

# ‘De sleutel naar verticaal bouwen’

Verticaal bouwen integreren in het OB2 concept van  
Ouwehand Bouw



Maarten de Bruin en Edwin Zeldenrijk  
2 juni 2015

# 'De sleutel naar verticaal bouwen'

## Verticaal bouwen integreren in het OB2 concept van Ouwehand Bouw

---

Studiejaar: 2014/2015

Gorinchem, 2 juni 2015

Cursuscode: TBWK-V15AFO-14

---

|                  |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Studenten</b> | Edwin Zeldenrijk<br>Studentnummer: 1627463<br>Profiel Bouwkunde<br>Veenweg 121<br>3648 HC Wilnis<br><a href="mailto:edwin.zeldenrijk@student.hu.nl">edwin.zeldenrijk@student.hu.nl</a><br>06 – 51 58 00 55 | Maarten de Bruin<br>Studentnummer: 1627726<br>Profiel Bouwkunde<br>Lopikerweg Oost 170<br>3412 KH Lopikerkapel<br><a href="mailto:maarten.debruin@student.hu.nl">maarten.debruin@student.hu.nl</a><br>06 – 12 43 36 48 |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

|                        |                                                                                                                                                              |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Praktijkbedrijf</b> | Ouwehand Bouw Gorinchem BV<br>Papland 19<br>4208 CK Gorinchem<br>0183 – 63 13 23<br><a href="mailto:gorinchem@ouwehandbouw.nl">gorinchem@ouwehandbouw.nl</a> |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                           |                                                                                                                                                               |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Praktijkbegeleider</b> | Jan Maarten van der Linden<br>Functie: Bedrijfsleider vestiging Gorinchem<br><a href="mailto:jml@ouwehandbouw.nl">jml@ouwehandbouw.nl</a><br>06 – 51 51 73 81 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

|                      |                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Opdrachtgever</b> | Hogeschool Utrecht<br>Faculteit Natuur & Techniek<br>Instituut voor Gebouwde Omgeving<br>Nijenoord 1<br>3552 AS Utrecht<br>Postbus 182<br>3500 AS Utrecht<br><br>088 - 481 82 83 |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                       |                                                                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1<sup>e</sup> Docentbegeleider</b> | Vincent Frowijn<br><a href="mailto:vincent.frowijn@hu.nl">vincent.frowijn@hu.nl</a> |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

|                                       |                                                                                                     |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2<sup>e</sup> Docentbegeleider</b> | Martin van Dijkhuizen<br><a href="mailto:martin.vandijkhuizen@hu.nl">martin.vandijkhuizen@hu.nl</a> |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

# Voorwoord

---

Het bouwen van woningen gebeurt binnen Ouwehand Bouw al jaren op eenzelfde en gestructureerde wijze. Je zou kunnen denken: daar valt niet meer zoveel aan te veranderen.

Niets is minder waar, zoals te lezen in deze scriptie is er onderzoek gedaan of het rendabel is de vernieuwde bouwmethodiek verticaal bouwen te intrigeren in het OB2 concept van Ouwehand Bouw. Dit onderzoek is geschreven ter afronding van de Bachelor opleiding Bouwkunde aan de Hogeschool Utrecht. Om het onderzoek waarheidsgetrouw en vergelijkbaar te maken is er gebruik gemaakt van het referentieproject Waldijk te Uitgeest, dit bestaat uit 13 twee-onder-één-kapwoningen en wordt op moment van schrijven gerealiseerd.

Wij willen met dit rapport laten zien, dat als men afwijkt van de traditionele manier van bouwen bouwtijd en bouwkosten bespaard kunnen worden. Dit zal niet alleen interessant zijn voor Ouwehand bouw maar ook voor de klanten hiervan.

Ten slotte bedanken wij hierbij enkele personen voor het tot stand komen van deze scriptie. Ten eerste gaat onze dank uit naar Ouwehand Bouw Gorinchem voor de mogelijkheid om binnen deze organisatie af te studeren. Hierbij in het bijzonder danken wij de heer Jan Maarten van der Linden, die als onze bedrijfsbegeleider heeft gefungeerd.

Daarnaast willen wij onze docentbegeleiders de heer Vincent Frowijn en de heer Martin van Dijkhuizen, docenten van Hogeschool Utrecht, bedanken voor de begeleiding tijdens het schrijven van onze scriptie.

Wij hopen dat dit rapport een bijdrage kan leveren aan Ouwehand Bouw & Vastgoedrealisatie, voor het verder ontwikkelen van het OB2 concept. Verder kijken wij beiden terug op een interessante en leerzame afstudeerperiode.

Maarten de Bruin en Edwin Zeldenrijk  
Gorinchem, juni 2015

# Samenvatting

Met een frisse blik naar het huidige bouwproces kijken. In de gebouwde omgeving wordt er vaak vast gehouden aan standaard gewoontes en gebruiken, het traditionele bouwen. Maar wordt het niet tijd om vanuit een ander perspectief naar het bouwproces te kijken? Met deze visie is het onderzoek ontstaan naar de vernieuwende bouwmethodiek verticaal bouwen.

Het doel van het onderzoek is om de vernieuwde bouwmethodiek verticaal bouwen te integreren binnen het OB2 concept van Ouwehand Bouw. De hoofdvraag van het onderzoek luidt dan ook als volgt:

*'Is het rendabel om verticaal bouwen in het OB2 concept van Ouwehand Bouw te integreren? Vanaf start uitvoering tot het opleveren van twee-onder-één-kapwoningen. Hierbij gekeken naar bouwkosten, opbrengsten en bouwtijd'*

Dit met het doel om woning eerder wind- en waterdicht te maken zodat er eerder gestart kan worden met de afbouwwerkzaamheden van de woning. De vernieuwde manier van bouwen zal resulteren tot een kortere bouwtijd en lagere bouwkosten.

In het onderzoek is er gebruik gemaakt van het referentieproject Waldijk te Uitgeest. Het project bestaat uit blok 28 en 29, hierin worden 13 twee-onder-één-kapwoningen gerealiseerd. In het onderzoek is bekeken of het mogelijk is deze woningen met een verticale fasering op te bouwen. De definitie van verticaal bouwen is als volgt: *'Het stuk voor stuk opbouwen van woningen die vrijstaand of aaneengesloten zijn. Dit met de gedachte om de woningen eerder wind- en waterdicht te maken en de doorloop en bouwtijd te verkorten'*

Dit heeft geresulteerd tot het uitwerken van drie varianten.

- ♦ Variant 1 (Hoofdvraag): Verticaal bouwen met de huidige materialen;
- ♦ Variant 2 (Blik op de toekomst): Verticaal bouwen met een toekomstbestendig gevelement;
- ♦ Variant 3 (Praktijkvraag): Het opbouwen van de woning met kalkzandsteen.

Zoals in de hoofdvraag benoemd is, zal er onderzocht worden of de ontwikkelde varianten rendabel zijn. De letterlijke vertaling van 'rendabel': *Lonend, voordelig en rentegevend.*

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variant 1 | <u>Variant 1: Verticaal bouwen met de huidige materialen.</u><br>Lonend: - Één werkweek en drie werkdagen eerder wind- en waterdicht ten opzichte van huidige overallplanning;<br>- Één werkweek en vier werkdagen eerder opleveren ten opzichte van huidige overallplanning.<br><br>Voordelig: Besparing van €15.757 (0,9% van de totale bouwkosten);<br><br>Rentegevend: Het is mogelijk om eerder termijnen uitschrijven.      |
| Variant 2 | <u>Variant 2: Verticaal bouwen met een toekomstbestendig gevelement.</u><br>Lonend: - Vier werkdagen later wind- en waterdicht ten opzichte van huidige overallplanning;<br>- Twee werkweken en twee werkdagen eerder opleveren ten opzichte van huidige overallplanning.<br><br>Voordelig: Extra bouwkosten van €136.118 (7,6% van de totale bouwkosten);<br><br>Rentegevend: Het is mogelijk om eerder termijnen uitschrijven.  |
| Variant 3 | <u>Variant 3: Het opbouwen van de woning met kalkzandsteen.</u><br>Lonend: - Drie werkweken en één werkdag later wind- en waterdicht ten opzichte van huidige overallplanning;<br>- Vier werkweken en één werkdagen later opleveren ten opzichte van huidige overallplanning;<br><br>Voordelig: Besparing van €15.682 (0,9% van de totale bouwkosten);<br><br>Rentegevend: Het is niet mogelijk om eerder termijnen uitschrijven. |

**De conclusie luidt dan ook als volgt:** Variant 1 is in alle opzichten rendabel. Ouwehand Bouw kan zonder grote investeringen eenvoudig verticaal bouwen in het OB2 concept integreren. Daarnaast zijn de toegepaste optimalisaties een verbetering voor het OB2 concept.

Variant 2 is op dit moment, met de huidige bouwbesluiten, niet rendabel voor Ouwehand Bouw. Dit heeft te maken met de 7.6% extra bouwkosten vanwege de toegepaste toekomstbestendige gebouwschil. In 2020 is met een herziende EPC(waarde) van nul, variant 2 wel naar verwachting rendabel te noemen.

In tegenstelling met variant 1 en 2 is variant 3 voor Ouwehand Bouw niet rendabel. Dit heeft vooral te maken met de lange bouwtijd en het risico voor vochtophopingen in de woningen, door het laat wind- en waterdicht maken van de woningen. Het voordeel van variant 3 is dat men niet meer afhankelijk is van de prefab betonfabriek. Verder kan met kalkzandsteen de deadline van kopersopties later worden gesteld en fouten in de werkvoorbereiding eenvoudig worden opgelost.

**Het voordeel met verticaal bouwen is:**

- ♦ Besparing in bouwkosten;
- ♦ Eerder wind- en waterdicht van de woningen waardoor het risico van vochtophoping door slecht weer wordt verkleind;
- ♦ Eerder opleveren waardoor ABK kosten worden verminderd;
- ♦ Mogelijkheid om termijnen eerder uit te schrijven.

Daarnaast is de verwachting dat verticaal bouwen met rijwoningen meer voordelen met zich mee brengt dan de onderzochte twee-onder-één-kapwoningen van referentieproject Waldijk te Uitgeest.



# Summary

**Approaching the building process** with a different view. The build environment people often hold on to the standard principles in the building process, the standard methods of building. But is it not the right moment to change that habit, and approach the building process from a different perspective? With this point of view, we started the study to the innovative building method that is called the vertical building method.

**The aim of the study** is to integrate the innovative vertical building method into the OB2 concept that is used by Ouwehand Bouw. The main question of the study is as follows:

*'Is it profitable to integrate the vertical building method into the OB2 concept that is used by Ouwehand Bouw? From the physical start at the building site to completion of two houses underneath one roof project. Studied at building costs, output and construction time'.*

The aim of the study is to make houses ready to obstruct wind and water during the construction period, with the result that the start of final activities in the houses can start earlier. This innovative building method will result in a more efficient construction time and lower costs.

**During this study** project Waldijk at Uitgeest, is used as reference project. The project consist of house-blocks nr. 28 and 29. The house-blocks contains twelve two-underneath-one-roof houses and one self-contained house. In this study the research looked in to the possibilities of construct the project by the vertical building method. The definition of the vertical building method is: building houses element by element, unregarded the houses are detached or self-contained. With the idea of making houses ready to obstruct wind and water during the construction, and shorten the construction time.

This has led to the development of three options:

- ♦ Option 1 (*Main question*): build with the vertical building method with current materials;
- ♦ Option 2 (*Looking ahead*): build with the vertical building method with a future-proof façade element;
- ♦ Option 3 (*Practice Question*): Construct the project with limestone.

As has been appointed in the main question, it will be studied whether the developed options are profitable. The literal translation of 'profitable': remunerative, lucrative and interest-bearing.

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Option 1 | <p><u>Option 1: build with the vertical building method with current materials.</u></p> <p>Remunerative: - Making the building one week and three workingdays earlier ready to obstruct wind and water related to the current time-schedule.<br/>- Complete all the construction work, and transmit the building to the client one week and four workingdays earlier related to the current time-schedule.</p> <p>Lucrative: Saving of €15.757 (0,9% of the total construction costs);</p> <p>Interest-bearing: The possibility to collect parts of the payment earlier.</p>   |
| Option 2 | <p><u>Option 2: build with the vertical building method with a future-proof façade element.</u></p> <p>Remunerative: - Making the building four workingdays earlier ready to obstruct wind and water related to the current time-schedule.<br/>- Complete all the construction work, and transmit the building to the client two weeks and two workingdays earlier related to the current time-schedule.</p> <p>Lucrative: Increase of € 136.118 (7,6% of the total construction costs);</p> <p>Interest-bearing: The possibility to collect parts of the payment earlier.</p> |
| Option 3 | <p><u>Option 3: Construct the project house with limestone.</u></p> <p>Remunerative: - Making the building three weeks and one workingday earlier ready to obstruct wind and water related to the current time-schedule.<br/>- Complete all the construction work, and transmit the building to the client four weeks and one workingday earlier related to the current time-schedule.</p> <p>Lucrative: Saving of €15.682 (0,9% of the total construction costs);</p> <p>Interest-bearing: It is not possible to collect parts of the payment ealier.</p>                     |

**The conclusion of the study is:** Option 1 is efficient in all the studied variables. Ouwehand Bouw can easily make a integration of the vertical building method into their OB2 concept, without large investments. Besides that, the optimizations that are applied are an advancement for the OB2 concept.

Option 2 is at this time, with the current building requirements, unprofitable for Ouwehand Bouw. This has to do with the 7.6% extra construction costs due to the future-proof applied building facade. In 2020, with a adapted EPC of zero, this option is expected to be profitable.

In contrast to option 1 and 2, option 3 is unprofitable for Ouwehand Bouw. This is mainly due to the long construction period and the risk of moisture in the buildings, the result of obstruct the building for wind and water in a later stadium. The advantage of option 3 is that nobody is depending on the supplier of prefab concrete. Besides, with limestone elements de deadline of client-options can be later, and faults in the engineering are easily solved in the planning.

**The advantage with the vertical build method:**

- ♦ Savings in construction costs;
- ♦ Earlier obstruct the building wind- and waterproof and increasing the risk of moisture by bad weather;
- ♦ Complete construction work and transmit the building to the client earlier, where by the general construction site costs are reduced;
- ♦ The possibility to collect parts of the payment earlier.

In addition, it is expected that the vertical building method with build vertically with terraced houses is giving more advantages than the studied two-underneath-one-roof houses of the reference project Waldijk.



# Inhoudsopgave

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>VOORWOORD .....</b>                                                                                   | <b>3</b>  |
| <b>SAMENVATTING.....</b>                                                                                 | <b>4</b>  |
| <b>SUMMARY .....</b>                                                                                     | <b>6</b>  |
| <b>1. INLEIDING .....</b>                                                                                | <b>9</b>  |
| 1.1 ACHTERGRONDINFORMATIE.....                                                                           | 9         |
| 1.2 AANLEIDING AFSTUDEERONDERWERP .....                                                                  | 10        |
| 1.3 PROBLEEMBESCHRIJVING.....                                                                            | 10        |
| 1.4 LEESWIJZER .....                                                                                     | 11        |
| <b>2. THEORETISCHE ACHTERGROND .....</b>                                                                 | <b>12</b> |
| <b>3. ANALYSEREN VAN HET OB2 CONCEPT EN WAT BETEKEN HET BEGRIIP 'VERTICAAL BOUWEN'? .....</b>            | <b>13</b> |
| 3.1 WAT IS HET OB2 CONCEPT EN WAT ZIJN DE OPVALLENDE UNIQUE SELLING POINTS HIERVAN? .....                | 15        |
| 3.2 BOUWTIJD VAN HET HUIDIGE OB2 CONCEPT .....                                                           | 18        |
| 3.3 BOUWKOSTEN VAN HET HUIDIGE OB2 CONCEPT .....                                                         | 20        |
| 3.4 HOE ZIJN DE TERMIJNSTATEN VAN HET OB2 CONCEPT OPGESTELD? .....                                       | 22        |
| 3.5 WAT BETEKEN HET BEGRIIP 'VERTICAAL BOUWEN'? .....                                                    | 23        |
| 3.6 SAMENVATTENDE CONCLUSIE VAN HOOFDSTUK 3.....                                                         | 25        |
| <b>4. VERTICAAL BOUWEN TOEPASSEN IN HET OB2 CONCEPT. ....</b>                                            | <b>26</b> |
| 4.1 WELKE BEWERKINGEN VAN DE TWEE-ONDER-ÉÉN-KAPWONINGEN KUNNEN ER VERTICAAL GEBOUWD WORDEN? .....        | 28        |
| 4.2 HET OPLOSSEN VAN KNELPUNTEN DOOR HET TOEVOEGEN VAN INNOVATIES EN OPTIMALISATIES IN HET OB2 CONCEPT.. | 35        |
| 4.3 VARIANT 1 – VERTICAAL BOUWEN VAN HET OB2 CONCEPT MET HUIDIGE MATERIALEN .....                        | 41        |
| 4.4 OPTIMALISEREN VAN TERMIJNSTATEN DOOR MIDDEL VAN VERTICAAL BOUWEN .....                               | 46        |
| 4.5 VARIANT 2 – TOEKOMSTBESTENDIG VERTICAAL BOUWEN .....                                                 | 47        |
| 4.6 VARIANT 3 – KALKZANDSTEEN ALS BINNENSPOUWBLAD .....                                                  | 56        |
| 4.7 THINKING OUTSIDE THE BOX .....                                                                       | 61        |
| <b>5. VALIDEREN VAN DE ONTWIKKELDE VARIANTEN .....</b>                                                   | <b>62</b> |
| <b>6. CONCLUSIE.....</b>                                                                                 | <b>63</b> |
| <b>7. AANBEVELINGEN .....</b>                                                                            | <b>65</b> |
| <b>8. BIBLIOGRAFIE .....</b>                                                                             | <b>66</b> |
| 8.1 LIJST MET GESPROKEN DESKUNDIGEN .....                                                                | 67        |
| 8.2 LIJST MET BEZOCHTE REFERENTIEPROJECTEN .....                                                         | 67        |
| 8.3 LIJST MET GEBRUIKTE FIGUREN, TABELLEN EN GRAFIEKEN .....                                             | 68        |
| <b>9. BEGRIIPPENLIJST EN AFKORTINGEN .....</b>                                                           | <b>69</b> |
| <b>10. BIJLAGE.....</b>                                                                                  | <b>70</b> |

Bijlage 1: Bouwtijd van het OB2 concept.

Bijlage 2: Bouwkosten van het OB2 concept.

Bijlage 3: Wat betekent het begrip 'Verticaal Bouwen'.

Bijlage 4: Welke bewerkingen kunnen verticaal gebouwd worden.

Bijlage 5: Het oplossen van knelpunten door het toevoegen van innovaties en optimalisaties in het OB2 concept.

Bijlage 6: Variant 1 - Verticaal bouwen van het OB2 concept met de huidige materialen.

Bijlage 7: Optimaliseren van termijNSTATEN door middel van verticaal bouwen

Bijlage 8: Variant 2 - Toekomstbestendig verticaal bouwen.

Bijlage 9: Variant 3 - Verticaal bouwen met kalkzandsteen binnenspouwblad

Bijlage 10: Tekenwerk.

Bijlage 11: Notulen van interviews/fotoverslag Waldijk

Bijlage 12: Werkverdeling

# 1. Inleiding

In samenwerking met Ouwehand bouw Gorinchem is er een afstudeeropdracht ontwikkeld met betrekking tot de vernieuwde bouwmethodiek verticaal bouwen. Het doel van het onderzoek is om woningen eerder wind- en waterdicht te maken zodat er eerder gestart kan worden met de afbouwwerkzaamheden. De vernieuwde manier van bouwen zal resulteren tot een kortere bouwtijd en lagere bouwkosten.

Voor het starten van het onderzoek is er onderzoek uitgevoerd naar verticaal bouwen. Door middel van literatuuronderzoek zijn de studenten er achter gekomen dat enkele bedrijven al werken met de verticale bouwmethodiek. Met een bezoek aan het woning- bouwconcept Morgen Wonen van VolkerWessels in Zeist is bekeken wat de mogelijkheden zijn die verticaal bouwen met zich meebrengt. Vervolgens is het plan van aanpak geschreven die als leidraad fungeert tijdens het afstudeeronderzoek. In overleg met Ouwehand Bouw is afgesproken dat het onderzoek zich richt op de bouwmethodiek van 13 twee-onder-één-kapwoningen, die vanaf februari tot juni 2015 worden gerealiseerd op het project Waldijk te

Uitgeest. Dit om tijdens de afstudeerperiode de resultaten van het onderzoek te kunnen vergelijken en valideren met het huidige bouwproces. (Ter illustratie bijlage 11.14)

In het afstudeeronderzoek worden drie van elkaar verschillende varianten onderzocht. Deze varianten zijn:

- ♦ Variant 1 (*Hoofdvraag*): Verticaal bouwen met de huidige bouwmaterialen;
- ♦ Variant 2 (*Blik op de toekomst*): Verticaal bouwen met een toekomstbestendig gevelement;
- ♦ Variant 3 (*Praktijkvraag*): Het opbouwen van de woning met kalkzandsteen.

Hierbij zal variant 1, beschreven in hoofdstuk 4.1 tot en met 4.4, antwoord geven op de centrale vraagstelling. Bij de overige uitgewerkte varianten zal er gekeken worden of er nog een optimalisatieslag te behalen is met betrekking tot de in 2020 verlagende EPC waarden, daarnaast zal er antwoord gegeven worden op de praktijkvraag.

## 1.1 Achtergrondinformatie

Ouwehand Bouw & Vastgoedrealisatie is sinds 1943 actief in de bouwwereld. De dagelijkse leiding van het bedrijf ligt al 30 jaar in de handen van Peter Ouwehand. Het personeelsbestand van Ouwehand Bouw Groep BV bestaat circa uit 75 medewerkers welke zijn verdeelt over twee vestigingen in Gorinchem en Katwijk, beide weergegeven in figuur 1 en figuur 2. Het werkgebied ligt voornamelijk in het westen van Nederland, maar ook in andere delen van het land is Ouwehand Bouw te vinden. Uit de verschillende werkgebieden wordt jaarlijks een omzet gegenereerd van circa 40 miljoen euro.



Figuur 1: Vestiging Katwijk. (Rijnstreekbusiness, 2010)



Figuur 2: Vestiging Gorinchem. (Rijnstreekbusiness, 2010)

Ouwehand Bouw staat voor samenwerking met respect voor de positie van de partner. Dit is te herkennen doordat Ouwehand Bouw zich onderscheid door goed te luisteren en zo goed mogelijk te reageren op de wensen van de klant en de vraag vanuit de markt. De goede samenwerking in keten

heeft geleid tot een conceptuele werkmethode genaamd het OB2 concept. Een aantal gestandaardiseerde details zorgen voor een terugkomende manier van bouwen in utiliteit en woningbouw.

## 1.2 Aanleiding afstudeeronderwerp

In de hedendaagse bouwcultuur wordt vaak het uitvoeringsproces geoptimaliseerd door middel van Lean bouwen. Naast deze optimalisatie als onderdeel in het gehele bouwproces zijn studenten en docenten tijdens projectonderzoek voor Hogeschool Utrecht in aanraking gekomen met de verticaal bouwen methodiek. In de huidige woningbouw wordt op traditionele manier horizontaal gebouwd, maar is deze manier van bouwen nog van deze tijd?

Verticaal bouwen is een nieuw begrip in de gebouwde omgeving. Uit literatuuronderzoek is gebleken dat met het verkorten van bouwtijd op locatie kosten kan worden bespaard. Daarnaast kan door middel van verticaal bouwen woningen eerder wind- en waterdicht worden gemaakt. Hierdoor kan er sneller met de afbouwwerkzaamheden gestart worden en is de totale bouwtijd korter.<sup>1</sup>

Uit een gesprek met bedrijfsleider Jan Maarten van der Linden is gebleken dat Ouwehand Bouw wel bekend is met deze nieuwe bouwmethodiek. Daarentegen nog niet de kennis heeft om het toe te passen en wat de mogelijkheden qua bouwtijd en bouwkosten met verticaal bouwen binnen het OB2 concept zijn. Dit is dan ook de aanleiding geweest om het afstudeeronderwerp verticaal bouwen bij Ouwehand bouw Gorinchem uit te voeren.<sup>2</sup>

## 1.3 Probleembeschrijving

### 1.3.1 Probleemstelling

Het is bij Ouwehand Bouw nog onbekend wat voor mogelijkheden verticaal bouwen biedt voor het OB2 concept.

### 1.3.2 Doelstellingen

Uit de probleemstelling volgen zes doelstellingen die de basis vormen voor het onderzoek:

- ♦ Het integreren van verticaal bouwen in het OB2 concept;
- ♦ Het zo snel mogelijk wind- en waterdicht maken van een woning;
- ♦ Door middel van verticaal bouwen woningen eerder opleveren ten opzichte van de huidige bouwmethodiek;
- ♦ Door middel van verticale bouwmethoden kostentechnische voordelig bouwen;
- ♦ De vernieuwde bouwmethodiek zodanig ontwikkelen dat Ouwehand Bouw minder afhankelijk is van levertijden van externe partijen;
- ♦ Termijnstaten aan de hand van verticaal bouwen optimaliseren, zodat er voor Ouwehand Bouw meer voordelen uit voortkomen.

### 1.3.3 Onderzoeksvragen

#### Kennisvraag

Wat is de impact van de nieuwe verhoudingen en vernieuwde processen zoals verticaal bouwen op het concept OB2 van Ouwehand Bouw?

#### Praktijkvraag

Zijn er met verticaal bouwen buiten de prefab betonnen casco's andere toekomstmogelijkheden om de ruwbouw van het OB2 concept uit te voeren?

#### Hoofdvraag

Is het rendabel om verticaal bouwen in het OB2 concept van Ouwehand Bouw te integreren? Vanaf start uitvoering tot het opleveren van twee-onder-één-kapwoningen. Hierbij gekeken naar bouwkosten, opbrengsten en bouwtijd.

---

<sup>1</sup> (Fraanje, 2014)

<sup>2</sup> (Linden, 2014)

## Deelvragen

### Analyse:

- ♦ Wat zijn de Unique Selling Points van het OB2 concept ten opzichte van andere bouw concepten?
- ♦ Met welke bouwmethodiek is het OB2 concept nu opgebouwd?
- ♦ Welke bouwkosten spelen binnen het OB2 concept een belangrijke rol?
- ♦ Hoe is de bouwtijd van het huidige OB2 concept nu opgebouwd?
- ♦ Welke termijnverdeling wordt gehanteerd in het huidige OB2 concept?
- ♦ Wat houdt de nieuwe innovatieve bouwmethodiek verticaal bouwen in?

### Variante onderzoek:

- ♦ Welke gebouwonderdelen die verticaal gebouwd kunnen worden zijn efficiënt toe te passen in het OB2 concept?
- ♦ Op welke manier is het kostentechnische voordeliger om de verticaal bouwen methodiek toe te passen ten opzichte van de huidige bouwmethodiek van het OB2 concept?
- ♦ Op welke manier is de bouwtijd met verticaal te bouwen te optimaliseren ten opzichte van de huidige bouwmethodiek van het OB2 concept?
- ♦ Op welke manier kan de termijnverdeling door middel van verticaal bouwen geoptimaliseerd worden?

## 1.4 Leeswijzer

Om de lezer in deze scriptie wegwijs te maken wordt er met de leeswijzer stapsgewijs uitgelegd hoe het onderzoek is opgesteld.

De scriptie begint in hoofdstuk 2 met de theoretische achtergrond van het onderzoek. Hier wordt beschreven welke theorie ter grondslag ligt met betrekking tot het schrijven van deze scriptie.

In hoofdstuk 3 staat het OB2 concept centraal. Door middel van analyseren wordt inzichtelijk gemaakt wat de huidige bouwmethodiek is, met daarbij de bijbehorende doorlooptijden en bouwkosten. Met behulp van interviews worden de Unique Selling Points van het OB2 concept beschreven.

Het onderzoek naar de mogelijkheid verticaal bouwen te intrigeren in het OB2 concept staat in hoofdstuk 4 weergegeven. Ten eerste worden tijdsbepalende bewerkingen onderzocht of ze verticaal gebouwd kunnen worden en of dit wel meerwaarde heeft. Vervolgens worden er knelpunten aangehaald en optimalisaties bedacht om verticaal bouwen een kans van slagen te geven. Verder wordt er onderzocht of verticaal bouwen een positieve uitwerking heeft op de termijnschema's van Ouwehand Bouw. Bovendien wordt er met variant twee een toekomstbestendig OB2 concept beschreven. Variant 3 is ontwikkeld om de praktijkvraag te kunnen beantwoorden. Tot slot wordt er aandacht besteed aan 'thinking outside the box'

Omdat de studenten het belangrijk vinden dat de gemaakte varianten daadwerkelijk in de praktijk toegepast kunnen worden, wordt in hoofdstuk 5 gevalideerd met deskundige op het gebied van de gebouwde omgeving.

Hoofdstuk 6 geeft de conclusie van het onderzoek weer. Waarbij gericht antwoord wordt gegeven op de hoofdvraag. Aanbevelingen worden in hoofdstuk 7 toegelicht.

De bibliografie met gebruikte artikelen en documenten is in hoofdstuk 8 opgenomen. Hoofdstuk 9 bestaat uit een opsomming van begrippen en afkortingen die onbekende woorden voor de lezer begrijpend maakt. Tot slot bestaat hoofdstuk 10 uit bijlagen die het onderzoek naar verticaal bouwen ondersteund. Hierin zal in bijlage 12 de werkverdeling zijn weergegeven, zo is overzichtelijk te zien wat welke student heeft bijgedragen aan deze scriptie.

In deze scriptie worden vaak onder afbeeldingen geen bronnen weergegeven. Dit houdt in dat het dan een eigen bewerking is.

## 2. Theoretische achtergrond

---

Uit literatuuronderzoek blijkt, dat in het huidige bouwproces een uiterst korte doorloop en bouwtijd een pré is. Dit omdat de rente over de bouwperiode hierdoor minimaal is en de exploitatie van de woning direct kan beginnen.<sup>3</sup>

Echter met de huidige manier van bouwen is de doorlooptijd nog slechts minimaal te verkorten. De gebouwde omgeving is dan ook op zoek naar innovatieve en vernieuwde bouwmethodieken. De sleutel naar vernieuwde bouwconcepten in de woningbouw is “*eenvoud in de opzet*”<sup>4</sup>, dit geldt ook voor het onderzoek naar het toepassen van verticaal bouwen.

Het onderzoek dat is uitgevoerd naar verticaal bouwen heeft als doel verticaal bouwen te integreren in het bestaande OB2 concept van Ouwehand Bouw. Waardoor woningen eerder wind- en waterdicht worden gemaakt, dit met het voordeel dat er eerder opgeleverd kan worden met daarbij minder bouwkosten.

Gedurende 17 weken is er intern onderzoek uitgevoerd bij Ouwehand Bouw Gorinchem. Hierbij is gebruik gemaakt van bouwkundige experts op verschillende lagen binnen de organisatiestructuur van Ouwehand Bouw. Deze experts zijn:

- ♦ Andre Krom – uitvoerder;
- ♦ Erik Versteegh – werkvoorbereider;
- ♦ Coen Verdugt – calculator;
- ♦ Dennis de Fuijk en Gerdien Barlag - projectleiders;
- ♦ Jan-Maarten van der Linden – bedrijfsleider;
- ♦ Rob van der Graaf – vestigingsdirecteur.

Aan de hand van interviewen met de bovengenoemde experts zijn de afstudeerstudenten Unique Selling Points en knelpunten van het OB2 concept te weten gekomen. Vervolgens zijn nagenoeg alle bevindingen met dezelfde experts gevalideerd. Dit om de kwaliteit en betrouwbaarheid van het afstudeeronderzoek naar verticaal bouwen te waarborgen.

Naast de experts binnen Ouwehand Bouw is er ook informatie verwerft bij externe partijen. Zo zijn verschillende bouwlocaties bezocht in Zeist, Utrecht en Zwijndrecht van bedrijven Morgen Wonen, Bébouw Midreth en Bam Woningbouw Rotterdam. Tijdens het bezoek aan deze referentieprojecten zijn verschillende ideeën ontdekt, welke met het schrijven van het afstudeeronderzoek naar verticaal bouwen zijn meegenomen.

Daarnaast is er onderzoek gedaan naar de basis van het OB2 concept. Met het bijwonen van het congres Netwerk Conceptueel Bouwen in Rotterdam is de invloed van conceptueel bouwen in Nederland met de heer Van Dalen, directeur van woningbouwvereniging KleurrijkWonen, besproken. Door deze informatieve avond is het conceptueel bouwen voor de studenten begrijpelijker geworden.

Met behulp van de bovenstaande theoretische achtergrond is de eindconclusie van het onderzoek praktische mogelijk. Bovendien is dit met het valideren bevestigd door de heer Krom<sup>5</sup> en de heer van der Graaf.<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> (Fraanje, 2014)

<sup>4</sup> (Ragna Clocquet, 2010)

<sup>5</sup> Interview met de heer Krom (Bijlage 11.7)

<sup>6</sup> Interview met de heer van der Graaf (Bijlage 11.5)

# 3. Analyseren van het OB2 concept en wat betekent het begrip ‘verticaal bouwen’?

*‘Betaalbaar kwalitatief goede woningen met een snelle bouwtijd’* Dat is de belofte die Ouwehand Bouw doet naar haar klanten. Maar op welke manier en werkwijze komt Ouwehand Bouw deze belofte na?

Het doel van het hoofdstuk analyse is het kennismaken met het OB2 concept van Ouwehand Bouw. Dit zal zich richten op de uitvoeringsfase waarbij gekeken wordt naar de huidige bouwtijd, bouwkosten en termijnenregeling van de 13 twee-onder-één-kapwoningen op het referentieproject Waldijk. Het hoofdstuk analyse wordt afgesloten met een onderzoek naar huidige bouwconcepten waarbij verticaal bouwen al geïntroduceerd is.

Dit hoofdstuk is geschreven met als doel het opstellen van randvoorwaarden waaraan de vernieuwde verticaal bouwen variant van het OB2 concept aan moet voldoen. Zodat aan het einde van het onderzoek een conclusie geschreven kan worden. Deze conclusie zal gebaseerd zijn op feiten en op waarheid gebaseerde argumenten.

## Wat is conceptueel bouwen?

Voor het maken van dit hoofdstuk is er vooronderzoek gedaan naar conceptueel bouwen. Dit omdat het huidige OB2 concept op de markt wordt gepresenteerd als conceptuele bouwmethode, maar wat is een conceptuele bouwmethode?

Als er gesproken wordt over ‘concepten of conceptueel’ dan is dit een breed begrip en wat betekend dit dan? In de gebouwde omgeving staat conceptueel bouwen voor minder zorgen tijdens het bouwproces, meer zekerheid over het eindresultaat en een gunstige prijs-kwaliteit verhouding.

Traditioneel brengt een opdrachtgever verschillende partijen bij elkaar om woningen te ontwerpen en te realiseren. Het blijkt doorgaans dat deze manier van bouwen niet meer voldoet aan eisen die worden gesteld vanuit de markt en de overheid. Hierbij kan gedacht worden aan eisen betreft geluidsisolatie, warmte-isolatie en energiezuinigheid van de woning.

De huidige bouwmethodiek wordt meer complexer door uitgebreidere installaties en veranderde eisen uit het bouwbesluit, het gevolg is dat er meer partijen betrokken zijn bij het bouwproces. De gebouwde omgeving is niet alleen complexer geworden maar ook is de keus voor de klant vervelvoudigd. Zo heeft de koper een tal van kopersopties bij de aankoop van een woning, dit om zo flexibel mogelijk in te spelen naar de vraag van de klant. Door deze ontwikkelingen zijn alle partijen niet meer in staat om een oplossing te realiseren die voldoet aan de eisen van de klant. Wat kan leiden tot een

inefficiënt proces, verhoogde faalkosten en een oplossing waar de klant niet tevreden mee is.

Door middel van het bijwonen van het Jaarcongres Netwerk Conceptuele Bouwen is gebleken dat conceptueel bouwen bestaat uit een standaardisatie ontwikkelen in een product of proces waarbij er ruimte is voor maatwerk per klant.<sup>7</sup> Het maatwerk wordt gerealiseerd door middel van flexibele standaard producten waarmee met het toevoegen van unieke elementen maatwerk gemaakt kan worden. Het maatwerk voor de klant wordt gerealiseerd met behulp van een vast ketenteam, in dit ketenteam is de aannemer het aanspreekpunt voor de klant. Het ketenteam zal bestaan uit ontwikkelaars, architecten, adviseurs, bouwbedrijven, onder-aannemers en toeleveranciers.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> (Dalen, 2015)

<sup>8</sup> (Huijbregts, 2014)

### Beschrijving deelvragen

Om inzicht te krijgen over de huidige werkwijze van Ouwehand Bouw en de huidige opbouw van het OB2 Concept zal in dit hoofdstuk een analyse uitgevoerd worden. In deze analyse zullen de volgende deelvragen worden beantwoord:

- ♦ Wat zijn de Unique Selling Points van het OB2 concept ten opzicht van andere concepten?
- ♦ Met welke bouwmethodiek is het OB2 concept nu opgebouwd?
- ♦ Hoe is de bouwtijd van het huidige OB2 concept nu opgebouwd?
- ♦ Welke bouwkosten spelen binnen het OB2 concept een belangrijke rol?
- ♦ Welke termijnverdeling wordt gehanteerd in het OB2 concept?
- ♦ Wat houdt de nieuwe innovatieve bouwmethodiek verticaal bouwen in?

Met behulp van antwoorden uit de bovenstaande deelvragen zal geconcludeerd worden wat het OB2 concept inhoudt en hoe het concept is opgebouwd. Daarnaast zal de vraag beantwoordt worden: 'Wat houdt de nieuwe innovatieve bouwmethodiek verticaal bouwen in?' Dit zal dan ook basis vormen van hoofdstuk 5: 'Onderzoek naar verticaal bouwen'.



### 3.1 *Wat is het OB2 concept en wat zijn de opvallende Unique Selling points hiervan?*

Het OB2 concept wat staat voor het Ouwehand Bouw Budget Concept is circa tien jaar geleden geïntroduceerd binnen Ouwehand Bouw & Vastgoedrealisatie. Het OB2 concept heeft als doel betaalbare en kwalitatief goede woningen te realiseren met een hoge bouwsnelheid. Met deze doelstellingen kan er ingespeeld worden op de vraag vanuit de markt.

#### 3.1.1 **Werkwijze OB2 concept**

Het OB2 concept is gebaseerd op een bepaalde werkwijze, deze werkwijze hanteert Ouwehand Bouw al tientallen jaren. Echter met de introductie van het OB2 concept is deze werkwijze vastgelegd om zo bedrijfsbreed een totaal concept te kunnen aanbieden met dezelfde prijs en kwaliteit verhouding.

De werkwijze van het OB2 concept bestaat uit standaardiseren van verschillende handelingen en processen. Dit zowel in de calculatie, voorbereiding en uitvoeringsfase van projecten. In de werkvoorbereiding houdt dat in dat er gewerkt wordt met velerlei standaard details van aansluitingen en hoekoplossingen, hier kan men denken aan het gebruiken van eenzelfde materialen en producten. Door het gebruik van standaardisatie in de werkvoorbereiding zal automatisch in de uitvoering van het project

gestandaardiseerde werkprocessen en handelingen plaatsvinden. Een voorbeeld hiervan kan zijn dat een hoekoplossing of een aansluiting van een kozijn altijd op dezelfde manier wordt uitgevoerd. Doordat deze handeling altijd op dezelfde manier wordt uitgevoerd is de kans op het maken van fouten kleiner waardoor de faalkosten lager uitkomen.<sup>9</sup>

De standaardisatie komt ook ten goede in de calculatiefase. Uit het basismodel van de OB2 woning kan eenvoudig een kostenraming voor één woning gemaakt worden, maar ook voor een geheel projectplan. De calculator kan op deze manier snel en effectief werken.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Interview met de heer van der Graaf (Bijlage 11.5)

<sup>10</sup> Interview met de heer Verdugt (Bijlage 11.3)

#### 3.1.2 **Verschillende woningtypen**

Door de standaardisatie in het proces en product zou het mogelijk kunnen zijn dat het OB2 concept een standaard product wordt, echter is dit in het OB2 concept niet het geval. Voor elk project kan er maatwerk geleverd worden.

Het OB2 concept bevat zes basistypen woningen die in een aantal verschillende uitvoeringen gebouwd kunnen worden, dit zowel grondgebonden als gestapelde woningen. Met deze zes basistypes kunnen verschillende combinaties gecreëerd worden.

Deze basiswoningen weergegeven in figuur 3 bestaan uit: rijwoningen, twee-onder-een-kapwoningen, beneden-boven woningen, galerie- en corridorwoningen, portiek en vrijstaande woningen. Alle types zijn uitvoerbaar in verschillende beukmaten.<sup>11</sup>



Figuur 3: Basistype OB2 woningtype. Bron: (Bouw, 2014)

#### 3.1.3 **Unique Selling Points**

Het OB2 concept is kenmerkend door de vele Unique Selling Points die het OB2 concept in zich heeft. Uit onderzoek en interviews met diverse medewerkers<sup>12</sup> binnen Ouwehand Bouw zijn de volgende Unique Selling Points naar voren gekomen.

<sup>11</sup> (Bouw, 2014)

<sup>12</sup> Interviews intern, deze zijn als notulen in bijlage 11 bijgevoegd.

- ♦ Lage bouwkosten;
- ♦ Snelle bouwtijd;
- ♦ Flexibel bouwsysteem door middel van wisselende beukmaten, en mogelijkheid tot uitbreiding;

- ♦ Het ontwikkelen van een totaalpakket;
- ♦ Standaard detaillering;
- ♦ Vrije keus in uitstraling.

### 3.1.4 Nadelen OB2 concept

De manier hoe het huidige OB2 concept is opgebouwd is passend binnen Ouwehand Bouw. Echter blijkt uit onderzoek dat het OB2 concept niet onderscheidend is. De vraag is dan ook op welke manier Ouwehand Bouw zich kan onderscheiden ten opzichte met collega aannemers. Daarnaast is de bouwmethodiek van het huidige concept vrij traditioneel, een voorbeeld hiervan is dat de gevels nog op traditionele wijze wordt gemetseld. Deze manier van werken is tijdrovend en zeer gevoelig voor

weersinvloeden. Daarnaast is uit interviews met de heer van der Graaf<sup>13</sup> en de heer van der Linden<sup>14</sup> gebleken dat er nauwelijks uit eigen initiatief energiezuinige en toekomstbestendige woningen worden ontwikkeld dan wel gebouwd. Het komt alleen voor als de klant dit graag wenst.

<sup>13</sup> Vestigingsdirecteur Ouwehand Bouw Gorinchem

<sup>14</sup> Bedrijfsleider Ouwehand Bouw Gorinchem.

### 3.1.5 Huidige bouwmethodiek

Om tot een goede analyse te komen op het gebied van de bouwmethodiek, is er gewerkt met het vertalen van de huidige overallplanning van het referentieproject de Waldijk in tekst, foto's en tekeningen.

Om structuur in dit hoofdstuk aan te brengen wordt er gewerkt met bouwfaseringen.

- ♦ Fasering onderbouw;
- ♦ Fasering ruwbouw;
- ♦ Fasering gevel/dak;
- ♦ Fasering afbouw.

#### Bouwfasering onderbouw

Bij aanvang van het bouwproject zal er gestart worden met het uitzetten van het grondwerk van blok 28 en blok 29. Als deze handeling gereed is zal er gestart worden met het ontgraven van de bouwput, waarna de heipalen hierin worden uitgezet. Om het gewicht van de woning over te brengen op de draagkrachtige grond worden er heipalen aangebracht, waarna hierop een prefab balkenrooster wordt gelegd. Deze beide faseringen verlopen op traditionele wijze achter elkaar aan. Dit is overzichtelijk weergegeven in figuur 4.

#### Fasering ruwbouw

De cascowerkzaamheden starten direct achter de funderingswerkzaamheden aan. Waarbij eveneens de bouwrouting uit figuur 4 wordt aangehouden. Deze bouwrouting is aan de hand van hijsbewegingen van de prefab betoncasco werk-aamheden bepaald. Deze routing is het meest efficiënt voor de bereikbaarheid van de kraan bij het plaatsen van casco elementen.

Eerst wordt de ribcassettevloer gelegd die als begane grondvloer fungeert. Als dit bij alle woningen gereed is, wordt vervolgens prefab betoncasco wanden geplaatst waardoor de begane grond gesloten wordt. Kozijnen inclusief glas zijn direct op de betoncasco wanden in de fabriek gemonteerd. Nadat de wanden op de begane grond gereed zijn zal er gestart worden met het leggen van de 1<sup>e</sup> verdieping vloeren, deze zijn uitgevoerd door kanaalplaatvloeren en prefab massieve betonplaatvloeren. Daarna volgen de prefab betonnen wanden voor de 1<sup>e</sup> verdieping en vloeren voor de 2<sup>e</sup> verdieping.



Figuur 4: Bouwvolgorde heiwerkzaamheden en balkenfundering.

Nadat de kanaalplaatvloeren voor de 2<sup>e</sup> verdieping gereed zijn, worden er betoncasco toppen geplaatst. Zodra dit is afgerond wordt de woning wind- en waterdicht gemaakt met de prefab scharnierkap.

#### Uitvoering:

Het prefab betoncasco wordt door middel van lasverbindingen één constructief geheel gemaakt. Dit is weergegeven in figuur 5 en figuur 6. Om contactgeluid te voorkomen wordt er ter plaatse van de woningscheidende wanden een ankerloze spouw toegepast.

#### Bouwfaserings Gevel

Aansluitend aan de bouwfaserings ruwbouw wordt als de profielen zijn gesteld en de 1<sup>e</sup> slag (tot bovenzijde voordeurkozijn) van de steiger is opgebouwd een start gemaakt met het isoleren van de gevels en het metselen ervan. Het metselen start vrijwel direct met het leggen van de prefab scharnierkappen. Als de hoogte van de 1<sup>e</sup> slag is bereikt wordt er ter plaatse van de erker en uitbouw een waterdicht bitumen laag aangebracht. Uit een gesprek met de heer van der Linden<sup>15</sup> is gebleken dat dit wordt gedaan om de woning waterdicht te maken, zodat er eerder gestart kan worden met de afbouwwerkzaamheden. De definitieve dakbedekking wordt als de steiger is gedemonteerd over de eerste laag aangebracht. De oude laag krijgt dan

de functie als dampremmende laag. Nadat de 1<sup>e</sup> slag is gemetseld wordt de steiger tot de dakrand opgebouwd. Waardoor de overige profielen gesteld en de kozijnen nagesteld kunnen worden. Tevens wordt de 2<sup>e</sup> slag (tot onderzijde 1<sup>e</sup> verdiepingskozijn) geïsoleerd en gemetseld. Direct hier opvolgend wordt de 3<sup>e</sup> slag (dakrand) en de toppen gemetseld.

Vervolgens kunnen de goten, overstekken en luifels worden aangebracht. Tegelijkertijd worden pannen gelegd en de gevel voorzien van voegwerk. Als alle genoemde activiteiten gereed zijn kan de steiger worden gedemonteerd. Hierdoor ontstaat er ruimte waardoor bergingen gerealiseerd kunnen worden.

<sup>15</sup> Bedrijfsleider Ouwehand Bouw Gorinchem

#### Bouwfaserings afbouw

Voordat alle partijen gaan starten met de afbouwfase worden de definitieve trappen in de woningen geplaatst. Hierdoor hoeft er geen gebruik van hulpladders worden gemaakt. Voorafgaand aan het zetten van binnenwanden wordt de zandcementvloer gesmeerd. Als de installaties gereed zijn komt de stukadoor om de wanden en plafonds af te werken.



Figuur 5: Verbinden prefab wandelementen



Figuur 6: Lasplaten ter plaatse van prefab wanden.

#### **3.1.6 Deelconclusie**

Kennismaken met het OB2 concept was het uitgangspunt van deze analyse. Uit interview met de heer van der Graaf<sup>16</sup> en de heer de Fuijk<sup>17</sup> van Ouwehand Bouw is vooral gebleken dat het OB2 concept niet een concept is maar een proces. Werken met standaard detaillering, waar alle medewerkers binnen Ouwehand Bouw mee bekend zijn is een dergelijk voorbeeld. Daarnaast zijn flexibiliteit en klantvriendelijkheid twee belangrijke begrippen binnen Ouwehand Bouw. Hieruit volgende de onderstaande Unique Selling Points die behouden moeten blijven in de verticaal bouwen variant.

- ♦ Lage bouwkosten;
- ♦ Snelle bouwtijd;
- ♦ Flexibel bouwsysteem door middel van wisselende beukenmaten;
- ♦ Het ontwikkelen van een totaal pakket;
- ♦ Standaard detaillering;
- ♦ Vrije keus in uitstraling.

Naast de Unique Selling Points is ook naar voren gekomen dat de OB2 woningen opgebouwd zijn uit prefab materialen, dit om goede kwaliteit te leveren en een korte bouwtijd te realiseren. Daarnaast valt ook op dat de huidige bouwmethodiek nog veel traditionele elementen bevat, zoals het metselen van de gevel. Met het oog op de toekomst zouden er mogelijke problemen kunnen voortkomen met betrekking tot het behalen van hogere Rc-waardes van de huidige gevelconstructie.

<sup>16</sup> Interview met de heer van der Graaf (Bijlage 11.5)

<sup>17</sup> Interview met de heer de Fuijk (Bijlage 11.4)

## 3.2 Bouwtijd van het huidige OB2 concept

Een korte Time to delivery is één van de belangrijke kenmerken van Het Nieuwe Bouwen. Vandaag bestelt en morgen geleverd, klanten willen niet nog een jaar wachten tot oplevering<sup>18</sup>. Met de toepassing van het OB2 concept kan Ouwehand Bouw snel reageren op de vraag vanuit de markt, en met de korte bouwtijd biedt Ouwehand Bouw een compleet pakket aan. Zo worden de 13 twee-onder-één-kapwoningen van het referentieproject Waldijk al binnen 21.4 weken gerealiseerd. Maar op welke manier wordt deze relatief korte bouwtijd gerealiseerd, en wat zijn in de overallplanning de struikelpunten?

<sup>18</sup> (Fraanje, 2014)

### 3.2.1 Overallplanning

Om het project binnen de gestelde tijd af te ronden wordt er een overallplanning opgesteld. Hierin zijn aan alle uit te voeren handelingen tijdseenheden gekoppeld. Uit de overallplanning zal blijken of het mogelijk is verschillende handelingen op elkaar aan te sluiten. In bijlage 1.1 is de overallplanning weergegeven die door de werkvoorbereiding is opgezet ten behoeve Van blok 28 en 29. Deze is

opgebouwd uit vier verschillende fases, dit zijn onderbouw, gevel/dak, afbouw, opleverfase. Onder elk kopje staan bewerkingen die moeten worden uitgevoerd. Bij het opzetten van een overallplanning worden een aantal uitgangspunten aangenomen. De uitgangspunten zijn in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1: Uitgangspunten overallplanning

|                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| Vakantie:          | 22 december 2014 tot 4 januari 2015 |
| Start bouwproject: | 2 februari 2015                     |
| Eindbouwproject:   | 30 juni 2015                        |

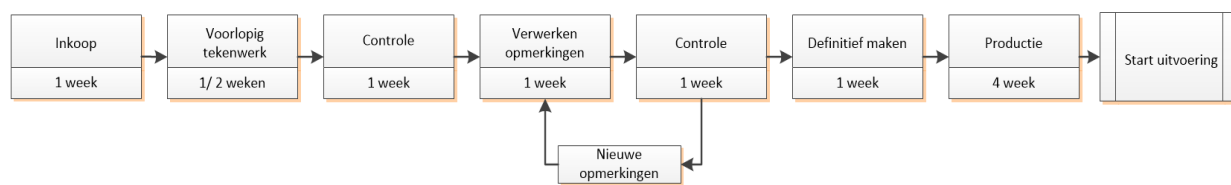
### 3.2.2 Voorbereidingsduur

Naast de bouwtijd zijn in de overallplanning ook data 's vastgesteld van handelingen die in de voorbereiding belangrijk zijn. Als de start en opleveringsdatums bekend zijn van het project, wordt de uiterste datum vastgesteld voor de inkoop en de opdrachtverstrekking. Hiervoor zal één week ingepland worden om dit af te ronden.

Ook is het tijdsbestek vastgesteld voor het maken van de voorlopige werktekeningen. Een leverancier heeft één tot twee weken de tijd voor het opzetten ervan, dit is afhankelijk van de bewerking. Nadat de leverancier de eerste werktekening heeft gemaakt stuurt hij deze ter controle naar de werkvoorbereider. De werkvoorbereider zal binnen vijf dagen de voorlopige werktekeningen controleren. Als er fouten zijn wordt dit genoteerd en weer retour gezonden.

De leverancier heeft op zijn beurt weer vijf dagen om de opmerkingen te verwerken op de tekeningen. Nadat de opmerkingen verwerkt zijn zullen deze weer voor controle/definitief naar de werkvoorbereider gestuurd worden. Als de tekeningen definitief zijn zal er akkoord gegeven worden voor de productie van het onderdeel. De productie van de elementen zal gemiddeld vier weken duren, echter is dit afhankelijk van het onderdeel.

In het onderstaande schema (figuur 7) is visueel weergegeven hoe het voorbereidingsproces verloopt.



Figuur 7: Visuele weergaven voorbereidingsproces.

### 3.2.3 Kritieke pad

Het kritieke pad wil zeggen dat partijen die aan het kritieke pad grenzen, geen vertragingen mogen oplopen. Is dit wel het geval, dan vertraagd dit het gehele bouwproces. Om inzicht te krijgen waar het kritiek pad zich bevindt, zal deze ingetekend worden in de huidige bouwplanning. In bijlage 1.1 is de planning weergegeven waarbij het kritieke pad met een rode lijn is aangegeven.

Uit de analyse van de overallplanning zijn hieronder de belangrijkste bewerkingen weergegeven die op het kritieke pad liggen:

- ♦ Start productie heipalen;
- ♦ Start productie prefab funderingen;
- ♦ Start productie betoncasco;
- ♦ Start productie kozijnen;
- ♦ Voortgang metselwerk;
- ♦ Start productie kappen.

Naast het kritieke pad blijkt uit het interview met de heer Verdugt<sup>19</sup> dat de deadline van de kopersopties acht weken voor start bouw sluit. Na deze sluiting zijn er geen kopersopties meer mogelijk, dit vermindert dan ook de flexibiliteit van het OB2 concept.

Ook blijkt uit eerder uitgevoerde projecten dat het traditioneel metselen dat wordt toegepast in het

OB2 concept een vertragend bewerking is. Dit komt omdat het traditioneel metselen gevoelig is voor weersinvloeden. Naast de weersinvloeden is het productieniveau laag. De steiger kan niet eerder weg, waardoor de kosten van de huur omhoog gaan. Ook een gevolg is dat het invoeren van de nuts ook laat in het bouwproces gerealiseerd kan worden, dit omdat de nutsinvoer pas gerealiseerd kan worden als de ondergrond vrij is van obstakels.

<sup>19</sup> Calculator Ouwehand Bouw Gorinchem (Bijlage 11.3)

### 3.2.4 Voorbereiding en uitvoeringsduur

Na het analyseren van de huidige overallplanning en het intekenen van het kritieke pad is gebleken dat de snelle bouwtijd wordt gerealiseerd door het toepassen van vele prefab elementen. Dit zijn bijvoorbeeld prefab funderingsbalken, betonnen cascowanden en prefab scharnierkappen etc. Echter een groot nadeel van het toepassen van prefab materialen is de lange voorbereidingstijd die hiervoor nodig is en tijdens het bouwproces niet meer flexibel kunnen inspelen op de vraag vanuit de klant.

### 3.2.5 Deelconclusie

Uit de analyse van de overallplanning en interviews die zijn gehouden komt naar voren dat de bewerkingen die aan het kritieke pad liggen vaak ook een lange voorbereidingstijd hebben. Deze lange voorbereidingstijd is nodig doordat er gewerkt wordt met vele prefab elementen. Hierbij is het noodzakelijk om van te voren alle kopersopties vast te leggen zodat dit op tijd in de elementen verwerkt kan worden. De bewerkingen die op het kritieke pad liggen of vertragende factoren zijn worden hieronder weergegeven:

- ♦ Deadline kopersopties;
- ♦ Heiwerk en prefab funderingen;
- ♦ Prefab betoncasco;
- ♦ Buitenkozijnen;
- ♦ Metselwerk;
- ♦ Sporenkap en dakpannen;
- ♦ Dakgoten;
- ♦ Afbouw en installaties.

De snelle bouwtijd wordt grotendeels gecreëerd door te werken met prefab materialen. Daarentegen is het struikelpunt dat de kopersopties acht weken voor start bouw vastgelegd horen te zijn. Dit minimaliseert dan ook de flexibiliteit van het OB2 concept.

Onderdelen die op het kritieke pad liggen worden in hoofdstuk 4 verder onderzocht. Hierin zal gekeken worden of er andere bouwsystemen zijn om het betreffende onderdeel te vervangen. Hiermee met het doel om de doorloop- en bouwtijd in het bouwproces te verkorten.

### 3.3 *Bouwkosten van het huidige OB2 concept*

Uit het onderzoek van Benchmark Conceptueel Bouwen is gebleken dat conceptueel bouwen van standaard woningen gemiddeld 11% goedkoper is dan traditionele woningbouw. Voor afwijkende woningen is dit percentage 7%.<sup>20</sup> Daarnaast blijkt uit een interview met de heer van der Graaf dat Ouwehand Bouw 30% goedkoper bouwt dan voor het introduceren van het OB2 concept in 2004.<sup>21</sup>

Dat Ouwehand Bouw positieve resultaten heeft behaald met conceptuele woningbouw is helder. Maar wat de exacte kosten van het OB2 concept zijn is in het onderzoek naar verticaal bouwen nog onduidelijk. Aan de hand van analyseren van de werkbegroting van het OB2 concept wordt er gezocht naar opvallende bouwkosten en waarnaar verwachting in het vervolgonderzoek winsten zijn te behalen.

#### 3.3.1 Analyse werkbegroting

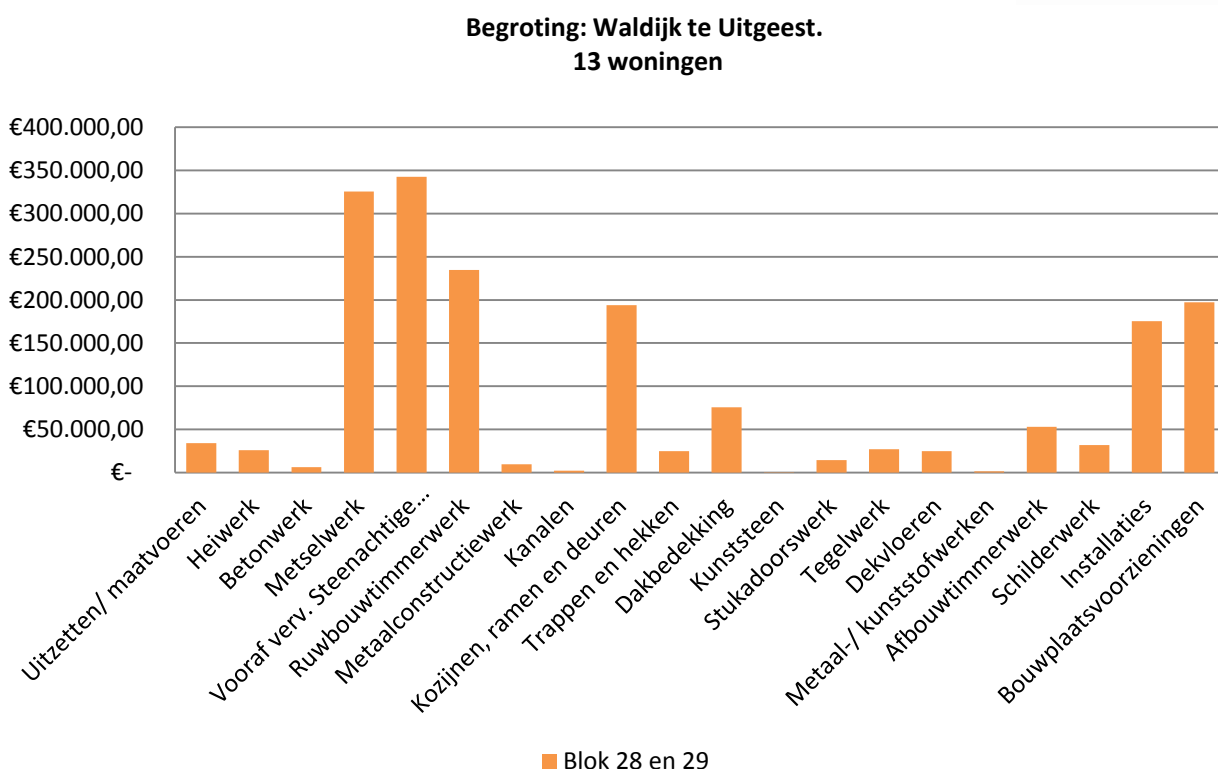
Met het analyseren van de werkbegroting van het OB2 concept zijn er zes pieken aan te wijzen, (zie grafiek 1)

- ♦ Metselwerk (18% van de totale bouwsom);
- ♦ Vooraf vervaardigde steenachtige materialen (19% van de totale bouwsom);
- ♦ Ruwbouwtimmerwerk (13% van de totale bouwsom);
- ♦ Kozijnen, ramen en deuren (11% van de totale bouwsom);
- ♦ Installaties (10% van de totale bouwsom);
- ♦ Bouwplaats voorzieningen (11% van de totale bouwsom).

Niet getoonde bewerkingen en procenten zijn weergegeven in bijlage 2.

<sup>20</sup> (Energie, 2013)

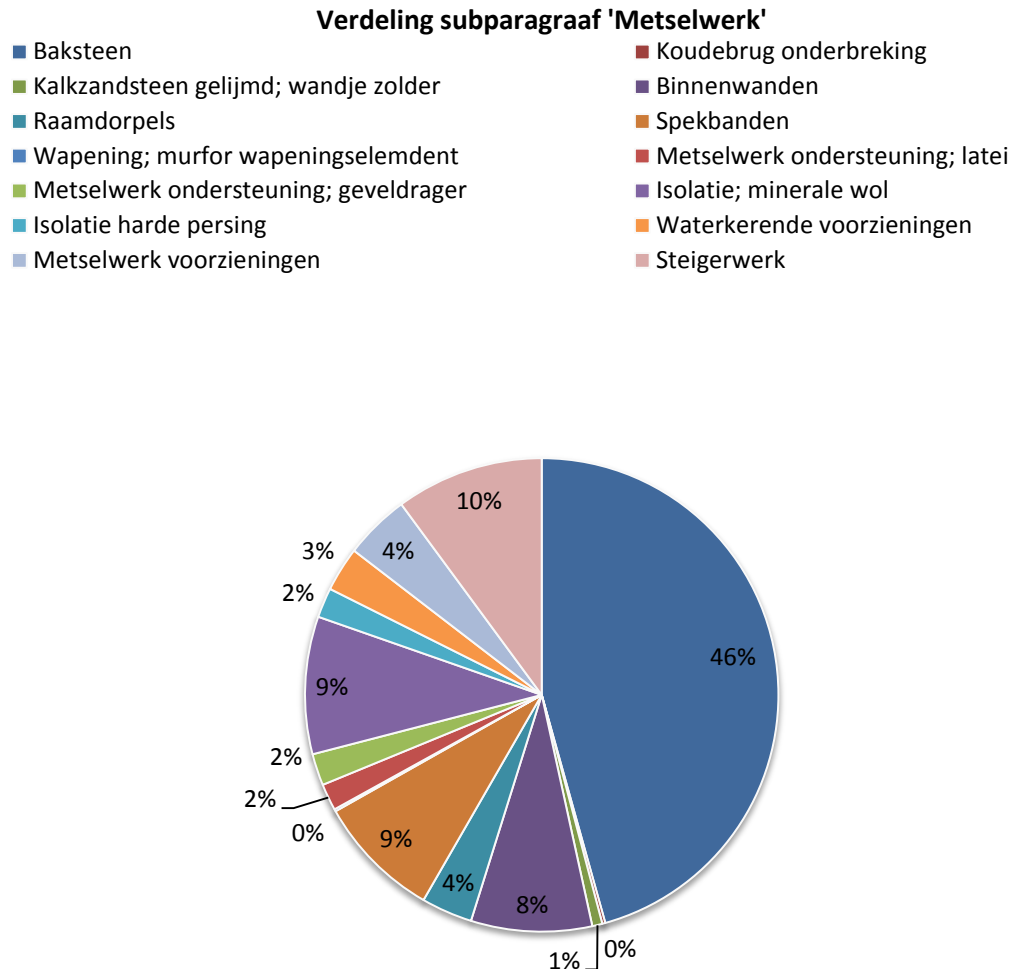
<sup>21</sup> Vestigingsdirecteur Ouwehand Bouw Gorinchem (zie bijlage 11.5)



Grafiek 1: Werkbegroting van project Waldijk te Uitgeest.

### 3.3.2 Analyse subparagrafen van werkbegroting

De zes opgesomde pieken zijn ieder geanalyseerd, met behulp van grafieken uiteengesplitst en in procenten weergegeven. Eén van de grootste pieken 'Metselwerk' is door middel van grafiek 2 uitgewerkt in procenten. Metselwerk is opgedeeld uit 14 bouwaspecten. Met als grootste kostenpost bakstenen, dat 46% van de bouwkosten in beslag neemt. Dan het steigerwerk met 10%, daarna minerale wol evenals waterkerende voorzieningen met 9% en als laatste opvallende onderdeel de binnenwanden met 8%.



Grafiek 2: Onderbouwing sub paragraaf metselwerk

In bijlage 2.3 zijn de overige vijf subonderdelen geanalyseerd en met behulp van grafieken nader toegelicht.

### 3.3.3 Deelconclusie

Uit de begrotingsanalyse is gebleken dat naast het prefab betoncascos (vooraf vervaardigde steenachtige elementen) het metselwerk een groot aandeel in de totale bouwsom heeft. Hierin is het opvallend dat 46% van het subonderdeel metselwerk de aankoop en vervaardigde van het buitenblad bevat. In relatie tot het aankomende onderzoek naar verticaal bouwen is er met de verkregen informatie overzichtelijke vergelijkingsmateriaal opgesteld, dit om in het verdere traject eindconclusies te kunnen maken.

Naar verwachting wordt in het eindresultaat winst behaald onder het kopje algemene bouwplaatskosten (ABK), wat bestaat uit 4% loods en keten, 4% materieel, 44% personeel, 15% inrichting werkterrein en als laatste 33% diversen. Dit omdat de woningen eerder wind- en waterdicht zijn, waardoor er eerder gestart kan worden met de afbouwwerkzaamheden en hierdoor sneller opgeleverd kunnen worden. Aangezien de ABK kosten gebaseerd zijn in weken, en de studenten streven naar een kortere bouwtijd zal dat naar verwachting winst gaan opleveren.

### 3.4 Hoe zijn de termijnstaten van het OB2 concept opgesteld?

Kwalitatief goede woningen bouwen, daar staat Ouwehand Bouw voor.<sup>22</sup> Om deze kwaliteit aan te tonen en te waarborgen is Ouwehand Bouw Groep aangesloten bij Woningborg. Woningborg is een onafhankelijke organisatie dat toetst of de aangesloten bouwondernemingen woningen realiseren met voldoende kwaliteit. Naast de kwaliteitswaarborging is Woningborg ook verantwoordelijke voor:

<sup>22</sup> Vestigingsdirecteur Ouwehand Bouw Gorinchem

- ♦ Gebruik van Woningborg modelovereenkomst;
- ♦ Garantie tot afbouw in geval van faillissement;
- ♦ Garantie tot afwerking van opleverpunten in geval van faillissement;
- ♦ Garantie tot afwerking van gebreken in de onderhoudsperiode in geval van faillissement;
- ♦ Juridisch, technisch en financiële screening van de aannemer;
- ♦ Controle op de bouw;
- ♦ Gebruik van Woningborg termijnregelingen.

Voor het onderzoek naar de mogelijkheid om verticaal bouwen in het OB2 concept te integreren is het van belang te onderzoeken welke termijnregeling wordt toegepast in het huidige concept. Daarnaast is het relevant om te bekijken bij welke mijlpalen de termijnen worden uitgeschreven. Dit omdat bij verticaal bouwen een ander bouwvolgorde wordt aangehouden, dit kan dan ook nadelig zijn als de huidige termijnstaat wordt gehanteerd.

#### 3.4.1 Woningborg termijnstaat

Woningborg heeft twee termijnregelingen voor grondgebonden woningen. Deze termijnregelingen zijn te onderscheiden in:

Tabel 2: Verschillen in termijnstaten

| Regeling:               | Omschrijving:                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bouwlaag voor bouwlaag; | Woningborg verstaat onder bouwlaag voor bouwlaag dat er een bouwwijze wordt gehanteerd waarbij constructiewanden, binnenspouwbladen, gevelkozijnen en het gevelmetselwerk per bouwlaag wordt aangebracht op de woning.                                      |
| Later gevels sluiten    | Onder later gevels sluiten wordt bedoeld dat eerst het gehele casco van de woning gemonteerd wordt. In de volgende bouwfase zal de gevel gesloten worden, hiermee wordt bedoeld dat het metselwerk en de buiten kozijnen inclusief glas worden aangebracht. |

#### 3.4.2 Huidig termijnschema

Voor het referentieproject Waldijk wordt het tweede termijnschema 'later gevels sluiten' gehanteerd. Dit omdat de woningen opgebouwd zijn uit prefab betoncasco's, het termijnschema is als volgt opgebouwd:

Tabel 3: Huidige termijnschema

| Termijn | Mijlpalen                 | Percentage van de bouwsom |
|---------|---------------------------|---------------------------|
| 1       | start bouw                | 10%                       |
| 2       | begane grond vloer        | 20%                       |
| 3       | 1 <sup>e</sup> verdieping | 7,5%                      |
| 4       | 2 <sup>e</sup> verdieping | 7,5%                      |
| 6       | gevels verdiepingen       | 7,5%                      |
| 7       | dak waterdicht            | 10%                       |
| 8       | dekvloer gereed           | 10%                       |
| 9       | stuc / spuit / tegelwerk  | 10%                       |
| 10      | oplevering                | 10%                       |

#### 3.4.3 Deelconclusie

Uit de analyse blijkt dat als woningen die onder garantie van Woningborg gebouwd worden, er standaard termijnregelingen wordt gehanteerd. Echter is de vraag of het huidige termijnschema niet nadelig uitpakt als de woningen verticaal worden gebouwd. Daarnaast zal in het tweede deel van het onderzoek onderzocht worden of het mogelijk is de termijnstaten zo op te zetten dat Ouwehand Bouw eerder in het bouwproces termijnen kan uitschrijven. Dit zal naar verwachting positieve resultaten voor Ouwehand Bouw opleveren.

### 3.5 Wat betekent het begrip 'verticaal bouwen'?

De letterlijke vertaling van verticaal is: '*recht van beneden naar boven, loodrecht*'.<sup>23</sup> Voor de methodiek verticaal bouwen geldt hetzelfde, de woning bouwen van beneden naar boven. Verticaal bouwen kan zowel in de ruwbouw als afbouw. Daarnaast is dit ook mogelijk per gebouwonderdeel en gebouwwolume.

<sup>23</sup> (Dale, 2014)

Het doel van deze scriptie is om te onderzoeken of het rendabel is verticaal bouwen te intrigeren in het OB2 concept en op welke wijze Ouwehand Bouw hierop kan inspelen. Allereerst zal er vast gesteld moeten worden wat wordt verstaan onder verticaal bouwen. Om deze vraag te beantwoorden zijn drie bestaande concepten onderzocht waarbij verticaal bouwen is toegepast. Deze concepten zijn:

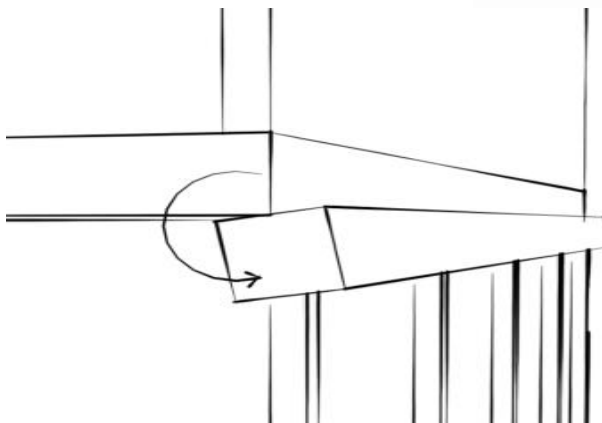
- ♦ IQ woning van Ballast Nedom;
- ♦ MorgenWonen van VolkerWessels;
- ♦ MyOwnHome van Bébouw Midreth.

De bovenstaande concepten worden hieronder in het kort gelicht. Het onderzoek naar de concepten is in bijlage 3 uitgebreider beschreven en verduidelijkt met afbeeldingen.

In het IQ woningconcept wordt verticaal bouwen uitgevoerd door middel van gebouwwolumes, met deze volumes worden de woningen per stuk verticaal opgebouwd. Met deze bouwmethodiek is het mogelijk in één dag een woning wind- en waterdicht te maken. Bovendien is in dezelfde dag de afbouw grotendeels gereed. De buitenschil is het enige wat dan nog niet is gerealiseerd. In bijlage 3.1 is het IQ woningconcept verder uitgewerkt.

Het MorgenWonen concept is ontwikkeld op basis van gebouwelementen. Door middel van prefab vloer, gevel, dak, trap en sanitair elementen wordt de woning in één dag gemonteerd op locatie. De montage zal per stuk gebeuren zodat er met een volle dag productie een woning in zijn geheel wind- en waterdicht is. Meer informatie over het MorgenWonen concept is weergegeven in bijlage 3.2

De toepassing van verticaal bouwen in het MyOwnHome concept is vooral op de ruwbouw gericht. Er is gekozen om de rijwoningen gedeeltelijk verticaal te realiseren omdat dit qua uitvoering en planning technisch efficiënter te realiseren is. Echter is uit onderzoek gebleken dat constructief gezien het niet haalbaar is één woning tegelijk op te bouwen. Dit omdat er op deze wijze de krachten te hoog worden op één zijde van de funderingsbalk en deze dan ook uit evenwicht raakt.<sup>24</sup> (zie figuur 8). De oplossing hiervoor is het trapsgewijs bouwen van de woningen, op deze wijze blijven de krachten op de funderingsbalk in evenwicht. Meer informatie is terug te lezen in bijlage 3.3.



Figuur 8: Schematische weergave van het moment op de funderingsbalk.

#### 3.5.1 Haalbare winsten met verticaal bouwen

Een groot voordeel van de verticale bouwmethodiek is dat woningen eerder wind- en waterdicht worden gemaakt. Dit is een voordeel omdat hierdoor minder vocht in de woning ontstaat en er dus eerder gestart kan worden met de afbouwwerkzaamheden. Door het verkorten van de doorlooptijden tussen de ruwbouw en afbouwfase zou in theorie de totale bouwtijd korter zijn vergeleken met de traditionele bouwmethodiek. Doordat de totale bouwtijd naar verwachting korter wordt, zullen de algemene bouwplaatskosten lager uitvallen. Of het daadwerkelijk rendabel is om verticaal bouwen in het OB2 concept toe te passen blijkt uit het nader onderzoek dat in hoofdstuk 4 is weergegeven.

<sup>24</sup> Interview met de heer Langeberg van Bébouw Midreth (Bijlage 11.9)

### 3.5.2 Deelconclusie

Uit onderzoek naar verticaal bouwen blijkt dat onder de definitie '*verticaal bouwen*' wordt verstaan het stuk voor stuk opbouwen van woningen die vrijstaand of aaneengesloten zijn. Daarnaast is gebleken dat verticaal Bouwen vooral wordt toegepast vanwege het eerder wind- en waterdicht maken van de woningen. Waardoor men eerder kan starten met de afbouwwerkzaamheden zodat de oplevering eerder in het bouwproces kan plaatsvinden.



### 3.6 *Samenvattende conclusie van hoofdstuk 3*

Het doel van de gemaakte analyse is het ontdekken wat exact het OB2 concept inhoudt en welke Unique Selling Points hier bij betrokken zijn. Allereerst is er vastgesteld wat conceptueel bouwen is en wat voor toekomstperspectief het biedt voor de gebouwde omgeving. Vervolgens is het OB2 concept geanalyseerd, hierbij gekeken naar de werkwijze, bouwtijd, bouwkosten en de huidige termijnverdeling. Dit om van hieruit te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn qua verticaal bouwen in het OB2 concept voor Ouwehand Bouw.

Het analyseren van het OB2 concept heeft geresulteerd tot een opsomming van een aantal Unique Selling Points dat Ouwehand Bouw onderscheidend maakt ten opzichte van andere bouwconcepten. Bij het ontwikkelen van een variant dat het OB2 concept verticaal opbouwt zullen de volgende Unique Selling Points behouden moeten blijven:

- ♦ Lage bouwkosten
- ♦ Snelle bouwtijd
- ♦ Flexibel bouwsysteem door middel van wisselende beukmaten en mogelijkheid tot uitbreiding;
- ♦ Standaard detaillering;
- ♦ Vrije keus in uitstraling.

Deze Unique Selling Points zijn gegenereerd uit de huidige bouwwijze die toegepast wordt in het OB2 concept. Deze bouwmethodiek bestaat uit het toepassen van prefab elementen zoals, funderingsbalken, betoncasco's en scharnierkap constructie.

Met de huidige bouwwijze wordt het referentieproject Waldijk binnen 21.4 werkweken gerealiseerd. Echter is niet alleen de bouwtijd van belang maar ook het tijdsbestek wanneer de woningen wind- en waterdicht zijn. Met de huidige bouwmethodiek is dit binnen 11.4 werkweken het geval. Dit om het risico van vertraging door ophoping van vocht in de twee-onder-één-kapwoningen te voorkomen.

Naast de bouwtijd is ook de opbouw van de huidige bouwkosten geanalyseerd. Uit deze bouwkostenanalyse zijn er zes pieken te beschrijven.

- ♦ Metselwerk (18% van de totale bouwsom);
- ♦ Vooraf vervaardigde steenachtige materialen, ook wel prefab betoncasco genoemd (19% van de totale bouwsom);
- ♦ Ruwbouwtimmerwerk (13% van de totale bouwsom);
- ♦ Kozijnen, ramen en deuren (11% van de totale bouwsom);
- ♦ Installaties (10% van de totale bouwsom);
- ♦ Bouwplaatsvoorzieningen (11% van de totale bouwsom).

In het onderzoek naar het toepassen van verticaal bouwen in het OB2 concept wordt verwacht dat het percentage bouwplaatsvoorzieningen lager zal worden. Dit in verband met het eerder opleveren van de twee-onder-één-kapwoningen, waardoor de tijdgebonden kosten zullen afnemen.

Aangezien er met verticaal bouwen een andere bouwmethodiek gehanteerd wordt is er onderzocht welke termijnverdelingen er zijn en welke gebruikt wordt in het OB2 concept. Uit de analyse blijkt dat er met twee termijnregelingen gewerkt wordt als de woning onder garantie van Woningborg gebouwd wordt. Deze termijnregelingen zijn te onderscheiden in:

- ♦ Bouwlaag voor bouwlaag;
- ♦ Later gevels sluiten.

Uit komend onderzoek naar verticaal bouwen zal moeten blijken of deze termijnregelingen nog geschikt zijn. Als laatste is er onderzocht wat onder de definitie 'verticaal bouwen' wordt verstaan. Met het analyseren van drie al bestaande woningbouwconcepten die verticaal gebouwd worden, is er de volgende definitie geformuleerd: *'Het stuk voor stuk opbouwen van woningen die vrijstaand of aaneengesloten zijn. Dit met de gedachte om de woningen eerder wind- en waterdicht te maken en de doorloop en bouwtijd te verkorten'*.

De bovenstaande conclusie is voor de studenten de juiste stap richting het onderzoek naar verticaal bouwen. Het is duidelijk geworden welke Unique Selling Points het OB2 concept heeft en vooral wat verticaal bouwen betekend.

## 4. Verticaal bouwen toepassen in het OB2 Concept.

---

Uit de analyse die in hoofdstuk 3 is uitgewerkt bleek dat Ouwehand Bouw geïnteresseerd is in innovatieve vernieuwingen die in de gebouwde omgeving een kans maken. Eén van deze vernieuwingen is verticaal bouwen. In dit hoofdstuk wordt er onderzocht of het mogelijk en tegelijkertijd rendabel is om verticaal bouwen te intrigeren binnen het OB2 concept.

De Unique Selling Points uit de analyse samen met de doelstellingen die de studenten hebben opgesteld, vormen de randvoorwaarden waaraan de nieuwe verticaal bouwen variant aan moet voldoen. Deze randvoorwaarden zijn:

- ♦ Kosten neutraal;
- ♦ Snelle bouwtijd (waaronder zo snel mogelijk wind- en waterdicht).
- ♦ Flexibel bouwsysteem door middel van wisselende beukmaten en mogelijkheid tot uitbreiding;
- ♦ Standaard detaillering;
- ♦ Vrije keus in uitstraling;
- ♦ Gebouwschil toekomstbestendig maken met betrekking tot verhogen Rc-waarden

Met materialen die op dit moment worden gebruikt wordt er gekeken of er een mogelijkheid bestaat om de twee-onder-één-kapwoningen van referentieproject de Waldijk verticaal in plaats van horizontaal te bouwen. De studenten zijn ervan overtuigd dat het haalbaar is, daarentegen vindt de heer van der Linden het nog een Utopie. Dit met betrekking tot het logistieke proces, uitvoerbaarheid en de dagproductie van onderaannemers. Als uit het onderzoek blijkt dat het wel haalbaar is, zou hij het graag willen toepassen om hier de voordelen in het bouwproces van mee te nemen.

Uit het onderzoek of de gebouwonderdelen verticaal gebouwd kunnen worden, komen er naar verwachting knelpunten naar voren. Deze knelpunten worden verder geanalyseerd en er zal gezocht worden naar mogelijke innovaties en optimalisaties in het bouwproces. Dit samen zal worden verwerkt in een overallplanning welke variant 1 wordt genoemd.

Daarnaast zal er een tweede variant worden uitgewerkt welke toekomstbestendig is. Toekomstbestendig wil zeggen, gemakkelijk kunnen meegaan met de steeds hogere eisen die het bouwbesluit stelt. Een voorbeeld hiervan is dat de EPC in 2020 wordt verlaagd naar 0. Uit onderzoek is gebleken dat bij een verdere verhoging van de Rc-waarde, gevel  $5.0 \text{ m}^2.\text{KW}$  en dak  $7.0 \text{ m}^2.\text{KW}$ , de EPC niet veel lager zal worden dan 0.02. Verder verlagen van de EPC naar 0 zal niet met de buitenschil haalbaar zijn, maar naar verwachting wel in het optimaliseren van installaties.<sup>25</sup> Het laatste laten de studenten achterwegen omdat het onderzoek gericht is op de bouwmethodiek, dit verklaart ook de randvoorwaarden: 'Gebouwschil toekomstbestendig maken met betrekking tot het verhogen van de Rc-waarden'

Om in het onderzoek naar verticaal bouwen een antwoord te kunnen geven op de praktijkvraag, welke als volgt is geformuleerd: *'Zijn er met verticaal bouwen buiten de prefab betonnen casco's andere toekomstmogelijkheden om de ruwbouw van het OB2 concept uit te voeren?'* wordt er in variant 3 het prefab betoncascos vervangen door kalkzandsteen elementen. Met een bijbehorende overallplanning en een kostenbegroting wordt de haalbaarheid van verticaal bouwen aangetoond.

### Deelvragen

Door middel van deelvragen wordt er gericht onderzoek gedaan naar een uiteindelijke variant waarbij verticaal bouwen in het OB2 concept mogelijk is. De volgende deelvragen vormen het onderzoek in dit hoofdstuk:

- ♦ Welke gebouwonderdelen die verticaal gebouwd kunnen worden zijn efficiënt toe te passen in het OB2 concept?

---

<sup>25</sup> (Isover, 2014)

- ♦ Op welke manier is het kostentechnische voordeliger om de verticaal bouwen methodiek toe te passen ten opzichte van de huidige bouwmethodiek van het OB2 concept?
- ♦ Op welke manier is de bouwtijd met verticaal te bouwen te optimaliseren ten opzichte van de huidige bouwmethodiek van het OB2 concept?
- ♦ Op welke manier kan de termijnverdeling door middel van verticaal bouwen geoptimaliseerd worden?



## 4.1 Welke bewerkingen van de twee-onder-één-kapwoningen kunnen er verticaal gebouwd worden?

Om te achterhalen of het mogelijk is verticaal te bouwen met de huidige bouwmaterialen van het OB2 concept, wordt er per bewerking onderzocht welke faseringen er mogelijk zijn. Het doel van het onderstaande subhoofdstuk is als volgt:

- ♦ Achterhalen of het mogelijk is verticaal te bouwen met de huidige bouwmaterialen van het OB2 concept;
- ♦ Door het onderzoeken van bewerkingen erachter komen welke faseringen met verticaal bouwen er mogelijk zijn;
- ♦ Tijdens het vervolgonderzoek weten welke faseringen er naast de gekozen fasering nog meer mogelijk zijn. Om hierdoor tijdens het opzetten van de varianten snel en eenvoudig, als het nodig is, te kunnen wisselen van faseringskeuze.

Het onderstaande hoofdstuk bestaat uit een aantal onderzoeken. Er is besloten om alleen de gekozen faseringen in de afstudeerscriptie toe te lichten. De overige onderzochte faseringen, de weg er naar toe, zijn in bijlage 4 weergegeven.

### 4.1.1 Onderbouwfase

In tabel 4 wordt bondig per bewerking beschreven of er nader onderzoek nodig is, om tot de juiste faseringskeuze van de onderbouw te kunnen komen. Met de kleur oranje wordt dit weergegeven.

Tabel 4: Bewerkingen die mogelijk verticaal gebouwd kunnen worden.

| Bewerking:        | Mogelijkheid tot verticaal bouwen? | Verder onderzoek nodig? | Beschrijving:                                              |
|-------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|
| Grondwerk         | Nee                                | Nee                     | Behoort niet tot het onderzoek verticaal bouwen.           |
| Heiwerk           | ja                                 | Ja                      | Onderzoeken of hier een efficiëntere fasering mogelijk is. |
| Funderingsbalk    | ja                                 | Ja                      | Onderzoeken of hier een efficiëntere fasering mogelijk is. |
| Begane grondvloer | Ja                                 | Ja                      | Onderzoeken of hier een efficiëntere fasering mogelijk is. |

Voor de onderbouw van 13 twee-onder-één-kapwoningen zal onderzocht worden wat de mogelijkheden zijn betreft het verticaal bouwen. De onderbouw zal bestaan uit heiwerk, het leggen van funderingsbalken en begane grondvloeren. Aan de hand van verzamelde gegevens en uitkomsten worden er conclusies beschreven met welke bewerkingen en faseringen er het beste verticaal gebouwd kan worden.

#### Heiwerk/fundering

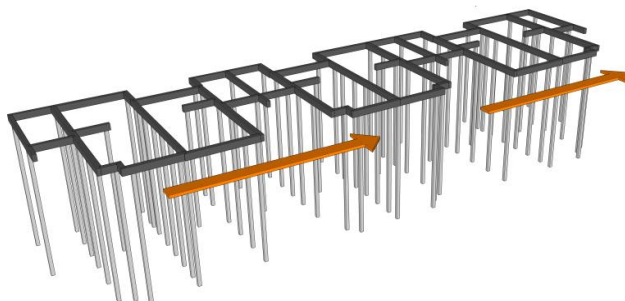
Voor het blok 28 en 29 worden er in totaal 193 heipalen geheid met een lengte van 8,5 meter. Dit zal in een tijdsbestek gebeuren van 3,5 dag. De heistelling zal starten bij blok 28, die met een dagproductie van circa 49 palen in een tijdsbestek van 1,5 dag hei gereed worden gemaakt. Hierna volgen 106 palen ten behoeve van blok 29, dit zal in een tijdsbestek van 2 dagen gereed zijn.

De funderingsbalk voor de woningen bestaan uit prefab balken. Blok 28 zal bestaan uit 56 balken en met een dagproductie van 60 balken zullen de balken voor blok 28 in 1 dag gelegd en afgegoten worden. Blok 29 bestaat uit 74 balken en zal in een tijdsbestek van 1,5 dag gelegd en afgegoten worden.

De routing voor het heiwerk en het leggen van de prefab funderingsbalken van blok 28 is in figuur 9 weergegeven. Uit de routing blijkt dat het heiwerk het leggen van de funderingsbalken van links naar rechts worden gelegd, de woningen worden hier stuk voor stuk afgemaakt.

### Begane grondvloer

Nadat de fundering samen met de installatieonderdelen, welke in de kruipruimte gemonteerd moeten worden gereed zijn, wordt er gestart met het leggen van de begane grondvloeren. Uit de overallplanning blijkt dat als er per twee-onder-een-kapwoning de begane grondvloer wordt gelegd, er eerder met het bouwen van de prefab betonwanden gestart kan worden. Waardoor er een kortere bouwtijd behaald kan worden.



Figuur 9: Visuele weergave fasering onderbouw

Echter met het verticaal bouwen van de begane grondvloeren zijn er ook nadelen te benoemen, namelijk dat de installateur niet alle installatiewerkzaamheden van twee blokken in één dag kan afmaken, want nu moet er voor elke woning apart het rioleringsstelsel aangebracht worden. Ook wordt er met een meetinstrument de maatvoering van de cascowanden op de begane grondvloeren afgetekend. Normaal gesproken wordt dit voor alle woningen tegelijk gedaan, maar in verband met de dagproductie van het bedrijf is dit niet efficiënt.

Omdat de nadelen groter zijn dan de voordelen is er gekozen om de begane grondvloeren van blok 28 en 29 in één keer horizontaal te leggen. Zoals nu op het referentieproject Waldijk ook het geval is.

### Conclusie

De definitie van verticaal bouwen is dat er woning voor woning opgebouwd wordt. Met betrekking tot de dagproductie van de heiwerkzaamheden is er geen andere fasering mogelijk. De hier opvolgende bewerkingen: leggen funderingsbalken, aanbrengen rioleringsstelsel en het leggen van de begane grondvloeren wordt op het referentieproject Waldijk horizontaal uitgevoerd. Uit onderzoek of het mogelijk is de disciplines verticaal per blok uit te voeren is gebleken dat dit geen haalbare optie is.

De verklaring is eenvoudig. Als eerst per twee woningen de fundering wordt gelegd betekent dit dat de installateur voor het aanbrengen van alle installatiewerkzaamheden telkens terug moet komen. Hetzelfde geldt voor de begane grondvloeren, als de vloeren zijn gelegd wordt de maatvoering hierop afgetekend. Als beide bewerkingen woning voor woning zouden worden uitgevoerd, wordt naar verwachting nauwelijks tot geen bouwtijd gewonnen. Daarnaast worden de bouwkosten naar verwachting hoger.

#### 4.1.2 Ruwbouw/geveelfase

In tabel 5 wordt in het kort per bewerking beschreven of er verder onderzoek nodig is om tot faseringskeuze van ruwbouw/gevel te komen. Met de kleur oranje wordt dit weergegeven.

Tabel 5: Bewerkingen die mogelijk verticaal gebouwd kunnen worden.

| Bewerking:                                                   | Mogelijkheid tot verticaal bouwen? | Verder onderzoek nodig? | Beschrijving:                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aanbrengen casco, stellen muurplaten en leggen scharnierkap. | Ja                                 | Ja                      | Zijn meerdere faseringen mogelijk, hierdoor kunnen de woningen eerder wind- en waterdicht gemaakt worden. |
| Dakbedekking aanbrengen op erkers/ uitbouw en bergingen.     | Ja                                 | Nee                     | Vraagt alleen overleg met dakdekker in verband met dagproductie.                                          |
| Aanbrengen steigerwerk.                                      | Ja                                 | Ja                      | Hier zijn een aantal verschillende faseringen in mogelijk.                                                |
| Metselwerk en isoleren.                                      | Ja                                 | Ja                      | Hier zijn een aantal verschillende faseringen mogelijk. Deze fasering hangt af van de steigerkeuze.       |
| Aanbrengen goot/ overstekken en luifels.                     | Ja                                 | Nee                     | Is afhankelijk van het steigerwerk. (zie onderdeel steigerwerk)                                           |
| Leggen pannen.                                               | Ja                                 | Nee                     | Is afhankelijk van het steigerwerk. (zie onderdeel steigerwerk)                                           |
| Voegwerk.                                                    | Ja                                 | Nee                     | Is afhankelijk van het steigerwerk. (zie onderdeel steigerwerk)                                           |
| Schilderwerk.                                                | Ja                                 | Nee                     | Is afhankelijk van het steigerwerk. (zie onderdeel steigerwerk)                                           |

De volgende bewerkingen worden in het onderstaande onderzoek verder onderzocht:

- ♦ Aanbrengen prefab casco, stellen muurplaten en leggen scharnierkap;
- ♦ Aanbrengen steigerwerk;
- ♦ Metselwerk en het isoleren.

##### Fasering aanbrengen casco

Verticaal bouwen met het casco is niet eenvoudig. Op de huidige manier worden eerst voor alle 13 twee-onder-één-kapwoningen het gehele prefab betoncasco geplaatst. Als dat klaar is wordt er in serie de muurplaten en prefab scharnierkappen gemonteerd. Bij het leggen van de laatste prefab scharnierkap zijn de woningen pas wind- en waterdicht.

Tijdens het onderzoek om het prefab betoncasco samen met de muurplaten en prefab scharnierkap direct per twee-onder-één-kapwoning te monteren, is er contact gezocht met de heer Haase<sup>26</sup>. De heer Haase heeft zich door de crisis onderscheidend gemaakt ten opzichte van andere montagebedrijven, door het gehele casco (inclusief muurplaten en prefab scharnierkap te monteren. Met deze manier van werken worden de bewerkingen niet door verschillende onderaannemers uitgevoerd maar door één partij, waardoor de doorlooptijd naar verwachting verkort wordt.



Figuur 10: Gekozen casco fasering (fasering 4).

<sup>26</sup> Interview met Wilhard Haase (Bijlage 11.9)

Aan het begin van het onderzoek naar verticaal bouwen was het plan om het casco te monteren zoals met fasering 1 (zie bijlage 4.1.1) is weergegeven. Met behulp van de heer Langenberg<sup>27</sup> is gebleken dat fasering 1 niet mogelijk is vanwege de hoge krachten die op de funderingsbalk. Vervolgens is uit eigen inzicht naar voren gekomen dat fasering twee (zie bijlage 4.1.2) een logische keuze zal zijn, maar uit het validatieproces met de heer Haase een niet haalbare fasering met betrekking tot bouwtijd.

Met fasering vier wordt er een haalbare fasering gekozen (zie figuur 10 en bijlage 4.1.4). Met deze fasering is binnen drie dagen het casco van de twee woningen wind- en waterdicht. Met deze bouwwijze hoeven er geen constructieve ingrepen doorgevoerd te worden, zoals het verzwaren van de fundering. Waardoor extra bouwkosten en een langere bouwtijd wordt voorkomen. Ten slotte is fasering 4 gevalideerd met de heer Krom<sup>28</sup> en de heer Versteegh<sup>29</sup>, dit is gedaan om zeker te weten of het fasering 4 daadwerkelijk in de praktijk uitvoerbaar is.

In de onderstaande tabel wordt per dag beschreven welke bewerkingen er worden uitgevoerd. Hierbij is te zien dat het prefab betoncascos, aanbrengen muurplaten en leggen prefab scharnierkap binnen drie dagen is afgerond.

Tabel 6: Beschrijving gekozen fasering 4

| Dagen:                   | Discipline:                                                                                                                                                                | Aantal woningen:                             |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Dag 1</b><br>(oranje) | <ul style="list-style-type: none"> <li>wanden begane grond;</li> <li>1<sup>e</sup> verdiepingsvloer;</li> </ul>                                                            | won. 1&2<br>won. 1&2                         |
| <b>Dag 2</b><br>(zwart)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>wanden 1<sup>e</sup> verdieping;</li> <li>2<sup>e</sup> verdiepingsvloer;</li> </ul>                                                | won. 1&2<br>won. 1&2                         |
| <b>Dag 3</b><br>(rood)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>wanden 2<sup>e</sup> verdieping.</li> <li>muurplaten</li> <li>scharnierkappen</li> <li>plakken noodlaag uitbouw en erker</li> </ul> | won. 1&2<br>won. 1&2<br>won. 1&2<br>won. 1&2 |

#### Fasering metselwerk/ steigerwerk

Gekeken naar de fasering voor het bouwen van het casco zal hier een passende steigerfasering voor gekozen worden. Aangezien de routing van het opbouwen van het casco leidend zal zijn voor het steigerwerk, zal er een combinatie gemaakt worden tussen een efficiënte routing voor het opbouwen van het casco en de routing voor het metselwerk. In bijlage 4.2 zijn er twee steigerfaseringen onderzocht en in bijlage 4.3 drie metselwerkfaseringen. Aan de hand van deze verzamelde gegevens en uitkomsten zijn er conclusies getrokken welke fasering het beste toepasbaar is op het referentieproject Waldijk, hierbij gekeken bouwijd en bouwkosten.

Om te komen tot een goede fasering van het steigerwerk en metselwerk zal er met de volgende punten rekening gehouden worden:

- ♦ Uitvoerbaarheid;
- ♦ Minimale dagproductie steigerbouwer en metselploeg;
- ♦ Het metselen tot maximaal 2 meter hoogte, dit om het uitbuiken van metselwerk te voorkomen
- ♦ Gefaseerd leveren en opbouwen van het steiger.
- ♦ Voorgang steigerwerk ten behoeve van het opperen van de stenen en het isoleren van de gevel.

#### *Fasering steigerwerk*

Het steigerwerk is nodig voor het opmetselen en voegen van de woning, monteren van de kapconstructie en het aanbrengen van de dakgoten en overstekken. Aangezien 10% van subparagraaf metselwerk (bijlage 2.3) uit steigerkosten bestaat, is het verstandig om goed naar de fasering te kijken. Dit om zo het steiger zo efficiënt mogelijk te gebruiken en zo een kortere huurperiode te realiseren.

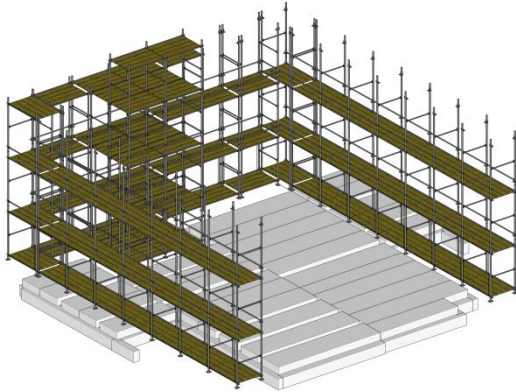
<sup>27</sup> Interview met uitvoerder referentieproject Hoge Weide van Bébouw Midreth (Bijlage 11.9)

<sup>28</sup> Interview met uitvoerder van referentieproject Waldijk Uitgeest (Bijlage 11.6)

<sup>29</sup> Interview met werkvoorbereider van het referentieproject Waldijk Uitgeest (Bijlage 11.2)

Gekeken naar de fasering voor het bouwen van het betoncascos en de kapconstructie is er gekozen om het steiger voor het plaatsen van het casco op te bouwen. Dit zodat direct na het plaatsen van het prefab betoncascos de kapconstructie gemonteerd kan worden. Het steiger zal in twee fases opgebouwd worden. In fase 1 zullen voor drie zijdes van de woning het steiger om de woning opgebouwd worden. Hiermee zal gestart worden als de begane grondvloer gereed is. (zie figuur 12)

Als het monteren van het prefab betoncascos gereed is, zal met behulp van een tijdelijk steiger de kapconstructie van de woning gemonteerd worden (fase 2). Als de kapconstructie van de woning klaar is zal het tijdelijk steiger verwijderd worden, waarna voor de voorgevel het definitieve steiger gemonteerd wordt. In figuur 11 wordt dit verduidelijkt met een afbeelding. Na het plaatsen van de kapconstructie kan het steiger direct ingezet worden voor het opmetselen van de woning.



Figuur 12: Visuele weergave fasering 2, voor het monteren van het prefab betoncascos.

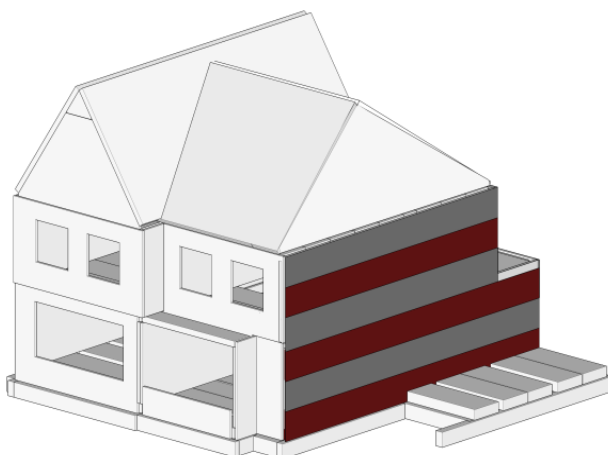


Figuur 11: Visuele weergave fasering 2 met prefab betoncascos en hulpsteiger.

Met deze fasering is de verwachting dat de doorlooptijd tussen de verschillende onderdelen ingekort wordt, dit zal dan ook resulteren tot een kortere bouwtijd. De verwachting is wel dat bouwkosten hoger uitvallen in vergelijking met de traditionele fasering, dit doordat de steigerbouwer meerdere keren terug moet komen. Daarnaast moet er per slag een oppersteiger gebouwd worden voor het opperen van de metselstenen.

#### *Faseringen metselwerk*

Het metselwerk is een vertragende factor in het bouwproces, dit komt doordat het zeer arbeidsintensief is. Daarnaast is de voortgang een kritieke bewerking voor waterdichtheid van de woning, hoe eerder de woning waterdicht is hoe eerder er gestart kan worden met de binnen afwerking van de woning. Gekeken naar de fasering van het casco en het steigerwerk, zal ook het metselwerk grotendeels in een U vormige fasering gemetseld worden.



Figuur 13: Visuele weergaven fasering 2.

Het metselwerk wordt als eerste tot dakgoot en nokhoogte opgemetseld. Als deze gevels gereed zijn, zal er een start gemaakt worden met het metselen van de voorgevel. Dit zal gebeuren met circa 2 a 3 personen, de overige metselaars zullen alvast een start maken met de volgende twee woningen. Echter zal bij deze fasering van het metselen per woning de voortgang van het stellen van de profielen een kritiek punt zijn. In figuur 13 is een visuele weergave van fasering 2 weergegeven, hierin is globaal met kleuren de routing en het aantal slagen metselwerk aangegeven.

#### 4.1.3 Afbouwfase

De ruwbouw kan goed verlopen, maar als de afbouwwerkzaamheden niet verticaal wordt uitgevoerd heeft het geen toevoegende waarde om de ruwbouw verticaal uit te voeren. Vandaar dat er ook in de afbouwfase wordt gezocht naar bewerkingen die verticaal gebouwd kunnen worden om zo lagere bouwkosten en kortere bouwtijd te realiseren. In tabel 5 wordt in het kort per bewerking beschreven of er verder onderzoek nodig is om tot faseringskeuze van ruwbouw/gevel te komen. Met de kleur oranje wordt dit weergegeven.

Tabel 7: Bewerkingen die in de afbouwfase mogelijk verticaal gebouwd kunnen worden.

| Bewerking:                                                | Mogelijkheid tot verticaal bouwen? | Verder onderzoek? | Beschrijving:                                                               |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Monteren trappen                                          | Ja                                 | Ja                | Zijn twee faseringen mogelijk, hierbij vooral gekeken naar de dagproductie. |
| Aanbrengen zandcementvloer                                | Ja                                 | Nee               | Vraagt overleg met zand cementvloerbedrijf i.v.m. dagproductie.             |
| Plaatsen binnenwanden                                     | Ja                                 | Nee               | Vraagt overleg met gibo bouwer i.v.m. dagproductie.                         |
| Aanbrengen en afmonteren CV, - loodgieterswerk en elektra | Ja                                 | Nee               | Vraagt installateurs i.v.m. dagproductie                                    |
| Stucwerk binnenwanden/ spuitwerk plafonds en wanden       | Ja                                 | Nee               | Vraagt overleg met stukadoor i.v.m. dagproductie.                           |
| Plaatsen binnendeurkozijnen                               | Ja                                 | Nee               | Vraagt overleg met monteurs i.v.m. dagproductie.                            |
| Tegelwerk vloeren en wanden/ kitwerk                      | Ja                                 | Nee               | Vraagt overleg met tegelzetter i.v.m. dagproductie.                         |
| Schilderwerk                                              | Ja                                 | Nee               | Is afhankelijk van het steigerwerk.                                         |

#### Fasering trappen

Met de huidige bouwwijze wordt voor het starten van de afbouwwerkzaamheden als eerste de houten binnentrappen geplaatst. Uit de analyse blijkt dat dit wordt gedaan om zo het afbouwproces zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Als er met het afbouwen houten bouwladders geplaatst worden, brengt dit extra kosten met zich mee en het vergt meer tijd om op de verdiepingen te komen. Het nadeel van de definitieve trappen direct achter het casco te plaatsen is dat er beschadigingen aan de trap kunnen optreden. Om dit te voorkomen is het nodig om de trappen goed te beschermen met de juiste afdekmaterialen.

Om een goede keuze te maken in faseringen van de houten binnen trappen zijn er in bijlage 4.4 twee faseringen onderzocht. De onderaannemer die de trappen monteren en in de woningen plaatst, zetten zes trappen per dag (3 woningen), dit is gebleken uit een gesprek met de heer Versteegh<sup>30</sup>. De ruwbouw wordt per twee woningen verticaal gebouwd. Hierin is het ideaal om de definitieve trappen na afronden van

het prefab betoncasco per twee woningen te plaatsen. Zodat de afbouwwerkzaamheden direct na het plaatsen hiervan van start kan gaan.

Met betrekking tot het niet volmaken van de dagproductie van de montageploeg is er contact gezocht met het trappenbedrijf om te verifiëren of dit extra kosten met zich meebrengt. Hier werd op geantwoord dat extra kosten niet het geval zal zijn. Waardoor fasering twee haalbaar is en naar verwachting er voor zorgt dat de 13 twee-onder-één-kapwoningen eerder wind- en waterdicht zijn en eerder opgeleverd kunnen worden.



Figuur 14: Visuele weergaven van afbouwfasering 2.

<sup>30</sup> Interview met werkvoorbereider van het referentieproject Waldijk Uitgeest (Bijlage 11.2)

#### 4.1.4 Deelconclusie

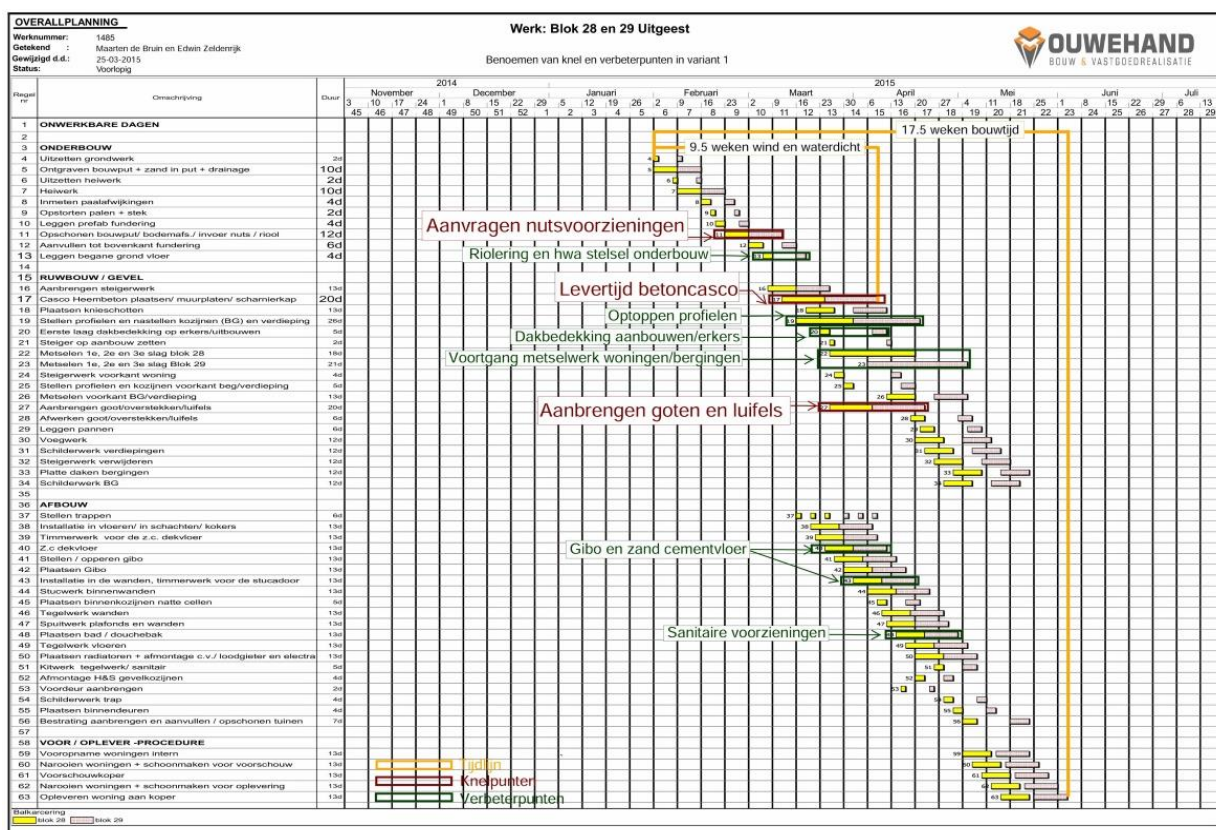
Door middel uit eigen inzichten en het validatieproces met deskundigen is er onderzocht welke tijdsbepalende bewerkingen verticaal gebouwd kunnen worden met de materialen die op het referentieproject Waldijk worden gebruikt. Hieruit is gebleken dat er vijf bewerkingen verticaal gebouwd kunnen worden.

- ♦ Het prefab betoncascos
- ♦ Prefab scharnierkap
- ♦ Steigerwerk
- ♦ Metselwerk
- ♦ Binnentrappen

Deze vijftal bewerkingen die op verticale manier worden opgebouwd zijn samen met de bewerkingen die niet verticaal kunnen worden gebouwd achterelkaar gezet door middel van een overallplanning die in bijlage 4.5 is weergegeven. Hieruit is te concluderen dat de 13 twee-onder-één-kapwoningen drie werkweken eerder opgeleverd kunnen worden. Daarnaast zijn de woningen door middel van verticaal bouwen 2 werkweken eerder wind- en waterdicht. Deze winsten zijn met de kleur oranje weergegeven in figuur 15. Maar tijdens het analyseren van deze overallplanning zijn er een drietal knelpunten ontdekt die het bouwproces belemmeren en/of niet mogelijk maken.

- ♦ Aanvragen nutsvoorzieningen;
- ♦ Levertijd betoncascos;
- ♦ Aanbrengen goten en rekken.

De toegelichte knelpunten zijn in figuur 15 in het rood weergegeven. Deze is planning is in grotere versie toegevoegd in bijlage 4.5.



Figuur 15: Knel en optimalisatiepunten van verticaal bouwen.

## 4.2 *Het oplossen van knelpunten door het toevoegen van innovaties en optimalisaties in het OB2 concept*

In hoofdstuk 4.1 'welke bewerkingen van de twee-onder-één-kapwoningen kunnen er verticaal gebouwd worden' is onderzocht of het mogelijk is om met de huidige bouwmaterialen de twee-onder-één-kapwoningen van het referentieproject Waldijk verticaal op te bouwen. Met behulp van een overallplanning (variant 1) zijn er drie knelpunten naar voren gekomen.

- ♦ Aanvragen nutsvoorzieningen;
- ♦ Aanbrengen goten en rekken;
- ♦ Levertijd betoncasco.

Deze knelpunten verlopen niet optimaal waardoor de doorlooptijd wordt belemmerd. In het aankomende hoofdstuk zullen voor de eerste twee knelpunten varianten worden onderzocht, dit om deze knelpunten in de planning te verhelpen en zo het verticaal bouwen in het OB2 concept mogelijk te maken. Het knelpunt 'levertijd betoncasco' wordt even geparkeerd en later in het onderzoek als praktijkvraag opgepakt.

Daarnaast zijn er een zestal bewerkingen gevonden waarbij verwacht wordt hierin een optimalisatieslag in kunnen maken.

- ♦ Installaties onderbouw;
- ♦ Dakbedekking aanbouw en erkers;
- ♦ Metselwerk bergingen;
- ♦ Optoppen profielen;
- ♦ Fasering gibo wanden en zandcementvloer;
- ♦ Sanitaire voorzieningen.

Om ook dit hoofdstuk kort en bondig te houden is eveneens gekozen om alleen conclusies te beschrijven. Elk beschreven optimalisatie is gebaseerd uit een onderzoek, die in bijlage 5 aan deze scriptie is toegevoegd.

#### 4.2.1 Mogelijke innovaties en optimalisaties in het OB2 concept

##### Nutsvoorzieningen

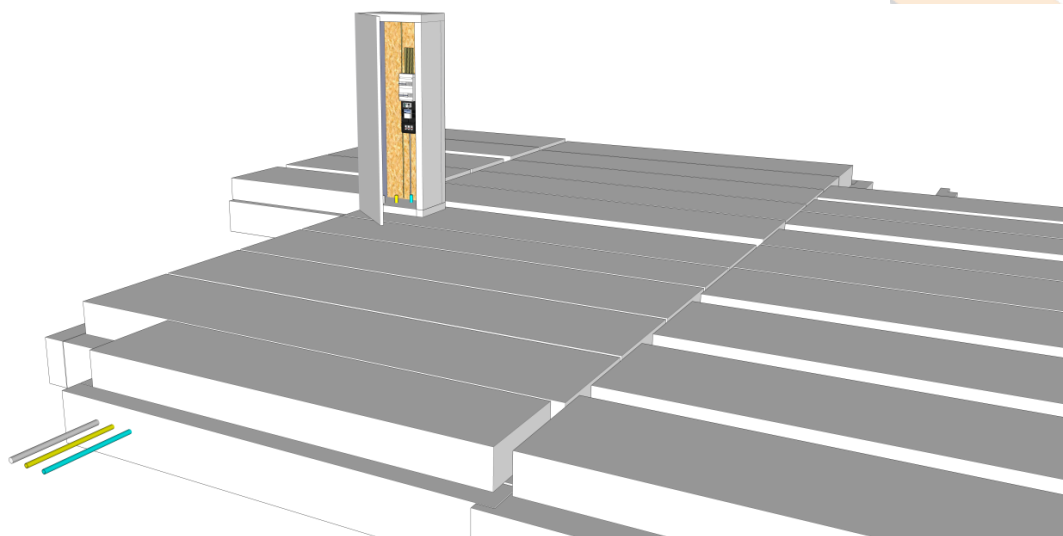
Het verwerken van verticaal bouwen in een overallplanning heeft geleid tot het mogelijk maken van het eerder opleveren van de twee-onder-één-kapwoningen. Daar staat tegenover dat een aantal bewerkingen in het bouwproces niet optimaal verlopen. Eén daarvan is het aanbrengen van de nutsvoorzieningen.

De laatste bewerkingen van ruwbouw/gevel is het demonteren van de steiger, aanbrengen nutsvoorzieningen en het afronden van de straatwerkzaamheden. Het is van belang dat deze drie bewerkingen achter elkaar aan verlopen. Nutsvoorzieningen worden pas door de combi aannemer aangebracht als de voorgevel vrij is gemaakt van obstakels (steigervrij). Het dichtleggen van het straatwerk kan pas als de nutsvoorzieningen ingevoerd zijn. Al deze hier voorgenoemde bewerkingen hinderen nogal de doorlooptijd van het bouwproces.

Om deze verstoring in het bouwproces weg te nemen is er een innovatieve oplossing bedacht die het verticaal bouwen kan optimaliseren. Het verplaatsen van de bewerking 'invoeren nutsvoorzieningen' van de fase ruwbouw/gevel naar de onderbouw. Dit door middel van een wind- en waterdicht, stootvast en afsluitbare prefab meterkast die na het leggen van de begane grondvloer op de ruwe vloer geplaatst wordt (zie figuur 16). Waarop vervolgens direct de netbeheerders de aansluitingen kunnen aanbrengen. Door de bewerking naar voren te halen kan er eerder worden gestart met de

straatwerkzaamheden, met het eerder gereedmaken van de buitenwerkzaamheden kan de oplevering van de 13 twee-onder-één-kapwoningen eerder kan plaatsvinden. In bijlage 5.1 is het idee in grotere omvang beschreven. Met het afstudeeronderzoek krijgen studenten de vrijheid om outside the box te denken. Het bovenstaande idee is outside the box, omdat het (wetend) nog niet in de praktijk is toegepast. In het onderzoek wordt er naar gestreefd optimalisaties te bedenken die daadwerkelijk uitvoerbaar zijn en in de praktijk toegepast kunnen worden. Hierop is het idee ontstaan om contact op te nemen met deskundigen op het gebied van nutsvoorzieningen. De heer Baas van combiaannemer Van der Heuvel vertelde: *'Ik snap wat er mee wordt bedoeld. Ik heb het nog nooit gehoord of gezien, Ik zou er patent op aanvragen'*. Daarnaast is er contact gezocht met de netbeheerder Stedin,

Het nadeel van het aanvragen van de nutsvoorzieningen is de aanvraagprocedure van acht weken. Nu de bewerking 'nutsvoorziening' naar voren wordt gehaald, betekend dit dat de aanvraagprocedure ook eerder moet plaatsvinden. In de overallplanning is af te lezen dat het prefab betoncasco ver in de voorbereiding aangevraagd moet worden, waardoor het aanvragen van de nutsvoorzieningen ook mogelijk is. Bij het toepassen van het idee in de praktijk is het van belang dat Ouwehand Bouw volledige medewerking krijgt van de nutsaanbieder



Figuur 16: Visuele weergave van de innovatie: het naar voren halen van de nutsvoorzieningen.

#### Verbeteringen kruipruimte ten behoeve van installaties

Met het onderzoek met betrekking tot optimalisaties in de onderbouwfase is gebleken dat er winst is te behalen door het hemelwater en rioleringssysteem op te hangen aan de fundering, zie figuur 17. Met de huidige manier wordt het stelsel opgehangen aan de begane grondvloer. Met deze werkwijze zal de installateur na het aanbrengen van de installatie weer terug moet komen om tijdens het leggen van de begane grondvloeren de afvoer op de juiste hoogte op te hangen. Door deze verbetering in het bouwproces wordt er acht uur arbeid voor 13 twee-onder-één-kapwoningen bespaard en het geeft de montageploeg van de begane grondvloer meer rust tijdens het leggen, omdat er tijdens het leggen geen installateur op de vloeren aanwezig is. Meer informatie over deze optimalisatie is beschreven in bijlage 5.2.



Figuur 17: Referentieproject met al de al meegenomen verbetering. Bron: (Koeweide, 2008)

#### Dragende bergingswanden aanpassen van metselwerk naar prefab betonwanden

De bergingen zijn rondom ongeïsoleerd en uitgevoerd in halfsteensverband metselwerk. Metselwerk is een vertragende bewerking in het bouwproces. Met het oog op het besparen van bouwkosten en het verkorten van de bouwtijd, is het idee bedacht om drie wanden van twee-onder-één-kapwoningen uit te voeren in prefab betonwanden in plaats van halfsteens metselwerk (figuur 18). Deze aanpassing is 4.4% goedkoper dan de uitvoering in metselwerk. Daarnaast is er winst in bouwtijd te behalen van 1.5 tot 2 dagen. Het onderzoek naar deze optimalisatieslag is in bijlage 5.3 weergegeven.



Figuur 18: Achterzijde twee-onder-één-kapwoningen met extra prefab betoncasco elementen

#### Optoppen van profielen vanwege het verticaal metselen.

Met de verticaal bouwen methodiek wordt geprobeerd de metselaar zoveel mogelijk verticaal te laten metselen om de doorlooptijd te optimaliseren. Er is gebleken in de overallplanning dat de timmerlieden die de profielen stellen, door het verticaal bouwen, weinig tijd voor de bewerking profielen stellen hebben.

Om hier een oplossing voor te verzinnen is het idee om de profielen van drie bouwlagen voor de metselaar uit te stellen, uitgebreid onderzocht. Aan de hand van literatuur en gesprekken met de heer Krom<sup>31</sup> en de heer Versteegh<sup>32</sup> is gebleken dat er helaas geen mogelijkheden in te ontdekken zijn. Waardoor de studenten genoodzaakt zijn het optoppen van de profielen te laten vervallen en op de huidige manier verder te gaan.

<sup>31</sup> Interview met uitvoerder van referentieproject Waldijk Uitgeest (Bijlage 11.7)

<sup>32</sup> Interview met werkvoorbereider van het referentieproject Waldijk Uitgeest (Bijlage 11.2)

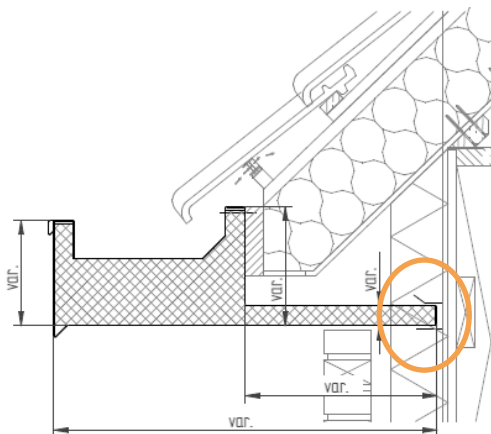
### Dakgoot systemen op de bouwplaats veranderen naar prefabricage

Gekeken naar de knelpunten en optimalisaties die zijn te behalen in de dakgootconstructie is er onderzoek gedaan naar een tweetal dakgootsystemen, deze zijn:

- ♦ Dubbelwandige aluminium dakgoot;
- ♦ Kunststof dakgoot

Uit onderzoek is gebleken dat beide gootsystemen toepasbaar zijn in het OB2 concept en eveneens toepasbaar zijn op het referentieproject de Waldijk, dit zowel bouwtechnisch als architectonisch. Bouwtechnisch kan de dakgoot met beide systemen na het metselwerk gemonteerd worden. Echter met de aluminium goot zal er voor het metselen wel een U-profiel op het binnenblad gemonteerd moeten worden, ten behoeve van de montage, zie figuur 19. Architectonisch is er eveneens met beide systemen een overstek en een eindkraal te vervaardigen.

Daarnaast zal er bij de toepassing op de verticaal bouwen variant gekozen worden voor het toepassen van dubbelwandige aluminium dakgoot. Deze dakgoot is duurder dan de kunststof dakgoot en zal in twee bewerkingshandelingen gemonteerd moeten worden. Daarentegen straalt dit gootsysteem meer kwaliteit uit en met de geïsoleerde dubbelwandige aluminium dakgoot is de goot steviger dan de enkelwandige kunststof goot. Onderzoek naar overige dakgoot materialen wordt in bijlage 5.4 toegelicht.



Figuur 19: Detail aansluiting aluminium dakgoot. Bron: (Riks)

### Dakbedekking ter plaatse van uitbouw/ erkers

Met de huidige methode zal de uitbouw of erker met één bewerking wind- en waterdicht zijn, dit doormiddel van een bitumineuze noodlaag. In vergelijking tot het uitgewerkte detail welke is weergegeven in bijlage 5.5 zal hier pas na vier bewerkingen de uitbouw of erker wind- en waterdicht zijn. Het grote voordeel hiervan is, dat direct de definitieve dakbedekking worden aangebracht en dus geen extra kosten zijn voor het aanbrengen van de bitumineuze noodlaag. Daarnaast zal wel de definitieve dakbedekking moeten worden beschermd, dit wordt gerealiseerd met bouwvilt en Underlaymend platen.

Gezien het doel van het onderzoek om de twee-onder-één-kapwoningen zo snel mogelijk wind- en waterdicht te krijgen, zal er voor gekozen worden om de huidige methode aan te houden welke is weergegeven in figuur 20. De opbouw hiervan zal als volgt worden uitgevoerd:

1. Aanbrengen bitumineuze noodlaag (woning nu al wind- en waterdicht);
2. Aanbrengen Ytong blok en isolatie;
3. Aanbrengen isolatie en metselwerk;
4. Aanbrengen multiplex strook t.b.v. daktrim;
5. Aanbrengen isolatie en definitieve bitumineuze dakbedekking.

Het onderzoek naar deze twee faseringen met behulp van details zijn in bijlage 5.5 weergegeven.



Het omdraaien van het smeren van zandcementvloeren en het plaatsen van de binnenwanden is een aanpassing in de afbouwfase van grote omvang. Een drietal bewerkingen worden volledig van elkaar gewisseld. Figuur 21 laat de huidige manier van afbouwen zien en figuur 22 de mogelijke optimalisatie waarbij de bewerkingen zijn omgedraaid.



1. Aanbrengen installaties op vloeren;
2. Smeren van zandcementvloer;
3. Aanbrengen binnenwanden;
4. Fresen van sleuven en aanbrengen elektra

1. Aanbrengen binnenwanden;
2. Aanbrengen installaties in wanden en vloeren.
3. Smeren van zandcementvloer.

Pagina 39 van 70

Daarnaast is er nog één voordeel te benoemen, namelijk: tijdens het monteren van het casco worden de gibo blokken voor de binnenwanden direct met de kraan op de ruwe vloeren geplaatst. Op de huidige manier werd dit later met de hand omhoog gelopen. Deze verandering zorgt voor minder arbeidsintensiteit op de bouwplaats en een betere doorlooptijd in het bouwproces. De bovenstaande deelconclusie is geschreven aan de hand van het uitgebreider onderzoek weergegeven in bijlage 5.6.

#### Prefab badkamer en toiletruimte

Terugkijkend naar de analyse zijn er een aantal randvoorwaarden naar voren gekomen. Enkele randvoorwaarden zijn een korte voorbereidingstijd, flexibiliteit en de vrije keus in uitstraling. Als deze randvoorwaarden getoetst worden aan de optie voor het toepassen van een prefab badkamersysteem welke is uitgewerkt in bijlage 5.7, dan vallen deze bij alle drie de randvoorwaarden negatief uit. Dit komt doordat de voorbereidingstijd voor het toepassen van een prefab badkamer minimaal acht weken is. Daarnaast zullen de badkamers niet flexibel meer zijn, aangezien ze voor alle woningen in één keer worden geëngineerd. Ook zijn de badkamers relatief duur bij een kleine afnamen, financieel zou het toepassen van prefab badkamers interessant worden bij een grote afname, hierbij wordt gedacht aan een project van circa 100 woningen, welke grotendeels gelijk aan elkaar zijn. Met deze gegevens kan dan ook geconcludeerd worden dat het toepassen van prefab badkamers in het OB2 concept niet rendabel is.

#### **4.2.2 Deelconclusie**

Met het bezoeken van referentieprojecten, het analyseren van de huidige bewerkingen, eigen inzichten en de juiste vragen stellen aan deskundigen heeft geleid tot een aantal interessante optimalisaties en innovaties om het bouwproces beter te laten verlopen.

In de gemaakte overallplanning welke is weergegeven in bijlage 4.5 bleek dat de nutsvoorziening een vertragende factor was. Het naar voren halen van deze bewerking, mogelijk gemaakt door het toepassen van wind- en waterdicht prefab meterkast, zorgt voor het eerder kunnen opleveren van de twee-onder-één-kapwoningen. Vervolgens is er gezocht naar een optimalisatieslag in de riolering en hemelwaterafvoer stelsel. Dit is bereikt door de riolering en hemelwaterafvoeren aan de fundering op te hangen. Dit bespaart een extra handeling van de installateur, omdat hij niet de leidingen aan de vloer hoeft op te hangen.

De drie bergingswanden van één twee-onder-één-kapwoningen zijn uitgevoerd met metselwerk. Het probleem is dat deze bewerking een vertragende factor is in het bouwproces, waardoor er voor is gekozen om deze wanden uit te voeren in prefab betoncasco wanden. Zodat er minder gemetseld hoeft te worden, waardoor deze bewerking aanzienlijk wordt verkort.

Klanten kunnen kiezen voor kopersopties, één daarvan is het realiseren van een uitbouw. Het vroegtijdig wind- en waterdicht maken van woningen is belangrijk om afbouwwerkzaam-

heden vlot te laten verlopen. Met de huidige manier van bouwen wordt er gewerkt met het plakken van nooddakbedekking, er is bekeken of direct de definitieve laag aangebracht kan worden, om zo extra handelingen te voorkomen. Uit onderzoek bleek dat dit het zo snel mogelijk wind- en waterdicht maken van de twee-onder-één-woningen vertraagde, dit is ook de reden dit niet wordt meegenomen in het verder onderzoek naar verticaal bouwen.

Met betrekking tot de dakgootconstructie was het opvallend dat hier een lange bewerkingsduur aan was gekoppeld. Met het bestuderen van prefab aluminium dakgoten in plaats van houten dakgoten is hier een passende oplossing voor gevonden die bouwtijd en daardoor ook bouwkosten zal besparen.

In de uitvoering van de afbouwwerkzaamheden is er een grote winst behaald qua voortgang van het afbouwproces. Het omdraaien van de volgorde: het aanbrengen leidingen in wanden en vloeren, smeren zandcementvloer en het plaatsen van binnenwanden heeft geresulteerd tot een grote optimalisatieslag in het afbouwproces, waarbij de doorlooptijd is verbeterd en door het opperen met de kraan arbeidsintensiviteit op de bouwplaats is verminderd.

De bovenstaande punten worden in de overallplanning toegevoegd, wat resulteert tot een aangepast overallplanning welke variant 1 wordt genoemd. Weergegeven in bijlage 6.1.

## 4.3 Variant 1 – Verticaal bouwen van het OB2 concept met huidige materialen

Het verticaal bouwen met de huidige materialen, mogelijke optimalisaties en innovaties worden in dit hoofdstuk met behulp van een overallplanning samengevoegd tot één geheel. Het verticaal bouwen met de huidige materialen staat in variant 1 ten grondslag. In dit hoofdstuk worden de bewerkingen beschreven, opvallende aanpassingen extra toegelicht en als laatste worden de aanpassingen kostentechnisch berekend. Aan de hand hiervan kan er geconcludeerd worden welke voordelen verticaal bouwen heeft en of het rendabel is hierin te investeren als Ouweland Bouw zijnde.

### 4.3.1 Bouwtijd van variant 1

De overallplanning van variant 1 die is weergegeven in bijlage 1.2, is de verticaal bouwen methodiek verwerkt. Daarnaast zijn hier ook de optimalisaties aangegeven welke de doorlooptijden tussen bewerkingen verkorten. Uit de overallplanning zijn de volgende tijdsinsten te benoemen.

Tabel 8: Deadlines van variant 1

| Fase                | Traditioneel bouwmethodiek  | Verticaal bouwen variant 1  | Verskil                          |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Wind- en waterdicht | 11 werkweken en 2 werkdagen | 9 werkweken en 4 werkdagen  | 1 werkweek en 3 werkdagen eerder |
| Totale bouwtijd     | 21 werkweken en 2 werkdagen | 19 werkweken en 3 werkdagen | 1 werkweek en 4 werkdagen eerder |

#### Onderbouwing planning

Variant 1 is met de verticale bouwmethodiek opgezet. In welke volgorde de bewerkingen worden uitgevoerd wordt met de onderstaande beschrijving toegelicht.

#### Stappenplan onderbouw

1. Heiwerk en fundering werkzaamheden;
2. Eerst aanvullen tot bovenkant fundering daarna leggen begane grondvloer;
3. Riolerings en HWA (hemelwater) ophangen aan fundering;
4. Het toepassen van prefab meterkast op de begane grondvloer.

#### Omschrijving:

1. Met het aanbrengen van de funderingsconstructie worden er geen ingrijpende veranderingen toegepast. Het heiwerk en het plaatsen van de funderingsbalken worden op de traditionele manier uitgevoerd.
2. Op de traditionele manier worden eerst de begane grondvloeren gelegd en daarna het grondwerk aangevuld tot bovenkant fundering. In variant 1 is dit omgedraaid vanwege het eerder plaatsen van het steigerwerk.
3. Na het plaatsen van de funderingsbalken wordt het rioleringsstelsel en de hemelwaterafvoer (HWA) aan de funderingsbalken opgehangen. Op de traditionele manier wordt dit opgehangen aan de begane grondvloer. Hierdoor moet de installateur na het aanbrengen van de installatie weer terug komen om tijdens het leggen van de begane grondvloeren, die horizontaal worden gelegd, de nodige afvoeren op de juiste hoogte op te hangen.
4. Omdat het invoeren van nutsvoorzieningen een vertragende factor binnen het bouwproces blijkt te zijn is er een wind- en waterdicht, stootvast en afsluitbare prefab meterkast ontwikkeld. Deze meterkast wordt na het leggen van de begane grondvloeren op de ruwe vloer geplaatst, zodat vervolgens de netbeheerders direct de aansluitingen kunnen aanbrengen. Het voordeel hiervan is dat er eerder opgeleverd kan worden omdat de doorlooptijd van buitenwerkzaamheden is ingekort.

## Stappenplan ruwbouw

De bouwvolgorde van variant 1 is ten opzichte van de traditionele methode aanzienlijk veranderd. Deze aanpassingen worden door middel van het onderstaande stappenplan beschreven.

1. Aanbrengen steigerwerk;
2. Aanbrengen prefab betoncasco, muurplaten en prefab scharnierkappen;
3. Opperen gibo blokken;
4. Aanbrengen nooddakbedekking en overig steigerwerk;
5. Metselwerk;
6. Aanbrengen dakgootconstructie.

### Omschrijving:

1. Het steigerwerk wordt aangebracht in een U-vorm, hiermee wordt bedoeld de twee kopgevels en de achtergevel van de twee-onder-een-kapwoningen in de steiger worden gezet. Als dit bij de eerste twee woningen gereed is zal er gestart worden met het plaatsen van het prefab betoncasco. Het plaatsen zal gebeuren met een montageploeg van zes personen.
2. Op de traditionele manier wordt het prefab betoncasco door de montageploeg van Heembeton geplaatst. Nadat dit voor 13 woningen is afgerond wordt vervolgens door de montageploeg van Topvorm de prefab scharnierkappen geplaatst. Het nadeel hiervan is dat het prefab betoncasco een lange periode open staan, waardoor er aanzienlijk veel vocht in de woningen kan komen.

De grote ontwikkeling in het afstudeeronderzoek zit in het direct de prefab scharnierkap plaatsen als het prefab betoncasco van twee woningen is afgerond. Onderzoek wijst uit dat er montagebedrijven bestaan die de prefab betoncasco's en de prefab scharnierkappen beide plaatsen. Hierdoor is men niet meer afhankelijk van twee montageploegen, waardoor de doorlooptijd in het proces aanzienlijk kan worden verbeterd. In variant 1 monteren twee monteurs de muurplaten en de prefab scharnierkap. De overige vier monteurs starten vervolgens alvast met het plaatsen van het prefab betoncasco van de volgende twee woningen. Door deze wending zijn de woningen al grotendeels wind- en waterdicht waardoor er minder risico op ophoping van vocht aanwezig zal zijn.

3. Door een ingrijpende verandering in de afbouwfase (stap 2), is het nodig de gibo blokken van de binnenwanden al tijdens het plaatsen van de prefab betoncasco's te opperen. Met opperen wordt bedoeld een pallet gibo blokken met de kraan op de ruwe begane grond en verdiepingsvloeren plaatsen. Op de huidige manier wordt dit met de hand gedaan, dit is erg arbeidsintensief en langdurig.
4. Aansluitend aan het leggen van de prefab scharnierkap worden er ter plaatse van de uitbouw en erker nooddakbedekking aangebracht. Na deze bewerking is de woning volledig wind- en waterdicht. Als de nooddakbedekking is aangebracht en de kapconstructie gereed is zal er een steiger worden opgebouwd aan de voorzijde van de woning, evenals het steiger op de aanbouw.
5. Het metselwerk wordt gemetseld met de fasering van het steigerbouwen mee. Met verticaal bouwen in het achterhoofd worden er ook per twee woningen van beneden naar boven gemetseld. Pas als de steiger aan de voorkant is aangebracht wordt de voorzijde van de woning voorzien van metselwerk. Het metselwerk wordt gerealiseerd met twee metselploegen, elke ploeg bestaat uit één opperman en drie metselaars, dit is gedaan om de doorlooptijd tussen de twee blokken te versnellen. Door de bergingswanden te veranderen van metselwerk naar prefab betonwanden zijn de metselaars een aantal werkdagen minder op de bouw aanwezig. Ook dit heeft een positieve uitwerking op de doorlooptijd van het metselwerk.
6. Door het materiaal van de dakgootconstructie te veranderen van hout naar prefab aluminium is de arbeidsintensiviteit op de bouwplaats sterk afgenomen. Voor het metselwerk uit wordt er een aluminium U-profiel ten behoeve van de montage op het prefab betoncasco geplaatst. Dit zodat bij afronding van het metselwerk de prefab aluminium dakgoten met behulp van het U-profiel eenvoudig aan de dakkap gemonteerd kan worden.

### **Stappenplan afbouwfase**

Het afstudeeronderzoek naar verticaal bouwen is vooral gericht op de onderbouw en ruwbouwfase van de twee-onder-één-kapwoningen. Daarnaast is het ook in de afbouwfase bij enkele bewerkingen gelukt om de verticale bouwmethodiek toe te passen. Namelijk:

1. Plaatsen van de prefab houten binnentrappen;
2. Het omdraaien van smeren van zandcementvloeren en plaatsen van gibo wanden.

Omschrijving:

1. Bij het starten van de afbouwwerkzaamheden wordt er als eerste de prefab houten binnentrappen geplaatst. Met betrekking tot verticaal bouwen worden de trappen per twee woningen gemonteerd. Als deze bewerking gereed is kan er gestart worden met de overige bewerkingen van de afbouwfase.
2. In het stappenplan van de ruwbouwfase is beschreven dat de gibo blokken tijdens het monteren van het prefab betoncascos op de ruwe vloeren worden geplaatst. Hierdoor kan na het plaatsen van de binnentrappen direct begonnen worden met het stellen van profielen en het plaatsen van de gibo wanden. Als dit gereed is komen de installateurs de leidingen aanbrengen. Dit kan zowel op de ruwe vloer als in de wanden. Hierdoor kan de installateur zijn werk direct afmaken zodat hij direct bij de volgende woning kan starten. Tot slot komt de zandcementvloer specialist om de woningen te voorzien van zandcementvloeren.

### **Algemeen**

Met het opzetten van de overallplanning die is uitgewerkt met de verticale bouwmethodiek is er vooral rekening gehouden met de dagproductie van het bouwplaats personeel. Werknemers halve dagen laten komen, zal extra kosten met zich meebrengen.

#### 4.3.2 Bouwkosten van variant 1

“Investeren in innovaties en uitspreiden over meerdere jaren”<sup>33</sup>, een uitspraak van Ir. Joop Dalman, een citaat dat past bij het onderzoek naar verticaal bouwen in het OB2 concept. Uit onderzoek is gebleken dat niet altijd alle bedachte optimalisaties en innovaties winstgevend hoeven te zijn. Maar door het standaardiseren en het telkens verbeteren ervan zal er naar verwachting in de loop der jaren positieve resultaten, met betrekking tot bouwtijd en bouwkosten, worden gemaakt. In dit hoofdstuk zijn de gevolgen qua bouwkosten van verticaal bouwen in het OB2 concept opgesomd.

Het kostenoverzicht in figuur 23 is gebaseerd op 13 twee-onder-één-kapwoningen. Op basis van elementen worden de kosten en baten inzichtelijk gemaakt van de elementen die verbeterd of gewijzigd zijn. Specifieke kosten per onderdeel worden in bijlage 6.2.1 verder toegelicht. Geraadpleegde literatuur en gebruikte bronnen zijn in bijlage 6.2.2 beschreven.

##### Werk: Kostenopzet verticaal bouwen

Datum: 04-05-2015

##### Onderdeel: Financieel overzicht variant 1

Kostenopzet van 13 woningen uitgeest

|                                                                  | Aantal won. | Kosten    | Totaal    |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Onderbouw</b>                                                 |             |           |           |           |
| Aanbrengen incl. verlengen/ riool/ HWA aan funderingsbalk        | 13          | -€ 324    | -€ 324    |           |
| Opschonen bouwput/ bodemsafsl/ aanvullen tot bovenkant fundering |             |           | € 0       |           |
| Nutsvoorzieningen (innovatie)                                    | 13          | € 4.409   | € 4.409   | € 4.085   |
| <b>Ruwbouw</b>                                                   |             |           |           |           |
| Steigerwerkzaamheden                                             | 13          | € 2.872   | € 2.872   |           |
| Casco Heembeton plaatsen/ muurplaten/ scharnierkap               | 13          | € 16.676  | € 16.676  |           |
| Metselwerk                                                       | 13          | -€ 26.378 | -€ 26.378 |           |
| Goten aluminium                                                  | 13          | -€ 5.097  | -€ 5.097  | -€ 11.926 |
| <b>Afbouw</b>                                                    |             |           |           |           |
| Gibo/zandcementvloer                                             | 13          | -€ 1.228  | -€ 1.228  | -€ 1.228  |
| <b>Bouwplaatsvoorzieningen</b>                                   |             |           |           |           |
| Bouwplaatsvoorzieningen                                          | 13          | -€ 6.688  | -€ 6.688  | -€ 6.688  |
|                                                                  |             |           | -€ 15.757 |           |

Figuur 23: Kostenopzet variant 1.

Het verticaal opbouwen van twee-onder-één-kapwoningen, het toepassen van innovaties en het doorvoeren van optimalisaties heeft een besparing opgeleverd van €15.756 van de totale bouwkosten. In percentage is deze 0.9% van de bouwsom

Vooraf aan het onderzoek werd er verwacht een aanzienlijke besparing te behalen in het onderdeel algemene bouwplaatskosten (ABK). Deze ABK kosten zijn berekend in werkweken. Omdat er als onderzoeksresultaat 9 werkdagen winst in bouwtijd is behaald, werd er verwacht de gehele post ABK te kunnen verminderen. Hierin werd naarmate het onderzoek duidelijk dat er in dit onderdeel onderscheid wordt gemaakt in tijd-, woning-, en projectgebonden kosten. Door het eerder opleveren van de woningen kan er alleen op tijdgebonden bespaard worden.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> (Dalman, 2015)

<sup>34</sup> De vermelde kosten zijn terug te herleiden uit de detailbegroting met bijbehorende bronnen in bijlage 6.2

#### 4.3.3 Variant 1 toetsen aan de gestelde randvoorwaarden

Met de vooraf gestelde randvoorwaarden, die in de inleiding van hoofdstuk 4 zijn vastgesteld, wordt variant 1 in dit hoofdstuk getoetst.



##### *Snelle bouwtijd (waaronder zo snel mogelijk wind- en waterdicht)*

Het doel van het afstudeeronderzoek naar verticaal bouwen is het zo vroeg mogelijk wind- en waterdicht maken van de twee-onder-één-kapwoningen. Dit om het risico te verkleinen dat ophoping van vocht door middel van neerslag in de woningen kan plaatsvinden, waardoor de vastgestelde opleverdatum in gevaar kan komen.

Met variant 1 zijn de 13 twee-onder-één-kapwoningen vergeleken met de huidige planning 1 werkweek en 3 werkdagen eerder wind- en waterdicht. Dit houdt in dat er eerder gestart kan worden met de afbouwwerkzaamheden. Hieruit volgt het eerder opleveren met verticaal bouwen van 1 werkweek en 4 werkdagen.



##### *Kostenneutraal bouwen*

Er is gebleken dat verticaal bouwen samen met de toegepaste innovaties en optimalisaties een besparing van €15.757, in percentage 0.9%, oplevert. Het doel kostenneutraal bouwen is hiermee gehaald. Met het onderzoek werd verwacht meer winsten uit de ABK te behalen, vanwege het eerder opleveren van de twee-onder-één-kapwoningen. Maar later bleek dat niet bij alle onderdelen die onder het kopje ABK vallen op valt te besparen. Een voorbeeld hiervan is het aanvragen van een bouwaansluiting, dit zijn projectgebonden kosten die geen betrekking hebben op de totale bouwtijd van het project.



- *Flexibel bouwsysteem door middel van wisselende beukmaten;*
- *Vrije keus in uitstraling;*
- *Standaard detaillering.*

Met het toepassen van verticaal bouwen is in de voorbereiding nog steeds de mogelijkheid om te woningen uit te voeren met wisselende beukmaten. De gevels worden net als op de huidige manier gemetseld. Waardoor er nog steeds net als eerst een vrije keus in uitstraling mogelijk is. Als laatste komt standaard detaillering aan bod, qua materialen zijn geen veranderingen aangebracht, het enige verschil met verticaal bouwen is de volgorde van bouwen. Deze wisselingen in bouwvolgorde kan naar verwachting op zo goed als elk project worden toegepast.



##### *Gebouwschil toekomstbestendig maken met betrekking tot verhogen Rc-waarden*

Toekomstbestendig bouwen is niet in variant 1 terug te herleiden. Dit komt omdat er geen veranderingen in bouwmaterialen zijn toegepast. Waardoor er met betrekking tot Rc-waarden en EPC waarden geen verbeteringen in te behalen zijn.

#### Resultaat

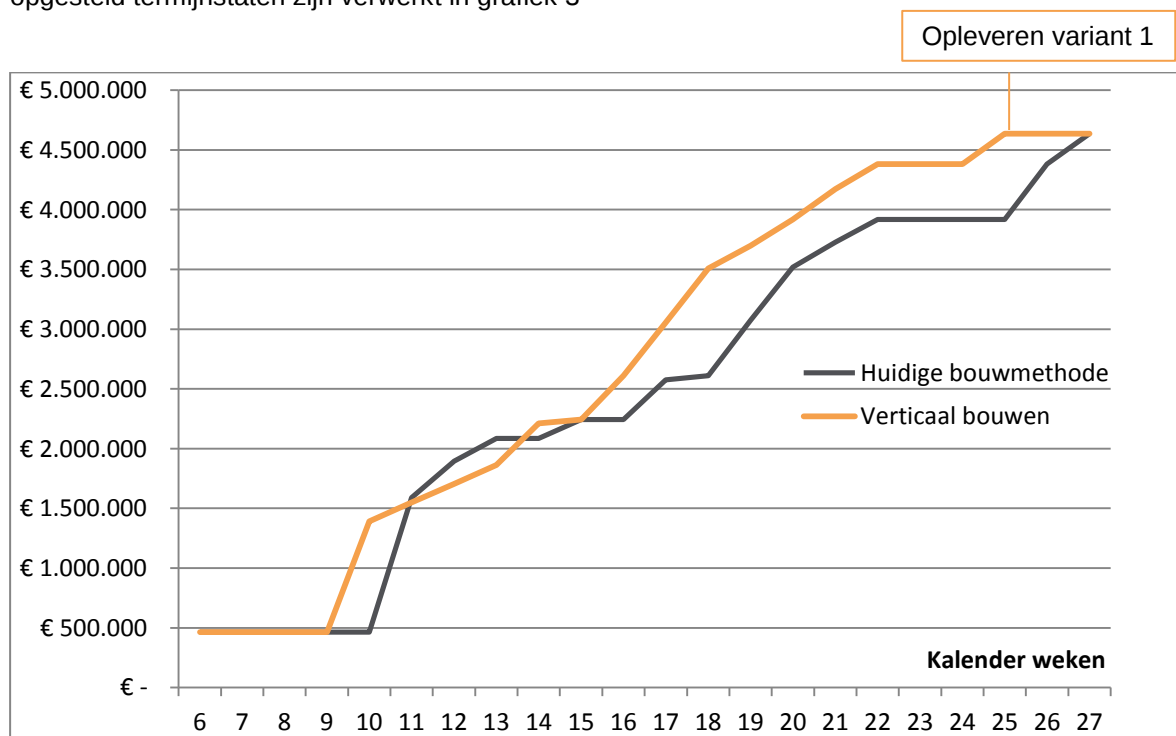
Met variant 1 is het verticaal bouwen van 13 twee-onder-één-kapwoningen gelukt. Een kostenneutrale variant die zonder grote aanpassingen in materialen 1 werkweek en 3 werkdagen eerder wind- en waterdicht is en 1 werkweek en 4 werkdagen eerder opgeleverd kan worden. Een groot nadeel is dat in de toekomst problemen kunnen ontstaan vanwege het niet halen van de EPC=0, die in 2020 van kracht zal gaan. Om Ouwehand Bouw hier op voor te bereiden wordt er in het volgende hoofdstuk onderzoek gedaan naar een toekomstbestendige variant. Hierbij wordt er gestreefd naar een variant die aan alle gestelde randvoorwaarden voldoet.

## 4.4 Optimaliseren van termijnstaten door middel van verticaal bouwen

In hoofdstuk 3.4 is beschreven dat de termijnstaten van het OB2 concept zijn opgesteld op basis van de standaard termijnregelingen die vanuit Woningborg worden verstrekt. Met het toepassen van verticaal bouwen is de verwachting dat er positieve resultaten zijn te behalen voor Ouwehand Bouw. Nu het verticaal bouwen is onderzocht kan worden aangetoond of dit ook werkelijk een positieve uitwerking heeft voor Ouwehand Bouw.

Met behulp van gegevens uit de overallplanning van variant 1 kan worden afgelezen welke termijnen en wanneer uitgeschreven kunnen worden. Vanuit deze overallplanning is dan ook een termijnstaat opgesteld welke is weergegeven in bijlage 7.2.

Daarnaast is een termijnstaat opgesteld op basis van de huidige overallplanning en de data van de al uitgeschreven termijnen, weergegeven in bijlage 7.1. De gegevens welke zijn genereerd uit de opgesteld termijnstaten zijn verwerkt in grafiek 3



Grafiek 3: Termijnenregeling variant 1 met verticaal bouwen

In grafiek 3 wordt na kalenderweek 9 het eerste verschil zichtbaar. Dit verschil komt doordat er direct na het plaatsen van het prefab betoncascos en prefab scharnierkap van de eerste twee woningen er 2 termijnen uitgeschreven kunnen worden, in vergelijking tot de traditionele methode is dit er maar 1. Echter is het opmerkelijk dat in week 11 tot en met 13 meer geld geïncasseerd kan worden met de traditionele bouwmethode. De oorzaak hiervan is dat met de traditionele bouwmethode het bouwen van de prefab betoncascos sneller gaat en daardoor de termijnen sneller uitgeschreven kunnen worden.

Vanaf week 15 tot en met de oplevering blijkt de verticale bouwmethodiek positieve uitwerkingen te hebben op de termijnen. Termijnen kunnen eerder worden uitgeschreven waardoor er meer geld geïncasseerd kan worden in een korter tijdsbestek.

### Deelconclusie

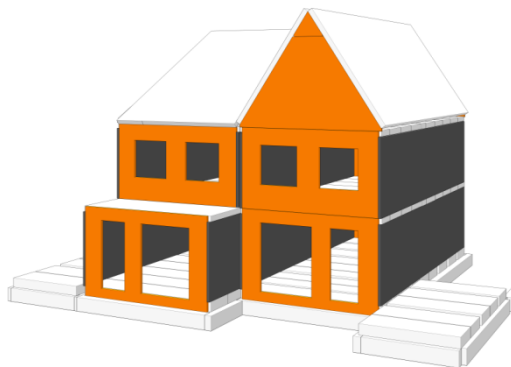
Er is gekozen om een termijnenstaat te maken van variant 1 omdat dit de meest reële vergelijking oplevert. Met variant 1 blijkt dat de termijnen eerder uitgeschreven kunnen worden in vergelijking tot de traditionele bouwmethode. Dit is een voordeel omdat zo de rente over de bouwperiode minimaal is. Er kan dan ook geconcludeerd worden dat verticaal bouwen een positieve uitwerking heeft op het uitschrijven van de termijnen

## 4.5 Variant 2 – Toekomstbestendig verticaal bouwen

Uit de conclusie van variant 1 is gebleken dat het voldoet aan zes van de zeven gestelde randvoorwaarden. Variant 1 is uitgevoerd met het prefab betoncasco, hierbij is het niet eenvoudig om hoge Rc-waardes te behalen. Om toch toekomstbestendig te bouwen wordt er in dit hoofdstuk een variant ontwikkeld dat verticaal gebouwd kan worden en gemakkelijk in kan spelen op de aangescherpte regelgeving.

In figuur 24 zijn verschillende gevel elementen opgesplitst in twee kleuren. De dragende wanden van het skelet weergegeven in de kleur grijs en de gevelvullende elementen in de kleur oranje.

De gevelvullende elementen leveren geen constructieve bijdrage van de woningen, deze elementen kunnen dan ook uitgevoerd worden in een lichter materiaal. Verschillende opties zijn er mogelijk met betrekking tot het vervangen van de huidige prefab betonelementen.



Figuur 24: Constructieve wanden van het OB2 concept.

Uit vooronderzoek met betrekking tot de keuze van een nieuw gevelsysteem is gebleken dat het Thermogreen systeem en de HSB elementen van Timmerfabriek Webo twee systemen zijn die naar verwachting goed passen in het OB2 concept van Ouweland Bouw. In het aankomend hoofdstuk wordt verder onderzocht of dit ook daadwerkelijk zo is.

### 4.5.1 Gevelvarianten met betrekking tot gevel vullende elementen

Om tot een uitvoerbaar en toekomstbestendig gevelsysteem te komen zijn er randvoorwaarden opgesteld waaraan het gevelsysteem aan behoort te voldoen. Met de keuze zal hier dan ook rekening mee worden gehouden. Deze randvoorwaarden zijn:

- ♦ De gevelconstructie zal minimaal moeten voldoen aan het Bouwbesluit 2012;
- ♦ Toekomstbestendig bouwen, Rc-waarde van gevel 5 m2K/W;
- ♦ Gevel moet maximaal een luchtdichtheid hebben;
- ♦ Flexibel qua vormgeving en maatvoering;
- ♦ Mogelijkheid tot demontage voor vernieuwing;
- ♦ Korte levertijd;
- ♦ Te ontwikkelen met standaard detaillering.

#### Thermogreen gevel

*'In 2020 streeft de Europese commissie naar een energie besparing van 30 procent ten opzicht van het niveau van 1990. Die besparing moet voor een groot deel uit de woningbouw komen, met het Thermogreen systeem leveren wij de techniek'.<sup>35</sup>*

Het Thermogreen systeem bestaat uit een dunwandig C-profiel met een afmeting van 89x150mm. In het staalprofiel zal 140mm minerale wol worden verwerkt ten behoeve van geluid en warmte isolatie. De binnenzijde afwerking bestaat uit een dampdichte folie waartegen een Rigidur plaat met een dikte van 12,5mm is verwerkt.

Als buitenzijde afwerking zijn steenstrips geplakt met een dikte van 25mm, deze steenstrips zijn geplakt op een 20mm cementgebonden plaat. Achter de cementgebonden plaat is nog een extra laag isolatie met staalnetten verwerkt met een dikte van 20mm, de extra laag isolatie met staalnetten heeft als functie om de gevel stootvast te maken. Daarnaast is het gevelsysteem zo ontworpen dat er ook gekozen kan worden voor gevelstucwerk als buitenafwerking. Samenvattend is het Thermogreen systeem als volgt opgebouwd van:

<sup>35</sup> (Rouwenhors, 2015)

bu>bi.

- ♦ Steenstrips 20x48x25mm;
- ♦ Cementgebonden plaat 20mm;
- ♦ Isolatie met staalnet 60mm;
- ♦ Dunwandige C-profiel 89/150-50-2mm;
- ♦ Minerale wol 140mm;
- ♦ Dampdichte folie;
- ♦ Rigidur 12,5mm.



Figuur 25: Referentieproject Katwijk bron: (Thermogreen, 2015)

Tijdens de analyse is gebleken dat het metselen van de gevels een knelpunt is in het bouwproces. Daarnaast zal in 2020 de EPC-eis verlaagd worden naar nul en de RC-waarden verhoogd worden. Om een toekomstbestendig concept te ontwikkelen zal al vooruit gekeken worden naar de aankomende regelgeving. Het Thermogreen systeem is hier dan ook op ingespeeld door een gevelsysteem te ontwikkelen met Rc-waarde van hoger dan 5 m<sup>2</sup>K/W. Deze relatief hoge Rc-waarden zal zeker invloed hebben op het verlagen van de EPC-waarden. Daarnaast hoeft er niet meer gemetseld te worden met het Thermogreen gevelsysteem, dit zal dan ook de bouwtijd verkorten. Ook is het systeem flexibel in vormgeving en kan het zo ontwikkeld worden dat het demontabel is, zodat het in de toekomst hergebruikt of geüpgraded kan worden.

Een nadeel van het systeem is dat het geheel prefab geproduceerd wordt en dus een lange levertijd heeft waardoor ook de deadline van kopersopties vroeg definitief bekend moet zijn. Dit zal ten kosten gaan van de flexibiliteit. Daarnaast kan het Thermogreen systeem maar door één bedrijf geleverd worden, dit omdat het Thermogreen systeem gepatenteerd is. Dit kan nadelig zijn voor de prijsvorming en kan in de toekomst ook problemen geven met de levertijden, dit probleem wordt nu ook ondervonden met de huidige leverancier van het betoncasco. Met deze bevindingen kan ook geconcludeerd worden dat het toepassen van Thermogreen systeem in het OB2 concept niet de oplossing is voor de problemen die zijn geconstateerd in het huidige OB2 concept.<sup>36</sup> Extra informatie ten behoeve van het Thermogreen systeem is in bijlage 8.1.1 beschreven.

#### Webo HSB-elementen.

"HSB-elementen van de hoogste kwaliteit, prefab dat gevelsluitend is"<sup>37</sup> Timmerfabriek Webo is een belangrijke speler op de markt van HSB elementen. Licht in gewicht, minder co<sub>2</sub> uitstoot en isoleert beter dan prefab beton. Een opsomming van een aantal voordelen dat het OB2 concept verder kan optimaliseren.

Vanwege beperkte informatie uit literatuur-onderzoek is telefonische contact op genomen met de heer Oskamp van timmerfabriek Webo. Zei leveren HSB elementen met steenstrips die een hoge Rc-waarden bezitten. Eenmaal aan de telefoon bleek dat de aanwezige informatie binnen Webo niet werd prijsgegeven.

Mevrouw Barlag van Ouwehand Bouw vertelde dat de BAM 76 woningen in Zwijndrecht aan het renoveren was, met de elementen van Webo. Om meer informatie te



Figuur 26: Webo HSB-elementen.  
Referentierenovatieproject 76 woningen te Zwijndrecht.

<sup>36</sup> (Thermogreen, 2015)

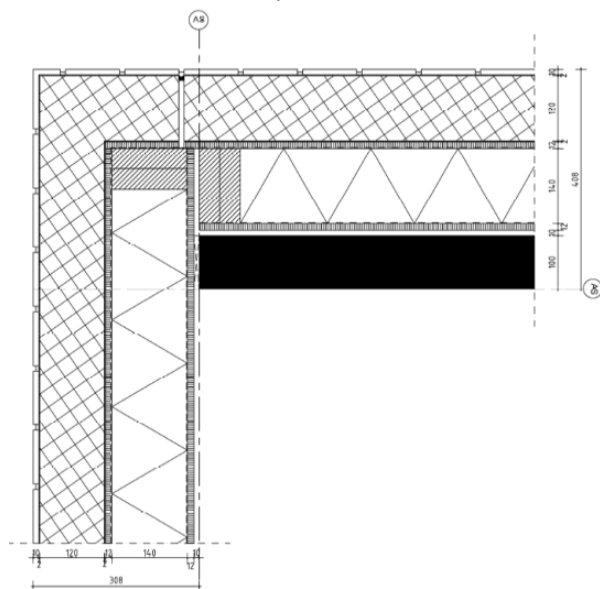
<sup>37</sup> (kozijnen&HSB-elementen, 2012)

genereren is er besloten om een afspraak te maken op dit project. Eenmaal daar aangekomen (zie figuur 26) is er gesproken met de projectleider van de BAM, die ons vervolgens bouwkundige details en productinformatie heeft meegegeven. Informatie over het bezoek en productinformatie is in bijlage 8.1.2 aan deze scriptie toegevoegd.

Achteraf bleek dat de Webo elementen, die op het referentieproject Zwijndrecht zijn toegepast, gemaakt waren met een Rc-waarden van  $3.5 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Vanwege de randvoorwaarden die de studenten hebben opgesteld is dit te laag. Het verhogen van de Rc-waarden naar  $5 \text{ m}^2\text{K/W}$  betekend dat het element behoorlijk in dikte zal toenemen. Vervolgens is er opnieuw contact opgenomen met Timmerfabriek Webo en gevraagd op welke manier ze de hogere Rc-waarden behalen. De heer Oskamp, commerciële directeur van Timmerfabriek Webo, gaf aan dat hij in een gesprek op kantoor het één en ander toe wilde lichten. Hieruit is dan ook de volgende opbouw ontstaan:

Van bu>bi.

- ♦ Minerale gevelsteen 10mm;
- ♦ Lijmlaag/ weefsellaag 2mm;
- ♦ Sto-houtvezel isolatieplaat 120mm;
- ♦ Lijmlaag/ weefsellaag 2mm;
- ♦ Fermacell HD plaat 12mm
- ♦ Kingspan minerale wol 140mm
- ♦ Vuren regelwerk 38x140mm
- ♦ Dampremmende laag
- ♦ Fermacell plaat 12mm



Figuur 27: Detail HSB element, eerste opzet.

Ten opzichte van het Thermogreen systeem, kunnen de HSB-elementen door meerdere bedrijven gerealiseerd worden. Daarnaast is het mogelijk om als Ouwehand Bouw zijnde de prefab HSB elementen in eigen beheer te produceren. De levertijd van Webo bedraagt 6 tot 8 weken, dit zou hierdoor verminderd kunnen worden. HSB elementen met steenstrips zou een goed alternatief zijn voor de vertragende bewerking metselwerk in het bouwproces. Daarnaast kan er met dit systeem toekomstbestendig worden gebouwd.

Alles afwegend is er gekozen om variant 2 uit te voeren met de HSB elementen van Timmerfabriek Webo. In het verdere verloop van het onderzoek wordt er een overallplanning, kostenbegroting en bouwkundige tekenwerk vervaardigd om variant 2 te kunnen toetsen aan in hoofdstuk 4 gestelde randvoorwaarden.

#### 4.5.2 Bouwtijd van variant 2

Variant 1 is met de verticale bouwmethodiek opgezet. Met het toetsen van variant 1 werd duidelijk dat toekomstbestendig maken van de twee-onder-één-kapwoningen niet was meegenomen. In variant 2 wordt er een variant beschreven die met betrekking tot de gebouwschil verschillend is ten opzichte van variant 1. Er is gekozen voor een ander materiaal omdat er met de huidige materialen nauwelijks de EPC waarde verder is te verlagen.

Tabel 9: Mijlpalen van variant 2

| Fase                | Traditioneel bouwmethode    | Verticaal bouwen variant 2 | Vershil                         |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Wind- en waterdicht | 11 werkweken en 2 werkdagen | 12 werkweken en 1 werkdag  | 4 werkdagen eerder              |
| Totale bouwtijd     | 21 werkweken en 2 werkdagen | 19 werkweken               | 2 werkweken en 1 werkdag eerder |

#### Onderbouwing planning

Variant 2 is uitgewerkt met HSB gevelvullende elementen. Net als variant 1 wordt er verticaal gebouwd. Hiermee wordt bedoeld per twee woningen van beneden naar boven. In het onderstaande stappenplan worden veranderingen die in de overallplanning zijn doorgevoerd verder toegelicht. Daarnaast worden er bijzonderheden van de toegepaste HSB elementen beschreven.

#### **Stappenplan onderbouw**

1. Heiwerk en funderingswerkzaamheden;
2. Eerst aanvullen tot bovenkant fundering daarna leggen begane grondvloer;
3. Riolering en HWA (hemelwater) ophangen aan fundering;
4. Het toepassen van prefab meterkast op de begane grondvloer.

#### Omschrijving:

In de onderbouwfase van variant 2 zijn ten opzichte aan variant 1 geen veranderingen doorgevoerd. De onderbouwing is dan ook exact hetzelfde als die is beschreven in hoofdstuk 4.3.1

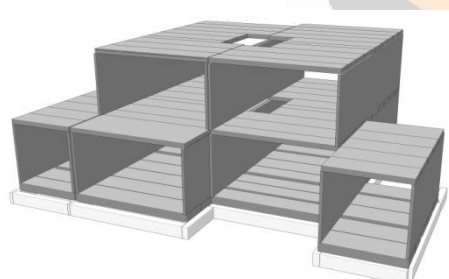
#### **Stappenplan ruwbouw**

De ruwbouw van variant 2 is ten opzicht van variant 1 veranderd. Materiaalkeuze, volgorde van bouwen en de benodigde werkdagen voor de uitvoering wisselen sterk hierin. De volgende bewerkingen worden verder toegelicht:

1. Het plaatsen van prefab betoncasco, HSB elementen, opperen gibo blokken, muurplaten en als laatste de prefab scharnierkappen;
2. Plaatsen prefab betonvloer i.p.v. houten balklaag;
3. Toevoegen van een stabiliteitswand op de begane grond en 1<sup>e</sup> verdieping;
4. Plaatsen triangelbrugsteiger;
5. Aanbrengen aluminium dakgoot.

#### Omschrijving:

1. Allereerst wordt er gestart met het plaatsen van de prefab betonnen scheidingswanden samen met de benodigde betonvloeren (zie figuur 28). Tijdens het plaatsen van het prefab betoncasco wordt er net als in variant 1 de gibo blokken vast op de juiste vloeren geplaatst. Direct hier achteraan worden de HSB elementen geplaatst. Ter plaatse van de voor- en achtergevels komen gevelvullende HSB elementen van Webo. Om de volledige twee-onder-een-kapwoning toekomstbestendig te maken wordt er tegen de prefab betonnen kopgevels ook HSB elementen met steenstrips aangebracht.



Figuur 28: Fasering 1, aanbrengen prefab betoncasco.

Tijdens het aanbrengen van de HSB elementen kunnen de muurplaten ten behoeve van de prefab scharnierkap gemonteerd worden. Als alle HSB elementen van de twee woningen geplaatst zijn wordt de prefab scharnierkap geplaatst. In totaal zijn hier in de overallplanning

vijf dagen voor gerekend. Twee dagen voor het monteren van het prefab betoncasco, twee dagen voor het plaatsen van de HSB elementen<sup>38</sup> en één dag voor het plaatsen van muurplaten en het leggen van de prefab scharnierkap.

2. In variant 1 zijn de daken van de bergingen uitgevoerd met een houten balklaag. Omdat er in variant 2 niet gebruikt wordt gemaakt van de huidige steiger is het mogelijk het dak van de berging direct dicht te maken. Bij variant 1 was dit niet mogelijk omdat hier het steiger op de bergingsvloeren waren geplaatst.

Om de doorlooptijd op de bouw zo spoedig mogelijk te laten verlopen is er voor gekozen om het dak uit te voeren met kanaalplatenvloeren. Nadat de HSB elementen geplaatst zijn kan hier vervolgens het dak van de berging met bitumineuze dakbedekking geplakt worden, waardoor de twee-onder-één-kapwoningen spoedig wind- en waterdicht zijn.

3. De stabiliteit van de woning wordt bij variant 1 gerealiseerd door het prefab betoncasco te voorzien met lasverbindingen. Met variant 2 worden de gevelvullende elementen vervangen door HSB elementen waardoor de stabiliteit van de twee-onder-een-kapwoning weg is genomen. Om de stabiliteit terug te laten komen wordt er op de begane grond en op de 1<sup>e</sup> verdieping een stabiliteitswand toegevoegd. Met het plaatsen van deze prefab betonwand is het belangrijk om er rekening mee te houden dat de stabiliteitswand haaks op de kopgevel wordt geplaatst, dit om stabiliteit in de woning te creëren.

4. Met het zoeken naar de juiste steigerkeuze voor het plaatsen van de prefab scharnierkap en de HSB elementen is er gekozen voor een Modulaire triangelbrug steiger (zie figuur 29). Vanwege het werken met prefab elementen is er alleen voor het monteren hiervan een steiger nodig. In de overallplanning is kenbaar dat er telkens twee woningen in de steigers staan. Dit is gedaan omdat tijdens het plaatsen van de dakgoten, het nastellen en afwerken van de elementen een steiger noodzakelijk is. Om hierdoor de voortgang van de volgende twee woningen niet in gevaar te brengen is er gekozen om 4 woningen in zijn geheel in modulaire triangelbrug steigers te zetten.



Figuur 29; Modulaire triangelbrug steiger. (Boels, 2014)

5. Het plaatsen van aluminium dakgoten is ook bij variant 2 van toepassing. Het enige verschil ten opzichte van variant 1 zit in het U-profiel, dit U-profiel welke dient voor de montage van de goot zal al in de fabriek op het HSB element worden gemonteerd. Hierdoor kan als op de bouw de elementen worden geplaatst direct na het aanbrengen van de prefab scharnierkap de aluminium dakgoten worden gemonteerd.

### Stappenplan Afbouw

Het toepassen van HSB elementen als gevelvullende elementen kan hinder veroorzaken als het gaat om aanbrengen van installaties in wanden. Benodigde installaties die in de dragende wanden komen worden in de betonfabriek aangebracht. De installaties die in de voor en achtergevel komen worden in de HSB fabriek aangebracht. Om hierin fouten te voorkomen, kan er worden afgesproken dat er geen leidingen en stopcontacten in de voor en achtergevel komen, maar allen in de woningscheidende wanden. Door op deze manier te werken, wordt de voorbereiding van installaties bij één onderaannemer gehouden.

### Algemeen:

Het veranderen van metselwerk naar HSB elementen houdt in dat er met meer prefab elementen gewerkt zal gaan worden. Het voordeel hiervan is dat men minder afhankelijk is van onwerkbaar weer. In de overallplanning hoeven er minder dagen te worden opgenomen omdat het risico op eventuele vertraging is vermindert.

<sup>38</sup> Mailwisseling met Thermogreen. Dagproductie van 10 elementen per dag. Twee woningen hebben in totaal 19 HSB elementen waardoor er twee dagen montagetime voor nodig is.

#### 4.5.3 Bouwkosten van variant 2

Het OB2 concept dat door middel van variant 1 verticaal wordt gebouwd is met betrekking tot kosten neutraal gebleven. In variant 2 is er gezocht naar een mogelijkheid om de randvoorwaarde 'toekomstbestendig' in het OB2 concept, dat verticaal wordt gebouwd, te verwerken. Met behulp van HSB gevelvullende elementen is dit gelukt. Op het gebied van bouwtijd is gebleken dat we later wind- en waterdicht zijn, maar gelijktijdig opleveren ten opzicht van variant 1. Met het toepassen van HSB elementen wordt verwacht dat de kosten hoger uitvallen. Om dit overzichtelijk in beeld te krijgen is er in figuur 30 een kostenopzet gemaakt van variant 2. Bovendien is in bijlage 8.2 een detailbegroting met bijbehorende bronnen per bewerking bijgevoegd.

**Werk: Kostenopzet verticaal bouwen**

**Datum: 30-04-2015**

**Onderdeel: Financieel overzicht variant 2 - HSB**

Kostenopzet van 13 woningen uitgeest

|                                                                  | Aantal won. | Kosten     | Totaal           |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------|------------|------------------|-----------|
| <b>Onderbouw</b>                                                 |             |            |                  |           |
| Aanbrengen incl. verlengen/ riool/ HWA aan funderingsbalk        | 13          | -€ 324     | -€ 324           |           |
| Opschonen bouwput/ bodemsafsl/ aanvullen tot bovenkant fundering | 13          | € 0        | € 0              |           |
| Nutsvoorzieningen (innovatie)                                    | 13          | € 4.409    | € 4.409          | € 4.085   |
| <b>Ruwbouw</b>                                                   |             |            |                  |           |
| Metselwerk incl. steigerwerk, isoleren, geveldraggers & HSB      | 13          | € 232.229  | € 232.229        |           |
| Prefab betoncascos                                               | 13          | -€ 102.823 | -€ 102.823       |           |
| Goten aluminium                                                  | 13          | -€ 5.097   | -€ 5.097         |           |
| Dakconstructie                                                   | 13          | € 17.124   | € 17.124         | € 141.434 |
| <b>Afbouw</b>                                                    |             |            |                  |           |
| Gibo/zandcementvloer                                             | 13          | -€ 1.228   | -€ 1.228         | -€ 1.228  |
| <b>Bouwplaatsvoorzieningen</b>                                   |             |            |                  |           |
| Bouwplaatsvoorzieningen                                          | 13          | -€ 8.174   | -€ 8.174         | -€ 8.174  |
|                                                                  |             |            | <u>€ 136.118</u> |           |

Figuur 30. Kostenopzet variant 2

Uit de bovenstaande kostenopzet blijkt dat variant 2 €136.118 duurder is dan de huidige bouwkosten van referentieproject Waldijk. Dit komt uit op een percentage van 7.6% extra op de totale bouwsom van 13 twee-onder-één-kapwoningen.

Deze extra kosten zijn te verklaren. Ter plaatsen van de kopgevel wordt er voor de prefab betonwand een HSB element met steenstrips aangebracht. Het HSB element kost €275 per m<sup>2</sup> en het huidige metselwerk 150 per m<sup>2</sup>. Het verschil van €125 per m<sup>2</sup> zijn bijkomende kosten. Maar bij de gevelvullende wanden komen de prefab betonwanden te vervallen omdat deze geen constructieve toevoeging geeft, hierbij wordt qua kosten wat teruggegeven. Daarnaast is er voor de prefab scharnierkap een toeslag gerekend van €11 euro per m<sup>2</sup> om de Rc waarde van 6.0 te verhogen naar 7.0 m<sup>2</sup>KW.<sup>39</sup>

<sup>39</sup> De vermelde kosten zijn terug te herleiden uit de detailbegroting met bijbehorende bronnen in bijlage 8.3

#### 4.5.4 Bouwkundig tekenwerk van variant 2

Aangezien de EPC-eis in 2020 verlaagd wordt naar nul, is de doelstelling om de schil van de woning toekomstbestendig te maken. Uit onderzoek blijkt dat het verhogen van de Rc-waarde van de gevel naar  $5.0 \text{ m}^2.\text{K/W}$  en het dak naar  $7.0 \text{ m}^2.\text{K/W}$  het meeste resultaat oplevert, Verdere verhoging zal een minimale invloed hebben op de EPC-waarden van de woning.<sup>40</sup>

##### Gevelconstructie

Om tot een Rc-waarden van  $5.0 \text{ m}^2.\text{K/W}$  te komen is gekozen voor de volgende gevelopbouw: bi>bu.

- ♦ Fermacell plaat 12mm;
- ♦ Dampremmende laag;
- ♦ Vuren regelwerk 38x140mm
- ♦ Kingspan minerale wol,  $\lambda 0,033 \text{ W/m.k}$ ;
- ♦ Fermacell HD plaat 12mm;
- ♦ Lijm/weefsellaag;
- ♦ Sto-houtvezel isolatieplaat,  $\lambda 0,041 \text{ W/m.k}$ ;
- ♦ Lijm/weefsellaag;
- ♦ Minerale gevelsteen.
- ♦

Er is hier gekozen voor twee verschillende isolatielagen omdat met deze wijze de houtmaat van het regelwerk tot een minimum beperkt wordt. Daarnaast wordt op deze manier het ontstaan van een koudeval (koudebrug) in de constructie voorkomen. Eveneens zal dit gevelsysteem op verschillende type woningen toepasbaar zijn, hierbij kan gedacht worden aan rijwoningen en gestapelde wooneenheden.

##### Dakconstructie

Om tot een Rc-waarden van  $7.0 \text{ m}^2.\text{K/W}$  te komen is gekozen voor de volgende dakopbouw: bi>bu.

- ♦ Spaanplaat glad afgewerkt;
- ♦ Dampremmende folie;
- ♦ Unidek Aero EPS isolatie,  $\lambda 0,035 \text{ W/m.k}$ ;
- ♦ Waterwerende en dampopen folie.
- ♦ Tegels 20x30mm;
- ♦ Panlatten 25x42mm;
- ♦ Dakpan.

Gezien de vernieuwde dakconstructie die aan Rc-waarden van  $7.0 \text{ m}^2.\text{K/W}$  moet voldoen, is er gezocht naar een leverancier die dit dakelement kan leveren. Dit omdat de huidige huisleverancier van Ouwehand Bouw dakelementen tot maximale Rc-waarden van  $6.0 \text{ m}^2.\text{K/W}$  kan leveren. Voor Rc-waarden daarboven zal er gebruik gemaakt moeten worden van I-liggers in de dakconstructie. Echter resulteert dit tot een te hoge opbouw van het element wat ook meer kosten met zich mee brengt.

De oplossing is gevonden bij leverancier Kingspan Unidek. Kingspan Unidek kan Unidek Aero Plus scharnierkappen leveren. Deze kapconstructie heeft een pakket dikte van 330mm, exclusief dakpan. Dit levert een Rc-waarden op van  $7.0 \text{ m}^2.\text{K/W}$  wat behaald wordt met EPS isolatie pakket.

Aan de hand van bouwtechnisch tekenwerk, weergegeven in bijlage 10, wordt de bovenstaande gevel en dakopbouw tot in detail afgebeeld.

---

<sup>40</sup> (Isover, 2014)

#### 4.5.5 Variant 2 toetsen aan de gestelde randvoorwaarden

HSB gevelvullende elementen met steenstrips vormen de basis van variant 2. Resultaten uit het onderzoek van variant 2 worden hieronder met behulp van een toetsing overzichtelijk weergegeven.



*Snelle bouwtijd (waaronder zo snel mogelijk wind- en waterdicht).*

Variant 2 is door het toepassen van HSB elementen welke verticaal worden opgebouwd 4 werkdagen eerder wind- en waterdicht ten opzichte van de huidige overallplanning. Deze 4 werkdagen eerder wind- en waterdicht heeft invloed op de datum van oplevering. Met het hierdoor eerder kunnen starten van de afbouwwerkzaamheden worden de twee-onder-één-kapwoningen 2 werkweken en 1 werkdag eerder opgeleverd.



*Kostenneutraal bouwen ten opzichte van het huidige OB2 concept.*

Het begrip kostenneutraal bouwen, in andere woorden: ervoor zorgen niet meer kosten te maken dan het huidige OB2 concept op dit moment kost. Mede door het toepassen van HSB gevelvullende elementen met steenstrips zijn de kosten 7.6% hoger. Dit maakt een verschil van €136.118 in vergelijking met de 13 twee-onder-één-kapwoningen van het referentieproject Waldijk. Het voordeel van variant 2 is dat het kan inspelen op de verlaging van EPC normen vanuit het bouwbesluit.



*- Flexibel bouwsysteem door middel van wisselende beukmaten;  
- Vrije keus in uitstraling.*

Het werken met een flexibel bouwsysteem door middel van wisselende beukmaten is bij variant 2 niet aan de orde. Het enige verschil met het huidige OB2 concept is dat het metselwerk is vervangen door HSB elementen. Deze HSB elementen zijn in de fabriek in diverse maten te produceren. Door het toepassen van HSB elementen met steenstrips is de keuzevrijheid in uitstraling groter geworden. Dit komt doordat deze elementen in de fabriek geprefabriceerd waardoor er eenvoudig keuzes kunnen worden gemaakt zoals: steenstrips verbanden en kleurenkeuzes.



*Standaard detaillering.*

Met betrekking tot detaillering zijn er een aantal aansluitingen aanzienlijk veranderd ten opzichte van het huidige OB2 concept. Tijdens het detailleren is er rekening mee gehouden dat de HSB elementen met steenstrips die voor de twee-onder-één-kapwoningen zijn ontwikkeld ook op in rijwoningen of appartementencomplexen toegepast kunnen worden. Hierbij kan men denken aan standaard diktes van HSB elementen, eenzelfde luchtdichtingen en montage. Daarnaast is er met het detailleren (zie bijlage 10) geprobeerd, waar mogelijk, rekening te houden met demontabel bouwen van de HSB elementen waardoor vernieuwing ervan mogelijk is.



*Gebouwschil toekomstbestendig maken met betrekking tot verhogen Rc-waarden*

De gebouwschillen van de twee-onder-één-kapwoningen zijn zo ontwikkeld dat er eenvoudig op de vernieuwende bouwbesluiten, zoals het verlagen van de EPC waardes, in kan spelen. De gevels zijn uitgevoerd met een Rc-waarde boven de 5.0 m<sup>2</sup>K/W en de dakconstructie met een Rc-waarde boven de 7.0 m<sup>2</sup>K/W. Uit onderzoek is gebleken dat als de gebouwschil wordt voorzien met hogere Rc-waardes, dan die hierboven zijn aangegeven, weinig tot geen toevoegende waarde geeft voor het verlagen van de EPC waarde<sup>41</sup>.

<sup>41</sup> (Isover, 2014)

**Resultaat:**

Met het verlagen van EPC waarden in de toekomst, is er met variant 2 een variant ontwikkeld dat aan de eisen qua thermische schil voldoet. De 7.6% extra bouwkosten zijn relatief hoog, maar extra kosten zijn onvermijdbaar als men toekomstbestendig wil bouwen. Met betrekking tot bouwtijd is variant 2 nog steeds eerder wind- en waterdicht dan het huidige OB2 concept, namelijk 4 werkdagen. Door het werken met HSB elementen met steenstrips en triangelbrugsteiger kan er twee werkweken en 1 werkdag eerder opgeleverd worden.



## 4.6 Variant 3 – Kalkzandsteen als binnenspouwblad

De praktijkvraag welke is geformuleerd door Ouwehand Bouw luid als volgt, ‘zijn er met verticaal bouwen buiten prefab betonnen casco’s andere toekomst mogelijkheden om de ruwbouw van het OB2 concept uit te voeren?’ Om deze vraag te beantwoorden is er samen met de heer van der Linden<sup>42</sup> gekozen om een variant van het referentieproject Waldijk uit te werken waarbij de binnenspouwbladen zijn opgebouwd uit kalkzandsteen elementen.

### Toepassing kalkzandsteen

Kalkzandsteen elementen zijn uitermate geschikt voor het bouwen van dragende wanden. Deze wanden worden opgebouwd uit elementen met een hoogte van 538mm en een lengte varieerden van 648mm en 997mm. De elementen wegen qua gewicht tussen de 70 en 360kg en zullen dan ook verwerkt worden met een lijmkraan. Door middel van lijm mortel worden de elementen met elkaar verbonden.

### Kosten

De verwachting is dat bij uitvoering van de binnenspouwbladen in kalkzandsteen elementen worden toegepast met een dikte van 150mm, dit om de woning constructief te laten voldoen aan de eisen. Voor de aankoop en verwerking van kalkzandsteen elementen gelden richtprijzen die in tabel 10 zijn weergegeven.<sup>43</sup>

Tabel 10: Kosten kalkzandsteen elementen.

| Materiaal                                                         | Prijzen                       |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Aankoop kalkzandsteen (Calduran)                                  | 20,00 euro per m <sup>2</sup> |
| Aanbrengen kalkzandsteen (Calduran)                               | 8,75 euro per m <sup>2</sup>  |
| Totaal prijs aankoop en verwerking kalkzandsteen E150x538x648/997 | 28,75 euro per m <sup>2</sup> |

### Voordelen en nadelen

Een groot voordeel van het toepassen van kalkzandsteen elementen is dat de levertijd van de elementen zeer kort is, namelijk 4 weken. Daarnaast zijn latere wijzigingen in het ontwerp of wijzigingen in kopersopties gemakkelijk te verwerken, dit omdat in kalkzandsteen gemakkelijk gezaagd en gefreesd kan worden. Verder zijn de fouten van de werkvoorbereiding eenvoudig in het werk op te lossen.

Daarin tegen is de verwerkingssnelheid laag vergeleken met het toepassen van prefab betonwanden. Dit is een nadeel als er gekeken wordt naar de verticaal bouwen methodiek, hierin is juist het doel om zo snel mogelijk de woning wind- en waterdicht te maken. Met kalkzandsteen is de verwachting dat de twee-onder-één-kapwoningen later wind- en waterdicht zijn dan met de huidige bouwmethode.

### Deelconclusie

Gezien de huidige problemen met de levering van de prefab betoncasco's zal hier een alternatief voor gezocht moeten worden. Gekeken naar de vele voordelen van kalkzandsteen, is dit een interessant alternatief om de ruwbouw van het OB2 concept uit te voeren. Dit zal dan ook antwoord geven op de praktijkvraag van Ouwehand Bouw.

<sup>42</sup> Bedrijfsleider van Ouwehand Bouw Gorinchem en afstudeerbegeleider vanuit het bedrijf.

<sup>43</sup> (www.calduran.nl, 2015)

#### 4.6.1 Bouwtijd van variant 3

De overallplanning van variant 3 is weergegeven in bijlage 9.1. In de overallplanning is het project zo gepland dat de bouw- en doorlooptijd zo kort mogelijk is. Uit deze overallplanning zijn de volgende mijlpalen te benoemen.

Tabel 11: Mijlpalen van variant 3.

| Fase                | Traditioneel bouwmethode    | Variant 3 – Kalkzandsteen als binnenspouwblad | Vershil                   |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|
| Wind- en waterdicht | 11 werkweken en 2 werkdagen | 14 werkwerken en 3 werkdagen                  | 3 werkwerken en 1 werkdag |
| Totale bouwtijd     | 21 werkweken en 2 werkdagen | 25 werkwerken en 3 werkdagen                  | 4 werkweken en 1 werkdag  |

#### Onderbouwing planning

De planning van variant 3 kan opgedeeld worden in drie fases, dit zijn onderbouw, ruwbouw en afbouw. Per onderdeel zal kort worden beschreven welke bewerkingen er worden uitgevoerd.

#### **Stappenplan onderbouw**

1. Heiwerk en fundering werkzaamheden;
2. Eerst aanvullen tot bovenkant fundering daarna leggen begane grondvloer;
3. Riolering en HWA (hemelwater) ophangen aan fundering;
4. Het toepassen van prefab meterkast op de begane grondvloer.

#### Omschrijving:

De werkwijze waarop de onderbouw wordt gerealiseerd is exact gelijk als de wijze welke wordt gehanteerd in variant 1. De onderbouwing hiervan is dan ook beschreven in hoofdstuk 4.5.2.

#### **Stappenplan ruwbouw**

De bouwvolgorde van variant 3 is ten opzichte van de huidige methode en variant 1 en 2 aanzienlijk veranderd. Deze aanpassingen worden door middel van het onderstaande stappenplan beschreven.

1. Stellenprofielen en lijmen casco en opperen gibo blokken;
2. Aanbrengen steigerwerk;
3. Aanbrengen muurplaten en prefab scharnierkappen;
4. Stellen profielen buitengevel en metselen buitenblad;
5. Aanbrengen aluminium dakgoot;

#### Omschrijving:

1. Nadat de begane grondvloeren gelegd zijn, zal er gestart worden met het stellen van de profielen ten behoeve van het lijmen van de kalkzandsteen elementen. Als de profielen gesteld zijn voor een woning dan kan er gestart worden met het lijmen van de begane grond. Deze handelingen zullen worden herhaald voor alle wanden op de begane grond van blok 28.

Als alle wanden van de begane grond gelijmd zijn worden de gibo blokken geopperd voor de binnenwanden en de verdiepingsvloeren worden gelegd. Als de verdiepingsvloeren gereed zijn wordt het proces van profielen stellen, lijmen, opperen en het leggen van de vloeren weer herhaald tot dat alle casco's van blok 28 gereed zijn.

De meest efficiënte manier van bouwen van de binnenspouwbladen met kalkzandsteen is horizontaal. Dit doordat er bij het kalkzandsteen lijmen gebruik gemaakt wordt van een lijmkraan. Deze kraan wordt op de vloer van de woning geplaatst, van waaruit deze de wanden opbouwt. Als er één woning gereed is kan de kraan op de begane grond met de hand verplaatst worden naar de volgende woning. Echter als alle wanden op een verdieping klaar zijn zal de lijmkraan met een grotere mobile kraan worden verplaatst naar de volgende verdieping. Met deze volgorde van bouwen hoeft de lijmkraan per blok maar drie keer verticaal verplaatst te worden, en is de inzet van de mobile kraan tot een minimum beperkt

2. Als een groot deel van de casco's van de woningen gereed zijn zal er gestart worden met het steigerwerk. Het hele blok zal in zijn geheel in het steiger worden gezet waarna er gestart kan

worden met het monteren van de muurplaten en het plaatsen van de prefab scharnierkappen. Na deze handeling zijn de woningen grotendeels wind- en waterdicht.

3. Als het steiger is geplaatst zal de timmerman de kozijnen monteren en de profielen stellen voor het metselwerk wat fungeert als buitenblad. De timmerman zal eerst alle profielen en kozijnen van één blok op de begane grond gereed maken waarna de metselaar deze routing volgt voor het metselen van de gevel. Als de profielen en kozijnen gesteld en gemonteerd zijn op de begane grond volgen de profielen en kozijnen op de verdiepingen.
4. Als het metselwerk gereed is zal de zelfdragende aluminium dakgoot gemonteerd worden. Als de dakgoot gemonteerd is kunnen de dakpannen gelegd worden en de gevel gevoegd worden waarna als laatste het steiger afgebroken wordt.

### **Stappenplan afbouwfase**

Met het toepassen van kalkzandsteen zal de afbouwfase op enkele punten verschillen dan bij de toepassing van een prefab betoncasco. Deze verschillen zijn:

1. Het omdraaien van het smeren van zandcementvloeren en het plaatsen van de gibo wanden;
2. Het stucen van kalkzandsteen wanden.

#### **Omschrijving:**

1. In het stappenplan van de ruwbouwfase is beschreven dat de gibo blokken na het lijmen van het casco worden geopperd op de ruwe vloeren. Hierdoor kan na het plaatsen van de trappen direct begonnen worden met het stellen van profielen en het plaatsen van de gibo wanden.

Direct nadat de binnenwanden gereed zijn, zal de installateur het leiding verloop aftekenen op de wanden waarna de leidingen hierin gefreesd worden. Als dit bij één woning gereed is, kan de installateurs de leidingen aanbrengen. Dit kan zowel op de ruwe vloer als in de wanden, waardoor de installateur zijn werk direct kan afmaken om hierna gelijk bij de volgende woning te starten. Vervolgens zal de woning worden voorzien worden van een zandcementvloer.

2. Doordat de woningen opgebouwd zijn met kalkzandsteen elementen zal de stukadoor meer werk moeten verrichten om de wanden te laten voldoen aan de vlakheidsklasse. Hierdoor zal het dan ook langer duren voordat de stukadoor een woning opgeleverd heeft, daarnaast zal de woningen ook langer moeten drogen voordat al het vocht uit de woningen is.

### **Algemeen**

Bij het maken van een overallplanning en de onderbouwing hiervan is gebleken dat met een logische routing welke gehanteerd wordt bij het bouwen met kalkzandsteen elementen niet verticaal gebouwd kan worden. De voornaamste oorzaak hiervan is dat bij het bouwen met kalkzandsteen elementen er eerst de hele bouwlaag over het hele blok gereed gemaakt wordt waarna de lijmkraan pas na de volgende verdieping wordt getransporteerd. Dit om zo de inzet van een mobiele kraan zo beperkt mogelijk te houden.

#### 4.6.2 Bouwkosten van variant 3

Variant 3 waarvan de binnenspouwbladen zijn uitgevoerd met kalkzandsteen elementen is naar verwachting goedkoper dan het huidige prefab betoncasco van het OB2 concept. Omdat bouwkosten een belangrijk aspect is van het onderzoek is ook van variant 3 een kostenopzet gemaakt die in figuur 31 is weergegeven. De uitgebreide detailbegroting die de basis vormt van de onderstaande kostenopzet met bijbehorende bronnen is in bijlage 9.2 bijgevoegd.

**Werk: Kostenopzet verticaal bouwen**

**Werknr: 1485**

**Datum: 12-05-2015**

**Onderdeel: Financieel overzicht variant 3 - Kalkzandsteen**

Kostenopzet van 13 woningen uitgeest

|                                                                  | Kosten    | Totaal    |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Onderbouw</b>                                                 |           |           |           |
| Aanbrengen incl. verlengen/ riool/ HWA aan funderingsbalk        | -€ 324    | -€ 324    |           |
| Opschonen bouwput/ bodemsafsl/ aanvullen tot bovenkant fundering | € 0       | € 0       |           |
| <b>Ruwbouw</b>                                                   |           |           |           |
| Heembeton aanpassen naar kalkzandsteen + vloeren                 | -€ 3.091  | -€ 3.091  |           |
| Metselwerk                                                       | -€ 26.378 | -€ 26.378 |           |
| Goten aluminium                                                  | -€ 5.097  | -€ 5.097  | -€ 34.566 |
| <b>Afbouw</b>                                                    |           |           |           |
| Gibo/zandcementvloer                                             | -€ 1.228  | -€ 1.228  | -€ 1.228  |
| <b>Bouwplaatsvoorzieningen</b>                                   |           |           |           |
| Bouwplaatsvoorzieningen                                          | € 20.436  | € 20.436  | € 20.436  |
|                                                                  |           | -€ 15.682 |           |

Figuur 31: Kostenopzet variant 3 met kalkzandsteen als binnenspouwblad

In de begroting is het grote verschil zichtbaar bij de ruwbouwfase. Het prefab betoncasco vervangen door kalkzandsteen elementen is een behoorlijke berekening geweest. In de berekening is naar voren gekomen dat kalkzandsteen goedkoper is dan het prefab betoncasco. Deze winst is door 4 werkweken 1 werkdag later opleveren verminderd, omdat de ABK kosten in variant 3 verhoogd zijn. In totaal is er toch nog een besparing van €15.682 op 13 twee-onder-één-kapwoningen genoteerd. Dit is in percentage uit te drukken in 0.9% van de totale aanneemsom.

Het voordeel van het prefab betoncasco is dat alle elementen in de fabriek worden geprefabriceerd. Bij kalkzandsteen is dit niet het geval. Per woning is er dan ook een halve afvalcontainer extra gerekend om al het zaagafval van te bouw af te voeren. Ten slotte heeft kalkzandsteen ook het voordeel dat fouten die in de werkvoorbereiding worden gemaakt, gemakkelijk in het werk te corrigeren zijn. Dit is helaas niet in geld uit te drukken, vandaar dat het ook niet in de begroting is meegenomen.<sup>44</sup>

<sup>44</sup> De vermelde kosten zijn terug te herleiden uit de detailbegroting met bijbehorende bronnen in bijlage 9.2

#### 4.6.3 Variant 3 toetsen aan de gestelde randvoorwaarden

Variant 3 toetsen aan de gestelde randvoorwaarden is eigenlijk het beantwoorden van de praktijkvraag. Vooraf werd door de studenten verwacht goedkoper te kunnen bouwen maar daarentegen wel later wind- en waterdicht te zijn en later op te leveren. In de onderstaande toetsing wordt er per randvoorwaarden bekeken of het bouwen met kalkzandsteen als binnenspouwblad een positieve of negatieve bijdrage levert aan het OB2 concept.



*Snelle bouwtijd (waaronder zo snel mogelijk wind- en waterdicht).*

Verticaal bouwen met kalkzandsteen is geen logische bouwmethodiek. Door de vele bewerkingen op de bouw en het horizontaal lijmen van de elementen zijn de 13 twee-onder-één-kapwoningen drie werkweken en één werkdag later wind- en waterdicht dan op de traditionele manier. Omdat de woningen later wind- en waterdicht zijn vindt de oplevering ook later plaats, namelijk 4 werkweken en 1 werkdag.



*Kostenneutraal bouwen ten opzichte van het huidige OB2 concept.*

Verwacht werd dat kalkzandsteen aanzienlijk goedkoper zou zijn dan het prefab betoncasco van Heembeton. Door de verhogende ABK kosten vanwege het later opleveren is er toch een besparing van €15.682 gemaakt op 13 twee-onder-één-kapwoningen. In percentage is het 0.9% van de totale aanneemsom. Dit is minder dan de studenten vooraf hadden geschat.



*- Flexibel bouwsysteem door middel van wisselende beukmaten;  
- Vrije keus in uitstraling.*

Kalkzandsteen is net als het prefab betoncasco flexibele als gaat om wisselende beukmaten en toevoegen van aanbouwen en of erkers. Flexibiliteit in bredere zin heeft kalkzandsteen meer voordelen, hierbij gekeken naar kopersopties en verwerkbaarheid van de elementen. Dit komt vanwege de verwerkbaarheid van kalkzandsteen, bij prefab beton moeten kopersopties meer dan 6 weken voor de montage bekend zijn. Bij kalkzandsteen is een aanpassing tot een aantal dagen voor het lijmen nog mogelijk. Verder is de vrije keus in uitstraling door het blijvende metselwerk nog steeds mogelijk.



*Standaard detaillering.*

Ouwehand Bouw vindt standaard detaillering een belangrijk aspect binnen het OB2 concept. Met kalkzandsteen is de standaard detaillering net als het prefab betoncasco mogelijk. Vrijwel alle details blijven hetzelfde als variant 1 omdat alleen het binnenblad veranderd en overige materialen hetzelfde blijven.



*Gebouwschil toekomstbestendig maken met betrekking tot verhogen Rc-waarden*

Het prefab betoncasco vervangen door kalkzandsteen werkt negatief met betrekking tot het verhogen van de Rc-waarden. De dikte van de wanden met kalkzandsteen is groter dan prefab betonwanden. Waardoor er zonder de scheidingsconstructie te verbreden er minder isolatie toegepast kan worden.

#### Resultaat:

Vooraf aan het onderzoek werd gevraagd door de heer Van der Linden<sup>45</sup> om de twee-onder-één-kapwoningen met kalkzandsteen, als vervanger voor het prefab betoncasco, in tijd uit te plannen en qua kosten inzichtelijk te maken. Met een besparing van 0.9% en het 4 werkweken en 1 werkdag later opleveren vanwege het horizontaal bouwen is te concluderen dat het wel mogelijk is maar niet rendabel om variant 3 te integreren in het OB2 concept van Ouwehand Bouw.

<sup>45</sup> Bedrijfsleider van Ouwehand Bouw Gorinchem en afstudeerbegeleider vanuit het bedrijf.

## 4.7 *Thinking outside the box*

Thinking outside the box betekent letterlijk: 'buiten het kader denken'. Tijdens het onderzoek naar verticaal bouwen is er gestreefd naar oplossingen welke technisch en financieel haalbaar zijn.

Echter is er tijdens het onderzoek geprobeerd creatief te denken, dit is gebeurd met behulp van brainstormsessies. Met deze brainstormsessies zijn oplossingen bedacht die niet standaard zijn, op deze manier maakt het bedrijf zich onderscheidend ten opzichte van zijn concurrenten. Met behulp van dit hoofdstuk worden de innovatieve ideeën nog eens benoemd en aanvullende creatieve ideeën beschreven om die vervolgens mee te geven aan Ouwehand Bouw.

### **Al verwerkte ideeën:**

Het afstudeeronderwerp verticaal bouwen is al een innovatie binnen de gebouwde omgeving. Daarnaast is het idee met van de prefab meterkast op de ruwe vloer plaatsen een innovatie dat met buiten het kader denken is bedacht. Het idee is nog nooit (wetend) toegepast, maar volgens het onderzoek wel degelijk een kans heeft binnen de gebouwde omgeving.

### **Nieuwe ideeën:**



Figuur 32: Schema brainstormsessie

De resultaten van deze brainstormsessie, weergegeven in figuur 32, zijn niet verwerkt in deze scriptie. Dit is gedaan omdat de kans van slagen minimaal is en deze ideeën één voor één afstudeeronderzoeken op zichzelf zijn.

# 5. Valideren van de ontwikkelde varianten

Met behulp van de heer Krom<sup>46</sup> zijn de onderzoekresultaten gevalideerd. De heer Krom heeft in de loop der jaren veel praktijkervaring opgedaan. Dit is dan ook de rede dat de studenten speciaal met de heer Krom hebben gevalideerd. Er is dan ook bij de validatie specifiek gekeken naar de uitvoerbaarheid van ontwikkelde varianten.

Om erachter te komen of de ontwikkelde varianten rendabel zijn voor Ouwehand bouw is er naast de heer Krom gevalideerd met vestigingsdirecteur de heer Van der Graaf<sup>47</sup>. Als Ouwehand Bouw in de toekomst voor kiest om verticaal bouwen in de praktijk toe te passen dan zal de heer Van der Graaf deze verandering in het bouwproces als eerste oppakken. In tabel 12 is de validatie met beide deskundige per variant weergegeven.

Tabel 12: Validatie van de ontwikkelde varianten.

|           | Validatie met: Uitvoerder Andre Krom<br>Plaats: Bouwplaats Uitgeest<br>Datum: 19-5-2015, 8.00h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Validatie met: Vestigingsdirecteur Rob van der Graaf<br>Plaats: Kantoor Ouwehand Bouw Gorinchem<br>Datum: 21-5-2015, 11.00h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variant 1 | <p><b>Positief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Steiger bouwen en het metselen in een U vorm is goed bedacht.</li> <li>Het is een goed idee dat de kappen direct met het casco wordt geplaatst.</li> <li>De innovatie nutsvoorzieningen is een interessante innovatie.</li> </ul> <p><b>Negatief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Er is in het onderzoek geen rekening gehouden met het bouwterrein;</li> </ul> | <p><b>Positief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Het toepassen van aluminium goten vind ik een enorme vooruitgang.</li> </ul> <p><b>Negatief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ik had graag in één keer de definitieve dakbedekking willen zien, i.p.v. nooddakbedekking.</li> </ul> <p>Variant 1 moet op een aantal punten nog beter worden uitgezocht, maar het idee van verticaal bouwen is duidelijk geworden. En zie hier wel de voordelen van in.</p> |
| Variant 2 | <p><b>Positief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Goed dat jullie niet de gehele OB2 woning in HSB hebben uitgevoerd, want Nederland ziet graag op het oog een stabiele woning.</li> </ul> <p><b>Negatief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Met hefsteigers moeten jullie rekeninghouden met de ondergrond.</li> </ul>                                                                                             | <p><b>Negatief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stabiliteit creëren door trappen van beton te maken i.p.v. stabiliteitswanden aan te brengen.</li> </ul> <p>HSB op twee-onder-één-kapwoningen is niet rendabel. Daarentegen op rijwoningen wel. Dan zie ik er wel wat in.</p>                                                                                                                                                                                            |
| Variant 3 | <p><b>Negatief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De daken van de bergingen hadden beter in prefab HSB kunnen worden uitgevoerd.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p><b>Negatief:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Waarom hebben jullie geen verdiepingshoge elementen gebruikt van kalkzandsteen.</li> </ul> <p>Variant drie is in mijn ogen niet interessant voor Ouwehand Bouw.</p>                                                                                                                                                                                                                                                      |

Beide validatiemomenten zijn voor de studenten positief verlopen. Dit kwam niet onverwacht, dit omdat tijdens het afstudeeronderzoek regelmatig het proces is doorgesproken met deskundige binnen Ouwehand Bouw, hierbij in het bijzonder de heer van der Linden die als bedrijfsbegeleider heeft gefungeerd.

<sup>46</sup> Uitvoerder Ouwehand Bouw Gorinchem van referentieproject Waldijk te Uitgeest.

<sup>47</sup> Vestigingsdirecteur van Ouwehand Bouw Gorinchem

## 6. Conclusie

*'Het optimaliseren van de werkwijze en werkprocessen binnen Ouwehand Bouw, dit door middel van de vernieuwde bouwmethodiek verticaal bouwen te integreren in het OB2 concept'.* Met deze visie is samen met Ouwehand Bouw en Hogeschool Utrecht de volgende hoofdvraag geformuleerd: *'Is het rendabel om verticaal bouwen in het OB2 concept van Ouwehand Bouw te integreren? Vanaf start uitvoering tot het opleveren van twee-onder-één-kapwoningen. Hierbij gekeken naar bouwkosten, opbrengsten en bouwtijd'* Om antwoord te kunnen geven op deze hoofdvraag is als eerste het OB2 concept geanalyseerd, vervolgens zijn er randvoorwaarden opgesteld en als laatste is er onderzocht of het mogelijk is verticaal bouwen te integreren binnen Ouwehand Bouw.

Ouwehand Bouw is geïnteresseerd in vernieuwingen binnen de gebouwde omgeving. Vernieuwingen die het bedrijf twee stappen vooruit zet, verticaal bouwen is hier één van. De definitie van verticaal bouwen is: *'Het stuk voor stuk opbouwen van woningen die vrijstaand of aaneengesloten zijn. Dit met de gedachte om de woningen eerder wind- en waterdicht te maken en de doorloop en bouwtijd te verkorten'.*

In het onderzoek is er aan de hand van drie varianten verticaal bouwen toegepast. Om deze varianten te kunnen toetsen zijn er met behulp van de analyse van het OB2 concept en door de studenten opgestelde doelstellingen randvoorwaarden gevormd. Deze randvoorwaarden vormen het programma van eisen waaraan de uitgewerkte varianten aan moeten voldoen. Deze randvoorwaarden zijn:

- ♦ Kosten neutraal in vergelijking tot het huidige OB2 concept;
- ♦ Snelle bouwtijd (waaronder zo snel mogelijk wind- en waterdicht);
- ♦ Flexibel bouwsysteem, zodat er gebruik gemaakt kan worden van wisselende beukmaten;
- ♦ Toepassen van standaard detaillering;
- ♦ Vrije keus in uitstraling;
- ♦ Gebouwschil toekomstbestendig maken betreffende Rc-waardes.

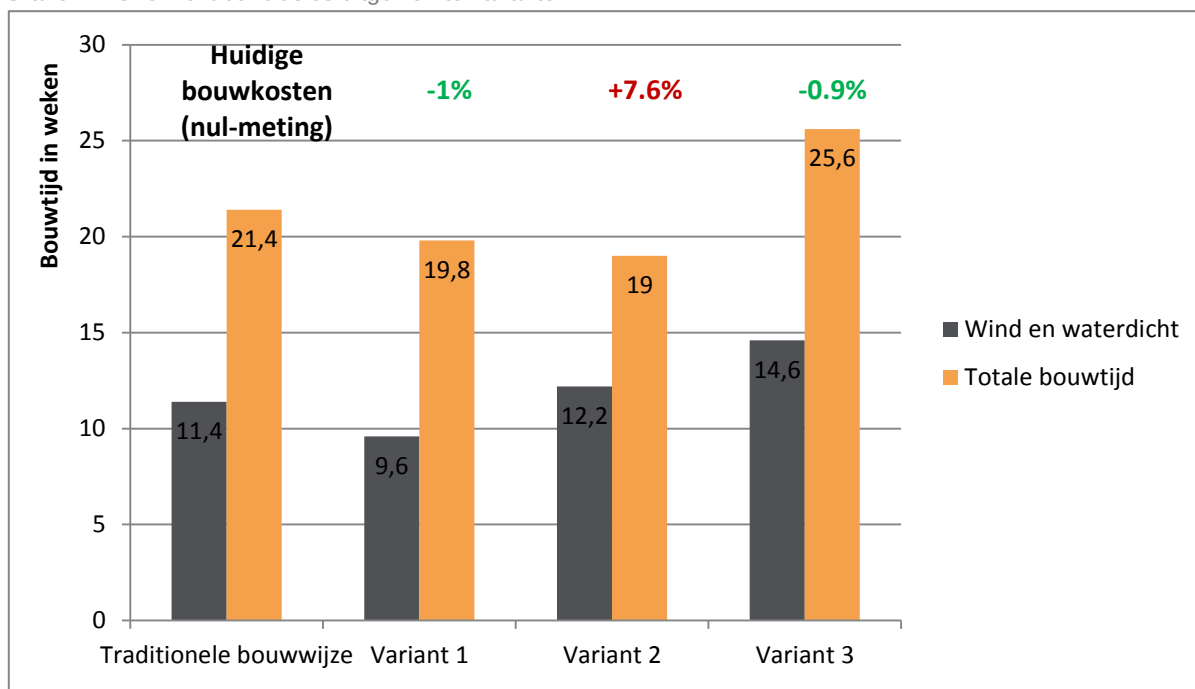
De eerste variant (variant 1) is met de huidige materialen van het OB2 concept verticaal opgebouwd. Dit heeft geresulteerd in 8 werkdagen eerder wind- en waterdicht en 9 werkdagen eerder opleveren van 13 twee-onder-één-kapwoningen, dit in vergelijking met het traditionele bouwen van het OB2 concept. Met betrekking tot de bouwkosten is er een besparing behaald van 0.9% wat neer komt op €15.757 op de totale bouwsom van 13 twee-onder-één-kapwoningen. Daarnaast blijkt dat met verticaal bouwen een aantal termijnen eerder uitgeschreven kunnen worden. Dit levert een financieel voordeel op doordat er minder geld voorgefinancierd hoeft te worden, hierdoor is de rente van Ouwehand Bouw over de bouwperiode tot een minimum beperkt.

Een vervolg op variant 1 is variant 2 ontwikkeld. Variant 2 is ontwikkeld met HSB elementen met steenstrips om de gebouwschil toekomstbestendig te maken betreft Rc-waardes. Hiermee wordt bedoeld: het in kunnen spelen op de vernieuwende regelgeving welke in 2020 van kracht wordt. Concluderend levert het verticaal bouwen met variant 2 een winst in bouwtijd op van 4 werkdagen eerder wind- en waterdicht en 11 werkdagen eerder opleveren. Het nadelige gevolg van de gebouwschil toekomstbestendig maken qua Rc-waardes zit in de bouwkosten. Het betreft maar liefst 7.6% meer bouwkosten dan de traditionele manier van bouwen van het OB2 concept.

Naast de hoofdvraag is er vanuit Ouwehand Bouw ook een praktijkvraag gesteld, deze praktijkvraag luidt als volgt: *'Zijn er met verticaal bouwen buiten de prefab betonnen casco's andere toekomstmogelijkheden om de ruwbouw van het OB2 concept uit te voeren?'* Deze vraag is beantwoord door middel van onderzoek te doen naar een alternatief binnenspouwblad die bestaat uit kalkzandsteen elementen, welke variant 3 wordt genoemd. Door de binnenspouwbladen uit te voeren in kalkzandsteen elementen zal het gebruik van prefab betonelementen komen te vervallen. Echter blijkt uit onderzoek dat met de toepassing van kalkzandsteen elementen niet voordeliger is ten opzichte van de traditionele bouwmethodiek. Dit omdat de meest logische routing horizontaal is, op deze wijze worden namelijk de kosten van het gebruiken van een mobile bouwkraan tot een minimum beperkt.

De genoemde resultaten zijn ter verduidelijking in grafiek 4 naast elkaar weergegeven. Met links de nulmeting van de traditionele bouwwijze en daarnaast de onderzoeksresultaten in bouwtijd en bouwkosten van de drie varianten.

Grafiek 4: Overzicht conclusies uitgewerkte varianten.



Samenvattend uit het onderzoek blijkt dat het rendabel is verticaal bouwen in het OB2 concept te integreren. De verwachting is dan ook dat bij het toepassen van verticaal bouwen op aankomende projecten zowel een besparing op bouwkosten als bouwtijd te behalen is. Wel zal er bij verticaal bouwen een nauwe samenwerking moeten plaats vinden met de verschillende onderaannemers om verticaal bouwen in het OB2 concept tot een succes te maken.

## 7. Aanbevelingen

---

Uit onderzoek is naar voren gekomen dat het integreren van verticaal bouwen in het OB2 concept rendabel is, niet alleen financieel maar ook qua bouwtijd. Echter zal er bij de verschillende varianten wel verder onderzoek uitgevoerd moeten worden voordat het ter uitvoering gebracht kan worden.

### **Aanbeveling variant 1**

Variant 1 is financieel en technisch haalbaar voor Ouwehand Bouw, echter is er nog een optimalisatieslag te behalen door nog meer elementen te prefabriceren. Hierbij kan gedacht worden aan het prefabriceren van de dakconstructie van de bergingen en het metselen van de kopgevels in plaats van het toepassen van een dubbel gevelement.

### **Aanbeveling variant 2**

Bij het onderzoek naar variant 2 is nu specifiek gekeken naar de gebouwschil. Een volgende stap in het toekomstbestendig maken van de OB2 concept is een nul-op-de-meter woning ontwikkelen. Bij deze nul-op-de-meter woning zal de EPC verlaagd worden naar nul. Echter zal voor het behalen van een EPC van nul een optimalisatieslag in de installaties moeten plaatsvinden. Welke aanpassingen er in de installaties uitgevoerd moeten worden zal verder onderzoek moeten uitwijzen

Daarnaast is een aanbeveling om onderzoek te doen om onderdelen in de afbouwfase ook te prefabriceren. Hierbij kan gedacht worden prefab badkamers of toiletruimtes die op basis van elementen en modules gemonteerd kunnen worden. Op deze wijze kan de doorlooptijd nog korter worden gemaakt.

### **Aanbeveling variant 3**

Variant 3 blijkt uit onderzoek niet rendabel te zijn vergeleken met de huidige bouwmethodiek. Het toepassen van kalkzandsteen elementen als binnenspouwblad zal alleen voordeel opleveren bij kleine hoeveelheden woningen. Echter is in het onderzoek gekeken naar het toepassen van kalkzandsteen blokken van met de afmetingen van 650x1000mm, een aanbeveling is dan ook om te onderzoeken of het ook mogelijk is om verdiepingshoge gevelementen toe te passen als dragende en niet dragende binnenspouwbladen.

## 8. Bibliografie

---

- Boels. (2014). Opgeroepen op 5 5, 2015, van STEIGERS & TRAPPEN | ROLSTEIGER ACCESSOIRES: <http://www.boels.nl/huren/steigers-trappen/rolsteiger-accessoires/modulaire-triangelbrug>
- Bouw, O. (2014). *OB2 Concept*. Opgeroepen op 3 26, 2015, van OB2 woningen: <http://www.ob2woningen.nl/>
- Dale, D. v. (2014). *Dikke van Dalen*. Van Dale Lexicografie bv.
- Dalen, T. v. (Uitvoerend artiest). (2015, 03 19). *Jaarcongres 2015 Netwerk Conceptueel Bouwen*. Hoofdkantoor Dura Vermeer, Rotterdam, Zuid-Holland, Nederland.
- Dalman, I. J. (2015). *Bijeenkomst Netwerk Conceptueel Bouwen*. Rotterdam: Netwerk Conceptuele Bouwen.
- Energie, S. d. (2013, 11 15). *Resultaten Benchmark Conceptueel Bouwen*. Opgeroepen op 2 24, 2015, van LenteAkkoord: <http://www.servicepuntduurzameenergie.nl/uploads/downloads/NotitieResultatenBenchmarkConceptueelBouwen-oktober2013.pdf>
- Fraanje, P. (2014, Juli). *Stedenbouw & Architectuur*. Opgeroepen op 12 18, 2014, van Duurzaamgebouwd: [http://cache.duurzaamgebouwd.nl/upload/dg\\_8fd9sluf/files/pdf/Fraanje\\_online/Morgen\\_Wonen\\_SA2014.pdf](http://cache.duurzaamgebouwd.nl/upload/dg_8fd9sluf/files/pdf/Fraanje_online/Morgen_Wonen_SA2014.pdf)
- Graaf, R. v. (2015, 2 24). Kennismaken met het OB2 concept. (M. d. Zeldenrijk, Interviewer)
- Huijbregts, P. (2014). *Conceptueelbouwen*. Opgeroepen op februari woensdag, 2015, van Conceptueelbouwen.nl: [www.conceptueelbouwen.nl](http://www.conceptueelbouwen.nl)
- Isover, S.-G. (2014). *Het effect van een verbeterde Rc-waarde*. Opgeroepen op 5 4, 2015, van Isover: <http://www.isover.nl/epcwijzer/rc-waarde-verhogen/>
- Koeweide. (2008, 1 29). *Vorderingen voor Laguitenhof*. Opgeroepen op 3 30, 2015, van <http://koeweide.net/Vorderingen.htm>
- Linden, J. M. (2014, november 26). Afstudeersollicitatie. (E. Zeldenrijk, Interviewer)
- Ragna Clocquet, D. E. (2010). *Sleutel naar Concepten*. Boxtel: Aeneas, uitgeverij van vakinformatie bv.
- Rijnstreekbusiness. (2010). Nieuw kanoor Ouwehand Bouw & Vastgoedrealisatie. *Rijnstreekbusiness*, 1.
- Riks, M. (sd). [www.meilofriks.nl](http://www.meilofriks.nl). Opgeroepen op maart maandag, 2015, van 2014: <http://www.meilofriks.nl/producten/20-1-vasco-zelfdragende-goot.html>
- Rouwenhors, B. (2015). Thermogreen Bouwsysteem. *Bert Rouwenhorst, Habé Afbouw - Thermogreen Bouwsysteem*. Bert Rouwenhorst, Habé Afbouw - Thermogreen Bouwsysteem.
- Thermogreen. (2015, april). *thermogreen*. Opgeroepen op april dinsdag, 2015, van <http://www.thermogreen.nl/>
- Verdugt, C. (2015, 02 17). Kennismaken met het OB2 concept. (M. d. Zeldenrijk, Interviewer)
- [www.calduran.nl](http://www.calduran.nl). (2015). [www.calduran.nl](http://www.calduran.nl). Opgeroepen op mei zondag, 2015, van Caluduran: <http://www.calduran.nl/producten/lijmblokken/>

## 8.1 *Lijst met gesproken deskundigen*

Tabel 13: Lijst met gesproken deskundigen.

| Naam:                      | Functie                           | Bedrijf:                | Project:           |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Wilhard Haase              | Directeur montagebedrijf W. Haase | W.Haase                 | Hoge Weide Utrecht |
| Andre Krom                 | Uitvoerder                        | Ouwehand Bouw Gorinchem | Waldijk Uitgeest   |
| Simon Langenberg           | Uitvoerder                        | Bébouw Midreth          | Hoge Weide Utrecht |
| Erik Versteegh             | Werkvoorbereider                  | Ouwehand Bouw Gorinchem | Waldijk Uitgeest   |
| Coen Verdugt               | Calculator                        | Ouwehand Bouw Gorinchem | N.v.t.             |
| Dennis Fuijk               | Projectleider                     | Ouwehand Bouw Gorinchem | N.v.t.             |
| Gerdien Barlag             | Projectleider                     | Ouwehand Bouw Gorinchem | N.v.t.             |
| Jan-Maarten van der Linden | Bedrijfsleider                    | Ouwehand Bouw Gorinchem | N.v.t.             |
| Rob van der Graaf          | Vestigingsdirecteur               | Ouwehand Bouw Gorinchem | N.v.t.             |
| Ton Kok                    | Projectleider                     | Bébouw Midreth          | Hoge Weide Utrecht |
| Niek-Willem Oskam          | Commercieel directeur             | Timmerfabriek Webó      | Zwijndrecht        |
| Marco van den Burg         | Projectleider                     | Bam renovatie Rotterdam | Zwijndrecht        |
| Kees van der Graaf         | Calculator                        | Zillig bv               | Gorinchem          |

## 8.2 *Lijst met bezochte referentieprojecten*

Tabel 14: Lijst met bezochte referentieprojecten.

| Project            | Bedrijf:                | Reden van bezichtiging                   |
|--------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| Hoge weide Utrecht | Bébouw Midreth          | Toepassen van trapsgewijs bouwen;        |
| Waldijk Uitgeest   | Ouwehand Bouw Gorinchem | Referentieproject afstudeeronderzoek;    |
| Renovatie          | BAM renovatie Rotterdam | Interesse in elementen van Timmerbedrijf |
| Zwijndrecht        |                         | Webó;                                    |
| Zeist              | MorgenWonen             | Toepassen van verticaal bouwen.          |

## 8.3 *Lijst met gebruikte figuren, tabellen en grafieken.*

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figuur 1: Vestiging Katwijk. (Rijnstreekbusiness, 2010)                                      | 9  |
| Figuur 2: Vestiging Gorinchem. (Rijnstreekbusiness, 2010)                                    | 9  |
| Figuur 3: Basistype OB2 woningtype. Bron: (Bouw, 2014)                                       | 15 |
| Figuur 4: Bouwvolgorde heiwerkzaamheden en balkenfundering.                                  | 16 |
| Figuur 5: Verbinden prefab wandelementen                                                     | 17 |
| Figuur 6: Lasplaten ter plaatse van prefab wanden.                                           | 17 |
| Figuur 7: Visuele weergaven voorbereidingsproces.                                            | 18 |
| Figuur 8: Schematische weergave van het moment op de funderingsbalk.                         | 23 |
| Figuur 9: Visuele weergave fasering onderbouw                                                | 29 |
| Figuur 10: Gekozen casco fasering (fasering 4).                                              | 30 |
| Figuur 11: Visuele weergave fasering 2, voor het monteren van het prefab betoncasco.         | 32 |
| Figuur 12: Visuele weergave fasering 2 met prefab betoncasco en hulpsteiger.                 | 32 |
| Figuur 13: Visuele weergaven fasering 2.                                                     | 32 |
| Figuur 14: Visuele weergaven van afbouwfasering 2.                                           | 33 |
| Figuur 15: Knel en optimalisatiepunten van verticaal bouwen.                                 | 34 |
| Figuur 16: Visuele weergave van de innovatie: het naar voren halen van de nutsvoorzieningen. | 36 |
| Figuur 17: Referentieproject met al de al meegenomen verbetering. Bron: (Koeweide, 2008)     | 37 |
| Figuur 18: Achterzijde twee-onder-één-kapwoningen met extra prefab betoncasco elementen      | 37 |
| Figuur 19: Detail aansluiting aluminium dakgoot. Bron: (Riks)                                | 38 |
| Figuur 20: Detail nooddakbedekking uitbouw.                                                  | 39 |
| Figuur 21: Huidige manier van afbouwen                                                       | 39 |
| Figuur 22: Mogelijke optimalisatie met verticaal bouwen.                                     | 39 |
| Figuur 23: Kostenopzet variant 1.                                                            | 44 |
| Figuur 24: Constructieve wanden van het OB2 concept.                                         | 47 |
| Figuur 25: Referentieproject Katwijk bron: (Thermogreen, 2015)                               | 48 |
| Figuur 26: Webo HSB-elementen. Referentierenovatieproject 76 woningen te Zwijndrecht.        | 48 |
| Figuur 27: Detail HSB element, eerste opzet.                                                 | 49 |
| Figuur 28: Fasering 1, aanbrengen prefab betoncasco.                                         | 50 |
| Figuur 29; Modulaire triangelbrug steiger. (Boels, 2014)                                     | 51 |
| Figuur 30. Kostenopzet variant 2                                                             | 52 |
| Figuur 31: Kostenopzet variant 3 met kalkzandsteen als binnenspouwblad                       | 59 |
| Figuur 32: Schema brainstormsessie                                                           | 61 |
| Tabel 1: Uitgangspunten overallplanning                                                      | 18 |
| Tabel 2: Verschillen in termijnstaten                                                        | 22 |
| Tabel 3: Huidige termijnschema                                                               | 22 |
| Tabel 4: Bewerkingen die mogelijk verticaal gebouwd kunnen worden.                           | 28 |
| Tabel 5: Bewerkingen die mogelijk verticaal gebouwd kunnen worden.                           | 30 |
| Tabel 6: Beschrijving gekozen fasering 4                                                     | 31 |
| Tabel 7: Bewerkingen die in de afbouwfase mogelijk verticaal gebouwd kunnen worden.          | 33 |
| Tabel 8: Deadlines van variant 1                                                             | 41 |
| Tabel 9: Mijlpalen van variant 2                                                             | 50 |
| Tabel 10: Kosten kalkzandsteen elementen.                                                    | 56 |
| Tabel 11: Mijlpalen van variant 3                                                            | 57 |
| Tabel 12: Validatie van de ontwikkelde varianten.                                            | 62 |
| Tabel 13: Lijst met gesproken deskundigen.                                                   | 67 |
| Tabel 14: Lijst met bezochte referentieprojecten.                                            | 67 |
| Tabel 15: Begrippenlijst en afkortingen.                                                     | 69 |
| Grafiek 1: Werkbegroting van project Waldijk te Uitgeest.                                    | 20 |
| Grafiek 2: Onderbouwing sub paragraaf metselwerk                                             | 21 |
| Grafiek 3: Termijnenregeling variant 1 met verticaal bouwen                                  | 46 |
| Grafiek 4: Overzicht conclusies uitgewerkte varianten.                                       | 64 |

## 9. Begrippenlijst en afkortingen

Tabel 15: Begrippenlijst en afkortingen.

| Woord:                          | Beschrijving:                                                                                                    |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ABK</b>                      | Algemene bouwplaatskosten.                                                                                       |
| <b>Conceptuele woningbouw</b>   | Maatwerk als uitkomst van een gestandaardiseerd proces.                                                          |
| <b>Energieneutraal woning</b>   | Woning weke over een jaar gemeten geen energie afneemt van de een energie leverancier welke niet particulier is. |
| <b>HSB</b>                      | Houtskeletbouw.                                                                                                  |
| <b>Mijlpalen</b>                | Meetpunt                                                                                                         |
| <b>NUTS Bedrijf</b>             | Overheidsbedrijf dat voorzieningen aanlegt voor elektriciteit, gas en drinkwater.                                |
| <b>OB2 Concept</b>              | Het bouwconcept van Ouwehand Bouw.(Ouwehand Bouw Budget concept)                                                 |
| <b>PvA</b>                      | Plan van aanpak.                                                                                                 |
| <b>Toekomstbestendig bouwen</b> | Bouwen met oog op de regelgeving van de toekomst.                                                                |
| <b>Unique Selling Points</b>    | Belangrijke eigenschappen, die iets kenmerken.                                                                   |
| <b>Valideren</b>                | Testen van het product/eindresultaat.                                                                            |

# 10. Bijlage

---

|            |                                                                                                    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bijlage 1  | Bouwtijd van het OB2 concept                                                                       |
| Bijlage 2  | Bouwkosten van het OB2 concept                                                                     |
| Bijlage 3  | Wat betekent het begrip 'Verticaal Bouwen'                                                         |
| Bijlage 4  | Welke bewerkingen kunnen verticaal gebouwd worden                                                  |
| Bijlage 5  | Het oplossen van knelpunten door het toevoegen van innovaties en optimalisaties in het OB2 concept |
| Bijlage 6  | Variant 1 - Verticaal bouwen van het OB2 concept met de huidige materialen                         |
| Bijlage 7  | Optimaliseren van termijnstaten doormiddel van verticaal bouwen                                    |
| Bijlage 8  | Variant 2 - Toekomstbestendig verticaal bouwen                                                     |
| Bijlage 9  | Variant 3 - Verticaal bouwen met kalkzandsteen als binnenspouwblad                                 |
| Bijlage 10 | Tekenwerk                                                                                          |
| Bijlage 11 | Notulen van interviewen / fotoverslag Waldijk                                                      |
| Bijlage 12 | Werkverdeling                                                                                      |

