functiewisseling. Door een constructieve overmaat ontstaan extra mogelijkheden om deze functiewisseling te bevorderen. Een minimale overmaat van 40 centimeter is gesteld.

### 3.3.2 Comfort

De C2C ontwerp mogelijkheden die hier aan bod komen verhogen het comfort door hun bijdrage aan het verwarmen, koelen, ventileren en verlichten van de woning. In welke mate deze mogelijkheden bijdragen aan het verhogen van het comfort en daarmee het verlagen van de installatietechnische behoeftes is moeilijk te zeggen voor vrijstaande woningen in het algemeen. Nader onderzoek zal

moeten uitwijzen in hoeverre de maatregelen bij de betreffende woning hebben bijgedragen aan het verhogen van het comfort.

**Verwarmen** Van de C2C ontwerp mogelijkheden die bijdragen aan het verwarmen van de woning is alleen de zontoetreding te veralgemeniseren tot concrete cijfers. Door de zontoetreding in de winter zal de warmtevraag van de woning afnemen. De zonne warmte die binnen komt is echter wel afhankelijk van de gekozen isolerende beglazing. In Tabel 3 is een indicatie van de energiewinst af te lezen.

Geveloriëntatie	Energiewinst (kWh/m <sup>2</sup> )			
	17°C	19°C	21°C	23°C
Zuid	90	55	20	17
ZZO/ZZW	75	40	5	-32
ZO/ZW	30	-5	-40	-77
Oost/West	-50	-85	-120	-157
Noord	-110	-145	-180	-217

*Gecorrigeerd voor zomerseizoen als bedrijfstijd (begin mei tot medio september)*

*Bron: Altevogt/Lentz, 1989*

Tabel 3: Energiewinst door instraling zonnewarmte per jaar bij diverse ruimtetemperaturen

**Koelen** Zoals het aantal mogelijkheden hier al laat zien, kan er op verschillende manieren gekoeld worden. De noord kant van de woning is zo gezegd de koude kant. Wanneer de warmte ontwikkelende functies als een kantoorfunctie hier geplaatst worden, zal de koellast voor deze ruimte lager zijn dan op de zuid kant van de woning. Koeling door gebruik te maken van de lucht die langs het water vloeit, is adiabatische koeling. Deze lucht kan als ventilatielucht de woning ingeleid worden waarmee de woning gekoeld wordt. Warmte accumulerende materialen onttrekken warmte aan een ruimte waardoor er gekoeld wordt. Nachtelijke koeling zorgt ervoor dat de overdag in de woning verzamelde warmte kan ontsnappen. De overige mogelijkheden spreken voor zich.

**Ventileren** Volledige natuurlijke ventilatie op basis van natuurlijke trek is de ultieme vorm van ventilatie binnen de C2C filosofie. Er worden hier dan ook verschillende manieren van ventilatie en verbetering van de ventilatielucht gegeven. Zo draagt het kiezen voor de juiste planten en het gebruik maken van het water in de omgeving, indien aanwezig, bij aan de luchtkwaliteit en de luchtvochtigheid. Bij het ontwerp van een woning die volledig gebruik maakt van natuurlijke ventilatie is het van groot belang om ten alle tijde het comfort te bewaken, denk hierbij aan het tegengaan van tocht verschijnselen en het waarborgen van een goede luchtkwaliteit met een luchtkwaliteitsmeter<sup>(5)</sup>.

**Daglicht** Ter bevordering van het welbevinden is daglicht in een woning noodzakelijk. Daglichtinfiltratie door middel van daglichtopeningen, een lichtkoof en reflectie dragen bij aan dit welbevinden en het verlichten van de ruimten.

**Water** Drinkwater is schaars. Het is daarom zeer belangrijk om zuinig met drinkwater om te gaan en gebruik te maken van grijswater, huishoudelijk restwater, en hemelwater. Het gebruik van hemelwater in de woning wordt door het bouwbesluit niet ondersteunt vanwege het gevaar dat mensen zich kunnen vergissen en gaan drinken van dit water. Maar hemelwater kan goed gebruikt worden voor de infiltratie van de bodem en het wassen van de auto met gebruik van een

milieuvriendelijk wasmiddel. Daarnaast kan het huishoudelijke grijswater gebruikt worden voor de toiletspoeling. Hiervoor moet het water wel worden gefilterd op haren en het systeem een aantal keer per jaar doorspoelt met hemelwater om voorstoppen te voorkomen.

De besparing in het waterverbruik aan drinkwater is weergegeven onder de opties voor het waterverbruik. De gehanteerde eenheid is liters per jaar in tegenstelling tot de afrekening van kubieke meters per jaar, hierdoor wordt de particuliere opdrachtgever nog meer bewust gemaakt van het drinkwaterverbruik en de te behalen besparing.

### 3.3.3 Flora & Fauna

De milieuwinst van vegetatiedaken ligt volgens het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen in de beperking van materiaalgebruik, beperking van drinkwatergebruik en versterking van de belevingswaarde van de gebouwde omgeving. De publicatie 'Daken in 't groen' legt meer de nadruk op gunstige invloed op het klimaat, esthetische en ecologische waarden, energiebesparing bij gras-kruidentvegetatiedaken en tuindaken en bij de laatste ook verbetering binnenklimaat. Een belangrijke bijdrage aan de vermindering van de milieubelasting zijn de waterbuffering en de (sterk) vertraagde afvoer naar het riool. 'Daken in 't groen' noemt een studie van de Ryerson University die forse besparingen mogelijk acht op de kosten voor piekberging van hemelwater en op het verminderen van het 'Heat-Island'-effect in stedelijk gebied<sup>(5)</sup>.

**Dakoppervlak - Waarvan groendak** Het dakoppervlak kan in dit invulveld handmatig worden ingevuld. Daartegenover staat hoeveel vierkante meters van dit dakoppervlak wordt gebruikt als sedum groendak. Dit oppervlak draagt bij aan de flora & fauna door de aantrekking en mogelijke vergroting van de biodiversiteit. Ook wordt het groendak meegenomen in de berekening voor het percentage verharding in het tabblad 'Omgeving'.

**Geveloppervlak - Waarvan groengevel** Voor het geveloppervlak geldt hetzelfde als reeds besproken bij het dakoppervlak.

## 3.4 Installaties

## IV. INSTALLATIES

## DUURZAME ENERGIEOPWEKKING

## Gegevens huidige woning

Elektriciteitsbehoefte huidige woning:  kWh Elektrische vloerverwarming:  m<sup>2</sup>  
 Totaal vloeroppervlak huidige woning:  m<sup>2</sup>

## Gegevens nieuwe woning

Aanvullende elektriciteitsbehoefte:  kWh Opbrengst windenergie:  kWh

Totale toekomstige elektriciteitsbehoefte:  #DIV/0! kWh Opbrengst zonne-energie:  kWh

Gas consumptie:  [Klik hier] Energieleverancier:  [Klik hier]

Totale CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar:

Gas consumptie  0  
 Electriciteitsvoorziening +  0 kg  
 Bomen en gras -  0 kg  
 Totaal:  0 kg

Duurzaam energiegebruik:  #DIV/0!

## COMFORT

Verwarmen: 

bron / opwekking	distributie	afgifte
<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> 0	<input type="text"/> 0
<input type="text"/> 0		

Regelbaarheid:  [Klik hier]

Koelen: 

bron / opwekking	distributie	afgifte
<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> 0	<input type="text"/> 0
<input type="text"/> 0		

Regelbaarheid:  [Klik hier]

Warm tapwater: 

bron / opwekking	distributie	afgifte
<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> 0	<input type="text"/> [Klik hier]
<input type="text"/> 0		

Ventileren: 

toevoer	distributie	afvoer
<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> [Klik hier]

Regelbaarheid:  [Klik hier]

Water: 

	bron / opwekking	distributie	afgifte
Leidingwater	Nationaal leidingwaternet	<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> [Klik hier]
Grijs water	Douche / wasmachine	<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> [Klik hier]
Hemelwater	Regenton	<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> [Klik hier]
Zwart water	Zwart waterafvoer	<input type="text"/> [Klik hier]	<input type="text"/> [Klik hier]

## FLEXIBILITEIT

Aanpasbaarheid:  [Klik hier]

Leidinglengte:  [Klik hier]

Bereikbaarheid:  [Klik hier]

Uitbreidbaarheid:  [Klik hier]

Figuur 15: Tabblad installaties

Ter aanvulling op de bouwkundige actief ontwerp aanbevelingen, volgen er in dit tabblad, te zien in Figuur 15, de installaties om het ontwerp compleet te maken. Aanbevelingen voor de duurzame energieopwekking, verhogen van het comfort en de flexibiliteit van de installaties worden hier besproken.

### 3.4.1 Duurzame energieopwekking

In dit onderdeel wordt er gevraagd naar gegevens over de huidige woning en over de nieuw te bouwen woning. Mocht er geen sprake zijn van een huidige woning, wordt er gerekend met kengetallen.

**Gegevens huidige woning** Om een schatting te kunnen maken van het toekomstige elektrische energieverbruik worden er hier gegevens over de huidige woning opgevraagd. Hiervoor is het huidige elektrische energieverbruik van belang, wat verminderd wordt met het verbruik van de mogelijk aanwezige elektrische vloerverwarming. Dit wordt door het C2C toepassingsmodel berekend door het invullen van het aantal vierkante meters vloerverwarming. Vervolgens wordt een energieverbruik van de huidige woning berekend per vierkantenmeter, door het opgeven van het totale vloeroppervlak van de huidige woning. Wanneer er geen gegevens bekend zijn van de huidige woning wordt er gerekend met de cijfers van het NIBUD, wat neerkomt op 3400kWh per jaar voor een tweepersoons huishouden.

**Aanvullende energiebehoefte** Bij het verhuizen naar de nieuw te bouwen woning kan het zijn dat er naast de verhuizing van de huidige elektrische apparatuur, ook nieuwe elektrische apparatuur wordt aangeschaft. Dit brengt een verhoging van de toekomstige energiebehoefte met zich mee. Deze verhoging kan berekend worden met de jaarlijkse verbruik gegevens van de elektrische apparatuur. Deze zijn te vinden onder de knop 'Kengetallen'.

**Totale toekomstige energiebehoefte** De totale toekomstige energiebehoefte bestaat dus uit een berekening waarin de huidige energiebehoefte per vierkante meter en de aanvullende energiebehoefte wordt meegenomen. Het C2C toepassingsmodel berekend de totale toekomstige energiebehoefte op basis van deze gegevens uit.

**Gas consumptie** Het consumeren van gas is niet C2C en zal daarom de C2C score ook negatief beïnvloeden bij het gebruik van gas in de nieuw te bouwen woning. In het pulldown menu kan men aangeven of en waarvoor het gas wordt gebruikt.

**Opbrengst windenergie - Opbrengst zonne-energie** Op de lokatie zelf kan duurzame energie worden opgewekt in de vorm van windenergie en/of zonne-energie. De knop 'Windenergie' leidt naar een matrix waar de mogelijke hoeveelheid op te wekken wind energie weergegeven is aan de hand van het betreffende postcode gebied en de masthoogte van de windturbine. Wanneer de particuliere opdrachtgever kiest voor windenergie kan op basis van deze gegevens de opbrengst van de windenergie worden ingevuld in het invulveld.

Op de site [www.adviesmodule.nl](http://www.adviesmodule.nl) van Milieu Centraal kan de mogelijke hoeveelheid op te wekken zonne-energie worden berekend. Wanneer de particuliere opdrachtgever kiest voor zonne-energie kan de uit de adviesmodule verkregen opbrengst aan zonne-energie worden ingevuld in het invulveld.

**Energieleverancier**

Het verschil van de totale elektrische energiebehoefte minus de opgewekte duurzame energie wordt geleverd door een door de particuliere opdrachtgever gekozen energieleverancier. In Nederland zijn er in totaal 20 verschillende aansluitingen mogelijk voor het verkrijgen van elektrische energie. De CO<sub>2</sub> uitstoot van de verschillende aansluitingen verschilt aanzienlijk, van 0 tot ruim 570 kg CO<sub>2</sub> per kWh. CO<sub>2</sub> neutraal bouwen is één van de doelstellingen binnen C2C, daarom moet er hier gekozen worden voor een CO<sub>2</sub> neutrale energieleverancier om een C2C score te kunnen behalen binnen het C2C toepassingsmodel. Dit is ook goed haalbaar voor de particuliere opdrachtgever, omdat er op dit moment (november 2010) al vier CO<sub>2</sub> neutrale energieleveranciers zijn, te weten Greenchoice, Main Energie, NLEnergie en Windunie.

**Totale CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar**

In de berekening van de totale CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar wordt de CO<sub>2</sub> uitstoot van het aangegeven gasverbruik en elektriciteitsverbruik bij elkaar opgeteld. Hiervan wordt, ter compensatie, de CO<sub>2</sub> opslag door bomen en gras afgetrokken. Hoeveel CO<sub>2</sub> vermindering dit oplevert is afhankelijk van de ingevoerde gegevens in het tabblad 'Omgeving'. Met de uiteindelijke waarde wordt aangegeven of het energieverbruik van de nieuwe woning CO<sub>2</sub> uitstoot. Deze berekening is schematisch weergegeven in Figuur 16.



Figuur 16: Berekening CO<sub>2</sub> uitstoot

**Duurzaam energiegebruik**

Het gebruik van duurzame energiebronnen is een vereiste in de C2C filosofie. Het percentage wat verschijnt geeft aan in hoeverre de woning gebruik maakt van duurzame energie, waarbij een percentage van 100% staat voor het verbruik volledig op basis van duurzame energie.

**3.4.2 Comfort**

Om het comfort van de woning te verhogen en te kunnen voldoen aan de bouwbesluit eisen worden er installaties toegevoegd aan de woning. Voor de binnentemperaturen gelden de waarden die in de onderstaande tabellen 4 en 5 uiteengezet zijn.

Ontwerp binnentemperaturen	
Ruimte	Gewenste temperatuur (°C)
Woonkamer, zitkamer, studeerkamer	20
Slaapkamer	18
Zit-slaapkamer	20
Keuken	18
Badkamer	22
Hobbyruimte	18
Gang	15
Toilet	10
Garage	8
Kantoor	20

Tabel 4: Ontwerp binnentemperaturen

Behaaglijkheidsgrenzen kamertemperatuur in relatie met de buitentemperatuur		
Buientemperatuur (°C)	Binnentemperatuur minimaal (°C)	Binnentemperatuur maximaal (°C)
18	22	25
20	22	25
22	22	25
24	22	25
26	22	25
28	23	26
30	24	26
32	25	27

Tabel 5: Behaaglijkheidsgrenzen kamertemperatuur in relatie met de buitentemperatuur

**Verwarmen** Er zijn verschillende duurzame mogelijkheden om de woning te verwarmen. In het pull-downmenu kan een keuze gemaakt worden voor één van de systemen. Zo kunnen gesloten systemen, bodemwarmtewisselaars, toegepast worden bij één of meerdere vrijstaande woningen. Binnen dit systeem wordt er gebruik gemaakt van een techniek waarbij vloeistof, vaak met een antivries (glycol) erin opgelost, door gesloten bodemlussen wordt geleid om warmte en koude aan de bodem te onttrekken. Warmte- & Koudeopslag in de bodem (WKO) daarentegen is een open systeem. WKO staat voor het opslaan van warmte en/of koude ten behoeve van respectievelijk verwarming of koeling van bij voorkeur meerdere woningen.

Deze systemen staan in verbinding met een elektrische warmtepomp (E-WP). In een E-WP wordt de relatief lage temperatuur van deze bronnen naar een hoger temperatuurniveau (max. 60°C) gebracht. De warmte wordt vervolgens doorgegeven aan een lagetemperatuur verwarmingssysteem (LTV) middels geïsoleerde PE-waterleidingen. LTV is een ruimteverwarmingssysteem dat kamers gelijkmatig en constant verwarmt. Dat gebeurt via vloerverwarming, wandverwarming of lagetemperatuur radiatoren. Huismijt en stofschroei krijgen daardoor nauwelijks kans.

**Regelbaarheid** De warmtebehoefte in de verschillende ruimten van de woning is niet overal gelijk. Het is dan ook onnodig om elke ruimte gedurende de gehele dag met dezelfde temperatuur te verwarmen. Wanneer de temperatuur in elke ruimte instelbaar is, draagt dit bij aan een vermindering van de energiebehoefte en aan het welbevinden van de bewoner. Deze kan op deze manier zelf bepalen wat hij of zij behaaglijk vindt.

**Koelen** Wanneer de woning op een dergelijke manier is ontworpen dat deze geen koeling behoeft, wat blijkt uit de keuzes in het tabblad 'Ontwerp', zal dit worden meegenomen in de C2C score. Mocht er bij het onderdeel verwarmen gekozen zijn voor een horizontale bodemwarmtewisselaar, verticale bodemwarmtewisselaar of een WKO dan kan de koeling via deze systemen geschieden. Dit kan op een zelfde manier als bij het verwarmen van de ruimten, alleen nu wordt er geen warmte afgegeven aan de ruimten, maar warmte onttrokken.

**Regelbaarheid** De behoefte aan koeling in de verschillende ruimten van de woning is niet overal gelijk. Wanneer de temperatuur in elke ruimte instelbaar is, draagt dit bij aan een vermindering van de energiebehoefte en aan het welbevinden van de bewoner. Deze kan op deze manier zelf bepalen wat hij of zij behaaglijk vindt.



**Warm tapwater** Voor de toevoer van warm tapwater kan er voor de eerder besproken systemen als horizontale bodemwarmtewisselaar, verticale bodemwarmtewisselaar en WKO gekozen worden. Daarnaast kan er ook gekozen worden voor een vacuümbuiscollectorsysteem of een zonnecollectorsysteem. Het duurzaam opgewarmde water kan worden opgeslagen in een boilervat en worden gedistribueerd door geïsoleerde PE-waterleidingen. Vervolgens kan het water worden afgegeven door een kraan of een waterbesparende kraan.

Onder nieuwe waterbesparende kranen wordt er een onderscheid gemaakt tussen ééngreeps mengkranen en thermostaatkranen. Ééngreeps kranen hebben één hendel voor alle functies: links-rechts draaien voor warm en koud, en omhoog-omlaag bewegen voor het openen en sluiten van de kraan. Sommige nieuwe typen ééngreeps mengkranen geven in stand rechts tot het midden geen warm water. Daardoor gebruikt de kraan minder snel onnodig warm water. Er kan ook een spaarknop of weerstand ingebouwd zijn. Voor de maximale stroom water is dan een extra handeling nodig. Deze waterbesparende kraan is goed toe te passen in de keuken. Voor het vullen van een afwasteil kan de kraan voluit lopen, maar voor bijvoorbeeld het afspoelen van groente is de spaarstand voldoende.

Op een thermostatische mengkraan zit een aparte knop voor instelling van de juiste temperatuur. Dit type kraan bespaart water omdat er zelf geen warm en koud water gemengd hoeft te worden. Het water raakt sneller op temperatuur wat de energiebehoefte verlaagd. Bijkomende voordelen zijn het gemak dat de kraan oplevert en de verminderde kans op verbranding door te heet water.

**Ventileren** De woning kan volledig natuurlijk, mechanisch en gebalanceerd worden geventileerd. Bij C2C gaat de voorkeur uit naar volledig natuurlijke ventilatie met een goede controle op de luchtkwaliteit. Deze controle zou bijvoorbeeld kunnen gerealiseerd met het plaatsen van luchtkwaliteitsmeters in de woning. Een nadeel van volledige natuurlijke ventilatie is het optredende warmteverlies.

Een mechanisch ventilatiesysteem zorgt voor luchtverversing onder alle omstandigheden. De lucht wordt natuurlijk toegevoerd en mechanisch afgevoerd. Mechanische afzuiging kost energie, maar is bevordert wel de luchtkwaliteit in de woning. Een gebalanceerd ventilatiesysteem zorgt onder andere voor gecontroleerde luchtverversing onder alle omstandigheden. De ventilatielucht wordt zowel mechanisch toegevoerd als mechanisch afgevoerd. Een warmtewisselaar zorgt ervoor dat de uitgaande lucht zijn warmte afgeeft aan de binnenkomende lucht. Dit is comfortabel en bespaart energie maar dit systeem is niet uitschakelbaar.

**Regelbaarheid** De behoefte aan ventilatie in de verschillende ruimten van de woning is niet overal gelijk. Wanneer de ventilatie in elke ruimte regelbaar is, draagt dit bij aan het welbevinden van de bewoner. Deze kan op deze manier zelf bepalen wat hij of zij behaaglijk vindt.

**Water** Binnen dit onderdeel wordt de particuliere opdrachtgever nogmaals bewust gemaakt van de toe te passen grijs- en hemelwatersystemen. Daarnaast zijn de opties voor een water onthardingssysteem en/of een zwart watersysteem van belang op basis van eerder ingevulde gegevens in de tabbladen 'Projectgegevens' en 'Omgeving'. Aanbevolen wordt voor een water onthardingssysteem te kiezen wanneer het drinkwater kwaliteit hard is, als reeds besproken bij de waterkwaliteit op het niveau omgeving. Zoals reeds besproken bij de keuze van het rioolstelsel op

het niveau omgeving, kan er hier ook gekozen worden voor een zwart watersysteem. De keuze bestaat uit een aansluiting op het riool, een helofytenfilter of een septische tank.

Een helofyten filter bestaat uit bezinkingstanken en een rietveld. Het vuil water dat na bezinking overblijft kan gezuiverd worden door de bacteriën die leven op plantenstengels van riet. Het 'vuil' wordt omgezet in onschadelijke gassen en nieuwe bacteriën. De stengel van riet is hol en bevat lucht met een hoog zuurstofgehalte. Via deze stengel wordt zuurstof naar de wortels gebracht en daarmee naar de grond of het substraat rond de wortels. Op deze wijze kunnen zuurstofgebruikende bacteriën hun werk doen en nitraten en fosfaten afbreken.

Een septische tank is een waterdichte bak waarop het zwart water uit de woning kan worden aangesloten. In de septische tank zullen door de zwaartekracht de bezinkbare deeltjes van de vloeistof worden gescheiden. Een gedeelte van de bezonken deeltjes verteert en de vloeistof wordt geloosd op het oppervlaktewater of in de bodem. Een septische tank is ruwweg onder te verdelen in drie delen. In de onderste laag vindt men de bezonken vaste materie. Daarboven zit een vloeibare laag en bovenin is een laag met drijvende vaste stoffen. De vaste materie verteert langzaam in een anaeroob proces maar er blijft een residu achter dat zich langzaam ophoopt. Het gevolg is dat de septische tank met enige regelmaat leeggemaakt moet worden. Dit residu is niet steriel, het kan nog allerlei ziektekiemen en wormeieren bevatten. Gemiddeld verwijdert een septic tank 25 tot 40 procent van de verontreinigingen <sup>(5)</sup>.

### 3.4.3 Flexibiliteit

Dit onderdeel van het tabblad 'Installaties' gaat in op de flexibiliteit van de toegepaste installatiesystemen in de woning. De particuliere opdrachtgever wordt hier bewust gemaakt van de effecten van aanpasbaarheid, bereikbaarheid, leidinglengte en uitbreidbaarheid op de flexibiliteit van de installatiesystemen. Door de installatiesystemen flexibel te ontwerpen en toe te passen in de woning, voldoen de systemen langer aan de veranderende vraag van de gebruiker.

**Aanpasbaarheid** Wanneer de toegepaste installatiesystemen volledig aanpasbaar zijn, kan er ingespeeld worden op de in de toekomst mogelijke veranderingen in de vraag naar comfort. Zo kan het systeem in de toekomst bijvoorbeeld een grotere of kleinere vraag naar warmte, koude of warm tapwater realiseren enkele eenvoudige aanpassingen.

**Bereikbaarheid** Om de installatiesystemen te kunnen veranderen is de bereikbaarheid van groot belang. De bereikbaarheid van de installatiesystemen is te realiseren door de systemen niet weg te werken of met demontabele elementen weg te werken. Hierdoor is met enkele handelingen het installatiesysteem bereikbaar en hoeft er geen materiaal gesloopt te worden waarachter het installatiesysteem zit weggewerkt. Bouwafval tijdens de in gebruikname van de woning wordt hiermee geëlimineerd. In het model kan er geen score behaald worden voor de aanpasbaarheid wanneer aangegeven is dat de leidingen niet bereikbaar zijn.

**Leidinglengte** Door de leidinglengten zo kort mogelijk te houden wordt er materiaal bespaard en leidingverliezen terug gedrongen.

**Uitbreidbaarheid** De uitbreidbaarheid van telefoon, data en elektra is van belang voor het gebruiksgemak van de elektrische apparatuur in de woning. Deze elektrische apparatuur vernieuwd zich razend snel. Daarmee gaan vaak veranderingen in vermogen van de apparatuur gepaard.

## 3.5 Materialisatie

## V. MATERIALISATIE

## HERGEBRUIK RESTMATERIALEN OP HET KAVEL

Op eigen grond:	<input type="text"/>	%	Via bouw.tweedehands.net:	<input type="text"/>	%
Via Marktplaats:	<input type="text"/>	%	Via overig:	<input type="text"/>	%
Via www.kringloopnet.nl:	<input type="text"/>	%			
Hergebruik totaal:	<input type="text"/>	0%			

## MATERIALISATIE TE BOUWEN WONING

Voor de materialisatie kan er gekozen worden uit de onderstaande C2C materialen. Voor alle overige materialisatie gelden de vragen hiernaast over de toxische en de PVC houdende materialen.

Gebruik van toxische materialen:

Gebruik van PVC materialen:

## CONSTRUCTIEVE TOEPASSINGEN

## Hout:

product	C2C
<input type="checkbox"/> Holz 100	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> H2H	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Accoya Wood	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Platowood	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Robina (db)	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Lariksdelen (db)	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Pierre de roches	<input type="checkbox"/>

## Steen:

product	C2C
<input type="checkbox"/> Leemsteen	<input type="checkbox"/>

## Toeslagmateriaal:

product	C2C
<input type="checkbox"/> Hycrete	<input type="checkbox"/>

C2C gecertificeerd  
C2C-materiaalentool

## GEBOUWSCHIL

## Elementen:

product: CENTRIA	C2C
<input type="checkbox"/> Ecoscreen	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> IW series	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Profile series	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Versawall	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Versapanel	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Formawall	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Foamwall	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> iNVELOPE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> SRS Roofing	<input type="checkbox"/>

product	C2C
<input type="checkbox"/> Rheinzink	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Shikkui Plaster	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Lood	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> HR+ glas	<input type="checkbox"/>

## Isolatiemateriaal:

product	C2C
<input type="checkbox"/> Styrofoam	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Styrofoam XPS	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Styrofoam SIS	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Safe Touch	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Thermax	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Biofoam	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Houtvezelplaat	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Kokosvezelplaat	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Geëxpandeerde kurk	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Vlas	<input type="checkbox"/>

Figuur 17: Tabblad materialisatie




Het tabblad 'Materialisatie', te zien in Figuur 17, bestaat uit de omgang met restmateriaal op het kavel en het toepassen van nieuwe materialen in de nieuw te bouwen woning. Als er in het tabblad 'Projectgegevens' aangeduid is dat er sprake is van te slopen bestaande bebouwing op het kavel worden er in dit tabblad 'Materialisatie' hergebruik mogelijkheden gegeven. Daarnaast worden er voor de nieuw te bouwen woning de in Nederland beschikbare C2C gecertificeerde materialen ( door MBDC) en C2C beoordeelde bouwmaterialen (uit C2C materiaaltool) geboden. Deze zijn gegroepeerd in constructieve toepassingen, gebouwschil, afbouw en installaties. Uit deze materialen kan via de checkboxes een keuze gemaakt worden voor de materialisatie van de vrijstaande woning.

Voor alle overige materialen die toegepast worden maar niet C2C zijn, geldt dat ze pvc vrij moeten zijn om een C2C score te kunnen behalen binnen het C2C toepassingsmodel. Dit is één van de harde eisen die gesteld worden aan materialen om een C2C certificering door MBDC te kunnen behalen. Polyvinylchloride (pvc) is een zeer onmilieuvriendelijk plastic, omdat er voor de productie hiervan het zeer giftige gas chloor nodig is en er tijdens de productie de kankerverwekkende stof vinylchloride vrij komt. Daarbovenop komen bij de verbranding van PVC voor de gezondheid schadelijke stoffen (dioxines) en zoutzuurdampen vrij. De vraag naar het gebruik van overige toxische materialen is ter vergroting van de C2C bewustwording van de particuliere opdrachtgever, maar wordt verder niet meegenomen in de C2C score. Dit omdat er dan van alle materialen de exacte toxische waarden bekend moeten zijn om te kunnen bepalen of deze materialen daadwerkelijk schadelijk zijn door de hoogte van één toxische waarde of een combinatie van verschillende toxische waarden.

### 3.5.1 Hergebruik van restmaterialen op het kavel


De restmaterialen van de te slopen bestaande bebouwing op het kavel kunnen via verschillende wegen worden hergebruikt. Dit met het doel zowel het bouwafval te verminderen, als de totale bouwkosten van het nieuwbouwproject te verlagen. De restmaterialen kunnen immers een bron van inkomsten worden bij verkoop via de in het toepassingsmodel aangegeven media, in plaats van een kostenpost als zijnde bouwafval kosten.

### 3.5.2 Constructieve toepassingen



<p><b>Thoma Holz GmbH</b> <b>Thoma Holz100</b></p> <p>Bouwsysteem Holz100 bestaat voor 100% uit hout. De verticale en horizontale elementen zijn uit lagen opgebouwd en worden gekoppeld met houten deuvels. Deze deuvels zuigen, zodra ze in de constructie zijn verwerkt, het bouwvocht op en zwellen op waardoor de borging nog sterker wordt.</p> <p>Met het Holz100 bouwsysteem, kunnen woongebouwen tot wel 10 verdiepingen gebouwd worden. Binnen het bouwsysteem is zowel de thermische isolatie, brandwerendheid en de bescherming tegen straling geoptimaliseerd.</p> <p><a href="http://www.thoma.at/html/english/index1.html">www.thoma.at/html/english/index1.html</a></p>	<p><b>MBDC certificering: GOUD</b></p> 
<p><b>Van Swaay Duurzaam Hout</b> <b>H2H® Products</b></p> <p>Dit houtproduct brengt de voordelen van Europese den en tropisch hardhout samen. Het hout is FSC gecertificeerd en behoeft geen verduurzamingmiddel. De certificering geldt voor de H2H® Damwanden en H2H® Palen.</p> <p><a href="http://www.vanswaay.nl/gww.html">www.vanswaay.nl/gww.html</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Titan Wood</b> <b>Accoya® Wood</b></p> <p>Accoya® wood komt van alle houtsoorten het meest overeen met tropisch hardhout. Accoya® wood heeft een niet-toxische behandeling ondergaan en bestaat uit snel groeiend hout uit duurzame bronnen.</p> <p><a href="http://www.accoya.com/accoya.html">www.accoya.com/accoya.html</a></p>	<p><b>MBDC certificering: GOUD</b></p> 

C2C materiaalentool	
Materiaal	C2C score
Leemsteen	91.7
Platowood	88.8
Robina (db)	87.5
Lariksdelen (db)	86.8
Pierre de roches	78.5

### 3.5.2 Toeslagmaterialen

Hycrete, Inc.	
<b>Hycrete® Concrete Additive</b>	<b>MBDC certificering: SILVER</b>
<p>Regulier beton absorbeert water en alles wat daarin is opgelost. Door de toevoeging van Hycrete wordt het beton hydrofoob. Rondom de wapening ontstaat een beschermende laag, waardoor corrosie wordt uitgesloten en de volledige constructie wordt waterdicht waardoor er geen extra membranen nodig zijn. Hiermee gaan de bouwkosten omlaag, de bouwsnelheid omhoog en wordt het milieu gespaard.</p> <p><a href="http://www.hycrete.com">www.hycrete.com</a></p>	

### 3.5.3 Gebouwschil

CENTRIA	
<b>EcoScreen™</b>	<b>MBDC certificering: GOUD</b>
<p>CENTRIA biedt geperforeerde screenwall panelen als Econolap 3/4", Style-Rib, en BR5-36 in 20 gage roestvrij staal. Deze panelen zijn voor 10% tot 40% open waardoor er een translucet screen ontstaat wat licht controleert, lucht doorlaat en enige afscheiding biedt.</p> <p><a href="http://www.centria.com/C4/EcoScreen/default.aspx">www.centria.com/C4/EcoScreen/default.aspx</a></p>	
<b>CENTRIA</b>	<b>MBDC certificering: SILVER</b>
<b>IW Series™</b>	
<p>IW Concealed Fastener Panels creëren verschillende visuele effecten. De panelen zijn bestand tegen de weersomstandigheden en zowel geïsoleerd als ongeïsoleerd verkrijgbaar.</p> <p><a href="http://www.centria.com/C2/IWSeries/default.aspx">www.centria.com/C2/IWSeries/default.aspx</a></p>	

<p><b>CENTRIA</b> <b>Profile Series™ Exposed Fastener Panels</b></p> <p>Exposed Fastener Panels zijn te buigen tot extreme hoeken of kunnen gebruikt worden om daken te realiseren en binnen- en buitenwanden.</p> <p><a href="http://greenworld.centria.com/profile/default.aspx">greenworld.centria.com/profile/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>CENTRIA</b> <b>Versawall® &amp; Versapanel®</b></p> <p>CENTRIA Versawall en Versapanel is een samengesteld geïsoleerd gevelpaneel. Het isolatiemateriaal bestaat uit CFC-vrij isocyanuraat foam dat wordt geïnjecteerd tussen de platen van het paneel, waardoor een sterk composiet ontstaat. Versawall en Versapanel kan direct tegen een metal stud systeem of muurankers bevestigd worden. Door de fabrieks sealing toe te passen op de onderlinge aansluitingen van de panelen, wordt het geheel waterdicht.</p> <p><a href="http://greenworld.centria.com/versawall/default.aspx">greenworld.centria.com/versawall/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>CENTRIA</b> <b>SRS® Roofing</b></p> <p>CENTRIA SRS Structural Standing Seam Roof System is een mechanisch te bevestigen dak met geïntegreerde bevestigingsmiddelen. De panelen zijn in elke wenselijke lengte te produceren en zijn bestand tegen alle weersomstandigheden.</p> <p><a href="http://www.centria.com/C5/SSS/default.aspx">www.centria.com/C5/SSS/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

<p><b>CENTRIA</b> <b>Formawall® Graphix Series™</b></p> <p>Formawall Graphix Series is een geïsoleerd gevelpaneel dat met verschillende andere soorten en kleuren panelen te koppelen is. Beide kanten van het paneel bestaat uit een dunne staalplaat, waartussen een CFC-vrije foam wordt geïnjecteerd die uitzet en verhard. Hierdoor ontstaat er een sterk maar licht gewicht geïsoleerd gevelpaneel. Het gevelpaneel is zowel horizontaal als verticaal te bevestigen op een achterliggend bevestigingssysteem. Het systeem is waterdicht ontworpen, waardoor er geen extra waterdichte laag hoeft te worden aangebracht.</p> <p><a href="http://greenworld.centria.com/formawall/default.aspx">greenworld.centria.com/formawall/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>CENTRIA</b> <b>Foamwall</b></p> <p>Een Foamwall paneel is een geïsoleerd gevelpaneel dat is opgebouwd uit twee dunne gegalvaniseerde staal platen waartussen CFC en HCFC vrij polyisocyanuraat foam zich bevindt. Een paneel heeft een U-waarde van 0.44 W/m<sup>2</sup>K.</p> <p><a href="http://www.centria.com/wallpanels/foamwall/Pages/default.aspx">www.centria.com/wallpanels/foamwall/Pages/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>CENTRIA Services Group</b> <b>invelope™</b></p> <p>iNVELOPE panelen zijn opgebouwd uit een laag isolatie, lucht en vocht begrenzing van hoge kwaliteit, en een metalen afvoerplaat in één. Een groot deel van de toegepaste materialen zijn gerecycled en milieuvriendelijk.</p> <p><a href="http://www.buildbetterwalls.com">www.buildbetterwalls.com</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 






<p><b>RHEINZINK®</b> <b>RHEINZINK Roof and Façade</b></p> <p>Gevels en daken die gemaakt zijn van RHEINZINK titanium zink hebben de certificering.</p> <p><a href="http://us.rheinzink.de/23.aspx">us.rheinzink.de/23.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Tagawa Sangyo Co., Ltd.</b> <b>Shikkui Plaster</b></p> <p>Shikkui Plaster is een traditionele Japanse leem pleister gemaakt van leem met een hoge calcium waarde, zeewier extracten, natuurlijke planten vezels en andere aggregaten. Deze leem pleister is geschikt voor zowel het interieur als het exterieur, en is verkrijgbaar in verschillende kleuren.</p> <p>Naast de CO2 absorberende werking van de leem pleister, krijgen door de hoge alkaliteit bacteriën, virussen en schimmels geen kans. Door de natuurlijke anti-staticiteit is er geen stof vorming op het pleisterwerk.</p> <p><a href="http://www.shikkui.com/shirokabe_overview.shtml">www.shikkui.com/shirokabe_overview.shtml</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

C2C materialentool	
Materiaal	C2C score
Lood	73.6
HR+ glas	85.4


### 3.5.4 Isolatiematerialen

<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>Styrofoam™ Spray Polyurethane Foam Insulation</b></p> <p>STYROFOAM™ Brand Spray Polyurethane Foam (SPF) (CM Series) vormt een naadloze, monolithisch geheel aan de binnenzijde van metall stud wanden. Door gaten en scheuren te vullen met deze spray schuim, wordt infiltratie door lucht uitgesloten. Dit isolatiemateriaal mag alleen aangebracht worden door een getrainde SPF applicator. Zoals te zien op de afbeelding heeft de getrainde SPF applicator ook een pak aan. Dit wijst erop dat het isolatiemateriaal tijdens het aanbrengen ervan schade kan aanbrengen voor de huid en de luchtwegen.</p> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/products/insulation/spfcm.htm">building.dow.com/na/en/products/insulation/spfcm.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 
<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>SafeTouch™ Insulation</b></p> <p>SAFETOUCH heeft dezelfde isolerende eigenschappen als glaswol, maar is glaswolvrij. SAFETOUCH bestaat uit hetzelfde type vezel die gebruikt wordt in kleding en linnen, waardoor het de huid niet irriteert. De formaldehyde binders, acryl binders en boraten die voorkomen in traditionele isolatiematerialen, zitten niet in dit product. Dit thermisch en akoestisch isolatie materiaal bestaat uit polyethyleen terephthalate (PET) vezels, waardoor er geen speciale veiligheidskleding of gereedschap nodig is tijdens het toepassen van de isolatie.</p> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/products/insulation/safetouch.htm">building.dow.com/na/en/products/insulation/safetouch.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>Styrofoam SIS™ Brand Structural Insulated Sheathing</b></p> <p>STYROFOAM SIS™ Brand Structural Insulated Sheathing combineert drie functies in één product:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Constructieve stabiliteit</li> <li>2. Significante isolerende werking</li> <li>3. Waterkerende laag</li> </ol> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/sis/index.htm">building.dow.com/na/en/sis/index.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 

<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>THERMAX™ (ci) Exterior Insulation</b></p> <p>THERMAX™ (ci) Exterior Insulation is een drainagelaag en waterdicht isolatiemateriaal in één. De kern van polyisocyanuraat schuim is licht van gewicht en zorgt voor een van de hoogste Rc-waarden voor lange termijn thermische isolatie.</p> <p>Dit materiaal is nog niet geschikt om terug te brengen in de technosfeer. Dit komt door de statische lading van het materiaal zelf. Zodra het materiaal door matrijzen gehaald wordt om tot deeltjes gemalen te worden om tot een nieuwe plaat te komen, zullen de matrijzen door de statische lading van het materiaal vast lopen. Dit houdt de verwerking tot een nieuw product op dit moment tegen.</p> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/products/insulation/thermaxci.htm">building.dow.com/na/en/products/insulation/thermaxci.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 
<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>Styrofoam® XPS Insulation</b></p> <p>STYROFOAM(TM) brand XPS isolatie producten bieden de hoogste vochtwerendheid onder de huidige plastic isolatiematerialen. Dit materiaal kan toegepast worden op plaatsen waar een hoge vochtwerendheid vereist is, zoals bij groene daken en funderingen. De herbruikbare elementen hebben een hoge drukweerstand en zijn licht in gewicht en gemakkelijk te installeren.</p> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/products/insulation/rigidfoam.htm">building.dow.com/na/en/products/insulation/rigidfoam.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Synbra Technology bv</b> <b>BioFoam® Expandable Polylactic acid (PLA)</b></p> <p>BioFoam® wordt gemaakt van PLA. De lactaciden in maïs worden gepolymeriseerd, waardoor PLA ontstaat. BioFoam kan na gebruik als grondstof dienen voor een nieuw BioFoam product, of compleet aan de biologische kringloop worden toegevoegd. De grootste winst bij de productie van dit product wordt behaald door de CO<sub>2</sub> absorptie van de maïs tijdens de groei. Hierdoor komt de uitstoot van CO<sub>2</sub> tijdens de productie van PLA gebaseerd op lactaciden op een gemiddelde van 30-40%. Vergeleken met de productie van andere polymeren betekent dit een reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot van 60-70%.</p> <p><a href="http://www.biofoam.nl">www.biofoam.nl</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 

C2C materiaalentool	
Materiaal	C2C score
Houtvezelplaat	86.8
Kokosvezelplaat	79.9
Geëxpandeerde kurk	77.8
Vlas	76.4

### 3.5.5 Binnenafwerking

<p><b>Royal Mosa</b> <b>Unglazed Floor Tiles</b></p> <p>De tegels zijn functioneel, praktisch in gebruik en onderhoud, en gaan lang mee.</p> <p><a href="http://www.mosa.nl/en/collection/search-in-collection.aspx">www.mosa.nl/en/collection/search-in-collection.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 
<p><b>Tagawa Sangyo Co., Ltd.</b> <b>Limix</b></p> <p>De Limix (ライミックス) tegel is een volledig natuurlijk, Shikkui, materiaal gevormd onder extreme druk om dezelfde hardheid eigenschappen te creëren als marmer. Het product is antistatisch wat stof vorming voorkomt en dood bacteriën en schimmels vanwege het hoge alkalische gehalte van de tegel. Vergeleken met gebakken leem, gebruikt het productieproces van de tegel 80% minder energie en is de uitstoot van CO2 laag.</p> <p><a href="http://www.shikkui.com/limix_overview.shtml">www.shikkui.com/limix_overview.shtml</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

<p><b>Desso B.V.</b> <b>Pallas Carpet Tiles</b></p> <p>De tapijttegels van Desso zijn in 60 kleuren verkrijgbaar en eindelijk volledig recyclebaar. Deze tapijt tegel behoort tot de technische kringloop.</p> <p><a href="http://www.desso.com/Applications/BusinessCarpets/CarpetSearch.aspx">www.desso.com/Applications/BusinessCarpets/CarpetSearch.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 
<p><b>Construction Specialties, Inc.</b> <b>PediTred®</b></p> <p>PediTred® matten houden gebouwen vrij van vuil, sneeuw en water. Hierdoor gaan de onderhoudskosten omlaag en is het gebouw gezonder voor haar gebruikers. PediTred bevat recyclebaar aluminium, laag VOC tapijt en PVC-vrije connectors.</p> <p><a href="http://www.c-sgroup.com/entrance-flooring">www.c-sgroup.com/entrance-flooring</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

### 3.5.6 Applicaties

<p><b>Armstrong World Industries</b> <b>Tierra™ Acoustical Ceiling Tile</b></p> <p>De akoestische plafond tegel Tierra bevat een BioAcoustic™ substraat gemaakt van jute, een natuurlijke vezel die groeit van zaad tot oogst in 90 dagen. Tierra bestaat voor 45% uit de snel hernieuwbare vezel en voor 23% uit gerecycled materiaal. Aan het eind van de levensduur kan het materiaal gerecycled worden in het Armstrong Ceiling Recycling Program. De plafondtegels bevat geen toegevoegde formaldehyde, heeft een klasse A brandweerstand en een geluidsreductiecoëfficiënt (NCR) van 0,85.</p> <p><a href="http://www.armstrong.com/commceilingsna/article52089.html?cid=abpuscom0209tierra">www.armstrong.com/commceilingsna/article52089.html?cid=abpuscom0209tierra</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
--	---

## 3.5.7 Hemelwatersystemen

<b>RHEINZINK®</b> <b>RHEINZINK Gutter and Downspouts</b>	<b>MBDC certificering: SILVER</b>
<p>Gootsystemen, regenwater collectoren en accessoires van RHEINZINK titanium zink zijn gecertificeerd vanwege hun innovatieve technologie, simpele assemblage en installatie, en levensduur.</p> <p><a href="http://us.rheinzink.de/33.aspx">us.rheinzink.de/33.aspx</a></p>	
<b>Rain Technologies Inc.</b>	<b>MBDC certificering: GOLD</b>
<b>RainTube®</b> <p>RainTube is een vooraanstaand bedrijf in de hemelwater opvang, goot bescherming en water opslag industrie als het gaat om milieu en sociale verantwoordelijkheid. De gebruikte materialen bestaan aan het begin van het productieproces uit afval en aan het eind van het gebruik van het product is het volledig terug te brengen in het proces als voedend materiaal voor nieuwe RainTube producten. Het energieverbruik voor de productie en onderhoud van RainTube is substantieel minder dan van concurrerende bedrijven. Daarnaast wordt er tijdens de productie vrijwel geen water verbruikt en geen afval geproduceerd.</p> <p>De vormgeving van de RainTube zorgt voor minder onderhoud en voorkomt verstopping in de goot, doordat hier vrijwel niets meer in kan vallen.</p> <p><a href="http://www.raintube.com">www.raintube.com</a></p>	

## 3.6 Resultaat

## VI. RESULTATEN

## ALGEMENE GEGEVENS

Projectnaam:	<input type="text" value="0"/>	Plaats:	<input type="text" value="0"/>
Adres:	<input type="text" value="0"/>	Gemeente:	<input type="text" value="0"/>
Postcode:	<input type="text" value="[Klik hier]"/> <input type="text" value="0"/>	Provincie:	<input type="text" value="[Klik hier]"/>
Datum invoer:	<input type="text" value="0"/>	Datum laatste wijziging:	<input type="text" value="0"/>

	onderwerpen	score	onbekend	0%	25%	50%	75%	100%
OMGEVING	Bodemkwaliteit	0						
	Type bestrating	0						
	Verharding	0						
	Luchtkwaliteit	0						
	Rioolstelsel	0						
	Afkoppeling HWA	0						
	Dieren huisvesting	0						
	Geluidwering	0						
ONTWERP WONING	Ruimtelijk ontwerp	0						
	Flexibiliteit	0						
	Verwarmen	0						
	Koelen	0						
	Ventileren	0						
	Daglicht	0						
INSTALLATIES	Water	0						
	Duurzame energie	0						
	Gas consumptie	0						
	CO <sub>2</sub> neutraal	0						
	Verwarmen	0						
	Koelen	0						
	Warm tapwater	0						
	Ventileren	0						
	Water	0						
	Aanpasbaarheid	0						
	Bereikbaarheid	0						
	Leidinglengte	0						
Uitbreidbaarheid	0							
MATERIA- LISATIE	Hergebruik	0						
	Constructieve toepassingen	0						
	Gebouwschil	0						
	Afbouw	0						
	Installaties	0						

Max. score:	695	Behaalde totaal score:	0	CZC percentage:	0,00 %
-------------	-----	------------------------	---	-----------------	--------

Figuur 18: Tabblad resultaten

In de resulterende staafdiagram, te zien in Figuur 18, is in één oogopslag af te lezen op welke onderwerpen binnen het toepassingsmodel er goed of slecht gescoord wordt. De kleurencodering rood = 0%, oranje = 25%, geel = 50%, licht groen = 75% en donkergroen = 100% geeft aan in hoeverre het betreffende onderwerp C2C is afhankelijk van de gekozen C2C toepassingen in het model. Met deze kleuren wordt de bewustwording van C2C bij de particuliere opdrachtgever groter, door de directe link tussen de gemaakte keuzes is C2C toepassingen en de kleur score die hierbij hoort.

Het C2C percentage van de woning is de totaalscore die aangeeft hoe goed de woning en haar omgeving in totaal is afgestemd op C2C. Hoe hoger de score, des te beter de afstemming op C2C. De waardering voor het gescoorde C2C percentage verschilt en is hieronder af te lezen in Tabel 6.

C2C percentage	Waardering
< 25%	Slecht
25% tot 60%	Matig
61% tot 90%	Goed
>90%	Uitstekend

Tabel 6: Relatie C2C percentage en waardering

### 3.7 Totaal overzicht

De in hoofdstuk 3.1 tot en met 3.5 besproken C2C toepassingen worden in het onderstaande 'Totaal overzicht' opgesomd. De invulling van deze sheet gebeurt volledig automatisch, aan de hand van de gegevens uit de eerder ingevulde tabbladen. Voor de communicatie tussen de particuliere opdrachtgever en derden kan deze sheet samen met het tabblad 'Resultaat' worden uitgeprint en meegenomen naar een bespreking.



**DEEL III**

### Inhoudsopgave deel III

Conclusies .....	2
Aanbevelingen tot aanpassingen .....	3
Aanbevelingen tot vervolgonderzoek .....	4
Bronvermelding .....	5
Literatuur .....	6
Artikelen .....	6
Internet .....	6

## Conclusies

Gedurende het afstudeertraject is er in de ontwikkeling van het C2C toepassingsmodel een antwoord gevonden op de in de inleiding gestelde probleemstelling en onderzoeksvragen. Zo is er binnen het C2C toepassingsmodel een antwoord gevonden op de doelstellingen van de Europese Commissie, het terugdringen van de CO<sub>2</sub> uitstoot en het bevorderen van het duurzame energieverbruik. Daarnaast is het C2C toepassingsmodel ontwikkeld voor de particuliere opdrachtgever, maar het is ook te gebruiken door gemeenten en overheden. Een overzicht van de conclusies volgt hieronder:

- Doelstellingen Europese Commissie** Een van de doelen van de Europese Commissie is om in 2020 de CO<sub>2</sub> uitstoot en het fossiele brandstoffen gebruik met 20% terug te dringen ten opzichte van 1990. Dit komt in het C2C toepassingsmodel terug in de link tussen het energieverbruik en de CO<sub>2</sub> uitstoot. De totale CO<sub>2</sub> uitstoot op basis van het energieverbruik kan worden gecompenseerd door het toepassen van gras of bomen die CO<sub>2</sub> opnemen. Daarnaast wordt de particuliere opdrachtgever in het C2C toepassingsmodel gestimuleerd om te kiezen voor duurzame energiebronnen. Het gebruik van gas wordt negatief doorgerekend in de C2C score en bij het kiezen van een niet CO<sub>2</sub> neutrale energieleverancier kan er helemaal geen C2C score uit het C2C toepassingsmodel behaald worden.
- C2C implementatie in de praktijk** Op basis van literatuurstudie zijn er C2C uitgangspunten geformuleerd die ten grondslag liggen aan het interactieve C2C toepassingsmodel. Hieruit is gebleken dat het ontwerp voor een C2C vrijstaande woning breder is dan het ontwerp voor de woning zelf. De bouw van een C2C vrijstaande woning levert een positieve bijdrage aan haar omgeving. Het ontwerp van de woning zelf, levert ook een positieve bijdrage aan het welbevinden van mens en dier. De aanvullende comfort behoeften van de mens en de duurzame energieopwekking worden verzorgd door de installaties. Daarnaast hebben de goed scorende materialen uit de theoretische ontwikkeling van de 'C2C materialentool' van ir. D. Tulp een interactieve plaats gekregen in het model. Samen met de C2C gecertificeerde materialen van MBDC is het voor de particuliere opdrachtgever mogelijk gemaakt om in één oogopslag de toepasbare C2C materialen voor de te bouwen vrijstaande woning te zien. Door het gebruik van het C2C toepassingsmodel wordt het voor de particuliere opdrachtgever mogelijk om op omgevingsniveau, ontwerpniveau, installatieniveau en materiaalniveau een C2C vrijstaande woning te ontwikkelen.



## Aanbevelingen tot aanpassingen

Het 'C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen' is opgesteld aan de hand van het uitgevoerde literatuuronderzoek. Daarna is het toepassingsmodel getest door het gebruik van het toepassingsmodel bij het ontwerp van de pilot 'Recht op Wind'. Vervolgens is er een verbeteringslag gemaakt op het toepassingsmodel op basis van het gebruik. Overige aanbevelingen tot aanpassingen volgen hieronder:

- **Windenergie** Bij het aangeven van de postcode in het tabblad 'Projectgegevens' is er op dit moment geen directe link met de mogelijke hoeveelheid op te wekken windenergie. Deze mogelijke hoeveelheid is op dit moment af te lezen in de bijgaande tabel verwerkt in het tabblad 'Installaties' en is afhankelijk van verschillende masthoogtes. Ter verhoging van de interactiviteit van het toepassingsmodel is het aan te bevelen om een directe link te maken tussen de aangegeven postcode en de mogelijke hoeveelheid op te wekken windenergie afhankelijk van de verschillende masthoogtes. Hierdoor hoeft de particuliere opdrachtgever enkel een checkbox aan te vinken met de gewenste hoeveelheid windenergie en de daarbij behorende masthoogte.
- **Subsidies** Elk jaar worden er op nationaal niveau subsidies vastgesteld die terug te vinden zijn op de site van VROM. Daarnaast zijn er per gemeente verschillende subsidieregelingen waar de particuliere opdrachtgever gebruik van kan maken. Beide subsidieregelingen zijn op dit moment nog verwerkt in het toepassingsmodel. De particuliere opdrachtgever kan wel aanspraak maken op een aantal van deze subsidies door de toegepaste C2C oplossingen. Denk bijvoorbeeld aan de subsidies op duurzame energie of groene daken. Wanneer de voor het betreffende project verkrijgbare subsidies in de resultaten sheet van het toepassingsmodel worden verwerkt, zal het voor de particuliere opdrachtgever nog aantrekkelijker worden om de aanbevolen C2C oplossingen toe te passen in het project. Zo kunnen bijvoorbeeld de per gemeente afhankelijke subsidies via het tabblad 'Projectgegevens' gelinkt worden aan de 'Resultaten' sheet.
- **Bestaande bebouwing** Het toepassingsmodel richt zich vrijwel volledig op nieuwbouw. Enkel de materialen van de bestaande bebouwing worden waar mogelijk hergebruikt op of buiten het kavel. Er wordt dus geen rekening gehouden met mogelijke C2C kwaliteiten van de bestaande bebouwing op het kavel. Mocht er bestaande bebouwing aanwezig zijn, kan deze met de 'Cradle to Cradle-Design tool' van Bas van de Westerlo getoetst worden op het C2C percentage. Door het onderdeel bestaande bebouwing uit de Cradle to Cradle-Design tool te vertalen naar het toepassingsmodel, wordt het toepassingsmodel nog vollediger.
- **CO<sub>2</sub> neutraal** CO<sub>2</sub> neutraal bouwen is één van de doelstellingen binnen C2C. In het toepassingsmodel komt dit alleen terug in het energieverbruik. Om CO<sub>2</sub> neutraal bouwen in het volledige toepassingsmodel door te voeren, moeten ook de bouwmaterialen, materialisatie van de installatiesystemen, de bouwwijze en het transport meegenomen worden in de CO<sub>2</sub> neutraal berekening.
- **Flexibiliteit** De keuzes binnen de flexibiliteit onderwerpen in het tabblad 'Installaties' zijn op dit moment subjectief en niet meetbaar. Hier kan een verbeteringslag behaald worden, bijvoorbeeld door te kijken naar de normen gesteld binnen de EPN over dit onderwerp.

## Aanbevelingen tot vervolgonderzoek

Binnen het 'C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen' is er een verschil tussen meetbare en niet meetbare gegevens. De onderwerpen duurzame energie en verharding zijn bijvoorbeeld wel meetbaar in het toepassingsmodel, terwijl de C2C ontwerp toepassingen ter verhoging van het comfort dit niet zijn. Om de meetbare gegevens binnen het toepassingsmodel te vergroten, worden er hieronder een drietal aanbevelingen tot vervolgonderzoek genoemd:

- **Luchtkwaliteit** Om de luchtkwaliteit te verbeteren zou er een onderzoek gedaan kunnen worden naar het effect van onder andere het bijplanten van bomen en de luchtkwaliteit-verbetering voor het betreffende kavel door de NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> opname. Als hier een directe relatie in te vinden is die bijdraagt aan de luchtkwaliteit, zou onder andere het bijplanten van bomen een meetbare verbetering van de luchtkwaliteit te weeg kunnen brengen. Het gevolg hiervan kan zijn dat er ook op plaatsen waar de luchtkwaliteit boven de grenswaarden is, er in de toekomst wel gebouwd zou kunnen worden.
- **Comfort** De C2C toepassingen die te kiezen zijn in het tabblad 'Ontwerp' dragen bij aan het comfort en zorgen voor een verlaging in het gebruik van de installaties uit het tabblad 'Installaties'. In welke mate de C2C toepassingen bijdragen aan het comfort is per project verschillend. Uit de onderzoeken naar de bijdrage van dergelijke C2C toepassingen komen dan ook projectgebonden waarden naar voren. Om de C2C toepassingen die gegeven worden in deze sheet meetbaar te maken, is het van belang om onderzoek te doen naar algemene waarden. Deze waarden kunnen bijvoorbeeld gekoppeld worden aan een referentie woning uit de SBR (Stichting Bouwresearch).
- **C2C materialen** De materialenlijst van C2C gecertificeerde materialen in het toepassingsmodel zijn anno 2010. Om het toepassen van C2C gecertificeerde materialen door particuliere opdrachtgevers te stimuleren, is het van belang dat de materialenlijst up to date blijft. Wanneer er nieuwe C2C gecertificeerde materialen in Nederland verkrijgbaar zijn. De particuliere opdrachtgever kan dan namelijk gebruik gaan maken van deze nieuwe gecertificeerde materialen.
- **Schaal** Het ontwikkelde C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen kan doorontwikkeld worden tot een bruikbaar model voor grootschalige woningbouwprojecten. Door de schaalvergroting worden de mogelijkheden op installatietechnisch niveau groter dan bij een kleinschalig project. Denk hierbij aan de zuivering van zwart water wat op deze schaal wel haalbaar wordt, zowel financieel als binnen de C2C filosofie. Ook op het gebied van duurzame energie opwekking en bijdragen aan de biodiversiteit zijn er C2C mogelijkheden van een grotere schaal haalbaar. Kortom, binnen alle onderwerpen zullen de geboden C2C mogelijkheden moeten worden herzien en mogelijk aangevuld.

## Bronvermelding

1. **Roders, M.J.** *Consumentgericht bouwen van ontwerp tot en met verandering*. Eindhoven : Faculteit Bouwkunde TU/e, 2003.
2. **SEV Realisatie**. [Online] [www.sev-realisatie.nl/dossier/dossier.asp?code\\_dssr=10](http://www.sev-realisatie.nl/dossier/dossier.asp?code_dssr=10).
3. **Hendrix, N.A. en Jacobs, G.P.** *Industrieel Flexibel Demontabel bouwen (IFD): Ontwerpen op veranderbaarheid*. Eindhoven : Faculteit Bouwkunde TU/e, 2000.
4. **SEV**. *Leren door demonstreren*. 2007.
5. **Luchtwinkel**. [Online] [www.luchtwinkel.be/ventilatie/node/316](http://www.luchtwinkel.be/ventilatie/node/316).
6. **Stichting PassiefHuis Holland**. *Passiefhuistechnologie in Nederland: Bouwen voor de toekomst comfortabel en energie-efficiënt*.
7. **Steensma, S.** *Catalogusbouw voor Particuliere Opdrachtgevers in Nederland: Tussen standaard en maatwerk*. Eindhoven : Faculteit Techniek en Management TU/e, 2002.
8. **Pul, A. van en Wingerden, R. van**. *Catalogusbouw; Inventarisatie en uitvoeringsboek*. Amsterdam : STAWON, 1998.
9. **Inbo**. *STAWON-studie 'Het ontspannen wonen'*. Rotterdam : Vertex, 1999.
10. **Braungart, M en McDonough, W.** *Cradle to Cradle: Afval = Voedsel*. Heeswijk : Search knowledge, 2007.
11. **Tulp, D.** *De mogelijkheden voor het Cradle to Cradle concept in de Nederlandse woningbouw*. sl : Technische Universiteit Eindhoven, 2009.
12. **Buro Happold**. *Patterns: Essays on the art and science of engineering for sustainability*. London : Replica, 2001. Vol. 13.
13. **TU/e Faculteit Bouwkunde FAGO**. *7S621 Capita Selecta Milieubesparend Bouwen*. Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven, 1999.
14. **Bokalders, V. en Block, M.** *The whole building handbook*. London : Butler Tanner & Dennis, 2010.
15. **Westerlo, B.** *Herbestemmen van industrieel erfgoed met Cradle to Cradle-ontwerptool*. Eindhoven : TU/e, 2009.
16. *Slimbouwen*. **Lichtenberg**. Eindhoven : TU/e, 2005.
17. Iba Helpdesk. [Online] [www.ibahelpdesk.nl](http://www.ibahelpdesk.nl).
18. *Luchtkwaliteitsmeters. Products for engineers*. [Online] [www.products4engineers.nl/trefwoorden/id875-luchtkwaliteitsmeter.html](http://www.products4engineers.nl/trefwoorden/id875-luchtkwaliteitsmeter.html).

## Literatuur

- Cradle to Cradle, afval = voedsel - M Braungart, W. McDonough; Scriptum; september 2007
- Energy Manual - Detail; Birkhäuser; 2008
- NANO materials - S. Leydecker; Birkhäuser; 2008
- Energieeffizientes Bauen - Architektur + Wettbewerbe; Karl Krämes Verlag Stuttgart; juni 2008
- Milieubalans 2008 - Planbureau voor de leefomgeving; RIVM; 2008
- Solar Energy and housing design - S. Yannas; dti; 1994
- Ecohuizen - S.C. Duran; Librero; 2007
- Sustainable Construction - S. Halliday; Elsevier; 2008
- Materiologie - D. Kula, E. Ternaux; FRAME Publishers; 2009
- NIBE's basiswerk milieuclassificaties, gevels en daken; M.Haas; Printengraphics; 2008
- Kader en generieke ruimte - B. Leupen; Uitgeverij 010; 2002
- Rombo tactiek - C.M. Ravesloot; Bouwstenen publicatieburo; 2005
- Consumentgerichte industrialisatie in de woningbouwsector - C.C.A.M. van den Thillard; Uitgeverij Eburon; 2002

## Artikelen

- Het Wilde Wonen - Bernhard Hulsman; NRC Handelsblad; 04-04-1997
- Het 'wilde wonen' vereist collectieve planning - Adri Duivesteijn; NRC Handelsblad; 22 mei 1997
- WONINGBOUW, Tussen markt en overheid - Centraal Planbureau; Sdu Uitgevers; 1999
- Met z'n Allen Profiteren van het Blauwe Goud! - Vincent van Hoegaerden, Saskia Hagedoorn en Hanneke Pieters; Bodem nummer 2; april 2007
- Beleidskader Duurzame Ontwikkeling 2008-2011 - Provinciale Staten van Limburg; 2009

## Internet

### **Cradle to Cradle**

- [cradle-to-cradle.startpagina.nl](http://cradle-to-cradle.startpagina.nl)
- [www.cradletocradle.nl](http://www.cradletocradle.nl)
- [www.wiegtotwieg.nl/node/2](http://www.wiegtotwieg.nl/node/2)
- [www.mbdc.com](http://www.mbdc.com)

### **Bouwsystemen**

- [www.cataloguswoningen.nl](http://www.cataloguswoningen.nl)
- [www.vbi.nl/?pageID=100&Title=Vloeren](http://www.vbi.nl/?pageID=100&Title=Vloeren)
- [www.house-center.com/nieuwbouw](http://www.house-center.com/nieuwbouw)
- [www.domotica.nl](http://www.domotica.nl)
- [nl.wikipedia.org/wiki/Domotica](http://nl.wikipedia.org/wiki/Domotica)

**Energie**

[www.energieportal.nl](http://www.energieportal.nl)

[www.nulpuntenergie.nl](http://www.nulpuntenergie.nl)

[www.peakoil.net](http://www.peakoil.net)

[www.freeenergycompany.nl](http://www.freeenergycompany.nl)

[www.energielastenverlager.nl](http://www.energielastenverlager.nl)

[www.new-energy.tv](http://www.new-energy.tv)

[www.biosolar.com](http://www.biosolar.com)

[www.algemeneenergieraad.nl](http://www.algemeneenergieraad.nl)

[www.newenergysystems.nl](http://www.newenergysystems.nl)

[www.1miljoenzonnepanelen.nl](http://www.1miljoenzonnepanelen.nl)

**Installaties**

[www.arpalight.nl-mockup.html](http://www.arpalight.nl-mockup.html)

[www.codin.nl](http://www.codin.nl)

[www.milieucentraal.nl](http://www.milieucentraal.nl)

[www.vewin.nl/Drinkwater/Drinkwaterbedrijven/Pages/default.aspx](http://www.vewin.nl/Drinkwater/Drinkwaterbedrijven/Pages/default.aspx)

[www.mero.de](http://www.mero.de)

[www.tecum.nl](http://www.tecum.nl)

**Materialen**

[www.2012architecten.nl](http://www.2012architecten.nl)

[www.superuse.org](http://www.superuse.org)

[www.recyclicity.net](http://www.recyclicity.net)

[www.houtinfo.nl](http://www.houtinfo.nl)

[www.bouwproducten.nl](http://www.bouwproducten.nl)

[www.bouwpuur.nl](http://www.bouwpuur.nl)

[www.materia.nl](http://www.materia.nl)

[www.mbdc.com](http://www.mbdc.com)

**Particulier Opdrachtgeverschap**

[www.particulieropdrachtgeverschap.nl/handboek/](http://www.particulieropdrachtgeverschap.nl/handboek/)

[www.bouwkavels.nl](http://www.bouwkavels.nl)

[www.destarterswoning.nl](http://www.destarterswoning.nl)

[www.bouwkostenwoning.nl](http://www.bouwkostenwoning.nl)

[www.eigengrondeigenhuis.nl](http://www.eigengrondeigenhuis.nl)



**Overig**

[www.informatieve-links.nl/rotte.html](http://www.informatieve-links.nl/rotte.html)

[www.rotterdam.nl/smartsite2214400.dws?parent=2210949&parent2=2214400](http://www.rotterdam.nl/smartsite2214400.dws?parent=2210949&parent2=2214400)

[www.architectenwerk.nl/wiwo/achtergrond/weeber.3.htm](http://www.architectenwerk.nl/wiwo/achtergrond/weeber.3.htm)

[www.marcelvroom.nl/Autarkie/autarkieautonomie.html](http://www.marcelvroom.nl/Autarkie/autarkieautonomie.html)

[www.minocw.nl/documenten/28964a.pdf](http://www.minocw.nl/documenten/28964a.pdf)

[www.archined.nl/archined/5615.html](http://www.archined.nl/archined/5615.html)

[www.senternovem.nl](http://www.senternovem.nl)

[www.knmi.nl/klimaatverandering\\_en\\_broeikaseffect](http://www.knmi.nl/klimaatverandering_en_broeikaseffect)

[www.allesduurzaam.nl](http://www.allesduurzaam.nl)

[www.ecology.co.uk](http://www.ecology.co.uk)

[www.sasbe2009.com](http://www.sasbe2009.com)

[www.pbs.org](http://www.pbs.org)

[www.dezuidkas.nl](http://www.dezuidkas.nl)

[www.duurzamedatabase.nl](http://www.duurzamedatabase.nl)

[www.reproduct.net](http://www.reproduct.net)

[www.milieuziektes.nl](http://www.milieuziektes.nl)

[www.denationalebouwbeurs.nl](http://www.denationalebouwbeurs.nl)

[www.clubgreen.nl](http://www.clubgreen.nl)

[www.greenloans.nl](http://www.greenloans.nl)

**DEEL IV**

## Inhoudsopgave deel IV

1	Huidige bouwconcepten .....	3
1.1	IFD bouwen.....	3
1.2	Catalogusbouw .....	5
2	C2C bouwconcept.....	7
2.1	David Cohen: How long will it last? .....	7
2.2	Beschrijving van door MBDC C2C gecertificeerde materialen .....	8
2.2.1	Gevelmaterialen .....	8
2.2.2	Houtproducten .....	13
2.2.3	Isolatiematerialen.....	14
2.2.4	Vloerafwerking .....	17
2.2.5	Bestrating .....	20
2.2.6	Hemelwatersystemen .....	21
2.2.7	Applicaties .....	22
2.2.8	Toeslagmaterialen .....	23
2.3	C2C materialen tool overzicht .....	24
3	Particulier opdrachtgeverschap .....	25
4	Pilot: Recht op Wind.....	27
4.1	Projectgegevens .....	28
4.1.1	Algemene gegevens.....	28
4.1.2	Projectomschrijving.....	28
4.2	Omgeving.....	30
4.2.1	Bodem .....	30
4.2.2	Lucht .....	30
4.2.3	Water.....	31
4.2.4	Flora & Fauna .....	31
4.3	Ontwerp woning.....	33
4.3.1	Ruimtelijk ontwerp.....	34
4.3.2	Comfort.....	36
4.3.3	Flora & Fauna .....	37
4.4	Installaties .....	38
4.4.1	Duurzame energieopwekking.....	39
4.4.2	Comfort.....	40

4.4.3	Flexibiliteit .....	42
4.5	Materialisatie.....	43
4.5.1	Hergebruik van restmaterialen op het kavel.....	44
4.5.2	Materialisatie te bouwen woning .....	46
4.6	Resultaten.....	47
4.6.1	Score per onderwerp.....	47
4.6.2	Totaal score .....	48
4.7	Totaal overzicht .....	49
4.8	Bronvermelding.....	52
4.8.1	Rapporten.....	52
4.8.2	Internet.....	52

# 1 Huidige bouwconcepten

## 1.1 IFD bouwen

**IFD Bouwen** De afkorting staat voor Industrieel Flexibel Demontabel Bouwen. Industrieel refereert naar een op industriële wijze, in een fabriek vervaardigd product. Onder industrieel bouwen wordt verstaan het samenvoegen (monteren) van industriële producten op de bouwplaats.

Industrieel geeft de wijze aan waarop het gebouw gerealiseerd wordt. De opvatting hierbij is, dat kwaliteit en efficiency toenemen bij productie in goed beheersbare omstandigheden en slechts overwegend montage op de bouwplaats.

Ook dit begrip zegt zowel iets over het bouwproces, de techniek als het ontwerp. De techniek wordt gekenmerkt door prefabricage en montage op de bouwplaats. Het ontwerp dient zodanig uitgewerkt te worden, dat prefabricage ook daadwerkelijk mogelijk is. Binnen het bouwproces wordt de werkvoorbereiding en de communicatie tussen de verschillende partijen steeds belangrijker. In verband met de productie in de fabriek, dienen beslissingen gestructureerd genomen te worden.

Flexibel betreft de mate van flexibiliteit die de mogelijkheid biedt tot verandering van een product en/of proceseigenschap. Flexibel is het centrale begrip in het IFD-programma. Het staat enerzijds voor de ruimtelijke flexibiliteit van een gebouw: is het flexibel ten opzichte van divers gebruik, indeling en uitbreiding of inkrimping. Anderzijds heeft flexibiliteit te maken met de manier waarop een gebouw tot stand komt. Flexibiliteit zegt hiermee iets over zowel het bouwproces, het ontwerp en de techniek die is toegepast.

Het ontwerp moet voldoende ruimte bieden om zinvol te variëren. De techniek kan aanpasbaarheid in de tijd (on)mogelijk maken en het ontwerp- en bouwproces dient keuzevrijheid een plaats te geven. Binnen flexibiliteit zijn te onderscheiden:

- keuzevrijheid: De mogelijkheid die aan de eerste gebruiker wordt geboden om tijdens het ontwerp- en het bouwproces invloed uit te oefenen op ontwerp en afwerking.
- aanpasbaarheid: De mate waarin volgende gebruikers eenvoudig wijzigingen kunnen doorvoeren of nieuwe functies kunnen herbergen.

Demontabel verwijst naar de mate waarin het gebouw of delen ervan uit elkaar kunnen worden gehaald. Bij dit begrip speelt de maatschappelijke verantwoordelijkheid. Vanuit deze invalshoek is demontabel bouwen van belang voor de mate waarin duurzaam met de beschikbare middelen wordt omgegaan, bij sloop of aanpassingen aan het gebouw. Demontabel typeert dan de gehanteerde technieken en in hoeverre materiaal opnieuw in te zetten of te hergebruiken is. In principe zijn flexibele en industriële technieken demontabel.

## 1.1.1 Keuze IFD-projecten

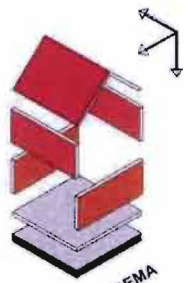
Projectnaam	Typologie	Bouwplaats	Bouwmethode	Flexibiliteit
	Grondgebonden woningen			
	Appartementen			
	Gemengd w/u			
	Binnenstedelijk			
	Uitleggegebied			
	Extreem kleine bouwplaats			
	Houtskeletbouw of houtpanelenbouw			
	Staalskeletbouw of staalframebouw			
	Betonskeletbouw			
	Grote elementen bouw			
	Unitbouw			
	Uitbreidbaar			
	Herverkalelbaar			
	Vrij indeelbaar			

Projectnaam	Stuelpaspecten			
		Casco facade	Projectpaviljoen	Trento Haarlem
	Projectgericht			
	Productinnovatie			
	Procesinnovatie			
	Bestaande voorraad			
	Industrieel bouwen			
	Flexibiliteit & keuzevrijheid			
	Programma-flexibiliteit			
	Installaties & infrastructuur			
	Betekenis voor een bepaalde sector			
	Demontabel bouwen			

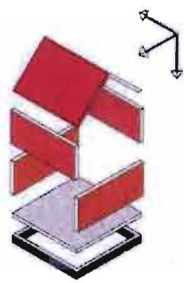
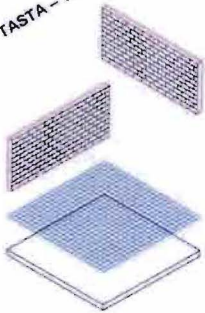
Projectnaam	IFD-producten			
		Casco facade	Projectpaviljoen	Trento Haarlem
	Infra+ vloer			
	VBI-leiding vloer			
	Wingvloer			
	Bestcon- vloer			
	Staal(frame) bouwvloer			
	Prefab houten vloer			
	Verhoogde vloer			
	Leidinggoot in vloer			
	Plintgoot			
	Verlaagd plafond in woningbouw			
	metal stud wanden			
	prefab (hsb) gevelelementen			
	Vouwpuien			
	Demontabele gevel			
	Tiara keuken installatie			
	Draadloos schakelmatenaal			
	Stekkerbaar elektra			
	Droog vloer verwarmingssysteem			

## 1.2 Catalogusbouw

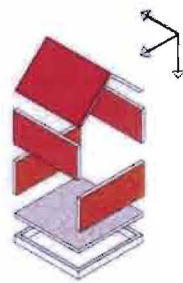
Hieronder worden de verschillende catalogusbouwsystemen per bedrijf in concept weergegeven.



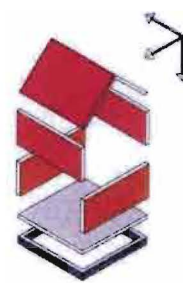
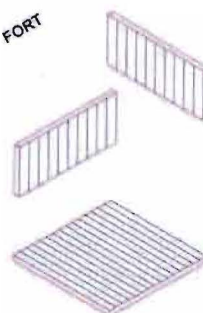
TASTA - TADEMA



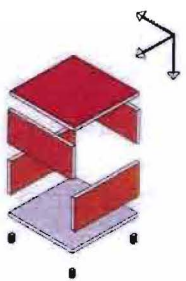
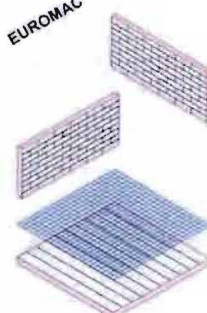
PLANNON



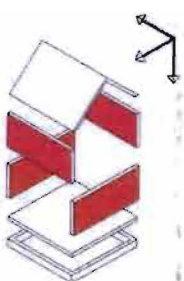
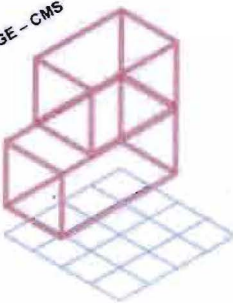
FORT



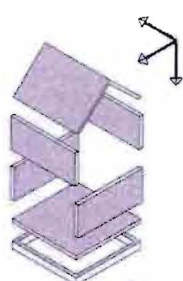
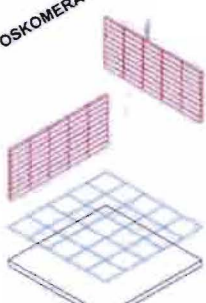
EUROMAG



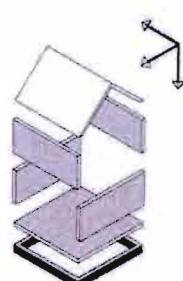
GE - CMS



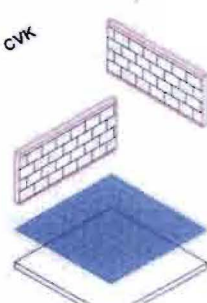
OSKOMERA



STAR - FRAME



CVK



**BOUWSYSTEEM**

TASTA – TADEMA

PLANNON

FORT

EUROMAC

GE – CMS

OSKOMERA

STAR - FRAME

CVK

cellenbeton-blokken

cellenbeton-elementen

houtskelet-bouw

gietbouw

montagebouw

montagebouw

staalframe-bouw

kalkzandsteen-elementen

**PRODUCT**

catalogus - woning

catalogus - woning

catalogus - woning

woning

bouwpakket

gevel - bouwpakket

casco / ruwbouw

casco / ruwbouw

**OPBOUW****Dak** vlak / hellend

grijs - frame-element / ruwbouw

rood - ruw- + afbouw

**Gevel**

grijs - binnenspouwblad

oranje - ruw- + afbouw

**Wanden**

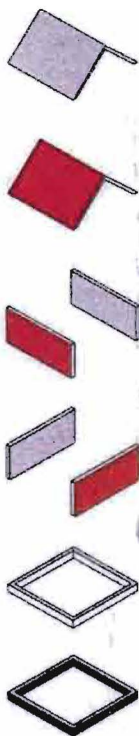
grijs - frame-element / ruwbouw

oranje - ruw- + afbouw

**Fundering**

licht - staalframe- houtskeletbouw

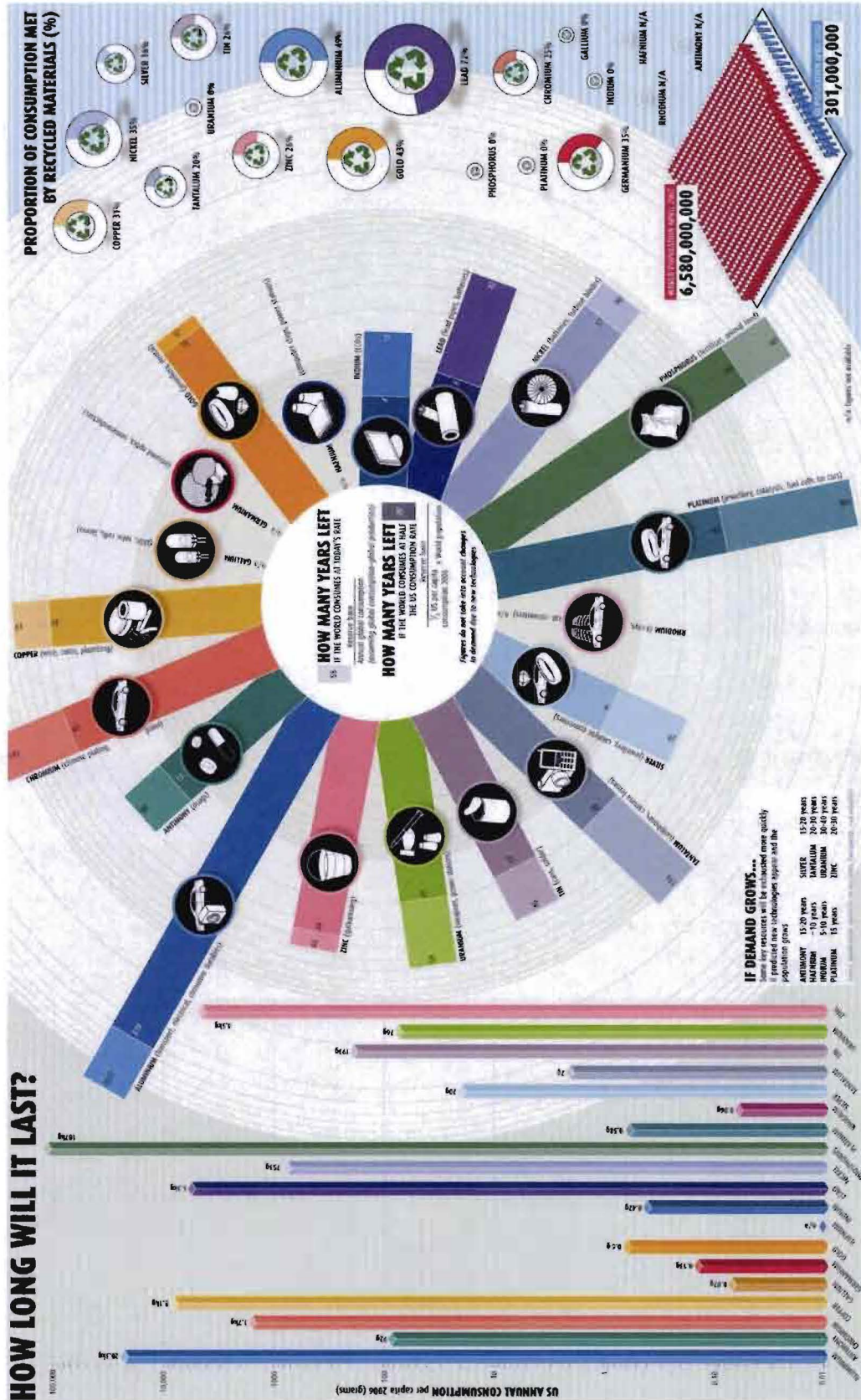
donker - gewapend beton





## 2 C2C bouwconcept

### 2.1 David Cohen: How long will it last?



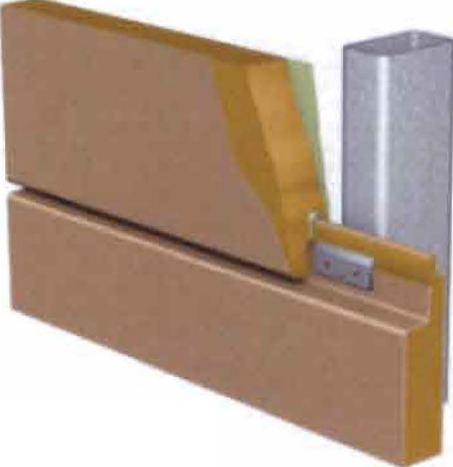
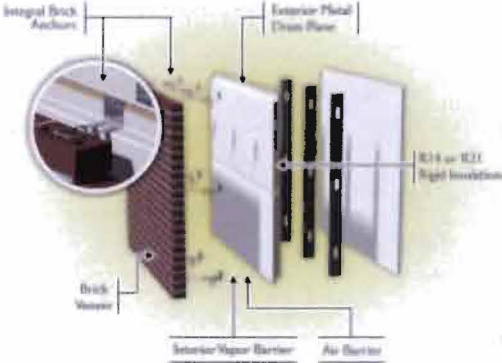

## 2.2 Gecertificeerde C2C materialen




Hieronder volgt een beschrijving van de op dit moment door MBDC gecertificeerde C2C materialen.

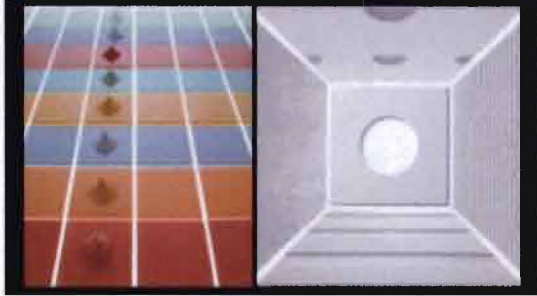
### 2.2.1 Gevelmaterialen

<p><b>CENTRIA</b> <b>EcoScreen™</b></p> <p>CENTRIA biedt geperforeerde screenwall panelen als Econolap 3/4", Style-Rib, en BR5-36 in 20 gage roestvrij staal. Deze panelen zijn voor 10% tot 40% open waardoor er een translucentscreen ontstaat wat licht controleert, lucht doorlaat en enige afscheiding biedt.</p> <p><a href="http://www.centria.com/C4/EcoScreen/default.aspx">www.centria.com/C4/EcoScreen/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: GOUD</b></p> 
<p><b>CENTRIA</b> <b>IW Series™</b></p> <p>IW Concealed Fastener Panels creëren verschillende visuele effecten. De panelen zijn bestadn tegen de weersomstandigheden en zowel geïsoleerd als ongeïsoleerd verkrijgbaar.</p> <p><a href="http://www.centria.com/C2/IWSeries/default.aspx">www.centria.com/C2/IWSeries/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>CENTRIA</b> <b>Profile Series™ Exposed Fastener Panels</b></p> <p>Exposed Fastener Panels zijn te buigen tot extreme hoeken of kunnen gebruikt worden om daken te realiseren en binnen- en buitenwanden.</p> <p><a href="http://greenworld.centria.com/profile/default.aspx">greenworld.centria.com/profile/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 


<p><b>CENTRIA</b> <b>Versawall® &amp; Versapanel®</b></p> <p>CENTRIA Versawall en Versapanel is een samengesteld geïsoleerd gevelpaneel. Het isolatiemateriaal bestaat uit CFC-vrij isocyanuraat foam dat wordt geïnjecteerd tussen de platen van het paneel, waardoor een sterk composiet ontstaat.. Versawall en Versapanel kan direct tegen een metal stud systeem of muurankers bevestigd worden. Door de fabrieks sealing toe te passen op de onderlinge aansluitingen van de panelen, wordt het geheel waterdicht.</p> <p><a href="http://greenworld.centria.com/versawall/default.aspx">greenworld.centria.com/versawall/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>CENTRIA</b> <b>SRS® Roofing</b></p> <p>CENTRIA SRS Structural Standing Seam Roof System is een mechanisch te bevestigen dak met geïntegreerde bevestigingsmiddelen. De panelen zijn in elke wenselijke lengte te produceren en zijn bestand tegen alle weersomstandigheden.</p> <p><a href="http://www.centria.com/C5/SSS/default.aspx">www.centria.com/C5/SSS/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>CENTRIA</b> <b>Formawall® Graphix Series™</b></p> <p>Formawall Graphix Series is een geïsoleerd gevelpaneel dat met verschillende andere soorten en kleuren panelen te koppelen is. Beide kanten van het paneel bestaat uit een dunne staalplaat, waartussen een CFC-vrije foam wordt geïnjecteerd die uitzet en verhard. Hierdoor ontstaat er een sterk maar licht gewicht geïsoleerd gevelpaneel. Het gevelpaneel is zowel horizontaal als verticaal te bevestigen op een achterliggend bevestigingssysteem. Het systeem is waterdicht otnworpen, waardoor er geen extra waterdichte laag hoeft te worden aangebracht.</p> <p><a href="http://greenworld.centria.com/formawall/default.aspx">greenworld.centria.com/formawall/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

<p><b>CENTRIA Foamwall</b></p> <p>Een Foamwall paneel is een geïsoleerd gevelpaneel dat is opgebouwd uit twee dunne gegalvaniseerde staal platen waartussen CFC en HCFC vrij polyisocyanuraat foam zich bevindt. Een paneel heeft een U-waarde van 0.44 W/m<sup>2</sup>K.</p> <p><a href="http://www.centria.com/wallpanels/foamwall/Pages/default.aspx">www.centria.com/wallpanels/foamwall/Pages/default.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>CENTRIA Services Group invelope™</b></p> <p>iNEVELOPE panelen zijn opgebouwd uit een laag isolatie, lucht en vocht begrenzing van hoge kwaliteit, en een metalen afvoerplaat in één. Een groot deel van de toegepaste materialen zijn gerecycled en milieuvriendelijk.</p> <p><a href="http://www.buildbetterwalls.com">www.buildbetterwalls.com</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>RHEINZINK® RHEINZINK Roof and Façade</b></p> <p>Gevels en daken die gemaakt zijn van RHEINZINK titanium zink hebben de certificering.</p> <p><a href="http://us.rheinzink.de/23.aspx">us.rheinzink.de/23.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

<p><b>ARXX Building Products Inc.</b> <b>PolySteel® ICF</b></p> <p>ARXX® Corporation produceert Insulating Concrete Forms (ICF) PolySteel® voor wanden en funderingen.</p> <p><a href="http://www.arxxbuild.com/products/">www.arxxbuild.com/products/</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Serious Materials, Inc.</b></p> <p>EcoRock is een groen alternatief voor een droge gipswand. Tijdens de productie van EcoRock worden er geen verwarmers en drogers gebruikt, waardoor er 80% minder CO2 wordt uitgestoten. EcoRock gebruikt 85% post-industrial gerecycled materiaal, waaronder afval van staal en cement fabrieken. Het product zelf kan aan het eind van haar levensduur gebruikt worden als pH toevoeging aan grond en terug gebracht worden als ruw materiaal voor een nieuw EcoRock product. EcoRock is schimmelvrij zonder chemische toevoegingen, bestand tegen ongedierte en verbetert de luchtkwaliteit doordat het vergeleken met andere gipswanden 60% minder stof afgeeft en tijdens de productie geen kwikgas afgeeft.</p> <p><a href="http://www.seriousmaterials.com/html/ecorock.html">www.seriousmaterials.com/html/ecorock.html</a></p>	<p><b>MBDC certificering: GOUD</b></p> 
<p><b>Las Vegas Rock</b> <b>Natural Stone Products</b></p> <p>Alle natuursteen producten van Las Vegas Rock hebben de Silver certificering, met uitzondering van de gevefde producten.</p> <p><a href="http://www.vegasrock.com">www.vegasrock.com</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

<p><b>Tagawa Sangyo Co., Ltd.</b> <b>Shikkui Plaster</b></p> <p>Shikkui Plaster is een traditionele Japanse leem pleister gemaakt van leem met een hoge calcium waarde, zeewier extracten, natuurlijke planten vezels en andere aggregaten. Deze leem pleister is geschikt voor zowel het interieur als het exterieur, en is verkrijgbaar in verschillende kleuren.</p> <p>Naast de CO2 absorberende werking van de leem pleister, krijgen door de hoge alkaliteit bacteriën, virussen en schimmels geen kans. Door de natuurlijke anti-staticiteit is er geen stof vorming op het pleisterwerk.</p> <p><a href="http://www.shikkui.com/shirokabe_overview.shtml">www.shikkui.com/shirokabe_overview.shtml</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Thoma Holz GmbH</b> <b>Thoma Holz100</b></p> <p>Bouwsysteem Holz100 bestaat voor 100% uit hout. De verticale en horizontale elementen zijn uit lagen opgebouwd en worden gekoppeld met houten deuvels. Deze deuvels zuigen, zodra ze in de constructie zijn verwerkt, het bouwvocht op en zwellen op waardoor de borging nog sterker wordt.</p> <p>Met het Holz100 bouwsysteem, kunnen woongebouwen tot wel 10 verdiepingen gebouwd worden. Binnen het bouwsysteem is zowel de thermische isolatie, brandwerendheid en de bescherming tegen stralingsoptimaliseerd.</p> <p><a href="http://www.thoma.at/html/english/index1.html">www.thoma.at/html/english/index1.html</a></p>	<p><b>MBDC certificering: GOUD</b></p> 




## 2.2.2 Houtproducten

<p><b>Titan Wood</b> <b>Accoya® Wood</b></p> <p>Accoya® wood komt van alle houtsoorten het meest overeen met tropisch hardhout. Accoya® wood heeft een niet-toxische behandeling ondergaan en bestaat uit snel groeiend hout uit duurzame bronnen.</p> <p><a href="http://www.accoya.com/accoya.html">www.accoya.com/accoya.html</a></p>	<p><b>MBDC certificering: GOUD</b></p> 
<p><b>Van Swaay Duurzaam Hout</b> <b>H2H® Products</b></p> <p>Dit houtproduct brengt de voordelen van Europese den en tropisch hardhout samen. Het hout is FSC gecertificeerd en behoeft geen verduurzamingsmiddel. De certificering geldt voor de H2H® Damwanden en H2H® Palen.</p> <p><a href="http://www.vanswaay.nl/gww.html">www.vanswaay.nl/gww.html</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>TimberSIL® Products</b> <b>TimberSIL® Wood Products</b></p> <p>TimberSIL is een houtproduct vanwege haar samenstelling niet geconserveerd hoeft te worden. Door de kwaliteiten van hout en glas chemisch te combineren ontstaat er een houtproduct dat niet-toxisch, constructief stabiel, tot 50% sterker, twee keer zo hard, minder onderhoudsbehoevend is dat meerdere levenscyclussen meegaat.</p> <p><a href="http://www.timbersilwood.com/product-info.html">www.timbersilwood.com/product-info.html</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

## 2.2.3 Isolatiematerialen

<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>Styrofoam™ Spray Polyurethane Foam Insulation</b></p> <p>STYROFOAM™ Brand Spray Polyurethane Foam (SPF) (CM Series) vormt een naadloze, monolithisch geheel aan de binnenzijde van metall stud wanden. Door gaten en scheuren te vullen met deze spray schuim, wordt infiltratie door lucht uitgesloten. Dit isolatiemateriaal mag alleen aangebracht worden door een getrainde SPF applicator. Zoals te zien op de afbeelding heeft de getrainde SPF applicator ook een pak aan. Dit wijst erop dat het isolatiemateriaal tijdens het aanbrengen ervan schade kan aanbrengen voor de huid en de luchtwegen.</p> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/products/insulation/spfcm.htm">building.dow.com/na/en/products/insulation/spfcm.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 
<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>SafeTouch™ Insulation</b></p> <p>SAFETOUCH heeft dezelfde isolerende eigenschappen als glaswol, maar is glaswolvrij. SAFETOUCH bestaat uit hetzelfde type vezel die gebruikt wordt in kleding en linnen, waardoor het de huid niet irriteert. De formaldehyde binders, acryl binders en boraten die voorkomen in traditionele isolatiematerialen, zitten niet in dit product. Dit thermisch en akoestisch isolatie materiaal bestaat uit polyethyleen terephthalate (PET) vezels, waardoor er geen speciale veiligheidskleding of gereedschap nodig is tijdens het toepassen van de isolatie.</p> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/products/insulation/safetouch.htm">building.dow.com/na/en/products/insulation/safetouch.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>Styrofoam SIS™ Brand Structural Insulated Sheathing</b></p> <p>STYROFOAM SIS™ Brand Structural Insulated Sheathing combineert drie functies in één product:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Constructieve stabiliteit</li> <li>2. Significante isolerende werking</li> <li>3. Waterkerende laag</li> </ol> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/sis/index.htm">building.dow.com/na/en/sis/index.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 





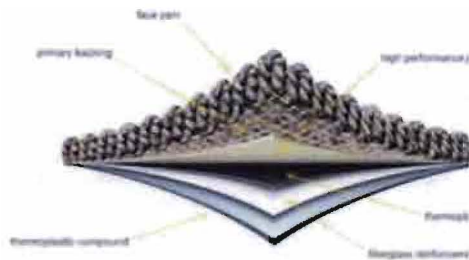
<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>THERMAX™ (ci) Exterior Insulation</b></p> <p>THERMAX™ (ci) Exterior Insulation is een drainagelaag en waterdicht isolatiemateriaal in één. De kern van polyisocyanuraat schuim is licht van gewicht en zorgt voor een van de hoogste Rc-waarden voor lange termijn thermische isolatie.</p> <p>Dit materiaal is nog niet geschikt om terug te brengen in de technosfeer. Dit komt door de statische lading van het materiaal zelf. Zodra het materiaal door matrijzen gehaald wordt om tot deeltjes gemalen te worden om tot een nieuwe plaat te komen, zullen de matrijzen door de statische lading van het materiaal vast lopen. Dit houdt de verwerking tot een nieuw product op dit moment tegen.</p> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/products/insulation/thermaxci.htm">building.dow.com/na/en/products/insulation/thermaxci.htm</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 
<p><b>Dow Building Solutions</b> <b>Styrofoam® XPS Insulation</b></p> <p>STYROFOAM(TM) brand XPS isolatie producten bieden de hoogste vochtwerendheid onder de huidige plastic isolatiematerialen. Dit materiaal kan toegepast worden op plaatsen waar een hoge vochtwerendheid vereist is, zoals bij groene daken en funderingen. De herbruikbare elementen hebben een hoge drukweerstand en zijn licht in gewicht en gemakkelijk te installeren.</p> <p><a href="http://building.dow.com/na/en/products/insulation/rigidfoam.htm#Building">building.dow.com/na/en/products/insulation/rigidfoam.htm#Building</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Synbra Technology bv</b> <b>BioFoam® Expandable Polylactic acid (PLA)</b></p> <p>BioFoam® wordt gemaakt van PLA. De lactaciden in maïs worden gepolimeriseerd, waardoor PLA ontstaat. BioFoam kan na gebruik als grondstof dienen voor een nieuw BioFoam product, of compleet aan de biologische kringloop worden toegevoegd. De grootste winst bij de productie van dit product wordt behaald door de CO<sub>2</sub> absorptie van de maïs tijdens de groei. Hierdoor komt de uitstoot van CO<sub>2</sub> tijdens de productie van PLA gebaseerd op lactaciden op een gemiddelde van 30-40%. Vergeleken met de productie van andere polymeren betekent dit een reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot van 60-70%.</p> <p><a href="http://www.biofoam.nl">www.biofoam.nl</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 

<p><b>Owens Corning Sales, LLC</b>  <b>AttiCat® Expanding Blown-In PINK Fiberglas™ Insulation</b></p> <p>Dit isolatiemateriaal is geschikt voor nieuwbouw en bestaande woningen, voor moeilijk bereikbare gebieden. Het compacte isolatiemateriaal wordt versnipperd door de AUTOCUTTER machine, waarna de virgin PINK glasvezel deeltjes in de wand worden geblazen. Door de stilstaande lucht tussen de deeltjes wordt de isolerende werking vergroot en zullen de deeltjes niet zakken waardoor de isolerende werking behouden blijft. Het materiaal verliest niet de isolerende eigenschappen met de tijd. Er is geen toevoeging van vuurwerende chemicaliën nodig en het materiaal rot niet, weert schimmels en insecten.</p> <p>Binnen de AUTOCUTTER komt het isolatiemateriaal vrij in het volledig gesloten systeem</p> <p><a href="http://insulation.owenscorning.com/homeowners/insulation-products/atticat.aspx">insulation.owenscorning.com/homeowners/insulation-products/atticat.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Owens Corning Sales, LLC</b>  <b>PROPINK Complete™</b></p> <p>Owens Corning PROPINK Complete™ Blown-in Wall System is ontworpen voor alle gesloten holten, inclusief wanden en plafonds. Met deze isolatiemethode is elke wenselijke Rc-waarde te behalen.</p> <p><a href="http://insulation.owenscorning.com/homeowners/insulation-products/propink-loosefill.aspx">insulation.owenscorning.com/homeowners/insulation-products/propink-loosefill.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 


## 2.2.4 Vloerafwerking

<p><b>Construction Specialties, Inc.</b> <b>PediTred®</b></p> <p>PediTred® matten houden gebouwen vrij van vuil, sneeuw en water. Hierdoor gaan de onderhoudskosten omlaag en is het gebouw gezonder voor haar gebruikers. PediTred bevat recyclebaar aluminium, laag VOC tapijt en PVC-vrije connectors.</p> <p><a href="http://www.c-sgroup.com/entrance-flooring">www.c-sgroup.com/entrance-flooring</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Royal Mosa</b> <b>Unglazed Floor Tiles</b></p> <p>De tegels zijn functioneel, praktisch in gebruik en onderhoud, en gaan lang mee.</p> <p><a href="http://www.mosa.nl/en/collection/search-in-collection.aspx">www.mosa.nl/en/collection/search-in-collection.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 
<p><b>Las Vegas Rock</b> <b>Natural Stone Products</b></p> <p>Alle natuursteen producten van Las Vegas Rock hebben de Silver certificering, met uitzondering van de geverfde producten.</p> <p><a href="http://www.vegasrock.com">www.vegasrock.com</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 

<p><b>Tagawa Sangyo Co., Ltd.</b> <b>Limix</b></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p>
<p>De Limix (ライミックス) tegel is een volledig natuurlijk, Shikkui, materiaal gevormd onder extreme druk om dezelfde hardheid eigenschappen te creëren als marmer. Het product is antistatisch wat stof vorming voorkomt en dood bacteriën en schimmels vanwege het hoge alkalische gehalte van de tegel. Vergeleken met gebakken leem, gebruikt het productieproces van de tegel 80% minder energie en is de uitstoot van CO<sub>2</sub> laag.</p> <p><a href="http://www.shikkui.com/limix_overview.shtml">www.shikkui.com/limix_overview.shtml</a></p>	
<p><b>Shaw Industries, Inc.</b> <b>Epic Hardwood</b></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p>
<p>De binnenste laag van Epic hardhout, EnviroCore™, is gemaakt van gerecycled zaagsel afkomstig van de productie van andere producten. Epic 3/8" hardhout bevat 50% minder nieuw hout dan conventioneel 3/8" hardhout producten en minder dan 1/3 hiervan wordt gebruikt in vergelijkbare houten vloeren. Het gebruikte hardhout is afkomstig van duurzame bossen in Noord Amerika.</p> <p>Vanwege de hoge vochtweerstand is het product in elk klimaat toe te passen. Ook is de acclimatisering periode korter, ontstaan er geen brede aansluitnaden en vanwege de duurzame finish is het bestand tegen intensief gebruik.</p> <p><a href="http://www.shawfloors.com/hardwood-floors">www.shawfloors.com/hardwood-floors</a></p>	

<p><b>Desso B.V.</b> <b>Pallas Carpet Tiles</b></p> <p>De tapijttegels van Desso zijn in 60 kleuren verkrijgbaar en eindelijk volledig recyclebaar. Deze tapijt tegel behoort tot de technische kringloop.</p> <p><a href="http://www.desso.com/Applications/BusinessCarpets/CarpetSearch.aspx">www.desso.com/Applications/BusinessCarpets/CarpetSearch.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: BASIC</b></p> 
<p><b>Shaw Industries, Inc.</b> <b>EcoWorx® Tile</b></p> <p>De EcoWorks tapijttegel bevat 40% gerecycled materiaal en heeft een levenslange garantie tegen rafelen, delaminatie en degradatie door vocht. Daarnaast is de tapijttegel eindelijk recyclebaar en de rug van de tapijttegel is PVC-vrij.</p> <p><a href="http://www.shawcontractgroup.com/html/html/capabilities/cap_sustain2.shtml">www.shawcontractgroup.com/html/html/capabilities/cap_sustain2.shtml</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 


## 2.2.5 Bestrating

<b>Eagle Corporation</b> <b>Solite Lightweight Aggregate</b>	<b>MBDC certificering: SILVER</b>
<p>Solite is geëxpandeerd leisteen uit een draaiende oven. Het ruwe leisteen materiaal uit de steengroeve, wordt gewonnen en gemalen tot een ideale grootte voor het brand proces. Hierdoor wordt de leisteen rood gloeiend en zodra de steen uit de oven komt, wordt deze een klinker genoemd. Nadat de klinker is afgekoeld, wordt deze gemalen tot verschillende gradaties.</p> <p><a href="http://www.solitellc.com/index.html">www.solitellc.com/index.html</a></p>	
<b>Eagle Corporation</b> <b>Eagle Bay Hardscape Products</b>	<b>MBDC certificering: SILVER</b>
<p>Eagle Bay Hardscape Products permeabele bestrating zorgt voor hydratatie van de onderliggende grond door het opvallende hemelwater.</p> <p><a href="http://www.eaglebayusa.com/products_sfrima.html">www.eaglebayusa.com/products_sfrima.html</a></p>	
<b>Eagle Corporation</b> <b>H.T. Ferron Redi-Rock Retaining Wall System</b>	<b>MBDC certificering: SILVER</b>
<p>Het Redi-Rock retaining wall systeem wordt door Eagle Corporation H.T. Ferron's ter plaatse gemonteerd waardoor er controle op de kwaliteit van het systeem kan worden uitgevoerd. De fundering, muren en top elementen maken de constructie van de wand compleet. Een hoogte van 15' is mogelijk zonder extra constructieve maatregelen. Elk blok weegt 2400 pond waardoor de stabiliteit van de wand is gewaarborgd. Het interlocking systeem maakt het ook mogelijk om bolle en holle wanden (zelfs in ronde vormen) uit te voeren.</p> <p><a href="http://www.htferron.com/redi_rock.html">www.htferron.com/redi_rock.html</a></p>	

## 2.2.6 Hemelwatersystemen

<p><b>RHEINZINK®</b> <b>RHEINZINK Gutter and Downspouts</b></p> <p>Gootsystemen, regenwater collectoren en accessoires van RHEINZINK titanium zink zijn gecertificeerd vanwege hun innovatieve technologie, simpele assemblage en installatie, en levensduur.</p> <p><a href="http://us.rheinzink.de/33.aspx">us.rheinzink.de/33.aspx</a></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p> 
<p><b>Rain Technologies Inc.</b> <b>RainTube®</b></p> <p>RainTube is een vooraanstaand bedrijf in de hemelwater opvang, goot bescherming en water opslag industrie als het gaat om milieu en sociale verantwoordelijkheid. De gebruikte materialen bestaan aan het begin van het productieproces uit afval en aan het eind van het gebruik van het product is het volledig terug te brengen in het proces als voedend materiaal voor nieuwe RainTube producten. Het energieverbruik voor de productie en onderhoud van RainTube is substantieel minder dan van concurrerende bedrijven. Daarnaast wordt er tijdens de productie vrijwel geen water verbruikt en geen afval geproduceerd.</p> <p>De vormgeving van de RainTube zorgt voor minder onderhoud en voorkomt verstopping in de goot, doordat hier vrijwel niets meer in kan vallen.</p> <p><a href="http://www.raintube.com">www.raintube.com</a></p>	<p><b>MBDC certificering: GOLD</b></p> 

## 2.2.7 Applicaties

<p><b>Alcoa, Inc.</b> <b>Kawneer InLighten® Light Shelf</b></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p>
<p>InLighten® Light Shelf is onderdeel van een serie standaard design elementen die daglicht passief dieper een ruimte in brengen door het daglicht via het element en het plafond te reflecteren. Het gebruik van kunstlicht neemt hierdoor sterk af. Het element kan direct bevestigd worden aan Kawneer 1600 Wall System®1, 1600 Wall System®2, 1600 Wall System®3 en 1600 Wall System®5. Het element zelf is gemaakt van geëxtrudeerd aluminium die geanodiseerd kunnen worden. De certificering is behaald voor het materiaal, de recyclebaarheid en de productiewijze.</p> <p><a href="http://www.kawneer.com/kawneer/north_america/en/product.asp?cat_id=1344&amp;prod_id=1852">www.kawneer.com/kawneer/north_america/en/product.asp?cat_id=1344&amp;prod_id=1852</a></p>	
<p><b>LITECONTROL</b> <b>Architectural Lighting Fixtures</b></p>	<p><b>MBDC certificering: SILVER</b></p>
<p>Litecontrol ontwikkelt energie efficiënte verlichtingssystemen die ontwikkelt zijn op de kwalitatieve eisen van de visuele omgeving met zo min mogelijk impact op de fysische omgeving. Er wordt ingezet op eco-vriendelijke materialen, ontwerp en productieprocessen, verpakkings- en transport procedures, en afval en recycling programma's. De certificering geldt niet voor de lichtbron, het voorschakelapparaat of de externe bedrading.</p> <p><a href="http://www.litecontrol.com">www.litecontrol.com</a></p>	



<b>Armstrong World Industries</b> <b>Tierra™ Acoustical Ceiling Tile</b>	<b>MBDC certificering: SILVER</b>
<p>De akoestische plafond tegel Tierra bevat een BioAcoustic™ substraat gemaakt van jute, een natuurlijke vezel die groeit van zaad tot oogst in 90 dagen. Tierra bestaat voor 45% uit de snel hernieuwbare vezel en voor 23% uit gerecycled materiaal. Aan het eind van de levensduur kan het materiaal gerecycled worden in het Armstrong Ceiling Recycling Program. De plafondtegels bevat geen toegevoegde formaldehyde, heeft een klasse A brandweerstand en een geluidsreductiecoëfficiënt (NCR) van 0,85.</p> <p><a href="http://www.armstrong.com/commceilingsna/article52089.html?cid=abpuscom0209tierra">www.armstrong.com/commceilingsna/article52089.html?cid=abpuscom0209tierra</a></p>	

### 2.2.8 Toeslagmaterialen

<b>Hycrete, Inc.</b> <b>Hycrete® Concrete Additive</b>	<b>MBDC certificering: SILVER</b>
<p>Regulier beton absorbeert water en alles wat daarin is opgelost. Door de toevoeging van Hycrete wordt het beton hydrofoob. Rondom de wapening ontstaat een beschermende laag, waardoor corrosie wordt uitgesloten en de volledige constructie wordt waterdicht waardoor er geen extra membranen nodig zijn. Hiermee gaan de bouwkosten omlaag, de bouwsnelheid omhoog en wordt het milieu gespaard.</p> <p><a href="http://www.hycrete.com">www.hycrete.com</a></p>	

### 2.3 C2C materialen tool overzicht

Constructief										
materiaalnaam	Leemsteen	Accoywood	Platowood	Robinia (db)	Lariksdelen (db)	Pierre de roches	Aluminium	Kalkzandsteen	Verzinkt staal	
meetresultaat	91,7%	89,9%	88,8%	87,5%	86,8%	78,5%	68,1%	59,7%	52,8%	
materiaalnaam	Gewapend beton	Staal	Betonsteen	Baksteen	Galamineerd hout	Gipsblokken				
meetresultaat	51,4%	49,5%	45,1%	43,8%	39,6%	23,0%				

Isolatie										
materiaalnaam	Houtvezelplaat	HR glas	Kokosvezelplaat	Geëxpandeerde kurk	Vlas	Stro(halen)	(E)PS	Steenwol	Schapevool	
meetresultaat	86,8%	85,4%	79,9%	77,8%	76,4%	71,4%	68,8%	63,5%	63,2%	
materiaalnaam	Resolschuim	Cellulose	Glaswol	Hennep	PUR					
meetresultaat	46,5%	41,7%	34,7%	32,2%	29,5%					

Buitenaferking										
materiaalnaam	Groene gevel	Accoywood	Platowood	Robinia (db)	HR glas	Pierre de roches	Aluminium	Zink	Cementstuc	
meetresultaat	91,0%	89,9%	88,8%	87,5%	85,4%	78,5%	68,1%	66,7%	59,0%	
materiaalnaam	Keramische tegels	Natuursteen	Verzinkt staal	Gewapend beton	Staal	Volkem	Betonsteen	Baksteen	Galamineerd hout	
meetresultaat	59,0%	56,9%	52,8%	51,4%	49,3%	47,2%	45,1%	43,8%	39,6%	

Waterkering										
materiaalnaam	Lood	(E)PS	Zink	Keramische tegels	(HD)PE	EPDM	PVC	SBR	Bitumen (APP)	
meetresultaat	73,8%	68,8%	66,7%	59,0%	58,3%	49,8%	43,1%	41,7%	29,2%	

Binnenafwerking										
materiaalnaam	Accoywood	Platowood	Robinia (db)	Lariksdelen (db)	Leemstuc	Pierre de roches	Aluminium	Zink	Hout in technosfeer	
meetresultaat	89,9%	88,8%	87,5%	86,8%	81,9%	78,5%	68,1%	66,7%	59,0%	
materiaalnaam	Keramische tegels	Cementstuc	Natuursteen	Kalkstuc	Verzinkt staal	FSC (zach)hout geveert	Staal	Volkem	Gipskarton platen	
meetresultaat	59,0%	59,0%	56,9%	54,2%	52,8%	52,8%	49,3%	47,2%	44,4%	
materiaalnaam	Anhydriet (ro)	OSB (db)	Galamineerd hout	Gipsvezelplaat	Bamboe plaat	Houtvezelcement plaat				
meetresultaat	41,0%	41,0%	39,6%	36,8%	32,6%	25,7%				

Legenda:	
Rood	0-50%
Oranje	50-75%
Groen	75-100%

### 3 Particulier opdrachtgeverschap



*Aandeel belangstellenden voor particulier opdrachtgeverschap (bron: WBO 2002)*



*Aandeel nieuwbouwwoningen dat via particulier opdrachtgeverschap is gerealiseerd (bron: NBS 2005)*

#### 4 Pilot: Recht op Wind

Dit rapport omvat de uitwerking van de vrijstaande woning 'Recht op Wind', aan de Rottekade 8 te Bergschenhoek, middels het 'Cradle to Cradle toepassingsmodel voor vrijstaande woningen'. De vrijstaande woning 'Recht op Wind' is de pilot binnen het afstudeeronderzoek 'De weg naar Cradle to Cradle'. Op basis van de bevindingen tijdens de uitwerking van deze pilot, zal het toepassingsmodel daar waar nodig aangepast worden.

De uitwerking is opgedeeld aan de hand van de volgorde van de tabbladen in het toepassingsmodel. Allereerst worden de 'Projectgegevens' van de pilot uiteengezet waarin de algemene gegevens en projectomschrijving aan bod komen. Daarna worden de kwaliteiten van de 'Omgeving' in kaart gebracht. Deze kwaliteiten zijn onderverdeeld in de categorieën bodem, lucht, water en flora & fauna. Vervolgens worden er bouwkundige ontwerp aanbevelingen geboden voor het 'Ontwerp van de woning'. Deze aanbevelingen zijn onderverdeeld in de categorieën ruimtelijk ontwerp, comfort en flora & fauna. Aanvullend op de bouwkundige ontwerp aanbevelingen worden de benodigde 'Installaties' besproken voor de duurzame energieopwekking en het comfort. Voor de 'Materialisatie' van de pilot kan er een keuze gemaakt worden uit de op dit moment in Nederland beschikbare C2C gecertificeerde materialen en de C2C materialen uit de C2C materialentool met een score hoger dan 75%.

De 'Resultaten' van het doorlopen van het C2C toepassingsmodel voor vrijstaande woningen worden tot slot in matrixvorm gegeven en opgesomd in het 'Totaaloverzicht'. Hiermee kan de particuliere opdrachtgever communiceren met de gemeente, architect, aannemer, constructeur en installateur.

## 4.1 Projectgegevens

# I. PROJECTGEGEVENS

### ALGEMENE GEGEVENS

**Projectnaam:** 
**Plaats:**

**Adres:** 
**Gemeente:**

**Postcode:**  
**Provincie:**

**Datum invoer:** 
**Datum laatste wijziging:**

### PROJECTOMSCHRIJVING

**Kavelgrootte:**  m<sup>2</sup>
**Aantal bewoners:**

**Bestaande bebouwing op kavel:** 
**Max. aantal gasten:**

**Hoogte omliggende bebouwing of groen:**  m<sup>1</sup>

**Omsluiting door:**

	bebouwing	oriëntatie	oriëntatie
<input checked="" type="checkbox"/>	woningen	[Klik hier]	[Klik hier]
<input type="checkbox"/>	industrie	[Klik hier]	[Klik hier]
<input type="checkbox"/>	tuinbouwkassen	[Klik hier]	[Klik hier]

infrastructuur			
<input checked="" type="checkbox"/>	vliegveld < 50km		
<input checked="" type="checkbox"/>	autoweg < 5km		

	natuur	oriëntatie	oriëntatie	afstand tot kavel
<input checked="" type="checkbox"/>	kanaal / rivier	Oost	[Klik hier]	< 50m
<input checked="" type="checkbox"/>	stoot	Zuid	[Klik hier]	< 50m
<input type="checkbox"/>	kuststrook	[Klik hier]	[Klik hier]	[Klik hier]
<input type="checkbox"/>	meer	[Klik hier]	[Klik hier]	[Klik hier]
<input type="checkbox"/>	waterwingebied	[Klik hier]	[Klik hier]	[Klik hier]
<input checked="" type="checkbox"/>	bomen	West	Zuid	< 100m
<input type="checkbox"/>	struiken	[Klik hier]	[Klik hier]	[Klik hier]

Figuur 1: Tabblad 'Projectgegevens'

### 4.1.1 Algemene gegevens

De vrijstaande woning 'Recht op Wind' wordt de eerste Cradle to Cradle vrijstaande woning ter wereld. In opdracht van de particuliere opdrachtgever en architect J.M. Post wordt deze woning gebouwd aan de Rottekade 8 te Bergschenhoek in de gemeente Lansingerland. De heer Post zal deze woning samen met zijn vrouw betrekken.

### 4.1.2 Projectomschrijving

Op de percelen Rottekade 7 en 8 zijn momenteel twee-onder-één-kap woningen aanwezig. De woning met huisnummer 7 zal worden gehandhaafd als losse helft van een voormalige twee-onder-één-kap woning. De woning met huisnummer 8 zal worden gesloopt en vervangen door een nieuwe vrijstaande woning. Wel zal één van de twee huidige bijgebouwen op het perceel Rottekade 8 wordt behouden.

Het perceel heeft een omvang van ongeveer 550 m<sup>2</sup>. Het kavel wordt aan de oost- en zuidzijde omsloten door respectievelijk de Rotte en een uitmonding daarvan, te zien in Figuur 2. Het plangebied valt binnen de aanliegroute van Rotterdam Airport en wordt ontsloten door een autoweg.



Figuur 2: Bestaande situatie Rottekade 8

## 4.2 Omgeving

# II. OMGEVING

### BODEM

Bodemkwaliteit:

Kwaliteit verhoging:

Grasoppervlak:  m<sup>2</sup>

Bebouwd oppervlak:  m<sup>2</sup>

Verhard oppervlak:  m<sup>2</sup>

Type bestrating:

Verharding:

### LUCHT

Luchtkwaliteit:

Luchtkwaliteit verbetering:

	CO <sub>2</sub> vastlegging (kg)		NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
	na 5 jaar	tijdens leven	opname	opvangen
Bomen	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!
Grasoppervlak		300		

### WATER

Rioolstelsel:

Waterkwaliteit:

Afkoppeling HWA:

Jaarlijkse neerslag:  mm

### FLORA & FAUNA

Aansluiting met EHS:

Dierenhuisvesting:

Geluidhinder:

Geluidwering:

Figuur 3: Tabblad 'Omgeving'

### 4.2.1 Bodem

Uit de bodemkwaliteitskaarten blijkt dat de gronden binnen het plangebied zijn aangewezen als lintbebouwing voor 1930 (gezoneerd en niet gezoneerd). Het historisch gebruik geeft geen aanleiding voor het mogelijk aantreffen van bodemverontreiniging. Het onderzoek naar de bodemkwaliteit wijst uit dat er geen verontreinigingen aanwezig zijn.

Het percentage verharding van het kavel geeft geen aanleiding tot extra groen compensatie in de vorm van groengevel of groendak. Door de bodem te infiltreren met hemelwater, blijft de kwaliteit van de bodem gehandhaafd.

### 4.2.2 Lucht

Met de nieuwbouw van een vrijstaande woning ter plaatse van Rottekade 8 neemt het aantal woningen ten opzichte van de bestaande situatie niet toe. De ontwikkeling draagt NIBM (niet in belangrijke mate) bij aan de verslechtering van de luchtkwaliteit.

De bijbehorende jaargemiddelde achtergrondconcentraties NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> in het jaar 2010 bedragen respectievelijk 26,1 µg/m<sup>3</sup> en 18,6 µg/m<sup>3</sup>. Hiermee wordt de jaargemiddelde grenswaarde 40 µg/m<sup>3</sup>



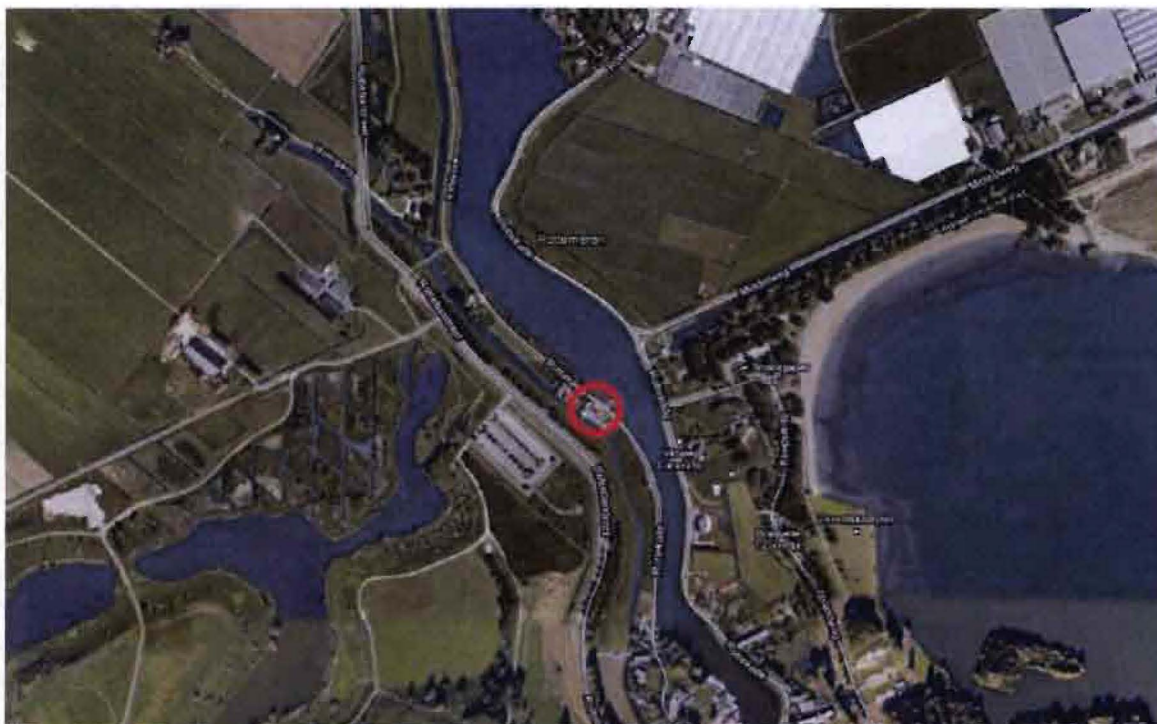
niet overschreden. Bij de achtergrondconcentratie voor  $PM_{10}$  is rekening gehouden met de voor de gemeente Lansingerland geldende correctie voor zeezout. Deze bedraagt  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De trend is dat de achtergrondconcentraties voor de beide stoffen in de toekomst zullen afnemen. Daarnaast draagt het grasoppervlak bij aan de opslag van  $\text{CO}_2$ .

#### 4.2.3 Water

Afvalwater wordt afgevoerd via het gemeentelijk riool (droogweerafvoer; DWA). Hemelwater dat op daken, parkeerverharding en opritten valt, dient bij voorkeur te worden afgekoppeld van het DWA. Door het afkoppelen van hemelwater van de DWA worden vuilwateroverstorten (in de omgeving) tegengegaan. De risico's van watergerelateerde ziekten en plagen worden hierdoor geminimaliseerd. Het hemelwater kan op deze manier ook gebruikt worden voor het wassen van de auto's en besproeien van de tuin.

De waterkwaliteit in Bergschenhoek van 8,5dH is gemiddeld. Er hoeft dan ook geen gebruik gemaakt te worden van een water onthardingsinstallatie.

#### 4.2.4 Flora & Fauna



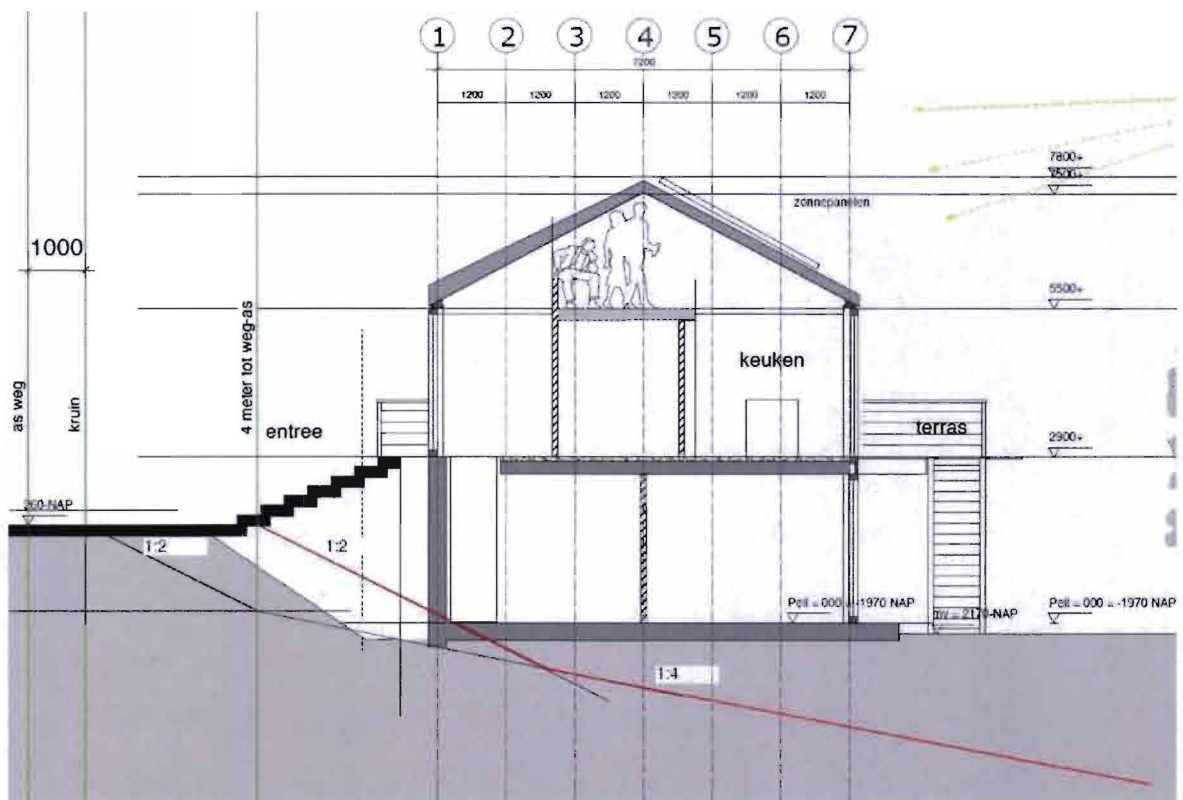
Figuur 4: Ligging plangebied aan de Rotte

Globaal wordt het kavel begrensd door het recreatiegebied "Het Hoge Bergse Bos" in het noorden, zuiden en westen en door de Rotte in het oosten, te zien in Figuur 4. Er zijn in het plangebied geen Rode Lijst soorten aangetroffen of te verwachten. Rode lijsten zijn lijsten waarop per land de in hun voortbestaan bedreigde dier- en plantensoorten staan. De bedreigde dier- en plantensoorten op de rode lijsten zijn niet wettelijk beschermd, tenzij ze ook in de Nederlandse Flora- en faunawet (april 2002) zijn opgenomen.

Overigens geldt voor alle in het wild levende planten- en diersoorten de zogenaamde zorgplicht. Dit houdt in dat "voldoende zorg" in acht moet worden genomen voor alle planten en dieren en hun leefomgeving. Concreet betekent dit dat bij ruimtelijke ontwikkeling gezorgd moet worden dat

dieren niet gedood worden en dat planten verplant worden. Ook dient gelet te worden op bijvoorbeeld de voortplantingsperiode van amfibieën en de zoogperiode van zoogdieren. Om bij te dragen aan de dierenhuisvesting op het kavel, worden er vogelkasten geplaatst. Op deze manier wordt de biodiversiteit gerespecteerd.

Zowel het wegverkeer als de luchtvaart zijn twee mogelijke bronnen ten aanzien van geluidhinder. Uit de berekeningsresultaten blijkt dat de voorkeurswaarde van 48 dB niet wordt overschreden als gevolg van het verkeer op de Rottebandreef. Ook het aspect luchtvaartlawaai vormt voor het vaststellen van het bestemmingsplan geen belemmering. Dit betekent dat de Wgh (Wet geluidhinder) geen belemmeringen levert voor de realisatie van de nieuwe woning. De oriëntatie van de woning zelf, terugliggend achter de dijk te zien in Figuur 5, draagt bij aan de geluidwering.



Figuur 5: Doorsnede 'Recht op Wind'

## 4.3 Ontwerp woning

## III. ONTWERP WONING

## RUIMTELIJK ONTWERP

	doel	uitwerking
<input checked="" type="checkbox"/>	effectief ruimtegebruik	minimaliseren circulatieruimte
<input checked="" type="checkbox"/>	bepalen warmtevraag	brievenbus buiten, compact bouwen, warm water aansluiting was- en/of afwasmachine
<input checked="" type="checkbox"/>	huishoudelijke recycling	integreer de glas-, papier-, plastic- en compostbak
<input type="checkbox"/>	geen van bovenstaande	

## Flexibiliteit:

	doel	uitwerking
<input checked="" type="checkbox"/>	aanpasbaar bouwen	scheiding drager en inbouw, scheidingwanden verplaatsbaar
<input checked="" type="checkbox"/>	demontabel bouwen	toepassen van demontabele verbindingen

ruimte	aantal	afmeting
bouwlagen	2	2,7 t/m 2,9 m <sup>1</sup>
totaal vloeroppervlak		240 m <sup>2</sup>

## COMFORT

## Verwarmen:

	middel	uitwerking
<input type="checkbox"/>	ruimtelijk ontwerp	warmte behoevende functies op het zuiden
<input checked="" type="checkbox"/>	zon	zon geïntendeerde plattegrond
<input type="checkbox"/>	bodem	ondergronds bouwen
<input type="checkbox"/>	geen van bovenstaande	

## Koelen:

	middel	uitwerking
<input type="checkbox"/>	ruimtelijk ontwerp	warmte ontwikkelende functies op het noorden
<input type="checkbox"/>	oriëntatie	reductie glas op het zuiden, zonwerende beglazing
<input checked="" type="checkbox"/>	schaduw	bomen, zonwering, klimaatdak, ramen terugleggen, overstek
<input checked="" type="checkbox"/>	water	vegetatie, adiabatische koeling
<input type="checkbox"/>	bodem	ondergronds bouwen
<input type="checkbox"/>	thermische massa	warmte accumulerende materialen
<input checked="" type="checkbox"/>	nachtelijke koeling	te openen ramen
<input checked="" type="checkbox"/>	materialgebruik	licht gekleurde materialen
<input type="checkbox"/>	geen van bovenstaande	

## Ventileren:

	middel	uitwerking
<input checked="" type="checkbox"/>	gevelopeningen	natuurlijke trek
<input checked="" type="checkbox"/>	bodem	opwarmen ventilatielucht
<input checked="" type="checkbox"/>	water	bevochtiging en koeling van de ventilatielucht
<input type="checkbox"/>	trapgat	natuurlijke trek
<input checked="" type="checkbox"/>	vide	natuurlijke trek
<input checked="" type="checkbox"/>	groen binnen	luchtzuiverend en bevochtigend: Areca palm, Rhapsis, Chamaedorea, Rubberplant, Dracaena Janet Craig, Vaantjesplant, Spriet plant
<input checked="" type="checkbox"/>	luchtkwaliteitsmeter	controle op luchtkwaliteit bij natuurlijke ventilatie
<input type="checkbox"/>	geen van bovenstaande	

Daglicht:		middel	uitwerking
<input checked="" type="checkbox"/>	daglichtopeningen		in wanden en dak
<input checked="" type="checkbox"/>	lichtkoof		daglichtinfiltratie door het dak
<input type="checkbox"/>	reflectie		water, spiegels, vloerafwerking, lichtplank
<input type="checkbox"/>	geen van bovenstaande		

Water:		middel	uitwerking
<input checked="" type="checkbox"/>	nationaal leidingwaternet		drinkwater
<input checked="" type="checkbox"/>	grijswater		wasmachine-, bad-, douchewater hergebruik voor toiletspoeling
<input checked="" type="checkbox"/>	hemelwater		regenton voor infiltratie, auto wassen

waterverbruik totaal:	<input type="text" value="92880"/> L/j	waarvan grijswater:	<input type="text" value="27302"/> L/j
waarvan drinkwater:	<input type="text" value="61102"/> L/j	waarvan hemelwater:	<input type="text" value="4476"/> L/j

### FLORA & FAUNA

Dakoppervlak:	<input type="text" value="120"/> m <sup>2</sup>	Waarvan groendak:	<input type="text" value="0"/> m <sup>2</sup>
Geveloppervlak:	<input type="text" value="264"/> m <sup>2</sup>	Waarvan groengevel:	<input type="text" value="0"/> m <sup>2</sup>

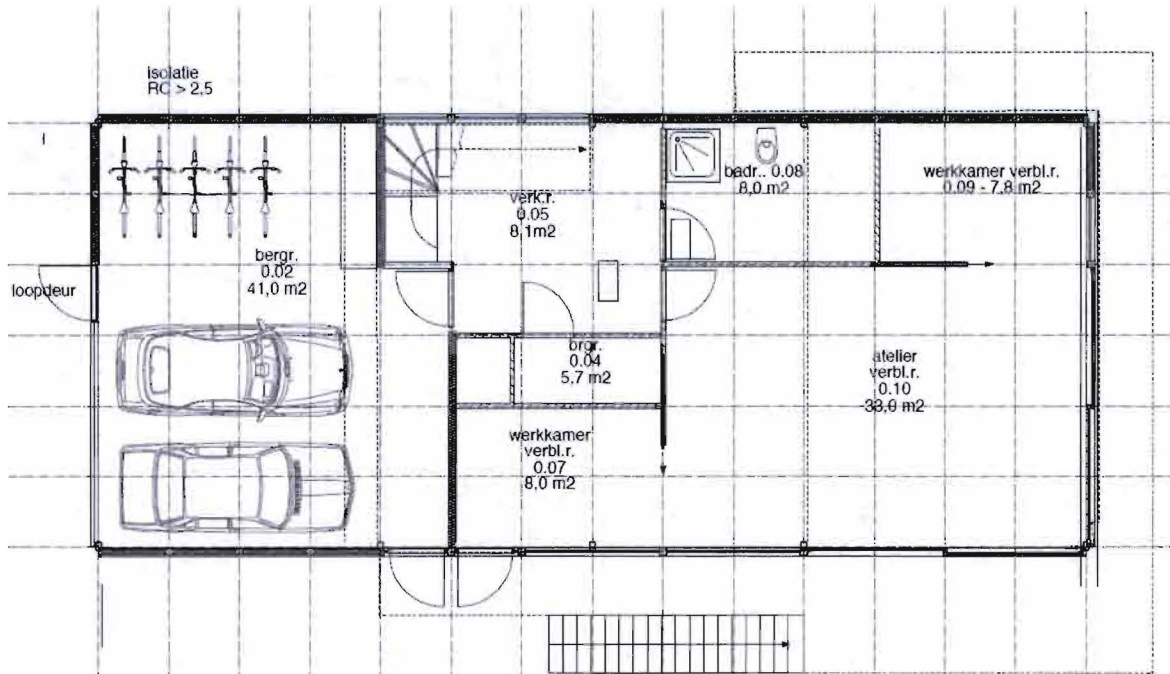
Groendak en groengevel is met sedum beplant:

Hoeveelheid op te vangen hemelwater via dak:  L/j

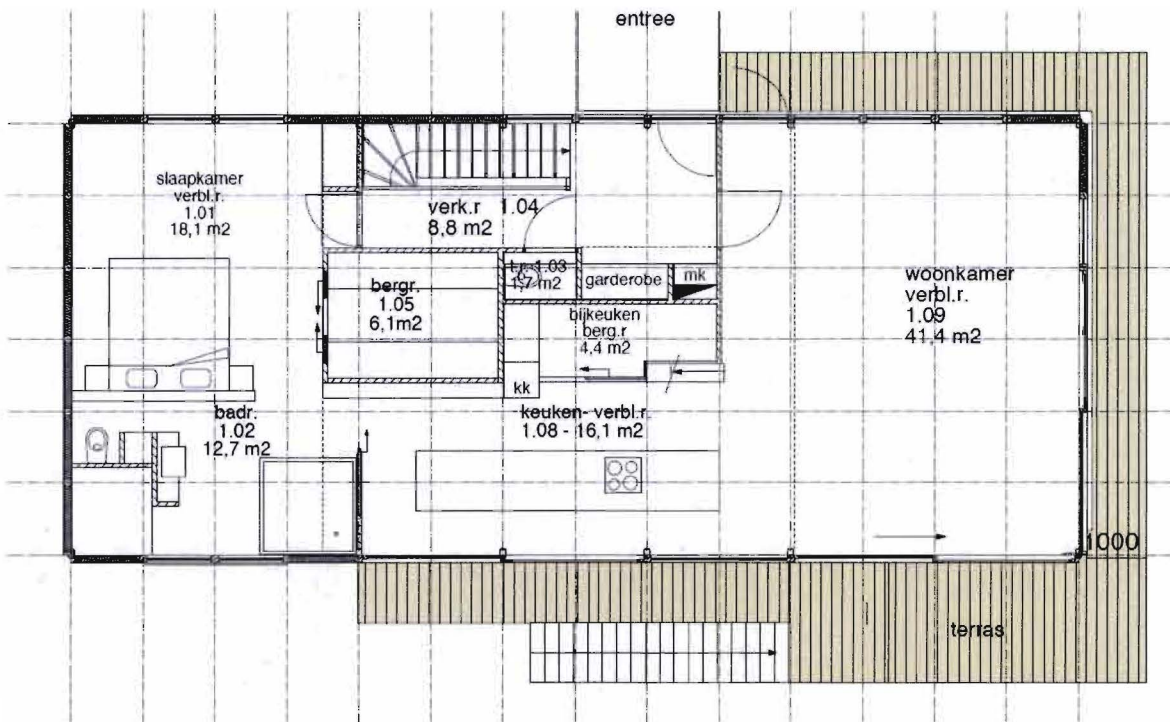
Figuur 6: Tabblad 'Ontwerp woning'

#### 4.3.1 Ruimtelijk ontwerp

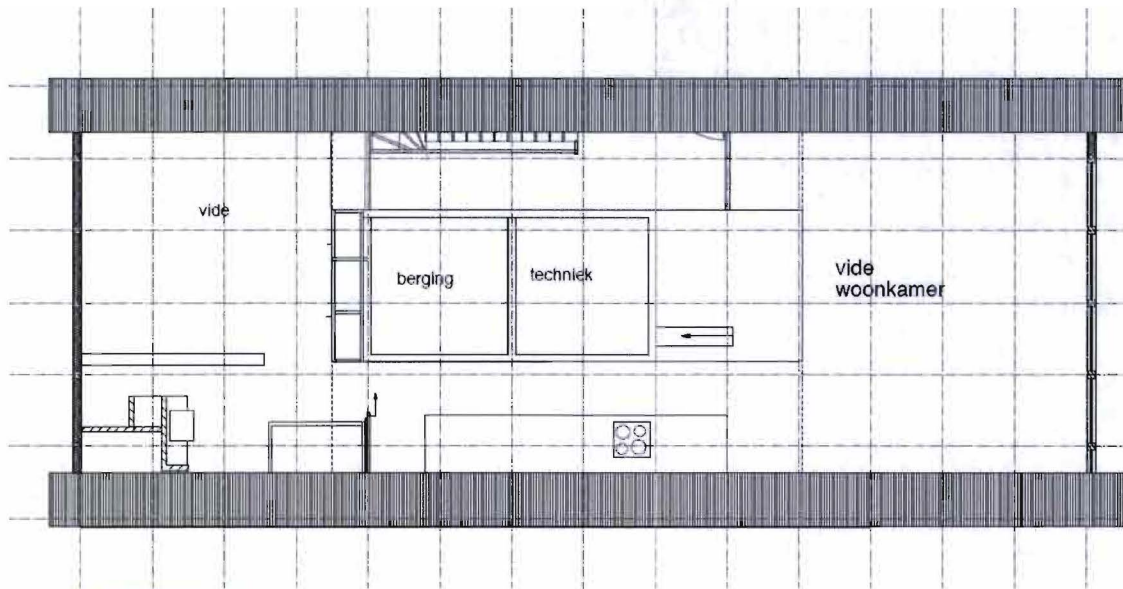
De nieuwe woning kent een totaal vloeroppervlak van 240 m<sup>2</sup> verdeeld over twee etages en staat vrij op het kavel. De plattegronden hiervan zijn te zien in Figuur 7 tot en met Figuur 9. Het effectieve ruimtegebruik zorgt voor een minimale bouwplot. Door compact te bouwen, de brievenbus buiten de woning te plaatsen en een warm wateraansluiting voor de was- en/of vaatwasmachine te plaatsen, wordt de warmtevraag van de woning beperkt gehouden.



Figuur 7: Plattegrond tuinniveau



Figuur 8: Plattegrond entreeniveau



Figuur 9: Plattegrond entresol

De ruimtelijke flexibiliteit van de woning is gerealiseerd door de stalen constructie van de woning die demonteerbaar en gescheiden is van de inbouw. Daarnaast zijn de scheidingswanden verplaatsbaar en is de verdiepingshoogte 2,8m. Deze ruimtelijke flexibiliteit zorgt ervoor dat de plattegrond van de woning in de loop der jaren eenvoudig te veranderen is, wat het woongenot vergroot.

Door huishoudelijke recycling te integreren in het ontwerp wordt het voor de bewoners gemakkelijk gemaakt om glas-, papier-, plastic-, en groenafval te scheiden.

#### 4.3.2 Comfort

Bij het ontwerp van een woning kunnen verschillende (bouwkundige) ontwerp oplossingen bijdragen aan het verhogen van het comfort. Hieronder worden de toegepaste (bouwkundige) ontwerp oplossingen per onderwerp uiteengezet.

**Verwarmen** De woning wordt aan de zuidwestzijde overwegend voorzien van glas. Op deze manier kan er optimaal gebruik gemaakt worden van de laagstaande winterzon. Door de zontoetreding in de winter zal de warmtevraag van de woning afnemen. De zonne warmte die binnen komt is echter wel afhankelijk van de toegepaste isolerende beglazing. In Tabel 1 is een indicatie van de energiewinst af te lezen.

Geveloriëntatie	Energiewinst (kWh/m <sup>2</sup> )			
	17°C	19°C	21°C	23°C
Zuid	90	55	20	17
ZZO/ZZW	75	40	5	-32
ZO/ZW	30	-5	-40	-77
Oost/West	-50	-85	-120	-157
Noord	-110	-145	-180	-217

*Georiënteerd voor zomerseizoen als bedrijfstijd (begin mei tot medio september)*

*Bron: Altevogt/Lentz, 1989*

Tabel 1: Energiewinst door instraling zonnewarmte per jaar bij diverse ruimtetemperaturen

**Koelen** Door het dak overstek, de veranda en een vrijstaande begroeide zonwerende wand aan de zuidoost zijde, wordt de zoninstraling in de zomer geweerd. De lokatie zelf zorgt voor een deel voor een adiabatisch voorgekoelde ventilatielucht, het kavel is immers omsloten door de rivier de Rotte en een uitmonding daarvan. Door gebruik te maken van nachtelijke koeling, door de ramen tegen elkaar open te zetten, is de temperatuur in de woning de volgende dag weer aangenaam.

**Ventileren** Natuurlijke ventilatie is vanuit de C2C filosofie gezien de juiste manier van ventileren. Het doel van ventileren is het waarborgen van een goede luchtkwaliteit. Het is dan ook van belang dat de vervuilde lucht in de woning wordt afgevoerd en er schone lucht wordt toegevoerd. Een natuurlijke ventilatiestroom kan op gang gebracht worden door het toepassen van gevelopeningen, mogelijk in combinatie met een vide om zo de luchtstroom extra op gang te brengen.

Bij het ontwerp van een woning die volledig gebruik maakt van natuurlijke ventilatie is het van groot belang om ten alle tijde het comfort te bewaken, denk hierbij aan het tegengaan van tocht verschijnselen en het waarborgen van een goede luchtkwaliteit met een luchtkwaliteitsmeter<sup>(5)</sup>. Luchtzuiverende en bevochtigende kamerplanten als de Areca palm, Rhapis, Chamaedorea, etc. dragen ook bij aan een gezond binnenklimaat.

**Daglicht** De vele daglichtopeningen in de vorm van de glazen schuifpui en het dakraam zorgen voor veel daglicht toetreding. Voor het biologische ritme van de mens is dit zeer belangrijk. Daarnaast wordt door optimaal gebruik te maken van het licht van de zon, de vraag naar kunstmatige verlichting en daarmee het energieverbruik beperkt.

**Drinkwater** Drinkwater is schaars. Het is daarom zeer belangrijk om zuinig met drinkwater om te gaan en gebruik te maken van grijswater, huishoudelijk restwater, en hemelwater. Het gebruik van grijswater voor de toiletspoeling en het hemelwater voor infiltratie en het wassen van de auto, neemt het jaarlijkse drinkwaterverbruik van de woning af met 31.778 liter. Dit levert jaarlijks een financiële besparing op van  $31.778 \text{ liter} \times (\text{€ } 1,70 / 1.000 \text{ liter}) = \text{€ } 54,-$ .

Het toepassen van niet-uitloogbare bouwmaterialen voorkomt dat het hemelwater, dat wordt afgekoppeld naar het oppervlaktewater, wordt vervuild. In verband hiermee worden eisen gesteld aan de bij de daken, goten en leidingen te gebruiken materialen. Er mogen geen (sterk) uitloogbare materialen zoals koper, lood, zink, teerhoudende dakbedekking of geïmpregneerde beschoeiingen gebruikt worden op delen die met hemelwater in contact komen, zoals de dakbedekking, goten en pijpen of er moet voorkomen worden dat deze materialen kunnen uitloggen (bijvoorbeeld door het coaten van loodslabben).

#### 4.3.3 Flora & Fauna

De verharding op het kavel wordt verminderd met de bouw van de nieuwe woning. Deze afname in verharding draagt in positieve zin bij aan de flora & fauna. Extra groen aanplant in de vorm van groengevel of groendak ter bevordering van flora & fauna is hier dan ook niet noodzakelijk.

## 4.4 Installaties

## IV. INSTALLATIES

## DUURZAME ENERGIEOPWEKKING

## Gegevens huidige woning

Elektriciteitsbehoefte huidige woning:	770 kWh	Elektrische vloerverwarming:	12 m <sup>2</sup>
Totaal vloeroppervlak huidige woning:	240 m <sup>2</sup>		

## Gegevens nieuwe woning

Aanvullende elektriciteitsbehoefte:	0 kWh	Opbrengst windenergie:	kWh
Totale toekomstige elektriciteitsbehoefte:	5142 kWh	Opbrengst zonne-energie:	4650 kWh
Gas consumptie:	Koken	Energieleverancier:	Greenchoice

Totale CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar:

Gas consumptie		130
Electriciteitsvoorziening	+	0 kg
Bomen en gras	-	300 kg
<b>Totaal:</b>		<b>-170 kg</b>

## Duurzaam energiegebruik:

90%

Kengetallen

Windenergie

## COMFORT

## Verwarmen:

bron / opwekking	distributie	afgifte
Aardwarmtekorf	PE-waterleiding	LTV
0		

Regelbaarheid: 

## Koelen:

bron / opwekking	distributie	afgifte
Geen	0	0
0		

Regelbaarheid: 

## Warm tapwater:

bron / opwekking	distributie	afgifte
Zonnecollectorsysteem	PE-waterleiding	Waterbesparende kraan
0		

## Ventileren:

toevoer	distributie	afvoer
Natuurlijke toevoer	Ruimte	Natuurlijke afvoer

Regelbaarheid: 

## Water:

	bron / opwekking	distributie	afgifte
Leidingwater	Nationaal leidingnet	PE waterleiding	Waterbesparende kraan
Grijs water	Douche / wasmachine	PE waterafvoer	Watercloset, max. 4L
Hemelwater	Regenton	PE waterafvoer	Kraan

## FLEXIBILITEIT

Aanpasbaarheid: Leidinglengte: Bereikbaarheid: Uitbreidbaarheid: 

Home

Terug

Verder

Resultaat

Totaal overzicht



#### 4.4.1 Duurzame energieopwekking

Om een inschatting te maken van de benodigde hoeveelheid duurzame energie, is er een vergelijking gemaakt tussen het energieverbruik in de vorige woning van J.M. Post, 'Honingen 2' te Rotterdam, en het gemiddelde energieverbruik per huishouden volgens NIBUD. Deze vergelijking is hieronder in Tabel 2 weergegeven.

	Honingen 2	NIBUD
Elektrische energieverbruik per huishouden per jaar	7770 kWh	3402 kWh

Tabel 2: Vergelijking energieverbruik

Uit de vergelijking blijkt dat het energieverbruik van 'Honingen 2' veel hoger ligt dan de gemiddelde cijfers van NIBUD. Een verklaring voor dit hoge verschil in energiegebruik kan de elektrische vloerverwarming in de badkamer van de woning zijn. Dergelijke systemen staan bekend als energieverblindes. Voor een badkamer is een systeem met een minimaal vermogen van  $150\text{W}/\text{m}^2$  nodig en staat doorgaans 365 dagen per jaar, 4 uur per dag aan. In de badkamer van 'Honingen 2' zou dit betekenen dat het energieverbruik van het elektrische vloerverwarmingssysteem  $150\text{W}/\text{m}^2 \times 365 \times 4\text{h} \times 12\text{m}^2 = 2628\text{ kWh}$  per jaar is. Op basis van deze gegevens kan het verwachte energieverbruik van 'Recht op Wind' op ongeveer 5000 kWh per jaar gesteld worden.

Van dit gemiddelde verbruik wordt de opbrengst van de reeds aanwezige 2 zonne-panelen afgehaald, die mee worden genomen en geplaatst op de nieuwe locatie. Deze twee panelen van 200Wp met een afmeting van 1,45m x 1m, onder een hoek van  $36^\circ$  en op het zuid-westen gericht, leveren per jaar 300 kWh op. Dit betekent dat de totale elektrische energievraag wordt verminderd met 300 kWh, wat in dit geval neerkomt op een resterende elektrische energievraag van 4700 kWh per jaar.

Er moet wel rekening gehouden worden met de toekomstige aankopen van elektrische apparaten, dit kan in een toekomstig verbruik model door de bewoner zelf berekend worden (optellen van het jaarlijkse energieverbruik van de aan te schaffen apparaten).

De locatie van de woning is bepalend voor de mogelijke hoeveelheid op te wekken zonne- en windenergie. Ook deze gegevens worden meegenomen in de aanbeveling voor de duurzame energieopwekking.

**Mogelijkheden zonne-energie** Het is mogelijk om op het dak 33 stuks 200Wp zonne-panelen van 1,45m bij 1,0m te plaatsen. Er verhuizen al twee zonne panelen mee, wat betekent dat er nog 31 stuks te plaatsen zijn. Deze hebben een totale opbrengst van 4650 kWh per jaar, wat ongeveer overeenkomt met de elektrische energievraag van 4700 kWh per jaar. Een totaaloverzicht van de bijkomende kosten en baten is hieronder weergegeven in Tabel 3.

Overzicht kosten en baten van 31 zonnepanelen	
Deze zonnepanelen hebben een totaal vermogen van:	6200 Wp
De jaarlijkse opbrengst is:	4650 kWh
De aanschafkosten bedragen circa:	€ 26350
Kosten voor installatie:	Vanaf € 250,- (Verschilt per installateur)
Jaarlijkse kosten voor onderhoud:	€ 264
De geschatte subsidie per jaar is:	€ 1158 (Subsidiebedrag 2010)

Tabel 3: Overzicht kosten en baten van 31 zonnepanelen (bron: [www.adviesmodule.nl](http://www.adviesmodule.nl))

**Mogelijkheden windenergie** De opbrengsten van windturbines verschillen per lokatie. Voor de verschillende postcodegebieden is er voor de VAT (verticale as turbines) windturbines van de producent Turby door de TU Delft een opbrengstindicatie vastgesteld. Deze opbrengstindicatie is op basis van de gegevens van het KNMI inzake gemiddelde windsnelheden en terreinruwheden in het postcodegebied opgesteld. Omdat het gaat om gemiddelde waarden voor tamelijk grote gebieden kan de werkelijke opbrengst aanzienlijk afwijken, zowel in positieve-, als in negatieve zin. Een overzicht van de jaarlijkse elektrische energie opbrengsten bij verschillende masthoogte voor het postcodegebied 26xx van de lokatie van de pilot, is hieronder in Tabel 4 weergegeven.

Masthoogte( m)	5	10	20	30	40	50
Energieopbrengst (kWh)	457	1348	2986	4120	4836	5299

Tabel 4: Opbrengstindicatie Turby voor postcodegebied 26xx

Uit de bovenstaande gegevens blijkt dat er aan de elektrische energievraag van 4700 kWh kan worden voldaan, wanneer er een windturbine met een masthoogte van 40m van producent Turby wordt geplaatst.

**Energieleverancier** In Nederland zijn er in totaal 20 verschillende aansluitingen mogelijk voor het verkrijgen van elektrische energie. Energieleverancier Greenchoice behoort tot één van de duurzame energieleveranciers met een CO<sub>2</sub> uitstoot van 0 kg per kWh. CO<sub>2</sub> neutraal bouwen is één van de doelstellingen binnen C2C, daarom wordt er voor deze energieleverancier gekozen om de pieklasten op te vangen.

#### 4.4.2 Comfort

Ter aanvulling op de bouwkundige comfort mogelijkheden, worden hier de installatietechnische comfort verhogende mogelijkheden besproken. Hierin is een onderverdeling gemaakt naar de mogelijkheden voor verwarming & koeling, warm tapwatervoorziening en ventilatie. Vervolgens komen de systemen voor het waterverbruik aan bod en wordt er een advies gegeven over de toe te passen verlichting.

**Verwarming en koeling** Verwarming en koeling worden in deze paragraaf samen behandeld, omdat beide via hetzelfde installatiesysteem geleverd kunnen worden. De aardwarmtekorven kunnen zorgen voor de verwarming en koeling van de woning. Deze bodemwarmtewisselaar staat in verbinding met de E-WP (elektrische warmtepomp), die in de winter de bodemwarmte gebruikt en bijverwarmt om de gewenste temperatuur te krijgen. Uiteindelijk wordt de warmte afgegeven aan de ruimte middels LTV (lagetemperatuur verwarming). De distributie van en naar de systemen gebeurt via geïsoleerde PE-waterleidingen om het warmteverlies te beperken. Om een zo hoog mogelijk comfort te realiseren en de vraag naar warmte te beperken is de temperatuur per ruimte instelbaar.

Voor de koeling van de ruimten wordt verwacht dat de eerder besproken natuurlijke manieren van koeling voldoende zijn om het gewenste comfort te behalen. Mocht dit in de praktijk anders blijken te zijn, kan er alsnog gebruik gemaakt worden van het bodemwarmtewisselaarsysteem.

**Warm tapwater** Een zonneboilersysteem bestaat onder andere uit een zonnecollector en een voorraadvat. De zonnecollector vangt zonlicht op en zet de zonnestraling om in warmte in een speciale vloeistof. Hierbij komt geen CO<sub>2</sub> vrij. Deze warmte wordt opgeslagen in het voorraadvat en kan gebruikt worden voor het verwarmen van het leidingwater. De distributie van het leidingwater gebeurt in geïsoleerde PE-waterleidingen en wordt afgegeven middels een waterbesparende kraan. Voor de keuken kan er bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van een ééngreeps mengkraan en voor de badkamer een thermostaatkraan.

**Ventilatie** De woning wordt volledig natuurlijk geventileerd.

**Water** Zoals bij warm tapwater reeds is besproken, wordt er voor de distributie van water gebruik gemaakt van respectievelijk PE-waterleidingen en PE-waterafvoerleidingen. Als afgiftesysteem voor het leidingwater wordt er gebruik gemaakt van een waterbesparende kraan. Voor het grijswater is een waterbesparend toilet als afgiftesysteem aan te bevelen. En om makkelijk gebruik te kunnen maken van het hemelwater uit de regenton, is een hierop aangesloten kraan een uitkomst.

**Verlichting** De pilot maakt zolang de zon op is optimaal gebruik van daglicht. Gedurende de dag zal er dan ook alleen aanvullend gebruik gemaakt worden van kunstmatige verlichting. In de avond (en nacht) zal er volledig gebruik gemaakt worden van kunstmatige verlichting. De benodigde verlichting per ruimte is in Tabel 5 uiteengezet.

Advies verlichtingsterktes		
Ruimte/activiteit	Goede verlichting (lux)	Zeer goede verlichting (lux)
Woonkamer/verlichting werkvlak	500	1.000
Woonkamer/algemene verlichting	50	100
Woonkamer/sfeerverlichting	50	100
Keuken/verlichting werkvlak	250	500
Keuken/algemene verlichting	125	250
Slaapkamer, badkamer, toilet	250	500
Gang, trap, zolder, kelder	125	250
Bergruimte, garage	250	500
Kantoor/tekenkamer	1.000	2.000

Tabel 5: Advies verlichtingsterkte per ruimte/activiteit

Op dit moment is er in Nederland nog geen C2C gecertificeerde verlichting verkrijgbaar. Er wordt in deze paragraaf dan ook een advies gegeven voor de meest milieuvriendelijke kunstmatige verlichtingsvorm van dit moment, LED-verlichting. Spaarlampen bevatten kwikdamp, een zwaarmetaal, schadelijk voor mens en milieu. Om deze reden moeten spaarlampen als ze kapot zijn verwerkt worden als klein chemisch afval. Een LED-lamp bevat geen schadelijke stoffen.

In vergelijking met de gloeilamp en de halogeen lamp, is de verlichtingssterkte van LED-armaturen minimaal 3x zo hoog. Het energieverbruik van LED-verlichting is vele malen lager dan de alternatieve armaturen en de levensduur velen malen hoger. Daarnaast is de warmteontwikkeling bij LED-verlichting tot een minimum beperkt. Deze warmte zal dus ook niet weg gekoeld hoeven te worden.

Een voorbeeld van een LED-verlichting producent is Nimbus. Deze producent biedt een breed scala aan mogelijke toepassingen van LED-verlichting in verschillende kleurtemperaturen. Het verouderde beeld dat LED-verlichting blauw en kil licht geeft, gaat bij deze producent tegenwoordig niet meer op. In de studio van Arpalight zijn de verschillende mogelijkheden in een mock-up te ervaren.

#### 4.4.3 Flexibiliteit

Alle installaties zijn met demonteerbare verbindingen aan elkaar verbonden, waardoor het complete installatiesysteem volledig aanpasbaar is. Er wordt ook gebruik gemaakt van een flexibel stopcontactstelsel in de plint. Door de installaties te plaatsen in een technische ruimte en door de LTV los tussen de vloer te leggen, is de bereikbaarheid van de installaties optimaal.

In het ontwerp voor de woning is er gedeeltelijk rekening gehouden met de kortst mogelijke leidinglengten. Hier gaat het woongenot voor. Wel zijn er voorzieningen getroffen voor telefoon, data en elektra, deze zijn uitbreidbaar in de toekomst.

## 4.5 Materialisatie

## V. MATERIALISATIE

## HERGEBRUIK RESTMATERIALEN OP HET KAVEL

Op eigen grond:	<input type="text"/>	%	Via bouw.tweedehands.net:	<input type="text"/>	%
Via Marktplaats:	<input type="text"/>	60	Via overig:	<input type="text"/>	%
Via www.kringloopnet.nl:	<input type="text"/>	%			
Hergebruik totaal:	<input type="text"/>	60			

## MATERIALISATIE TE BOUWEN WONING

Voor de materialisatie kan er gekozen worden uit de onderstaande C2C materialen. Voor alle overige materialisatie gelden de vragen hiernaast over de toxische en de PVC houdende materialen.

Gebruik van toxische materialen:	<input type="text"/>	Nee
Gebruik van PVC materialen:	<input type="text"/>	Nee

## CONSTRUCTIEVE TOEPASSINGEN

Hout:	<b>product</b>	<b>C2C</b>	Steen:	<b>product</b>	<b>C2C</b>	
	<input type="checkbox"/> Holz 100	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Leemsteen	<input type="checkbox"/>	
	<input checked="" type="checkbox"/> H2H	<input type="checkbox"/>		Toeslagmateriaal:	<b>product</b>	<b>C2C</b>
	<input checked="" type="checkbox"/> Accoya Wood	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> Hycrete	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Platowood	<input type="checkbox"/>			<b>C2C gecertificeerd</b>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Robina (db)	<input type="checkbox"/>			<b>C2C-materialentool</b>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Lariksdelen (db)	<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/> Pierre de roches	<input type="checkbox"/>					

## GEBOUWSCHIL

Elementen:	<b>product: CENTRIA</b>	<b>C2C</b>	Isolatiemateriaal:	<b>product</b>	<b>C2C</b>
	<input checked="" type="checkbox"/> Ecoscreen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Styrofoam	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> IW series	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Styrofoam XPS	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Profile series	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Styrofoam SIS	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Versawall	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Safe Touch	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Versapanel	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Thermax	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Formawall	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Biofoam	<input type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/> Foamwall	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Houtvezelplaat	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> iNVELOPE	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Kokosvezelplaat	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> SRS Roofing	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Geëxpandeerde kurk	<input type="checkbox"/>
	<b>product</b>	<b>C2C</b>		<input type="checkbox"/> Vlas	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Rheinzink	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/> Shikkui Plaster	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/> Lood	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/> HR+ glas	<input type="checkbox"/>				

AFBOUW							
Vloertegels:	<table border="1"> <tr><td>product</td><td>C2C</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> Mosa tegels</td><td></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Tagawa Limix</td><td></td></tr> </table>	product	C2C	<input checked="" type="checkbox"/> Mosa tegels		<input type="checkbox"/> Tagawa Limix	
product	C2C						
<input checked="" type="checkbox"/> Mosa tegels							
<input type="checkbox"/> Tagawa Limix							
Akoestische plafond tegel:	<table border="1"> <tr><td>product</td><td>C2C</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> AW Tierra</td><td></td></tr> </table>	product	C2C	<input type="checkbox"/> AW Tierra			
product	C2C						
<input type="checkbox"/> AW Tierra							
Vloerbedekking:	<table border="1"> <tr><td>product</td><td>C2C</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Desso Pallas</td><td></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> PediTred</td><td></td></tr> </table>	product	C2C	<input type="checkbox"/> Desso Pallas		<input type="checkbox"/> PediTred	
product	C2C						
<input type="checkbox"/> Desso Pallas							
<input type="checkbox"/> PediTred							
INSTALLATIES							
Hemelwater-systeem:	<table border="1"> <tr><td>product</td><td>C2C</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> Rheinzink</td><td></td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> Raintube</td><td></td></tr> </table>	product	C2C	<input checked="" type="checkbox"/> Rheinzink		<input checked="" type="checkbox"/> Raintube	
product	C2C						
<input checked="" type="checkbox"/> Rheinzink							
<input checked="" type="checkbox"/> Raintube							
Riolering:	<table border="1"> <tr><td>product</td><td>C2C</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> Euroceramic</td><td></td></tr> </table>	product	C2C	<input checked="" type="checkbox"/> Euroceramic			
product	C2C						
<input checked="" type="checkbox"/> Euroceramic							
Leidingen:	<table border="1"> <tr><td>product</td><td>C2C</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> DSM</td><td></td></tr> </table>	product	C2C	<input checked="" type="checkbox"/> DSM			
product	C2C						
<input checked="" type="checkbox"/> DSM							
<table border="1"> <tr> <td>Home</td> <td>Terug</td> <td>Verder</td> <td>Resultaat</td> <td>Totaal overzicht</td> </tr> </table>		Home	Terug	Verder	Resultaat	Totaal overzicht	
Home	Terug	Verder	Resultaat	Totaal overzicht			


Figuur 10: Tabblad 'Materialisatie'

#### 4.5.1 Hergebruik van restmaterialen op het kavel

In het tabblad 'Projectgegevens' is aangegeven dat er sprake is van te slopen bestaande bebouwing op het kavel. Hiervan wordt enkel de kas behouden op het kavel. Een deel van de restmaterialen uit de overige bebouwing op het kavel is her te gebruiken. Dit met het doel zowel het bouwafval te verminderen, als de totale bouwkosten van het project te verlagen. De restmaterialen kunnen immers een bron van inkomsten worden bij verkoop via de in het toepassingsmodel aangegeven media, in plaats van een kostenpost als zijnde bouwafval kosten.

Een overzicht van de her te gebruiken materialen op het kavel is in hieronder weergegeven:

HUIDIGE WONING	
<b>Hout:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambrisering</li> <li>• Houten vloer balken</li> <li>• Houten vloer planken</li> <li>• Houten dak liggers</li> <li>• Houten dak planken</li> <li>• Houten aftimmer platen</li> <li>• Houten constructie tussenmuren</li> </ul>
<b>Deuren:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Houten binnendeuren met vast glas (constructie afgetimmerd met houten platen)</li> <li>• Dichte houten binnendeuren (constructie afgetimmerd met houten platen)</li> <li>• Houten buitendeur met vast glas</li> <li>• Deurklinken</li> </ul>
<b>Ramen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schuin dakraam</li> <li>• Grote verticale schuiframen 3x (houten kozijnen)</li> <li>• Klein naar buiten draaiend raam met een horizontaal kiepraam (houten kozijnen)</li> <li>• Groot vast glas met naar buiten draaiend raamdeel incl ventilatierooster (houten kozijnen)</li> <li>• Dubbele naar buiten draaiende ramen (houten kozijnen)</li> <li>• Rond glas in lood raamwerk</li> <li>• Plat dakraam</li> </ul>

<b>Onderdelen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trap met 1 kwart incl leuning aan beide kanten</li> <li>• Laminaatvloer (woonkamer, ....)</li> <li>• Keukenblok</li> <li>• Toilet</li> <li>• Douche</li> <li>• Radiatoren 3x</li> <li>• Vensterbankplank 5</li> <li>• TL-lichtbakken</li> <li>• Dakpannen</li> <li>• HWA</li> <li>• Bakstenen</li> </ul>
<b>AANBOUW</b>	
<b>Totaal:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metalen kiep garagedeur</li> <li>• Afgestuct metselwerk</li> <li>• Houten dakliggers</li> <li>• Vierkant glas in lood raamwerk (9 glasplaatjes)</li> <li>• Buitendeur (houten constructie met vast glas)</li> <li>• Buitenverlichting</li> </ul>
<b>SCHUUR</b>	
<b>Totaal:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Golfplaten gevelbekleding</li> <li>• Golfplaten dakbedekking</li> <li>• Metalen kiep garagedeur</li> <li>• Houten constructie</li> <li>• Houten gevelplanken</li> <li>• Houten schuifdeur</li> <li>• Houten boomstammen 2x</li> </ul>
<b>TUIN</b>	
<b>Hekwerk:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Houten schutting (houten planken tegen houten palen)</li> <li>• Metalen hekje</li> </ul>
<b>Bestrating:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonnen tegels</li> <li>• Grind tegels</li> <li>• Los grind</li> </ul>
	

#### 4.5.2 Materialisatie te bouwen woning

Vanuit de C2C filosofie worden voor de constructieve toepassingen, gebouwschil, afbouw en installaties de volgende C2C gecertificeerde materialen aanbevolen:

C2C materialisatie	
<b>Constructieve toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H2H Products, Van Swaay Duurzaam Hout (MBDC: Silver)</li> <li>• Accoya Wood, Titan Wood (MBDC: Goud)</li> </ul>
<b>Gebouwschil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoscreen, Centria (MBDC: Goud)</li> <li>• Foanwall, Centria (MBDC: Silver)</li> <li>• SRS Roofing, Centria (MBDC: Silver)</li> <li>• Styrofoam XPS Insulation, Dow Building Solutions (MBDC: Silver)</li> </ul>
<b>Afbouw</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unglazed Floor Tiles, Royal Mosa (MBDC: Basic)</li> </ul>
<b>Installaties</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gutter and Downsprouts, Rheinzink (MBDC: Silver)</li> <li>• Rain Tube, Rain Technologies Inc. (MBDC: Goud)</li> </ul>



## 4.6 Resultaten

## VI. RESULTATEN

ALGEMENE GEGEVENS							
Projectnaam:	Recht op wind		Plaats:	Bergschenhoek			
Adres:	Rottekade 8		Gemeente:	Lansingerland			
Postcode:	26	61	Provincie:	Zuid-Holland			
Datum invoer:	27-10-2010		Datum laatste wijziging:	4-11-2010			
onderwerpen	score	onbekend	0%	25%	50%	75%	100%
OMGEVING	Bodemkwaliteit	36					
	Type bestrating	24					
	Verharding	24					
	Luchtkwaliteit	27					
	Rioolstelsel	18					
	Afkoppeling HWA	36					
	Dieren huisvesting	36					
	Geluidwering	12					
ONTWERP WONING	Ruimtelijk ontwerp	24					
	Flexibiliteit	36					
	Verwarmen	12					
	Koelen	24					
	Ventileren	24					
	Daglicht	24					
	Water	48					
INSTALLATIES	Duurzame energie	32					
	Gas consumptie	-16					
	CO <sub>2</sub> neutraal	32					
	Verwarmen	16					
	Koelen	10					
	Warm tapwater	12					
	Ventileren	12					
	Aanpasbaarheid	12					
	Bereikbaarheid	8					
	Leidinglengte	4					
Uitbreidbaarheid	8						
MATERIA- LISATIE	Hergebruik	24					
	Constructieve toepassingen	16					
	Gebouwschil	16					
	Afbouw	16					
	Installaties	16					
Max. score: 697		Behaalde totaal score: 623		C2C percentage: 89,4%			

Figuur 11: Tabblad 'Resultaten'

## 4.6.1 Score per onderwerp

In de resulterende staafdiagram, Figuur 11, is in één oogopslag af te lezen op welke onderwerpen binnen het toepassingsmodel er goed of slecht gescoord wordt. De kleurencodering rood = 0%,

oranje = 25%, geel = 50%, licht groen = 75% en donkergroen = 100% geeft aan in hoeverre het betreffende onderwerp C2C is afhankelijk van de gekozen C2C toepassingen in het model.

Zo is af te lezen dat er een verbeteringslag te behalen valt binnen het tabblad 'Omgeving' op de onderwerpen luchtkwaliteit en rioolstelsel. Binnen het tabblad 'Ontwerp woning' zijn er nog opties voor het verlagen van de warmtebehoefte van de woning. De gasconsumptie binnen het tabblad 'Installaties' wordt negatief afgerekend, omdat dit geen vorm van duurzame energie is. Daarnaast is er nog een materiaalbesparing te behalen op de leidinglengten van de installatiesystemen. Tot slot blijft er na hergebruik van een gedeelte van de restmaterialen op het kavel toch afval over.

#### 4.6.2 Totaal score

Het C2C percentage van 'Recht op Wind' komt uit op 89,4%. Dit percentage geeft aan hoe goed de woning en haar omgeving in totaal is afgestemd op C2C. Hoe hoger het percentage, des te beter de afstemming op C2C. De waardering die wordt gegeven aan het behaalde percentage van de woning is 'Goed'.

#### 4.7 Totaal overzicht

De in hoofdstuk 1 tot en met 5 besproken C2C toepassingen worden in het 'Totaal overzicht', Figuur 12, op de volgende pagina opgesomd. Voor de communicatie tussen de particuliere opdrachtgever en derden kan dit tabblad samen met het tabblad 'Resultaten' worden uitgeprint en meegenomen worden naar besprekingen.

## VII. TOTAAL OVERZICHT

## ALGEMENE GEGEVENS

Projectnaam:  Plaats:   
 Adres:  Gemeente:   
 Postcode:   Provincie:   
 Datum invoer:  Datum laatste wijziging:

## OMGEVING

Bodemkwaliteit:  Bebouwd oppervlak:  m<sup>2</sup>  
 Kwaliteit verhoging:  Verhard oppervlak:  m<sup>2</sup>  
 Grasoppervlak:  m<sup>2</sup> Type bestrating:   
 Verharding:   
 Luchtkwaliteit verbetering:
 

middel	CO <sub>2</sub> vastlegging (kg)	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
	na 6 jaar	tijdens leven	opname
			opwasigen
Bomen	0	0	0,00%
Grasoppervlak		300	

Afkoppeling HWA:  Geluidwering:   
 Dierenhuisvesting:

## ONTWERP WONING

Ruimtelijk ontwerp: **middel** **uitwerking**  
 effectief ruimtegebruik  
 beperken warmtevraag  
 huishoudelijke recycling  
 minimaliseren circulerieruimte  
 brievenbus buiten, compact bouwen  
 integreer de glas-, papier-, plastic- en compostbak

Flexibiliteit: **doel** **uitwerking**  
 aanpasbaar bouwen  
 demontabel bouwen  
 scheiding draager en inbouw, scheidingwanden verplaatsbaar  
 toepassen van demontabele verbindingen

ruimte	aantal	afmeting
bouwlagen	2	2,7 t/m 2,8 m <sup>2</sup>
totaal vloeroppervlak		240 m <sup>2</sup>

Verwarmen: **middel** **uitwerking**  
 zon  
 zon georiënteerde plattegrond

Koelen: **middel** **uitwerking**  
 schaduw  
 water  
 nachtelijke koeling  
 materiaalgebruik  
 bomen, zonwering, klimaatdak, ramen terugleggen, overstek  
 vegetatie, adiabatische koeling  
 te openen ramen  
 licht gekleurde materialen

Ventileren: **middel** **uitwerking**  
 gevelopeningen  
 bodem  
 water  
 vide  
 natuurlijke trek  
 opwarmen ventilatielucht  
 bevochtiging en koeling van de ventilatielucht  
 natuurlijke trek

Daglicht: **middel** **uitwerking**  
 daglichtopeningen  
 lichtkoof  
 in wanden en dak  
 daglichtinfiltratie door het dak

Water: **middel** **uitwerking**  
 nationaal leidingwater  
 grijswater  
 hemelwater  
 drinkwater  
 wasmachine, bad-, douchewater hergebruik voor toiletspoeling  
 regenon voor infiltratie, auto wassen

Flora & Fauna: Groendak:  m<sup>2</sup>  
 Groengevel:  m<sup>2</sup>

INSTALLATIES			
Totale toekomstige energiebehoefte:	<input type="text" value="5142"/> kWh	Opbrengst zonne-energie:	<input type="text" value="4650"/> kWh
Gas consumptie:	<input type="text" value="koken"/>	Energieleverancier:	<input type="text" value="Greenchoice"/>
Totale CO <sub>2</sub> uitstoot per jaar:		Duurzaam energiegebruik:	<input type="text" value="90%"/>
Gas consumptie	<input type="text" value="130"/> kg		
Electriciteitsvoorziening	<input type="text" value="0"/> kg		
Bomen en gras	<input type="text" value="300"/> kg		
Totaal	<input type="text" value="-170"/> kg		
Verwarmen:	<b>bron / opwekking</b>	<b>distributie</b>	<b>afgifte</b>
	Aardwarmtebron	PE-waterleiding	LTV
	<input type="text" value="0"/>		
Regelbaarheid:	<input type="text" value="Temperatuur is per ruimte instelbaar"/>		
Koelen:	<b>bron / opwekking</b>	<b>distributie</b>	<b>afgifte</b>
	Geen	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
	<input type="text" value="0"/>		
Regelbaarheid:	<input type="text" value="(klik hier)"/>		
Warm tapwater:	<b>bron / opwekking</b>	<b>distributie</b>	<b>afgifte</b>
	Zonnecollectorsysteem	PE-waterleiding	<input type="text" value="0"/>
	<input type="text" value="0"/>		
Ventileren:	<b>bron / opwekking</b>	<b>distributie</b>	<b>afgifte</b>
	Natuurlijke toevoer	Ruimte	Natuurlijke afvoer
Regelbaarheid:	<input type="text" value="Ventilatie is per ruimte instelbaar"/>		
Water:	<b>bron / opwekking</b>	<b>distributie</b>	<b>afgifte</b>
Ledingswater	Nationaal leidingnet	PE waterleiding	Waterbesparende kraan
Grijs water	Douche / Wasmachine	PE waterafvoer	Watercloset, max. 4L
Hemelwater	Regenton	PE waterafvoer	Kraan
Aanpasbaarheid:	<input type="text" value="Volledig aanpasbaar"/>	Leidingslengte:	<input type="text" value="Gedeeltelijk rekening mee gehouden"/>
Bereikbaarheid:	<input type="text" value="Installaties en leidingen bereikbaar"/>	Uitbreidbaarheid:	<input type="text" value="Telefoon, data en elektr. zijn uitbreidbaar"/>

MATERIALISATIE			
HERGEBRUIK RESTMATERIALEN OP HET KAVEL			
Hergebruik op eigen grond:	<input type="text" value="0"/> %	Hergebruik via bouw.tweedehands.net:	<input type="text" value="0"/> %
Hergebruik via Marktplaats:	<input type="text" value="60"/> %	Hergebruik via overig:	<input type="text" value="0"/> %
Hergebruik via www.kringloopnet.nl:	<input type="text" value="0"/> %		
Hergebruik totaal:	<input type="text" value="60"/> %		

MATERIALISATIE TE BOUWEN WONING				
Gebruik van toxische materialen:	<input type="text" value="Nee"/>			
Gebruik van PVC materialen:	<input type="text" value="Nee"/>			
Constructieve toepassingen:	<b>product</b>	<b>C2C</b>	<b>product</b>	<b>C2C</b>
	H2H		0	
	Accoya Wood		0	
Gebouwschil:	<b>product</b>	<b>C2C</b>	<b>product</b>	<b>C2C</b>
	Ecoscreen		Styrofoam XPS	
	Foamwall		0	
Afbouw:	<b>product</b>	<b>C2C</b>	<b>product</b>	<b>C2C</b>
	Mosa tegels		0	
Installaties:	<b>product</b>	<b>C2C</b>	<b>product</b>	<b>C2C</b>
	Rheinzink		Euroceramic	

Figuur 12: Tabblad 'Totaal overzicht'

## 4.8 Bronvermelding

### 4.8.1 Rapporten

Notitie: "Quickscan natuurtoets" (30 november 2009)

Rapport: "Flora- en faunatoets Rottekade 6 en 8 te Bergschenhoek" (mei 2010)

Rapport: "Bestemmingsplan "Rottekade 8"; vooronderzoek" (18 juni 2010)

Notitie: "Risicoberekening gastransportleiding W-521-01-KR-014 t/m 020" (4 mei 2010)

### 4.8.2 Internet

[http://verwarming.danfoss.com/xxTypex/118691\\_MNU17463750\\_SIT40.html](http://verwarming.danfoss.com/xxTypex/118691_MNU17463750_SIT40.html)

<http://www.arconell.nl/watuwetenoverele.html>

[www.adviesmodule.nl](http://www.adviesmodule.nl)

<http://www.gaslicht.com/energiebesparing/spaar-en-ledlampen.aspx>