



SAMEN CIRCULAIR

Een onderzoek naar circulaire mogelijkheden
binnen de montagebouw





Algemene gegevens

Auteur

Jannis Maters

Studentnummer: 584685

Afstudeerrichting: Bouwtechniek

Hogeschool Arnhem en Nijmegen

Ruitenberglaan 31

6826 CC Arnhem

Faculteit Built Environment

Auteur

Britt Wezendonk

Studentnummer: 562169

Afstudeerrichting: Bouwtechniek

Begeleiding HAN

1^e begeleider

Mich van Muijden

2^e begeleider

Rona Vreenegoor

Giesbers Ontwikkelen en Bouwen

Nieuweweg 184

6603 BT Wijchen

Begeleiding Giesbers

Paul van Doorn

Planontwikkelaar

28 mei 2019





Voorwoord

Voor u ligt de afstudeerscriptie ‘Samen Circulair’, een onderzoek naar de circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethode montagebouw. Gedurende het afstudeeronderzoek worden de circulaire mogelijkheden per gebouwonderdeel met elkaar vergeleken op meerdere niveaus. In samenwerking met de meest betrokken partners wordt het maximale uit de woning gehaald op het gebied van circulariteit⁸. Het afstudeeronderzoek vindt plaats in het kader van de opleiding Bouwkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN). De afstudeer-richting betreft Bouwtechniek. Het afstudeeronderzoek is in opdracht van Giesbers Ontwikke-len en Bouwen, gevestigd in Wijchen.

In samenspraak met begeleider Paul van Doorn, Planontwikkelaar bij Giesbers, is het onder-zoek tot stand gekomen. De gezamenlijke interesse in circulariteit⁸ en de recente aandacht voor het onderwerp hebben geleid tot een onderzoeksvraag. Tijdens het onderzoek heeft Paul van Doorn zicht gehad op de planning en structuur van het onderzoek. Tevens heeft hij ons ondersteund in de inhoud van het onderzoek. Deze samenwerking heeft geleid tot een relevant onderzoek voor vele betrokkenen. Mich van Muijden en Rona Vreenegoor, afstudeerbegelei-ders vanuit de HAN, hebben ons ondersteund op het proces en de uitvoering van het afstu-deeronderzoek. Daarnaast hebben zij ons begeleid in de leesbaarheid van het technische on-derwerp binnen het onderzoek.

Wij hebben met veel plezier en aandacht dit onderzoeksverslag geschreven en wensen u veel leesplezier toe.

Jannis Maters en Britt Wezendonk

Wijchen, 28 mei 2019



Dankwoord

Het eindresultaat van het afstudeeronderzoek is tot stand gekomen middels vele samenwerkingsverbanden. Deze samenwerkingsverbanden hebben geleid tot meer bewustwording op het gebied van circulariteit⁸. Het eindresultaat heeft geleid tot nieuwe ontwikkelingen/inzichten en een milieubewuste denkwijze.

De begeleiding vanuit de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Mich van Muijden en Rona Vreenegoor, bedanken wij voor de begeleiding en feedback op de structuur en het proces van het afstudeeronderzoek.

Wij bedanken Giesbers Ontwikkelen en Bouwen als opdrachtgever van het afstudeeronderzoek. Binnen Giesbers hebben wij de mogelijkheid gekregen om het onderzoek naar eigen wens uit te voeren. Hierbij bedanken wij Paul van Doorn in het bijzonder voor de begeleiding tijdens het afstudeeronderzoek. Dankzij deze samenwerking is de kennis op het gebied van circulariteit⁸ vergroot en heeft het begrip een duidelijke structuur binnen het onderzoek. Graag bedanken wij Reinier van 't Hullenaar, Manager Engineering, voor zijn ondersteuning op het gebied van het woonconcept en Mark Vos, Kostendeskundige, voor het financieel toetsen van de varianten en het uitwerken van de kostenmatrix.

Het onderzoek naar de circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethodiek van de tussenwoning is gerealiseerd met de meest betrokken partners binnen het woonconcept. Hiervoor bedanken wij VBI, LafargeHolcim, Van de Vin, Ordeman & Dijkman en Bouwkomeet voor de medewerking tijdens ons afstudeeronderzoek. Daarnaast willen wij W/E Adviseurs bedanken voor de aanvullende informatie op het gebied van circulariteit⁸. Dankzij deze samenwerking resulteert onze scriptie in een praktisch en relevant onderzoek waar wij trots op zijn.



Samenvatting

De wereldwijde economie staat onder druk en brengt veel risico's met zich mee. De mens leeft in een lineaire economie¹³ waarin we functioneren volgens de 'take, make, waste' methode (Kraanen & Plomp, 2018). Binnen deze methode zorgen de 'take, make en waste' voor een grote hoeveelheid CO₂-uitstoot. Daarnaast zorgt de 'take' voor de uitputting van grondstoffen (Wijffels, 2011). Hierdoor warmt de aarde te veel op en leidt het tot het ondermijnen van de vaak kwetsbare natuur en leefomgeving.

De lineaire economie¹³ kent vele nadelen en is niet langer houdbaar. Deze nadelen hebben betrekking op mens, dier en milieu (Het Groene Brein, z.d.). De lineaire economie¹³ dient getransformeerd te worden naar een circulaire economie³ die het klimaatprobleem⁴ en de grondstoffenschaarste reduceert. Vanuit de Nederlandse overheid is de doelstelling 'Nederland circulair in 2050' gesteld. Om deze doelstelling te halen zijn er vijf transitieagenda's opgesteld, waaronder de 'Transitieagenda Bouw²'. Nelissen et al. (2018) beschrijft dat er voor het behalen van een circulaire economie³ voldoende kennis en ervaring nodig is in de gehele bouwketen.

Het afstudeeronderzoek is gericht op de nieuwbouw eengezinswoningen⁶ in Nederland. Hierbij is er specifiek gekeken naar de bouwmethodiek montagebouw. Het doel van het afstudeeronderzoek is het onderzoeken van de circulaire mogelijkheden binnen montagebouw. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld:

Wat dient er bouwtechnisch¹⁴ aangepast te worden aan de bouwmethodiek montagebouw, zodat deze kennis gebruikt kan worden als beginpunt¹¹ naar een circulaire bouwmethode?

Het onderzoek is gericht op de tussenwoning uit het woonconcept 'DIT is wonen'. Deze is kostprijs gestuurd en lineair gedreven. Het onderzoek is gestart door het maken van een nulmeting. Hierin is de tussenwoning beoordeeld op een aantal aspecten, waaronder de materialisatie, energieprestatie, GPR en CPG. Hierbij is W/E Adviseurs betrokken geweest bij het vastleggen van de mate van circulariteit⁸. Vervolgens is de huidige tussenwoning opgedeeld in een lagenstructuur middels het Layer-model¹² van Stewart Brand (Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018). Door de woning op te delen in meerdere lagen wordt 'vastgoed' gezien als 'losgoed'. Hierbij dienen de lagen uitwisselbaar te zijn afhankelijk van de levensduur, zonder daarmee een andere laag te beschadigen. Vanuit de lagenstructuur zijn de knelpunten tussen de gebouwonderdelen inzichtelijk gemaakt.



In dit onderzoek is het ambitieniveau van de gehele tussenwoning opgesteld middels een CirculariteitsPrestatie Gebouw berekening (CPG). Het ambitieniveau per gebouwonderdeel is gesteld aan de hand van het 10-R-model van Cramer (2014). Om het gestelde ambitieniveau te behalen is er een variantenstudie gedaan waarin de circulaire mogelijkheden zijn onderzocht. Tevens zijn er vijf interviews gehouden met de meest betrokken partners van het woonconcept. Hieruit zijn nieuwe circulaire mogelijkheden ontstaan binnen de tussenwoning. Aan de hand van criteria zijn de varianten per gebouwonderdeel getoetst. Vervolgens is een keuze gemaakt voor de uitwerking van de circulaire tussenwoning. De varianten zijn verwerkt in een negental principe detailleringen.

Het resultaat van de aanpassingen vertaalt zich in de volgende vijf speerpunten; demontabel, flexibel, toekomstwaarde, levensduurverlenging en hergebruik. In de bouwfase wordt de tussenwoning middels droge verbindingen gemonteerd. In de gebruiksfase is de woning flexibel en aanpasbaar aan de wensen van de gebruiker. Dit geeft de woning een hogere toekomstwaarde. Hierdoor kan gesteld worden dat de woning een langere levensduur krijgt. Daarnaast wordt de levensduur van de gebouwonderdelen verlengt, doordat deze droog te demonteren zijn in de sloopfase (losgoed). Echter is het nog niet mogelijk om de gebouwonderdelen tot een hoog niveau her te gebruiken (10-R-model). De vraag naar het één-op-één hergebruiken van tweedehands gebouwonderdelen is er nauwelijks, omdat het economisch gezien nog niet aantrekkelijk is. Ook is de wet- en regelgeving hier vaak nog niet op ingericht en veel klanten staan hier nog niet voor open.

In de circulaire tussenwoning binnen 'DIT is wonen' zijn de knelpunten voor 90% opgelost. De CirculariteitsPrestatie Gebouw van de gehele tussenwoning is van een 6,6 naar een 7,9 gestegen op een schaal van 1 op 10. Het gestelde ambitieniveau per gebouwonderdeel is niet behaald. Om het beginpunt¹¹ naar een circulaire bouwmethode te behalen dient de lineaire economie¹³ getransformeerd te worden naar een circulaire economie³. Het laagwaardig hergebruiken van materialen (recyclen) dient voorkomen te worden en het hoogwaardig hergebruiken van elementen (gebouwonderdelen) dient hoger gewaardeerd te worden.

Om het draagvlak voor een meer circulaire benadering binnen 'DIT is wonen' zo groot mogelijk te maken, zijn tijdens dit afstudeeronderzoek de samenwerkingspartners en de externe betrokkenen betrokken geweest. Aangezien een circulaire toekomst alleen gerealiseerd kan worden wanneer er samenwerkingsverbanden ontstaan in de gehele bouwketen.

“Samen circulair, samen bouwen aan schone, houdbare en milieuvriendelijke leefomgeving.”



Summary

The worldwide economy is under pressure and brings many risks. Humans live in a linear economy in which we function follow the 'take, make, waste' method (Kraanen & Plomp, 2018). In this method, the 'make' and 'waste' cause a large carbon dioxide emission. The 'take' causes raw materials to deplete (Wijffels, 2011). This causes the earth to warm up too much and causes a scarcity of raw materials.

The linear economy has many disadvantages and has reached its expiration date. These disadvantages affect humans, animals and the environment (Het Groene Brein, z.d.). The linear economy needs to be transformed into a circular economy in which climate change and raw materials depletion are reduced. The Dutch government has set the goals 'Nederland circulair in 2050' (The Netherlands Circular in 2050). To reach this goal, five transition agendas have been written. Nelissen et al. (2018) states that sufficient knowledge and experience is required in the total building supply chain in order to reach a circular economy.

This graduation research project is aimed at single-family houses which still need to be built. Specifically, the building method *assembling construction* is considered. The goal of the research project is to investigate the circular possibilities in the assembling construction. In order to achieve this, the following research question is proposed:

What needs to be adjusted from a constructional perspective to the building method of assembling construction, in order to use this knowledge as a starting point to a circular building method?

This research has started by creating a baseline measurement for the linked house from the housing concept 'DIT is wonen'. In this baseline, the linked house is assessed on certain aspects, including materialisation, energy performance, GPR and CPG. W/E Adviseurs has been involved to measure the level of circularity. Subsequently, the current linked house is divided in a layered structure following the Layer-model by Stewart Brand (Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018). By dividing the house in several layers, it becomes clear that building parts have life spans which do not match, which causes conflicts. Based on this, the engineering conflicts between the building parts are made clear.

In this research the level of ambition of the linked house is created with the Circular Building Performance indicator (CPG). The level of ambition of the building parts of the linked house is



created with the 10-R-model by Cramer (2014). To reach the level of ambition a study about circular construction possibilities has been done. Also, five interviews have been held with the most involved partners of the housing concept. These two activities combined, result in new circular construction possibilities/adjustments for the linked house. These adjustments for each building part were assessed on certain criteria. Subsequently, the final choices were made to develop a circular linked house. Finally, the chosen adjustments have been incorporated into nine detail drawings.

The results of the adjustments can be translated into five key points; disassemblable, flexible, future value, product lifespan extension and re-use. The linked house can be assembled in the building phase by dry connections. In the use phase the linked house is flexible and adaptable to the wishes of the user. This results in a higher future value of the house. It can be concluded that the house is getting a lifespan extension. In the demolishing phase the lifespan of the building parts has been extended by using dry connections. The building parts can be easily separated from each other. However, it isn't possible yet to re-use the building parts at a high level (10-R-model). At the moment there is not much demand for second-hand building parts, because it is not yet economically attractive. And moreover, the laws and regulations are not set up for this and costumers can't open their minds to this.

The engineering conflicts in the circular linked house have been resolved for 90%. The Circularity Building Index (CPG) has risen from a 6,6 to 7,9 on a scale of 1 to 10. The chosen level of ambition was not met. To reach a starting point to develop a circular building method, the linear economy needs to be transformed into a circular economy. In this economy it is necessary that low-grade recycling of materials should be avoided. It is also necessary that re-using second-hand building parts needs to get a higher value. This is needed to reach the chosen level of ambition of the building parts of the linked house.

During this research, cooperation partners and external partners has been involved to reach a maximum of support for a circular approach for 'DIT is wonen'. Because a circular future can only be built when partnerships arise in the building supply chain.

"Together we go circular, together we can build a clean, sustainable and ecologically friendly living environment."



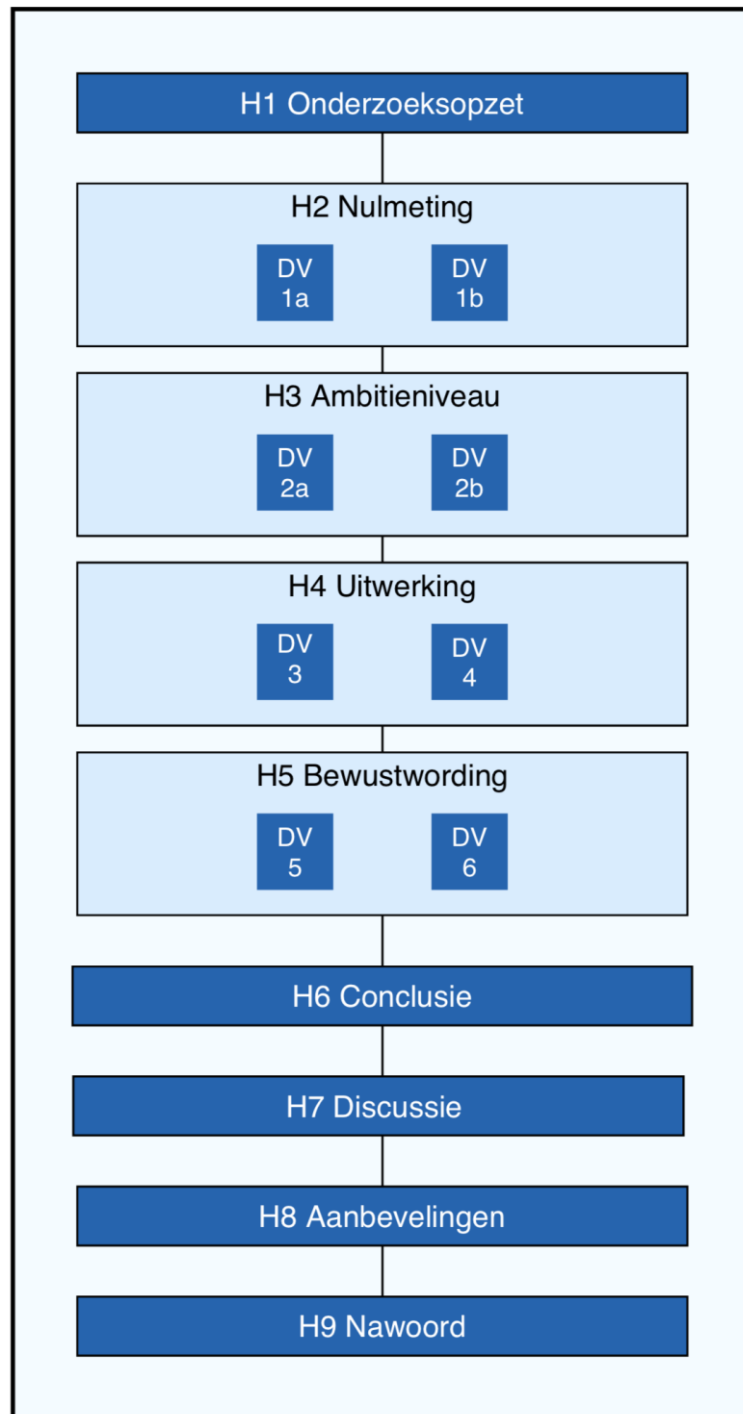
Leeswijzer

De scriptie van het afstudeeronderzoek is chronologisch opgebouwd. Het document bestaat uit negen hoofdstukken.

In hoofdstuk 1 wordt de onderzoekopzet toegelicht. In hoofdstuk 2 wordt de nulmeting van het onderzoek bepaald. Dit hoofdstuk bevat deelvraag 1a en 1b. Het ambitieniveau van het onderzoek wordt bepaald in hoofdstuk 3. Voor het bepalen van de ambitie worden deelvraag 2a en 2b beantwoordt. Hoofdstuk 4 bevat de uitwerking van het onderzoek. In dit hoofdstuk wordt de tussenwoning bouwtechnisch¹⁴ uitgewerkt. Hiervoor zijn de meest betrokken partners van het woonconcept benaderd. In de uitwerking worden deelvraag 3 en 4 beantwoordt. In hoofdstuk 5 wordt de bewustwording van het onderzoek beschreven. Hierbij wordt de woning beoordeelt op de mate van circulariteit⁸ aan de hand van het gestelde ambitieniveau. Tevens wordt omschreven op welke wijze de bewustwording van circulariteit⁸ wordt gecreëerd. In hoofdstuk 6 wordt er antwoord gegeven op de hoofdvraag. Hoofdstuk 7 bevat de discussie en hoofdstuk 8 de aanbevelingen van het onderzoek. Tot slot is het nawoord te lezen in hoofdstuk 9. Aan het einde van de scriptie is de literatuurlijst toegevoegd en een overzicht van alle bijlagen.

Binnen de scriptie wordt er verwezen naar de bijlagen van het afstudeeronderzoek. Hierbij wordt in de tekst verwezen naar de bijlage en hoofdstuk/paragraaf. Elk document is voorzien van een inhoudsopgave, figuren- en tabellenlijst en literatuurlijst.

De leeswijzer is schematisch weergegeven in figuur Leeswijzer op pagina 12.



Figuur Leeswijzer



Inhoudsopgave

Figuren- en tabellenlijst	15
Begrippenlijst.....	16
H1 Onderzoeksopzet.....	18
1.1 Aanleiding.....	18
1.2 Opdrachtgever.....	20
1.3 Probleemstelling	21
1.4 Doelstelling	23
1.5 Hoofd- en deelvragen	24
1.6 Afbakening	25
H2 Nulmeting.....	27
2.1 Nulmeting tussenwoning	27
2.2 Inrichting tussenwoning	32
H3 Ambitieniveau	37
3.1 Knelpunten	37
3.2 Ambitie	43
H4 Uitwerking	49
4.1 Circulaire mogelijkheden	49
4.2 Mogelijkheden partners	55
H5 Bewustwording	59
5.1 Circulaire prestatie tussenwoning	59
5.2 Kennis overbrengen	70
H6 Conclusie	73
H7 Discussie	75



H8 Aanbevelingen	77
H9 Nawoord	79
Literatuurlijst	80
Bijlagenoverzicht	83



Figuren- en tabellenlijst

Figuren

Figuur Leeswijzer.....	12
Figuur 1.1: Schematisch weergave probleemanalyse.....	21
Figuur 1.2: Schematische weergave doelstelling 'Afstudeeronderzoek'.....	22
Figuur 2.1: 'DIT is wonen' tussenwoning voor- en achtergevel.....	28
Figuur 2.2: 'DIT is wonen' tussenwoning plattegronden.....	28
Figuur 2.3: Layer- model van Stewart Brand.....	33
Figuur 3.1: Geselecteerde principe detailleringen in de voor- en achtergevel.....	38
Figuur 3.2: Knelpunten en lagenstructuur gevisualiseerd in detail 03.....	40
Figuur 3.3: 'DIT is wonen' huidige tussenwoning.....	41
Figuur 3.4: Circulaire strategieën binnen de productieketen, in volgorde van prioriteit.....	44
Figuur 4.1: Detail 03 – Verdiepingsvloer van de circulaire tussenwoning 'DIT is wonen'.....	53
Figuur 4.2 Doorsnede van de 'DIT is wonen' circulaire tussenwoning.....	54
Figuur 5.1: Resultaten van het ambitieniveau per gebouwonderdeel.....	63

Tabellen

Tabel 2.1: Materialisatie gebouwonderdelen nulmeting 'DIT is wonen' tussenwoning.....	29-30
<i>Tabel 2.2: Tussenwoning 'DIT is wonen' opgedeeld volgens Layer-model¹²</i>	34
Tabel 3.1: Inventarisatie en toelichting knelpunten in detail 03.....	39
Tabel 3.2: Overzicht van geïnventariseerde knelpunten.....	41-42
Tabel 3.3: Ambitie per gebouwonderdeel volgens het 10-R-model.....	45
Tabel 4.1: Toetsingscriteria varianten	50
Tabel 4.2: Totaaloverzicht definitieve keuzes varianten per gebouwonderdeel.....	51
Tabel 5.1: Gebouwonderdelen getoetst aan het gestelde ambitieniveau.....	60-62
Tabel 5.2: Overzicht oplossing per knelpunt.....	64-67
Tabel 5.3: Behaalde score CPG circulaire tussenwoning.....	67
Tabel 5.4: Financieel overzicht circulaire tussenwoning.....	68



Begrippenlijst

1. (Energie-) transitie

“Aanduiding voor het streven om van fossiele brandstoffen over te stappen op duurzame energiebronnen zoals zonne- en windenergie.” (Harbrink Numan & Schreurs, z.d.)

2. Basiskamp transitieagenda Bouw

Volgens de ‘Transitieagenda Bouw²’ moet in 2021 het basiskamp gereed zijn. Het basiskamp is de eerste etappe binnen de transitie strategie. In dit basiskamp zijn alle benodigdheden opgenomen om de transitie te kunnen maken naar Nederland Circulair in 2050 (Nelissen et al., 2018).

3. Circulaire economie

Economisch systeem dat het concept van een lineaire economie¹³ vervangt door reducerend, alternatief hergebruik, recycling en terugwinning van materialen. Het systeem opereert op verschillende schaalniveaus (micro-, meso- en macroniveau), zodat er naast duurzame ontwikkelingen, tegelijkertijd gewerkt wordt aan het creëren van milieukwaliteit, economische welvaart en sociale rechtvaardigheid (Kirchherr, Reike en Hekkert, 2017).

4. Klimaatprobleem

Is een factor waardoor het natuurlijke proces van de aarde wordt verstoord (KNMI, 2015).

5. Circulair bouwen

Het ontwikkelen, gebruiken en hergebruiken van gebouwen, gebieden en infrastructuur, zonder daarbij natuurlijke hulpbronnen onnodig uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten. Bouwen op een wijze die economisch verantwoord is en bijdraagt aan het welzijn van mens en dier. Hier en daar, nu en later (Nelissen et al., 2018). De technische elementen zijn demonteerbaar en herbruikbaar (Van Noort, 2018).

6. Eengezinswoning

“Elke woning die tevens een geheel pand vormt. Hieronder vallen vrijstaande woningen, aan- een gebouwde woningen, zoals twee onder één kap gebouwde hele huizen, boerderijen met woningen en voorts alle rijenhuizen.” (Ensie, 2016)



7. Klimaatverandering(en)

“Verandering van het klimaat op de aarde als gevolg van natuurlijke oorzaken of door activiteiten van de mens.” (Ensie, 2017a)

8. Circulariteit

“Rondgaande beweging” (Van Veen en Van der Sijs, 1997). Circulariteit wordt gekoppeld aan een ecologisch systeem uit de natuur, waarin de grondstoffen oneindig hergebruikt worden.

9. Technische levensduur

“De periode waarin een machine, vrachtwagen of een ander duurzaam productiemiddel daadwerkelijk kan worden gebruikt, nog niet versleten of kapot is.” (Ensie, 2017b)

10. Economische levensduur

De economische levensduur is “de levensduur van een duurzaam produktiemiddel op basis van de economische slijtage.” (Ensie, 2017c) Economische slijtage is de waardevermindering van een duurzaam productiemiddel, welke ontstaat door structurele wijzigingen in de vraag- en aanbodverhoudingen (Ensie, 2017d).

11. Beginpunt

Beginpunt is “het punt waar iets begint.” (Ensie, 2017e) Alle gestelde doelstellingen in dit onderzoek vallen samen onder het beginpunt. Om deze doelstellingen te behalen zijn ambities opgesteld. Het beginpunt wordt gecreëerd wanneer deze ambities gehaald worden.

12. Layer-model

Het layer-model is een model waarin de gebouwonderdelen van een gebouw worden opgedeeld in zes lagen (Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018). Deze lagen dienen gescheiden van elkaar ontworpen te worden aan de hand van de technische en economische levensduur.

13. Lineaire economie

“Het traditionele economische systeem dat in feite gebaseerd is op het winnen van grondstoffen, die gebruiken voor productie van artikelen, het gebruik daarvan en tenslotte het afdanken/weggoeien na gebruik.” (Financiële Begrippenlijst B.V., z.d.-a)

14. Bouwtechnisch

Het gedetailleerd uitwerken van gebouwonderdelen aan de hand van technische aspecten (constructie, installaties, verbindingen en luchtdichtheid) (“Bouwkundig tekenaar”, 2018).



1

Onderzoeksopzet

1.1 Aanleiding

De wereldwijde economie staat onder druk en brengt veel risico's met zich mee. De mens leeft in een lineaire economie¹³ waarin we functioneren volgens de 'take, make, waste' methode (Kraanen & Plomp, 2018). Deze methode is gericht op het winnen van grondstoffen. De grondstoffen worden gebruikt voor de productie van producten, het gebruiken van de producten en tenslotte het afdanken van het product na gebruik (De Financiële Begrippenlijst B.V., z.d.-a).

Binnen deze methode zorgen de 'take, make en waste' voor een grote hoeveelheid CO₂-uitstoot. "De mens is op grote schaal bezig om de samenstelling van de atmosfeer te veranderen, onder andere door de verbranding van fossiele brandstoffen en via ontbossing. Hierdoor komt er veel extra kooldioxide (CO₂) vrij in de atmosfeer." (KNMI, z.d.) De toename van CO₂ in de atmosfeer versterkt het broeikaseffect. Het broeikaseffect houdt de warmte op de aarde vast. Dit proces is nodig om voldoende warmte van de zon op de aarde vast te houden. Door de klimaatproblemen⁴ is het broeikaseffect verstoord en warmt de aarde nu te veel op.

Tegelijkertijd zorgt de 'take' voor de uitputting van grondstoffen. De mens neemt grondstoffen uit de natuur, gebruikt deze grondstoffen om producten van te maken en gooit het als afval terug in de natuur. Dit is verspillend aan de voorkant en vervuילend aan de achterkant. Dat heeft nu een niveau bereikt wat eigenlijk onhoudbaar is. Daarom zijn we genooddaakt om op zoek te gaan naar manieren om efficiënter om te gaan met de natuurlijke hulpbronnen en grondstoffen (Wijffels, 2011).

Volgens Het Groene Brein (z.d.) kent de lineaire economie¹³ vele nadelen en is niet langer houdbaar. Deze nadelen hebben betrekking op mens, dier en milieu. Deze lineaire economie¹³ dient getransformeerd te worden naar een circulaire economie³, dit blijkt uit bijlage C - Literatuurstudie. De circulaire economie³ dient het klimaatprobleem⁴ en de grondstoffenschaarste te reduceren.



Om een circulaire economie³ te bereiken binnen Nederland heeft de Nederlandse overheid de volgende doelstelling geformuleerd: 'Nederland circulair in 2050'. Om deze doelstelling te behalen zijn er vijf transitieagenda's opgesteld. Eén daarvan is de 'Transitieagenda Bouw²'. De doelstelling binnen deze agenda is om een basiskamp² in te richten in 2021, zodat de transitie¹ naar een circulaire economie³ gestructureerd verloopt. Vervolgens dient er in 2030 50% van de einddoelstelling gerealiseerd te zijn. Om deze transitie¹ te behalen zal de bouwsector op een andere wijze te werk moeten gaan (Nelissen et al., 2018).

In de 'Transitieagenda Bouw²' van Nelissen et al. (2018) staat beschreven dat voor het behalen van een circulaire economie³ er kennis en ervaring bij voldoende mensen nodig is in de gehele bouwketen. Hiervoor dient er een concreet plan te komen voor de verduurzaming van de woningbouw. Ook dienen de één miljoen extra woningen zo circulair mogelijk gebouwd te worden. Deze onderdelen zijn benodigd voor het inrichten van een basiskamp (2021) voor 'Nederland circulair in 2050'. Echter is er volgens Nelissen et al. (2018) op dit moment nog onvoldoende kennis en ervaring om deze transitie¹ te maken.

Pronk (2016) stelt dat circulair bouwen⁵ meer is dan het uitbreiden van bestaande praktijken (lineaire economie¹³) en dat het een geheel nieuwe manier van aanpakken betreft. "Circulair bouwen heeft dan ook gevolgen voor alle aspecten van het bouwproces: programma van eisen, bouwmethodiek, contracten, financiering en eigendom." (Pronk, 2016)

Hieruit blijkt dat er (grote) aanpassingen nodig zijn binnen de bestaande bouwmethodieken om deze te kunnen gebruiken bij het circulair bouwen⁵.

Uit bijlage B - Vooronderzoek blijkt dat 50% van de nieuwbouw eengezinswoningen⁶ in 2018 in Nederland gerealiseerd is volgens de bouwmethodiek montagebouw. Het afstudeeronderzoek is gericht op de circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethodiek montagebouw.



1.2 Opdrachtgever

De opdrachtgever van het afstudeeronderzoek is Giesbers Ontwikkelen en Bouwen. Giesbers is een zelfstandig opererende dochter van GiesbersGroep. Het bedrijf is actief op het gebied van utiliteitsbouw, gebiedsontwikkeling, commercieel en maatschappelijk vastgoed en woningbouw (Giesbers Ontwikkelen en Bouwen, 2019b).

Giesbers Ontwikkelen en Bouwen beschouwd zichzelf als een kleine, wendbare, flexibele en samenwerkende organisatie. Zij kunnen met deze organisatie snel en flexibel inspelen op de wens van de klant. Zij zetten de klant, bij alle projecten, centraal. De klant wordt hierbij niet vanuit bepaalde kaders beperkt en dat maakt ieder project uniek. Zij zijn daarom iedere dag weer in staat om positieve veranderingen te bewerkstelligen (Giesbers Ontwikkelen en Bouwen, 2019c).

1.2.1 Woonconcept

Giesbers Ontwikkelen en Bouwen (2019a) heeft in samenwerking met zusterbedrijven Giesbers Rotterdam en Kalliste Woningbouwontwikkeling een woonconcept ontwikkeld; 'DIT is wonen'. Het woonconcept is een flexibel concept dat kan worden aangepast naar de wensen van de klant met als vertrekpunt een basiswoning. Deze woning is gebaseerd op de huidige wet- en regelgeving, is economisch gestuurd en maakt gebruik van de bouwmethodiek montagebouw.

Binnen het woonconcept wordt de tussenwoning gebruikt als uitgangspunt in het afstudeeronderzoek. De tussenwoning wordt gebruikt als referentiewoning.



1.3 Probleemstelling

De aanleiding van het onderzoek omschrijft de gevolgen van de lineaire economie¹³, gebaseerd op de 'take, make, waste' methode (Kraanen & Plomp, 2018). Het winnen (take) van grondstoffen om nieuwe producten te produceren leidt tot grondstofuitputting en CO₂-uitstoot. Voornamelijk bij het produceren (make) en bij het verbranden (waste) van deze producten komt er veel CO₂ vrij in de lucht. Dit leidt tot opwarming van de aarde. Er kan geconcludeerd worden dat deze methode leidt tot het ondermijnen van de vaak kwetsbare natuur en leefomgeving en klimaatveranderingen⁷. Een circulaire economie³ biedt hiervoor een oplossing.

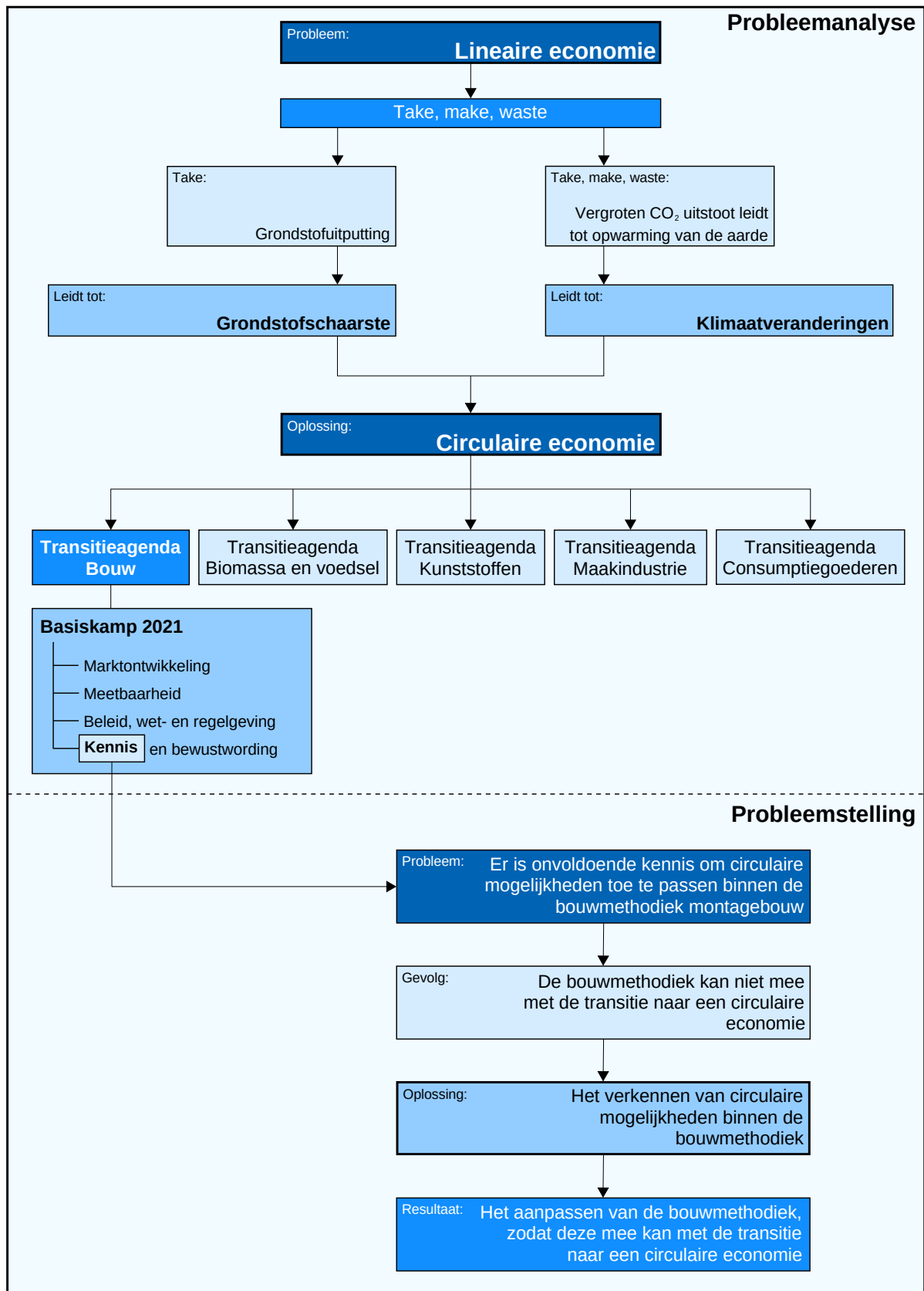
De circulaire economie³ biedt de oplossing om grondstoffenschaarste, klimaatveranderingen⁷ en verdere belasting van de aarde tegen te gaan. In het Rijksbrede programma, Nederland Circulair in 2050, heeft het kabinet vijf transitieagenda's opgesteld om grote stappen te zetten naar een circulaire economie³. De transitieagenda's zijn: biomassa & voedsel; kunststoffen; maakindustrie; bouw en consumptiegoederen (Programmabureau Nederland Circulair in 2050, z.d.-a).

Het onderzoek richt zich op de 'Transitieagenda Bouw²'. Deze transitieagenda beschrijft dat er in 2021 een compleet ingericht basiskamp² moet zijn. Het basiskamp² richt zich op speerpunten uit de agenda, deze zijn als volgt: marktontwikkeling; meetbaarheid; beleid, wet- en regelgeving, kennis en bewustwording. Binnen het onderzoek is het speerpunt 'kennis' behandeld.

In de 'Transitieagenda Bouw²' (Nelissen et al., 2018) wordt beschreven dat er op dit moment onvoldoende kennis beschikbaar is binnen de bouwsector. Hierdoor kunnen bedrijven zich op dit moment nog niet volledig ontwikkelen op circulair gebied. Het afstudeeronderzoek richt zich op de circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethodiek montagebouw. In het onderzoek is er specifiek gekeken naar nieuwbouw eengezinswoningen⁶.

Het gevolg van onvoldoende kennis kan ertoe leiden dat de bouwmethodiek niet mee kan met de transitie¹ naar een circulaire economie³. Het verkennen van circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethodiek kan ertoe leiden dat er een oplossing ontstaat, zodat een deel van de nog te realiseren woningen mee kan in de transitie¹ naar een circulaire economie³.

De probleemanalyse en de probleemstelling zijn vertaald in figuur 1.1 op pagina 21.

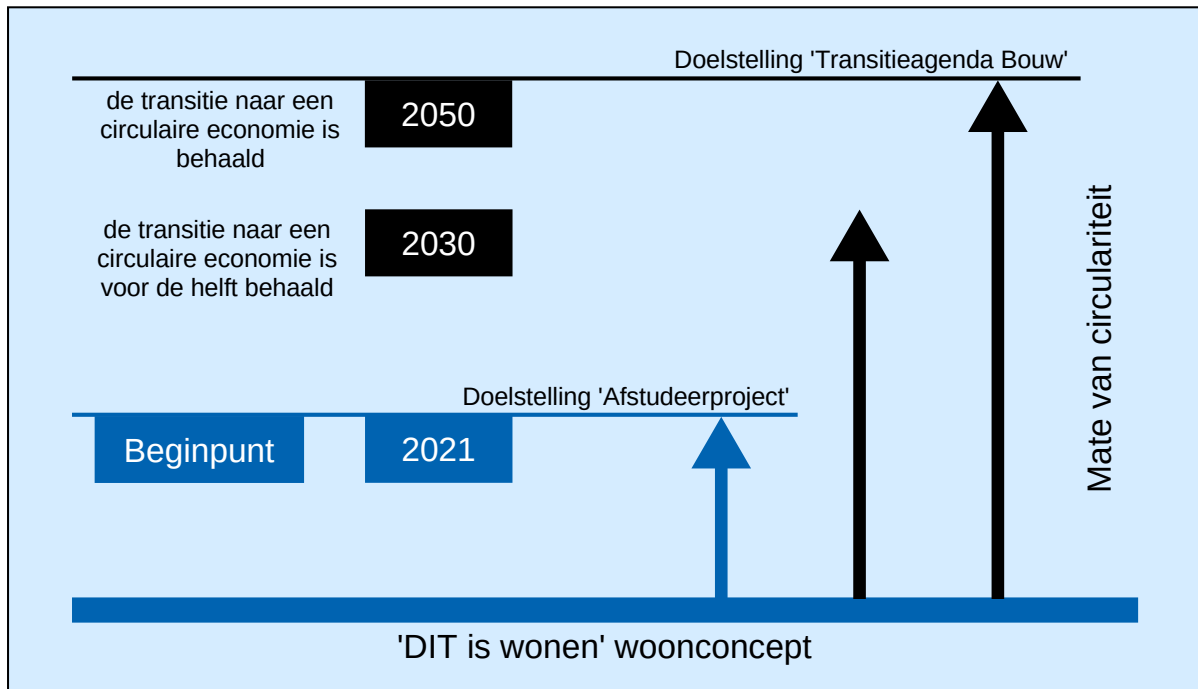


Figuur 1.1: Schematisch weergave probleemanalyse



1.4 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van kennis over de circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethodiek montagebouw, zodat er een beginpunt¹¹ wordt gecreëerd voor de transitie¹ naar een circulaire economie³, zie onderstaande illustratie (figuur 1.2).



Figuur 1.2: Schematische weergave doelstelling 'Afstudeeronderzoek'



1.5 Hoofd- en deelvragen

Hoofdvraag

Wat dient er bouwtechnisch¹⁴ aangepast te worden aan de bouwmethodiek montagebouw, zodat deze kennis gebruikt kan worden als beginpunt¹¹ naar een circulaire bouwmethode?

Deelvragen

- 1a. Wat is de mate van circulariteit⁸ van de huidige tussenwoning binnen 'DIT is wonen'?
- 1b. Op welke wijze kan de huidige tussenwoning worden ingericht, zodat de circulaire mogelijkheden onderzocht kunnen worden?
- 2a. Waar ontstaan de bouwtechnische¹⁴ knelpunten in de tussenwoning wanneer deze wordt opgedeeld volgens de structuur van het Layer-model¹²?
- 2b. Welk circulair ambitieniveau wordt er gesteld aan de tussenwoning?
3. Welke circulaire mogelijkheden kunnen er worden toegepast aan de hand van de opgestelde criteria per gebouwonderdeel?
4. Welke mogelijkheden zijn er op het gebied van circulariteit⁸ bij de meest betrokken partners van 'DIT is wonen'?
5. Wat is de mate van circulariteit⁸ van de tussenwoning als gevolg van de gemaakte keuzes binnen de circulaire mogelijkheden?
6. Op welke wijze kan de opgedane kennis worden overgebracht, zodat er bewustwording wordt gecreëerd binnen Giesbers en haar samenwerkingspartners?



1.6 Afbakening

- Voor de transitie¹ naar een circulaire economie³ is het afstudeeronderzoek alleen gericht op de 'Transitieagenda Bouw²'. Het onderzoek is gericht op de pijler; kennis. Hierbij is er alleen gekeken naar nieuwbouw eengezinswoningen⁶. In dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van de tussenwoning uit het 'DIT is wonen' woonconcept.
- Het onderzoek is gericht op de bouwer (Giesbers) van de bouwmethodiek montagebouw.
- Om de mate van circulariteit⁸ te bepalen is er gebruik gemaakt van een circulair meetinstrument.
- De uitkomst van het onderzoek naar de circulaire mogelijkheden van de tussenwoning zijn vergeleken met de nulmeting.
- De ambitie van de gehele tussenwoning is gemaakt aan de hand van een circulair meetinstrument (CPG). De gebouwonderdelen zijn individueel getoetst aan de gestelde ambitie (10-R-model).
- De uitwerking van de tussenwoning voldoet aan de huidige wet- en regelgeving (BB2012).
- Het onderzoek naar de circulaire mogelijkheden is gericht op acht geselecteerde details gebaseerd op een geveldoorsnede van de tussenwoning.
- Per geselecteerd gebouwonderdeel zijn er maximaal drie varianten onderzocht afhankelijk van de beschikbare circulaire mogelijkheden.
- De circulaire mogelijkheden zijn geselecteerd op basis van de materialisatie van de huidige tussenwoning.
- Binnen het afstudeeronderzoek zijn de vijf meest betrokken partners geselecteerd bij het verkennen van de circulaire mogelijkheden.
- Aan de hand van de circulaire mogelijkheden zullen acht principe detailleringen opgesteld worden.
- De kosten van circulaire varianten zijn in samenwerking met een interne kostendeskundige uitgewerkt. De kosten zijn onderdeel van de beoordelingscriteria.

0

Meting



2

Nulmeting

Om de uitgangspunten te bepalen van het afstudeeronderzoek is de nulmeting van de tussenwoning bepaald, getoetst en onderzocht. In dit hoofdstuk wordt de huidige tussenwoning beoordeeld op de mate van circulariteit⁸, zodat de circulaire aanpassingen in het onderzoek vergeleken kunnen worden met het nulpunt. Daarnaast is de tussenwoning ingericht om structuur aan het onderzoek te bieden en kunnen de problemen in de huidige tussenwoning worden onderzocht.

2.1 Nulmeting tussenwoning

Deelvraag 1a

“Wat is de mate van circulariteit⁸ van de huidige tussenwoning binnen ‘DIT is wonen’?”

Om antwoord te kunnen geven op deze deelvraag dient het nulpunt van de tussenwoning bepaald te worden. Vervolgens kan het nulpunt worden getoetst in het meetinstrument om de mate van circulariteit⁸ van de woning te bepalen.

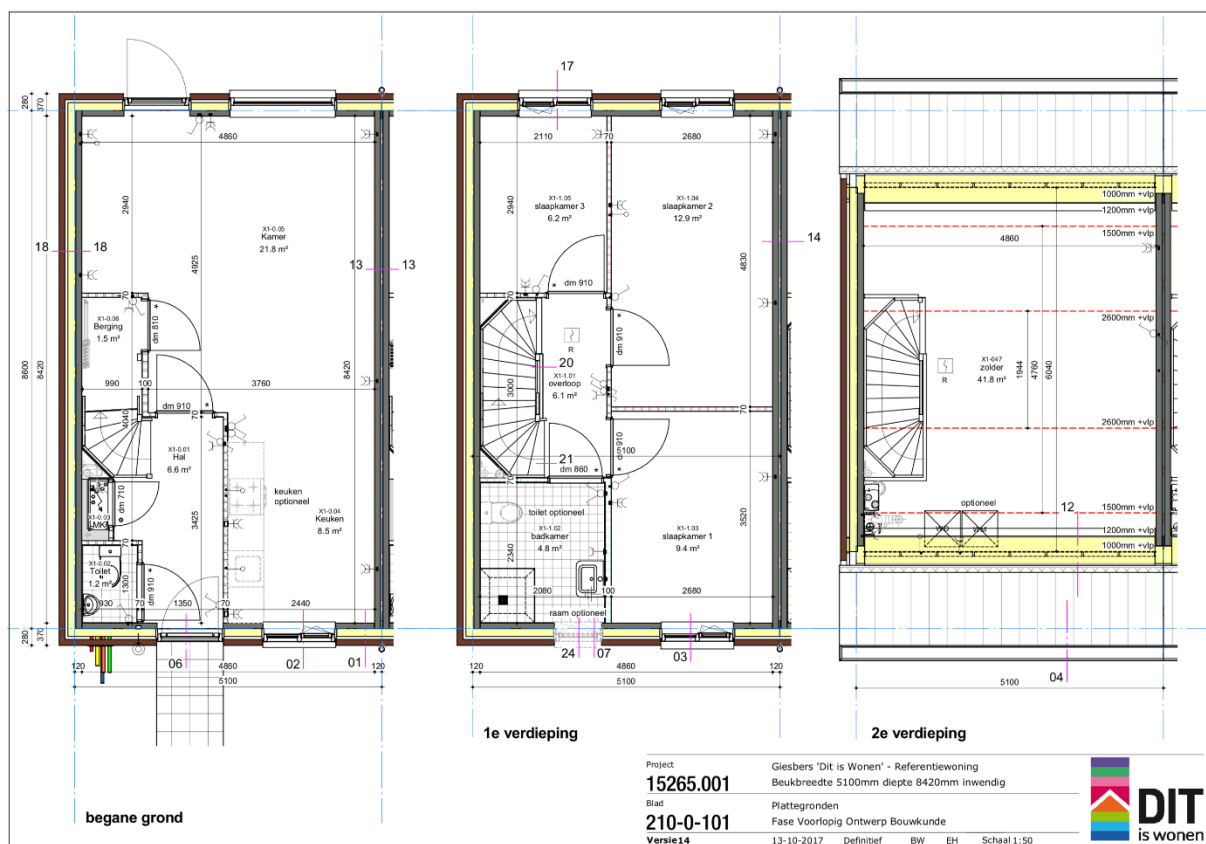
2.1.1 Nulpunt

Tussenwoning

De referentiewoning van het woonconcept betreft de ‘DIT is wonen’ tussenwoning. Figuur 2.1 toont de voor- en achtergevel van de woning en figuur 2.2 de plattegronden.



Figuur 2.1: 'DIT is wonen' tussenwoning voor- en achtergevel



Figuur 2.2: 'DIT is wonen' tussenwoning plattegronden



EPC

Het nulpunt van het afstudeeronderzoek voldoet aan de huidige wet- en regelgeving. De bestaande EPC-berekening van het woonconcept is aangepast naar een aardgasloze woning. Daarnaast is de luchtdichtheid en de oriëntatie van de woning verbeterd, is er een dakraam toegevoegd en de opbrengst van het benodigde zonnepaneel verhoogd. Het resultaat van de EPC-berekening, welke wordt toegepast in het afstudeeronderzoek, toegevoegd in bijlage D – Nulmeting, paragraaf 3.1. De EPC van de tussenwoning is 0,37 en voldoet daarmee aan de bouwbesluit eis van $< 0,40$.

Gebouwonderdelen

Om inzicht te krijgen in de keuze van materialen per gebouwonderdeel op de woningbouwprojecten van 'DIT is wonen' zijn in bijlage D – Nulmeting, tabel D1.2 negen projecten en de referentiewoning met elkaar vergeleken. Hieruit is een keuze gemaakt per gebouwonderdeel. De buitenkozijnen wijken hierbij af van de referentiewoning. Hierbij wordt er in het onderzoek uitgegaan van houten kozijnen in plaats van kunststof kozijnen. Tabel 2.1 geeft het resultaat weer per gebouwonderdeel.

Tabel 2.1: Materialisatie gebouwonderdelen nulmeting 'DIT is wonen' tussenwoning

Gebouwonderdeel	Tussenwoning
Fundering	
Paal	Prefab betonpalen
Funderingsbalk	In het werk gestort beton
Ruwbouw	
Begane grondvloer	Geïsoleerde ribcassettevloer
Binnenspouwblad	Prefab betonwanden
Eerste verdiepingvloer	Kanaalplaatvloer
Tweede verdiepingvloer	Kanaalplaatvloer
Dakconstructie	Scharnierkap hout
Knieshot	Hout
Afbouw	
Keuken	Aanrechtblad, keukenkastjes
Keukenapparatuur	Oven, vaatwasser, kookplaat, koelkast
Badkamer meubels	Douche, wastafel
Sanitair garnituur	Kranen, douchekop, glijstang
Toilet meubels	Toiletpot, fontein



Tegelwerk badkamer, toilet en keuken	Standaard tegelwerk
Interieur meubels	Tafels, stoelen, bank
Dekvloer	Cementdekvloer
Gevelisolatie	Zachte isolatie
Gevelbekleding	Gemetseld baksteen
Vensterbank	Marmer composiet vensterbank
Waterslag	Aluminium waterslag
Kozijnbevestiging	Kozijnanker staal
Metselwerkondersteuning	Stalen hoekligger
Buitenkozijnen	Houten kozijn met HR++ glas
Dakafwerking	Betonnen dakpannen
Vogelschroot	Kunststof vogelschroot
Trap	Houten trap
Binnenwanden	Gipsblokken
Binnen kozijnen	Stalen kozijnen
Installaties	
Opwekking/ warm tapwater	Lucht/ water warmtepomp
Verwarming	Vloerverwarming
Ventilatie	Mechanische ventilatie
Elektra	Leidingwerk elektra
Nutsvoorzieningen	Doorvoerbochten van PVC
Binnenriolering	Vuil- en schoonwater riolering van PVC
Waterinstallaties	Toevoerleidingen koud- en warm water
Meterkast	Standaard groepenkast
Dakgoot	Zinken goot
HWA	PVC-hemelwaterafvoer
Energieopwekking	PV-panelen (1 stuk)

Financiële impact

Om de financiële impact van de circulaire uitwerking te bepalen in het onderzoek wordt er een begroting opgesteld van de nulmeting van de tussenwoning. In bijlage – D Nulmeting, hoofdstuk 4 is de kostenmatrix van de nulmeting toegevoegd. De netto directe bouwkosten van de tussenwoning bedragen €.....



2.1.2 Mate van circulariteit⁸

Meetinstrument

Het meetbaar maken van circulariteit⁸ wordt in het afstudeeronderzoek gedaan middels de CirculariteitsPrestatie Gebouw (CPG). Deze methode is te generen uit GPR Gebouw. GPR Gebouw is een meetinstrument voor duurzaamheidsprestaties gericht op vijf thema's; energie, milieu, gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde. De CPG is gericht op de circulaire aspecten uit GPR Gebouw. In het interview heeft W/E Adviseurs advies gegeven over het gebruik van de GPR, MPG en CPG en de ideologie hierachter. Zij zijn namelijk de maker van de software van deze meetinstrumenten.

Resultaat

Voor de huidige tussenwoning is een GPR Gebouw berekening gemaakt inclusief de MPG, MilieuPrestatie Gebouw. De berekening is toegevoegd in bijlage D – Nulmeting, paragraaf 3.2.

Uit het resultaat van de GPR Gebouw berekening is vervolgens de CPG-berekening gemaakt. Hierbij scoort de tussenwoning een 6,6 op een schaal van 1 op 10. De CPG-berekening is in bijlage D – Nulmeting, paragraaf 3.3 toegevoegd.

2.1.3 Conclusie

Wat is de mate van circulariteit⁸ van de huidige tussenwoning binnen 'DIT is wonen'?

Om de mate van circulariteit⁸ te bepalen dient de nulmeting van het onderzoek bepaald te worden. De nulmeting van de tussenwoning is bepaald aan de hand van de volgende aspecten; energieprestatie, materialisatie, duurzaamheidsprestatie en circulariteit⁸.

De mate van circulariteit⁸ van de tussenwoning wordt weergegeven middels de CPG. Het resultaat van de tussenwoning gemeten in de CPG is een 6,6 op een schaal van 1 op 10. De CPG is een meetinstrument dat nog niet volledig ontwikkeld is, doordat de waarde is gegenereerd uit GPR Gebouw. GPR Gebouw is een meetinstrument primair gericht op duurzaamheid en niet op basis van circulariteit⁸. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de CPG op dit moment nog niet heel nauwkeurig is en onderdelen als grondstofuitputting en demontabel bouwen nauwelijks worden mee gewogen.



2.2 Inrichting tussenwoning

Deelvraag 1b

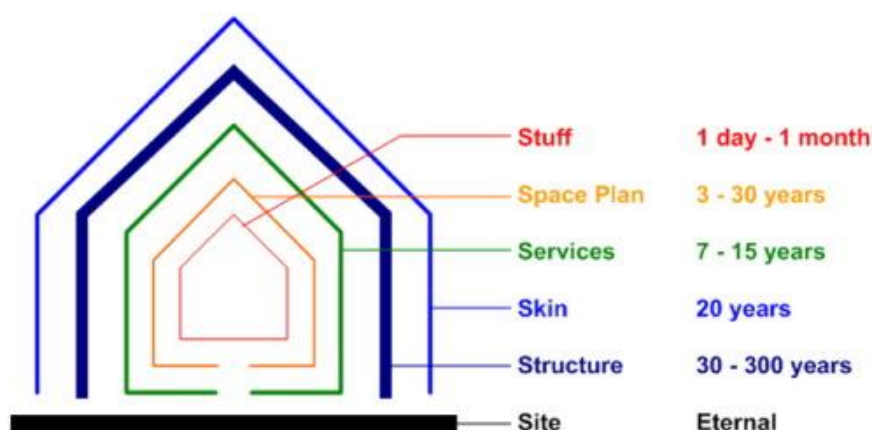
“Op welke wijze kan de huidige tussenwoning worden ingericht, zodat de circulaire mogelijkheden onderzocht kunnen worden?”

In deze deelvraag wordt er onderzocht op welke wijze de tussenwoning kan worden ingericht, zodat de circulaire mogelijkheden op een eenvoudige wijze onderzocht kunnen worden. De toepassing van de gekozen methodiek zal op de tussenwoning worden toegepast.

2.2.1 Methodiek

Om het ontwerp van de tussenwoning te analyseren op het gebied van circulariteit⁸ wordt door Platform CB'23 - Actieteam 'Framework Circulair Bouwen' (2019) het 6S-model van Stewart Brand aanbevolen, ook wel Layer-model¹². CB'23 is een actieplatform dat bouwsector-brede afspraken over circulair bouwen⁵ concreet wil maken voor 2023. Hierin worden actiepunten uit de 'Transitieagenda Bouw²' behandeld (CB'23, z.d.-a).

Binnen het onderzoek wordt er gebruik gemaakt van het Layer-model¹² van Stewart Brand (in Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018). In het Layer-model¹² wordt een gebouw opgedeeld in gebouwonderdelen, verdeeld in zes lagen (zie figuur 2.3). Hierdoor wordt een gebouw niet beschouwd als één object, maar als een verzameling van lagen. In een lagenstructuur dient een laag uitwisselbaar te zijn, zonder een andere laag te beschadigen. Binnen het Layer-model¹² wordt er gebruik gemaakt van een levensduurbenadering per gebouwonderdeel. Hierin is de vervangingsfrequentie van het gebouwonderdeel afhankelijk van de technische⁹ of economische levensduur¹⁰.



Figuur 2.3: Layer- model van Stewart Brand (in Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018)



2.2.2 Lagenstructuur

Levensduurbenadering

In het onderzoek is er onderscheidt gemaakt tussen de technische⁹ levensduur en de economische levensduur¹⁰. De economische en technische⁹ levensduur per gebouwonderdeel wordt in bijlage D – Nulmeting, paragraaf 2.2 nader toegelicht. In sommige gevallen is de vervangingsfrequentie sterk afhankelijk van de economische levensduur¹⁰. Dit zijn de gebouwonderdelen in de laag ‘Stuff’. Ook een groot deel van de gebouwonderdelen in ‘Space Plan’ en ‘Services’ zijn afhankelijk van de economische levensduur¹⁰. De overweging tussen de technische⁹ of economische levensduur¹⁰ is besproken met W/E Adviseurs tijdens het interview. Hierin is aangegeven dat de levensduur van een product een belangrijk aspect is. Echter is het lastig om de levensduur te voorspellen en kan de levensduur het beste worden bepaald vanuit de praktijkervaring. Het volledige interview is uitgewerkt in bijlage I – Communicatie, hoofdstuk 5. De overige gebouwonderdelen zijn afhankelijk van de technische levensduur⁹. Deze gebouwonderdelen wordt in de meeste gevallen alleen tijdens de sloopfase uit een woning gehaald.

Tussenwoning

Aan de hand van de gebouwonderdelen in tabel 2.1 is de woning opgedeeld volgens de structuur van het Layer-model¹² van Stewart Brand (in Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018). Hierbij is de technische⁹ of economische levensduur¹⁰ meegenomen. De resultaten van het onderzoek zijn verwerkt in tabel 2.2.



Tabel 2.2: Tussenwoning 'DIT is wonen' opgedeeld volgens Layer-model¹² van Stewart Brand (in Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018)

Lagenstructuur	Gebouwoonderdeel	Product / materiaal	Technische levensduur	Economische levensduur
Stuff	Keuken	Keuken		19 jaar
	Keuken	Keukenapparatuur		8 jaar
	Badkamer	Badkamer meubels		15 jaar
	Sanitair	Garnituur		10 jaar
	Toilet	Toilet meubels		20 jaar
	Tegelwerk	Badkamer, toilet en keuken		10 jaar
	Interieur	Meubels		8 - 20 jaar
Space plan	Dekvloer	Cementdekvloer	30 jaar	10 jaar
	Trappen	Houten trap	50 jaar	
	Binnenwanden	Gipsblokken	60 jaar	10 jaar
	Binnenkozijnen/deuren	Staal + houten deur	75 jaar	10 jaar
Services	Opwekking/ warmtapwater	Lucht/water warmtepomp	15 jaar	10 jaar
	Opwekking/ warmtapwater	Buitenunit warmtepomp	15 jaar	10 jaar
	Verwarming	Vloerverwarming	50 jaar	
	Ventilatie	Afzuigventilatie unit	10-15 jaar	
	Ventilatie	Ventilatietype C	30 jaar	
	Energieopwekking	Omvormer PV-panelen	10-15 jaar	
	Energieopwekking	PV-panelen (1)	25 jaar	
	Elektra	Leidingwerk elektra	50 jaar	
	Binnenriolering	Vuilwater- en schoonwater riolering	50 jaar	
	Waterinstallaties	Toevoerleiding koud water	50 jaar	
	Waterinstallaties	Toevoerleiding warmtapwater	50 jaar	
	Meterkast	Groepenkast	50 jaar	
	NUTS-voorzieningen	Doorvoerbochten	50 jaar	
	Hemelwaterafvoer	PVC hemelwaterafvoer	20 jaar	
	Dakgoot	Zinken dakgoot	25 jaar	
Skin	Gevelisolatie	Harde isolatie	75 jaar	
	Gevelbekleding	Gemetseld baksteen	100 jaar	
	Metselwerkondersteuning	Stalen hoeklijn	50 jaar	
	Buitenkozijnen	Houten kozijn HR++ glas	50 jaar	
	Waterslag	Aluminium waterslag	40 jaar	
	Vensterbank	Marmer composiet	100 jaar	
	Kozijnbevestigingen	Stalen hoekanker	50 jaar	
	Dakafwerking	Dakpannen	75 jaar	
	Vogelschroot	Kunststof	20 jaar	
Structure	Paal	Prefab betonpalen	100 jaar	
	Fundering	In het werk gestorte fundering	100 jaar	
	Begane grondvloer	Ribcassettevloer	100 jaar	
	Dragende binnenwanden	Prefab betonwanden	100 jaar	
	Eerste verdiepingvloer	Kanaalplaatvloer	100 jaar	
	Tweede verdiepingvloer	Kanaalplaatvloer	100 jaar	
	Dakconstructie	Schamierkap hout	75 jaar	
	Dakconstructie	Knieschot	75 jaar	
Site				
	Grond	Bouwgrond	oneindig	



2.2.3 Conclusie

Op welke wijze kan de huidige tussenwoning worden ingericht, zodat de circulaire mogelijkheden onderzocht kunnen worden?

Om de tussenwoning te analyseren op het gebied van circulariteit⁸ is er een methodiek benodigd om de huidige samenstelling te analyseren. Platform CB'23 - Actieteam 'Framework Circulair Bouwen' (2019) beveelt aan om dit met het 6S-model (Layer-model¹²) van Stewart Brand (Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018) te doen. Uit onderzoek is gebleken dat het Layer-model¹² de enige methodiek is waarin een gebouw opgedeeld wordt.

In de huidige bouwmethodiek wordt het gebouw gezien als één object, bijna alle gebouwonderdelen zijn permanent aan elkaar verbonden. Het Layer-model¹² geeft andere inzichten in een gebouw, het model toont aan dat het gebouw gezien kan worden als een verzameling van een zestal lagen. Deze lagen dienen onafhankelijk van elkaar losgekoppeld te kunnen worden.

Het resultaat van de tussenwoning wanneer deze wordt opgedeeld volgens de structuur van het Layer-model¹² biedt nieuwe inzichten. In tabel 2.2 kunnen de verschillende gebouwonderdelen per laag worden afgelezen, hierdoor wordt de opbouw van de tussenwoning direct duidelijk. Door de technische⁹ en economische levensduur¹⁰ per gebouwdeel te inventariseren kan er geconcludeerd worden dat er variatie is in de levensduur van gebouwonderdelen. Een laag met een korte levensduur gaat minder lang mee dan een laag met een lange levensduur, waardoor de laag met een lange levensduur beschadigd raakt wanneer de laag met een korte levensduur gesloopt of gerepareerd dient te worden.

Door dit nieuwe inzicht kan er geconcludeerd worden dat er knelpunten ontstaan tussen de verschillende lagen, deze dienen opgelost te worden.





3

Ambitieniveau

In dit hoofdstuk worden de knelpunten in de tussenwoning geanalyseerd aan de hand van principe detailleringen. Hierdoor worden de problemen van de huidige bouwmethodiek inzichtelijk gemaakt. Vervolgens wordt er een circulair ambitieniveau bepaald. Er zal een individuele ambitie worden gesteld aan de gebouwonderdelen en een ambitie aan de gehele woning.

3.1 Knelpunten

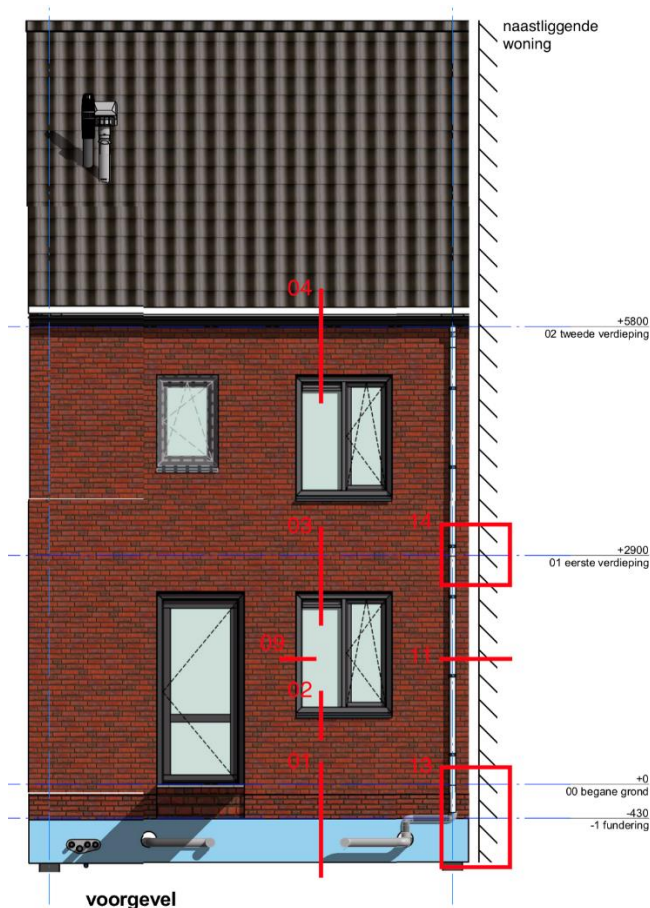
Deelvraag 2a

“Waar ontstaan de bouwtechnische¹⁴ knelpunten in de tussenwoning wanneer deze wordt opgedeeld volgens de structuur van het Layer-model¹²?”

Het onderzoeken van de knelpunten in de tussenwoning wordt gedaan middels een geselecteerd aantal principe detailleringen. In deze deelvraag wordt de lagenstructuur gevisualiseerd in de principe detailleringen. Daarna kunnen knelpunten geïnventariseerd worden welke ontstaan in de huidige bouwmethodiek.

3.1.1 Geselecteerde detailleringen

Binnen het onderzoek worden er acht principe detailleringen uitgewerkt. Deze principe detailleringen vormen samen de basis van de tussenwoning. In figuur 3.1 zijn de geselecteerde principe detailleringen aangegeven in de gevel.



Figuur 3.1: Geselecteerde principe detailleringen in de voor- en achtergevel

3.1.2 Knelpunten in detailleringen

Aan de hand van de lagenstructuur kunnen er drie soorten knelpunten ontstaan in de principe detailleringen. De knelpunten zijn opgedeeld in de volgende categorieën:

- A Knelpunt binnen een Layer
- B Knelpunt tussen twee Layers
- C Knelpunt in een Layer met een andere Layer

Binnen de principe detailleringen worden de knelpunten aan de hand van de categorieën weer-gegeven. Tevens is de levensduur per gebouwonderdeel aangegeven. Een overzicht van de knelpunten per principe detail is in bijlage E – Ambitieniveau, paragraaf 1.3 nader toegelicht. Om inzicht te geven in de lagenstructuur en de knelpunten wordt detail 03 binnen het onderzoek toegelicht.

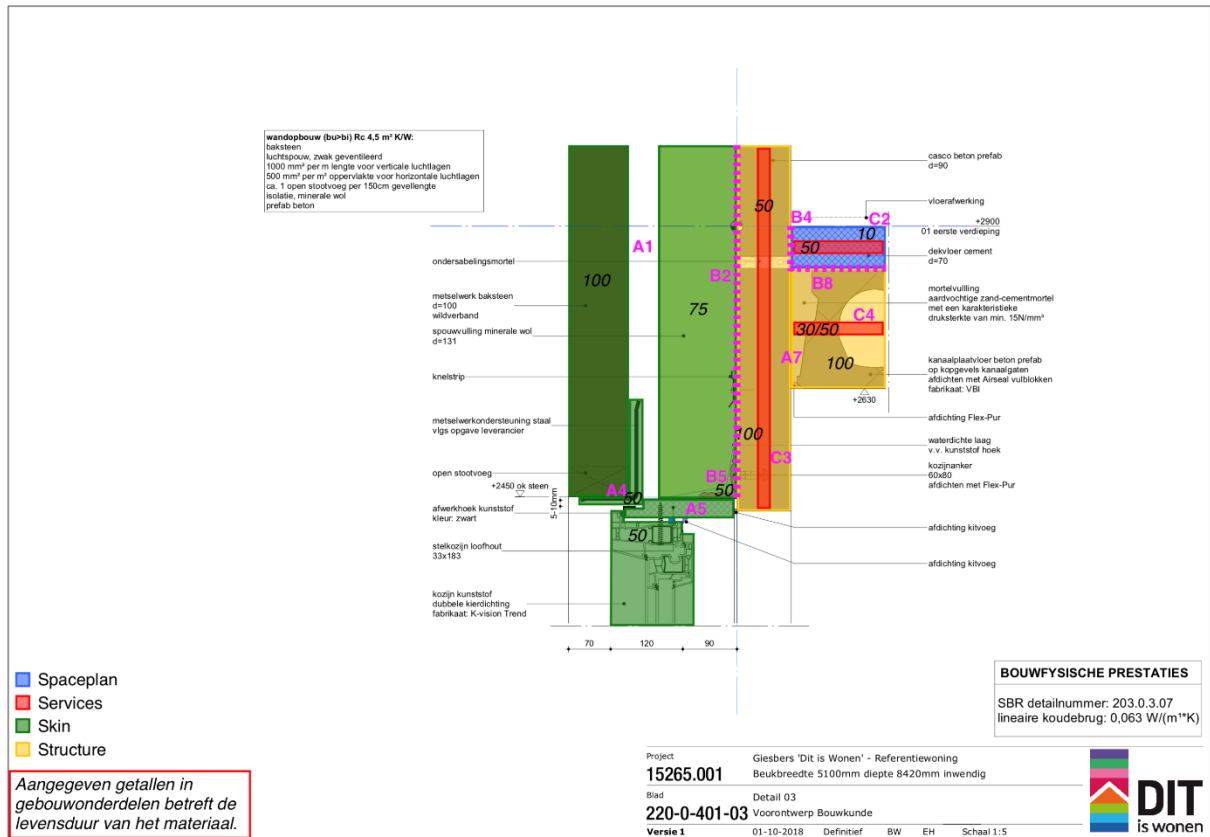


Detail 03

In tabel 3.1 zijn de knelpunten aangeven welke voorkomen in detail 03 in figuur 3.2.

Tabel 3.1: Inventarisatie en toelichting knelpunten in detail 03

Knelpunt	Gebouwonderdelen	Toelichting
A1	Metselwerk – Isolatie	De levensduur van de isolatie is minder lang dan van het metselwerk.
A4	Metselwerkondersteuning - Metselwerk	De latei (metselwerkondersteuning) heeft een kortere levensduur dan het metselwerk.
A5	Kozijn - Kozijnanker	Het kozijn met stelkozijn is bevestigd aan het kozijnanker.
A7	Kanaalplaatvloer - Betonwand	De kanaalplaatvloer en betonwand zitten aan elkaar met specie
B2	Isolatie – Betonwand	De isolatie is met spouwankers aan de betonwand bevestigd.
B4	Cementdekvloer – Betonwand	De cementdekvloer is tegen de betonwand aangestort.
B5	Kozijnanker – Betonwand	Het kozijnanker is bevestigd aan de betonwand middels een ingestorte voorziening.
B8	Kanaalplaatvloer - Cementdekvloer	De cementdekvloer is op de kanaalplaatvloer gestort.
C2	Cementdekvloer – Vloerverwarming	De vloerverwarming is in de cementdekvloer gestort.
C3	Betonwand – Leidingwerk W en/of E	Het leidingwerk is in de prefab betonwand gestort.
C4	Kanaalplaatvloer – Leidingwerk W	Het leidingwerk is verwerkt in de kanaalplaatvloer.



Figuur 3.2: Knelpunten en lagenstructuur gevisualiseerd in detail 03

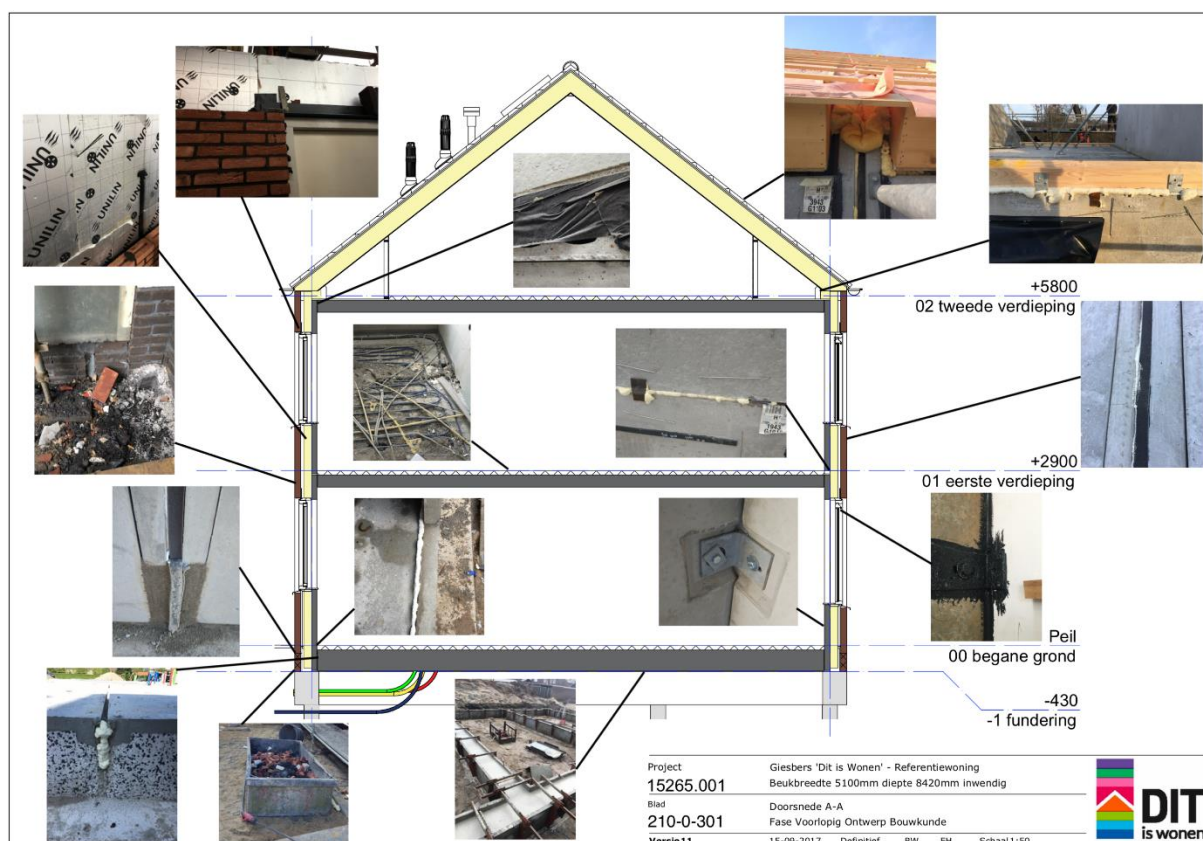
3.1.3 Conclusie

Waar ontstaan de bouwtechnische¹⁴ knelpunten in de tussenwoning wanneer deze wordt opgedeeld volgens de structuur van het Layer-model¹²?

Het onderzoek hanteert drie categorieën knelpunten. Uit onderzoek blijkt dat categorie A de minst kritische knelpunten heeft en categorie C de meest kritische.

A	Knelpunt binnen een Layer	= minst kritisch
B	Knelpunt tussen twee Layers	= middel kritisch
C	Knelpunt in een Layer met een andere Layer	= meest kritisch

De knelpunten in de huidige tussenwoning zijn vertaald in figuur 3.3. In deze doorsnede zijn de knelpunten in de huidige tussenwoning inzichtelijk gemaakt middels foto's tijdens de bouw-fase.



Figuur 3.3: 'DIT is wonen' huidige tussenwoning

In tabel 3.2 zijn alle knelpunten per categorie samengevat. Binnen het afstudeeronderzoek dienen deze knelpunten opgelost te worden. De knelpunten zijn in bijlage E – Ambitieniveau, paragraaf 1.3 per principe detail aangegeven.

Tabel 3.2: Overzicht van geïnventariseerde knelpunten

Categorie	Knelpunt	Gebouwonderdelen
A	A1	Metselwerk – Isolatie
	A2	Funderingsbalk - Betonwand
	A3	Ribcassettevloer – Betonwand
	A4	Metselwerkondersteuning - Metselwerk
	A5	Kozijn - Kozijnanker
	A6	Kozijn - Vensterbank
	A7	Kanaalplaatvloer - Betonwand
	A8	Kanaalplaatvloer – Muurplaat
	A9	Muurplaat – Scharnierkap
	A10	Betonwand – Betonwand



	A11	Funderingsbalk - Ribcassettevloer
B	B1	Funderingsbalk - Metselwerk
	B2	Isolatie – Betonwand
	B3	Ribcassettevloer – Cementdekvloer
	B4	Cementdekvloer – Betonwand
	B5	Kozijnanker – Betonwand
	B6	Betonwand - Vensterbank
	B7	Scharnierkap – Tengels
	B8	Kanaalplaatvloer - Cementdekvloer
C	C1	Ribcassettevloer – Leidingwerk W
	C2	Cementdekvloer – Vloerverwarming
	C3	Betonwand – Leidingwerk W en/of E
	C4	Kanaalplaatvloer – Leidingwerk W

Aan de hand van de geselecteerde principe detailleringen zijn de gebouwonderdelen geselecteerd welke zijn uitgewerkt in de bijlage F - Uitwerking. Aan de hand van de geselecteerde principe detailleringen en gebouwonderdelen kan een ambitieniveau worden gesteld.



3.2 Ambitie

Deelvraag 2b

“Welk circulair ambitieniveau wordt er gesteld aan de tussenwoning?”

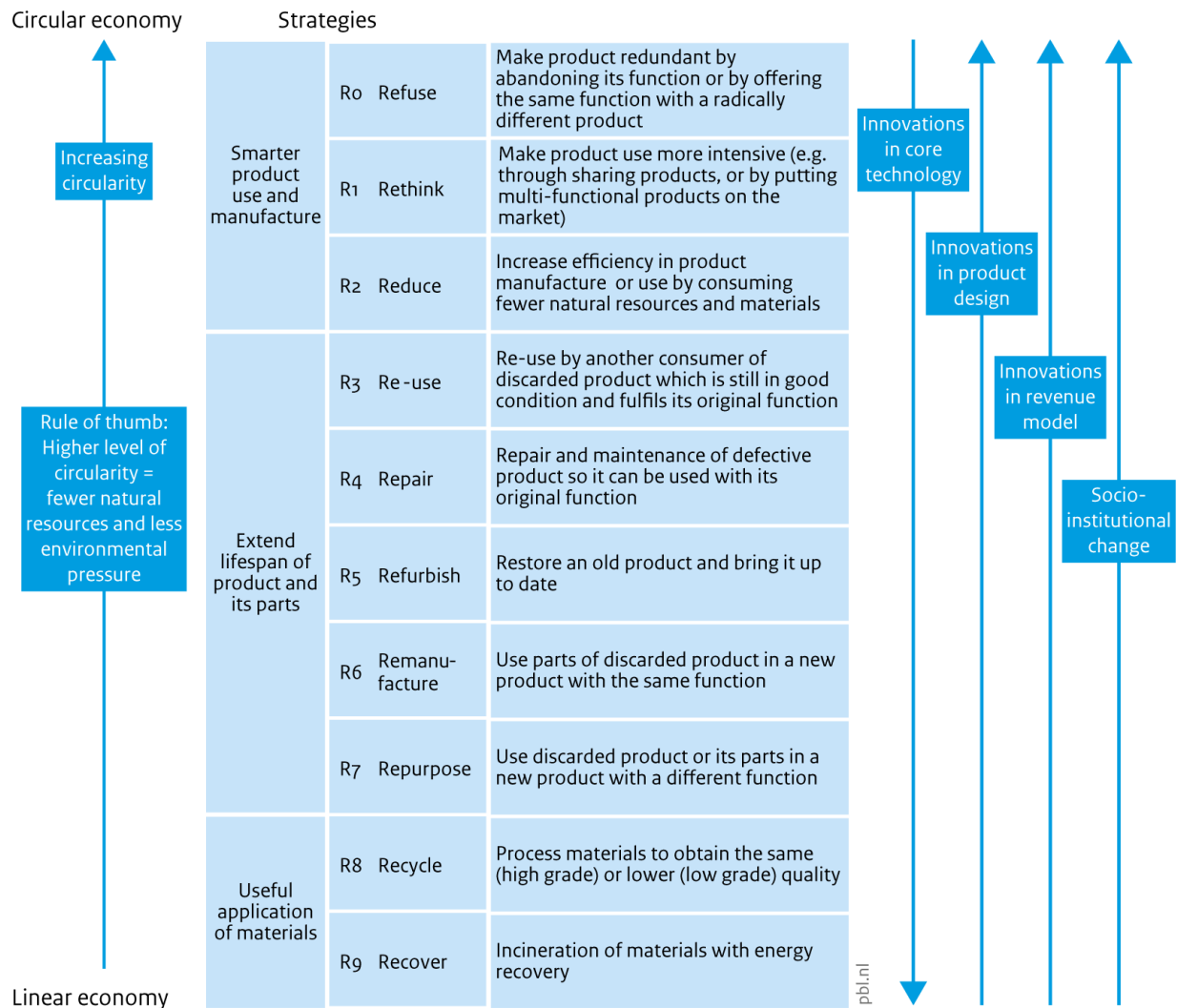
Om deze deelvraag te beantwoorden wordt er een ambitieniveau bepaald per gebouwonderdeel. Daarnaast wordt er een ambitie bepaald voor de gehele tussenwoning middels de CPG.

3.2.1 Ambitie per gebouwonderdeel

Methode

In deelvraag 1b is de tussenwoning opgedeeld volgens het Layer-model¹² van Stewart Brand. Hierbij wordt er gekeken naar het toepassen van materialen in het gebouw en het verlengen van de levensduur. Om een ambitieniveau te bepalen per gebouwonderdeel is het 10-R-model van Cramer (2014) toegepast.

Het 10-R-model bestaat uit tien circulariteitsniveaus waarop een product getoetst kan worden. Het model bestaat uit drie delen: product slimmer gebruiken & maken, levensduur verlengen van product & onderdelen en nuttig toepassen van materialen (Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018). Hierbij wordt er gebruik gemaakt van het model van Potting, Hekkert, Worrell, & Hanemaaijer (2017) in figuur 3.4.



Figuur 3.4: Circulaire strategieën binnen de productieketen, in volgorde van prioriteit (Potting, Hekkert, Worrell, & Hanemaaijer, 2017, p. 5)

Ambitie

In de huidige situatie worden de materialen per gebouwonderdeel aan het einde van de levensduur volgens R9 of R8 verwerkt, het laagste niveau op de 10-R-ladder. In bijlage E – Ambitieniveau, paragraaf 2.2 is de huidige situatie nader toegelicht.

Vervolgens is er een ambitie gesteld per gebouwonderdeel middels het 10-R-model. Tabel 3.3 geeft het resultaat per gebouwonderdeel weer. Om aan het gestelde ambitieniveau te kunnen voldoen dient het ontwerp van de tussenwoning aangepast te worden. Binnen het nieuwe ontwerp dient elk gebouwonderdeel in de toekomst een langere levensduur te krijgen of slimmer te worden toegepast. Om het resultaat te behalen dient de tussenwoning aangepast te worden.



Tabel 3.3: Ambitie per gebouwonderdeel volgens het 10-R-model van Cramer (2014)

Lagenstructuur	Gebouwonderdeel	10-R ladder	Verwerking
Space Plan	Cementdekvloer	R0 Refuse	Vervangen voor een alternatief product
Services	Vloerverwarming	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Ventilatiesysteem van PVC	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Leidingwerk elektra	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Vuilwater en schoonwater riole-ring van PVC	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Toevoerleiding koud water	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Toevoerleiding warmtapwater	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
Skin	Zachte isolatie	R7 Repurpose	Nieuwe functie geven
	Gemetseld baksteen	R2 Reduce	Materiaalgebruik beperken
	Stalen hoeklijn	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Houten kozijn HR++ glas	R4 Repair	Hergebruiken van product
	Marmer composiet vensterbank	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Stalen hoekanker	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
Structure	Fundering in het werk gestort beton	R4 Repair	Onderhouden en opnieuw toepassen
	Geïsoleerde ribcas-settevloer	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Prefab betonwanden	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Kanaalplaatvloer 1 ^e	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Kanaalplaatvloer 2 ^e	R3 Re-use	Opnieuw toepassen
	Scharnierkap hout	R3 Re-use	Opnieuw toepassen



3.2.2 Ambitie tussenwoning

Het ambitieniveau van de tussenwoning is bepaald middels de CPG. Hierbij scoort de huidige tussenwoning een 6,6 op een schaal van 1 op 10 in de CPG. Om hoger te scoren in de CPG dient de tussenwoning aangepast te worden. Het onderzoek richt zich op de circulaire mogelijkheden binnen de geselecteerde gebouwonderdelen. Hierdoor kan maar een deel van de subcategorieën in de CPG worden behandeld binnen het onderzoek. Het deel wat kan worden aangepast in de CPG is 58,1%. De overige 41,9% wordt niet behandeld in het onderzoek. Voor het gedeelte dat aangepast kan worden wordt een zo hoog mogelijk ambitie gesteld. Dit resulteert in een ambitieniveau van 8,5 op een schaal van 1 op 10. In bijlage E – Ambitieniveau, paragraaf 2.4 is het ambitieniveau van de tussenwoning uitgewerkt.

3.2.3 Conclusie

Welk circulair ambitieniveau wordt er gesteld aan de tussenwoning?

In de huidige situatie van de tussenwoning zijn de materialen per gebouwonderdeel na einde technische⁹ levensduur weinig/tot niets meer waard. De meeste gebouwonderdelen zitten aan elkaar vast en hebben een gevarieerde levensduur. De gebouwonderdelen worden vaak al eerder dan einde technische levensduur⁹ gesloopt. Hieruit kan geconcludeerd worden dat in een lineaire economie¹³ de meeste materialen na eenmalig gebruik worden gerecycled tot een nieuw product.

In een nieuwe denkwijze waarin een gebouw wordt gezien als depot, zullen gebouwonderdelen een grotere waarde behouden. Dit kan ervoor zorgen dat gebouwonderdelen worden gebruikt tot einde technische levensduur⁹ (langer dan de economische levensduur¹⁰). Door het creëren van een demontabele woning kunnen gebouwonderdelen na einde levensduur gedemonteerd worden. Uiteindelijk kan de levensduur van het gebouwonderdeel worden verlengd.

Dit resulteert in een opgesteld ambitieniveau per geselecteerd gebouwonderdeel (tabel 3.3). Hieruit kan worden gesteld dat de tussenwoning met haar huidige bouwmethodiek meer uit gebouwonderdelen kan halen dan in de huidige situatie wordt gedaan. In de huidige situatie worden deze onderdelen gesloopt en vervolgens gerecycled of zelfs verbrand. Aan de hand van deze ambitie zal de levensduur van de totale woning verlengd kunnen worden. Waarbij gebouwonderdelen uit de woning worden gehaald, wanneer de technische levensduur⁹ verlopen is.



Door de gebouwonderdelen van elkaar te scheiden hoeven er geen extra gebouwonderdelen gesloopt te worden. Dit betekent dat er direct slimmer gebruik wordt gemaakt van de gebouwonderdelen. Tevens is de huidige tussenwoning getoetst aan de hand van de CirculariteitsPrestatie Gebouw (CPG). Middels deze nulmeting is de maximaal haalbare score berekend (ambitieniveau). Dit resulteert in een ambitieniveau van gehele tussenwoning van een 8,5 op een schaal van 1 op 10.





4

Uitwerking

In de uitwerking worden de circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethodiek montagebouw onderzocht. De mogelijkheden zijn onderzocht middels een variantenstudie. Parallel aan deze studie zijn de vijf meest betrokken partners van Giesbers Ontwikkelen en Bouwen betrokken geweest. Met hen zijn gesprekken gevoerd over de circulaire mogelijkheden. Deze varianten zijn getoetst middels multi-criteriatabellen. Tot slot is de tussenwoning aan de hand van de eindresultaten circulair en bouwtechnisch¹⁴ uitgewerkt middels principe detailleringen.

4.1 Circulaire mogelijkheden

Deelvraag 3

“Welke circulaire mogelijkheden kunnen er worden toegepast aan de hand van de opgestelde criteria per gebouwonderdeel?”

Het onderzoeken van de circulaire mogelijkheden van de tussenwoning wordt gedaan middels een variantenstudie. Aan de hand van de uitgangspunten en criteria worden de varianten per gebouwonderdeel getoetst. Tot slot worden de eindresultaten gepresenteerd middels bouwtechnische¹⁴ principe detailleringen.

4.1.1 Uitgangspunten

Voorafgaand aan de variantenstudie zijn de uitgangspunten bepaald waar de circulaire varianten aan moeten voldoen. Opgenomen in de uitgangspunten is de EPC-berekening, de materialisatie, GPR, het ambitieniveau per geselecteerd gebouwonderdeel en de ambitie van de gehele woning in de CPG. De uitgangspunten zijn in bijlage F – Uitwerking, hoofdstuk 3 nader toegelicht.



4.1.2 Variantenstudie

Aan de hand van de uitgangspunten zijn er varianten geselecteerd per gebouwonderdeel. De varianten zijn geselecteerd op de principes uit de bouwmethodiek montagebouw en de daarbij behorende materialisatie en losmaakbaarheid (demontabel). De voorwaarde bij de selectie op het gebied van materialisatie is dat de huidige materialisatie wordt gehandhaafd of is er gezocht naar een gelijkwaardige variant voor het betreffende gebouwonderdeel. Bij de selectie op basis van losmaakbaarheid is er gekeken of het gebouwonderdeel middels droge verbindingen toegepast kan worden. De variantenstudie is uitgewerkt in bijlage F – Uitwerking, hoofdstuk 4.

4.1.3 Criteria

De varianten per gebouwonderdeel zijn getoetst aan criteria. Ieder gebouwonderdeel met de daarbij behorende varianten zijn vergeleken en getoetst aan de hand van een multi-criteria-tabel. In onderstaande tabel, tabel 4.1, worden de categorieën en criteria weergegeven.

Tabel 4.1: Toetsingscriteria varianten

Categorie	Criteria
Economisch	Kosten (€/m ² BVO)
Circulair- Demontabel	Bouwfase (mate van losmaakbaarheid)
	Gebruiksfase (mate van losmaakbaarheid)
	Sloopfase (mate van losmaakbaarheid)
Hergebruik materiaal	Gerecycled materiaal (%)
Ambitie	10-R-model van Cramer (mate van circulariteit ⁸)
Milieubelasting	Schaduwkosten (€/m ²)
Levensduur- materiaalbesparing	Gebouwonderdeel (effect)
	Woning (effect)
Organisatie - Giesbers	Engineersfase (proces)
	Uitvoeringsfase (proces)

In deze multi-criteriatabel worden de varianten vergeleken aan de hand van een --/0/+++ beoordeling. Per gebouwonderdeel wordt de weging van de verschillende criteria bepaald en toegelicht in bijlage F – Uitwerking, hoofdstuk 15. De varianten zijn getoetst aan de criteria en er is een definitieve keuze gemaakt per gebouwonderdeel. Deze toetsingen zijn uitgevoerd in



bijlage F – Uitwerking, hoofdstuk 6. In onderstaande tabel, tabel 4.2, worden de definitieve keuzes per gebouwonderdeel weergegeven.

Tabel 4.2: Totaaloverzicht definitieve keuzes varianten per gebouwonderdeel

Gebouwonderdeel	Keuze
6.2 Space Plan	
Dekvloer	Fermacell (2)
6.3 Services	
Elektra	Flexcasco
Waterinstallaties	Opbouw 2
Ventilatie	Ubbink
6.4 Skin	
Gevelisolatie	Biofoam® Gespoten
Gevelbekleding	Facadeclick
Buitenkozijnen	VinEasyfit®
Vensterbank	Eigen variant 1 (met mortel)
6.5 Structure	
Fundering	Ijb Groep
Begane grondvloer	Geïsoleerde kanaalplaatvloer
Eerste verdiepingvloer	KanaalBreedPlaat
Tweede verdiepingvloer	KanaalBreedPlaat
Dragende binnenwanden (horizontaal)	Buitenverbinding
Dragende binnenwanden (vloer-wand)	DEMU-anker
Dakconstructie	Circulaire scharnierkap
6.6 Luchtdichting	
Begane grondvloer - betonwand	Celdex Pre-Seal Soft
Naden tussen betonwanden	Celdex Pre-Seal Soft
Kozijn – betonwand	Celdex Pre-Seal Soft
Muurplaat - verdiepingvloer	Mavotrans



4.1.4 Resultaat

Aan de hand van de definitieve keuzes per gebouwonderdeel en de uitgangspunten zijn er negen (inclusief detail 12 – knieschot ter verduidelijking van de uitwerking) principe detailleringen opgesteld. Deze negen principe detailleringen vormen samen de basis van de tussenwoning. In figuur 3.1 zijn de principe detailleringen aangegeven in de gevel. De definitieve varianten zijn in de negen principe detailleringen bouwtechnisch¹⁴ uitgewerkt, zie bijlage F – Uitwerking, hoofdstuk 7.

Om inzicht te geven in de bouwtechnische¹⁴ aanpassingen per detail wordt detail 03 binnen dit onderzoek toegelicht.

Detail 03

Hieronder wordt omschreven welke bouwtechnische¹⁴ aanpassingen zijn verwerkt in detail 03 in figuur 4.1.

Op de verdiepingsvloeren wordt het toepassen van dekvloeren voorkomen door te kiezen voor een KanaalBreedPlaat-vloer. In een intern overleg bij Giesbers Ontwikkelen en Bouwen is besloten om geen vloerverwarming toe te passen op de verdiepingsvloeren. De verdiepingen kunnen dan worden verwarmd middels LTV-convectoren. In deze vloer kan al het leidingwerk (elektra en cv-leidingen) uit de oorspronkelijke cementdekvloer verwerkt worden. Tevens kan het leidingwerk van het ventilatiesysteem en de binnenriolering verwerkt worden in de holle ruimte van de vloer. Hierdoor zijn de installaties in de vloer losmaakbaar.

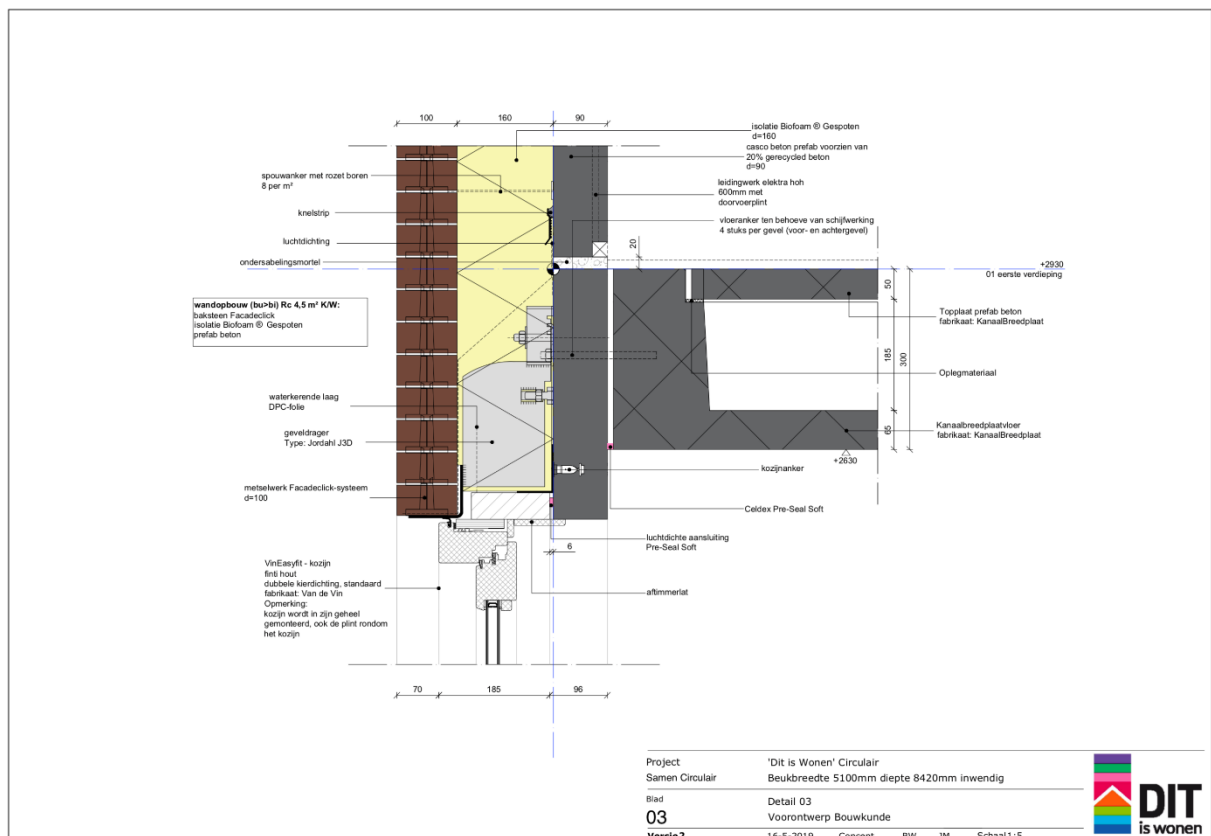
Het leidingwerk van de elektra wordt in de oorspronkelijke situatie op wens van de gebruiker in de betonwanden gestort en in de cementdekvloer gesmeerd. In de nieuwe situatie worden de wanden voorzien van een standaard PVC leidingtracé en een doorvoerplint. Hierdoor kan de gebruiker naar wens een eigen elektra punt aanboren en deze voorzien van bedrading. De betonwanden zijn voorzien van 20% betongranulaat.

Door het toepassen van een demontabel metselwerksysteem van Facadeclick in combinatie met de Biofoam® gespoten isolatie en geveldragers wordt de gevel demontabel. De gebouwonderdelen worden op deze manier losmaakbaar, hierdoor zijn ze herbruikbaar en kunnen ze langer mee gaan.



De oorspronkelijke kozijnen worden vervangen door VinEasyfit kozijnen van Van de Vin. Deze kozijnen worden gemonteerd zoals een houten kozijn, maar kunnen in de gebruiksfase eenvoudig gedemonteerd worden. Hierdoor kunnen de kozijnen indien nodig eenvoudig vervangen worden. Door het toepassen van een demontabele luchtdichting, zoals een compriband kunnen de kozijnen in de sloopfase van de woning eenvoudig worden gedemonteerd en worden hergebruikt.

In de huidige situatie worden de betonwanden aan de binnenzijde permanent aan elkaar vastgekoppeld door de verbindingen te storten. In de nieuwe situatie worden de betonwanden aan elkaar gemonteerd vanaf de buitenzijde. Hierdoor is er geen afwerking nodig aan de binnenzijde van de woning en zijn de wanden demontabel. Tevens kan een anker aan gebracht worden ten behoeve van de schijfwerking. Dit anker kan bevestigd worden door een uitsparing in de wand en een ingestort DEMU-anker in de vloer.



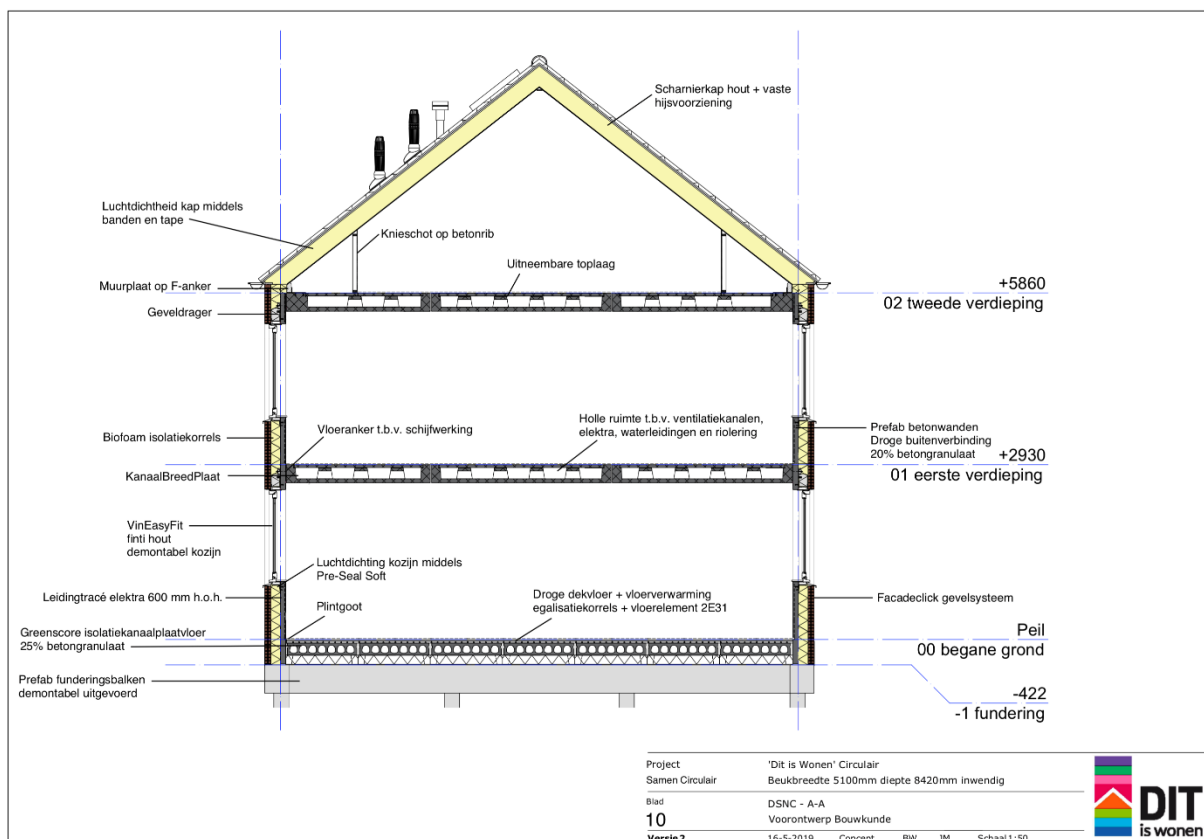
Figuur 4.1: Detail 03 – Verdiepingsvloer van de circulaire tussenwoning 'DIT is wonen'



4.1.4 Conclusie

Welke circulaire mogelijkheden kunnen er worden toegepast aan de hand van de opgestelde criteria per gebouwonderdeel?

Aan de hand van de uitgangspunten, variantenstudie en criteria zijn er definitieve keuzes gemaakt per gebouwonderdeel. Middels deze keuzes zijn er negen principe detailleringen opgesteld. Door deze bouwtechnische¹⁴ aanpassingen te verwerken in de principe detailleringen van de tussenwoning ontstaat er een circulaire tussenwoning. De woning is demontabel en flexibel aanpasbaar. De gebouwonderdelen worden in de bouwfase demontabel en droog gemonteerd, zodat deze in de gebruiks- en sloopfase gedemonteerd kunnen worden. De levensduur van de gebouwonderdelen wordt verlengd. Hierdoor kunnen de gebouwonderdelen aangepast worden zonder een ander gebouwonderdeel te beschadigen. Ook kunnen de gebouwonderdelen in de toekomst hergebruikt worden. Er kan gesteld worden dat deze bouwtechnische¹⁴ aanpassingen ervoor zorgen dat de toekomstwaarde van de woning stijgt. Middels deze principe detailleringen en de definitieve keuzes per gebouwonderdeel wordt er antwoord gegeven op de deelvraag. De circulaire tussenwoning is hieronder in figuur 4.2 uitgewerkt middels een doorsnede. In deze doorsnede wordt de nieuwe tussenwoning in een opslag getoond.



Figuur 4.2: Doorsnede van de 'DIT is wonen' circulaire tussenwoning



4.2 Mogelijkheden partners

Deelvraag 4

“Welke mogelijkheden zijn er op het gebied van circulariteit⁸ bij de meest betrokken partners van ‘DIT is wonen’?”

De mogelijkheden op gebied van circulariteit⁸ bij de partners van ‘DIT is wonen’ zijn onderzocht door interviews te houden. Eerst is er gekeken welke partners van ‘DIT is wonen’ het meest betrokken zijn op het gebied van circulariteit⁸. Daarna worden de resultaten gepresenteerd welke voortkomen uit de gesprekken met de vijf meest betrokken partners op het gebied van circulariteit⁸. In deze gesprekken zijn de circulaire mogelijkheden binnen de verschillende gebouwonderdelen besproken. De gesprekken zijn verwerkt in bijlage F – Uitwerking, hoofdstuk 9 tot en met 13. Tot slot wordt er aangegeven welke mogelijkheden er toegepast zijn binnen het onderzoek.

4.2.1 Geselecteerde partners

De meest betrokken partners van ‘DIT is wonen’ zijn geselecteerd op basis van onderzoek. Dit onderzoek heeft zich gericht op de betrokkenheid van duurzaamheid en circulariteit⁸ van de partners. Dit onderzoek is gedaan in bijlage F – Uitwerking, hoofdstuk 2. De vijf meest betrokken partners zijn betrokken bij het onderzoek naar circulaire mogelijkheden. De vijf partijen zijn als volgt:

- Ordelman & Dijkman
- VBI
- Van de Vin
- Bouwkomeet
- LafargeHolcim

4.2.2 Ordelman & Dijkman

Bij Ordelman & Dijkman zijn de mogelijkheden op het gebied van circulariteit⁸ als volgt:

- De ventilatiekanalen en binnenriolering kunnen geplaatst worden in een verlaagd plafond. De kanalen en riolering kunnen ook verwerkt worden in een holle vloer.
- De elektra voorzieningen in de wand kunnen demontabel aangebracht worden door voorzetwanden te plaatsen tegen de betonwand. Ook kan er gekozen worden om een standaard leidingtracé mee te storten in de betonwand. Dit leidingtracé kan dan aangeboord worden wanneer een elektrapunt gewenst is.



- De waterinstallaties, vloerverwarming, cv-leidingen en elektra kunnen in een droge dekvloer worden gemonteerd.

Er kan geconcludeerd worden dat wanneer het leidingwerk op een demontabele manier wordt gemonteerd dat deze elementen eenvoudig uitneembaar zijn.

4.2.3 VBI

Bij VBI zijn de mogelijkheden op het gebied van circulariteit⁸ als volgt:

- Demontage vloer door sleuven ter plaatse van de plaatklem niet te storten, de gestorte naden breken af wanneer de vloer gedemonteerd wordt.
- Vloer niet voorzien van natte dekvloer of druklaag.
- Leidingsleuven vullen met gestabiliseerd brekerszand.
- Dekvloer realiseren met gestabiliseerd brekerszand.
- De mogelijkheid om de VBI Greenscore kanaalplaatvloer toe te passen met maximaal 50% betongranulaat.

4.2.4 Van de Vin

In het gesprek met Van de Vin is een circulair kozijndetail ontstaan. In dit gesprek zijn verschillende circulaire principes behandeld en verwerkt in het detail. Het circulaire kozijn heeft de volgende eigenschappen:

- Kan geproduceerd worden met gemodificeerde naaldhoutsoorten, zoals Accoya of Finti.
- Het kozijn is demontabel.
- Het glas kan eenvoudig worden vervangen.
- Het kozijn is toekomstbestendig. Er kan een grotere sponning worden gerealiseerd, waardoor in de toekomst drievoudig glas kan worden toegepast.

4.2.5 Bouwkomeet

Bij Bouwkomeet zijn de mogelijkheden op het gebied van circulariteit⁸ als volgt:

- Het is mogelijk om biobased isolatie toe te passen in de dakelementen, zoals Isovlas.
- De belangrijke constructieve verbindingen zijn demontabel, deze bestaan uit bout- en schroefverbindingen.
- De PUR-verbindingen ten behoeve van de luchtdichting en thermische isolatie vervangen voor luchtdichte tape en compressiebanden.



4.2.6 LafargeHolcim

Bij LafargeHolcim zijn de mogelijkheden op het gebied van circulariteit⁸ als volgt:

- De luchtdichting waarborgen door een compressieband in de fabriek te monteren aan de wand.
- Er is een detail beschikbaar gesteld waarin de prefab wanden demontabel vanaf de buitenzijde gemonteerd kunnen worden.
- Schijfwerking van het vloerveld en de wanden realiseren door de vloer middels een inklemverbinding aan de wand te koppelen.
- Een standaard leidingtracé van PVC ten behoeve van de elektra mee storten in de betonwand. Deze kunnen aangeboord worden wanneer er een elektrapunt gewenst is.
- Er kan maximaal 20% betongranulaat worden toegepast in de wanden.

4.2.7 Conclusie

Welke mogelijkheden zijn er op het gebied van circulariteit⁸ bij de meest betrokken partners van 'DIT is wonen'?

De circulaire mogelijkheden bij de partners van 'DIT is wonen' zijn onderzocht door in gesprek te gaan met de vijf meest betrokken partners op het gebied van circulariteit⁸. Dit heeft geresulteerd in een lijst met diverse mogelijkheden bij elke partner. Binnen dit onderzoek is gebruik gemaakt van de kennis van Ordeman & Dijkman door de leidingen en installaties op een droge manier te verwerken. Hierdoor blijven leidingen en installaties bereikbaar, aanpasbaar en vervangbaar. De kennis van VBI is ingezet om de begane grondvloer uit te voeren in een geïsoleerde kanaalplaatvloer, deze vloer kan demontabel uit de woning gehaald worden en hergebruikt worden. Met Van de Vin is er een circulair kozijn ontstaan, dit kozijn kan in de gebruiksfase eenvoudig vervangen en/of aangepast worden. In de sloopfase kan dit kozijn eenvoudig gedemonteerd en hergebruikt worden. Dit kozijn zal toegepast worden binnen het onderzoek. De scharnierkap van Bouwkomeet zal worden gehandhaafd, maar zal gemonteerd worden middels luchtdichtheidstape en compressiebanden, dit in plaats van lijm en PUR. De kennis van LafargeHolcim is ingezet om de wanden van een buitenverbinding te voorzien. Daarnaast wordt ten behoeve van de schijfwerking een anker toegepast. In de betonwanden wordt een standaard leidingtracé van PVC ten behoeve van de elektra meegenomen. Tevens wordt deze kennis ook gebruikt om de wanden te laten voldoen aan de luchtdichtheidseisen door een demontabele compressieband te gebruiken.





5

Bewustwording

In dit hoofdstuk wordt er ingegaan op de bewustwording van circulair bouwen⁵. In het eerste deel wordt de uitgewerkte circulaire tussenwoning getoetst aan de hand van het gestelde ambitieniveau. Het ambitieniveau per gebouwonderdeel wordt getoetst en er wordt gekeken of de knelpunten zijn opgelost. Ook zal het ambitieniveau van de gehele tussenwoning worden getoetst. Vervolgens wordt er gekeken welke acties er ondernomen worden om bewustwording te creëren bij Giesbers en haar samenwerkingspartners. Hiervoor zal de opgedane kennis worden overgebracht.

5.1 Circulaire prestatie tussenwoning

Deelvraag 5

“Wat is de mate van circulariteit⁸ van de tussenwoning als gevolg van de gemaakte keuzes binnen de circulaire mogelijkheden?”

In deze deelvraag wordt de uitgewerkte circulaire tussenwoning getoetst op gebouwonderdelen niveau en gebouwniveau. De gebouwonderdelen worden getoetst middels het 10-R-model en de tussenwoning aan de hand van een CPG-berekening.

5.1.1 10-R-model gebouwonderdelen

Het ambitieniveau per gebouwonderdeel is bepaald in tabel 3.3. Het resultaat van de circulaire tussenwoning wordt getoond in tabel 5.1. Hierbij is de woning getoetst aan het ambitieniveau. Vervolgens wordt er aangegeven waarom het ambitieniveau wel of niet is behaald.



Tabel 5.1: Gebouwonderdelen getoetst aan het gestelde ambitieniveau

Lagenstructuur	Gebouwonderdeel	Ambitie	Toetsing	Behaald (ja/nee)
Space Plan	Droge dekvloer met fermacell egalisatiekorrels en plaat	R0 Refuse	R0 Refuse	Ja, op de verdiepingsvloeren worden de dekvloeren voorkomen door het toepassen van convectoren. Op de begane grond is vloerverwarming gewenst.
Services	Vloerverwarming	R3 Re-use	R3 Re-use	Ja, de vloerverwarming ligt in een droog systeem en kan daardoor worden hergebruikt.
	Flexibel ventilatiesysteem	R3 Re-use	R4 Repair	Nee, de kanalen kunnen niet direct worden hergebruikt.
	Leidingwerk elektra	R3 Re-use	R8 Recycle	Nee, het leidingwerk van de elektra blijft gestort in de betonwand en daardoor kan het pvc-leidingwerktracé niet worden hergebruikt.
	Vuilwater en schoonwater riolering	R3 Re-use	R8 Recycle	Nee, het leidingwerk van water mag niet worden hergebruikt wegens gezondheidsrisico's.
	Toevoerleiding koud water	R3 Re-use	R8 Recycle	Nee, het leidingwerk van water mag niet worden hergebruikt wegens gezondheidsrisico's.
	Toevoerleiding warmtapwater	R3 Re-use	R8 Recycle	Nee, het leidingwerk van water mag niet worden hergebruikt wegens gezondheidsrisico's.



Skin	Gespoten isolatie	R7 Repurpose	R2 Reduce	Ja, door een demontabel biobased isolatiemateriaal toe te passen is er een hoger niveau behaald.
	Droog metselwerksysteem	R2 Reduce	R3 Re-use	Nee, er kan geen materiaal worden beperkt, wel is er een demontabel systeem.
	Geveldrager	R3 Re-use	R3 Re-use	Ja, de metselwerkondersteuning is demontabel uitgevoerd.
	Gemodificeerd houten kozijn HR++ glas	R4 Repair	R3 Re-use	Ja, de kozijnen zijn zo ontworpen dat ze demontabel en uitneembaar zijn.
	Marmer composiet vensterbank	R3 Re-use	R4 Repair	Nee, de vensterbank kan niet direct worden hergebruikt en dient eerst gereinigd te worden.
	Stalen hoekanker	R3 Re-use	R3 Re-use	Ja, de kozijnverbinding is demontabel en kan worden hergebruikt.
Structure	Prefab fundering	R4 Repair	R5 Refurbish	Nee, er dient meer aangepast te worden aan de fundering voordat deze kan worden hergebruikt.
	Geïsoleerde kanaalplaatvloer	R3 Re-use	R4 Repair	Nee, de vloer dient gerepareerd/schoongemaakt te worden voordat deze kan worden hergebruikt.



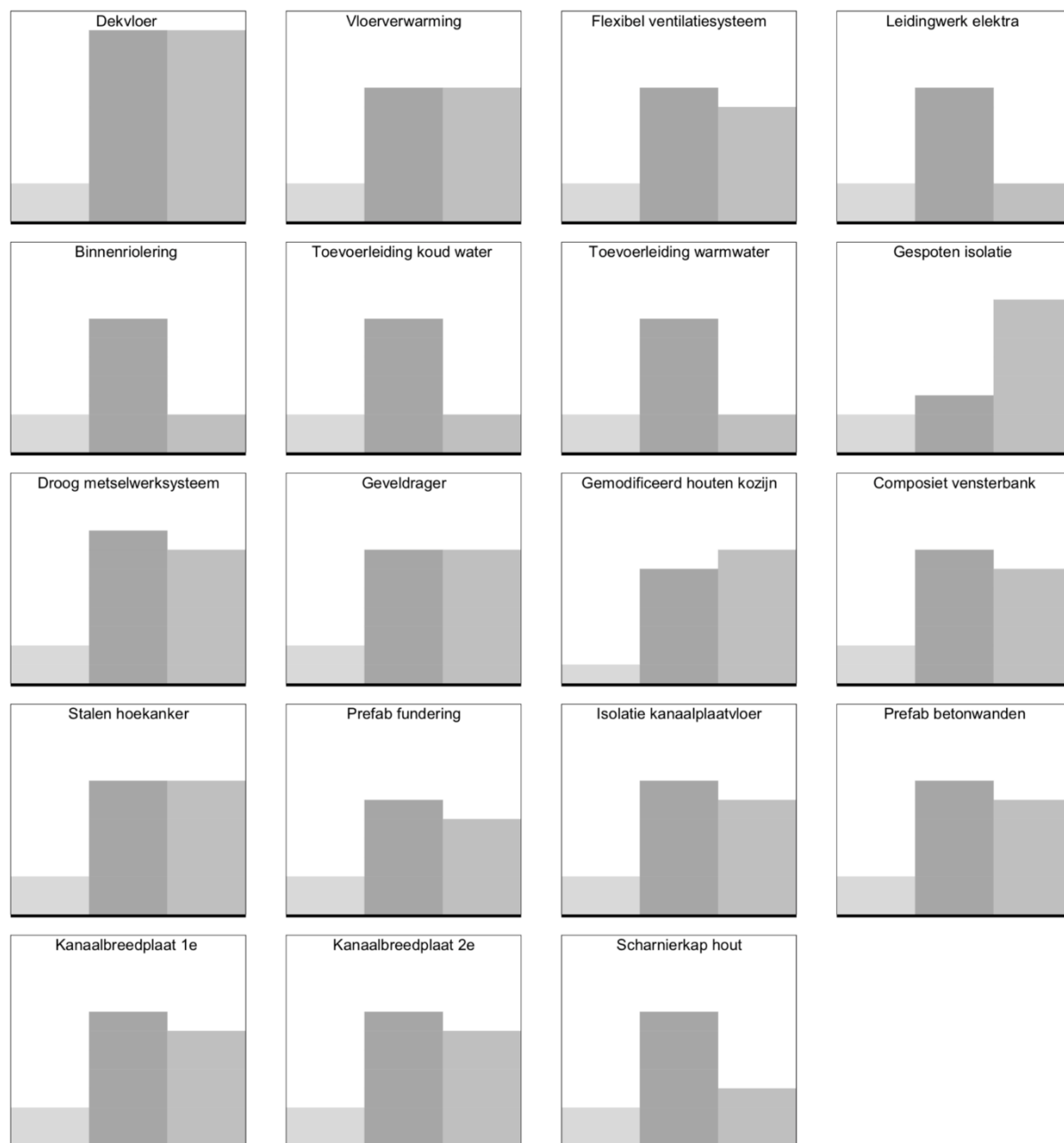
	Prefab betonwanden	R3 Re-use	R4 Repair	Nee, de wanden dienen schoongemaakt te worden voordat deze kan worden hergebruikt.
	Kanaalbreedplaat 1 ^e	R3 Re-use	R4 Repair	Nee, de vloer dient gerepareerd/schoongemaakt te worden voordat deze kan worden hergebruikt.
	Kanaalbreedplaat 2 ^e	R3 Re-use	R4 Repair	Nee, de vloer dient gerepareerd/schoongemaakt te worden voordat deze kan worden hergebruikt.
	Scharnierkap hout	R3 Re-use	R7 Repurpose	Nee, doordat de kap zo specifiek is gemaakt, zullen de onderdelen in de kap voor een andere functie kunnen worden hergebruikt en niet als een element.

De gegevens per gebouwonderdelen zijn in figuur 5.1 inzichtelijk gemaakt middels een grafiek per gebouwonderdeel. Hieruit blijkt dat 6 van de 19 gebouwonderdelen in de circulaire tussenwoning de gestelde ambitie heeft behaald. In deze grafiek is de nulmeting, de ambitie en het behaalde niveau aangegeven.



Legenda:

- Nulmeting
- Ambitieniveau
- Behaalde niveau



Figuur 5.1: Resultaten van het ambitieniveau per gebouwonderdeel



5.1.2 Opgeloste knelpunten

De knelpunten in de tussenwoning zijn inzichtelijk gemaakt in deelvraag 2a (tabel 3.2). In deze paragraaf wordt het resultaat van de circulaire tussenwoning getoond. In tabel 5.2 wordt aangetoond hoe het knelpunt in de woning is opgelost.

Tabel 5.2: Overzicht oplossing per knelpunt

Categorie	Knelpunt	Gebouwonderdelen	Behaald (ja/ nee)
A	A1	Metselwerk – Isolatie	Ja, het metselwerk wordt middels droogsysteem gemonteerd. Vervolgens wordt de isolatie in de spouw gespoten, deze plakt niet vast aan het metselwerk.
	A2	Funderingsbalk - Betonwand	Ja, de fundering wordt demontabel aan elkaar verbonden en de wand wordt middels specie op de fundering gesteld. Deze specie laat gemakkelijk los van de elementen.
	A3	Ribcassettevloer – Betonwand	Ja, er wordt een geïsoleerde kanaalplaatvloer toegepast en deze wordt aan de zijkanen met specie dichtgezet. Deze specie laat los bij het demonteren van de vloer.
	A4	Metselwerkondersteuning - Metselwerk	Ja, er wordt een geveldrager toegepast in plaats van een gevelatei. Deze geveldrager zit met een boutverbinding aan de betonwand en kan bij het demonteren van de buitenschil ook worden gedemonteerd.
	A5	Kozijn - Kozijnanker	Ja, het kozijn wordt middels een hoekanker aan de gevel gemonteerd. Door alleen gebruik te maken van compressiebanden blijft de verbinding zichtbaar bij het demonteren van de buitenschil, waardoor het kozijn gedemonteerd kan worden.
	A6	Kozijn - Vensterbank	Ja, in het kozijn wordt geen gebruik gemaakt van een sponning t.b.v. de vensterbank. Hierdoor kan de vensterbank gemakkelijker worden gedemonteerd zonder het kozijn te beschadigen.
	A7	Kanaalplaatvloer - Betonwand	Ja, op de verdieping wordt gebruik gemaakt van een KanaalBreedPlaat. Middels een demontabele buitenverbinding kan de vloer aan de wand worden gemonteerd t.b.v.



			de schijfwerking. De wanden op de vloer worden op specie gesteld.
	A8	Kanaalplaatvloer – Muurplaat	Ja, de muurplaat wordt middels een F-anker op de KanaalBreedPlaat gemonteerd. Deze verbinding blijft zichtbaar achter het knieschot. Door geen PUR toe te passen is de muurplaat gemakkelijk te demonteren.
	A9	Muurplaat – Scharnierkap	Ja, de scharnierkap wordt middels schroeven aan de buitenzijde van de kap gemonteerd. Door vaste hijsvoorzieningen toe te passen kan de scharnierkap eenvoudig worden gedemonteerd.
	A10	Betonwand – Betonwand	Ja, de betonwanden worden met een demontabele droge verbinding aan de buitenzijde van de tussenwoning gemonteerd.
	A11	Funderingsbalk - Ribcassettevloer	Ja, voor de begane grondvloer wordt een geïsoleerde kanaalplaatvloer toegepast. Deze vloer is uitneembaar waarbij de voegen breken bij het uitnemen. Hierdoor wordt de fundering niet beschadigd waarna deze ook gedemonteerd kan worden.
B	B1	Funderingsbalk - Metselwerk	Nee, de eerste laag metselstenen dienen in de specie gesteld te worden op de funderingsbalk, dit is nodig ten behoeve van de stabiliteit. Hierdoor kan de steen wel gesloopt worden van de fundering, maar is de eerste laag stenen niet herbruikbaar.
	B2	Isolatie – Betonwand	Ja, de isolatie wordt in de gevel gespoten. Deze isolatie kan na einde levensduur in delen worden geknipt. De isolatie kan vervolgens hergebruikt worden of teruggenomen worden door de fabrikant.
	B3	Ribcassettevloer – Cementdekvloer	Ja, op de begane grondvloer wordt een geïsoleerde kanaalplaatvloer toegepast. Vervolgens wordt er een droge dekvloer geplaatst waar de vloerverwarming in gelegd kan worden. De dekvloer is opgebouwd uit egalisatiekorrels met daarboven op een fermacell plaat.
	B4	Cementdekvloer – Betonwand	Ja, door het toepassen van een droge dekvloer en een randstrook is het knelpunt met de betonwand verholpen. De dekvloer kan gedemonteerd worden zonder de betonwand te beschadigen.



	B5	Kozijnanker – Betonwand	Ja, door het hoekanker niet te voorzien van PUR of een luchtdichtheidspasta kan het anker worden hergebruikt.
	B6	Betonwand - Vensterbank	Ja, de vensterbank wordt met mortel op de betonwand geplaatst. Bij het demonteren laat de specie gemakkelijk los en kan na schoonmaak worden hergebruikt.
	B7	Scharnierkap – Tengels	Nee, de montage van de scharnierkap is ongewijzigd gebleven, aangezien deze in de fabriek wordt geproduceerd. Bij het demonteren van de kap zullen de materialen in losse onderdelen kunnen worden hergebruikt met een andere functie.
	B8	Kanaalplaatvloer - Cementdekvloer	Ja, op de verdieping wordt een KanaalBreedPlaat toegepast. Door het toepassen van deze vloer is de dekvloer overbodig gemaakt. De elektra en waterleidingen kunnen net als de ventilatiekanalen in de vloer worden geplaatst. Op de verdieping worden convectoren toegepast in plaats van vloerverwarming.
C	C1	Ribcassettevloer – Leidingwerk W	Ja, op de begane grondvloer wordt een geïsoleerde kanaalplaatvloer toegepast. Door het toepassen van droge isolatie met een luchtdichte tape ter plaatste van de sparringen in plaats van PUR kan het leidingwerk demontabel worden geplaatst.
	C2	Cementdekvloer – Vloerverwarming	Ja, op de begane grond wordt een droge dekvloer toegepast waarin de vloerverwarming droog wordt geplaatst tussen de egalisatiekorrels. Op de verdieping wordt de dekvloer en vloerverwarming voorkomen door het toepassen van convectoren.
	C3	Betonwand – Leidingwerk W en/of E	Ja, in de betonwanden wordt om de 600 mm h.o.h. een PVC-buis mee gestort. Hierdoor kan er altijd leidingwerk aan de woning worden toegevoegd of verlegd via de plint. De waterleidingen worden gelegd in een sleuf welke vervolgens niet wordt afgewerkt met een mortel in de keuken. In de badkamer wordt vanwege waterdichtheidseisen de sleuf dichtgezet met een mortel welke te verwijderen is.



	C4	Kanaalplaat- vloer – Lei- dingwerk W	Ja, door het toepassen van een KanaalBreedPlaat op de verdiepingen kan het leidingwerk droog en flexibel in de vloer worden geplaatst. Het leidingwerk blijft daardoor altijd gemakkelijk aanpasbaar.
--	----	--	---

In de circulaire tussenwoning zijn 21 van de 23 knelpunten in de woning opgelost. Hierbij is knelpunt B1 niet op te lossen, omdat vanuit bestaande droge gevelsystemen dit niet voorkomen kan worden. Knelpunt B7 is binnen het huidige proces van de scharnierkapleverancier niet op te lossen. De overige 21 knelpunten zijn opgelost middels droge demontabele verbindingen.

5.1.3 CirculariteitsPrestatie Gebouw

Vanuit de nulmeting is de mate van circulariteit⁸ van de huidige tussenwoning getoetst in een CPG-berekening (deelvraag 1a). De huidige tussenwoning scoort een 6,6 op een schaal van 1 op 10. Het ambitieniveau is gesteld op een 8,5 op een schaal van 1 op 10.

De uitgewerkte circulaire tussenwoning is opnieuw getoetst middels de GPR Gebouw berekening en vervolgens gegenereerd in een CPG-berekening. De berekeningen zijn te vinden in bijlage G – Bewustwording, hoofdstuk 3. In tabel 5.3 is het resultaat te zien van de CPG-berekening. Hierbij is de nulmeting, het ambitieniveau en het behaalde niveau naast elkaar gezet.

Tabel 5.3: Behaalde score CPG circulaire tussenwoning

Nulmeting	Ambitieniveau	Behaalde niveau
6,6	8,5	7,9

De circulaire tussenwoning scoort een 7,9 op een schaal van 1 op 10. Aan de hand van deze tabel kan geconcludeerd worden dat het gestelde ambitieniveau niet is behaald in de CPG-berekening. Met een verschil van 0,6 is het ambitieniveau niet behaald. Het ambitieniveau van de circulaire tussenwoning is niet behaald op de volgende subcategorieën:

- 1.2 Hergebruik producten van elders
- 1.3 Gebruik producten met secundaire grondstoffen
- 2.1 Gebruik biobased producten
- 3.1 Zorg voor een zo laag mogelijk DPG-score



De toelichting per subcategorie wordt nader toegelicht in bijlage G – Bewustwording, paragraaf 1.5.

De overige aan te passen subcategorieën (4.2, 5.1 en 5.2) in de CPG-berekening hebben maximaal gescoord. Deze onderdelen hebben een 10 op een schaal van 1 op 10 behaald. Deze score is behaald doordat de circulaire tussenwoning demontabel en aanpasbaar is ontworpen. De verbindingen in de tussenwoning zijn droog, waardoor de gebouwonderdelen uitneembaar zijn zonder hierbij een ander gebouwonderdeel te beschadigen. De circulaire tussenwoning is flexibel en heeft daardoor meer aanpassingsmogelijkheden tijdens de gebruiksfase.

5.1.4 Financiële impact

Om de financiële impact van de circulaire tussenwoning inzichtelijk te maken is de tussenwoning uit de nulmeting financieel getoetst en vervolgens is de circulaire tussenwoning getoetst. In tabel 5.4 wordt de meerprijs van de woning getoond. De kostenmatrix van de circulaire tussenwoning is toegevoegd in bijlage G – Bewustwording, hoofdstuk 4.

Tabel 5.4: Financieel overzicht circulaire tussenwoning

Nulmeting	Circulaire tussenwoning	Meerprijs
€.....	€.....	€.....

5.1.5 Conclusie

Wat is de mate van circulariteit⁸ van de tussenwoning als gevolg van de gemaakte keuzes binnen de circulaire mogelijkheden?

Het ambitieniveau per gebouwonderdeel aan de hand van het 10-R-model is behaald bij 6 van de 19 gebouwonderdelen. Uit figuur 5.1 kan geconcludeerd worden dat de binnenriolering en toevoerleiding koud- en warmwater geen hoger niveau kunnen bereiken op de 10-R-ladder in verband met gezondheidsrisico's. Daarnaast zijn er 8 van de 19 gebouwonderdelen waar het ambitieniveau op één stap na niet wordt behaald. Voor deze gebouwonderdelen kan geconcludeerd worden dat deze vaak eerst aangepast of schoongemaakt dienen te worden, voordat deze hergebruikt kunnen worden. Hierdoor zijn de ambitieniveaus van deze gebouwonderdelen niet behaald. Tijdens het opstellen van het ambitieniveau per gebouwonderdeel werd verwacht dat de gebouwonderdelen gemakkelijker hergebruikt konden worden.



Vanuit het opdelen van de tussenwoning volgens het Layer-model¹² zijn er in totaal 23 knelpunten ontstaan. Deze knelpunten worden opgelost wanneer de gebouwonderdelen van elkaar gescheiden kunnen worden. Het oplossen van de knelpunten zorgt ervoor dat gebouwonderdelen in de tussenwoning gedemonteerd kunnen worden zonder een ander onderdeel daarmee te beschadigen. Er zijn 21 van de 23 knelpunten opgelost in de circulaire tussenwoning. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de gebouwonderdelen in de circulaire tussenwoning droog gemonteerd worden tijdens de bouwfase. Tevens zijn gebouwonderdelen flexibel aanpasbaar tijdens de gebruiksfase en bij einde levensduur kunnen de gebouwonderdelen gedemonteerd worden.

De circulaire tussenwoning is in zijn geheel getoetst in de CPG-berekening. De circulaire tussenwoning scoort een 7,9 op een schaal van 1 op 10 door de woning demontabel en flexibel uit te voeren. Echter is het ambitieniveau niet bereikt.

De mate van circulariteit⁸ heeft ook een financiële kant. Deze is tijdens het afstudeeronderzoek inzichtelijk gemaakt door een interne kostendeskundige. De circulaire tussenwoning heeft een meerprijs van €..... (+10,61%). Echter heeft de circulaire tussenwoning positieve effecten op de interne processen. Hierbij kan gedacht worden aan verbeteringen in de engineeringfase, snellere productie, meer mogelijkheden voor kopers, minder werkzaamheden voor de kopersbegeleiding, een snellere bouwtijd en een mogelijkheid om de woning flexibel aan te passen in de bouw- en gebruiksfase. Ook zal de circulaire tussenwoning een hogere restwaarde hebben bij einde technische levensduur⁹.

Aan de hand van deze toetsing kan gesteld worden dat de circulaire tussenwoning een zeer hoge mate van circulariteit⁸ heeft tijdens de bouw- en gebruiksfase. Tijdens de bouwfase wordt de woning droog gemonteerd en tijdens de gebruiksfase kan de woning eenvoudig worden aangepast naar de wensen van de gebruiker. Na het einde van de levensduur van de tussenwoning kan de woning gedemonteerd worden tot gebouwonderdelen (losgoed). Echter worden op dit moment de gebouwonderdelen nog niet op hoog niveau hergebruikt.

Hieruit kan gesteld worden dat er voor de toekomst nog veel te halen valt bij het slopen van een gebouw. Het laagwaardig hergebruiken van materialen (recyclen) dient voorkomen te worden en het hoogwaardig hergebruiken van elementen (gebouwonderdelen) dient hoger gewaardeerd te worden.



5.2 Kennis overbrengen

Deelvraag 6

“Op welke wijze kan de opgedane kennis worden overgebracht, zodat er bewustwording wordt gecreëerd binnen Giesbers en haar samenwerkingspartners?”

In de laatste deelvraag wordt de opgedane kennis binnen het afstudeeronderzoek overgebracht om bewustwording te creëren bij Giesbers en haar samenwerkingspartners. De kennis wordt op meerdere vlakken overgebracht.

5.2.1 bewustwording

Eén van de omschreven pijlers in de ‘Transitieagenda Bouw²’ van (Nelissen et al., 2018) is kennis en bewustwording. Het afstudeeronderzoek richt zich hierbij primair op de kennis. Hierbij is de tussenwoning onderzocht aan de hand van de circulaire mogelijkheden. Het eindresultaat wordt vervolgens gedeeld. Het is belangrijk dat de opgedane kennis op verschillende wijze wordt gedeeld om op deze wijze het draagvlak voor een meer circulaire benadering binnen ‘DIT is wonen’ zo groot mogelijk te maken. Dit betekent dat er is gekeken naar het overbrengen van de kennis binnen Giesbers en haar samenwerkingspartners. Het is belangrijk dat de kennis niet beperkt blijft tot Giesbers. Aangezien een circulaire toekomst alleen gerealiseerd kan worden wanneer er samenwerkingsverbanden ontstaan in de gehele bouwketen. Het delen van de kennis buiten Giesbers is daarom erg relevant voor het afstudeeronderzoek. Op deze manier kan er meer bewustwording worden gecreëerd. De bewustwording is nader toegelicht in bijlage G – Bewustwording, hoofdstuk 2. De opgedane kennis zal middels onderstaande acties worden gedeeld, waardoor er wordt verwacht dat er meer bewustwording wordt gecreëerd.

De resultaten van het afstudeeronderzoek zijn verzameld in de scriptie. Het eindresultaat, de circulaire tussenwoning, is in het bovenstaande onderzoek getoond. De scriptie biedt alle omvattende belangrijke informatie van de gehele afstudeerperiode. Het onderzoek zal worden gedeeld binnen Giesbers, haar samenwerkingspartners en met externe betrokkenen bij het onderzoek.

Het resultaat zal binnen Giesbers worden gedeeld middels een lunchbijeenkomst voor alle collega's. Tijdens deze bijeenkomst wordt er een presentatie gegeven en is er de gelegenheid om vragen te stellen. Door iedereen gezamenlijk te laten nadenken over circulariteit⁸ wordt er



bewustwording gecreëerd bij collega's. Mogelijk wordt er middels deze presentatie anders nagedacht over de uitwerking van een project of kan het als inspiratiebron dienen voor een nieuw project.

De circulaire tussenwoning, het eindresultaat, zal worden uitgewerkt in een montagevideo. In deze video wordt het onderzoek op een korte en interessante wijze toegelicht en raakt de kijker geïnteresseerd in het onderwerp. In de video wordt de circulaire tussenwoning opgebouwd. Daarin moet duidelijk worden welke stappen er ondernomen dienen te worden en wordt inzichtelijk gemaakt dat de tussenwoning herbruikbare gebouwonderdelen bevat door gebruik te maken van demontabele verbindingen. De montagevideo wordt gemaakt voor mensen actief in de bouwsector. De video moet duidelijk maken dat de bouwsector dient te veranderen en dat hiervoor een gezamenlijke aanpak nodig is.

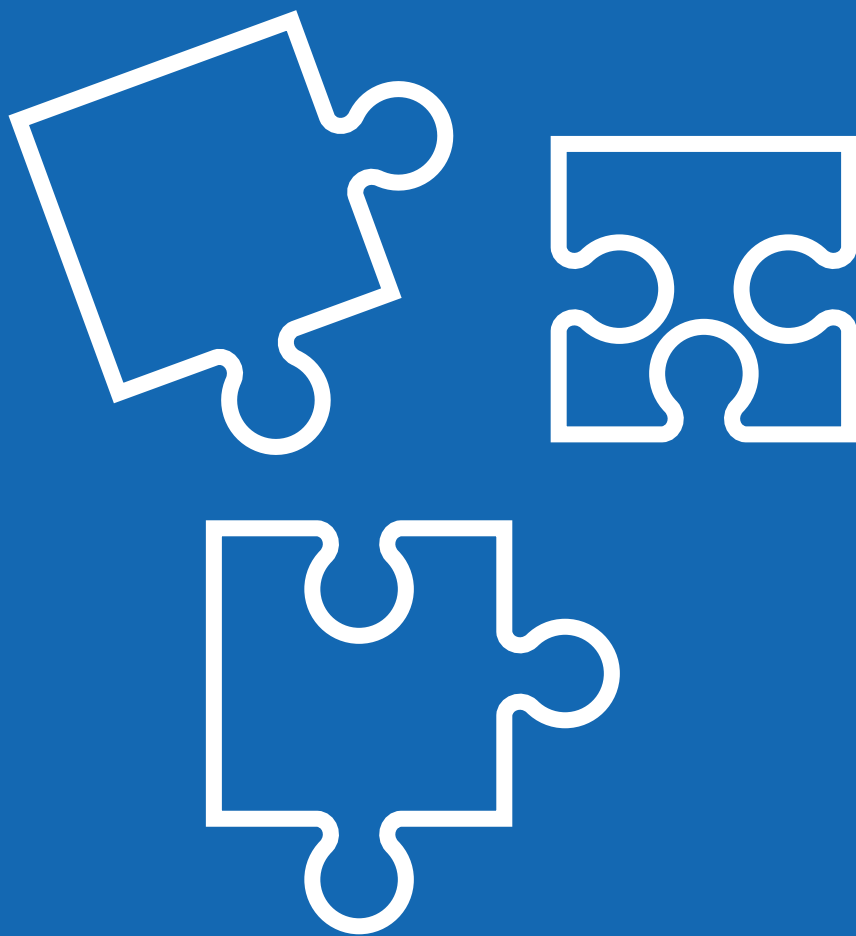
5.2.2 Conclusie

Op welke wijze kan de opgedane kennis worden overgebracht, zodat er bewustwording wordt gecreëerd binnen Giesbers en haar samenwerkingspartners?

De opgedane kennis binnen het onderzoek wordt op verschillende wijze overgebracht om bewustwording te creëren binnen Giesbers en haar samenwerkingspartners. Hieronder valt het delen van het eindresultaat, het houden van een presentatie en het maken van een video.

Naast het delen van de opgedane kennis binnen Giesbers, zal de kennis ook verder gedeeld worden met de samenwerkingspartners en de externe betrokkenen. De titel van het onderzoek 'Samen Circulair' verklaart dit. Om een circulaire tussenwoning te realiseren zijn er meerdere betrokkenen nodig. De bedrijven, welke betrokken zijn geweest bij het afstudeeronderzoek, zullen het eindresultaat hardcopy ontvangen. Op deze wijze wordt er een groter draagvlak gecreëerd.

Door het eindresultaat te delen met Giesbers, haar samenwerkingspartners en de externe betrokkenen kan de opgedane kennis worden gedeeld en mogelijk worden toegepast. Het realiseren van een circulaire tussenwoning zorgt voor een andere denkwijze en aanpak, hierdoor wordt er bewustwording gecreëerd.



*“Om circulair te worden, moeten
we oefenen in doen wat nodig is”
- Thomas Rau*



6

Conclusie

Het onderzoek is gebaseerd op de vooraf opgestelde hoofd- en deelvragen. In dit hoofdstuk wordt resumerend vanuit de deelvragen de hoofdvraag beantwoord. In dit afstudeeronderzoek zijn de circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethodiek montagebouw onderzocht, zodat er antwoord kan worden gegeven op de volgende onderzoeksvraag:

“Wat dient er bouwtechnisch¹⁴ aangepast te worden aan de bouwmethodiek montagebouw, zodat deze kennis gebruikt kan worden als beginpunt¹¹ naar een circulaire bouwmethode?”

Circulariteit⁸ vertaalt zich in een bouwmethode waarin een gebouw demontabel is ontworpen. Het gebouw dient losmaakbaar en flexibel te zijn. De gebouwonderdelen in een gebouw krijgen hierdoor een langere levensduur. In een circulaire bouwmethode worden gebouwonderdelen slim gebruikt en/of multifunctioneel toegepast. De gebouwonderdelen bestaan uit tweedehands materialen en/of natuurlijke grondstoffen, zodat het winnen van nieuwe grondstoffen gereduceerd wordt. In een circulaire economie³ dient de CO₂-uitstoot gereduceerd te worden en moet uitputting van natuurlijke hulpbronnen voorkomen worden, zodat de aarde langer houdbaar is.

In het onderzoek is er specifiek gekeken naar de bouwmethodiek montagebouw, de meest gebruikte bouwmethodiek voor nieuwbouw eengezinswoningen⁶. De huidige bouwmethodiek is onderzocht aan de hand van de tussenwoning uit het woonconcept ‘DIT is wonen’. De huidige bouwmethode is in het onderzoek aangepast naar een circulaire bouwmethode. Het resultaat van de aanpassingen vertaalt zich in de volgende vijf speerpunten; demontabel, flexibel, toekomstwaarde, levensduurverlenging en hergebruik. Aan de hand van de bouwtechnische¹⁴ uitwerking van de tussenwoning kan het volgende geconcludeerd worden.

De circulaire tussenwoning is demontabel ontworpen. Dit betekent dat de tussenwoning middels droge verbindingen wordt gemonteerd in de bouwfase. Tijdens de gebruiksfase is de tus-



senwoning flexibel. Door de gebouwonderdelen van elkaar te scheiden is de woning aanpasbaar aan de wensen van de gebruiker. Hierdoor kan een gebouwonderdeel aangepast worden zonder daarmee een ander gebouwonderdeel te beschadigen. Dit geeft een woning een hogere toekomstwaarde. Hierdoor kan gesteld worden dat de woning een langere levensduur krijgt. Een flexibele en demontabele woning krijgt een hogere restwaarde. Tevens is de levensduur van de gebouwonderdelen verlengt, doordat deze gedemonteerd kunnen worden in de sloopfase. De gebouwonderdelen kunnen worden hergebruikt (losgoed). Echter worden op dit moment de gebouwonderdelen nog niet op hoog niveau hergebruikt. De vraag naar het één-op-één hergebruiken van tweedehands gebouwonderdelen is er nauwelijks, omdat het economisch gezien nog niet aantrekkelijk is. Daarnaast dient de dimensionering van een nieuwe woning ontworpen te worden aan de hand van de afmetingen van de her te gebruiken gebouwonderdelen.

Hieruit kan gesteld worden dat de circulaire tussenwoning het beginpunt¹¹ (het gestelde ambitieniveau) nog niet heeft behaald. In de circulaire tussenwoning binnen 'DIT is wonen' zijn de knelpunten voor 90% opgelost. De CirculariteitsPrestatie Gebouw van de gehele tussenwoning is van een 6,6 naar een 7,9 gestegen op een schaal van 1 op 10. Het gestelde ambitieniveau per gebouwonderdeel aan het einde van de levensduur is middels het 10-R-model van Cramer voor ongeveer 30% behaald (6 van de 19 gebouwonderdelen).

De mate van circulariteit⁸ heeft ook een financiële kant. De circulaire tussenwoning heeft een meerprijs van €..... (+10,61%). Er kan geconcludeerd worden dat de circulaire tussenwoning positieve effecten heeft op de interne processen.

Om het beginpunt¹¹ naar een circulaire bouwmethode te behalen dient de lineaire economie¹³ getransformeerd te worden naar een circulaire economie³. Het laagwaardig hergebruiken van materialen (recyclen) dient voorkomen te worden en het hoogwaardig hergebruiken van elementen (gebouwonderdelen) dient hoger gewaardeerd te worden. Het hergebruiken van gebouwonderdelen reduceert het winnen van nieuwe grondstoffen en CO₂-uitstoot.

Door het eindresultaat te delen met Giesbers, haar samenwerkingspartners en de externe betrokkenen kan het draagvlak voor een meer circulaire benadering binnen 'DIT is wonen' zo groot mogelijk gemaakt worden. Aangezien een circulaire toekomst alleen gerealiseerd kan worden wanneer er samenwerkingsverbanden ontstaan in de gehele bouwketen.

"Samen circulair, samen bouwen aan schone, houdbare en milieuvriendelijke leefomgeving."



7

Discussie

In het afstudeeronderzoek is de huidige tussenwoning opgedeeld in een lagenstructuur aan de hand van het Layer-model¹² van Stewart Brand (in Van der Weerd & Levels-Vermeer, 2018). Per gebouwonderdeel is de technische⁹ of economische levensduur¹⁰ bepaald. Uit het interview met W/E Adviseurs kan geconcludeerd worden dat de levensduurbenadering bij huur- of koopwoningen kan verschillen. Een particulier heeft namelijk andere belangen bij het vervangen van een gebouwonderdeel dan een woningcorporatie. Bij huurwoningen worden gebouwonderdelen vaak seriematig vervangen. In het onderzoek is er geen onderscheid gemaakt tussen huur- of koopwoningen. Het woonconcept wordt namelijk voor beide markten toegepast.

Binnen het afstudeeronderzoek is er een selectie gemaakt van acht principe detailleringen. Aan de hand van deze principe detailleringen zijn de knelpunten in de tussenwoning onderzocht. Wanneer de gehele tussenwoning wordt opgedeeld volgens de lagenstructuur zullen er meer knelpunten in de woning ontstaan. Deze knelpunten zullen voornamelijk ontstaan in de laag “Space Plan”. Deze knelpunten dienen nog onderzocht te worden.

Het 10-R-model van Cramer (2014) is in het onderzoek toegepast om de mate van circulariteit⁸ per gebouwonderdeel aan te geven. Hierbij is er in het onderzoek een voorspelling gedaan van de mogelijkheden per gebouwonderdeel na einde levensduur. Echter is dit een voorspelling en kan het niet worden vastgelegd wat er exact na einde levensduur per gebouwonderdeel gebeurt. Op dit moment is het nog niet mogelijk om een gebouwonderdeel aan het einde van de levensduur terug te laten nemen door de producent.

De tussenwoning is in het onderzoek demontabel uitgevoerd. Om deze woning in de toekomst te kunnen demonteren dienen de gegevens van de woning gewaarborgd te blijven. Hiervoor is een materialenpaspoort noodzakelijk om de informatie van de woning vast te leggen. Aan de hand van een materialenpaspoort kunnen gebouwonderdelen worden hergebruikt met de juiste gegevens.



Om de mate van circulariteit⁸ van de tussenwoning te bepalen is er een CPG-berekening gemaakt. Deze berekening is gegenereerd vanuit GPR Gebouw. Vanuit het interview met W/E Adviseurs werd duidelijk dat de GPR-software in 2020 wordt vernieuwd naar de GPR 5. De nieuwe GPR 5 zal uitgebreider zijn. Het geeft bijvoorbeeld de losmaakbaarheid in een woning weer. Doordat GPR Gebouw wordt verfijnd zal de CPG ook specifiekere worden. Hierdoor zal de mate van circulariteit⁸ nauwkeuriger getoetst worden.

Naast de vernieuwde versie van de GPR Gebouw wordt ook de MPG (MilieuPrestatie Gebouw) verbeterd. Deze herstructurering van de MPG zal aankomende zomer gepubliceerd worden. In de nieuwe MPG krijgt circulariteit⁸ een centrale rol en is het mogelijk om een demontabele variant te kiezen. Ook zullen er meer producten beschikbaar worden gesteld en wordt de compleetheid van het gebouw gewaarborgd. In de huidige MPG zijn veel gegevens nog forfaitair, waardoor de schaduwkosten niet betrouwbaar zijn. In de nieuwe MPG zal er per verplicht onderdeel een checklist beschikbaar komen.

Wanneer de nieuwe GPR 5 en MPG beschikbaar zijn kan de mate van circulariteit⁸ nauwkeuriger worden gemeten. De CPG zal gegenereerd blijven uit GPR Gebouw en zal tevens in de toekomst voldoen aan de gestelde richtlijnen door CB'23.

De circulaire tussenwoning heeft een meerprijs van +10,61%. Wanneer de gegevens van de woning digitaal worden verzameld kan de waarde per gebouwonderdeel, afhankelijk van de inflatie, inzichtelijk worden gemaakt. Op deze manier ontstaat er een businesscase waarin de terugverdientijd van de woning inzichtelijk wordt gemaakt. Hierbij wordt verwacht dat een circulaire woning een hogere toekomstwaarde heeft dan een traditionele woning.



8

Aanbevelingen

Naar aanleiding van het onderzoek naar de circulaire mogelijkheden binnen de bouwmethodiek montagebouw en de daaruit geconcludeerde onderzoeksbevindingen worden er aanbevelingen gedaan. De aanbevelingen zijn gericht op het nader onderzoeken van een circulaire tussenwoning.

In het afstudeeronderzoek zijn de circulaire mogelijkheden onderzocht en uitgewerkt aan de hand van negen principe detailleringen. Om tot een volledig circulaire tussenwoning te komen wordt aanbevolen om de gehele tussenwoning uit te werken. Hiervoor dient de variantenstudie te worden bijgewerkt met de nog niet onderzochte gebouwonderdelen. Tevens dienen nieuwe innovaties op de markt in de gaten te worden gehouden. Dit geldt ook voor de al uitgewerkte gebouwonderdelen, aangezien circulaire producten steeds vaker op de markt komen. Aan de hand van een volledig onderzoek kan het detailboek van het woonconcept 'DIT is wonen' compleet worden uitgewerkt. Bij het uitwerken van de volledige tussenwoning wordt aangeraden om een constructeur de woning te laten beoordelen op stijfheid en stabiliteit.

De circulaire tussenwoning is in het onderzoek uitgewerkt met producten van de meest betrokken partners van het woonconcept 'DIT is wonen', maar ook met nieuwe producten van nog vrij onbekende bedrijven voor Giesbers Ontwikkelen en Bouwen. In het onderzoek zijn er interviews gehouden met de vijf meest betrokken partners binnen het woonconcept. Hieruit zijn nieuwe ontwikkelingen/mogelijkheden ontstaan, welke zijn toegepast in de circulaire tussenwoning. Voor een nader onderzoek van de gehele tussenwoning dienen de overige partners van het woonconcept benaderd te worden om de circulaire mogelijkheden te inventariseren. Er wordt aangeraden om in gesprek te gaan over de mogelijkheden, hierdoor ontstaan namelijk gemakkelijker nieuwe ontwikkelingen wanneer er gezamenlijk over na wordt gedacht. Ook is het raadzaam om in gesprek te gaan over de technische uitwerking van de nieuw toegepaste producten in de tussenwoning. In het onderzoek is er op beurzen, telefonisch en via de mail contact op genomen met deze bedrijven. Wanneer er dieper wordt ingegaan op de



tussenwoning uit het woonconcept 'DIT is wonen' kunnen er mogelijk nog verbeteringen ontstaan in de principe detailleringen.

De varianten in het onderzoek zijn getoetst aan de hand van een multi-criteriatabel. In deze tabel zijn elf criteria opgenomen. Twee van deze criteria gaan over het interne proces tijdens de engineerings- en bouwfase. Hierbij zijn de producten getoetst in vergelijking tot de huidige tussenwoning. De nieuwgekozen gebouwonderdelen passen binnen het huidige proces. Door nader onderzoek te doen kan er intern nog specifiekere worden gekeken naar de voor- en nadelen van de circulaire tussenwoning. Reinier van 't Hullenaar, manager engineering, heeft aangegeven dat er nog meer voordelen in de circulaire tussenwoning zitten met betrekking op de engineering, kopersbegeleiding en uitvoering wanneer er intern een onderzoek wordt gedaan. Deze interne voordelen zijn niet meegenomen in het onderzoek. Het onderzoek is gericht op de netto directe bouwkosten van de woning. Aan de hand van de interne voordelen kan de circulaire tussenwoning financieel aantrekkelijker worden.

Tot slot wordt geadviseerd om alle woningbouwprojecten in de toekomst te verwerken in een materialenpaspoort. Middels een materialenpaspoort worden de gegevens van de gebouwonderdelen digitaal verzameld. Hierdoor kunnen de gebouwonderdelen in de toekomst eenvoudiger worden hergebruikt en kan de restwaarde per gebouwonderdeel vastgesteld worden. Circulaire woningen hebben een hogere toekomstwaarde wanneer deze worden voorzien van een materialenpaspoort.



9

Nawoord

Het laatste halfjaar van de bacheloropleiding Bouwkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen stond in het teken van de afstudeerperiode. De afstudeerperiode hebben wij als zeer leerzaam ervaren bij Giesbers Ontwikkelen en Bouwen in Wijchen. In de afgelopen maanden hebben wij ons mogen ontwikkelen op het gebied van circulair bouwen⁵ en hebben wij de ruimte en begeleiding gekregen om tot het eindresultaat te komen.

De afstudeerperiode hebben wij ervaren als zeer positief. Gedurende de eerste weken van de afstudeerperiode hebben wij veel kennis opgedaan aan de hand van literatuur. Middels deze kennis is het plan van aanpak tot stand gekomen. Vanuit het plan van aanpak is het onderzoek verder uitgewerkt aan de hand van het stappenplan. Hierbij is de structuur van het onderzoek bepaald. Het onderzoek resulteert in een nulmeting, een ambitieniveau, een uitwerking en uiteindelijk de bewustwording. De circulaire mogelijkheden zijn in de circulaire tussenwoning bouwtechnisch¹⁴ uitgewerkt.

De taken tijdens de afstudeerperiode zijn gelijkmatig verdeeld. Doordat wij de sterke en zwakke kanten van elkaar al snel hebben leren kennen, konden we de taken op de meest efficiënte wijze verdelen. De samenwerking liep hierdoor zeer goed. De gehele afstudeerperiode hebben we van elkaar kunnen leren en tussendoor ook gelachen. Door de fijne samenwerking konden we beide onze mening sterk naar voren laten komen en deze met elkaar bespreken. Hierdoor zijn we samen meer dan tevreden met het eindresultaat.

Jannis Maters en Britt Wezendonk



Literatuurlijst

CB'23. (z.d.-a). Over Platform CB'23. Geraadpleegd op 14 maart 2019, van <https://platformcb23.nl/over-platform-cb-23>

Cramer, J. (2017, 14 maart). Circular Cities The case of the Amsterdam Metropolitan Area [College-slides]. Geraadpleegd op 18 februari 2019, van <http://www.nzwc.ca/events/circular-cities-amsterdam/Documents/Webinar-JacquelineCramer-Mar14-17.pdf>

De Financiële Begrippenlijst B.V.. (z.d.-a). DFB | De Financiële Begrippenlijst. Geraadpleegd op 15 februari 2019, van <http://www.dfbonline.nl/begrip/20517/lineaire-economie>

Ensie. (2016, 30 december). Eengezinswoning. Geraadpleegd op 14 maart 2019, van <https://www.ensie.nl/cbs/eengezinswoning>

Ensie. (2017a, 6 april). Ensie. Geraadpleegd op 25 februari 2019, van <https://www.ensie.nl/peter-timofeeff/klimaatverandering+>

Ensie. (2017b, 28 maart). technische levensduur. Geraadpleegd op 27 maart 2019, van <https://www.ensie.nl/financieel-woordenboek/technische-levensduur>

Ensie. (2017c, 3 mei). Economische levensduur. Geraadpleegd op 27 maart 2019, van <https://www.ensie.nl/management-begrippenlijst/economische-levensduur>

Ensie. (2017d, 3 mei). Economische slijtage. Geraadpleegd op 27 maart 2019, van <https://www.ensie.nl/management-begrippenlijst/economische-slijtage>

Ensie. (2017e, 10 november). beginpunt. Geraadpleegd op 28 maart 2019, van <https://www.ensie.nl/wiktionary/beginpunt>

Giesbers Ontwikkelen en Bouwen. (2019a). DIT is wonen. Geraadpleegd op 14 februari 2019, van <https://www.giesberswijchen.nl/dit-is-wonen-0>

Giesbers Ontwikkelen en Bouwen. (2019b). Onze organisatie. Geraadpleegd op 15 februari 2019, van <https://www.giesberswijchen.nl/onze-organisatie>



Giesbers Ontwikkelen en Bouwen. (2019c). Visie. Geraadpleegd op 15 februari 2019, van <https://www.giesberswijchen.nl/visie>

Harbrink Numan, H., & Schreurs, E. (z.d.). Betekenis-definitie energietransitie: Aanduiding voor het streven om van fossiele brandstoffen ... - DFB | De Financiële Begrippenlijst. Geraadpleegd op 25 februari 2019, van <https://www.dfbonline.nl/begrip/20740/energieovergang>

Het Groene Brein. (z.d.). Nadelen van een lineaire economie, minder materiaal en rol van consument. Geraadpleegd op 8 maart 2019, van <https://kenniskaarten.hetgroenebrein.nl/kenniskaart-circulaire-economie/nadelen-huidige-lineaire-economie/>

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017, december). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Geraadpleegd op 12 februari 2019, van <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917302835>

KNMI. (z.d.). KNMI - Broeikaseffect. Geraadpleegd op 20 februari 2019, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/broeikaseffect>

KNMI. (2015). *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. Geraadpleegd van http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure_KNMI14_NL.pdf

Kraanen, F., & Plomp, R. (2018, 5 juni). Lineaire economie is onverantwoord riskant. Geraadpleegd op 8 maart 2019, van <https://www.pggm.nl/wat-vinden-we/Paginas/Lineaire-economie-is-onverantwoord-riskant.aspx>

Nelissen, E., Van de Griendt, B., Van Oppen, C., Pallada, I., Wiedenhoff, J., Van der Waal, J., . . . Bögl, T. (2018). *Transitie-agenda Bouw*. Geraadpleegd van <https://www.circulaireeconomienederland.nl/transitieagendas/documenten+transitieagendas/handle/downloadfiles.ashx?idnv=955242>

Platform CB'23 - Actieteam 'Framework Circulair Bouwen'. (2019). *Leidraad voor een eenduidig taalgebruik en heldere kaders*. Geraadpleegd van https://platformcb23.nl/images/consultatie/leidraden/Leidraad_-_Framework_Circulair_Bouwen.pdf?ver=2



- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *CIRCULAR ECONOMY: MEASURING INNOVATION IN THE PRODUCT CHAIN*. Geraadpleegd van <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>
- Programmabureau Nederland Circulair in 2050. (z.d.-a). Transitieagenda's: op weg naar een circulaire economie. Geraadpleegd op 21 februari 2019, van <https://www.circulaireeconomienederland.nl/transitieagendas/default.aspx>
- Pronk, R. (2016, 19 oktober). Circulaire Economie, geen sausje maar een trendbreuk - Objectum. Geraadpleegd op 1 maart 2019, van <http://www.objectum.nl/2016/10/19/circulaireeconomie/>
- Tilman, H. (2017, 11 september). De Architect. Geraadpleegd op 22 mei 2019, van <https://privacy.vakmedianet.nl/dearchitect/?ref=https://www.dearchitect.nl/architectuur/artikel/2017/09/thomas-rau-om-circulair-te-worden-moeten-oefenen-doen-wat-nodig-101182384>
- Van der Weerd, J., & Levels-Vermeer, J. (2018). *Definieer een circulaire ambitie*. Geraadpleegd van <https://www.lbpsight.nl/storage/app/uploads/public/5b5/045/0d1/5b50450d1781e730505389.pdf>
- Van Noort, E. (2018). *Nederlandse samenvatting: 'A framework for Circulair Buildings'*. Geraadpleegd van <https://www.dgbc.nl/sites/dgbc.nl/files/bijlagen/Samenvatting%20-%20A%20Framework%20for%20Circular%20Buildings%20-%20201811.pdf>
- Van Veen, P. A. F., & Van der Sijs, N. (1997). *Etymologisch woordenboek: de herkomst van onze woorden* (2e ed.). Utrecht/Antwerpen: Van Dale Lexicografie.
- Wijffels, H. (2011, 1 december). *Herman Wijffels over de circulaire economie - Me Judice* [Video]. Geraadpleegd op 20 februari 2019, van <http://www.mejudice.nl/video/detail/herman-wijffels-over-de-circulaire-economie>
- Zeller, S. (z.d.). Unsplash [Foto]. Geraadpleegd op 19 maart 2019, van <https://unsplash.com/photos/YfrSHq3EnRg>



Bijlagenoverzicht

Bijlage A	Plan van Aanpak
Bijlage B	Vooronderzoek
Bijlage C	Literatuurstudie
Bijlage D	Nulmeting
Bijlage E	Ambitieniveau
Bijlage F	Uitwerking
Bijlage G	Bewustwording
Bijlage H	DIT is wonen
Bijlage I	Communicatie
Bijlage J	Proces

*“Samen circulair, samen bouwen aan een schone,
houdbare en milieuvriendelijke leefomgeving”*

