



EEN CONTAINERWONING, EEN DUURZAAM EN FLEXIBELE OPLOSSING?

Een onderzoek naar een containerwoning, één ontwerp met vier gebruiksfuncties die permanent geplaatst kan worden, flexibel kan worden gebouwd en duurzaam gebruik maakt van materialen.

Bachelorscriptie

Auteurs:

Edwin Dudok, 2078579
Rico de Nies, 2071749

Opleiding:

Bouwkunde

Eerste begeleider:

Ir. M. Smits

Tweede begeleider:

Ir. E. Hendriks

Afstudeerbedrijf:

C3 Living

Bedrijfsbegeleider:

Dhr. M. Baetsen

Colofon

Document: Bachelorscriptie
Status: Definitief
Versie: 2

Titel: Een containerwoning, een duurzame en flexibele oplossing?
Ondertitel: Een onderzoek naar een containerwoning, één ontwerp met vier gebruiksfuncties die permanent geplaatst kan worden, flexibel kan worden gebouwd en duurzaam gebruik maakt van materialen.

Datum van publicatie: 10 januari 2017

Auteurs

Edwin Dudok
Studentnr.: 2078579
E-mail: Ehmdudok@avans.nl
Tel: 06 36 56 83 13
Adres: Noordhoekring, Tilburg

Rico de Nies
Studentnr.: 2071749
E-mail: rnies@avans.nl
Tel: 06 11 83 21 28
Adres: Willem Alexanderlaan, Melick

Kennisinstituut

Onderwijs: Avans Hogeschool
Opleiding: Bouwkunde
Afdeling: Academie bouw en infra
Eerste begeleider: Ir. M. Smits
Twee begeleider: Ir. E. Hendriks
Bezoekadres: Prof. Cobbenhagenlaan 13, 5037 DA, Tilburg

Bedrijf

Bedrijf: C3 Living
Opdrachtgever: Dhr. M. Baetsen
Bezoekadres: Industrieterrein 4, 5981 NK Panningen

1. Voorwoord

Wij, studenten van de opleiding Bouwkunde op Avans Hogeschool te Tilburg, zijn na drie jaar studeren aangekomen bij het afstudeerproces. Met de kennis die we hebben opgedaan op het gebied van bouwkunde zowel op het HBO als op het MBO leggen wij u dit afstudeerproject voor. Het document dat voor u ligt is onze afstudeerscriptie. In dit document nemen wij u mee langs onze afgelegde weg, van onderzoek tot het uiteindelijke product.

Hieronder volgt een korte introductie waarin wij toelichten hoe we bij C3 Living zijn gekomen. Beide zijn we erg geïnteresseerd in de transformatie van tijdelijke huisvesting naar permanente huisvesting in ontwikkelingslanden en rampgebieden. Deze transformatie van huisvesting sprak ons aan vanwege de ruimtelijke en technische transitie van de huisvesting. Vanuit deze interesse zijn wij uitgekomen bij het afstudeer atelier Borderless Engineering georganiseerd door afstudeerbegeleiders Eefje Hendriks en Michiel Smits.

Tijdens het zoeken naar een gepaste opdracht voor het afstuderen hebben we vaak gesproken met Eefje Hendriks en Michiel Smits. Uiteindelijk hebben wij vanwege privé omstandigheden besloten onze opgave niet in het buitenland te situeren, maar in Nederland een opdracht te zoeken.

Via Michiel Smits zijn we in contact gekomen met Marco Beatsen van C3 Living. C3 Living zocht studenten die het huidige concept, gebaseerd op een containerwoning, konden herzien van een tijdelijke huisvesting naar een permante huisvesting die te transformeren is binnen vier functies. Dit project sprak ons direct aan omdat het een project betreft met ruimtelijke en technische uitdagingen en er een transformatieproces aanwezig is.

Een uitgebreidere omschrijving van de aanleiding en probleemstelling kunt u verder lezen in “hoofdstuk 5. Inleiding”.

Hieronder zal het afstudeerproject verder benoemd worden als project en sluiten wij onze studentenrol af en gaan verder als starters onder de naam E.R. Group. Deze naam is opgesteld als fictieve onderneming die onze samenwerking symboliseert. De E.R. Group voert enkel werkzaamheden uit in opdracht van C3 Living. Overige activiteiten van en door derden worden niet onder deze naam uitgevoerd.

2. Samenvatting

De huidige maatschappij verandert snel, het wordt op allerlei terreinen (arbeid, zorg en consumptiegedrag) steeds dynamischer en de verschillende behoeftes van mensen lopen uiteen. Hierin spelen flexibiliteit en individualisering van de mens een grote rol. Deze veranderingen (trends) zien men niet terug op de woningmarkt, waardoor steeds meer mensen geen passende woning kunnen vinden. Het bedrijf C3 Living zoekt in deze maatschappelijke veranderingen een passende oplossing voor het niet passend wonen. Zij hebben een concept ontwikkeld waarbij een transportcontainer omgezet wordt naar huisvesting. Echter ondervinden zij binnen het concept verschillende problemen waardoor er een verbeterslag op het huidige concept gevraagd is.

De bedrijfsproblemen die zijn ontstaan met het huidige concept zijn: het concept voldoet niet aan permanente huisvesting, het beperkte gebruik van Cradle to Cradle materialen en dat de terugname van het product en daarbij de materiaal scheiding inefficiënt gebeurt. Daarnaast dient er meer flexibiliteit in de verbeterslag van het huidige concept aanwezig te zijn door viergebruiksfuncties (woon, zorg, kantoor en logiesfunctie) op te nemen in één ontwerp.

Het doel van het onderzoek is een verbeterslag maken op het huidige concept. De volgende onderzoeksvraag is hiervoor opgesteld: Hoe kan één ontwerp gemaakt worden, op basis van transportcontainers, voor vier gebruiksfuncties, dat voldoet aan permanente huisvesting volgens het Nederlandse Bouwbesluit, ontworpen vanuit Design for Disassembly en waar Cradle to Cradle materialen toegepast zijn?

De eerste stap die genomen is om de hoofdvraag te beantwoorden is het uitvoeren van een onderzoek naar de eisen vanuit Bouwbesluit. Hieruit is een ruimtelijk programma van eisen ontstaan en een toetsingsmodel voor het definitieve ontwerp. Vanuit deze eisen is gebleken dat er twee High Cube containers benodigd zijn. De tweede stap was het inzichtelijk maken van alle Cradle to Cradle materialen die toegepast kunnen worden in het project. De derde stap is het onderzoeken welke ontwerpvoorwaarden er aanwezig zijn in Design for Disassembly. Hieruit komt naar voren dat Design for Disassembly voor gebouwen twee onderdelen heeft. Het eerste onderdeel omvat de snelheid en efficiëntie van het assemblage en demontageproces en het tweede onderdeel omvat de levensduur en het onderhoud van het materiaal.

De vierde stap was het uitvoeren van een casestudie naar soortgelijke projecten en het toetsen van het huidige concept van C3 Living. Hiervoor zijn criteria opgesteld voor permanente huisvesting, Design for Disassembly, duurzaamheid, seriematige bouwmethodiek en woonkwaliteit. Uit de ingevulde tabellen komt naar voren dat er weinig projecten ontworpen zijn volgens Design for Disassembly en er weinig gebruikt gemaakt wordt van Cradle to Cradle materialen. Met behulp van de Casestudie zijn de ambities van de verbeterslag van het huidige concept opgesteld.

De vijfde stap was een selectieonderzoek naar de materialen, installaties en het ontwerp. Het selectieonderzoek materialisatie komt voort uit twee voorafgaande onderzoeken Cradle to Cradle en Design for Disassembly. De afweging van de materiaalkeuze is gemaakt aan de hand van een multicriteriatabel en een SWOT-analyse. Het selectieonderzoek installatie is een toetsing vanuit het bouwbesluit om een installatie te selecteren die voldoet binnen de EPC-grenzen. Daarbij waren enkele uitgangspunten opgesteld: geen gebruik van fossiele brandstoffen en kleine installatie. Hieruit is de volgende installatie gekozen: Elektrische opwekker (verwarming), Elektrische doorstroomer (warmtapwater) en ventilatiesysteem C – natuurlijke toevoer en mechanische afvoer.

Voor het maken van één ontwerp met een indeling van de vier gebruiksfunctie zijn verschillende schetsen gemaakt. Hierbij is een sterkte-zwakte analyse uitgevoerd op de verschillende varianten. Hieruit is het definitief ontwerp gekozen.

In de uitwerking van het definitief ontwerp wordt bij elk criteria een vergelijking gemaakt tussen het huidige concept, opgestelde ambities en eindproduct op basis van het toetsingsmodel afkomstig uit de casestudie.

Er dient er een nadere verdiepingsslag gemaakt te worden op de uitwerking en uitvoering van het definitief ontwerp. Zo zijn er in het project geen constructieberekeningen gemaakt en is de brandveiligheid van het ontwerp niet omschreven. Daarnaast dient de badkamer-unit technisch uitgewerkt te worden volgens Design for Disassembly, omdat het als key-element fungeert in het ontwerp.

3. Summary

Today's society has changed rapidly, it is in many fields (employment, health care and consumer) ever increasingly dynamic and the different needs of people varies. This responding to flexibility and individualization of humanity plays a big role. The housing market is responding insufficient to these changes (trends), thereby more people cannot find a suitable home. The company C3 Living is looking for appropriate housing solutions that accommodate these social changes. They have developed a concept where a transport container is converted to housing. However, they encounter within the concept different problems that require improvements.

The concept has the following problems: the concept does not meet permanent housing requirements, limited use of Cradle to Cradle materials and inefficient return and material separation of the product. In addition, there should be more flexibility in the improvement of the current concept by fitting four uses (residential, healthcare, office and accommodation) into one design.

The aim of the research is to make an improvement to the current concept. The related research question is: How can a design be created, that is based on shipping containers, that supports four use cases, fulfils permanent housing requirements according to the Dutch Building Act, is designed according to Design for Disassembly guidelines and where Cradle to Cradle materials are being used?

The first step to answer the main question is to research the demands of building regulations. The result is a list of spatial requirements and a test model for the final design. Furthermore, in order to fulfil the requirements two High Cube containers are required. The second step was to provide insight into all Cradle to Cradle materials that can be used into the project. The third step is to examine the design guidelines for Design for Disassembly. Design for Disassembly of buildings has two parts. The first part includes the speed and efficiency of the assembly and disassembly process and the second part is about the service life and the maintenance of the materials.

The fourth step was to perform a case study on similar projects and the assessment of the current concept of C3 Living. Criteria are established for permanent housing requirements, Design for Disassembly, sustainability, serial construction methods and quality of life. The completed tables reveal that few projects are designed according to Design for Disassembly guidelines and little use of Cradle to Cradle materials. By using the Case Study the ambitions for the improvement of the current concept has been defined.

The fifth step was research and selection of appropriate materials, installations, and the design. The material selection comes from two previous studies of Cradle to Cradle and Design for Disassembly. The choice of the material was made using a multicriteriatable and a SWOT-analysis. The installation selection is done taking into account the building regulations to meet the EPC within limits. In addition, some assumptions were made: no use of fossil fuels and small installations. The following installation is selected: Electric generator (heating), electric water heater (hot water) and ventilation system C - natural supply and mechanical extraction.

To create a design with a layout of the four-functional use cases several sketches have been made. Here is strength and weakness analysis on the different variants.

In the final design a comparison of the current concept, ambitions and the final design is made using the criteria that come from the case study.

It is recommended to further develop the final design. There have been no calculations on the construction nor on the fire safety of the design. In addition, the bathroom unit should technically be developed according to Design for Disassembly, because it is a key element in the design.

4. Inhoudsopgave

1. Voorwoord	IV
2. Samenvatting.....	V
3. Summary	VII
4. Inhoudsopgave	VIII
5. Inleiding	1
5.1. Aanleiding.....	1
5.2. Probleemstelling.....	1
5.3. Doelstelling.....	1
6. Onderzoeksopzet.....	2
6.1. Hoofdvraag	2
6.2. Deelvragen.....	2
6.3. Onderzoeksmethode	2
Deelvraag 1: Bouwbesluit.....	2
Deelvraag 2: Cradle to Cradle.....	3
Deelvraag 3: Design for Disassembly	3
Deelvraag 4: Casestudie	4
6.4. Onderzoeksmodel	5
6.5. Onderzoeksproducten.....	6
7. Deelvraag 1: Bouwbesluit onderzoek.....	7
7.1. Onderzoek	8
7.2. Toetsingsmodel	9
7.3. Deelconclusie.....	10
8. Deelvraag 2: Onderzoek Cradle to Cradle	11
8.1. Overzicht	11
8.2. Deelconclusie.....	12
9. Deelvraag 3: Onderzoek Design for Disassembly.....	13
9.1. Ontwerpproces.....	13
9.2. Materiaalkeuze.....	14
9.3. Verbindingen	14
9.4. Onderdelen.....	15
9.5. Key-element	15
9.6. Verbindingen containers	16
9.7. Deelconclusie.....	16
10. Deelvraag 4: Casestudie	17
10.1. Gekozen concepten voor casestudie.....	18

10.2.	Methodiek multicriteriatabel	20
10.3.	Eindscores per geanalyseerd concept	22
10.4.	Analyse resultaten	23
	C3 Living.....	23
	Spacebox	23
	ER Group (ambities)	24
10.5.	Deelconclusie.....	24
11.	Selectieonderzoek: Ontwerpvarianten	25
11.1.	Mogelijke transportcontainer	25
11.2.	Ontwerp 1.....	26
11.3.	Ontwerp 2.....	26
11.4.	Ontwerp 3.....	27
11.5.	Ontwerp 4.....	27
11.6.	Deelconclusie.....	28
12.	Selectieonderzoek: Materialisatie.....	29
12.1.	Invulmethode multicriteriatabel	30
12.2.	Resultaten.....	32
12.3.	Analyse Resultaten	33
12.4.	Deelconclusie.....	33
13.	Selectieonderzoek: Installatie	34
13.1.	Verwarming	34
13.2.	Warmtapwater	35
13.3.	Ventilatie	35
13.4.	Analyse installatie.....	36
13.5.	Deelconclusie.....	36
14.	Uitwerking: Toetsing Bouwbesluit	37
15.	Uitwerking: Ontwerp.....	38
15.1.	Vergelijking score multicriteriatabel	38
15.2.	Huidige concept versus definitief ontwerp.	39
16.	Uitwerking: Materialisatie	41
16.1.	Vergelijking score multicriteriatabel	41
16.2.	Huidige concept versus definitief ontwerp.	42
17.	Uitwerking: Installaties.....	43
17.1.	Vergelijking score multicriteriatabel	43
17.2.	Huidige concept versus definitief ontwerp.	43
18.	Uitwerking: Ontwerp.....	44

18.1.	Daglicht.....	44
	Resultaat.....	44
	Conclusie	45
18.2.	Vormgeving	45
	Exterieur.....	45
	Interieur:.....	46
19.	Uitwerking: Constructie.....	48
20.	Uitwerking: Eindontwerp	49
21.	Conclusie en aanbeveling.....	50
21.1.	Conclusie	50
	Hoofdvraag:.....	51
21.2.	Discussie	52
21.3.	Aanbeveling.....	53
22.	Bibliografie	54
23.	Bijlage	58
	Bijlage 1 – Begrippenlijst	58
	Bijlage 2 – Plan van Aanpak.....	58
	Bijlage 2A – Overallplanning.....	58
	Bijlage 2B – Toetsing en acceptatieplan	58
	Bijlage 2C –Overzicht toetsing en acceptatieplan	58
	Bijlage 2D – Projectfases sheets.....	58
	Bijlage 3 – Toetsing Bouwbesluit.....	58
	Bijlage 4 – Onderzoek Cradle to Cradle	58
	Bijlage 4A – Notulen ambities Cradle to Cradle	58
	Bijlage 4B – Overzicht Cradle to Cradle alternatieven	58
	Bijlage 5 – Onderzoek Design for Dissassembly.....	58
	Bijlage 6 – Onderzoek Casestudie	58
	Bijlage 6A – Multicriteriatabel.....	58
	Bijlage 7 – Materialisatie	58
	Bijlage 8 – Installatie.....	58
	Bijlage 9 – Bouwfysische rapport	58
	Bijlage 9A – Bouwfysische berekeningen	58
	Bijlage 9B – EPC-berekening.....	58
	Bijlage 9C – MPG-berekening.....	58
	Bijlage 10 – Transformatie tekeningen	58
	Bijlage 11 – Bouwtekeningen	58

Bijlage 12 – Installatietekeningen	58
Bijlage 13 – Bouwkundige details.....	58
Bijlage 14 – 3D-impressie	58

5. Inleiding

5.1. Aanleiding

De huidige maatschappij verandert snel, trends zoals individualisering (CBS, 2012) en het steeds kleiner worden van huishoudens (CBS, 2012) hebben effecten op het hedendaagse leven. Op allerlei terreinen (arbeid, zorg en consumptiegedrag) worden flexibele oplossingen gezocht. De woningmarkt verandert echter niet op hetzelfde tempo mee waardoor veel mensen geen passende woning vinden (Wolfhuisvestingsgroep 2015).

Het bedrijf C3 Living is een vastgoed ontwikkelaar in Noord-Limburg, zij zijn opzoek naar een oplossing in deze maatschappelijke verandering voor het niet kunnen vinden van een passende woning. Hiervoor heeft men een concept ontwikkeld waarbij een transsportcontainer omgebouwd wordt naar huisvesting. Echter zijn er verschillende problemen ondervonden op het huidige concept waardoor er een verbeterslag op het huidige concept gevraagd is.

Uit gesprekken met C3Living (persoonlijke communicatie, 21 juni, 2016) is naar voren gekomen dat er enkele beperkingen/behoefes zijn op het huidige concept. De afnemende partijen willen dat het concept een langere levensduur heeft, dit is vanuit C3 Living vertaald naar een wens waarbij het product dient te voldoen aan permanente huisvesting. Het huidige concept van C3 Living voldoet enkel aan tijdelijke huisvesting. Verder wilt C3 Living duurzaam omgaan met materialen door het product terug te nemen na gebruik en materialen te kiezen die Cradle to Cradle gecertificeerd zijn. In het huidige concept wordt er een beperkt aantal Cradle to Cradle materialen toegepast. In de verbeterslag dient er meer gebruik te worden gemaakt van Cradle to Cradle materialen.

De bedoeling van de terugname van het product is dat materialen gescheiden kunnen worden zodat deze gerecycled kunnen worden. Echter gebeurt dit volgens C3 Living (persoonlijke communicatie, 21 juni, 2016) nog niet op een efficiënte wijze. Daardoor heeft het de voorkeur dat het nieuwe ontwerp volgens Design for Disassembly ontworpen wordt.

Om meer flexibiliteit te bieden in de verbeterslag van het huidig concept stelt C3 Living de vraag om vier gebruiksfuncties (woon, zorg, kantoor en logiesfunctie) op te nemen in één ontwerp. Het hebben van één ontwerp beperkt de diversiteit in het productieproces en kan een transformatie naar een andere gebruiksfunctie plaatsvinden zonder grote veranderingen in het ontwerp.

5.2. Probleemstelling

Er zijn gebreken op de mogelijkheden die het huidige concept van C3 Living te bieden heeft, hierdoor biedt het product geen passende oplossing voor het maatschappelijk probleem en kunnen verschillende bedrijfsprocessen niet op efficiënte manier uitgevoerd worden in het huidige concept.

5.3. Doelstelling

In 20 weken een verbeterslag maken op het huidige concept, waarbij het ontwerp voldoet voor vier gebruiksfuncties aan permanente huisvesting volgens het Nederlandse Bouwbesluit. Daarbij moeten er meer Cradle to Cradle materialen worden toegepast en een efficiënter proces ontstaan voor assemblage en demontage van het product aan de hand van Design for Disassembly.

Bouwbesluit: Nederlandse regelgeving waaraan een bouwwerk minimaal dient te voldoen; **Gebruiksfunctie:** De gedeelten van één of meer bouwwerken op een perceel of standplaats, die dezelfde gebruiksbestemming hebben en die tezamen een gebruikseenheid vormen. **Vier gebruiksfuncties:** De vier gebruiksfuncties zijn zorg, wonen, logies en kantoor; **Cradle to Cradle:** De gebruikte grondstoffen van gebruikte materialen moeten volledig hergebruikt kunnen worden zonder waardeverlies van de grondstof; **Design for Disassembly:** Een ontwerpmethodiek waarbij de assemblage en demontage van onderdelen centraal staat;

6. Onderzoeksopzet

6.1. Hoofdvraag

Hoe kan één ontwerp gemaakt worden, op basis van transportcontainers, voor vier gebruiksfuncties, dat voldoet aan permanente huisvesting volgens het Nederlandse Bouwbesluit, ontworpen vanuit Design for Disassembly en waar Cradle to Cradle materialen zijn toegepast?

6.2. Deelvragen

1. Hoe kan één ontwerp binnen vier gebruiksfuncties (woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie) voldoen aan de regelgeving voor permanente huisvesting vanuit het Nederlandse bouwbesluit voor nieuwbouw?
2. Welke materialen zijn Cradle to Cradle gecertificeerd en zijn toepasbaar binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers?
3. Wat zijn de ontwerpvoorwaarden volgens Design for Disassembly en op welke manier kunnen deze toegepast worden binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers?
4. Welke concepten zijn er op de markt op het gebied van kleinschalige huisvesting gebaseerd op transportcontainers of andere prefab constructie, en hoe scoort het huidige concept van C3 living, getoetst op: Permanente huisvesting, Cradle to Cradle, Design for Disassembly, woonkwaliteit en seriematige bouwmethodiek?

6.3. Onderzoeksmethode

Deelvraag 1: Bouwbesluit

Vraag: Hoe kan één ontwerp binnen vier gebruiksfuncties (woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie) voldoen aan de regelgeving voor permanente huisvesting vanuit het Nederlandse bouwbesluit voor nieuwbouw?

Literatuuronderzoek: Het literatuuronderzoek is nodig om in beeld te brengen welke eisen het bouwbesluit 2012 stelt aan de woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie voor permanente huisvesting van nieuwbouw.

Selectie: Er wordt een selectie gemaakt op de eisen die van toepassing zijn op woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie. Vanuit deze eisen wordt een verdere selectie gemaakt met alleen de ruimtelijke eisen gesteld aan de woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie. En als laatste selectie komt de leidende gebruiksfunctie naar voren met de meeste en strengste eisen.

BRIS bouwbesluit online: In dit onderzoek worden enkel de eisen opgesteld door BRIS Bouwbesluit online (2012) meegenomen.

Deelconclusie: De selecties leiden tot een toetsingsmodel met de eisen opgenomen van de woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie, ontwerprichtlijnen en –eisen in de vorm van een ruimtelijk programma van eisen en een leidende gebruiksfunctie.

Deelvraag 2: Cradle to Cradle

Vraag: Welke materialen zijn Cradle to Cradle gecertificeerd en zijn toepasbaar binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers?

Literatuuronderzoek: Het literatuuronderzoek is nodig om alle Cradle to Cradle gecertificeerde materialen te verzamelen. En verder het maken van een selectie van praktische materialen die gebruikt kunnen worden in het project.

Selectie: Vanuit de gevonden literatuur wordt een selectie gemaakt van praktische materialen die gebruikt kunnen worden in het project.

Overzicht materialen: Uit de selectie praktische materialen, wordt een overzicht gemaakt. De materialen worden verdeeld in verschillende (hoofd) groepen. Dit is noodzakelijk om snel inzicht te krijgen in de verschillende materialen tijdens de materiaalkeuze.

Deelconclusie: in de deelconclusie worden de bevindingen van de selectie en de literatuuronderzoek bij elkaar gebracht om zo een kwalitatieve uitspraak te doen over de mogelijkheden om Cradle to Cradle materialen toe te passen. Deze deelconclusie wordt naderhand gebruikt bij de selectie van de materialen.

Deelvraag 3: Design for Disassembly

Vraag: Wat zijn de ontwerpvoorwaarden volgens Design for Disassembly en op welke manier kunnen deze toegepast worden binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers?

Literatuuronderzoek: Het literatuuronderzoek is nodig om erachter te komen welke ontwerpvoorwaarden Design for Disassembly stelt.

Ontwerprichtlijnen: Uit het literatuuronderzoek worden de richtlijnen opgesteld. De ontwerprichtlijnen bevatten de voorwaarden waarop het ontwerp opgesteld wordt.

Uitwerking ontwerp: In de uitwerking van het ontwerp worden de richtlijnen vanuit Design for Disassembly uitgewerkt.

Deelconclusie: De bevindingen uit de ontwerprichtlijnen en uitwerking van het ontwerp worden samengevat in een deelconclusie. Deze deelconclusie wordt naderhand gebruikt bij de selectie van materialen.

Deelvraag 4: Casestudie

Vraag: Welke concepten zijn er op de markt op het gebied van kleinschalige huisvesting gebaseerd op transportcontainers of andere prefab constructie, en hoe scoort het huidige concept van C3 living, getoetst op: Permanente huisvesting, Cradle to Cradle, Design for Disassembly, woonkwaliteit en seriematige bouwmethodiek?

Literatuuronderzoek: Het literatuuronderzoek is nodig om de concepten in beeld te brengen en gegevens te verzamelen over deze concepten.

Selectie: De concepten worden geselecteerd op basis van de criteria kleinschalige huisvesting gebaseerd op transportcontainers of andere prefab constructie.

Specificatie: Na de selectie worden de algemene specificaties van de concepten gegeven.

Multicriteriatabel: De multicriteriatabel wordt gebruikt om de concepten te toetsen op vijf criteria, Permanente huisvesting, Cradle to Cradle, Design for Disassembly, woonkwaliteit en seriematige bouwmethodiek. Deze criteria zijn opgesteld aan de hand van de doelstellingen voor dit afstudeerproject. Achter elke criteria zijn eisen opgenomen afkomstig uit eerdere deelvragen. De multicriteriatabel helpt deze criteria om te zetten in een puntentelling voor elk concept. Deze puntentelling brengt in beeld hoe het concept aansluit tot de doelstellingen van dit afstudeerproject.

SWOT-analyse: Deze analyse vertaalt de bevindingen uit de multicriteriatabel in sterke punten, zwakke punten, kansen en bedreigingen. Er is voor een SWOT-analyse gekozen om ook op een beschrijvende manier de concepten te analyseren en hoe deze aansluiten tot de doelstellingen van dit afstudeerproject.

Deelconclusie: Er wordt een vergelijking gemaakt op basis van de multicriteriatabel tussen het huidige concept van C3 Living, het hoogst scorende concept, en de ambitie opgesteld voor dit afstudeerproject.

Uit deze deelconclusie komen de tekortkomingen van het huidige concept naar voren, de sterke punten van de geanalyseerde concepten die eventueel te gebruiken zijn voor het afstudeerproject en een ambitie die vergeleken kan worden met het definitieve product.

6.4. Onderzoeksmodel

Het beantwoorden van de hoofdvraag komt voort uit het beantwoorden van alle deelvragen samen. Elke deelvraag geeft antwoord op een specifiek onderdeel van de hoofdvraag.

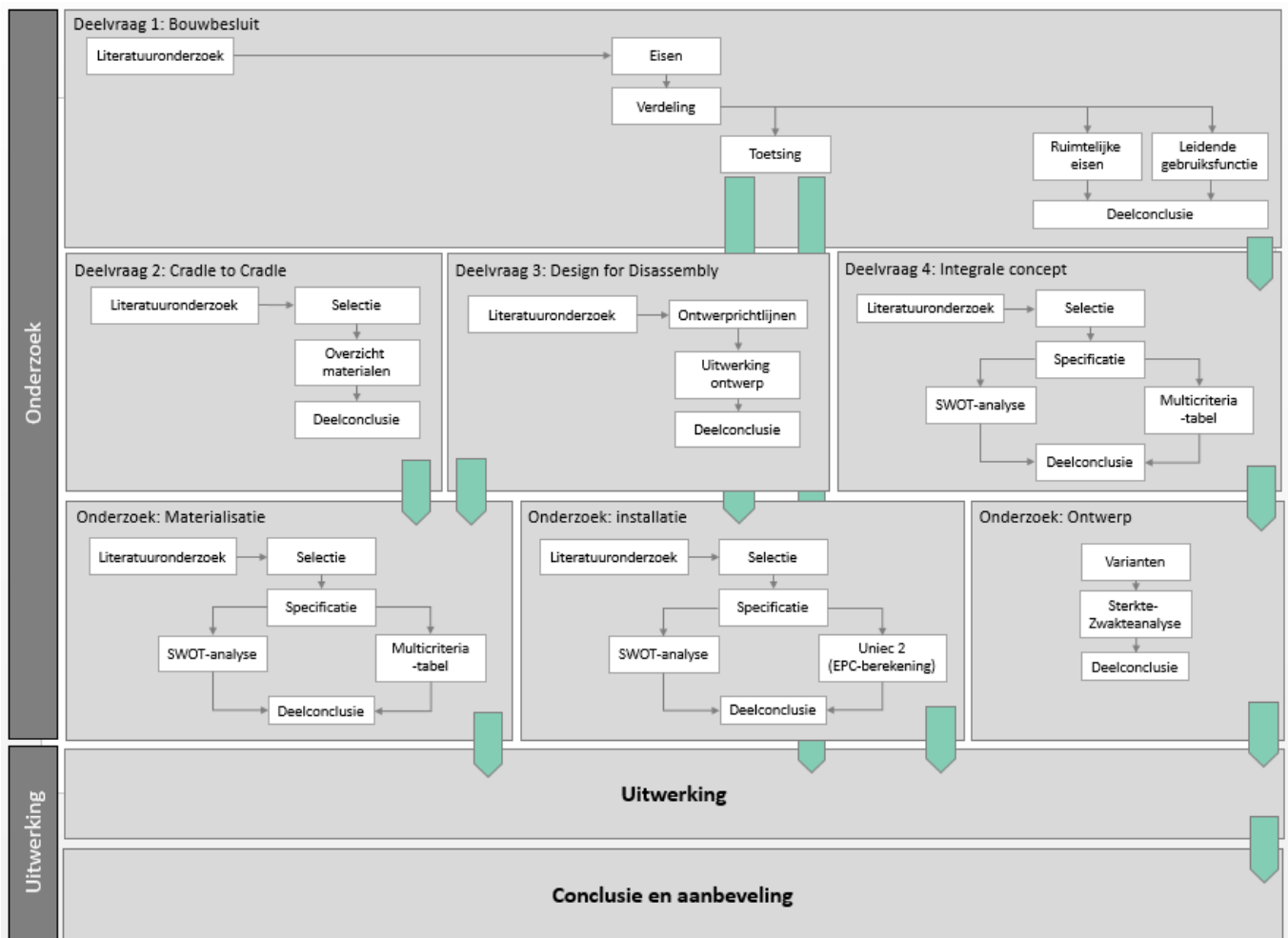
De hoofdvraag: *Hoe kan één ontwerp gemaakt worden, op basis van transportcontainers, voor vier gebruiksfuncties, dat voldoet aan permanente huisvesting volgens het Nederlandse Bouwbesluit, ontworpen vanuit Design for Disassembly en waar Cradle to Cradle materialen zijn toegepast?*

De hoofdvraag is verdeeld in vier onderdelen:

- Permanente huisvesting, (*Deelvraag 1: Bouwbesluit*);
- Toepassen van Cradle to Cradle materialen, (*Deelvraag 2: Cradle to Cradle*);
- Ontworpen volgens Design for Disassembly, (*Deelvraag 3: Design for Disassembly*);
- Vier gebruiksfuncties passend binnen het concept, (*Deelvraag 1&4: Bouwbesluit & Casestudie*).

Na het beantwoorden van de deelvragen volgt een selectie van de materialisatie en installaties, deze selectie gebeurt aan de hand van een literatuuronderzoek en voorgaande deelvragen. Hierna volgt een selectie van het ontwerp gebaseerd op voorgaande deelvragen. Uit deze selectieonderzoeken volgt de verdere uitwerking van het project.

Afbeelding 1 – onderzoeksmodel; illustreert het onderzoeksproces.



Afbeelding 1 - onderzoeksmodel

6.5. Onderzoeksproducten

Nadat het onderzoek is afgerond volgen de eindproducten. Deze eindproducten worden hieronder benoemd zodat het duidelijk is in wat voor vorm het eindresultaat gepresenteerd wordt.

- **Eindschrijft:** Bevat de onderzoeksopzet met alle deelconclusies van de deelvragen en de praktische uitwerking van het product. Hieruit volgen conclusies en aanbevelingen;
- **Bouwkundige tekeningen:** Deze tekeningen zijn specifiek gericht op de bouwkundige uitwerking van het project, deze tekeningen set bestaat uit:
 - Bestaande toestand tekening, plattegrond, aanzicht en doorsnede;
 - Slooptekening, plattegrond, aanzicht en doorsnede;
 - Definitief ontwerptekeningen, plattegrond, aanzicht en twee doorsnedes;
 - Detailboekje, bestaat uit 7 details;
 - Bouwbesluittekening, plattegrond;
 - Kozijnstaat.
- **Installatie tekeningen:** Deze tekeningen zijn specifiek gericht op de installaties van het project, deze tekeningen set bestaat uit:
 - Ventilatie-tekening;
 - Verwarmingstekening;
 - Watertekening;
 - Riolerings-tekening;
 - Elektratekening.
- **Bouwfysische rapport**
 - Bouwfysische berekeningen;
 - Gebruiksoppervlakteberekening;
 - Daglichttoetredingsberekening;
 - Rc-waarde- en dampspanningsberekening;
 - Ventilatiebalansberekening;
 - Nagalmberekening;
 - Geluidweringberekening.
 - EPC-berekening;
 - MPG-berekening.
- **Impressie:** De impressie is ter visuele ondersteuning van het eindproduct;
- **Eindpresentatie:** In de eindpresentatie worden de conclusies en uitwerking van het gehele proces getoond;
- **A0-poster:** Een presentatieposter ter ondersteuning van de eindpresentatie;

7. Deelvraag 1: Bouwbesluit onderzoek

Hoe kan één ontwerp binnen vier gebruiksfuncties (woonfunctie, logiesfunctie gezondheidszorgfunctie en kantoorfunctie) voldoen aan de regelgeving voor permanente huisvesting vanuit het Nederlandse Bouwbesluit voor nieuwbouw?

Dit literatuuronderzoek richt zich op de regelgeving afkomstig van het BRIS Bouwbesluit online (2012) voor nieuwbouw. Vanuit het bedrijfsprobleem is er behoefte aan één product, gebaseerd op een transportcontainer, die bedoeld is voor permanente huisvesting en één ontwerp dat getransformeerd kan worden naar verschillende functies. Hierdoor richt dit literatuuronderzoek zich enkel op de woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie.

Het doel van dit literatuuronderzoek is een Ruimtelijk Programma van Eisen en een toetsingsmodel te krijgen voor de vier gebruiksfuncties waarin de eisen van het bouwbesluit 2012 voor permanente huisvesting voor nieuwbouw zijn opgenomen.

Het Ruimtelijk Programma van Eisen wordt gebruikt om het schetsontwerp te maken.

Het toetsingsmodel wordt gebruikt om het uiteindelijke ontwerp te toetsen aan het bouwbesluit 2012 voor permanente huisvesting voor nieuwbouw.

Uit dit onderzoek zal blijken aan welke gebruiksfunctie de strengste eisen worden gesteld. Deze gebruiksfunctie wordt de leidende functie die tot DO niveau wordt uitgewerkt, de andere gebruiksfuncties worden tot SO niveau uitgewerkt in verband met tijdgebrek binnen de afstudeerperiode van 20 weken.

7.1. Onderzoek

Ruimtelijk programma van eisen

Het Ruimtelijk Programma van Eisen is opgesteld met als doel een overzicht te hebben waarin de ruimtelijk eisen opgenomen staan voor de woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie afkomstig uit BRIS Bouwbesluit online (2012) voor permanente huisvesting van nieuwbouw.

In dit overzicht zijn enkel de strengste en dus leidende eisen opgenomen. Het Ruimtelijk Programma van Eisen dient als randvoorwaarden tijdens het maken van het schetsontwerp.

Het Ruimtelijk Programma van Eisen bestaat uit de volgende eisen. Voor de eis staat afgekort voor welke functie deze eis geldt.

W	– Minimaal 18m ² vloeroppervlakte aan niet gemeenschappelijk verblijfsgebied;
W,L,K,Z	– Minimaal 55% van gebruiksoppervlakte is verblijfsgebied;
W,L,Z	– Verblijfsgebied heeft minimaal 5m ² vloeroppervlakte;
W,L,Z	– Verblijfsgebied en verblijfsruimte is minimaal 1,8m breed;
L	– Minimaal een verblijfsruimte met een vloeroppervlakte van 14m ² en minimaal een breedte van 3,2m;
W,L,K,Z	– Verblijfsgebied en verblijfsruimte hebben minimaal een vrije hoogte van 2,6m;
W,L,K,Z	– Minimaal 1 toilet is aanwezig, op dit toilet mogen niet meer dan 30 personen aangewezen zijn of meer dan 5 woonfuncties;
W,L,K,Z	– Toilet heeft minimaal een vloeroppervlakte van 0,9m x 1,2m;
W,L,K,Z	– Integraal toilet heeft minimaal een vloeroppervlakte van 1,65m x 2,2m;
W,L,K,Z	– Toilet heeft minimaal een vrije hoogte van 2,3m;
W,L,K,Z	– Een gebruiksfunctie heeft minimaal één badkamer;
W,L,K,Z	– Badkamer heeft minimaal een vloeroppervlakte van 1,6m ² en minimaal een breedte van 0,8m;
W,L,K,Z	– Badkamer met toilet heeft minimaal een vloeroppervlakte van 2,2m ² en minimaal een breedte van 0,9m;
W,L,K,Z	– Integraal badkamer heeft minimaal een vloeroppervlakte van 1,6m x 1,8m;
W,L,K,Z	– Integraal badkamer met toilet heeft minimaal een vloeroppervlakte van 2,2m x 2,2m;
W,L,K,Z	– Badkamer heeft minimaal een vrije hoogte van 2,3m;
W,L,K,Z	– Doorgang heeft een vrije breedte van 0,85m en een vrije hoogte van 2,3m;
W,L,K,Z	– Maximaal hoogte verschil is 0,02m, anders is een hellingbaan benodigd;
W	– Een bergruimte benodigd met minimaal een afmeting van 5m ² en minimaal een breedte van 1,8m en een vrije hoogte van 2,3m bij een gebruiksoppervlakte boven de 50m ² ;
W	– Een algemene bergruimte benodigd met minimaal een afmeting van 1,5m ² bij een gebruiksoppervlakte onder de 50m ² ;
W	– Buitenruimte niet gemeenschappelijk dan minimaal 4m ² en minimaal een breedte van 1,5m bij een gebruiksoppervlakte boven de 50m ² ;
W	– Minimaal één opstelplaats voor kooktoestel aanwezig;
W	– Een woonfunctie wordt niet bewoond door meer dan één persoon per 12m ² .

Afkortingen, en hoe vaak deze functie voorkomt.

- W=Woonfunctie komt 22x voor;
- L=Logiesfunctie komt 17x voor;
- K=Kantoorfunctie komt 14x voor;
- Z=Gezondheidszorgfunctie komt 16x voor.

7.2. Toetsingsmodel

Om tot een product te komen worden er verschillende fases doorlopen, namelijk het schetsontwerp, voorlopig ontwerp en definitief ontwerp. Tijdens iedere fase wordt het concept steeds concreter en horen daarbij verschillende toetsingen vanuit het bouwbesluit. Om een dergelijke toetsing te kunnen doen is een toetsingsmodel benodigd waarin de eisen voor woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie vanuit het Bouwbesluit 2012 voor permanente huisvesting voor nieuwbouw opgenomen staan.

Het toetsingsmodel is een overzicht dat bestaat uit acht hoofdstukken afkomstig uit BRIS Bouwbesluit online (2012).

- Hoofdstuk 1. Algemene bepalingen;
- Hoofdstuk 2. Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van veiligheid;
- Hoofdstuk 3. Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van gezondheid;
- Hoofdstuk 4. Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van bruikbaarheid;
- Hoofdstuk 5. Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van energiezuinigheid en milieu, nieuwbouw;
- Hoofdstuk 6. Voorschriften inzake installaties;
- Hoofdstuk 7. Voorschriften inzake het gebruik van bouwwerken, open erven en terreinen;
- Hoofdstuk 8. Bouw- en sloopwerkzaamheden.

In afbeelding 2: voorbeeld toetsingsmodel; is te zien hoe het toetsingsmodel er uit ziet en hoe deze ingevuld wordt.

4. Voorschriften uit het oogpunt van bruikbaarheid		1
	Functie	2
	Voldoet	3
Afdeling 4.1. Verblijfsgebied en verblijfsruimte		4
4.2.1: Een woonfunctie heeft ten minste 10m ² vloeroppervlakte aan niet-gemeenschappelijk verblijfsgebied. Een woonfunctie voor studenten heeft een vloeroppervlak van ten minste 15 m ² aan niet-gemeenschappelijk verblijfsgebied.	Woon	
4.2.2: Ten minste 55% van de gebruiksoverlappende vloeroppervlakte van een gebruiksfunctie is verblijfsgebied.	Woon Logies Kantoor Zorg	
4.3.1: Een verblijfsgebied heeft ten minste 5m ² vloeroppervlakte.	Woon Kantoor	5
4.3.1: Een verblijfsgebied heeft ten minste 4m ² vloeroppervlakte.	Zorg Logies	
4.3.2: Een verblijfsgebied heeft ten minste 1,8m breedte.	Woon Kantoor Zorg	

Afbeelding 2 - voorbeeld toetsingsmodel

1. Hoofdstuk afkomstig uit BRIS Bouwbesluit online (2012);
2. Voor welke gebruiksfunctie geldt deze eis, woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie of logiesfunctie;
3. Voldoet het aan deze eis? Als deze voldoet komt hier een V in te staan als deze niet voldoet een X;
4. Sub-hoofdstukken afkomstig uit BRIS Bouwbesluit online (2012);
5. De eis met nummering afkomstig uit BRIS Bouwbesluit online (2012), (zoals te zien bij 4.3.1. wordt er vanuit een eis per gebruiksfunctie een andere zwaarte van de eis gesteld, om verwarring te voorkomen wordt per eis versprongen in kleur tussen wit en grijs, zodat het zichtbaar is dat iets onder dezelfde eis valt).

7.3. Deelconclusie

Uit het onderzoek is gebleken dat aan de woonfunctie de meeste en de strengste eisen gesteld worden. Dit betekent dat de woonfunctie leidend is en vanuit de woonfunctie getransformeerd moet kunnen worden naar gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie.

In “Bijlage 10 - Transformatie tekeningen” zijn de transformatie tekeningen te zien.

Het bouwbesluit is indeling bepalend en dus essentieel voor het schetsontwerp, om deze reden is het Ruimtelijk Programma van Eisen opgesteld. Echter zijn de bevindingen vanuit het onderzoek naar Cradle to Cradle (deelvraag 2) en Disign for Disassembly (deelvraag 3) ook benodigd om het schetsontwerp op te stellen. Hierdoor is er gekozen om het schetsontwerp pas nadat de resultaten uit alle deelvragen naar voren zijn gekomen te starten.

In “hoofdstuk 11. Ontwerpvarianten” is het schetsontwerp te zien en de motivatie voor het gekozen ontwerp zijn te zien in

Met behulp van het toetsingsmodel wordt het eindontwerp getoetst en gekeken of deze voldoet aan de eisen gesteld in BRIS Bouwbesluit online (2012) voor permanente huisvesting van nieuwbouw. Uit de toetsing kan geconcludeerd worden dat één ontwerp, gebaseerd op een transportcontainer, kan voldoen aan de eisen voor viergebruiksfuncties. Het ontwerp van de woning voldoet aan de eisen gesteld voor de woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie.

In “Bijlage 3 – Toetsing Bouwbesluit” is de toetsing te zien van het eindontwerp gebaseerd op de eisen afkomstig uit BRIS Bouwbesluit online (2012) voor permanente huisvesting van nieuwbouw.

8. Deelvraag 2: Onderzoek Cradle to Cradle

Welke materialen zijn Cradle to Cradle gecertificeerd en zijn toepasbaar binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers?

Aan de hand van deze deelvraag worden alle praktische materialen die Cradle to Cradle gecertificeerd zijn in een overzicht verwerkt. Het gebruik van meer Cradle to Cradle materialen is wenselijk vanuit C3 Living. C3 Living maakt in het huidige concept gebruik van twee Cradle to Cradle materialen. In de verbeterslag in het product dienen er meer Cradle to Cradle materialen toegepast te worden.

Voor het selecteren en zoeken naar alle praktische Cradle to Cradle materialen wordt er gebruikt gemaakt van een online Database (C2C-Centre,2016) waarin alle Cradle to Cradle materialen/ producten opgenomen zijn. Hieruit worden alle praktische en toepasbare materialen geselecteerd en verdeeld in productgroepen, zodat doelmatig gezocht kan worden naar een Cradle to Cradle materiaal. Het overzicht zal gebruikt worden tijdens het selectieonderzoek van de materialisatie, waarbij een voorselectie gemaakt wordt van materialen aan de hand van dit onderzoek en het volgende onderzoek van Design for Disassembly.

8.1. Overzicht

Buitenwanden			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Bark Siding, Highland Craftsmen</i>	Boomschors	Platinum	Gevelbekleding, Boomschors
<i>Modulogreen, Modulgreen solutions</i>	Beplanting	Silver	Gevelbekleding, Beplanting
<i>Ceramic Facade, Mosa Facades B.V.</i>	Keramiek	Silver	Gevelbekleding, Keramische tegel panelen
<i>Rheinzink-prepatine, Rheinzink</i>	Zink	Brons	Gevelbekleding, Zink
<i>Non Ignis, van Swaaij B.V.</i>	Hout	Brons	Gevelbekleding, Houten delen
<i>Daas Baksteen Bricks</i>	Klei	Brons	Gevelbekleding, Metselwerk
<i>Boral Bricks, Boral Bricks INC.</i>	Klei	Silver	Gevelbekleding, Metselwerk
Binnenwanden			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Woodfibre, Woodfibre AB</i>	Houtvezels	Brons	Isolatie, vezels
<i>Woodfiber Granulate, KKS woodfiber</i>	Houtvezels	Brons	Isolatie, vezels
<i>Nofisol extreme barriers, Nofisol</i>	Steenwol	Silver	Isolatie, plaat
<i>Nofisol standard barriers, Nofisol</i>	Steenwol	Silver	Isolatie, plaat
<i>Cabot Aerogel, Cabot corporation</i>	Silicium	Silver	Isolatie, plaat
<i>PE-100Steel line, Plan Effect B.V.</i>	Staal	Basic	Systeemwand van staal
<i>PE-25Glass-Concept, Plan Effect B.V.</i>	Glas en Metaal	Basic	Systeemwand met beglazing
<i>Mobile Walls, Espero B.V.</i>	Diverse	Basic	Verplaatsbare systeemwand
<i>Flexibel Partition Walls, Verwol</i>	Diverse	Brons	Systeemwand, verschillende afwerkingen
<i>Gyproc, Saint Gobain NV/SA</i>	Gips	Brons	Gipsplaat
<i>Standaard plaat 13 type A, Knauf</i>	Gips	Brons	Gipsplaat
Vloeren			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
-			
Daken			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Derbipure, Imperbel SA</i>	Diverse	Brons	Niet bitumineuze dakbedekking
<i>Clay tiles, Boral roofing</i>	Klei	Brons	Dakpannen
<i>Clay red tile, Ludowice Roof Tile</i>	Klei	Brons	Dakpannen
<i>Xero Flor Vegetation, Bonar</i>	Diverse	Silver	Groen dak

Afwerking – wanden			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Graphenstone indoor and outdoor paint</i>	Diverse	Gold	Verf, standaard wit
<i>Graphenstone Colour</i>	Diverse	Silver	Verf, alle kleuren
<i>Kalk Rodvig, Kalk A/S</i>	Kalk/diverse	Silver	Verf
<i>Ultra spec 500, Benjamin Moore</i>	Diverse	Silver	Verf, interieur
<i>DuroZINQ, Fantaine Holding NV</i>	Diverse	Brons	Verf, voor bescherming van metalen
Afwerking – vloeren en plafond			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Ecoworx Tile Capet</i>	Tapijt	Silver	Vloerafwerking, Tapijt
<i>Solid hardwood flooring</i>	Hardhout	Silver	Vloerafwerking, Hout
Installatie – ventilatie			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>C/S Louvers, Construction Special</i>	Aluminium	Brons	Gevelroosters
<i>Cradle Sox, Euro Air A/S</i>	Textiel	Brons	Ventilatiezak onder het plafond
<i>CradleVent, KE Fibertac AS</i>	Textiel	Brons	Ventilatiezak onder het plafond
<i>ThermaSmart PRO, Thermaflex</i>	Schuim	Brons	Leidingisolatie
Installatie – riolering en water			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Rheinzick-prepatina, Rheinzink</i>	Titanium/zink	Brons	Hemelwaterafvoer
Overige			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Acrovyn particleboard</i>	Diverse	Silver	Binnendeur
<i>Acrovyn Mineral Core</i>	Diverse	Silver	Brandwerende binnendeur
<i>Aluminium Door Furniture, AMI B.V.</i>	Aluminium	Brons	Deurbeslag
<i>BSW Door Hinges</i>	Aluminium	Brons	Scharnieren
Kozijnen/Gevelopeningen			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Schuco AWS65NL, Schuco</i>	Aluminium	Silver	Kozijnen
<i>Schuco Fassaden, Schuco</i>	Aluminium	Silver	Klimaatgevel
<i>Accoya, Accsys Technologies</i>	Hout	Goud	Kozijnen
<i>Stratobel, AGC glass europe</i>	Glas	Brons	Beglazing
<i>Holonite, Holonite B.V.</i>	Komposiet steen	Brons	Negge afwerking
Bevestigingsmaterialen			
Product	Materiaal	Label	Opmerking
<i>Armstrong S-288, Armstrong</i>	Diverse	Goud	Bindmiddel, Vinyl vloeren
<i>Armstrong S-599, Armstrong</i>	Diverse	Goud	Bindmiddel, Vinyl vloeren commercieel
<i>Armstrong S-799, Armstrong</i>	Diverse	Goud	Bindmiddel, Linoleum en rubberen vloeren
<i>Flooring adhesives, XL brands</i>	Diverse	Goud	Bindmiddel, Vinyl vloeren Luxeren
<i>Stix 3200, XL brands</i>	Diverse	Goud	Bindmiddel, Rubberen vloeren
<i>XL Brands Dyna Stix, XL brands</i>	Diverse	Goud	Bindmiddel, Tapijt tegels
<i>XL Brands Gold Stix, XL brands</i>	Diverse	Goud	Bindmiddel, Tapijt tegels commercieel

Tabel 1 - overzicht Cradle to Cradle materialen

Meer informatie en uitwerking van deze deelvraag is te vinden in “Bijlage 4 – Onderzoek Cradle to Cradle”.

8.2. Deelconclusie

Uit het overzicht komt naar voren dat er een beperkt aantal praktische Cradle to Cradle materialen beschikbaar zijn. Volgens B. van de Westerlo (persoonlijke communicatie, 8 november 2016) komt dit doordat de vraag naar dergelijke gezonde, circulaire materialen sinds kort pas echt een vlucht krijgt. Daarnaast weten bedrijven niet waar ze over praten op dit gebied en zeggen al veel te doen. Tijdens het selectieonderzoek van de materialisatie zullen enkele van de hier bovenstaande materialen beoordeeld worden aan de hand van een multicriteriatabel, waarbij de materialen beoordeeld worden op keuringniveau van Cradle to Cradle en onderdelen vanuit het volgende onderzoek Design for Disassembly.

9. Deelvraag 3: Onderzoek Design for Disassembly

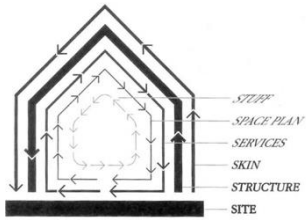
Wat zijn de ontwerpvoorwaarden volgens Design for Disassembly en op welke manier kunnen deze toegepast worden binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers?

Design for Disassembly is een ontwerpmethodiek, waarbij nagedacht wordt over de assemblage van een product en de demontage van het product na zijn levensduur. De voordelen van Design for Disassembly is dat het project, sneller en eenvoudiger geassembleerd en gedemonteerd kan worden.

Dit is noodzakelijk, omdat het bedrijf het product terugneemt na gebruik. Daarnaast stimuleert een eenvoudige assemblage en demontage het productieproces, waarmee mogelijk een ander bedrijfsprobleem wordt opgelost, namelijk de inefficiëntie tijdens het productieproces.

9.1. Ontwerpproces

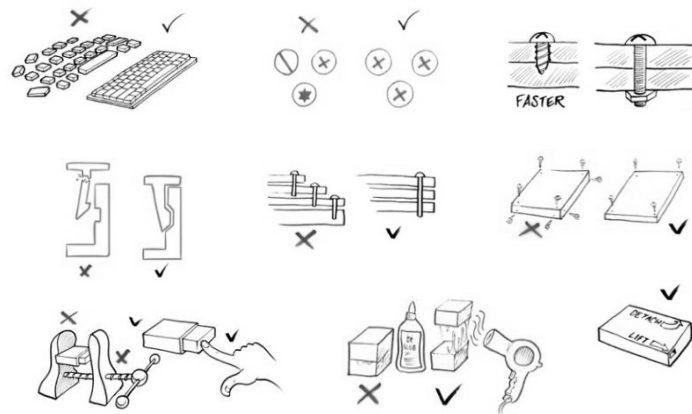
De effecten van Design for Disassembly op het ontwerpproces van een gebouw zijn verschillend. Dit heeft volgens Lifecyclebuilding (<http://www.lifecyclebuilding.org>) te maken met de verschillende levenscyclussen die aanwezig zijn in een gebouw. Zo bestaat een gebouw uit zes evenwijdige lagen/onderdelen met ieder een verschillende levensduur. Hieronder worden deze weergegeven in tabel 1.

Onderdeel	Levensduur	
Site; grond	Eeuwig	
Structure; constructie	30-300 jaar	
Skin; buitenliggende laag	20 jaar	
Services; binnenliggende laag	7-15 jaar	
Spaceplan; installaties	3-30 jaar	
Stuff; inrichting	1 dag – 1 maand	

Tabel 2 - levensduur onderdelen

9.2. Materiaalkeuze

Volgens Autodesk (<https://sustainabilityworkshop.autodesk.com>) is het verstandig om materialen toe te passen die bestaan uit enkelvoudige materialen, zodat deze eenvoudig gerecycled kunnen worden, echter is dit niet altijd mogelijk. Indien dit niet mogelijk is raad Autodesk aan dat de elementen/componenten eenvoudig en snel geassembleerd en gedemonteerd moeten kunnen. Dit zorgt er voor dat deze gerepareerd of vervangen kunnen worden. In “afbeelding 3 – ontwerprichtlijnen en materiaalkeuze” (Autodesk, 2015) enkele voorwaarden waarmee ontworpen kan worden volgens Design for Disassembly.



Afbeelding 3 - ontwerprichtlijnen materiaalkeuze

- Beperk het aantal onderdelen, des te minder er is om uit elkaar te halen;
- Beperk de diversiteit van bevestigingsmiddelen en gebruik standaard bevestigingsmiddelen;
- Schroeven zijn sneller dan bouten en moeren, gebruik bouten bij herhaald gebruik of hoge spanningen;
- Beter gebruik maken van snap- together haken of tab-en slot sluitingen die geen gereedschap vereisen;
- Beperk de hoeveelheid bevestigingsmiddelen door meerdere lagen van het materiaal in een keer te bevestigen;
- Zorg dat sluitingen gemakkelijk te zien zijn, en toegankelijk op één lijn, zodat het onderdeel niet omgedraaid hoeft te worden;
- Gebruik geen strakke druk verbindingen, gebruik verbindingen die met de hand teruggedraaid kunnen worden;
- Vermijd lijmen, indien niet mogelijk gebruik lijmen die door warmte of water oplossen;
- Bouw demontage instructies in het product.

9.3. Verbindingen

Design for Disassembly heeft volgens Lifecyclebuilding (<http://www.lifecyclebuilding.org>) ook effecten op de verbindingen tussen de verschillende lagen. Zo wordt volgens hen geadviseerd om geen verlijming (pur of kit) of materiaalverbindingen (solderen of lassen) toe te passen, maar algemene bevestigingsmaterialen, dit vereenvoudigt het assemblage en demontage proces. De keuze voor de bevestigingsmaterialen is afhankelijk van:

- Toegankelijkheid: De toegankelijkheid om het bevestigingsmateriaal te verwijderen om het materiaal te demonteren;
- Materiaaleigenschappen: De materiaaleigenschappen van het materiaal bepaalt de effectiviteit van de bevestiging;
- Levenscyclus: De levenscyclus van de verschillende lagen bepaalt hoe vaak het materiaal gewijzigd wordt.

9.4. Onderdelen

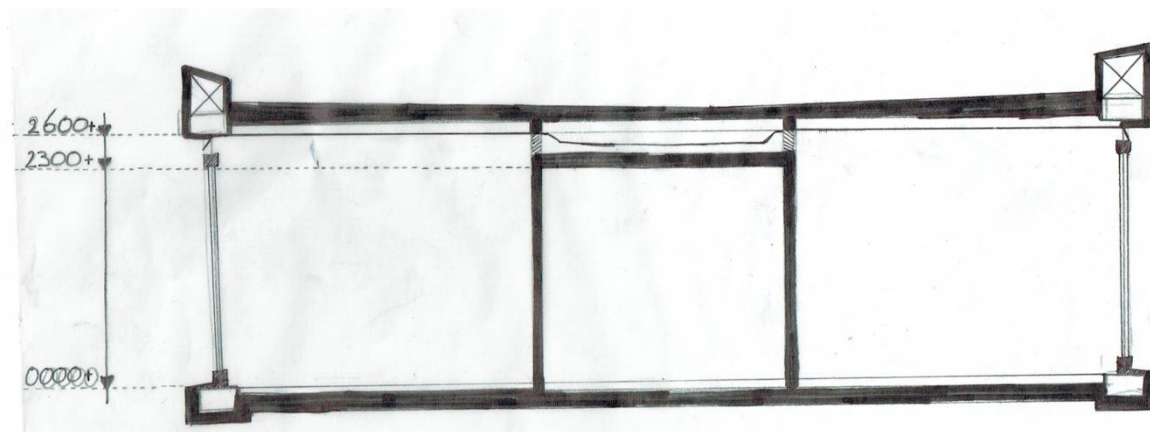
Om het ontwerp te maken volgens Design for Disassembly volgt hieronder een overzicht van alle benodigde onderdelen. Hierin zijn alle benodigde onderdelen verdeeld over de zes verschillende levenscyclus lagen.

Site	Structure	Skin	Service	Space plan	Stuff
Eeuwig	30-300 jaar	20 jaar	7-15 jaar	3-30 jaar	1 dag – 1 maand
Grond	Container Koppelingen Hijsvoorzieningen	Buitenwanden Kozijnen	Binnenwanden Scheidingswanden Vloer Plafond	Veiligheid Communicatie Water Riolering Verwarming Ventilatie Keuken Sanitair Meterkast	Interieur

Tabel 3 - onderdelen in het product

9.5. Key-element

Uit de resultaten van het onderzoek naar het bouwbesluit is gebleken dat er een geringe vrije hoogte (2,6m) is voor de verblijfsgebieden, tussen de constructielagen van de container. Hierdoor is er weinig ruimte voor grote leidingen zoals riolering en ventilatie. Daarentegen is uit het onderzoek gebleken dat de badkamer een lagere vrije hoogte-eis (2,3m) heeft. In deze ruimte is het mogelijk om de installaties te plaatsen. Dit betekent dat alle overige verblijfsgebieden voorzien moeten worden van installatie vanuit de badkamer. Dit maakt de badkamer key-element in het ontwerp.

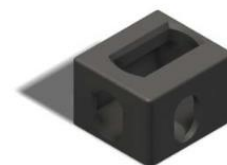


Afbeelding 4 - schets doorsnede

9.6. Verbindingen containers

Uit de resultaten van het onderzoek bouwbesluit is gebleken dat twee transportcontainers benodigd zijn om één woning te maken. Om de verbinding van deze twee transportcontainers Design for Disassembly te maken worden hieronder de werking van enkele verbindingen omschreven.

De containers worden getransporteerd en gekoppeld aan zogenoemde ISO-blokken (zie afbeelding 5). Deze ISO-blokken bevinden zich in de hoeken van de transportcontainer.



Afbeelding 5 - ISO block

Bridge clamp

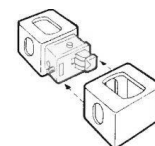
De bridge clamp is een eenvoudige verbinding en werkt als een lijmtang, als de moer in het midden wordt aangedraaid doormiddel van een steeksleutel worden 'de klemmen' naar elkaar toe getrokken.



Afbeelding 6 - Bridge clamp

Tendamlock

De Tendamlock is een metalen component die aan weerszijde voorzien is van een 'haak' die aangedraaid kan worden door middel van een steeksleutel. Door het aandraaien van de bouten worden de 'haken' dicht naar elkaar getrokken.



Afbeelding 7 - Tendamlock

Twistlock

De Twistlock wordt geplaatst in de ISO-block en heeft een hendel waarbij de pin in tegenstelde richting van de opening gedraaid wordt. Hierdoor blijft de container op zijn plaats.



Afbeelding 8 - Twistlock

9.7. Deelconclusie

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat Design for Disassembly invloed heeft op de keuze van de materialisatie en de inrichting van het ontwerp. De materialisatie is volgens Design for Disassembly afhankelijk van twee onderdelen.

Het eerste onderdeel dat voortkomt uit hoofdstuk 1.2 materiaalkeuze betreft de snelheid en eenvoud waarmee materialen geassembleerd en gedemonteerd kunnen worden en het tweede onderdeel omvat de levensduur en onderhoud van het materiaal dat voorkomt uit de levenscyclus uit hoofdstuk 1.1 ontwerpproces.

Uit hoofdstuk 1.4 en 1.5 komt naar voren dat de badkamer key-element is in het ontwerp en dient het de overige verblijfsgebieden te voorzien van installaties. Dit is komt voort uit het voorafgaande onderzoek naar het bouwbesluit.

Voor het koppelen van de twee containers zoals omschreven in hoofdstuk 1.6 is de twistlock een snel en flexibele systeem. De Twistlock biedt namelijk een naadloze aansluiting en is eenvoudig te gebruiken doormiddel van een handel. De overige koppelingen zoals de tendamlock biedt niet een naadloze aansluiting en de Bridge clamp vereist tijd en gereedschap om de containers te koppelen of los te maken.

10. Deelvraag 4: Casestudie

Welke concepten zijn er op de markt op het gebied van kleinschalige huisvesting gebaseerd op transportcontainers of ander prefab constructie, en hoe scoort het huidige concept van C3 living, getoetst op: Permanente huisvesting, Cradle to Cradle, Design for Disassembly, woonkwaliteit en seriematige bouwmethodiek?

Er is gekozen voor een Casestudie om inzicht te krijgen in al bestaande oplossingen voor kleine huisvestingen. Doormiddel van een selectie worden enkele concepten gekozen voor deze casestudie. Deze selectie gebeurt op basis van de criteria kleinschalige huisvesting gebaseerd op een transportcontainer of andere prefab constructie. Ook wordt het huidige concept van C3 Living meegenomen in deze casestudie om in beeld te brengen wat de slechte en de sterke punten van het huidige concept zijn. Uiteindelijk wordt er ook een ambitie opgesteld voor het definitieve product.

De volgende concepten komen aan bod in deze casestudie:

- Huidig concept C3 Living (transportcontainer als basis)
- Heijmans One (gelamineerde liggers als basis)
- Container guest house, Texas (transportcontainer als basis)
- Vale de Vila, Nomad Living, Portugal (transportcontainer als basis)
- Wenckehof, Amsterdam (transportcontainer als basis)
- Zuiderzeeweg, Amsterdam (prefab constructie onbekend als basis)
- Spacebox (composiet constructie als basis)

De concepten Container guest house, Vale de Vila en Wenckehof zijn gekozen omdat ze gebaseerd zijn op een 40ft. container. De concepten Heijmans One, Zuiderzeeweg en Spacebox zijn niet gebaseerd op een transportcontainer, maar doordat ze inspelen op kleine huisvesting, seriematige woningbouw en prefab geproduceerd worden, zijn deze ook opgenomen in de casestudie.

De concepten worden geanalyseerd op techniek en de specificaties van het concept worden beschreven, hierna wordt een multicriteriatabel ingevuld, aan de hand daarvan wordt een SWOT-analyse opgesteld. De multicriteriatabel wordt gebruikt om de concepten te beoordelen op vijf criteria, met behulp van deelvraag 1 t/m 3 zijn de bedrijfsproblemen en ambities vertaald in eisen en richtlijnen die opgenomen zijn in vier criteria. Woonkwaliteit bij een kleine woning is een lastig aspect, VAC punt wonen (2016) concludeert dat woonkwaliteit een praktisch huis is, om deze reden is deze criteria ook toegevoegd.

Er is gekozen voor een SWOT-analyse om kort de bevindingen uit de multicriteriatabel toe te lichten in sterke punten, zwakke punten, kansen en bedreigingen.

De vijf criteria zijn:

- Permanente huisvesting, *eisen en richtlijnen komen uit deelvraag 1. Bouwbesluit;*
- Duurzaamheid, *eisen en richtlijnen komen uit deelvraag 2. Cradle to Cradle;*
- Design for Disassembly, *eisen en richtlijnen komen uit deelvraag 3. Design for Disassembly;*
- Woonkwaliteit, *eisen en richtlijnen komen uit GPR gebouw (2016) (hoofdstuk 6 woonkwaliteit);*
- Seriematigheid, *eisen en richtlijnen komen uit deelvraag 3. Design for Disassembly.*

In “Bijlage 6 – Onderzoek casestudie” is de volledige uitwerking van de casestudie te vinden.

10.1. Gekozen concepten voor casestudie

Bestaand concept C3 Living

- Constructie: 40ft. Transportcontainer;
- Prefabricatie: ja;
- Gebruiksoppervlakte: $\pm 25\text{m}^2$;
- Inwendige afmeting: 2,3m x 12m;
- Seriematig toepasbaar: ja.

Dit is het concept van de opdrachtgever (C3 Living) op het moment dat begonnen is met het afstuderen.



Afbeelding 9 - Bestaand concept C3 Living

Heijmans One

- Constructie: bestaat uit gelamineerde houten constructie;
- Prefabricatie: ja(twee onderdelen);
- Gebruiksoppervlakte: 39m^2 ;
- Inwendige afmeting: 3m x 8,1m;
- Seriematig toepasbaar: ja.

Dit concept is gekozen omdat het een te verplaatsen huishouden is dat bestaat uit twee delen en prefab gefabriceerd wordt.



Afbeelding 10 - Heijmans One

Container guest house, Texas

- Constructie: 40ft. Transportcontainer;
- Prefabricatie: nee;
- Gebruiksoppervlakte: $\pm 15\text{m}^2$;
- Inwendige afmeting: 2,3m x 12m;
- Seriematig toepasbaar: nee.

Dit concept is gekozen omdat het gebaseerd is op een transportcontainer waarbij duurzaamheid de leidraad was tijdens het ontwerp.



Afbeelding 11 - Container guest house

Vale de Vila, Nomad Living, Portugal

- Constructie: 40ft. Transportcontainer;
- Prefabricatie: nee;
- Gebruiksoppervlakte: $\pm 25\text{m}^2$;
- Inwendige afmeting: 2,3m x 12m;
- Seriematig toepasbaar: nee.

Dit concept is gekozen omdat het gebaseerd is op een transportcontainer, met minimale aanpassingen een leefruimte in een transportcontainer gecreëerd.



Afbeelding 12 - Vale de Vila

Wenckehof, Amsterdam

- Constructie: 40ft. Transportcontainer;
- Prefabricatie: ja.
- Gebruiksoppervlakte: $\pm 25\text{m}^2$;
- Inwendige afmeting: 2,3m x 12m;
- Seriematig toepasbaar: ja.

Dit concept is gekozen omdat het gebaseerd is op een transportcontainer, het wordt toegepast voor grootschalige huisvesting (seriematige bouw).



Afbeelding 13 - Wenckehof

Zuiderzeeweg, Amsterdam

- Constructie: onbekend (prefab);
- Prefabricatie: ja;
- Gebruiksoppervlakte: $\pm 30\text{m}^2$;
- Inwendige afmeting: 2,4m x 12,2m;
- Seriematig toepasbaar: ja.

Dit concept is gekozen omdat het een te verplaatsen huishouden is dat bestaat uit één prefab deel.



Afbeelding 14 - Zuiderzeeweg

Spacebox

- Constructie: composiet;
- Prefabricatie: ja;
- Gebruiksoppervlakte: $\pm 18\text{m}^2$;
- Inwendige afmeting: 2,8m x 8,4m;
- Seriematig toepasbaar: ja.

Dit concept is gekozen omdat het gebaseerd is op een een prefab basis. Het concept wordt toegepast voor grootschalige huisvesting (seriematige bouw).



Afbeelding 15 - Spacebox

ER Group (ambitie)

- Constructie: 40ft. Transportcontainer;
- Prefabricatie: ja;
- Gebruiksoppervlakte: $\pm 50\text{m}^2$;
- Inwendige afmeting: 4,8m x 12,2m;
- Seriematig toepasbaar: ja.

Dit is de ambitie voor het eigen product die opgesteld is bij het begin van dit project. Het eindproduct kan vergeleken worden met deze ambitie en zo kan er in beeld gebracht worden of deze wordt behaald.

10.2. Methodiek multicriteriatabel

Multicriteriatabel

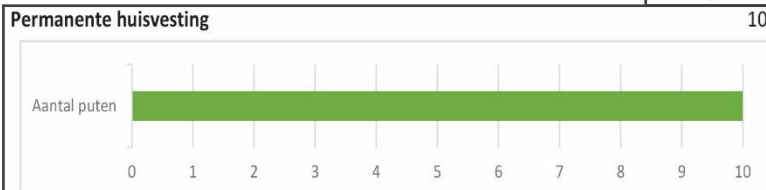
Concept:
Fase: Onderzoek

1

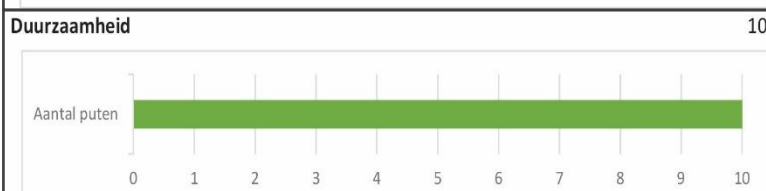


Aantal puten Toelichting

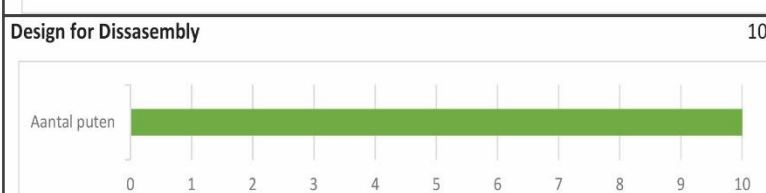
2



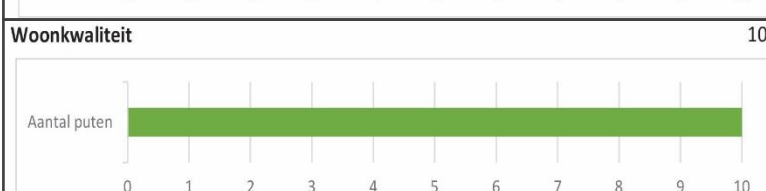
3



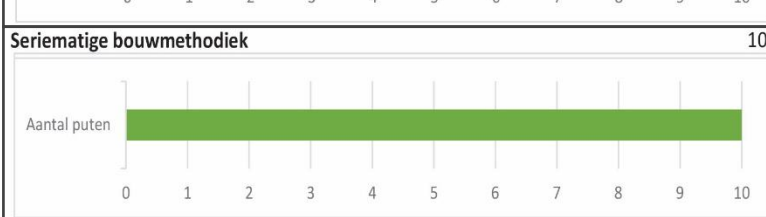
4



5

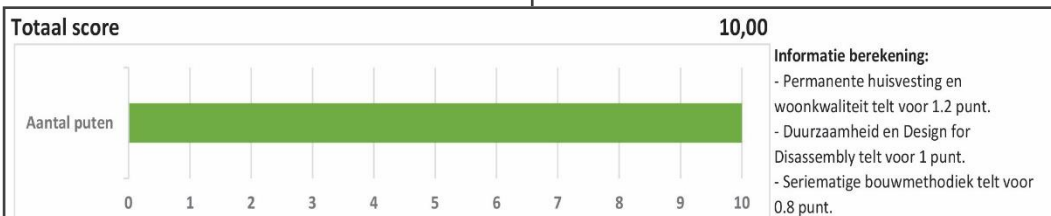


6



7

8



Conclusie

9

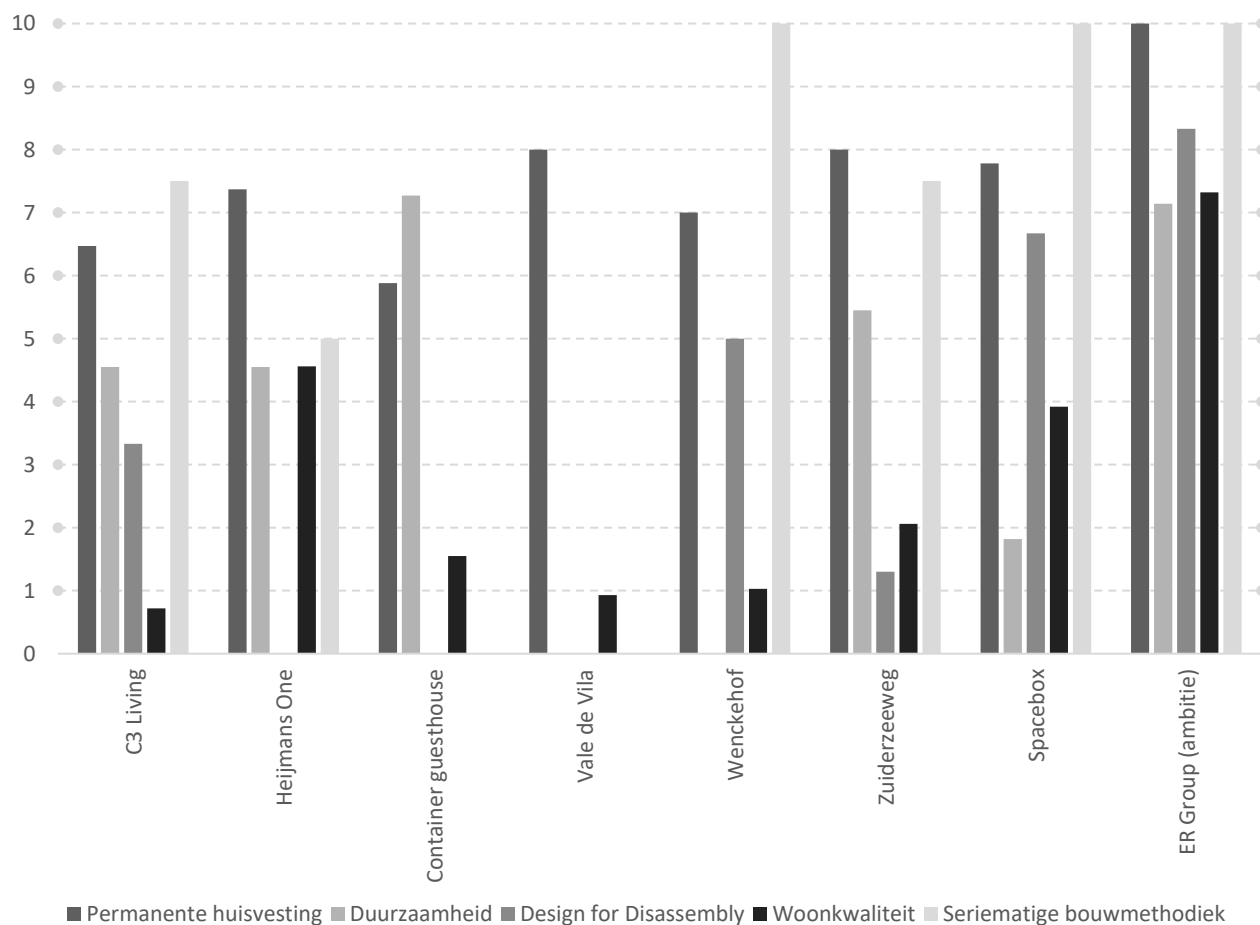
Afbeelding 16 - Methodiek multicriteriatabel

1. Naam van het betreffende concept dat geanalyseerd is en tot welke fase het behoort (onderzoek) binnen het product.
2. Aantal punten dat gescoord wordt per categorie (maximaal 10) en een toelichting waarin omschreven wordt welke min- en pluspunten er zijn per categorie en hoe tot deze score gekomen is.
3. *Categorie permanent huisvesting*, hier wordt een kleine toetsing gedaan aan een ruimtelijk programma van eisen die opgesteld is in deelvraag 1. Bouwbesluit. Het bevat 23 eisen die voortkomen uit de vier gebruiksfuncties: de woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie. De puntentelling gaat als volgt: voldoet niet 0 punt, voldoet 1 punt, n.v.t. als een eis vervalt doordat die onder een ander eis valt (bijvoorbeeld eisen aan een toilet ruimte vervalt als een toilet in een badkamer zit).
4. *Categorie duurzaamheid*, hier wordt getoetst op het gebruik van duurzame materialen (cradle to cradle + punten), het omgaan met water en het opwekken en gebruiken van energie. De puntentelling gaat als volgt: onbekend 0 punt, weinig 1 punt, matig 2 punten, veel 3 punten, gebruik Cradle to Cradle materialen (1 C2C materiaal = 1 extra punt, 3 C2C materialen = 2 extrapunten, 5 C2C materialen = 3 extrapunten en 5+ C2C materialen = 5 extra punten).
5. *Categorie Design for Disassembly*, hier wordt getoetst op koppeling van units ten opzichte van elkaar en de aandacht voor Design for Disassembly bij materialisatie. De puntentelling gaat als volgt: onbekend 0 punt, moeilijk te demonteren 1 punt, gemiddeld te demonteren 2 punten, eenvoudig te demonteren 3 punten.
6. *Categorie woonkwaliteit*, hier wordt getoetst op criteria afkomstig uit GPR-gebouw (2016), integrale woonkwaliteit. Hier wordt getoetst op 60 criteria. Vanuit GPR-gebouw (2016) is een waardering van de vragen. Voldoet het aan de eis dan krijgt deze eis de toegekende hoeveelheid punten, niet elk punt kan behaald te worden. De totaalscore komt tot stand door het maximaal te behalen punten gedeeld door het behaalde aantal punten. De score kan in de multicriteriatabel anders zijn dan dat deze is als dezelfde waardes in GPR-gebouw worden ingevuld, dit komt doordat GPR-gebouw op de totaalscore nog een waarderingssysteem heeft zitten.
7. *Categorie seriematig*, getoetst op de mogelijkheid dat het concept in grote getallen geprefabriceerd kan worden en of horizontale en verticale koppeling mogelijk is. De puntentelling gaat als volgt: voldoet niet/onbekend 0 punt, gemiddeld/horizontaal of verticaal te schakelen 1 punt en goed/horizontaal en verticaal te schakelen 2 punten.
8. *Totaalscore*, de totaalscore die behaald is door het geanalyseerde concept. Deze eindscore wordt berekend doormiddel van een waarderingssysteem van de categorieën.
 1. Permanente huisvesting en woonkwaliteit zijn de belangrijkste categorieën.
 2. Duurzaamheid en Design for Disassembly zijn de hierna belangrijkste categorieën.
 3. Seriematige bouwmethodiek is de minst belangrijke categorie.
 Categorieën die onder 1 vallen tellen voor 1,2 punt, categorieën die vallen onder 2 tellen voor 1 punt en categorie die valt onder 3 telt voor 0,8 punt.
9. *Conclusie*, hierin wordt kort samengevat welke min- en pluspunten het geanalyseerde concept bevatten hoe de eindscore behaald is. Ook wordt hier kort samengevat welke punten er uitsprongen en als voorbeeld genomen kunnen worden voor het product.

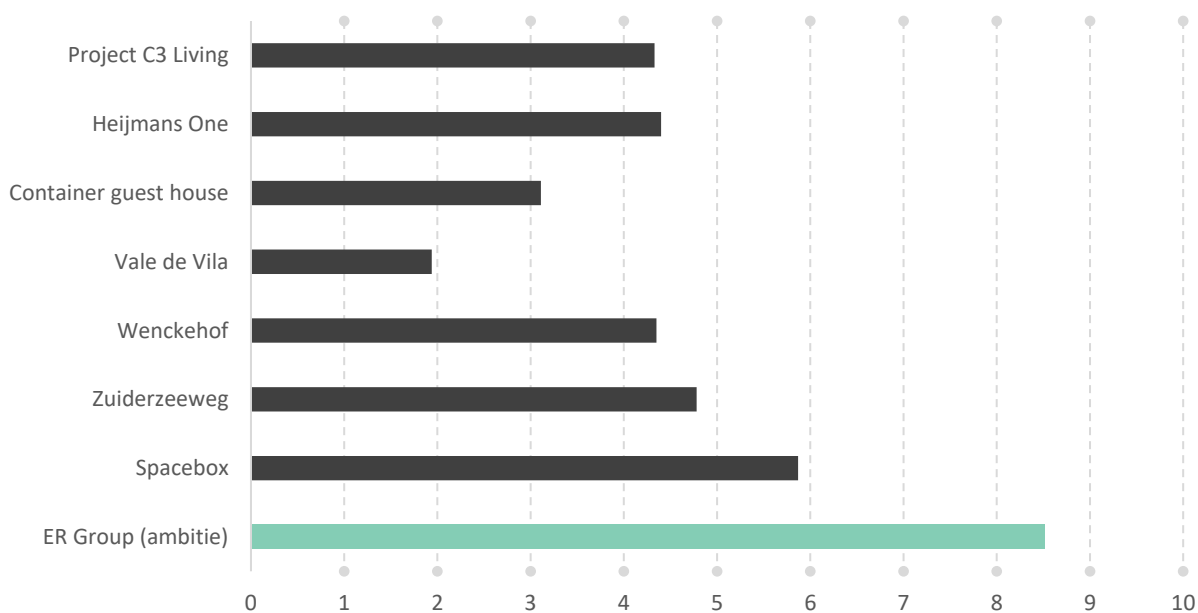
In "Bijlage 6A – Multicriteriatabel" is de volledige tabel te zien en alle criteria ingevuld voor het eindproduct.

10.3. Eindscores per geanalyseerd concept

De scores van de concepten per categorie is opgenomen in een grafiek. Deze scores zijn in een grafiek opgenomen zodat duidelijk te zien is wat de scores zijn ten opzichte van elkaar.



Grafiek 1 - scores van de categorieën per concept



Grafiek 2 - totaalscore per concept

10.4. Analyse resultaten

C3 Living

Dit is het huidige concept van C3 Living, het bedrijf waar deze afstudeeropdracht door aangeleverd is. Om een verbeterslag te maken op het huidige concept moet eerst in beeld gebracht worden welke gebreken het concept heeft.

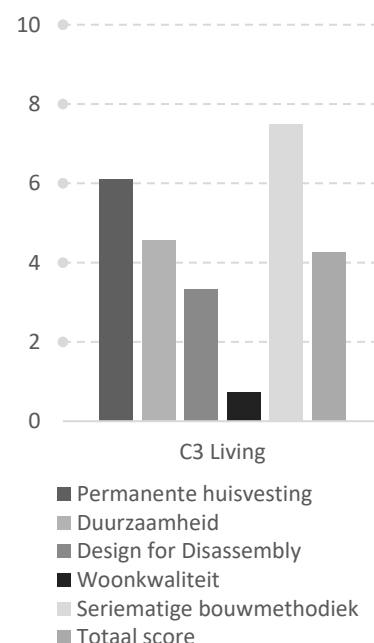
Permanente huisvesting: Het voldoet niet aan de ruimtelijke eisen van het Bouwbesluit 2012 voor permanente huisvesting van nieuwbouw. De minimale breedte en hoogte van een verblijfsruimte zijn de grootste niet aanpasbare gebreken van het concept voor dit criteria.

Duurzaamheid: Voor eigengebruik wordt energie opgewekt (niet volledig zelfvoorzienend) en er wordt geen gas gebruikt. Er zijn C2C ambities echter zijn er maar twee C2C materialen toegepast.

Design for Disassembly: Er is niet ontworpen vanuit Design for Disassembly waardoor de materialen niet eenvoudig verwijderd kunnen worden, de units kunnen wel eenvoudig gekoppeld worden met elkaar.

Woonkwaliteit: Op woonkwaliteit scoort het erg slecht, het voldoet niet aan de eisen gesteld door GPR-gebouw (2016). Het is niet mogelijk eenvoudig aan de materialen en installaties te komen en er is te weinig gedaan op het gebied van veiligheid (inbraak en sociaal).

Seriematige bouwmethodiek: Op deze criteria scoort het hoog, dit komt doordat het concept volledig prefab wordt geproduceerd en horizontale schakeling mogelijk is.



Grafiek 3 - multicriteriatabel score

Spacebox

Dit concept scoort het hoogst in deze casestudie. Het Spacebox concept wordt hieronder vergeleken met het huidige concept van C3 Living.

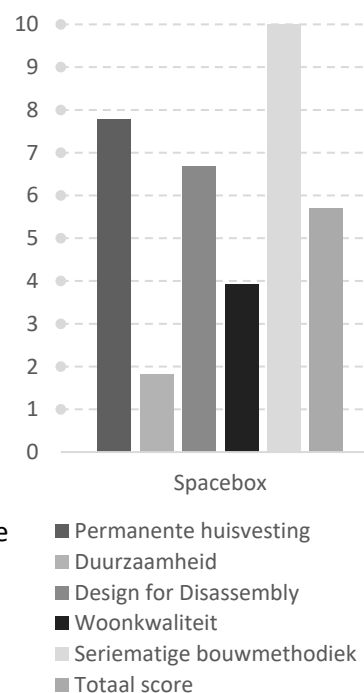
Permanente huisvesting: Het voldoet niet aan de ruimtelijke eisen van het Bouwbesluit 2012 voor permanente huisvesting van nieuwbouw. De minimale breedte en hoogte van een verblijfsruimte zijn de grootste niet aanpasbare gebreken van het concept voor dit criteria. Het scoort hoger op minimale hoogte badkamer en breedte van een doorgang.

Duurzaamheid: Er wordt niet zelf energie opgewekt en er is niks bekend over hoe het concept omgaat met energie. Er worden duurzame materialen toegepast echter worden er geen C2C materialen toegepast. Het scoort lager op gebruik en omgaan met energie en lager doordat er geen C2C materialen worden toegepast.

Design for Disassembly: De wanden bestaan uit een materiaal en de units zijn eenvoudig extern te koppelen met elkaar. Hierdoor scoort het goed op Design for Disassembly. Het scoort hoger doordat de units heel eenvoudig te plaatsen en te koppelen zijn.

Woonkwaliteit: Op woonkwaliteit scoort het slecht, het voldoet niet aan de eisen gesteld door GPR-gebouw (2016). Het is niet mogelijk eenvoudig aan de materialen en installaties te komen. Het scoort hoger doordat er meer gedaan is op het gebied van veiligheid (inbraak en sociaal).

Seriematige bouwmethodiek: Op deze criteria scoort het volledig, het concept is bedoeld voor verticale en horizontale schakelingen daarbij wordt het concept volledig geprefabriceerd.



Grafiek 4 - multicriteriatabel score

ER Group (ambities)

Deze score is het hoogst, dit komt doordat het gebaseerd is op de ambities die vertaald zijn in de multicriteriatabel. Deze ambitie is opgesteld om de ambitie in beeld te brengen en of deze met het eindproduct ook behaald is. Het eindproduct zal getoetst worden aan de multicriteriatabel, hieruit zal blijken of er een verbetering is gemaakt op het huidige product van C3 Living, beter scoort dan het best geteste concept Spacebox en of de opgestelde ambitie behaald is.

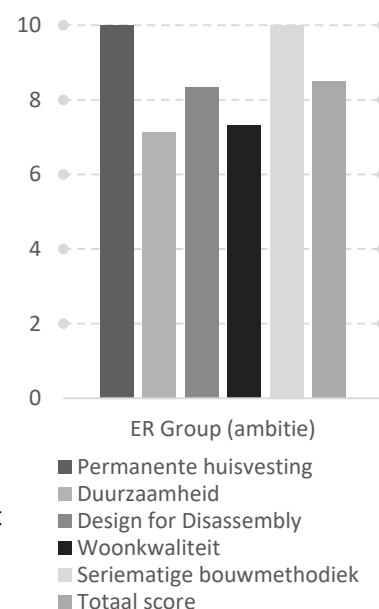
Permanente huisvesting: Het voldoet volledig aan de ruimtelijke eisen van het Bouwbesluit 2012 voor permanente huisvesting van nieuwbouw.

Duurzaamheid: Er worden meer dan vijf C2C materialen toegepast. Voor eigen gebruik wordt energie opgewekt (niet volledig zelfvoorzienend), er wordt geen gas gebruikt en de installaties zijn zuinig.

Design for Disassembly: De units zijn eenvoudig met elkaar te koppelen, echter bestaat het concept uit twee onderdelen die gekoppeld dienen te worden op locatie, het is volledig ontworpen vanuit het Design for Disassembly principe.

Woonkwaliteit: Op woonkwaliteit scoort het goed, het scoort hoog op de eisen gesteld door GPR gebouw (2016). Men kan eenvoudig aan de materialen en installaties komen. Het scoort hoog op het gebied van veiligheid (inbraak en sociaal).

Seriematige bouwmethode: Op deze criteria scoort het volledig, het concept is bedoeld voor verticale en horizontale schakelingen, daarbij wordt het product volledig geprefabriceerd.



Grafiek 5 - multicriteriatabel score

10.5. Deelconclusie

Vanuit de casestudie wordt duidelijk dat de geanalyseerde concepten algemeen niet hoog scoren. De projecten Wenckehof, Zuiderzeeweg, C3 Living, Heijmans One en Spacebox scoren allemaal erg hoog op Seriematige bouwmethode. De eenvoud van het koppelen en het prefab produceren zorgt voor een eenvoudige montage op locatie en dat deze hoog scoren op de criteria seriematige bouwmethode.

Dat geen enkel project volledig goed scoort was te verwachten, omdat de criteria ambities zijn die voortkomen uit de bedrijfsproblemen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de geanalyseerde concepten op een andere manier de markt benaderen, en dus niet vanuit permanente huisvesting, Design for Disassembly en duurzaamheid (Cradle to Cradle). Dat de concepten niet volledige scores op permanente huisvesting was te verwachten omdat het concepten betreft die bestemd zijn voor tijdelijke huisvesting en dus niet voldoen aan de eisen voor permanent huisvesting van het Bouwbesluit 2012 voor nieuwbouw.

Geconcludeerd kan worden dat het nieuwe ontwerp anders benaderd dient te worden dan het huidige concept van C3 Living, als het wil inspelen op de bedrijfsproblemen en daarmee een oplossing bieden voor de maatschappelijke problemen.

Een uitgebreidere omschrijving van de aanleiding en probleemstelling kunt u verder lezen in "hoofdstuk 5. Inleiding".

De Spacebox is een goed voorbeeld van een prefab unit die eenvoudig te plaatsen is. Deze methode kan als inspiratie gebruikt worden voor het nieuwe ontwerp. Het concept Container guest house is een goed voorbeeld van duurzaam omgaan met energie en water.

Het uiteindelijke ontwerp wordt ook getoetst aan de multicriteriatabel en deze is te zien in "hoofdstuk 20. Uitwerking: Eindontwerp" hier wordt het nieuwe ontwerp vergeleken met het huidige concept van C3 Living en de ambitie die in het begin van het project is opgesteld.

11. Selectieonderzoek: Ontwerpvarianten

Vanuit de literatuuronderzoeken deelvraag 1 t/m 3 zijn ontwerprichtlijnen en -eisen naar voren gekomen. Deze richtlijnen en eisen zijn benodigd om het schetsontwerp te maken binnen de ambities van het bedrijf.

Ontwerprichtlijnen en -eisen:

- Ruimtelijk Programma van Eisen aanhouden, *komt uit deelvraag 1. Bouwbesluit*;
- Badkamer als centrale unit, *komt uit deelvraag 1. Bouwbesluit en deelvraag 3. Design for Disassembly*;
- Ontwerp moet enkel toegepast kunnen worden maar ook seriematig, *komt uit deelvraag 3. Design for Disassembly*.

Uit deelvraag 1. Bouwbesluit, is naar voren gekomen dat de woonfunctie de leidende functie is. De woonfunctie wordt als schetsontwerp uitgewerkt, hierna worden transformatietekeningen voor de gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie gemaakt op basis dit schetsontwerp. Deze transformatie wordt uitgewerkt tot SO niveau in verband met tijdgebrek binnen de afstudeerperiode van 20 weken.

in “Bijlage 10 – Transformatie tekeningen” zijn de transformatieplattegronden te zien.

Het schetsontwerp is een 2D ontwerp van enkel alleen de plattegronden. Het schetsontwerp is een selectieonderzoek naar de best mogelijke indeling binnen de ontwerprichtlijnen en -eisen, daarbij geldt de minimale hoogtemaat van 2,6m over de hele plattegrond en dit heeft verder geen gevolgen voor de indeling.

De ontwerpen worden aan de hand van een Sterkte-Zwakteanalyse beoordeeld. Met behulp van deze analyse wordt het definitieve ontwerp van de woonfunctie gekozen en deze wordt tot DO niveau uitgewerkt.

Voordat het schetsontwerp gemaakt kan worden moeten de mogelijke opties van de te gebruiken transportcontainer in beeld worden gebracht.

11.1. Mogelijke transportcontainer

Binnenwerkse hoogte transportcontainer.

Standaard container: 2392mm

High Cube container: 2699mm

Een High Cube container is benodigd om aan de eis “Een verblijfsgebied en een verblijfsruimte heeft ten minste 2,6m hoogte boven de vloer” te voldoen.

Binnen High Cube containers zijn de volgende transportcontainers mogelijk.

Binnenwerkse transportcontainer LxBxH:

20ft. High Cube: 5898x2350x2695mm

40ft. High Cube: 12032x2350x2695mm

Er zijn minimaal twee transportcontainers benodigd om aan de eis “Een verblijfsgebied in een toegankelijkheidssector heeft een verblijfsruimte met een vloeroppervlakte van ten minste 14m² bij een breedte van ten minste 3,2m” te voldoen.

Een berging kan gerealiseerd worden in een afzonderlijke transportcontainer.

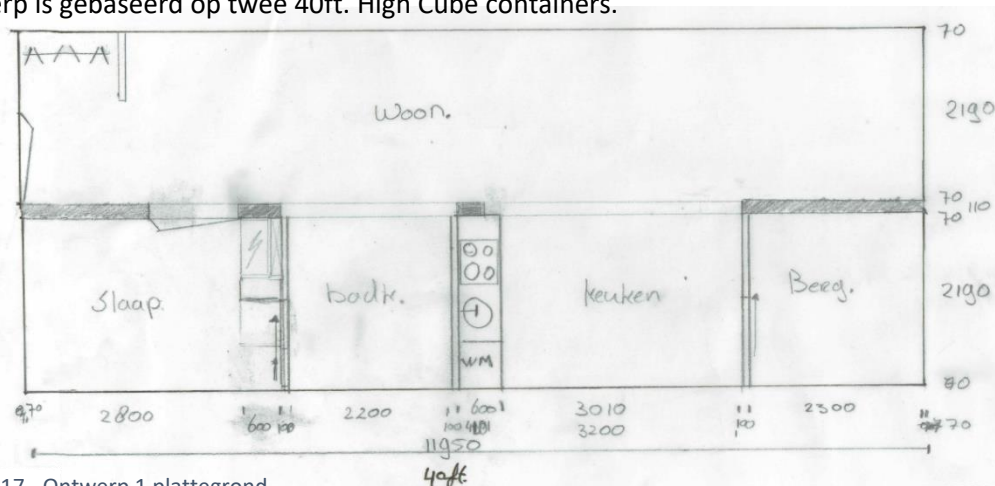
Deze transportcontainer moet voldoen aan de volgende eis “Een woonfunctie heeft als nevenfunctie een niet-gemeenschappelijke afsluitbare berging met een vloeroppervlakte van ten minste 5m² bij een breedte van ten minste 1,8m en een hoogte daarboven van ten minste 2,3m bij een gebruiksoppervlakte groter dan 50m²”.

Met de volgende transportcontainer kan voldaan worden aan deze eis, binnenmaat LxBxH:

10ft. container: 2840x2350x2390mm

11.2. Ontwerp 1

Dit ontwerp is gebaseerd op twee 40ft. High Cube containers.



Afbeelding 17 - Ontwerp 1 plattegrond

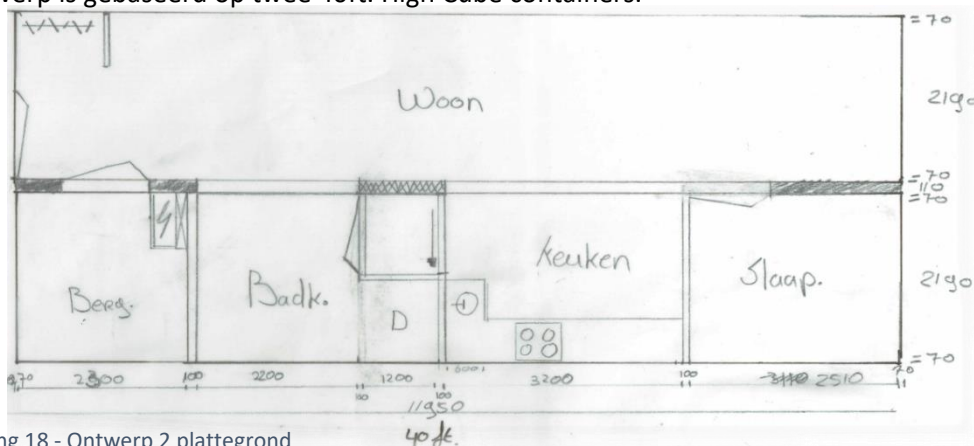
Sterkte-Zwakteanalyse

Sterktes: Slaapkamer heeft direct toegang tot de badkamer. De meterkast en keuken zijn beide elk aan een kant gekoppeld aan de badkamer (centraal element). De berging is in de woning opgenomen.

Zwaktes: De badkamer is enkel te bereiken door de slaapkamer, gasten moeten door de slaapkamer. De meterkast is gelegen in de slaapkamer. De slaapkamer heeft ramen aan de zijde van de galerij. De berging onttrekt licht voor de keuken, de keuken is een donkere ruimte.

11.3. Ontwerp 2

Dit ontwerp is gebaseerd op twee 40ft. High Cube containers.



Afbeelding 18 - Ontwerp 2 plattegrond

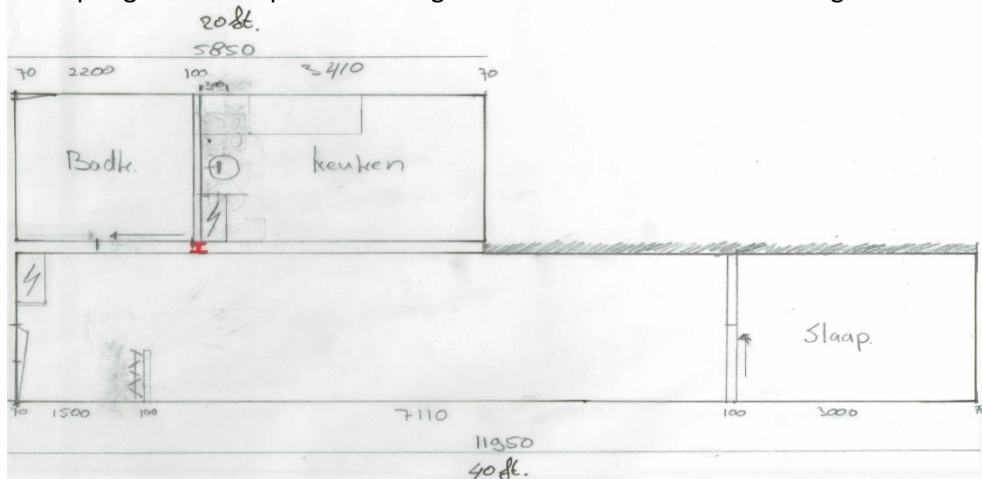
Sterkte-Zwakteanalyse

Sterktes: De badkamer is te bereiken vanuit de keuken. Slaapkamer heeft ramen aan balkon zijde. Meterkast zit in de berging.

Zwaktes: Vanuit de slaapkamer door keuken/woonkamer om badkamer te bereiken. Keuken zit niet volledig tegen badkamer wand. Overloop voor badkamer is nutteloze ruimte. De slaapkamer onttrekt licht voor de keuken, de keuken is een donkere ruimte.

11.4. Ontwerp 3

Dit ontwerp is gebaseerd op één 20ft. High Cube container en één 40ft. High Cube container.



Afbeelding 19 - Ontwerp 3 plattegrond

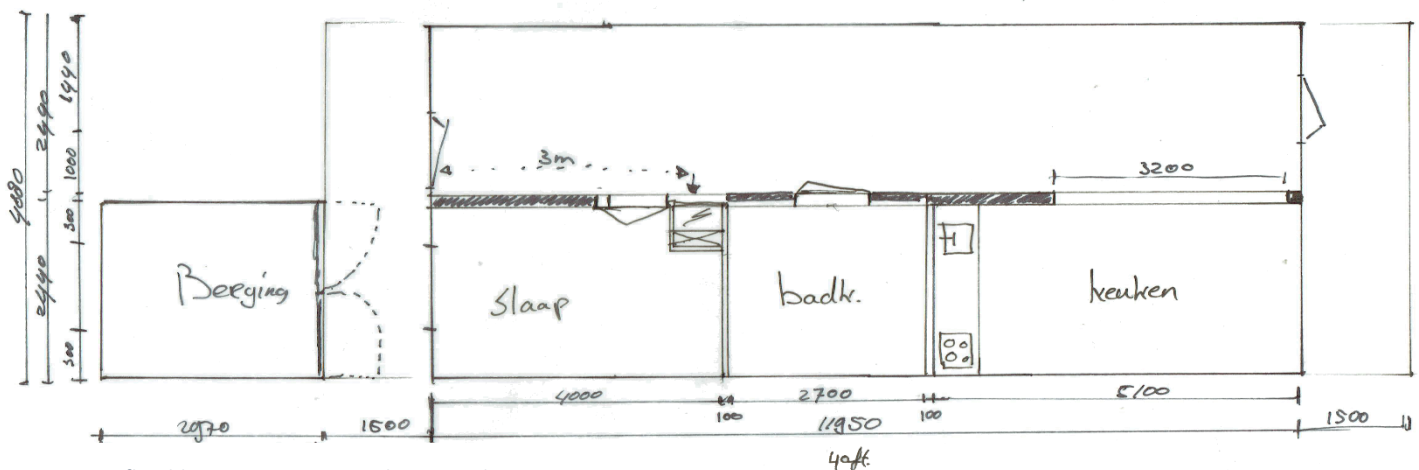
Sterkte-Zwakteanalyse

Sterktes: Door kleinere gebruiksoppervlakte geen berging benodigd. Badkamer is vanuit hal te betreden.

Zwaktes: De slaapkamer ligt direct aan de woonkamer. Meterkast zit niet in dezelfde container als de badkamer. De koppelmogelijkheden van een 20ft. met een 40ft. container vraagt voor extra constructie aanpassingen.

11.5. Ontwerp 4

Dit ontwerp is gebaseerd op twee 40ft. High Cube containers en een 10ft. container.



Afbeelding 20 - Ontwerp 4 plattegrond

Sterkte-Zwakteanalyse

Sterktes: Grotere oppervlakte door verwijderen van berging uit de woning. De keuken heeft licht inval. De badkamer heeft een groter oppervlakte (integraal toegankelijk beter toepasbaar). De meterkast is toegankelijk vanuit de woonkamer.

Zwaktes: Vanuit de slaapkamer door de woonkamer om badkamer te bereiken. De slaapkamer heeft ramen aan de zijde van de galerij.

11.6. Deelconclusie

Er zijn vier ontwerpvarianten van de woonfunctie gemaakt.

Tijdens het ontwerpen werkten enkele richtlijnen en eisen dusdanig beperkend dat deze opnieuw zijn bekeken en bleek dat deze fout geïnterpreteerd waren.

Dit waren de volgende twee eisen.

- Er moet een berging aanwezig zijn van 4m² met een minimale breedte van 1.5m bij een gebruiksoppervlakte groter dan 50m².
- Een badkamer mag niet ontsluiten op een gemeenschappelijke ruimte.

De eerste eis was geïnterpreteerd als het aanwezig moeten zijn van deze berging in je woonfunctie, dit bleek niet het geval te zijn. Deze berging mag zich ook buiten de woning bevinden.

De tweede eis was geïnterpreteerd als een gemeenschappelijke ruimte, een ruimte in een woning zoals woonkamer en keuken, dit bleek niet het geval te zijn. Een gemeenschappelijke ruimte is buiten je woning waar andere mensen ook toegang tot hebben.

Ontwerp 1 t/m 3 zijn tot stand gekomen op basis van de eerste interpretatie van de eisen. Ontwerp 4 is tot stand gekomen op basis van de herinterpretatie van de eisen.

Uit de Sterkte-Zwakteanalyse is ontwerp vier als beste naar voren gekomen. Dit ontwerp is gebaseerd op twee 40ft. High Cube containers voor de woning en één 10ft. container voor de berging die alleen bij de Woonfunctie geplaatst hoeft te worden en verwijderd kan worden bij gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie.

12. Selectieonderzoek: Materialisatie

De materialisatie is gebaseerd op een selectieonderzoek in “Bijlage 7 – Materialisatie”. Dit selectieonderzoek komt voort uit twee andere onderzoeken namelijk die van Cradle to Cradle in “Bijlage 4 – Onderzoek Cradle to Cradle” en Design for Disassembly in “Bijlage 5 – Onderzoek Design for Disassembly”.

Beide onderzoeken hebben invloed op de keuze van de materialisatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het materialen overzicht uit het onderzoek Cradle to Cradle en de montage voorkeur en levenscyclusanalyse vanuit het onderzoek Design for Disassembly. Hiervoor zullen de verschillende materialen onderzocht worden aan de hand van een SWOT-analyse en een multicriteriatabel.

De materialen die onderzocht worden zijn voornamelijk complete systemen, omdat deze het gunstigst zijn in assemblage en demontage volgens Design for Disassembly. Overige materialen zoals baksteen en kalkzandsteen zijn op voorhand verworpen, doordat deze materialen niet geschikt zijn volgens Design for Disassembly. Deze materialen worden volgens intensieve arbeidsprocessen gemaakt met verbindingen die naderhand niet meer verwijderd kunnen worden, dit is tegenstrijdig met de opgestelde ambities en Design for Disassembly. De volgende materialen komen aan bod:

Gevelbekleding	Niet dragende wanden
Paneel/tegel gevelsysteem Sandwichpaneel HSB-voorzetwand met diverse gevelafwerkingen	Metalstud Separatiepanelen Faay - wandsysteem
Vloer	Plafond
Vloerpanelen – systeem floor technics Vloersysteem – farmacell 2e32 Staalconstructie opvullen met EPS en afwerken met plaatmateriaal	Spanplafond Agnes systeemplafond Faay 2 resist® systeemplafond
Kozijn	Dakbedekking
Aluminium Hout Kunststof	Bitumen EPDM Derbipure®

Tabel 4 - geselecteerde materialen

De uitwerking van het selectieonderzoek is te vinden in de “Bijlage 7 – Materialisatie”. De methodiek achter het selectieonderzoek wordt omschreven in de volgende pagina. Waarna de resultaten worden samengevat en geanalyseerd, waarna een deelconclusie getrokken wordt.

12.1. Invulmethode multicriteriatabel



Afbeelding 21 - invulmethode multicriteriatabel

Materialen: Hier worden de gekozen materialen benoemd.

Categorieën afwerking | uitstraling: Binnen deze categorie wordt gekeken wat de afwerking en uitstraling van het materiaal is. De materialen worden beoordeeld als matig, voldoende of goed. De definitie van matig wordt gegeven als bevestigingsmaterialen of horizontale/verticale aansluitnaden zichtbaar zijn. Bij voldoende zijn enkel horizontale of verticale aansluitnaden aanwezig. Bij goed wordt het materiaal volledig onzichtbaar weggewerkt.

Categorieën Cradle to Cradle – keuringsniveau: Binnen deze categorie worden materialen beoordeeld op keuringsniveau van Cradle to Cradle. Dit wordt beoordeeld op, geen keuringsniveau aanwezig, brons/zilver keuringsniveau of als goud/platinum keuringsniveau.

Categorieën Design for Disassembly – assemblage | demontage: Binnen deze categorie worden materialen beoordeeld op zowel de assemblage als de demontage van het materiaal. De beoordeling is als volgt, moeilijk, gemiddeld of eenvoudige assemblage of demontage. De score moeilijk wordt toegekend als het materiaal door een specialist aangebracht moet worden of als er meerdere lagen

verwijderd dienen te worden voordat men bij het bevestigingsmateriaal is. De score eenvoudig wordt toegekend als het materiaal eenvoudig te verwijderen is door iemand met een technische achtergrond en bevestigingsmaterialen duidelijk zichtbaar zijn.

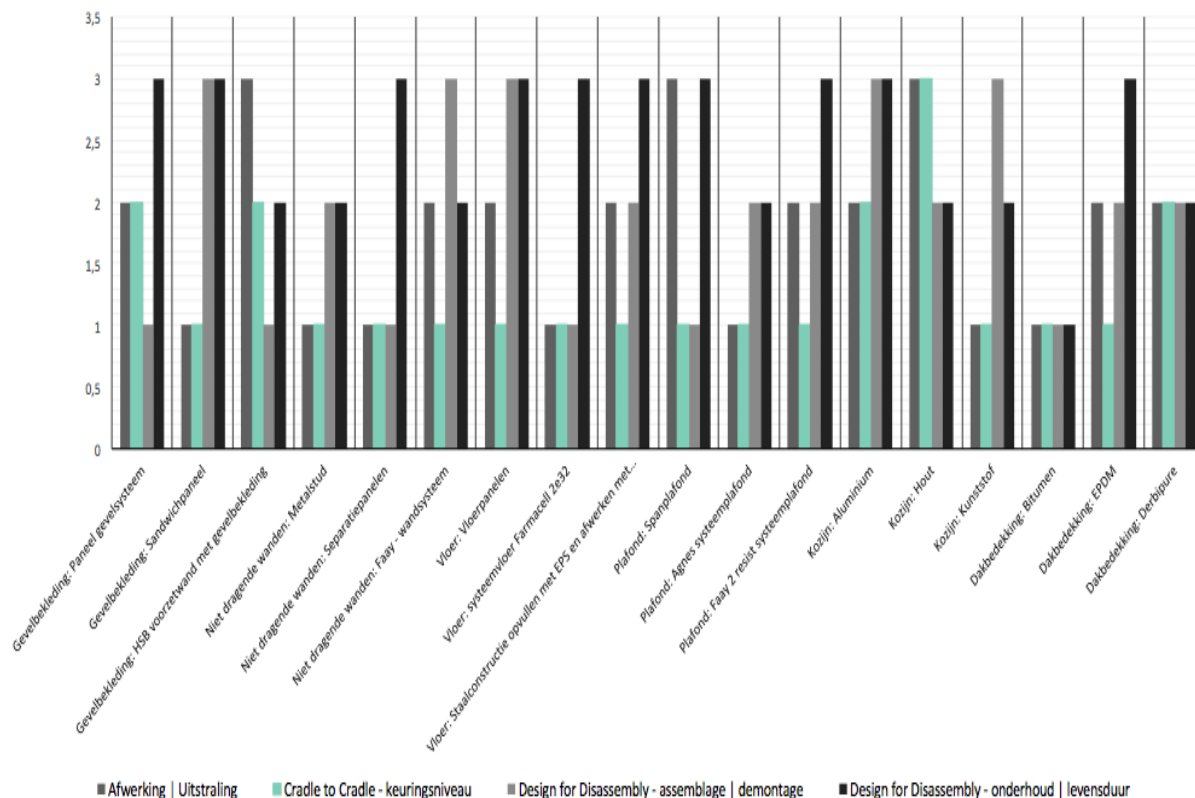
Categorieën Design for Disassembly – onderhoud | levensduur: Binnen deze categorie worden de materialen beoordeeld op onderhoud en levensduur. De levensduur is afhankelijk van de LCA (levenscyclusanalyse) vanuit het onderzoek Design for Disassembly. De materialen worden beoordeeld op veel onderhoud/korte levensduur, gemiddeld onderhoud/ gemiddelde levensduur en weinig onderhoud/ lange levensduur. De score weinig onderhoud/lange levensduur wordt afgegeven als materialen net zo lang of langer mee gaat dan de LCA. De score veel onderhoud en korte levensduur wordt gegeven als materialen korter meegaan dan de LCA.

Cumulatieve score: Hier worden alle scores van de categorieën opgeteld als een totaalscore.

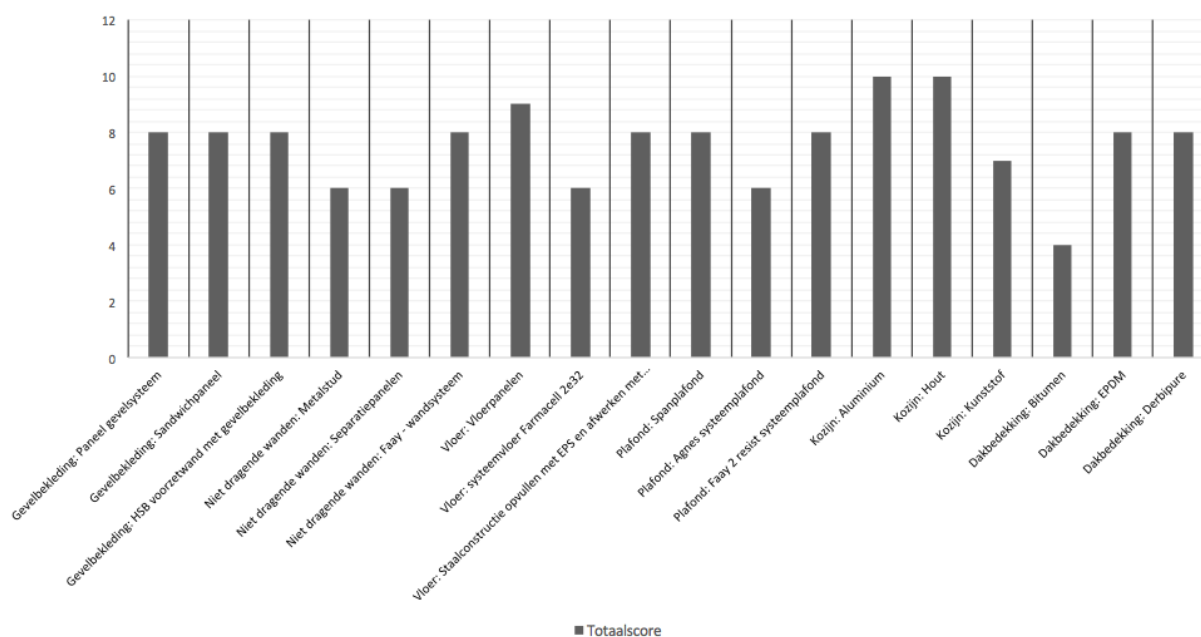
Visuele staafdiagram: Hier wordt de score per categorie visueel afgebeeld als een staaf.

Waardering: Hier worden de scores van de verschillende categorieën benoemd.

12.2. Resultaten



Grafiek 6 - resultaten criteria



Grafiek 7 - resultaten totaalscore

12.3. Analyse Resultaten

Uit de analyse van de verschillende gevelbekledingen komt naar voren dat alle materialen even goed scoren. Het ene materiaal scoort beter op Design for Disassembly dan de andere, maar de ander weer beter op Cradle to Cradle. Bij de niet dragende muren scoort het Faay-wandsysteem zeer goed ten opzichte van de andere. Dit komt door zijn hoge score op beide onderdelen in Design for Disassembly, het materiaal is eenvoudig aan te sluiten en is voorzien van een vinyl toplaag als afwerking. Hierdoor is een wandafwerking overbodig.

Binnen de materiaalkeuze van de vloer zijn twee mogelijkheden, de vloerpanelen en de EPS-opvulling met plaatmateriaal waarbij de ene iets hoger scoort dan de ander. De vloerpanelen scoort hoger op de eenvoudige assemblage en demontage, de panelen worden namelijk op de bestaande vloer gelegd en is direct voorzien van een toplaag. Bij de EPS-opvulling met plaatmateriaal dient een extra arbeidsproces te worden uitgevoerd, maar daarbij is de flexibiliteit van de EPS-opvulling met plaatmateriaal beter dan de vloerpanelen, omdat er meer mogelijkheden zijn in de EPS-opvulling dan de vloerpanelen.

Bij materiaalkeuze voor de kozijnen zijn twee materialen die beter scoren dan de overige, namelijk aluminium en hout. Dit is te verklaren doordat beide materialen een lange levensduur hebben en beschikken over een Cradle to Cradle certificering. Aluminium scoort hoger dan hout op beide onderdelen van Design for Disassembly. Het materiaal gaat lang mee en heeft weinig onderhoud nodig ten opzichte van hout. Daarnaast kan het materiaal diverse malen gemonteerd en gedemonteerd worden zonder beschadigingen van het bevestigingsonderdeel.

Hout scoort minder goed op onderdelen van Design for Disassembly omdat het meer onderhoud vergt en het bevestigingsonderdeel een beperkt aantal keren gebruikt kan worden. Daarentegen scoort hout beter op afwerking en uitstraling en Cradle to Cradle certificering. Hout heeft namelijk een beter label op Cradle to Cradle dan aluminium, daarnaast heeft hout minder profileringsnaden waardoor het beter scoort op afwerking en uitstraling.

Voor de materiaalkeuze van de dakbedekking zijn twee materialen die beter scoren dan de ander, EPDM en Derbipure. Dit is te verklaren doordat beide materialen verlijmd worden op het dak in plaats van gebrand worden. Hierdoor scoren beiden materialen beter op Design for Disassembly omdat beide materialen eenvoudig te verwijderen zijn en hergebruikt kunnen worden. De verschillen tussen EPDM en Derbipure is, dat EPDM een langere levensduur heeft dan Derbipure, maar Derbipure heeft daarentegen een Cradle to Cradle certificaat.

12.4. Deelconclusie

Uit de multicriteriatabel komt naar voren dat bij enkele onderdelen één enkel materiaal goed scoort en bij sommige onderdelen twee materialen hoog scoren. Dit leidt naar tot de volgende materiaalkeuze met onderbouwing:

Onderdeel	Materiaalkeuze	Onderbouwing
Gevelbekleding	Sandwichpaneel	Diverse afwerkingen /uitstralingen mogelijk en hoge score op Design for Disassembly
Niet dragende binnenwanden	Faay - wandsysteem	Hoogste totaalscore.
Vloer	Staalconstructie opvullen met EPS-isolatie en afwerken met plaatmateriaal	Hoge mate van flexibiliteit in uitvoering, Design for Disassembly
Plafond	Spanplafond	Hoge score op afwerking/ uitstraling en Design for Disassembly
Kozijn	Aluminium	Hoogste score op Design for Disassembly en Cradle to Cradle materiaal
Dakbedekking	Derbipure	Cradle to Cradle materiaal

Tabel 5 - materiaalkeuze

13. Selectieonderzoek: Installatie

De installatiekeuze is gemaakt uit een selectieonderzoek in “Bijlage 8 – Installatie”. De keuze voor de installatie is gemaakt uit een selectie van installaties uit het rekenprogramma Uniec2. Het rekenprogramma Uniec2 is een volledig EPC-rekenpakket dat rekent volgens de bijbehorende NEN-normen. Uit het rekenprogramma wordt de EPC-waarde van het project berekend. Dit is noodzakelijk voor de toetsing vanuit het Bouwbesluit. Hierbij dient de EPC-waarde 0,4 of lager te zijn.

De verschillende installaties zijn onderzocht aan de hand van een SWOT-analyse en de toepasbaarheid binnen het project. De installaties kunnen verdeeld worden in drie onderdelen: verwarming, warmtapwater en ventilatie. Uit deze drie onderdelen is in het rekenprogramma een selectie gemaakt waaruit gekozen kan worden (zie onderstaande tabel):

Verwarming	Warmtapwater	Ventilatie
Cv-ketel Warmtepomp Externe warmtelevering Elektrische verwarming Micro-WKK	Gasgestookt toestel Elektrische opwekker Warmtepomp Zonneboiler Externe warmtelevering	Systeem A: Natuurlijke toe-/afvoer Systeem B: Mech. toevoer en nat. afvoer Systeem C: Nat. toevoer en mech. afvoer Systeem D: Mechanische toe-/afvoer

Tabel 6 - selectie installaties

Voor de keuze van de installatie zijn er enkele uitgangspunten opgesteld:

- Flexibiliteit (de aansluiting aan het netwerk dient overal in Nederland beschikbaar te zijn);
- Geen aansluiting fossiele brandstoffen (een gasaansluiting biedt weinig flexibiliteit voor het aan en loskoppelen van het project);
- Kleine installatie (de beperkte ruimte in het project biedt weinig ruimte voor grote installaties).

De uitwerking van het selectieonderzoek is te vinden in de “Bijlage 8 – Installatie”. Een overzicht van de installatie met SWOT-analyse wordt in de volgende pagina omschreven, waarna de bevindingen worden samengevat en geanalyseerd, en waarna een deelconclusie getrokken wordt.

13.1. Verwarming

Cv-ketel:

- S: Snelle manier van verwarming en individuele regeling per ruimte in huis;
W: Een netwerk van buizen aanleggen voor vloerverwarming en radiatoren is niet wenselijk in combinatie met design for Dissassembly. Gebruik van fossiele brandstoffen;
O:
T: De gasaansluiting en rookafvoerkanalen beperkt de flexibiliteit van het project.

Warmtepomp:

- S: Duurzaam systeem met een hoog rendement;
W: De flexibiliteit van de warmtepomp is beperkt als het product verplaatst wordt;
O: Gebruik van duurzame energiebronnen met beperkte energie ondersteuning;
T: Grote dimensionering van de installatie.

Externe Warmtelevering:

- S: Collectief duurzaam systeem voor de terugwinning van restwarmte van leveranciers;
W: Externe warmtelevering is niet overal mogelijk. Dit beperkt de flexibiliteit van het project;
O: De leveranciers van deze warmtebronnen kunnen ook duurzaam opgewekt worden doormiddel van warmtepomp en zonnecollectoren;
T: Storingsgevoelig, lekkages en de flexibiliteit om het project overal te plaatsen is niet mogelijk.

Elektrische verwarming:

- S:** Geen gebruik van fossiele brandstoffen. Eenvoudige aansluiting (Design for Dissassembly). Geen netwerk van waterleidingen;
- W:** Het laagste rendement van alle verwarmingsbronnen;
- O:** Het produceren van eigen elektriciteit doormiddel van zonnepanelen/windmolens compenseert het rendement;
- T:** Elektrische verwarming kan niet altijd als hoofdverwarming dienen. Enkel wanneer de woning voorzien is van een goede isolatie.

Micro-WKK:

- S:** Het opnemen van afvalwarmte en deze omzetten naar een beperkte hoeveelheid elektriciteit;
- W:** Gebruik van fossiele brandstoffen;
- O:**
- T:** De gasaansluiting en rookafvoerkanalen beperkt de flexibiliteit van het project.

13.2. Warmtapwater

Gasgestookt toestel:

- S:** Plug-and-Play aansluiting, goedkoop in aanschaf;
- W:** Gebruik van fossiele brandstoffen;
- O:** Onafhankelijk van traditionele Cv-installaties zoals Cv-ketel of micro-WKK;
- T:** De gasaansluiting en rookafvoerkanalen beperkt de flexibiliteit van het project, weinig regelmogelijkheden.

Elektrische opwekker:

- S:** Plug-and-Play aansluiting, Onuitputtelijke bron voor warm water, kleine dimensionering;
- W:** Groot energievermogen benodigd;
- O:** Neemt weinig ruimte in beslag ideaal voor compacte woningen;
- T:** Niet geschikt voor groot aantal tappunten.

Externe warmtelevering:

- S:** Collectief duurzaam systeem voor de terugwinning van restwarmte van leveranciers;
- W:** Externe warmtelevering is niet overal mogelijk. Dit beperkt de flexibiliteit van het project;
- O:** De leveranciers van deze warmtebronnen kunnen ook duurzaam opgewekt worden door middel van warmtepomp en zonnecollectoren;
- T:** Storingsgevoelig, lekkages en de flexibiliteit om het project overal te plaatsen is niet mogelijk.

Warmtepomp:

- S:** Duurzaam systeem met een hoog rendement;
- W:** De flexibiliteit van de warmtepomp is beperkt als het product verplaatst wordt;
- O:** Gebruik van duurzame energiebronnen met beperkte energie ondersteuning;
- T:** Grote dimensionering van de installatie.

Zonneboiler:

- S:** Compatibel met de meeste verwarmingsinstallaties;
- W:** Kan niet volledig de behoefte van warmtapwater genereren;
- O:** Ecologische voetafdruk wordt veel kleiner door gebruik van zonne-energie;
- T:** De plaatsing, ruimte en esthetisch beeld van de zonnecollectoren.

13.3. Ventilatie

Systeem A: Natuurlijke toe- en afvoer:

- S:** Goedkoopste ventilatiemogelijkheid;
- W:** Geen regelbaarheid wat betreft toe- en afvoer;
- O:** Gezonde luchtcirculatie;
- T:** Past niet meer binnen de EPC-grenzen, groot energieverlies in het systeem.

Systeem B: Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer:

- S:** Automatische aanvoer van verse lucht bij moeilijk bereikbare kamers;
- W:** Aanzienlijke hoeveelheid warmteverlies;
- O:** Goedkope oplossing bij projecten waar veel omgevingslawaai is;
- T:** Het afvoerkanaal is ononderbroken in contact met de buitenlucht.

Systeem C: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer:

- S:** Minder ruimteverlies door enkel afvoerbuizen;
- W:** Moeilijke inregeling van het systeem dat zorgt voor onregelmatig binnenklimaat;
- O:** Ideaal voor renovatiewerkzaamheden of kleinere projecten met beperkte ruimte;
- T:** Door de moeilijke inregeling kan in de wintermaanden de koude lucht zorgen voor een snelle afkoeling in de ruimte of wordt de toevoer uitgeschakeld waardoor er geen verse lucht meer in huis komt. Tijdens de zomermaanden zullen de kamers sneller opwarmen door de warme luchtstroom.

Systeem D: Mechanische toe- en afvoer:

- S:** Optimaal, gecontroleerd systeem;
- W:** Onderhoud van het systeem is noodzakelijk voor een gezond binnenklimaat;
- O:** Mogelijkheid tot warmterecuperatie waardoor het rendement stijgt;
- T:** Met slecht geïsoleerde woningen en onvoldoende luchtdichtheid kan het systeem niet goed functioneren.

13.4. Analyse installatie

Uit de analyse komt naar voren dat de meeste installaties van verwarming en warmtapwater op fossiele brandstoffen werken. Dit betekent dat daarbij een gasaansluiting noodzakelijk is. Dit past niet binnen de opgestelde uitgangspunten. De externe warmtelevering voor zowel verwarming als warmtapwater is niet overal mogelijk in Nederland. Dit beperkt het weer in een ander uitgangspunt, namelijk de flexibiliteit.

Hierdoor blijven er voor verwarming maar twee mogelijkheden over, de warmtepomp en de elektrische verwarming. De warmtepomp neemt te veel ruimte in beslag in het project waardoor de elektrische verwarming als enige mogelijk over blijft. Voor het warmtapwater blijft de elektrische opwekker, warmtepomp en zonneboiler over. Voor de warmtepomp geldt hetzelfde als bij de verwarming, het neemt te veel ruimte in beslag. De zonneboiler kan niet zelfstandig de behoefte voor warmtapwater maken waardoor een externe installatie moet bijspringen. Hierdoor blijft ook voor warmtapwater enkel de elektrische opwekker over.

Voor het ventilatiesysteem kunnen systeem A en D niet toegepast worden. Ventilatiesysteem A voldoet niet meer binnen de EPC-grenzen en ventilatiesysteem D vergt te veel leidingwerk waardoor het niet past in de beperkte ruimte ventilatiesysteem B dient de lucht aanvoer vanuit de gevel te komen waardoor een horizontaal kanaal geplaatst moet worden, die naderhand weer afgewerkt dient te worden. Dit is niet wenselijk vanuit Design for Disassembly.

13.5. Deelconclusie

Uit de SWOT-analyse komt naar voor dat veel installaties niet passend zijn binnen de opgestelde uitgangspunten. De meeste installaties verbruiken fossiele brandstoffen, of zijn niet flexibel genoeg om overal toegepast te kunnen worden zoals externe warmtelevering of zonneboiler. Dit beperkt de keuze tot enkel een elektrische verwarming voor verwarming en een elektrische opwekker voor warmtapwater. Dit vergt een grote energiebehoefte, om dit te compenseren in de EPC-berekening wordt gebruik gemaakt van zonnepanelen.

De gekozen installatie bestaat uit het volgende:

- *Verwarming:* Elektrische verwarming (vloerverwarming);
- *Warmtapwater:* Elektrische opwekker (doorstroomapparaat);
- *Ventilatie:* ventilatiesysteem C – natuurlijke aanvoer en mechanische afvoer (Ducotronic system);
- *Zonnestroom:* zonnepanelen $\pm 15 \text{ m}^2$.

Met de gekozen installatie, oriëntatie van het gebouw en isolatiewaarde van de thermische schil is er een EPC-waarde behaald van 0,383.

14. Uitwerking: Toetsing Bouwbesluit

De toetsing van het definitief ontwerp aan het bouwbesluit is gedaan aan de hand van het toetsingsmodel. Deze is opgesteld in deelvraag 1. Onderzoek Bouwbesluit.

In “Bijlage 3 – Toetsing Bouwbesluit” is het ingevulde toetsingsmodel van het definitieve ontwerp te zien. Hoofdstuk 2 t/m 5 wordt per hoofdstuk ondersteund met een plattegrond waarin enkele eisen aangeduid worden. De gegevens om de toetsing uit te voeren komen uit de bouwkundige tekeningen en bouwfysische berekeningen.

Hieronder worden deze benoemd en de bijlage waarin deze terug te vinden zijn:

Bouwkundige tekeningen, “Bijlage 11 - Bouwkundige tekeningen”:

- *Definitief ontwerp tekeningen, plattegrond, aanzicht en twee doorsneden;*
- *Detailboekje, bestaat uit 7 details;*
- *Bouwbesluittekening, plattegrond;*
- *Kozijnstaat;*
- *Ventilatietekening;*
- *Rioleringstekening;*
- *Elektratekening.*

Bouwfysische rapport “Bijlage 9 – Bouwfysische rapport”:

- *Bouwfysische berekeningen;*
 - *Gebruiksoppervlakteberekening;*
 - *Daglichttoetredingsberekening;*
 - *Rc-waarde- en dampspanningsberekening;*
 - *Ventilatiebalansberekening;*
 - *Nagalmberekening;*
 - *Geluidweringberekening.*
- *EPC-berekening;*
- *MPG-berekening.*

De tekeningen en berekeningen geven echter niet antwoord op alle eisen die gesteld worden vanuit het Bouwbesluit 2012 aan permanente huisvesting voor de woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie van nieuwbouw. Om een volledige toetsing te doen moet het project verder uitgewerkt worden van een definitief ontwerp naar een technische uitwerking.

In het toetsingsmodel staat bij deze eisen “nog te bepalen”.

Dit betreft de volgende onderdelen vanuit het Bouwbesluit 2012:

- Brandwering;
- Brand bestrijding;
- Vochtwerking constructie;
- Vochtwerking badkamer;
- NEN eisen aan leidingwerk;
- Verlichting.

In “hoofdstuk 20. Conclusie en aanbevelingen” wordt er nader ingegaan op de verdere uitwerking die noodzakelijk is om het product te laten voldoen aan het bouwbesluit.

15. Uitwerking: Ontwerp

In de uitwerking van het ontwerp wordt een vergelijking gemaakt tussen het huidige concept, opgestelde ambitie en het definitief ontwerp. Het ontwerp omvat drie criteria opgesteld in deelvraag 4 Casestudie. Het ontwerp behandelt permanente huisvesting, woonkwaliteit en seriematige bouwmethodiek.

15.1. Vergelijking score multicriteriatafel

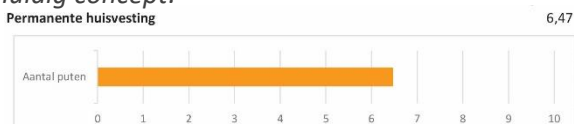
Permanente huisvesting:

Getoetst op ruimtelijke eisen gesteld voor woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie door het Bouwbesluit 2012 voor permanente huisvesting van nieuwbouw.

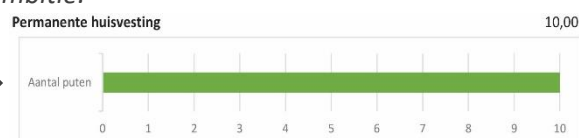
Het huidige concept van C3 Living voldoet niet aan alle criteria waardoor het een 6,11 scoort, het concept voldoet niet aan het Bouwbesluit. Met het definitieve ontwerp wordt aan de ambitie voldaan met een volledige score van 10. Het ontwerp voldoet aan de ruimtelijke eisen van het Bouwbesluit.

Toetsingsmodel:

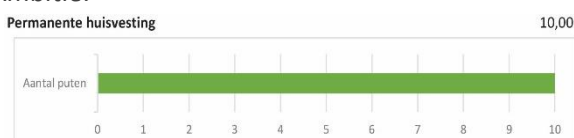
Huidig concept:



Ambitie:



Ambitie:



Definitief ontwerp:



Afbeelding 22 - toetsingsmodel vergelijking permanente huisvesting

Woonkwaliteit:

Getoetst op woonkwaliteit hoofdstuk 6 uit GPR gebouw (2016).

Het huidige concept van C3 Living scoort erg laag op woonkwaliteit, het concept scoort een 0,72. Het scoort zo laag doordat het niet mogelijk is eenvoudig aan de materialen en installaties te komen en er weinig gedaan is op het gebied van veiligheid (inbraak en sociaal).

Het definitieve ontwerp haalt bijna de ambitie. De ambitie is een score van 7,32, het definitieve ontwerp heeft een score van 7,22. Het definitieve ontwerp scoort lager dan de ambitie doordat het niet scoort op de eis doorbreekbare zones in plafond en vloeren. Het plafond is door breekbaar (spanplafond), de vloer niet omdat hier vloerwarmingsmatten in liggen.

Toetsingsmodel:

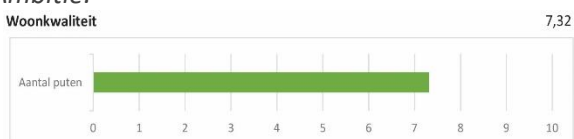
Huidig concept:



Ambitie:



Ambitie:



Definitief ontwerp:



Afbeelding 23 - toetsingsmodel vergelijking woonkwaliteit

Seriematige bouwmethodiek:

Getoetst op verticale en horizontale schakelmogelijkheden en prefabricatie.

Het huidige concept van C3 Living scoort hoog op deze criteria. Het scoort niet volledig omdat het concept nog niet verticaal gestapeld wordt. Het concept wordt wel volledig geprefabriceerd.

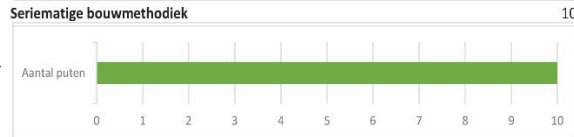
Met het definitieve ontwerp wordt aan de ambitie voldaan met een volledige score van 10. Het ontwerp is verticaal en horizontaal te schakelen en wordt volledig geprefabriceerd.

Toetsingsmodel:

Huidig concept:



Ambitie:



Ambitie:



Definitief ontwerp:



Afbeelding 24 - toetsingsmodel vergelijking seriematige bouwmethodiek

15.2. Huidige concept versus definitief ontwerp.

Het definitieve ontwerp is een verbetering ten opzichte van het huidige concept van C3 Living. In de opsomming hieronder worden de eisen benoemd met hierachter cursief tussen haakjes de behaalde hoeveelheid. De plattegrond van het huidige concept van C3 living is te zien in “afbeelding 25 – plattegrond huidig concept C3 Living”, de plattegrond van het definitieve ontwerp is te zien in “afbeelding 26 – plattegrond ER Group (definitief ontwerp)”.

Aan de volgende eisen van de criteria permanente huisvesting wordt nu wel voldaan:

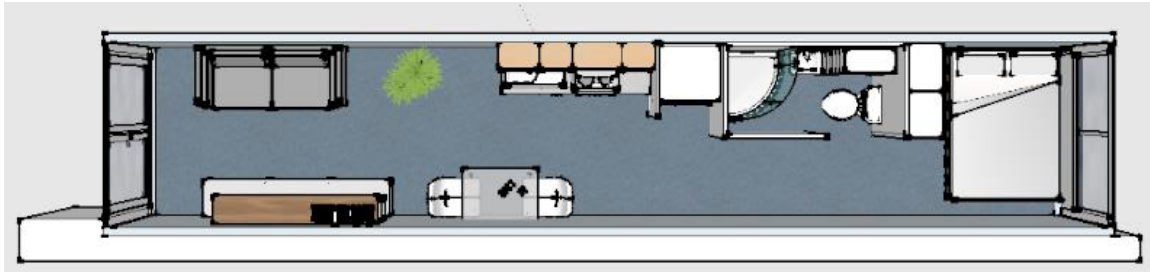
- Minimaal een verblijfsruimte met een vloeroppervlakte van 14m² en een minimaal breedte van 3,2m (*3,2x4,7m een vloeroppervlakte van 15m²*);
- Verblijfsgebied en verblijfsruimte heeft minimaal een vrije hoogte van 2,6m (*hoogte is 2,6m*);
- Badkamer heeft minimaal een vrije hoogte van 2,3m (*hoogte is 2,3m*);
- Doorgang heeft een vrije breedte van 0,85m en een vrije hoogte van 2,3m (*vrije breedte van 0,95m en een vrije hoogte van 2,3m*);
- Maximaal hoogte verschil is 0,02m, anders is een hellingbaan benodigd (*dorpels lager dan 0,02m*);
- Een bergruimte benodigd met minimale afmeting van 5m² en minimale breedte 1,8m en vrije hoogte 2,3m bij een gebruiksoveroppervlakte boven de 50m² (*2,8x2,3m, een vloeroppervlakte van 6,4m² en een vrije hoogte van 2,3m*).

De eisen van de criteria woonkwaliteit waar het definitieve ontwerp nu wel aan voldoet worden hieronder niet benoemd omdat dit 60 eisen zijn en dit het niet duidelijker maakt. Om deze reden is in “Bijlage 9C – MPG berekening” is de GPR berekening te zien met in hoofdstuk zes “woonkwaliteit” de eisen en welke voldoen. De score behaald in GPR gebouw is een andere score dan de score behaald in de multicriteriatabel ondanks dat aan de zelfde eisen wordt voldaan. Dit komt doordat GPR gebouw een waarderingssysteem over de eindscore heeft. Hieronder wordt kort benoemd op welke aspecten het definitieve ontwerp beter scoort als het huidige concept van C3 Living.

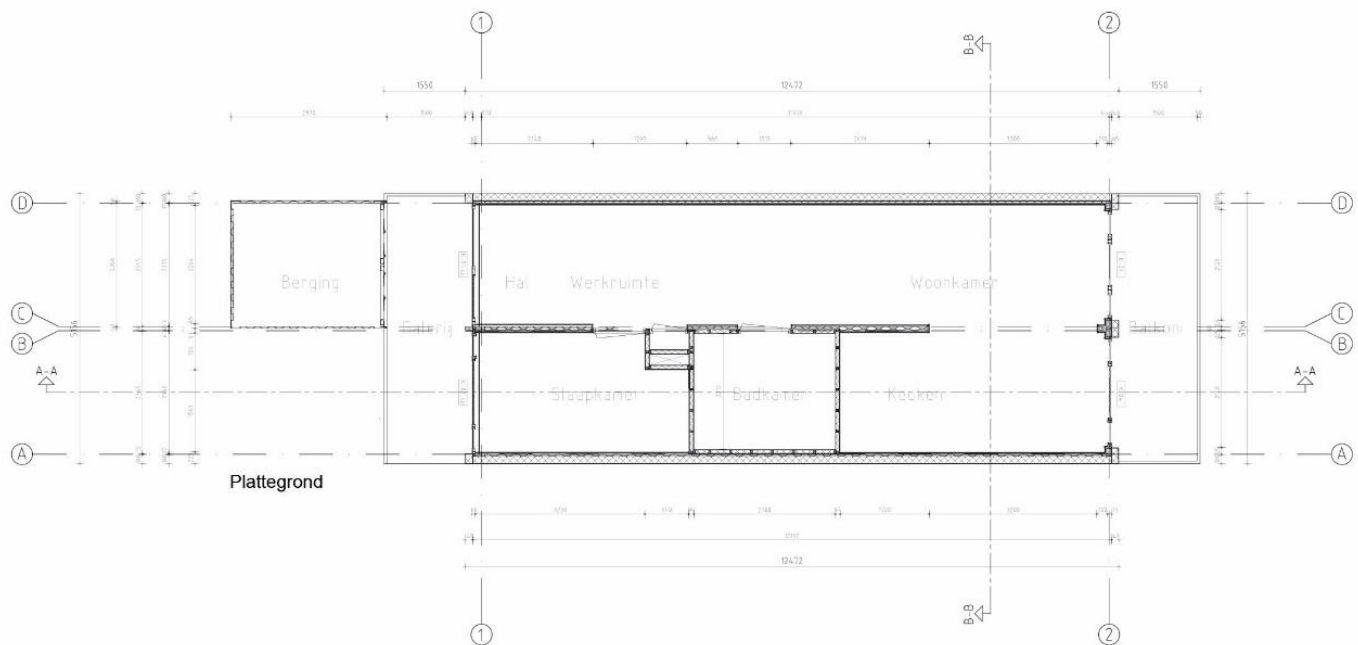
- Vrije doorgang in breedte en hoogte;
- Grootte van verblijfsruimten;
- Grootte van gebruikruimten;
- Aanpasbaarheid van elementen (materialen en installaties);
- Sociale veiligheid (inbraakwerendheid en sociale veiligheid).

Aan de volgende eisen van de criteria seriematige bouwmethodiek wordt nu wel voldaan:

- Is horizontale en verticale schakeling van het concept mogelijk? (*horizontale en nu ook verticale schakeling mogelijk*).



Afbeelding 25 - plattegrond huidig concept C3 Living



Afbeelding 26 - plattegrond ER Group (definitief ontwerp)

16. Uitwerking: Materialisatie

In de uitwerking van de materialisatie wordt een vergelijking gemaakt tussen het huidige concept, opgestelde ambitie en het definitief ontwerp. Uitwerking materialisatie overkoepelt twee criteria, opgesteld in deelvraag 4 Casestudie. Het overkoepelt criteria duurzaamheid en Design for Disassembly.

16.1. Vergelijking score multicriteriatafel

Duurzaamheid:

Getoetst op de criteria, duurzame materialen gebruikt (Cradle to Cradle materialen scoren extra), gebruik van duurzame energie en duurzaam omgaan met water. Het huidige concept van C3 Living scoort laag op duurzaamheid, het concept scoort een 4,55. Dit komt doordat er maar twee Cradle to Cradle materialen zijn toegepast. Het definitieve ontwerp scoort lager dan de ambitie doordat het niet hoog scoort op omgaan met water en energie, (in "hoofdstuk 15 uitwerking: Installaties worden deze onderdelen geanalyseerd). Op het gebruik van Cradle to Cradle materialen scoort het hoger dan de ambitie omdat er meer dan 5 materialen zijn toegepast waardoor het een score van 6,43 behaalt.

Toetsingsmodel:

Huidig concept:



Ambitie:



Ambitie:



Definitief ontwerp:



Afbeelding 27 - toetsingsmodel vergelijking duurzaamheid

Design for Disassembly:

Getoetst op de criteria externe koppeling van de units en de aandacht voor Design for Disassembly bij de materialisatie. Het huidige concept van C3 Living scoort laag op Design for Disassembly, namelijk een 3,33. Dit komt doordat het ontwerp niet gebaseerd is op Design for Disassembly. Het definitieve ontwerp overtreft de ambitie. De ambitie is een score van 8,33. Het definitieve ontwerp heeft een score van 10. Het definitieve ontwerp scoort hoger dan de ambitie doordat het ontwerp volledig ontworpen is vanuit het Design for Disassembly principe.

Toetsingsmodel:

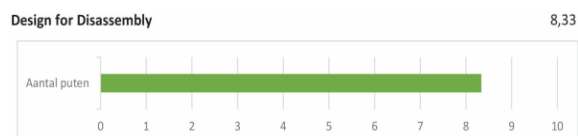
Huidig concept:



Definitief ontwerp:



Huidig concept:



Definitief ontwerp:



Afbeelding 28 - toetsingsmodel vergelijking Design for Disassembly

16.2. Huidige concept versus definitief ontwerp.

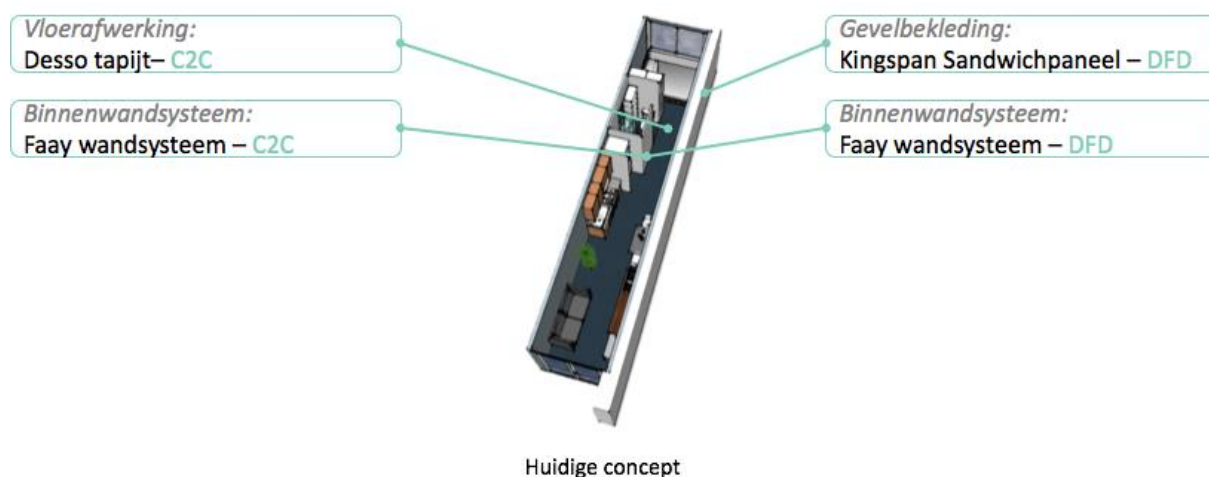
Het definitieve ontwerp is een verbetering ten opzichte van het huidige concept van C3 Living. In de opsomming hieronder worden de eisen benoemd met hierachter cursief tussen haakjes de behaalde hoeveelheid.

Op de volgende eisen van de criteria duurzaamheid wordt nu hoger gescoord:

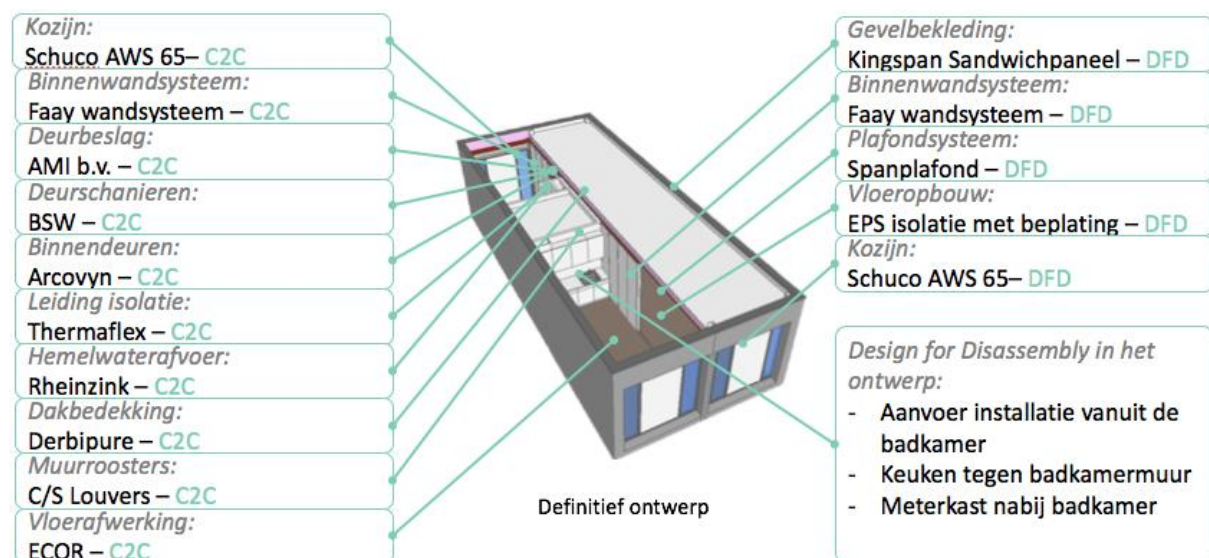
- Duurzame materialen gebruiken (*Cradle to Cradle materialen toegepast zie “afbeelding 29 - toegepaste materialen huidig concept” en “afbeelding 30 - toegepaste materialen definitief ontwerp”*)

Aan de volgende eisen van de criteria Design for Disassembly wordt nu wel voldaan:

- Externe koppeling van de containers (*De containers zijn doormiddel van een twistlock met elkaar te verbinden*);
- Bij materialisatie aandacht voor Design for Disassembly (*materialen gekozen op basis van Design for Disassembly zie “afbeelding 29 - toegepaste materialen huidig concept” en “afbeelding 30 - toegepaste materialen definitief ontwerp”*).



Afbeelding 29 – toegepaste materialen huidig concept



Afbeelding 30 – toegepaste materialen definitief ontwerp

17. Uitwerking: Installaties

In de uitwerking van de installaties wordt een vergelijking gemaakt tussen het huidige concept, opgestelde ambitie en het definitief ontwerp. Uitwerking installaties overkoepelt een criteria opgesteld in deelvraag 4 Casestudie. Het overkoepelt duurzaamheid.

17.1. Vergelijking score multicriteriatabel

Duurzaamheid:

Getoetst op de criteria, duurzame materialen gebruikt (Cradle to Cradle materialen scoren extra), gebruik van duurzame energie en duurzaam omgaan met water. Het huidige concept van C3 Living scoort laag op duurzaamheid, het concept scoort een 4,55. Dit komt doordat het niet duurzaam omgaat met water en niet zelfvoorzienend is in energie opwekken. Het definitieve ontwerp behaalt niet de ambitie. De ambitie is een score van 7,14, het definitieve ontwerp heeft een score van 6,43. Het definitieve ontwerp scoort lager dan de ambitie doordat het niet volledig zelfvoorzienend is in energieopwekking en er enkel duurzaam met water wordt omgegaan door gecertificeerde water installaties.

Toetsingsmodel:

Huidig concept:



Ambitie:



Ambitie:



Definitief ontwerp:



Afbeelding 31 - toetsingsmodel vergelijking duurzaamheid

17.2. Huidige concept versus definitief ontwerp.

Het definitieve ontwerp is een verbetering ten opzichte van het huidige concept van C3 Living. In de opsomming hieronder worden de eisen benoemd met hierachter cursief tussen haakjes de behaalde hoeveelheid.

Op de volgende eisen van de criteria duurzaamheid wordt nu hoger gescoord:

- Duurzaam omgaan met energie;
- Duurzaam omgaan met water.

Het is onbekend welke EPC-waarde behaald is met het huidige concept van C3 Living. Dat het niet voldoet aan de waarde voor permanente huisvesting volgens het Bouwbesluit is wel bekend. Deze conclusie kan getrokken worden omdat het huidige concept geen mechanisch ventilatiesysteem heeft en geen zonnepanelen. Het definitief ontwerp heeft installaties die gekozen zijn vanuit een selectieonderzoek, waarbij de criteria samen met een SWOT-analyse bepalend waren voor de keuze. Daarbij zijn de gekozen installaties berekend op EPC-waarde van 0,383 die voldoet aan de Bouwbesluit eis van 0,4.

	Verwarming	Warmtapwater	Ventilatie	Zonnestroom
Huidig concept	Verwarming: Elektrische verwarming (infrarood panelen)	Elektrische opwekker (doorstroomapparaat)	ventilatiesysteem A – natuurlijke aan-/afvoer	-
Definitief ontwerp	Elektrische verwarming (vloerverwarming)	Elektrische opwekker (doorstroomapparaat)	ventilatiesysteem C – natuurlijke aanvoer en mechanische afvoer (Ducotronic system)	zonnepanelen ± 15 m ²

Tabel 7 - vergelijking toegepaste materialen

18. Uitwerking: Ontwerp

18.1. Daglicht

Het ontwerp heeft een rechthoekige vorm waar op de kopse zijdes de raampartijen zijn geplaatst. Hierdoor ontstaat de vraag of er genoeg daglicht aanwezig is in de ruimte, specifiek in het midden van de ruimte. Vanuit het bouwbesluit voldoet het ontwerp. Om beter in beeld te krijgen of er voldoende daglicht binnen komt om prettig in te kunnen wonen wordt deze berekening gemaakt.

Deze berekening is gemaakt met behulp van DIALux (2017). DIALux is een programma waarmee de luxwaarden berekend kunnen worden voor een gebouw op een gekozen locatie. Luxwaarden, afgekort lx, staat voor verlichtingssterkte. Het concept is voor deze berekening gesitueerd in Panningen, dit is de locatie van het afstudeerbedrijf C3 Living. In deze berekening is de galerij en het balkon van de bovenliggende unit meegenomen.

In deze berekening wordt de plattegrond berekend op de luxwaarden behaald door daglicht. Specifiek wordt er ook nog gekeken naar twee punten in de plattegrond, te weten midden van de woonkamer en boven de eettafel.

Dijkstra lampen (z.j.) geeft richtlijn voor de gemiddelde luxwaarden per ruimte:

- Badkamer: 100lx
- Kamer: 300lx
- Keuken: 300lx
- Hal: 200lx

De berekening is gebaseerd op de volgende gegevens:

- Datum: 15 maart;
- Tijdstip: 12:00;
- Ramen georiënteerd: voorkant west, achterkant oost.

In “afbeelding 32 – luxwaarden woonkamer en keuken” is het resultaat te zien.

- Ruimte 1: woonkamer en keuken;
- Ruimte 2: slaapkamer;
- Ruimte 3: badkamer (niet berekend, hier hoeft geen daglicht aanwezig te zijn).

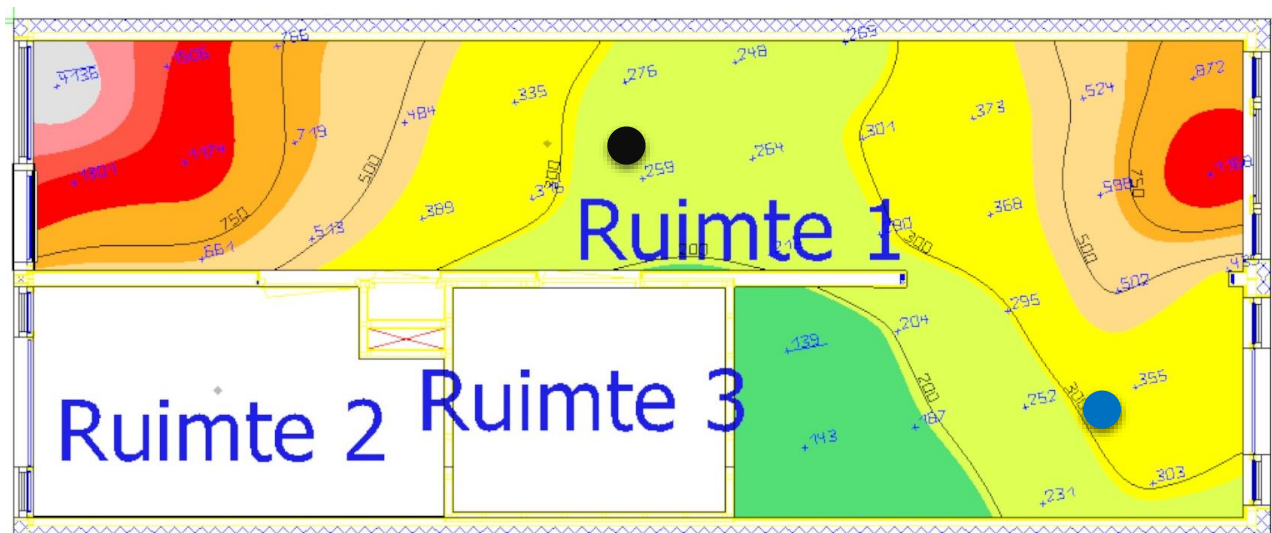
Resultaat

In de woonkamer/keuken is een gemiddelde luxwaarde van 577 gemeten.

Zwart punt (midden woonkamer) is een gemiddelde luxwaarde van 307 lux gemeten.

Blauw punt (boven de eettafel) is een gemiddelde luxwaarde van 250 lux gemeten.

In de slaapkamer is een gemiddelde luxwaarde van 405 lux gemeten.



Afbeelding 32 - lux waardering woonkamer en keuken

Conclusie

Uit deze berekening kan geconcludeerd worden dat de ruimtes, op het ingevulde tijdstip en locatie voldoen aan de richtlijnen voor gemiddeld te behalen luxwaarden. Aangezien het product op verschillende plekken wordt toegepast geeft het enkel een indicatie.

Boven de eettafel (blauwe punt) wordt een te lagen gemiddelde luxwaarden gemeten, dit betekend dat boven deze tafel vraag zal zijn naar extra verlichting.

18.2. Vormgeving

Vanuit het onderzoek naar Cradle to Cradle en Design for Disassembly zijn materialen en ontwerpmethodes naar voren gekomen. Vanuit het selectieonderzoek materialisatie zijn de materialen naar voren gekomen die toegepast worden. Bij het kiezen van materialen telde de criteria eenvoudige assemblage en demontage het strengst. Dit heeft soms als gevolg dat de materialen van minder esthetische waarden zijn. Nu is de uitdaging om met de gekozen materialen wel een product neer te zetten die esthetisch aanspreekt tot de doelgroep.

Uit gesprekken met C3Living (persoonlijke communicatie, 26 november, 2016) is naar voren gekomen dat de doelgroep voor de woning te specificeren is als jongen mensen die net begonnen zijn met werken. In recent onderzoek (SNS, 2015) naar het droomhuis van de Nederlandse starters is onderzoek gedaan naar de stijlvoorkeuren bij starters. Uit dit onderzoek is een stijlvoorkeur voor het interieur en het exterieur naar voren gekomen.

Interieur scoort de stijl modern het hoogst, 32% van de vrouwen en 47% van de mannen zet modern op nummer 1. Voor de bouwstijl staat op de 1ste plaats landelijke bouwstijl (met zwart puntdak) op de 2de plaats staat de bouwstijl modern.

Uit deelvraag 2. Design for Disassembly komt eenvoud als essentieel punt naar voren. Eenvoud dat samen gaat met minimalisme past binnen de bouwstijl modern.

Exterieur.

De materialen die toegepast worden zijn geselecteerd op basis van het selectieonderzoek materialisatie. Op basis van dit onderzoek zijn de volgende materialen geselecteerd:

- Sandwichpanelen (tegen de gevel);
- Aluminium kozijnen.

Sandwichpanelen hebben als esthetische eigenschap dat door montage altijd naden zichtbaar blijven en ze zijn in veel verschillende kleur en patronen af te werken. De sandwichpanelen worden uitgevoerd in een gridstructuur. Het plaatsen van een gridstructuur vergt iets meer tijd dan het enkel toepassen van verticale panelen. Om te voorkomen dat het een ontwerp een solide blok wordt, waarin verticaliteit of horizontaliteit het ontwerp overneemt, is toch de keuze gemaakt voor een gridstructuur.

Zijgevel:

De panelen worden uitgevoerd in twee kleuren wit (RAL 9016) en donkergrijs (RAL 9011). Dit om de gevel te breken zodat het niet één groot vlak wordt.

Kopgevel:

De panelen worden uitgevoerd in een houtnerf afwerking om een warme en een duurzame uitstraling te krijgen. Sandwichpanelen hebben in hoeken afdekkappen nodig die uitgevoerd worden in donkergrijs (RAL 9011). Dit zorgt voor een kader om het hout en dit accentueert het hout waardoor dit specifiek naar voren komt.

De kozijnen moeten op de container staan om bevestigd te kunnen worden, daardoor ontstaat een grote negge tussen de sandwichpanelen en het kozijn. Tussen het kozijn en de sandwichpanelen zijn afdekkappen benodigd. Deze afdekkappen worden uitgevoerd in donkergrijs (RAL 9011). Dit zorgt voor een kader om het hout. De kozijnen worden uitgevoerd in het grijs (RAL 9017) waardoor ze wegvallen in het kader dat gecreëerd is door de afdekkappen.

Interieur:

Het ontwerp heeft een rechthoekige vorm met op de kopzijde de ramen, dit zorgt voor een langwerpige en lage ervaring van de ruimte. De woonkamer is 12m lang, 2,3m breed over het grootste gedeelte en 2,6m hoog.

De materialen die toegepast worden zijn geselecteerd op basis van het selectieonderzoek materialisatie. Op basis van dit onderzoek zijn de volgende materialen geselecteerd:

- Faay wandsysteem;
- Spandplafond;
- Laminaat als vloerafwerking.

Doordat de materialen passen binnen Design for Disassembly wordt voor een groot gedeelte de vrijheid van de uitstraling weggehaald bij de bewoner, de uitstraling dient voor de montage bepaald te worden.

Faay wandsysteem is een wandelement dat is afgewerkt met een vinylaag waardoor schilderen of een stuc laag aanbrengen niet meer nodig zijn. Dit is vanuit het oogpunt Design for Disassembly essentieel.

Een wandsysteem heeft als esthetische eigenschap dat door montage altijd naden zichtbaar blijven, doordat ze afgewerkt zijn in een vinylaag moet er voor montage besloten worden met welk patroon en kleur ze uitgevoerd worden. Het is niet de bedoeling dat deze nog geverfd worden.

Het spanplafond zorgt voor een strakke afwerking, het is een doek dat gespannen wordt in een profiel dat aan de zijkant van het plafond loopt, in het spanplafond zijn uitsparingen voor spotjes (verlichting). In het bevestigingsprofiel wordt een led strip verwerkt. Spanplafond is eenvoudig te verwijderen en te plaatsen. Het kan niet geschilderd worden, bij behoeften aan een andere uitstraling dient een nieuwdoek geplaatst te worden.

Laminaat is gekozen boven de vloerverwarming omdat deze bij te leggen is nadat de containers op locatie geplaatst zijn. Laminaat heeft als esthetische eigenschap dat door montage altijd naden zichtbaar blijven. Laminaat is een klik bevestiging en daardoor eenvoudig te plaatsen en te verwijderen.

Uitstraling:

De volgende beslissingen zijn genomen op basis van Livios (z.j.) en Zimmo (2015) waarin optische illusies voor interieurs worden besproken.

De wanden worden uitgevoerd in gebroken wit (RAL 9001) met een reliëf patroon waardoor het minder steriel wordt ervaren. De verticale lijnen zorgen voor verticaliteit waardoor de illusie gecreëerd wordt dat het plafond hoger is. Het plafond wordt uitgevoerd in wit (RAL 9010), een lichtere kleur waardoor het plafond het lichtst is, samen met de led strip die verwerkt is in het bevestigingsprofiel van het plafond wordt de illusie gecreëerd dat het plafond zweeft. Het laminaat wordt uitgevoerd met een houtuitstraling met een donkere kleur, dit maakt de vloer het zwaarst en brengt contrast in de ruimte. De lijnen van het laminaat worden in de breedte gelegd, dit accentueert de breedte en geeft de illusie dat de ruimte breder is.

In “afbeelding 33 – uitstraling exterieur” en “afbeelding 34 - uitstraling interieur” is de uitstraling die gecreëerd is te zien.

“Bijlage 14 – Impressie” hier zijn twee impressies van het exterieur en drie impressies van het interieur te zien.



Afbeelding 33 - uitstraling exterieur achtergevel



Afbeelding 34 - uitstraling interieur

19. Uitwerking: Constructie

Door gebrek in tijd en de complexiteit van de constructie van een transportcontainer is het niet gelukt een uitwerking van de constructie te maken. De constructie moet na prefabricatie nog getransporteerd kunnen worden. De constructie moet bestand zijn tegen de krachten die er op werken als deze geplaatst is maar ook moet de constructie bestand zijn tegen de krachten die er op komen als deze getransporteerd wordt. Op basis van literatuuronderzoek hebben is de constructie geanalyseerd en wordt een advies uitgebracht.

De constructie bestaat uit twee 40ft. High Cube containers die geschakeld worden door middel van twistlock. Tot deze keuze van de container en schakelmethode is gekomen met behulp van deelvraag 3. Onderzoek Design for Disassembly en selectieonderzoek: Ontwerpvarianten.

In de zijwanden van de container worden sparingen gemaakt om de ruimtes te creëren en toegang tot deze ruimtes. Deze sparingen komen voort uit deelvraag 1. Onderzoek Bouwbesluit.

Voor de badkamer wordt er een sparing van 2,7m gehaald uit de zijwand van een container, deze sparing is benodigd omdat de badkamer een prefab element is die aan de zijkant in de container geschoven wordt. Voor de woonkamer wordt een sparing van 3,2m gemaakt in de zijwand van twee containers. Voor zowel de slaapkamer-, meterkast- en badkamerdeur wordt een sparing uit de zijwand van twee containers gehaald.

In de voor en achterzijde van de container worden deuren en wanden verwijderd. In deze openingen worden kozijnen geplaatst, deze kunnen geen constructieve krachten opnemen. In “Bijlage 11 – Bouwtekeningen” is een slooptekening van de bestaande constructie opgenomen.

Alter (2015) concludeert dat een container is gemaakt om te stapelen en zodoende ontworpen dat de vier hoeken van de container grote druk kunnen opnemen. De wanden zijn echter wel essentieel voor de algemene sterkte van de container. De wanden samen met de balken die in de lange zijde boven lopen zorgen er voor dat de container functioneert als een geschoorde constructie.

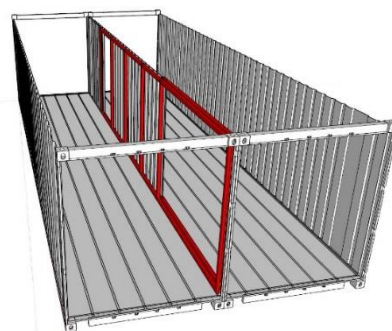
Door grote sparingen in de wanden te maken verliest de container zijn constructieve sterkte. Een sparing voor een deur of een raam is niet direct een probleem. Bij grotere sparingen gaat de constructie verbuigen en een constructieve versterking is dan benodigd om het weer te laten functioneren als een geschoorde constructie.

Deze grote sparingen in de container zijn nodig om een huisvesting te realiseren die voldoet aan permanente huisvesting volgens het Bouwbesluit 2012 voor nieuwbouw.

Doordat er grote sparingen uit de container halen kan aangenomen worden dat de constructie versterkt dient te worden. De versterking moet tegen de zijwand en de zijliggers van de container worden geplaatst waardoor de wand weer gaat functioneren als een geschoorde constructie. Deze versterking is niet uitgewerkt en dient nog ontworpen en berekend te worden. In hoofdstuk 21. Conclusie en aanbevelingen wordt dit nader toegelicht.

In “afbeelding 35 – optie constructie versterking” is een optioneel ontwerp gemaakt voor de versterking van de container.

De kokerprofielen zijn 60x60, dit is de maximale maat die op dit moment past in het product. Mocht uit het vervolgonderzoek blijken dat de kokerprofielen dikker uitgevoerd moeten worden dan zullen de voorzetwanden verder naar binnen geplaatst moeten worden.



Afbeelding 35 - optie constructie versterking

De container kan extra versterkt worden op het moment dat deze getransporteerd wordt. Dit kan door middel het plaatsen van stempels in de sparingen. In de sparing bij de badkamerunit is het niet mogelijk om stempels te plaatsen doordat de badkamerunit deze plaats inneemt.

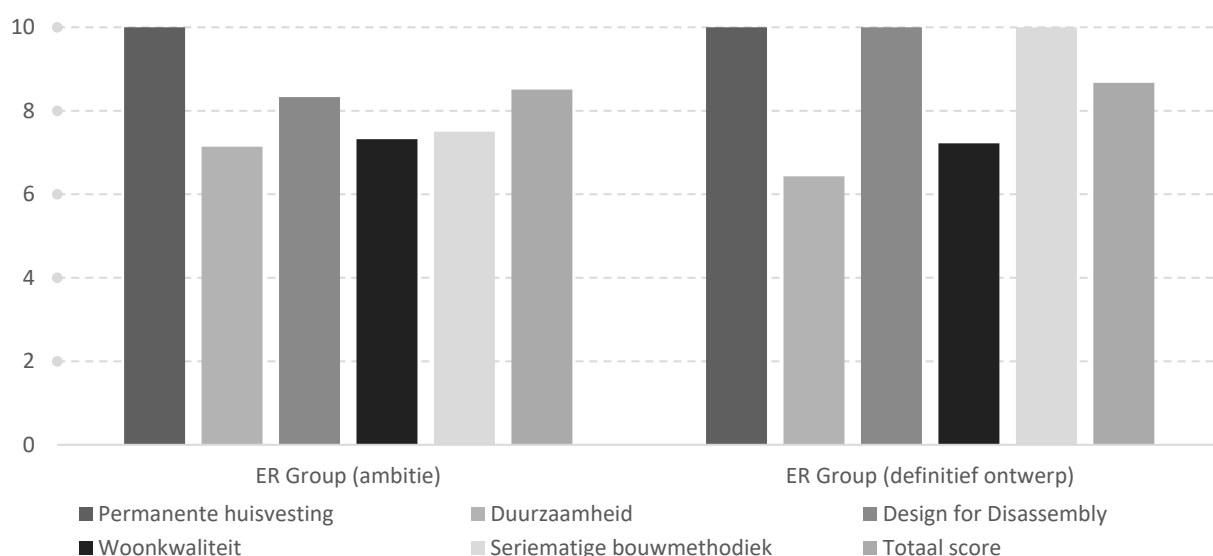
20. Uitwerking: Eindontwerp

In de uitwerkingen wordt per onderdeel bekeken welke ambities dit onderdeel overkoepeld.

- Uitwerking ontwerp, overkoepeld criteria permanente huisvesting, woonkwaliteit en seriematige bouwmethodiek;
- Uitwerking materialen, overkoepeld criteria duurzaamheid en Design for Disassembly;
- Uitwerking installaties, overkoepeld criteria duurzaamheid.

Bij deze uitwerkingen wordt geanalyseerd waar de verbeter punten zitten tussen het definitieve ontwerp en het concept van C3 Living, ook wordt het huidige product vergeleken met de opgestelde ambitie aan het begin van dit afstudeerproject.

In “grafiek 7 – multicriteriatabel scores” staan de scores van de criteria en de totaal score opgenomen die voortkomen uit de multicriteriatabel voor de ambitie en het definitieve ontwerp.



Grafiek 8 – multicriteriatabel score (ambitie en definitief ontwerp)

- Permanente huisvesting behaalt dezelfde score als de ambitie, een 10;
- Duurzaamheid behaalt niet de ambitie, definitief ontwerp heeft een score van 6,43, de ambitie heeft een score van 7,14;
- Design for Disassembly scoort hoger dan de ambitie met een 10, de ambitie heeft een score van 8,33;
- Woonkwaliteit behaalt niet de ambitie, definitief ontwerp heeft een score van 7,22, de ambitie heeft een score van 7,32;
- Seriematige bouwmethodiek behaalt dezelfde score als de ambitie, een 10.

Totaalscore is hoger dan de ambitie. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de vooraf opgestelde ambitie behaald is en daarmee een oplossing biedt voor de bedrijfsproblemen.

Verdere analyse van het totale eindresultaat kunt u verder lezen in “hoofdstuk 20. Conclusie en aanbevelingen”.

Het eindontwerp bestaat uit verschillende tekeningen die te vinden zijn in Bijlage 10 t/m 13.

De Bijlages bestaan uit:

- Transformatie tekeningen op SO niveau te vinden in “Bijlage 10 – Transformatie tekeningen”;
- Bouwkundige tekeningen te vinden in “Bijlage 11 – Bouwtekeningen”;
- Installatietekeningen te vinden in “Bijlage 12 – Installatietekeningen”;
- Bouwkundige details te vinden in “Bijlage 13 – Bouwkundige details”;

21. Conclusie en aanbeveling

21.1. Conclusie

Dit laatste hoofdstuk is gericht op het beantwoorden van de hoofdvraag en de bijbehorende deelvragen.

Dit onderzoek is gehouden met als doel om antwoord te geven op de hoofdvraag:

*Hoe kan één ontwerp gemaakt worden, op basis van **transportcontainers**, voor vier gebruiksfuncties, dat voldoet aan permanente huisvesting volgens het Nederlandse Bouwbesluit, ontworpen vanuit Design for Disassembly en waar Cradle to Cradle materialen zijn toegepast?*

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag zijn er vier deelvragen opgesteld:

1. *Hoe kan één ontwerp binnen **vier gebruiksfuncties** (woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie) voldoen aan de regelgeving voor **permanente huisvesting** vanuit het Nederlandse Bouwbesluit voor nieuwbouw?*
2. *Welke materialen zijn **Cradle to Cradle** gecertificeerd en zijn toepasbaar binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers?*
3. *Wat zijn de ontwerpvoorwaarden volgens **Design for Disassembly** en op welke manier kunnen deze toegepast worden binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers?*
4. *Welke **concepten** zijn er op de markt op het gebied van **kleinschalige huisvesting** gebaseerd op transportcontainers of andere prefab constructie, en hoe scoort het huidige concept van C3 living, getoetst op: Permanente huisvesting, Cradle to Cradle, Design for Disassembly, woonkwaliteit en seriematige bouwmethodiek?*

Om de vraag te beantwoorden hoe kan één ontwerp binnen **vier gebruiksfuncties** voldoen aan de regelgeving voor **permanente huisvesting** vanuit het Nederlandse Bouwbesluit zijn drie onderzoeken gedaan en deelvraag 1. Onderzoek Bouwbesluit, selectieonderzoek: Ontwerpvarianten en selectieonderzoek: Installaties.

Uit deelvraag 1. is een ruimtelijk programma van eisen gekomen die als ontwerprichtlijn geldt. Ook komt uit het onderzoek naar voren dat de woonfunctie de meeste en strengste eisen aan een ontwerp stelt. Op basis hiervan is besloten dat het ontwerpen op basis van de woonfunctie gebeurt, gebaseerd op de regelgeving van de vier gebruiksfuncties. Dit onderzoek bleek echter niet genoeg gegevens te leveren om het ontwerp te maken. Daarom is er een selectieonderzoek naar ontwerpvarianten gedaan. Uit het selectieonderzoek: Ontwerpvarianten zijn de te gebruiken **transportcontainers** geselecteerd. Twee 40ft. High Cube containers en voor de woonfunctie een extra 10ft. container om een berging in te realiseren. Uit dit onderzoek is een ontwerp gekomen voor de woonfunctie. Op basis van deze plattegrond zijn transformatie tekeningen gemaakt. Deze transformatietekeningen voldoen aan de ruimtelijke eisen van het bouwbesluit voor de vier gebruiksfuncties. Op basis van het selectieonderzoek: Installaties, zijn installaties geselecteerd waardoor het product dat gebaseerd is op een transportcontainer kan voldoen aan de eisen gesteld door het bouwbesluit. Met de geselecteerde installaties wordt een EPC behaald van 0,383 waar de eis vanuit het bouwbesluit 0,4 is. Door tijdgebrek zijn niet alle onderdelen uitgewerkt die nodig zijn voor een volledige toetsing aan het bouwbesluit. Deze onderdelen worden verder besproken in hoofdstuk 21.3 aanbevelingen. Het ontwerp voldoet aan het bouwbesluit, deze toetsing is gedaan met de gemaakte stukken.

Om de vraag te beantwoorden welke materialen zijn **Cradle to Cradle** gecertificeerd en zijn toepasbaar binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers zijn twee onderzoeken gedaan, deelvraag 2. Onderzoek Cradle to Cradle en selectieonderzoek: Materialisatie.

Uit deelvraag 2. is gebleken dat er weinig praktische Cradle to Cradle materialen beschikbaar zijn. Het fabriceren van deze materialen begint nu langzaam toe te nemen omdat er steeds meer vraag naar

komt. Om een materiaalkeuze te maken is er een selectieonderzoek naar de materialisatie gedaan. Dit onderzoek is gedaan op basis van deelvraag 2&3.

Op basis van het selectieonderzoek: Materialisatie zijn 10 Cradle to Cradle gecertificeerde materialen gekozen. Dit zijn de volgende materialen: kozijn, binnenwandsysteem, deurbeslag, deurscharnieren, binnendeuren, leidingisolatie, hemelwaterafvoer, dakbedekking, muurroosters en vloerafwerking.

Om de vraag te beantwoorden wat zijn de ontwerpvoorwaarden volgens **Design for Disassembly** en op welke manier kunnen deze toegepast worden binnen het project dat gebaseerd is op transportcontainers zijn twee onderzoeken gedaan, deelvraag 3. Onderzoek Design for Disassembly en selectieonderzoek: Materialisatie.

Uit deelvraag 3. is naar voren gekomen dat Design for Disassembly een manier van ontwerpen is die invloed heeft op de materialisatie en hoe deze toegepast wordt. Het staat voor de snelheid waarmee geassembleerd/gedemonteerd kan worden, de levensduur/onderhoud van het materiaal en de scheidbaarheid van de materialen met een andere levensduur. Design for Disassembly geeft de volgende ontwerprichtlijnen: aanvoer van installaties vanuit de badkamer, keuken tegen de badkamermuur, meterkast nabij badkamer en Design for Disassembly dient voorrang te krijgen op Cradle to Cradle materialen, omdat deze het materiaal in waarde laten en het bedrijfsproces verbeteren, doordat het eenvoudig te assembleren en te demonteren is. Op basis van het selectieonderzoek: Materialisatie zijn 5 materialen gekozen op basis van de eigenschappen die passen binnen het Design for Disassembly principe. Dit zijn de volgende materialen: gevelbekleding, binnenwandsysteem, plafondsysteem, vloeropbouw en kozijn.

Op basis van de eerste drie deelvragen is een onderzoek gedaan naar 6 bestaande **concepten** op de markt op het gebied van **kleinschalige huisvesting** en is het huidige concept van C3 Living geanalyseerd. Dit onderzoek is gedaan op basis van een multicriteriatabel (waarin een score behaald kan worden van 1 tot 10) en een SWOT-analyse met als criteria Permanente huisvesting, Cradle to Cradle, Design for Disassembly, woonkwaliteit en seriematige bouwmethodiek. Uit dit onderzoek wordt geconcludeerd dat de geanalyseerde concepten niet hoog scoren op de criteria. De gebruikte criteria zijn zeer project specifiek (deze komen voort uit het bedrijfsprobleem). Hierdoor kon het bestaande concept van C3 Living goed geanalyseerd worden op de huidige gebreken. Ook voor de andere concepten bracht dit de gebreken goed in beeld maar de kansen van het ontwerp kwamen niet goed naar voren. Uiteindelijk is met behulp van dit onderzoek een ambitie opgesteld voor het eindproduct. Deze is vergeleken met het eindproduct om te kijken of de opgestelde ambitie behaald is. De totaalscore van de ambitie is een 8.51, het eindproduct heeft een score van 8.67. Het scoort hoger op Cradle to Cradle en Design for Disassembly, het scoort lager op woonkwaliteit.

Hoofdvraag:

Het gemaakte eindontwerp is gebaseerd op bovenstaande bevindingen.

Het bestaat uit één ontwerp, gebaseerd op twee 40ft. transportcontainers en een 10ft. container voor de woonfunctie, die te rouleren is binnen vier gebruiksfuncties, woonfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie en logiesfunctie. Het ontwerp is ontworpen vanuit Design for Disassembly, de materialen die toegepast zijn vereisen weinig handelingen om te plaatsen, waar mogelijk binnen het ontwerpen volgens Design for Disassembly zijn Cradle to Cradle materialen toegepast. Dit ontwerp met de verzamelde gegevens is getoetst aan het Bouwbesluit en voldoet. Enkele onderdelen zijn nog niet ver genoeg uitgewerkt om getoetst te kunnen worden en deze onderdelen worden verder besproken in “hoofdstuk 10.3 aanbevelingen”. De onderdelen die uitgewerkt zijn voldoen aan het Nederlandse Bouwbesluit voor de vier gebruiksfuncties voor permanente huisvesting van nieuwbouw.

21.2. Discussie

Het onderdeel dat vragen oproept en ter discussie gesteld moet worden is het gebruiken van een transportcontainer als constructie.

Een transportcontainer heeft een groot voordeel omdat deze bedoeld is voor transport en hierdoor vervoerd kan worden over de weg. Vanuit het oogpunt prefab productie waarna de huisvesting naar bestemming vervoerd moet worden is het gebruiken van een transportcontainer een logische keuze.

Echter brengt een container veel beperkingen met zich mee, de binnenwerkse maten zijn te klein om te voldoen aan de eisen voor permantehuisvesting volgens het Bouwbesluit.

- De hoogte is haalbaar met een High Cube container enkel is er bijna geen ruimte voor afwerking;
- De breedte vormt een probleem, met een binnen afwerking komt de binnenwerkse maat hooguit op 2,2m waar voor een woonfunctie 3m breedte benodigd is.

Dit heeft als gevolg dat er twee transportcontainers benodigd zijn waaruit beide containers minimaal een sparing moet worden gehaald van 3mx2,6m. Uit onderzoek naar de constructie blijkt dat bij grote sparingen een aanvulling op de constructie benodigd is waardoor het eenvoudige idee van een transportcontainer te gebruiken als constructie niet meer volledig geldt.

Dan roept dit de vraag op of het niet eenvoudiger is om een prefab constructie te maken uit een ander materiaal. Hierdoor is de plattegrond vrij in deelbaar. Echter heeft dit vanuit het oogpunt prefabricatie weer minder voordelen omdat dit niet eenvoudig te transporteren is en hier weer een systeem voor bedacht moet worden.

Alter (2015) stelt daarbij zeer terecht het gebruiken van een transportcontainer in het oogpunt van duurzaamheid ter discussie. Om een gebruiksfunctie in een transportcontainer te realiseren die voldoet aan de wetgeving moeten er sparingen uit de container gehaald worden, dit resulteert in een extra constructie die in de transportcontainer geplaatst moet worden. Een 40ft. transportcontainer met een extra constructie is om te smelten naar kolommen. Uit het omsmelten zouden 14,5 gebouwen met een zelfde afmeting gebouwd kunnen worden. Het gebruiken van een transportcontainer als constructie voor een verdieping wordt daarom dan ook gezien als downcycling en een verspilling van materiaal.

21.3. Aanbeveling

1. Om het product volledig te toetsen aan het bouwbesluit voor de vier gebruiksfuncties binnen permanente huisvesting dient een verdiepingsslag gemaakt te worden naar een technische uitwerking.

Aanbevolen wordt om de volgende onderdelen verder uit te werken:

Constructie:

De sparringen in de constructie moeten berekend worden of deze mogelijk zijn, in het ontwerp is ruimte om extra versterking voor de constructie te plaatsen;

Badkamer:

De badkamer dient volledig technisch uitgewerkt te worden aan de hand van Design for Disassembly;

Bouwbesluit:

- Brand: Het voldoen aan zelfsluitende deuren, verlichting, brandveiligheid dient verder uitgewerkt te worden. De constructie moet berekend worden op brandwering, het volledig coaten van de constructie bij aanvang van het transformeren naar een huisvesting zou een goede mogelijkheid kunnen zijn;
- Vochtwerking constructie: de vochtwerking van de constructie dient verder onderzocht te worden;
- NEN normen: Het volledige ontwerp dient uitgevoerd te worden conform NEN normeringen;
- Verlichting: Een verlichtingsplan moet opgesteld worden.

2. Het is aan te bevelen in de toekomst meer materialen aan het ontwerp toe te voegen die Cradle to Cradle gecertificeerd zijn.

22. Bibliografie

- Active Disassembly Research. (2005). Design for Disassembly Guidelines. Geraadpleegd van <http://openraam.eu/system/files/Design%20for%20Disassembly%20Guidelines.pdf>
- Alter, L. (2015, 8 september). What's wrong with shipping container housing? One architect says "everything.". Geraadpleegd van <http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/whats-wrong-shipping-container-housing-one-architect-says-everything.html>
- Architizer. (2010). Container guest house. Geraadpleegd op 20 oktober 2016, van <http://architizer.com/projects/container-guest-house/>
- Agencies, 2016 A. (2006). Containerafmetingen. Geraadpleegd op 12 oktober 2016, van <http://www.transport-overzee.nl/containerafmetingen-9>
- Autodesk. (z.j.). Design for Disassembly and recycling. Geraadpleegd van https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/sites/default/files/core-page-files/autodesk-sustworkshp_designfordisasassemblyandrecycling.pdf
- Benergy BV. (2016, 15 april). Wat is stadsverwarming. Geraadpleegd van <https://www.energiewereld.nl/energiegids/wat-is-stadsverwarming>
- Bewonersverenigingwenckehof (z.j.). Ontwerp container. Geraadpleegd op 22 oktober 2016, van <http://www.bewonersverenigingwenckehof.nl/informatie/Ontwerp-container/>
- Bewonersverenigingwenckehof (z.j.). Praktische informatie. Geraadpleegd op 22 oktober 2016, van <http://www.bewonersverenigingwenckehof.nl/informatie/praktische-informatie/>
- Bootsma, P. (2011, 30 juni). Wat is Cradle to Cradle. Geraadpleegd van <http://www.noordenduurzaam.nl/wat-is-c2c>
- BRIS Bouwbesluit online. (2015, november 24). Bouwbesluit 2012. Geraadpleegd op 5 oktober 2016, van <http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012>
- Budgetheat. (z.j.). Doorstroomverwarmers. Geraadpleegd van <http://www.budgetheat.eu/nl/140-doorstroomverwarmers>
- Capital Value. (2016). *Woningmarkt in beeld 2016*. Geraadpleegd op 26 september 2016, van [http://www.capitalvalue.nl/nl/onderzoek/de-woningbeleggingsmarkt-in-beeld D](http://www.capitalvalue.nl/nl/onderzoek/de-woningbeleggingsmarkt-in-beeld-D)
- c2cplatform, (z.j.). 20120904012935_s [illustratie]. Geraadpleegd van http://www.c2cplatform.tw/en/c2c.php?Key=2#.WEB1fqNx_aY
- c2cplatform, (z.j.). c2c_certification [illustratie]. Geraadpleegd van http://www.c2cplatform.tw/en/c2c.php?Key=2#.WEB1fqNx_aY
- C3 Living (Red.). (2015). C3 Living Sociale en Circulaire huisvesting. Venlo, Nederland: Rendiz.
- Crowther, P. (1999). Design for Disassembly. Geraadpleegd van <http://eprints.qut.edu.au/2882/1/Crowther-RAIA-1999.PDF>
- DanielTulp, D.(2014, 17 Februari). 01akringlopenov2 [illustratie]. Geraadpleegd van <http://www.myhomeservices.nl/nc/blog/cradle-to-cradle-afval-voedsel/>
- Derbipure. (2016). Derbigum ecolabel. Geraadpleegd van <https://www.derbigum.nl/producten>

- Deimel, K. (2012, 22 november). Werking Zonneboiler: zet licht om in warm water [video]. Geraadpleegd van <https://www.youtube.com/watch?v=ZcQ1JMtZ1PU> film
- De Architect. (2014, 18 november). Nieuws Deel 1/3: Nieuwe wensen, nieuwe woningen - Verkenning naar flexibele woonvormen. Geraadpleegd op 15 november 2016 van <http://www.dearchitect.nl/nieuws/2014/11/18/deel-1-3-nieuwe-wensen-nieuwe-woningen---verkenning-naar-flexibele-woonvormen.html>
- De Boer. (2011). Standaard containers. Geraadpleegd op 10 oktober 2016, van http://www.deboer-containers.com/section.php?sid=container_nl&con_t=0&con_s=3&con_o=2
- De Haas, R. (2012, 15 april) Cradle to Cradle: Haalbaar in Nederland? Geraadpleegd van <http://wetenschap.infonu.nl/onderzoek/96036-cradle-to-cradle-haalbaar-in-nederland.html>
- De voor- en nadelen van stadsverwarming. (2014, 18 september). Geraadpleegd van <http://huis-en-tuin.infonu.nl/producten/140925-de-voor-en-nadelen-van-stadsverwarming.html>
- Dijkstra lampen. (z.j.). Over luxwaarden. Geraadpleegd op 4 januari, 2017, van <http://www.dijkstralampen.nl/over-luxwaarden/>
- DIALux. (2017). DIALux EVO 6 software. Geraadpleegd op 4 januari, 2017, van <https://www.dial.de/de/dialux/download/>
- Faay Vianen (2015). Scheidingswanden. Geraadpleegd van <http://www.faay.nl/downloads/#brochures>
- Fermacell. (2015). Fermacell vloerelementen. Geraadpleegd van [http://www.fermacell.nl/mobile/nl/media/fermacell_Vloerelementen_-_Handleiding_voor_de_verwerking\(s\).pdf](http://www.fermacell.nl/mobile/nl/media/fermacell_Vloerelementen_-_Handleiding_voor_de_verwerking(s).pdf)
- Gemeente Amsterdam (z.j.). Studentenwoningen Zuiderzeeweg. Geraadpleegd op 22 oktober 2016, van http://www.gebouwdin.amsterdam.nl/main.asp?action=display_html_pagina&name=detailpagina&booMarge=-1&item_id=620
- GPR gebouw. (2016). [GPR gebouw]. Geraadpleegd op 3 januari, 2017, van <http://software.gprgebouw.nl/start/login.aspx?redirect=index.aspx>
- Guy, B., & Ciarimboly, N. (2005). Design for Disassembly in the built environment. Geraadpleegd van <http://www.lifecyclebuilding.org/docs/DfDseattle.pdf>
- HEDD engineered design. (2016, 4 augustus). Shipping Container Connections. Geraadpleegd van <http://twistlocks.com.au/WP/wp-content/uploads/2016/08/Shipping-Container-Connections-Parts-Catalogue-18-08-2016.pdf>
- HEDD engineered design. (z.j.). Twist Lock Joiners. Geraadpleegd van <http://twistlocks.com.au/twist-lock-joiners/>
- Heijmans NV. (2016, juli). Brochure Heijmans One. Geraadpleegd op 20 oktober 2016, van http://heijmans.nl/media/filer_public/c0/14/c0149e2e-e25e-443c-9da1-2696b55b8d4b/brochure_heijmans_one.pdf
- Holland Composites (z.j.). Portfolio spacebox. Geraadpleegd op 22 oktober 2016, van <http://www.hollandcomposites.com/projecten/projecten/spacebox/>

- Ithodaalderop. (z.j.). Itho tapwater. Geraadpleegd van http://www.ithodaalderop.nl/sites/default/files/documents/systeembrochure_tapwater_0108.pdf pdf rapport
- Kingspan. (z.j.). Overzicht dak- en geveloplossingen van Kingspan. Geraadpleegd van <http://www.kingspanpanels.nl/Media-centre/Resource-Centre/Literature/Product-Details/Algemeen/Kingspan-Product-Selector-Aug-2015-LR-pdf>
- Lierde, L. van. (2014, 17 januari). LED als volwaardige verlichting. Geraadpleegd op 3 december 2016 van <https://www.vallas-ledverlichting.be/blogs/led-als-volwaardige-verlichting/realisaties-bureelverlichting/>
- Livos. (z.j.). Tien tips voor een geslaagd optisch effect. Geraadpleegd op 3 december 2016 van <http://www.livos.be/nl/bouwinformatie/afwerking/interieur/tien-tips-voor-een-geslaagd-optisch-effect/>
- MBDC. (2016). Cradle to Cradle Certified product standard version 3.1. Geraadpleegd van http://s3.amazonaws.com/c2c-website/resources/certification/standard/C2CCertified_Product_Standard_V3.1_160107_final.pdf
- McLellan, H. (z.j.). Design for disassembly. Geraadpleegd op 26 september 2016, van <http://studioof-waste.weebly.com/design-for-disassembly.html>
- Middelbeek, M. (2015, 13 november). 6 tips om een huis met een laag plafond in te richten. Geraadpleegd op 3 december 2016 van <https://www.homify.nl/ideabooks/239660/6-tips-om-een-huis-met-een-laag-plafond-in-te-richten>
- Nathan. (2016, 28 oktober). Warmtepompen: de werking en de voordelen [Video]. Geraadpleegd van <https://www.youtube.com/watch?v=XX3qUXlwjXI>
- Overzicht van onderzoeksoorten. (z.j.). Geraadpleegd op 28 september 2016 van <https://www.scribbr.nl/category/onderzoeksmethoden/>
- Photobucket (z.j.). Chemiu's library. Geraadpleegd op 22 oktober 2016, van <http://s702.photobucket.com/user/Chemiu/library/>
- Roomed. (2014, 7 oktober). Zeecontainer wordt idyllisch zomerhuis in Portugal. Geraadpleegd op 20 oktober 2016, van <http://roomed.nl/zeecontainer-wordt-idyllisch-zomerhuis-in-portugal/>
- Schüco. (z.j.). Schüco AWS 65 aluminium raamsysteem. Geraadpleegd van https://www.schueco.com/web2/asset/nl/particulieren/downloads/20689620/schueco_aws_65_aluminium_raamsysteem_p3931.pdf
- Scribber APA Generator. (z.j.). Geraadpleegd op 8 december 2016 van <https://www.scribbr.nl/originaliteitscheck/apa-generator/>
- Strootman, M. (2013). Onderzoeksmethode [Powerpoint]. Geraadpleegd op 14 september 2016 van <http://www.slideshare.net/MariekeStrootman/onderzoeksmethode-scriptie?ref=http://www.slideshare.net/MariekeStrootman/slideshelf>
- Studio Arte (2010). Nomad Living - Vale de Vila. Geraadpleegd op 20 oktober 2016, van <http://www.studioarte.info/portfolio/nomad-living-vale-de-vila/>
- System floor technics. (z.j.). calciumsulfaat vloerpanelen. Geraadpleegd van <http://www.systemfloortechnics.nl/product/calciumsulfaat-vloerpanelen/>

Tempohousing (z.j.). Keetwonen (Amsterdam student housing). Geraadpleegd op 22 oktober 2016, <http://www.tempohousing.com/projects/keetwonen.html>

The designerpad (2010, 29 oktober). Contain yourself. Geraadpleegd op 20 oktober 2016, van <http://thedesignerpad.com/blog/2010/10/29/contain-yourself.html>

VAC punt wonen. (2016). Woonkwaliteit. Geraadpleegd van <http://www.vacpuntwonen.nl/vacpuntwonen/p002864/publicaties/woonkwaliteit>

Ventilatiesysteemabcd. (z.j.). Soorten ventilatiesystemen. Geraadpleegd van <http://www.ventilatiesysteemabcd.nl>

Vloerverwarming nadelen. (2016, 6 oktober). Geraadpleegd van <https://www.vloerenverwarming.nl/vloerverwarming-nadelen/>

Vlooswijk, E. (z.j.). Domweg gelukkig in een doos aan de dommel. Geraadpleegd op 22 oktober 2016, van <http://web.tue.nl/cursor/bastiaan/jaargang49/cursor29/achtergrond/special.html>

Wat is Cradle to Cradle? (z.j.). Geraadpleegd op 26 september 2016, van <http://www.mkb servicedesk.nl/4024/wat-cradle-cradle.html>

WKK (warmtekrachtkoppeling). (z.j.) Geraadpleegd van <http://www.ikleefgroen.nl/verwarming/wkk-warmtekrachtkoppeling/#microwkk>

Zimmo. (2015, 26 november). Een laag plafond optisch verhogen, dat doe je zó. Geraadpleegd op 3 december 2016 van <http://www.zimmo.be/blog/2015/11/26/een-laag-plafond-optisch-verhogen-dat-doe-je-zo/>

Zonneboiler-prijzen. (z.j.). De voordelen en nadelen van een zonneboiler. Geraadpleegd van <http://www.zonneboilers-prijzen.be/over-zonneboilers/de-voordelen-en-nadelen-van-een-zonneboiler/>

23. Bijlage

Bijlage 1 – Begrippenlijst

Bijlage 2 – Plan van Aanpak

Bijlage 2A – Overallplanning

Bijlage 2B – Toetsing en acceptatieplan

Bijlage 2C – Overzicht toetsing en acceptatieplan

Bijlage 2D – Projectfases sheets

Bijlage 3 – Toetsing Bouwbesluit

Bijlage 4 – Onderzoek Cradle to Cradle

Bijlage 4A – Notulen ambities Cradle to Cradle

Bijlage 4B – Overzicht Cradle to Cradle alternatieven

Bijlage 5 – Onderzoek Design for Dissassembly

Bijlage 6 – Onderzoek Casestudie

Bijlage 6A – Multicriteriatabel

Bijlage 7 – Materialisatie

Bijlage 8 – Installatie

Bijlage 9 – Bouwfysische rapport

Bijlage 9A – Bouwfysische berekeningen

Bijlage 9B – EPC-berekening

Bijlage 9C – MPG-berekening

Bijlage 10 – Transformatie tekeningen

Bijlage 11 – Bouwtekeningen

Bijlage 12 – Installatietekeningen

Bijlage 13 – Bouwkundige details

Bijlage 14 – 3D-impressie