

BIM NAAR DE BOUWPLAATS MET TWI

EEN ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN VAN TWI
BINNEN HEIJMANS WONEN ROSMALEN

EINDRAPPORT
BACHELOR SCRIPTIE



avans
hogeschool

heijmans

STUDENT: WLM VAN DINTHER
STUDENTNUMMER: 2053497
OPLEIDING: BOUWKUNDE

DATUM: 13-06-2018

Colofon

Rapporttitel:	BIM naar de bouwplaats met TWI
Status:	Definitief
Auteur:	WLM van Dinther
Studentnummer:	2053497
Documentnaam:	Eindrapport
Datum:	13-06-2018
Gastbedrijf:	Heijmans Wonen
Bedrijfsbegeleider:	P. van Meijl (Projectleider)
Onderwijsinstelling:	Avans Hogeschool
1 ^e Begeleidend docent:	T. van Deursen
2 ^e Begeleidend docent:	M. Rutten
Academie:	Bouw & Infra
Atelier:	BIM/LEAN
Bachelor:	Bachelor of Science
Afstudeerrichting:	Bouwkunde (BTO)

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'BIM naar de bouwplaats met TWI'. Een onderzoek naar het zichtbaar maken van BIM voor de uitvoerend personeel middels taakgerichte werkinstructies. De scriptie is uitgevoerd in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Bouwkunde aan de Avans Hogeschool te 's Hertogenbosch/Tilburg in opdracht van het gastbedrijf Heijmans Wonen te Rosmalen. Van februari 2018 tot en met juni 2018 ben ik bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van deze scriptie.

Samen met mijn bedrijfsbegeleider P. van Meijl ben ik tot dit onderzoek gekomen. Het is voortgevloeid uit het een gedeelde gedachte over de huidige wijze van informatie verstrekken aan het bouwplaatspersoneel. Voor BIM-projecten is er een prachtig 3D-model, maar op de bouw komen de traditionele 2D bouwtekeningen aan. Wij voelden aan dat daar meer uit te halen is.

Tijdens dit onderzoek heeft P. van Meijl mij goed geholpen door sturing te geven aan het onderzoek en het in contact brengen met de juiste personen. Daarnaast heb ik fijne begeleiding gehad van mijn begeleiders vanuit Avans Hogeschool, T. van Deursen en M. Rutten. Bij dezen wil ik mijn begeleiders dan ook bedanken voor hun inzet.

Ook wil ik alle personen bedanken die ik heb mogen interviewen. Zonder deze gesprekken had ik het onderzoek niet kunnen volbrengen.

Daarnaast wil ik de collega's van Heijmans bedanken voor het warme welkom binnen het bedrijf en het meedenken over de onderwerpen. Ook van mijn familie en vrienden heb ik steun gehad binnen het proces. Naast de morele steun en nodige ontspanmomenten, heb ik ook raad mogen ontvangen over de uitwerking van deze scriptie. Iedereen, bedankt.

En u bedankt voor de interesse in mijn scriptie.

Wouter van Dinther

Rosmalen, 13 juni 2018

Samenvatting

In de bouwwereld wordt BIM een steeds vastere waarde in het ontwerp- en werkvoorbereidingsproces. Toch liggen er in de bouwkeet nog de traditionele bouwtekeningen van weleer en wordt BIM niet direct terug gezien. Dat is de reden dat de onderzoeker samen met P. van Meijl (projectleider, Heijmans Wonen) tot dit onderzoek is gekomen.

In 2014 is er een werkwijze bedacht door L.A.H.M van Berlo en M.G. Natrop om BIM naar de bouwplaats te brengen. Deze werkwijze is ontworpen rond taakgerichte werkinstructies (TWI), onttrokken uit het BIM. Door zo laat mogelijk de informatie te onttrekken uit het BIM, is het ook de meest actuele informatie. Deze informatie wordt overzichtelijk samengebracht op, bij voorkeur, een A3 papier. Het werken met een traditionele papieren informatiedrager sluit goed aan bij de huidige generatie bouwers, waaronder een fikse vergrijzing gaande is.

Bij Heijmans is BIM2Field één van de pijlers binnen het BIM-ambitieplan. Het werken middels deze taakgerichte werkinstructies is een werkwijze die daar op aan kan sluiten. In dit rapport is onderzocht hoe taakgerichte werkinstructies toegepast kunnen worden binnen Heijmans Wonen. De onderzoeksvraag is dan ook:

Hoe kan TWI, opgesteld vanuit het BIM, binnen Heijmans Woningbouw geïmplementeerd worden zodanig dat, het toegepast kan worden op onderdelen van het casusproject?

De deelvragen om tot het antwoord te komen van de hoofdvraag zijn:

1. Hoe werkt het BIM-proces?
2. Hoe is de huidige samenwerking binnen Heijmans Wonen?
3. Wat wordt er verwacht van de traditionele contractstukken?
4. Hoe wordt een TWI opgesteld?
5. Welke software is er nodig om een TWI op te stellen?
6. Hoe kan de toekomstige gebruiker overtuigd worden van TWI?

Door het onderzoek zijn er 3 onderdelen naar voren gekomen waar op gefocust moet worden. Dit zijn: mensen, proces en techniek.

Mensen is gericht op de persoon die met taakgerichte werkinstructies gaat werken. Zorg ervoor dat de werkwijze aansluit op de wensen van het personeel. Zorg bij het inbrengen van een nieuwe werkwijze dat het juiste personeel mee wil. Laat het personeel elkaar enthousiasmeren.

Proces heeft te maken met het proces voor het aanleveren van de modellen. Wanneer de traditionele fasering wordt aangehouden, zal dit zorgen voor tekeningen die gebaseerd zijn op modellen waarbij nog kans is op een wijziging. Dat mag niet.

Techniek richt zich op welke softwaremogelijkheden er zijn voor het uitwerken van taakgerichte werkinstructies. Voor dit onderzoek is er gekeken naar de huidige mogelijkheden binnen Heijmans Wonen. Te weten; BlueBeam, Solibri en Revit. Wegens de output vorm geniet Revit hierin de voorkeur.

Taakgericht instrueren gebeurt nu ook al op de bouwplaats. Door hier een specifieke informatiebehoefte aan te koppelen kan de instructie verduidelijkt en versneld worden. Als we kijken naar de toekomst, mag er afgevraagd worden of papier de (hoofd)informatiedrager zal blijven.

Abstract

BIM is becoming more and more of a fixed value within the housing industry. Especially in the design and planning process. Nevertheless, there are still the traditional construction drawings at the construction site.

In 2014 L.A.H.M van Berlo and M.C. Natorp, introduced a new method that aimed for the implementation of BIM at the construction site. This method is designed around task-oriented work instructions (TWI), which gives the construction workers the chance to work with the latest information from the BIM. This information is conveniently arranged on a piece of paper (preferably A3 size). However, while it is already possible to access this information in a digital manner at the construction site, by using a tablet for example, it seems that the conventional drawings are preferred by the current generation of construction workers. Which is still aging.

At Heijmans, BIM2Field is one of the key elements within the BIM ambition plan. Working with these task-oriented work instructions, fits within this vision. This report shows how task-oriented work instructions can be applied within Heijmans, Housing department. Therefore the research question is:

How can task-oriented work instructions, extracted out of BIM, be implemented within Heijmans Housing in such a way that it can be applied to the case project?

The sub-questions that helps us to the answer the main question are:

1. *How does the BIM-process work*
2. *How is the current collaboration within Heijmans Housing?*
3. *What is expected of the traditional contract documents?*
4. *How is a task-oriented work instruction set up?*
5. *Which software is needed to set up a task-oriented work instruction?*
6. *How can the future user be convinced of working with task-oriented work instruction?*

This research results in three main subjects that need to be focused on. These subjects are: *people, process and technology*.

People is focussed on the person who has to work with task-oriented work instructions. Ensure that the method is in line with the wishes of the personnel. And that the right staff-members want to participate. Let the staff enthuse each other.

Process has to do with the process for delivering the models. If the traditional phasing is followed, then task-oriented work instruction-drawings that will be provided are based on models that still have a chance of a change, which of course is not desirable.

Technology focusses on what software options there are for working with task-oriented work instructions. For this research, the current possibilities within Heijmans Housing have been examined. These software are: BlueBeam, Solibri and Revit. Revit is preferred in this case, because of its output form.

Task-oriented instructions are now also given at the construction site. By linking a specific information need, the instruction can be clarified and accelerated. If we look into the future, we may wonder whether paper will remain the (main) storage medium.

Inhoud

Begrippenlijst.....	10
Traditionele fasering	11
1 Inleiding	12
1.1 Aanleiding	12
1.2 Heijmans Woningbouw	12
1.3 BIM doelstelling van Heijmans	14
1.4 Doelstelling van dit onderzoek.....	17
1.5 Afbakening	17
1.6 Maatschappelijke relevantie	19
1.7 Hoofd- en deelvragen.....	21
1.8 Methodes	21
1.9 Leeswijzer.....	22
2 BIM.....	23
2.2 Het werkproces	25
2.3 BIM en Systems Engineering (SE)	29
2.4 Protocollen	33
2.5 Conclusie BIM	34
3 Samenwerking binnen het onderzoeksgebied	35
3.1 Afdeling realisatie	35
3.2 Communicatielijnen	37
4 Informatiedrager als contractstuk.....	40
4.1 De Nieuwe Regeling	40
4.2 Eisen vanuit Heijmans Woningbouw.....	41
4.4 BIM als contractstuk	46
4.5 Conclusie informatiedrager als contractstuk.....	46
5 TWI	47
5.1 Wat is een TWI.....	48
5.2 Voordelen	50
5.3 Knelpunten	51
6 Software binnen Heijmans Wonen voor TWI	52
6.1 De ingevulde onderdelen van de AHP-analyse	53
6.2 Resultaten en analyse	55
6.3 Conclusie software	57

7 Overtuigingskracht	59
7.1 Rogers' bell curve	60
7.2 De early adopters van Heijmans	61
7.3 Conclusie overtuigingskracht	63
8 Implementatieadvies	64
8.1 Kwaliteit	64
8.2 Informatie	65
8.3 Organisatie	66
8.4 Tijd	68
8.5 Geld	70
9 Discussie	72
9.1 Conclusie	72
9.2 Toekomstvisie	74
9.3 Mogelijke vervolgonderzoeken	74
Bibliografie	75
Figurenlijst	79

Begrippenlijst

Begrip	Omschrijving
Aspectmodel	Model welke gemodelleerd is door adviseurs, onderaannemers, co-makers en leveranciers en alleen elementen bevat die in hun scope zitten.
Augumented reality (AR)	Een digitale simulatie, als een laag gelegd over de werkelijkheid.
Bouwwerk Informatie Model (BIM)	Een digitale omgeving, waarin het te bouwen bouwwerk virtueel wordt opgebouwd, zoals het bouwwerk ook fysiek gerealiseerd gaat worden. Het is een manier van samenwerken en procesinrichting.
BIM Collaboration Format (BCF)	Universeel bestandsformat voor samengevoegde 3D modellen inclusief toegevoegde opmerkingen, uitwisselbaar tussen verschillende coördinatiesoftware.
Casusproject	Bouwwerk op projectbasis waar dit onderzoek aan wordt gespiegeld.
De Nieuwe Regeling (DNR)	De algemene voorwaarden voor adviseurs en opdrachtgevers (BNA, 2018)
Implementatieplan	Opzet voor het invoeren van een verandering of aanpassing over een bepaalde tijdsspan.
Industry Foundation Classes (IFC)	Universeel bestandsformat voor 3D modellen met toegevoegde parameters, leesbaar voor modelleer-en coördinatie-software.
Milestone	IJkpunt op de tijdlijn binnen het project.
Modelleren	Het maken van een digitaal 3D element of een combinatie hiervan, die samen een bouwwerk vormen.
Open BIM	Een open en eenduidige communicatie realiseren binnen BIM, ongeacht de software die gebruikt wordt.
Parameters	Uitleesbare specificaties, gekoppeld aan de BIM-elementen.
Protocol	Een document met opgestelde richtlijnen betreffende een werkwijze.
SMART	Het omschrijven van een taak middels de 5 keypunten: Specifiek, Meetbaar, Acceptabel, Relevant, Tijd.
Systems Engineering (SE)	Een gestructureerde specificatie- en ontwerpmethodode om complexe problemen met een interdisciplinair karakter het hoofd te bieden.
Taakgerichte Werkinstructie (TWI)	Verzamelde informatieweergaven specifiek voor het uitvoeren van een activiteit (Span 2015).
Uitvoerend personeel	Het personeel, werkend op de bouwplaats te weten, timmerlieden, voormannen en uitvoerders.
One source is true	Een visie van 1 up-to-date model binnen de BIM-werkwijze.
Virtual reality (VR)	Een volledig digitale simulatie van de werkelijkheid, bekeken door een afgesloten bril, wat de waan geeft een levensechte ervaring te zijn.

Traditionele fasering

afkorting	uitgeschreven	omschrijving
SO	Structuur ontwerp	Structuur van het bouwblok op stedenbouwkundig niveau wordt vastgelegd. PvE wordt op haalbaarheid getoetst.
VO	Voorlopig ontwerp	Indicatieve afstemming met de gestelde eisen aan het bouwwerk.
DO	Definitief ontwerp	Het ontwerp wordt vastgelegd en voldoet aan alle gestelde eisen.
UO	Uitvoering ontwerp	Volgende inzicht geven in de wijze waarop het bouwwerk moet worden uitgevoerd.
BF	Bouwrealisatie fase	Het bouwwerk wordt fysiek gerealiseerd op de daarvoor bestemde locatie.
Rev	Revisiemodel	Het bouwwerk wordt digitaal vastgelegd aan de hand van hoe het gebouw daadwerkelijk gerealiseerd is.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Bij Heijmans woningbouw wordt er gewerkt volgens BIM. BIM staat voor Bouwwerk Informatie Model. Dit is een 3D model bestaande uit diverse elementen¹, waaraan informatie is gekoppeld. Echter, het 3D model wordt met informatie op het kantoor “platgeslagen” naar een 2D-tekening, waarbij veel informatie verloren gaat. Middels deze weg is er op de bouwplaats nog maar weinig te zien van BIM zelf.

Manieren om BIM naar de bouwplaats te brengen worden binnen de branche gezocht in het gebruik van digitale apparaten als; tablets, VR/AR-brillen en schermen in de keet. Deze apparaten worden voornamelijk gebruikt als controle middel buiten op de bouwplaats. Een enkele keer als aansturingsmiddel vanuit de keet. Toch blijft er behoefte aan een papieren informatiedrager. Zo blijkt ook uit interviews voor een onderzoek voor Heijmans met betrekking tot BIM naar de bouwplaats door R. Verkooijen eind 2017. 5 op de 6 geïnterviewde gaf hier aan papier een praktische informatiedrager te vinden.

Aangenomen is dat de informatieoverdracht naar buiten slimmer en dus efficiënter kan worden, dan het traditionele proces. De vraag vanuit Heijmans is vooral gericht op welke manier de juiste informatie vanuit BIM, bij de persoon op de bouwplaats terecht moet komen.

1.2 Heijmans Woningbouw

Het gastbedrijf van dit onderzoek is Heijmans Woningbouw. Dit is een onderdeel van aannemer Heijmans N.V. Heijmans bestaat uit 4 bedrijfsstromen: vastgoed, infra, utiliteitsbouw en dus woningbouw.

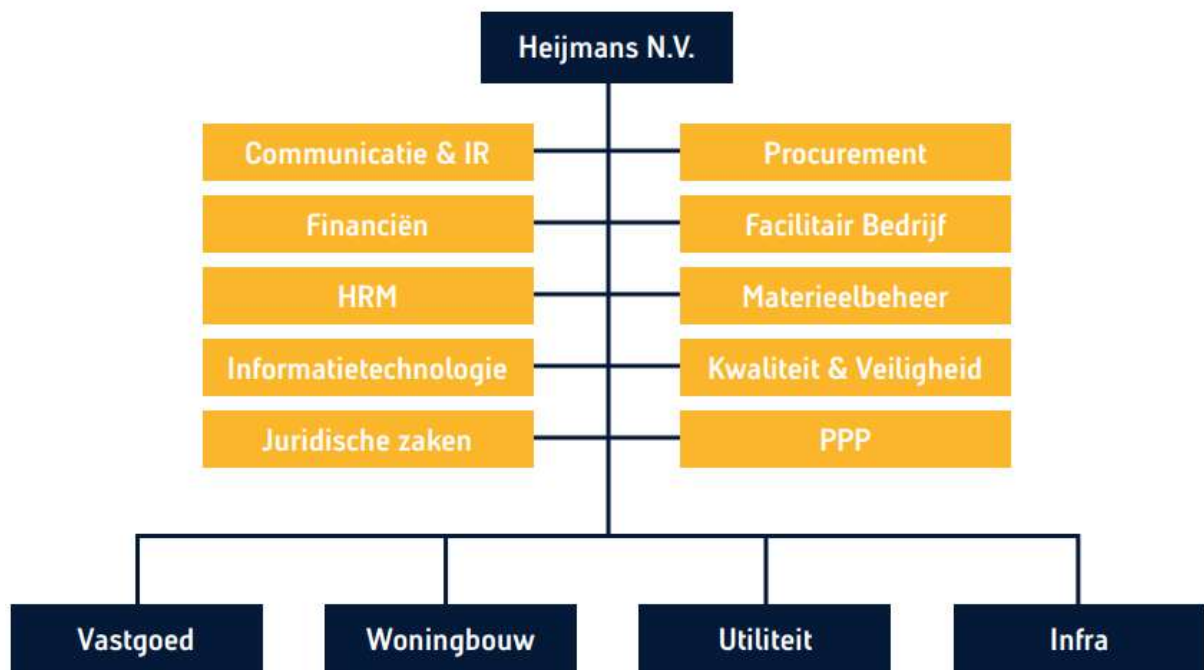
1.2.1 Historie

In 1923 startte Jan Heijmans een stratenmaker bedrijf op in Rosmalen. Door het gebruik van bitumineuze wegverharding was Heijmans direct uniek en vooruitstrevend. Door de naoorlogse wederopbouw kreeg het bedrijf flinke mogelijkheden om te groeien. Dit in verband met het herstellen en aanleggen van vliegvelden en wegen.

In 1993 krijgt Heijmans een beursnotering. Dit aan de Amsterdam Exchanges. Deze verandering maakt nieuwe overnames mogelijk, samen met het ruimte geven aan vernieuwende ideeën zorgt voor een continue groei (Heijmans 2018).

¹ Een onderdeel van het BIM, zoals een wand, kozijn, anker, etc.

Heijmans bestaat zoals eerder is aangegeven uit 4 hoofdstromen. Daarnaast zijn er enkele afdelingen stroming overstijgend.

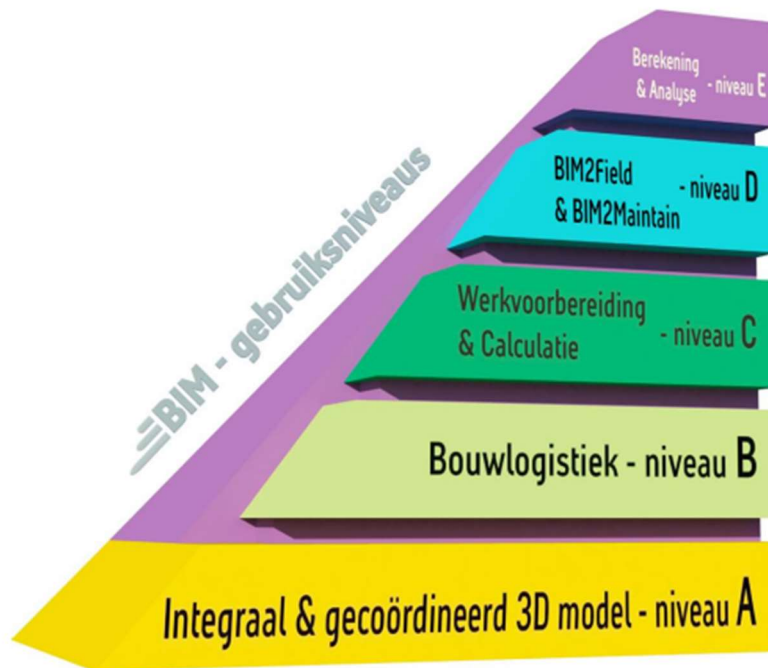


Het onderzoek speelt zich af binnen de bedrijfsstroom Woningbouw. Deze bedrijfsstroom is onderverdeeld over drie regionale vestigingen met één centrale aansturing. Afdeling Woningbouw houdt zich in de kern bezig met het realiseren van woningen. Dit is voornamelijk nieuwbouw, maar daarnaast houdt Heijmans Woningbouw zich ook bezig met herstel, verbouw en renovatie. De opkomende markten zijn service en onderhoud (Heijmans, sd).

1.3 BIM doelstelling van Heijmans

Sinds 2015 is Heijmans gestart met een BIM ambitieplan, dit plan is opgezet door Ben Kies en Peter Blommestijn in 2014. Dit plan geeft aan wat de doelstellingen zijn op het gebied van BIM binnen Heijmans. Dit plan is gestart in 2015 en zal in 2021 voltooid moeten zijn. De ambitie is om in 2021 100% BIM te werken. Dat wil zeggen dat BIM op alle gebruiksniveaus de standaard is. De rode draad door dit plan is Open BIM.

Deze ambities zijn aangegeven in een BIM-ladder. Deze ladder is verdeeld in 5 verschillende treden, welke elk een gebruiksniveau binnen BIM aanduiden.



figuur 2 Heijmans BIM-ladder (bron: Heijmans, 2018)

BIM ambitieniveau A: Betreft het komen tot een integraal ontwerp welke gecoördineerd is binnen BIM. Dit zorgt voor een betrouwbaar ontwerp welke gebruikt kan worden voor onder andere; het uittrekken van data en tekenwerk. Deze modellen worden gebruikt voor clashdetectie, visualisaties, ontwerpafstemming, communicatie en het coördineren.

BIM ambitieniveau B: Betreft het komen tot een integraal afgestemde bouwplaatsinrichting in combinatie met een geoptimaliseerde planning. Het in 3D en met informatie voorziene BIM resulteert onder andere in een overzicht van de bouwplaats en een planningssimulatie. Dit zorgt onder andere voor een goede omgevingsorganisatie.

BIM ambitieniveau C: Betreft de voorbereidende en calculerende processen. Van belang zijnde informatie kan vrij direct uit het model onttrokken worden. Daarnaast geeft het de mogelijkheid deze hoeveelheden dynamisch te dragen, wanneer er aanpassingen zijn aan het model. BIM zorgt voor een productoptimalisatie, maar ook de onderlinge afstemming van deze producten.

BIM ambitieniveau D: Betreft het gebruik van BIM in de uitvoeringsfase. BIM2Field doelt dan op het gebruik door uitvoerders op de bouwplaats. BIM informatie (tekeningen en modellen) komt op de bouwplaats terecht middels tablets. Dit werkt ook visa versa. Dat wil zeggen dat ook informatie vanuit de bouw weer het BIM in gaat, denk hierbij bijvoorbeeld aan keuringsrapporten.

Vervolgens kan dit doorgetrokken worden naar de onderhoudsfase, BIM2Maintain.

BIM ambitieniveau E: Dit is een niveau dat over alle andere niveaus heen ligt. Het betreft het gebruik van BIM voor analyses, berekeningen en het realiseren van koppelingen tussen informatie binnen BIM, Systems engineering en documentmanagement systemen. Wel dient niveau A helemaal in orde te zijn (Heijmans Wonen, 2017).

De niveaus zijn uitgezet over een aantal jaar, te zien in figuur 3.



figuur 3 Ambitieniveaus Heijmans 2016-2021 (Bron: Heijmans Wonen, 2017)

In 2021 dient het plan te zijn voltooid. Op dit moment is het 2018. Dat betekent volgens het overzicht, dat er een start is gemaakt met betrekking tot BIM2Field.

BIM2Field staat in dit ambitieplan voor BIM brengen naar de bouwplaats. De benaming BIM2Field komt aanvankelijk vanuit een software dat door Autodesk is ontwikkeld. Deze software staat tegenwoordig beter bekend als BIM 360 Field. Alhoewel de naam van origine direct gekoppeld is aan een softwareprogramma, is het doel dat niet. Het gaat om het doel dat ermee gehaald dient te worden en daar zijn meerdere opties voor. Het is onbekend wat er over enkele jaren aan software beschikbaar is. Een open scope behouden is dus een must. (Kies, 2018)

Uit een inventarisatie onder uitvoerders binnen Heijmans Wonen, is gebleken dat de wensen van de uitvoerders zijn onder te verdelen in 3 categorieën:

- *Tijd*; denk hierbij aan planning, controleren of werkzaamheden op tijd gebeuren, op tijd leveren van producten, werkzaamheden binnen de tijd en de bezetting daarvoor.
- *Kwaliteit*; Is het deugdelijk gemaakt, klopt het gerealiseerde product met het ontwerp, klopt het ontwerp, keuren (zowel gepland als ongepland).
- *Zichtbaarheid*; Zowel 2D als 3D, inzichtelijk wat er gebouwd moet worden, continu en dus niet dat er altijd een weg afgelegd moet worden richting de keet voor kopieën (Kies, 2018).

De keuzes worden getoetst op deze 3 categorieën.

Er zijn voor Heijmans momenteel enkele programma's die interessant zijn om dit onderdeel in te vullen. Dit is software dat ontworpen is voor functies tot en met de uitvoerder. Het is dus met name gericht op controlewerk.

De 10% die aangegeven is in figuur 3 wil zeggen dat in 2018 gestart wordt met de eerste pilots op dit gebied. Deze pilots moeten zorgen voor eerlijke resultaten waaruit geconcludeerd kan worden wat daadwerkelijk de voordelen zijn van de software. En wat in de praktijk goed werkt. Bij 100% is er een pakket volledig uitgerold en de standaard bij elk project. (Kies, 2018)

Het toekomstbeeld is dat er ook op de bouwplaats volledig digitaal gewerkt gaat worden. Dit gaat zich uiten in de tablets, waar nu al mee getest wordt. Daarnaast blijven de trends in virtual reality (VR), augmented reality (AR) en X reality (XR) zich ontwikkelen. Deze ontwikkelingen worden ook nauwlettend in de gaten gehouden door Heijmans, maar vooralsnog zijn deze opties nog niet volwassen genoeg.

1.4 Doelstelling van dit onderzoek

BIM is een proces versnellende tool, die nog steeds in zijn ontwikkelingsfase zit. Het virtueel bouwen zorgt ervoor dat er veel meer informatie is vastgelegd. Heden ten daags wordt er op de bouwplaats nog gewerkt met het traditionele tekenwerk. Het gevaar van deze tekeningen is dat wijzigingen en later besloten bouwwijzen niet doorgevoerd kunnen worden op de eerder geplote tekeningen. Daarnaast is de traditionele tekeningopzet 2D. Dit vraagt van de tekeninglezer een sterk beeldend vermogen om het in zijn/haar hoofd 3D te maken. Niet iedereen heeft dat.

Het doel is dat de bouwvakker zichtbaar profijt krijgt van het BIM. Met de juiste manier van informatieoverdracht kan de bouwvakker een beter inzicht krijgen in de werkzaamheden. Zodoende kan hij/zij het werk directer en dus sneller uitvoeren. TWI (taakgerichte werkinstructie) beschreven door L.A.H.M van Berlo en M.G. Natrop kan hier mogelijkheden toe bieden. Dit brengt namelijk de mogelijkheid met zich mee om met fysieke tekeningen te werken, in combinatie met de meest recente informatie uit het BIM.

Er gaat onderzocht worden hoe een vorm van TWI toegepast kan worden binnen Heijmans Woningbouw. De uitwerking van dit onderzoek gaat dan ook onder andere bestaan uit een vorm van TWI opstellen en een implementatieplan. Dit implementatieplan moet passen binnen het BIM-ambitieplan van Heijmans N.V.

1.5 Afbakening

De basis voor dit onderzoek is de voorgeschreven werkwijze voorvloeiend uit de onderzoeken door L.A.H.M van Berlo samen met M.G. Natrop in 2014.

Hier is voorgeschreven hoe taakgerichte werkinstructies (TWI) zorgen voor de meest actuele tekeningen uit BIM.

Nu is het een uitdaging om te kijken hoe dit binnen Heijmans Woningbouw te implementeren is. Dat zal dan ook het doel van dit onderzoek zijn.

Er wordt onderzocht wat dit betekend voor Heijmans woningbouw. Daarmee wordt er gedoeld op de hoe het proces mogelijk zal veranderen, wat er aan kennis nodig zal zijn, wat dit planning technisch voor gevolgen heeft en wat dit weer financieel met zich meebrengt.

Het zal onderzocht worden aan de hand van een lopend casusproject dat valt onder het Woonconcept. De reden voor het kiezen van dit project is dat het een terugkerend concept is. Het is steeds doorontwikkeld en er wordt gewerkt met vaste co-makers. Dit maakt het BIM volwassener.

Er wordt wel gekeken wat de mogelijkheden zijn bij een uniek project. Het belangrijkste is dat het uitvoerend personeel een idee krijgt van de mogelijkheden. Het is de bedoeling om hen mee te krijgen en de vraag naar TWI te creëren vanuit de bouwplaats.

1.5.1 Het casusproject: Het Woonconcept (HWC)

Het Woonconcept bestaat uit grondgebonden woningen. Dit concept draait volledig om de ééngezinswoning. Dit is ontwikkeld middels een samenwerking tussen Heijmans en vaste partners. Het is een terugkerende woning waar voor de opdrachtgever spelregels zijn opgesteld. 80% van de woning staat vast, de overige 20% is vrij in te vullen en kan het gebouw zo toch een eigen karakter geven. Binnen dit kader kan er worden gekozen. De kaders zijn zo opgesteld dat er voldaan kan worden aan verschillende soorten opdrachten. De gebouwen zelf zijn bouwtechnisch niet complex. Echter, dit is een project waar het BIM ver ontwikkeld is. Dit bleek uit gesprekken met zowel uitvoerders, werkvoorbereiders en BIM-engineers binnen Heijmans Wonen.

Door leer te trekken uit evaluaties van eerdere projecten, kan het proces in de toekomst steeds gestroomlijnder verlopen. Ondanks continue evaluaties wordt slechts één maal per jaar de werkwijze daadwerkelijk aangepast. Heijmans heeft wel de mogelijkheid in dit proces aan te geven wat er verlangt wordt van bijvoorbeeld de BIM-modellen. (Heijmans Wonen, 2017)



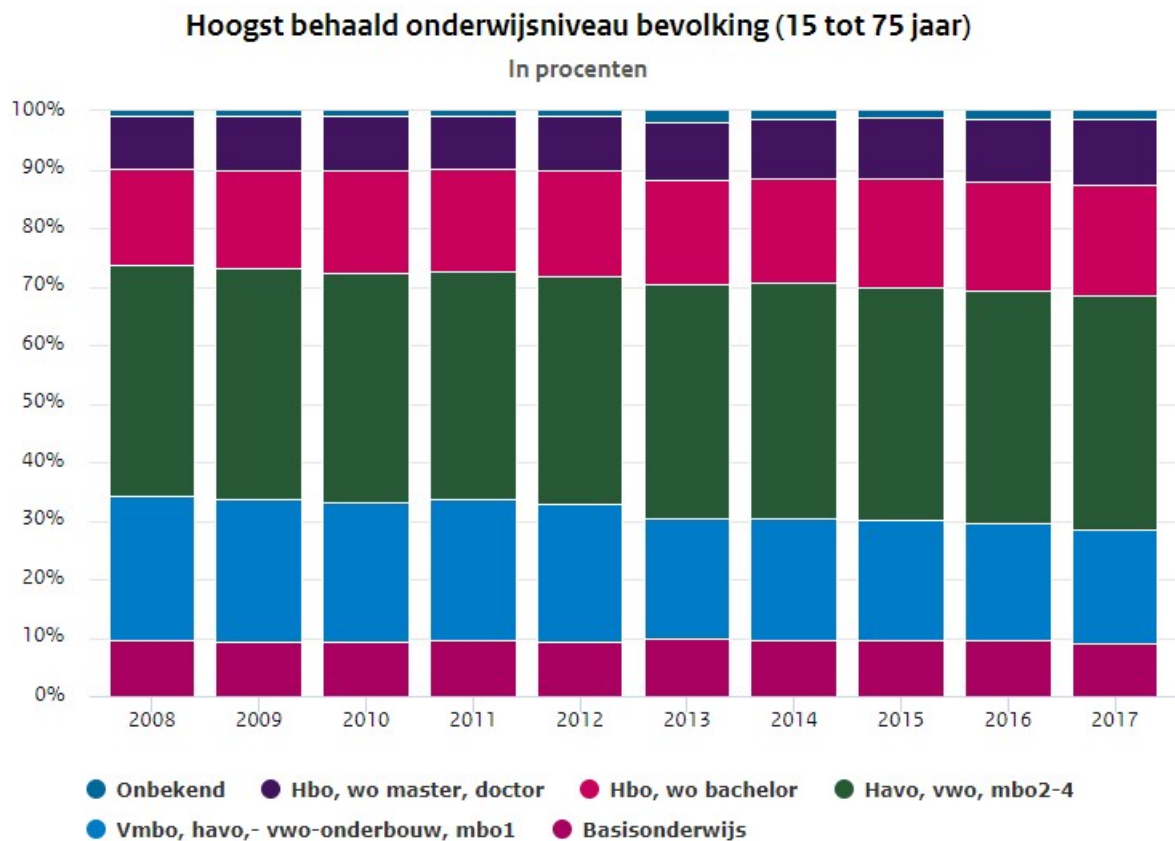
figuur 4 Voorbeeld van een tussenwoning uit HWC (Bron: Heijmans, 2017)

1.6 Maatschappelijke relevantie

BIM wordt over het algemeen ingezet om processen te verkorten en kosten te verlagen. Een bijkomstig voordeel is dat er efficiënter en dus duurzamer gebouwd kan worden.

Het BIM werkproces is een andere manier van samenwerken dan dat er gewend is. Dat heeft te maken met het open informatie delen met elkaar. Binnen de branche vraagt dit een sociale innovatie wat moet lijden tot een cultuuromslag. Deze omslag is licht zichtbaar bij de ontwerpende, voorbereidende en bouwende partijen. Toch wordt er gemerkt dat velen zich nog op hun "eigen eiland" aan het ontwikkelen zijn.

Nederland breed wordt er een trend gezien op het gebied van een zogenoemde "diplomamaatschappij". Uit een onderzoek door het CBS in 2017 bleek dat het aantal laagopgeleiden in Nederland bij de bevolkingsgroep tussen 15-75 jaar in de periode tussen 2008-2017 verschoven is van 32,2% naar 28,6%. Daarentegen steeg het aantal hoog opgeleiden van 25,5% naar 30,1%. De trend is dat deze ontwikkeling zich door zal zetten de komende jaren.



figuur 5 Hoogst behaalde onderwijsniveau Nederlandse bevolking (Onderwijs in cijfers, 2017)

Zoals veelvuldig aangegeven in publicaties door Bouwend Nederland en Aannemervak, is er een vergrijzing binnen de bouw. Daar bovenop komt nog dat de nieuwe generatie, zoals het onderzoek van het CBS uitwijst, ervoor kiest een hogere opleiding te genieten. Tussen 2009 en 2015 daalde het aantal werknemers in de bouw tussen 15 en 25 jaar met 45%, terwijl de groep van 55-plussers steeg van 16% naar 20% (Bouwend Nederland, 2016).

"De toestroom van de nieuwe generatie bouwers is niet groot"

van Heel (Sector banker bouw, ABN AMRO), 2018

Momenteel is het zoeken naar toepasbare mogelijkheden met BIM naar de bouwplaats een veel voorkomend item. BIM blijft zich ontwikkelen en de gegenereerde modellen komen op het niveau om klaar te zijn om op de bouwplaats gebruikt te worden. Recente onderzoeken wijzen uit dat het gebruik van digitale media als tablets, mobiele telefoons en grote schermen bij kunnen dragen aan het gebruik van BIM op de bouwplaats.

Echter, de huidige vergrijsde generatie bouwvakkers heeft weinig tot geen affiniteit met deze digitale apparatuur. Dit kan ervoor zorgen dat ze afschrikken van het gebruik van deze relatief nieuwe media. Wanneer ze er wel mee willen werken/opgedragen krijgen, kost het vaak veel tijd het medium onder de knie te krijgen.

Om de innovatie van BIM een stap verder te brengen, maar ook de volledige generatie aan bouwvakkers aan te spreken, is een vertrouwde informatiedrager gewenst die de voordelen van BIM in stand houdt.

1.7 Hoofd- en deelvragen

De hoofdvraag van dit onderzoek:

Hoe kan TWI, opgesteld vanuit het BIM, binnen Heijmans Woningbouw geïmplementeerd worden zodanig dat, het toegepast kan worden op onderdelen van het casusproject?

De deelvragen om tot het antwoord te komen van de hoofdvraag zijn:

1. *Hoe werkt het BIM-proces?*
2. *Hoe is de huidige samenwerking binnen Heijmans Wonen?*
3. *Wat wordt er verwacht van de traditionele contractstukken?*
4. *Hoe wordt een TWI opgesteld?*
5. *Welke software is er nodig om een TWI op te stellen?*
6. *Hoe kan de toekomstige gebruiker overtuigd worden van TWI?*

1.8 Methodes

Om de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag te beantwoorden, is er te werk gegaan middels de volgende methodes per te onderzoeken onderdeel.

Onderdeel	Methode
BIM	deskresearch
samenwerking binnen Heijmans Wonen	desk-/fieldresearch
traditionele contractstukken	deskresearch
TWI	deskresearch
software binnen Heijmans t.b.v. TWI	fieldresearch AHP-methode
overtuigingstechniek	desk-/fieldresearch interviews

complexiteitsdenken

figuur 6 Methodes per onderdeel (bron: eigen illustratie)

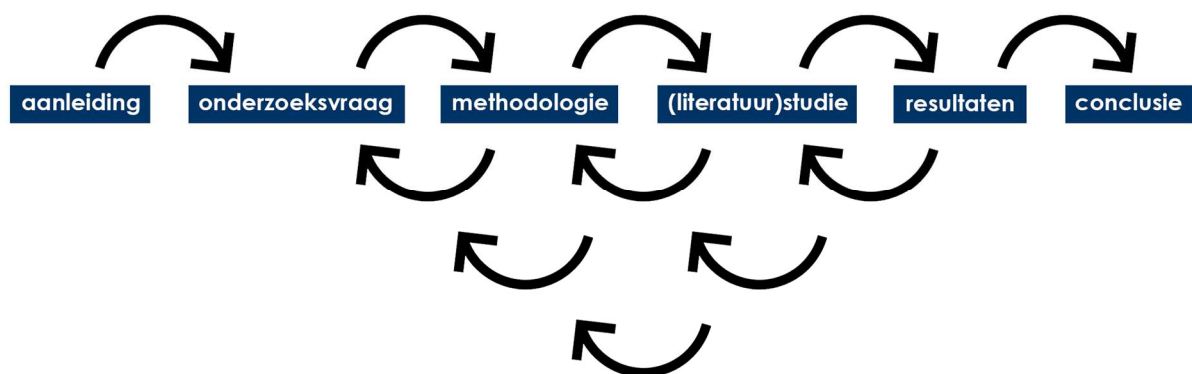
De meeste onderdelen zijn ingevuld middels een deskresearch. Voor de samenwerking binnen Heijmans, het bepalen van de software en overtuigingstechniek is er ook fieldresearch toegepast.

Bij het bepalen van de software is er gebruik gemaakt van de AHP-methode. Dit is een keuze techniek waar priorisering van de keuzeonderdelen een rol speelt. Middels deze weg is de meest bij TWI passende software binnen Heijmans Wonen gekozen.

Een nieuw product of werkwijze inbrengen vraagt om overtuigingskracht. Naast het stuk deskresearch is er ook een stuk fieldresearch gedaan om te onderzoeken waar de kansen liggen. Deze fieldresearch is aan de hand van semigestructureerde interviews.

De overkoepelende methode is complexiteitsdenken. Ook wel bekend als "de chaostheorie". Dit wil zeggen dat alle te onderzoeken onderdelen met elkaar in verband staan. Aanvankelijk zou het mooi zijn wanneer alle vragen structureel onderzocht en beantwoord kunnen worden. Dit is echter niet het geval. De verschillende onderdelen hebben invloed op elkaar. Om hier grip op te houden wordt er toch getracht een structuur in te brengen en het overzicht te behouden.

De grove lijn van een gemiddeld onderzoek/scriptie is: aanleiding, onderzoeksvraag, methodologie, (literatuur)studie, resultaten, conclusie. (ProjectenManagen, 2017)



figuur 7 Structuur in de chaostheorie (bron: eigen illustratie)

Structuur brengen in een complex onderzoek kan door, wanneer er een link wordt gelegd, terug te pakken naar het onderdeel waar dit invloed op heeft. Dus mocht een resultaat betekenen dat de methode zou moeten veranderen, dan worden er 2 stappen terug gedaan naar de methode. Vervolgens wordt er een nieuwe studie gedaan, waar nieuwe resultaten uit voortvloeien.

1.9 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt BIM omschreven. In hoofdstuk 3 van dit onderzoeksrapport staat beschreven hoe de samenwerking binnen Heijmans Wonen verloopt. Vervolgens staat er in hoofdstuk 4 beschreven wat de huidige contractstukken zijn. Daarnaast wordt er aandacht besteed aan wat er verwacht wordt van het BIM-model. Hoofdstuk 5 beschrijft wat TWI is en hoe dit opgesteld wordt. De resultaten en analyse van het softwareonderzoek staan in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 staan de resultaten betreft het adoptieonderzoek. Dit alles uit zich in het implementatieadvies, beschreven in hoofdstuk 8.

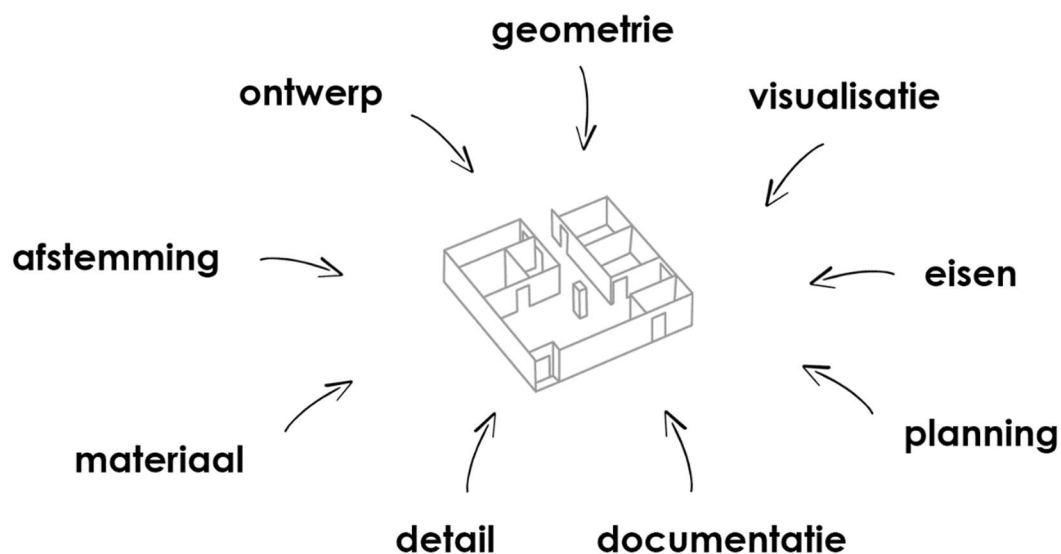
In hoofdstuk 9 staan de conclusie en adviezen, volgend uit dit onderzoek.

2 BIM

Het is in het belang van dit onderzoek dat uit gespecificeerd is wat BIM is en inhoudt. Dit hoofdstuk bevat een deskresearch om dat inzichtelijk te krijgen.

BIM staat voor: Building information model (ofwel: bouwwerk informatie model). Het is één model, bestaande uit diverse elementen met de nodige informatie. Door te werken met één werkmodel, zijn (in de ideale situatie) altijd alle elementen op elkaar afgestemd. De verschillende partijen, die aan hetzelfde gebouw werken, zien van elkaar namelijk de meest recente versie van het model. BIM kan voor diverse doeleinden gebruikt worden in verschillende fasen.

De BIM-gedachte is: "one source is true". Dit wil zeggen dat er maar 1 model is met alle informatie. Alleen de informatie die in dat model staat is de "waarheid". Wanneer er dus meerdere tekeningen zijn, zal de vraag niet meer moeten rijzen over wat de juiste informatie is. Men kijkt dan namelijk in het BIM. Nadat het gebouw gerealiseerd is, wordt het BIM aangepast naar hoe het gebouw daadwerkelijk gebouwd is. Dit noemen we een revisie model.



figuur 8 Onderdelen binnen een BIM (bron: eigen illustratie)

Het concept waar BIM op gebaseerd is dateert al van 1975. In dat jaar heeft Charles M. Eastman (Professor Design en Computerwetenschappen aan het Georgia Technologie instituut) het *Building Discription System* gepubliceerd. Bij deze werkwijze was het de eerste keer dat er interactief met elementen gewerkt werd. In 1986 werd voor het eerst de werkwijze omschreven voor wat wij nu kennen als BIM. Robert Aish omschreef het als *Building Modeling* in een stuk over een casestudy met betrekking de herinrichting van Terminal 3 op Heathrow Airport. Sinds 1992 is de term *Building Information Model* (BIM) gebruikt in een artikel door G.A. van Nederveen en F. Tolman (Het Nationaal BIM-platform, sd).

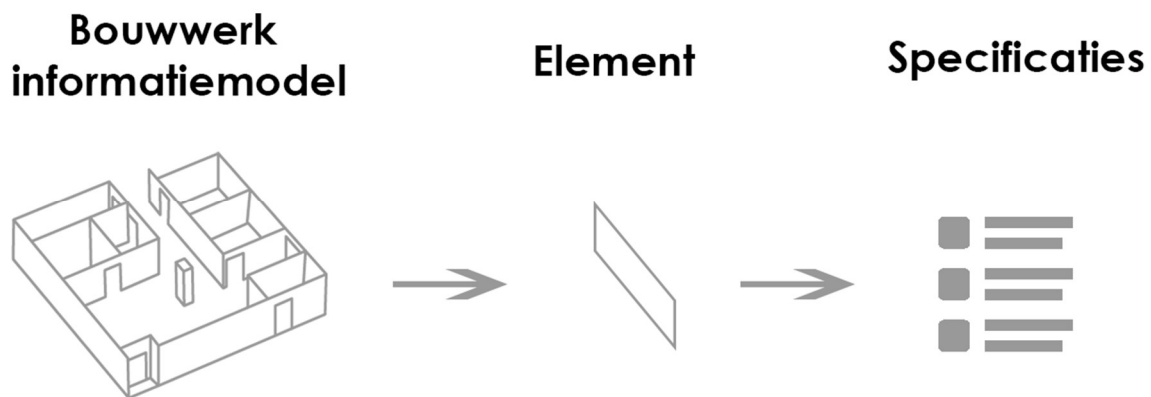
Ondanks dat de term BIM al 15 jaar in omloop is, circuleren er op het web nog diverse uitingen over wat BIM definieert.

Voor dit onderzoek wordt de volgende omschrijving door Heijmans gehanteerd:

“Het BIM (Bouwwerk Informatie Model) is een digitaal prototype. 2 keer bouwen; eerst digitaal, daarna buiten. De modellen bestaan uit elementen en zijn net zo opgebouwd zoals het buiten gemaakt wordt. Deze elementen zijn de dragers van informatie, waarmee gedurende het ontwikkel- en bouwproces gewerkt wordt. Werken met BIM moet zorgen voor efficiëntie in samenwerking, uitwisseling en gebruik van informatie, visualisatie en communicatie” (Heijmans Wonen, 2017).

2.1 Opbouw van een BIM

Een BIM-model is opgebouwd uit elementen (ook wel bekend als objecten). Deze elementen representeren een onderdeel van het te bouwen bouwwerk. Ze variëren in grootte en complexiteit. Zo is een vloer duidelijk van opzet, kijkende naar de geometrie en samenstelling. Wordt er ingezoomd op een kozijn, dan komt er mogelijk veel meer informatie naar voren.



figuur 9 Ontleden van een BIM (bron: eigen illustratie)

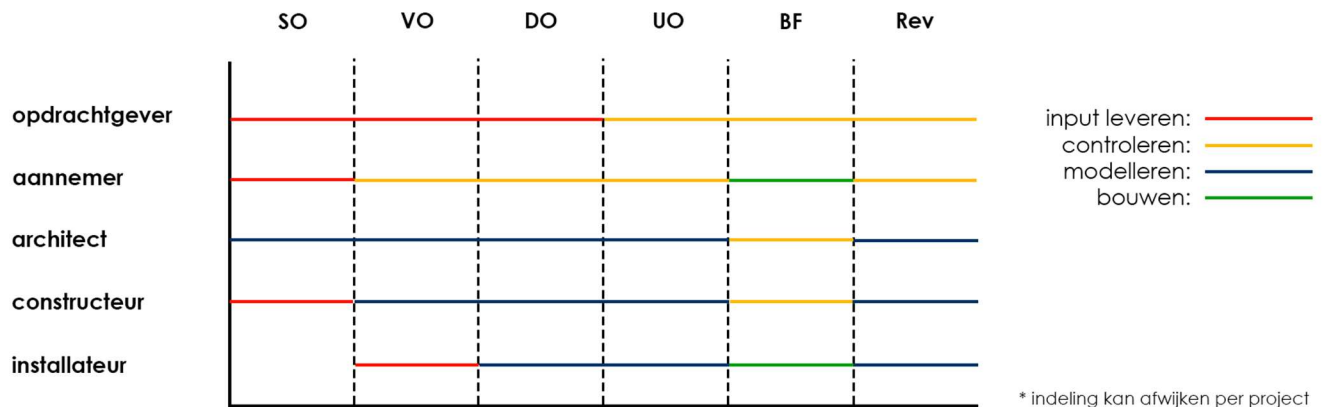
Alle informatie dient overzichtelijk uit het model zijn te halen. Niet alle informatie heeft altijd een optische invloed. Denk bijvoorbeeld aan betonsterkte. Toch dient ook deze informatie aan het model te zijn toegevoegd.

Het BIM wordt opgezet middels modelleersoftware. Deze programma's stellen de gebruiker in staat elementen te produceren, die, wanneer geplaatst, hun samenhang weergeven. Deze specificaties toegevoegd aan de elementen, worden ook wel parameters genoemd. Binnen een BIM in het modelleerprogramma kunnen de parameters gekoppeld worden aan een uittrekstaat. Door dit als een gekoppelde lijst op te stellen, zullen aanpassingen in het model automatisch doorgevoerd worden in de uittrekstaat.

Deze parameters kunnen ook, mits correct toegevoegd, uitgelezen worden in coördinatiesoftware (meer informatie zie paragraaf 2.2.2 Uitvoerend proces).

2.2 Het werkproces

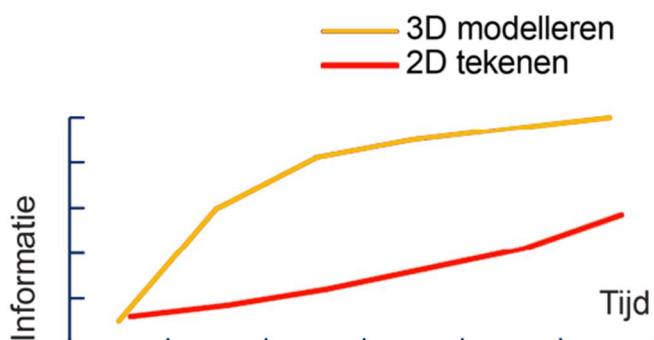
Het werkproces kan in drie delen worden onderverdeeld. Het ontwerp gedeelte (t/m UO), het uitvoerende gedeelte (BF) en de revisiefase. Tijdens het ontwerp gedeelte worden de uitgangspunten van het bouwwerk bepaald en nauw gespecificeerd. Deze specificaties worden vastgelegd in het 3D BIM. Vervolgens is dit model de basis voor het uitvoerend proces. Na het uitvoerende proces, kan er een revisiemodel worden opgezet. Dit model is een digitale representatie van hoe het gebouw daadwerkelijk gemaakt is.



figuur 10 Voorbeeld van een fase-indeling bij BIM (bron: eigen illustratie)

Er wordt van de meewerkende teams verwacht dat ze gedurende het hele proces actief betrokken te zijn bij het project, zo is terug te lezen in de recente BIM-protocollen van Heijmans. Deze medewerking kan zich uiten in het leveren van input, controleren, modelleren of bouwen van het (digitale) bouwwerk. Wat er van welke partij verwacht wordt, en in welke fase, wordt vastgelegd aan de start van het project. Op elk gebied dient er een specialist aanwezig te zijn. Dit enerzijds om onduidelijkheden en uitdagingen in een vroeg stadium te tackelen, maar ook om verder in het proces er op toe te zien dat het gebouw conform regels en afspraken gebouwd wordt.

Werken volgens deze systematiek zorgt ervoor dat er vanaf het begin van het project informatie wordt toegevoegd aan het model. In een eerder stadium wordt er dus al nagedacht over onderdelen waar in het traditionele proces pas laat over wordt beslist. Late beslissingen kunnen grote gevolgen hebben. Door deze werkwijze worden beslissingsmoment naar voren gehaald. In een vroeg stadium kan de impact van een beslissing eenvoudiger opgevangen worden.

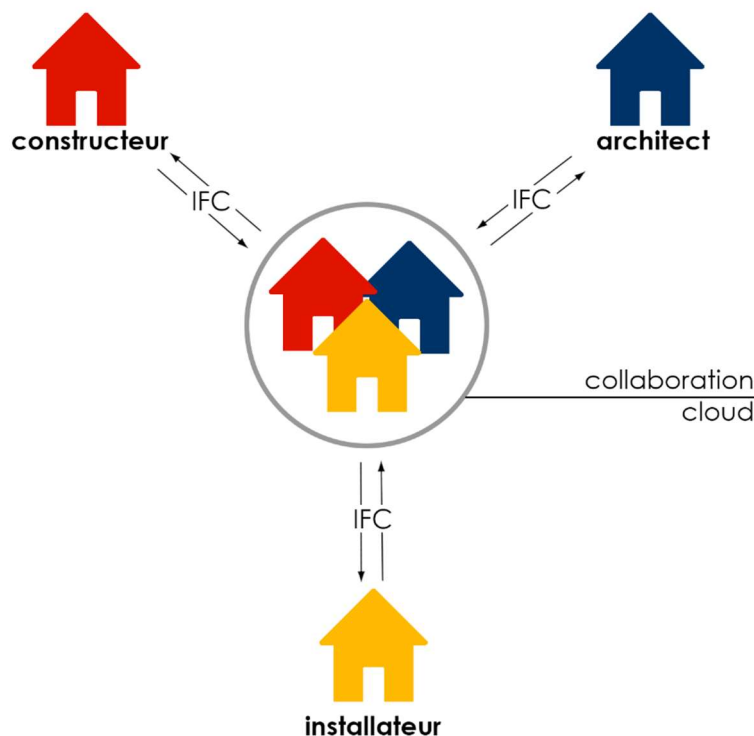


figuur 11 Informatie in het ontwerpproces (bron: eigen illustratie)

2.2.1 Ontwerp proces

Binnen een BIM werkwijze geven alle betrokken partijen hun input aan het model. De architect zorgt zo bijvoorbeeld voor de esthetische uitgangspunten, de constructeur voegt de dragende elementen toe en de installateur de voorzieningen betreffende het water en de elektriciteit (w&e). De losse modellen van deze betrokken partijen worden aspectmodellen genoemd. De aspectmodellen worden continu aan elkaar gespiegeld in zogenoemde clash-sessies (ook wel coördinatie-sessies genoemd). Dit moet ervoor zorgen dat de modellen kloppend zijn, maar ook blijven nadat er wijzigingen optreden.

De diverse partijen leveren hun aspectmodellen aan als een IFC (Industry Foundation Classes). IFC is een bestandsvorm welke geproduceerd kan worden door allerlei soorten modelleersoftware. Daarnaast kan deze bestandsvorm ook worden ingeladen door alle controleerprogramma's en modelleerprogramma's. Wanneer ingeladen in een modelleerprogramma, kunnen deze modellen fungeren als onderlegger².



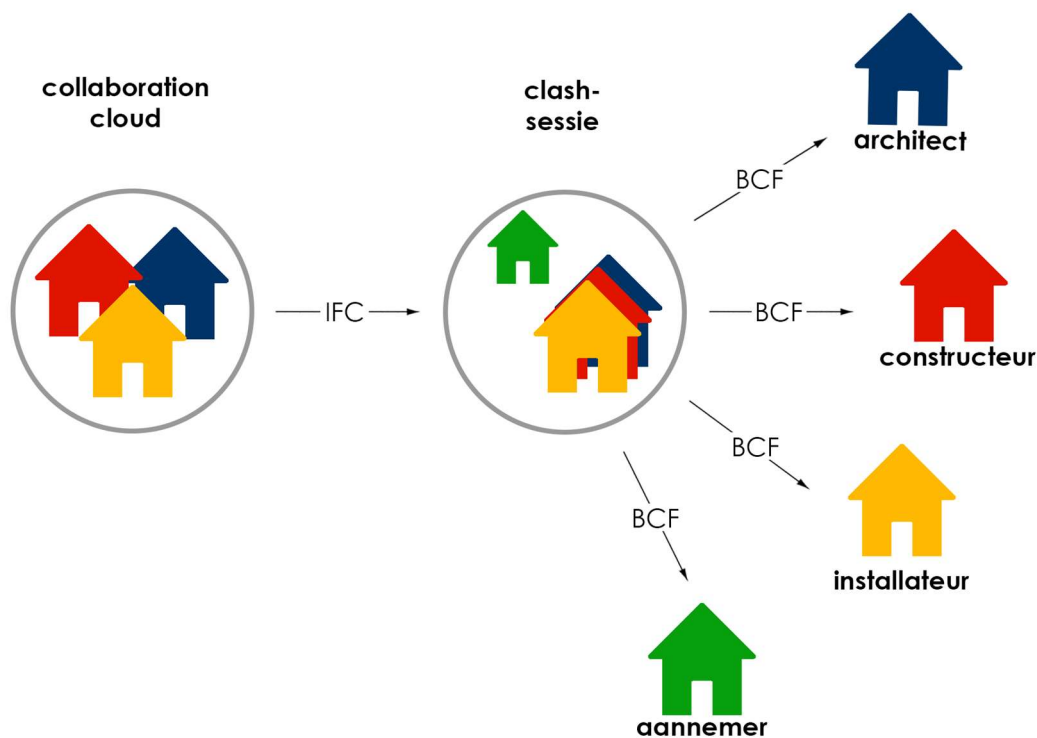
figuur 12 Overzicht over het uitwisselen van aspectmodellen in IFC (bron: eigen illustratie)

De aspectmodellen worden gecommuniceerd middels een *collaboration cloud*. Dit is een online opslaglocatie, ingericht op samenwerkingsverbanden. De *collaboration cloud* is toegankelijk voor het personeel van de verschillende partijen die samen aan het project werken. Dit zorgt ervoor dat altijd iedereen toegang heeft tot de meest recente bestanden. Het is zaak dat de betrokken organisaties hun eigen aspectmodellen spiegelen aan de overige partijen, alvorens een clash-sessie.

² Een aan het werkmodel toegevoegde tekening/model, waaraan gespiegeld kan worden.

Tijdens een clash-sessie worden fouten, ontdekt in het model, aangestipt. Deze fouten worden vastgelegd middels controlesoftware. De controlesoftware exporteren hun bestanden middels BCF (BIM Collaboration Format). Dit is een bestandstype dat door elk controleerprogramma gegeneerd en gelezen kan worden. Open bestandsvormen zoals IFC en BCF zijn vereisten om te werken volgens Open BIM.

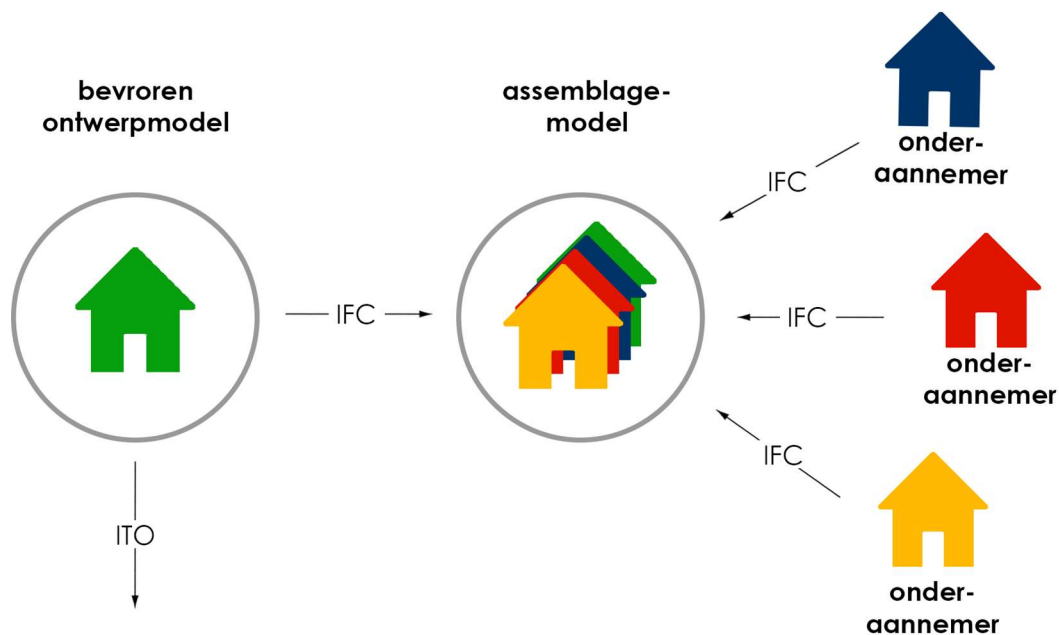
De aannemer heeft tijdens dit proces een controlerende functie. Dat is belangrijk aangezien dat zij de partij is die met het definitieve model gaan werken in de uitvoerende fase, maar ook in de praktijk gaan uitvoeren. Het doel is dat het model en het fysieke bouwwerk volledig overeen komen.



figuur 13 Overzicht clash-sessie in de ontwerpfase (bron: eigen illustratie)

2.2.2 Uitvoerend proces

Wanneer het ontwerpmodel klaar is, dan wordt dit model “bevroren”. Dat wil zeggen dat er geen aanpassingen meer gedaan worden aan dat specifieke model. Het bevroren model wordt doorgespeeld naar de volgende partij, welke de uitvoering doet. Een aannemer kan informatie uit elementen uitlezen middels een *Information Take-Off* (ITO). Deze informatie kan weer gebruikt worden voor diverse doeleinden, zoals werkvoorbereiding en calculatie. Het ontwerpmodel is de basis voor het assemblagemodel.



figuur 14 Overzicht assemblagemodel (bron: eigen illustratie)

Vaak werkt een aannemer met diverse onderaannemers die onderdelen van het gebouw gaan uitvoeren. Nog niet alle onderaannemers werken BIM. De onderaannemers die dat wel doen, kunnen hun eigen aspectmodel spiegelen aan het ontwerpmodel vanuit de vorige fase.

2.3 BIM en Systems Engineering (SE)

Er wordt bij Heijmans gewerkt middels Systems Engineering (SE). Dit is een methodiek om complexe problemen met een interdisciplinair karakter het hoofd te bieden. Dit is mogelijk doordat het probleem wordt opgedeeld in kleinere hapklare brokken. Het proces is opgedeeld in een specificatie en een realisatie. SE is niet direct gelinkt aan een bepaald product. Het is een technisch proces dat op verschillende onderdelen toegepast kan worden. Voorbeelden van deze processen zijn: definitieproces van belanghebbende, eisenanalyseproces, architectuur ontwerpproces, implementatieproces, integratieproces, verificatieproces, overgangsproces, validatieproces, gebruiksproces, onderhoudsproces en verwijderingsproces (Spekkink & Savanović, 2013).

Systems Engineering is ontwikkeld in de jaren 40 en voor het eerst toegepast in de 2^e wereldoorlog. Toentertijd alleen in de telecomsector. Daarna is het verder doorontwikkeld in de lucht- en ruimtevaart industrie. In een interview gepubliceerd in 2013 zei Nout Verhoeven (manager railtechniek van ProRail): "Het zal nog tussen de 5 en 10 jaar duren, maar dan is Systems Engineering gewoon opgenomen in de best practices van projectmanagement." Nu zijn we 5 jaar verder en Systems Engineering is inderdaad gemeen goed, in de bouwbranche.

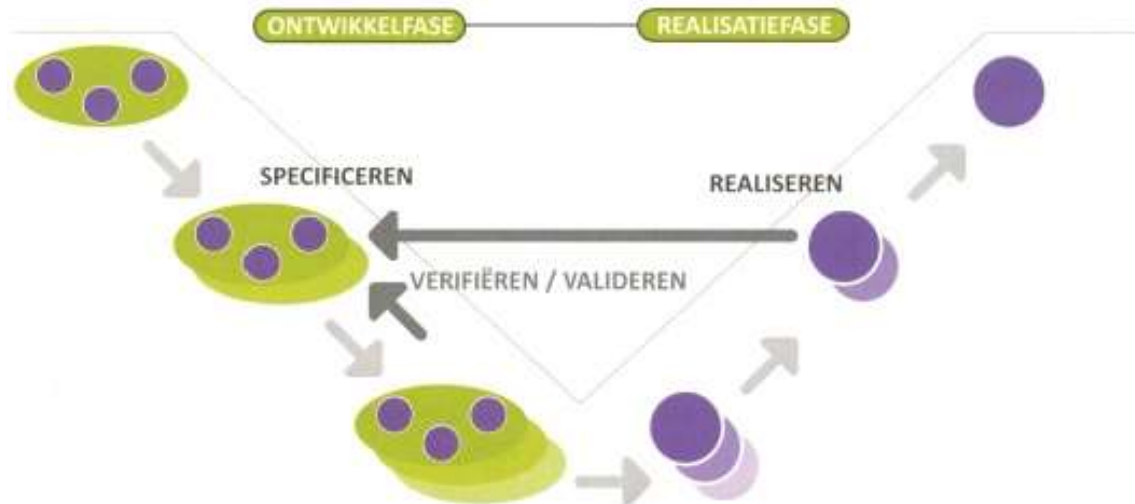
Bij Systems Engineering is er een specificerend proces wat start bij de klant, ook wel de stakeholders genoemd. Zij beschrijven wat ze willen in een *Klant Eisen Specificatie (KES)*. De KES is zo opgesteld dat er een zo groot mogelijke oplossingsruimte ontstaat. Het is aan de marktpartijen om hier de (al dan niet innovatieve) invulling aan te geven.



figuur 15 Itererend specificatieproces bij SE (bron: Kennispaper: Vooronderzoek systems engineering in de BenU-sector, 2013)

Tijdens het specificerende proces wordt de KES door een itererend proces gehaald. Dit zorgt ervoor dat de daadwerkelijk gestelde vraag overeenkomt met de opgestelde specificaties (figuur 15). Het steeds na een herhaling van dit proces, zal de marge rondom de oplossing verkleinen. Dit zorgt voor een beter uit gespecificeerd eindproduct.

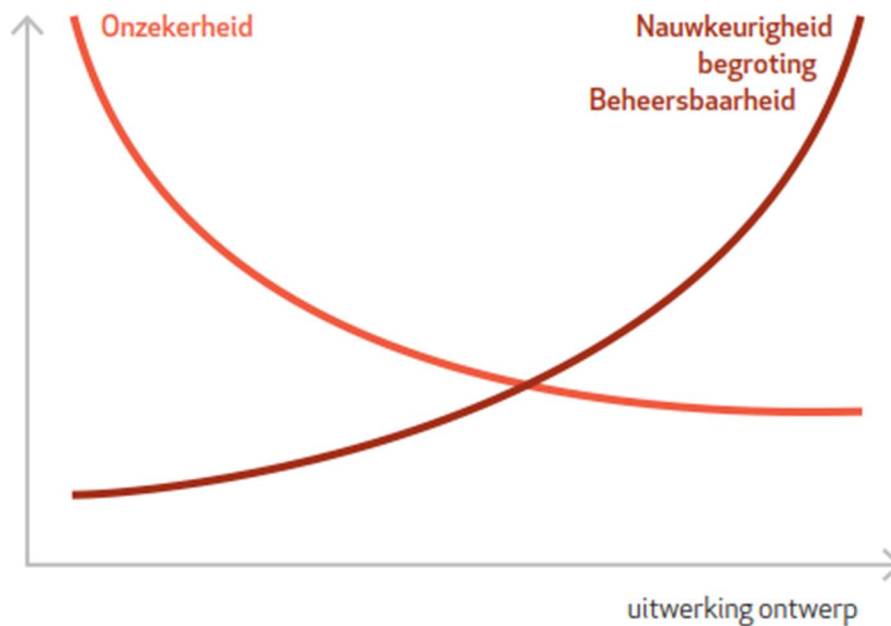
Vanwege het slinken van de marge, komt het gerealiseerde product steeds dichterbij de vraag. Dit proces moet ervoor zorgen dat er geen misstanden ontstaan tijdens realisatie. Het standaard proces bestaat uit 2 onderdelen. Dit is een ontwikkelingsfase en een realisatiefase. Hierin komt het specificeren meermaals terug.



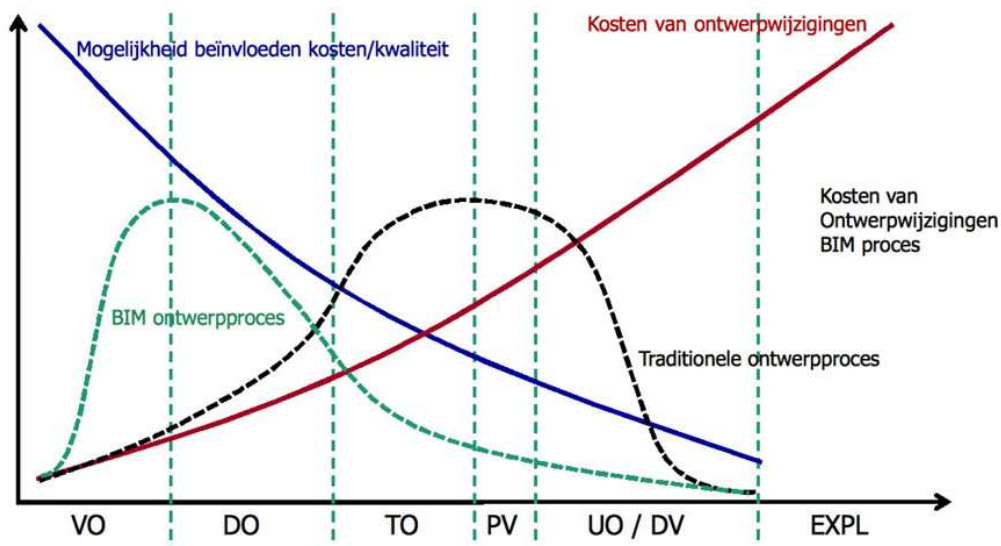
figuur 16 Verificatie en validatie in het V-model (bron: Kennispaper: Vooronderzoek systems engineering in de BenU-sector, 2013)

2.3.1 Overeenkomst SE met BIM

Systems engineering (SE) is nauw verbonden met het proces dat binnen BIM gevolgd wordt. figuur 17 en figuur 18 laten deze overeenkomst duidelijk zien. De onzekerheid uit Systems Engineering is te linken aan de mogelijkheid om te beïnvloeden uit de BIM grafiek. Beiden zijn te koppelen aan reeds openstaande onderdelen binnen het project, die nog in te vullen zijn. De nauwkeurigheid en beheersbaarheid hebben een connectie met de drempels voor ontwerpwijzigingen, zoals hogere kosten.

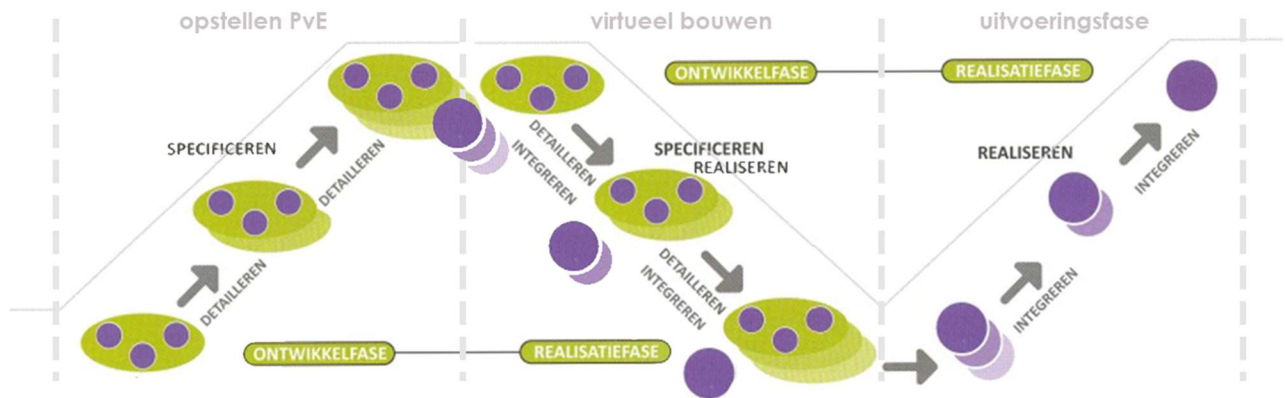


figuur 17 Grafiek SE proces (bron: Leidraad voor SE binnen de GWW-sector, 2018)



figuur 18 Grafiek BIM proces (bron: K3H architecten, 2018)

Bij BIM gebeurt het standaard proces van systems engineering 2 keer. Dat komt doordat het gebouw virtueel al een keer gebouwd wordt. Dit zorgt ervoor dat het virtueel bouwen een realisatie is, maar ook een ontwikkel fase. Dus BIM geeft geen V-model, maar een "N-model". Hierbij is het virtuele bouwen de realisatiefase ten opzichte van het PvE. Hierbij wordt het BIM geverifieerd en gevalideerd aan het PvE. Aan de andere kant is het de ontwikkelfase voor de fysieke realisatie op de bouwplaats. Dan wordt het gebouwde bouwwerk geverifieerd en gevalideerd aan het BIM.



figuur 19 N-model: SE binnen BIM (bron: eigen illustratie)

Het overduidelijke verschil tussen Systems Engineering en BIM is dat Systems Engineering niet gekoppeld is aan de geschreven fasering van de bouw. Dit is ook zo voorgeschreven in de ISO 15288. SE is een continu proces, wat ook dus ook binnen de fases gebeurt. Hoe meer verificatie/validatie momenten er zijn, hoe dieper het ontwerp uit gespecificeerd is.

2.4 Protocollen

Binnen BIM zijn er protocollen opgesteld. Deze protocollen dienen als doel een gestructureerde en eenduidige werkwijze en informatieoverdracht. Middels deze weg kan gewaarborgd worden dat er zorgvuldig en verantwoord gehandeld wordt. Zodoende kan het hoogste rendement uit BIM gehaald worden.

In deze protocollen worden uitgangspunten betreffende het uitwisselingsformat, modelplaatsing, elementopbouw, softwaregebruik, overlegstructuur en verantwoordelijkheden vastgelegd aan het begin van het traject. Het is aan de partijen zelf welk protocol aangehouden wordt en hoe dit protocol ingevuld wordt. Wel zijn er standaardisaties die meestal de basis vormen.

De landelijke meest gebruikte standaardisaties zijn:

Het Basis ILS: Een basis aan standaarden betreffende een BIM. Is nationaal door alle BIM-organisaties geaccepteerd en vormt de basis voor diverse protocollen.

Het Basis USO: Betreft een basis aan standaarden gericht op sparringen.

Dit zijn geen volledige protocollen, maar vormen wel vaak de basis. Het zijn als het ware richtlijnen. Heijmans heeft een eigen protocol opgesteld. Dit protocol is per project in te vullen, naar gelang de partners die bij het project betrokken zijn en wat het doel van BIM is binnen het project.

Het protocol wordt doorontwikkeld op basis van ervaringen. Fouten die bij eerdere samenwerkingen naar voren zijn gekomen, kunnen op voorhand opgevangen worden door een maatregel op te nemen in het protocol. De trend is dan ook dat bedrijven graag vaker samenwerken. Uit een onderzoek naar *ketensamenwerking en BIM* door Bouwkennis in 2015 onder installateurs is gebleken dat BIM zorgt voor 6% meer vaste partners.

Ook Heijmans werkt bij voorkeur met vaste partners. Dit is momenteel een ontwikkelend proces. Dit draagt er wel aan bij dat Heijmans als grote partij aan kan geven wat zij verlangen van de te ontvangen modellen.

2.5 Conclusie BIM

De deelvraag die wordt beantwoord is: *Hoe werkt BIM?* In de bovenstaande paragrafen is het BIM-proces uitgelicht.

Bij BIM wordt het gebouw digitaal één op één met de werkelijk uitgewerkt. Dit zorgt er onder andere voor dat lastige knooppunten inzichtelijk zijn. Daarnaast kan alle benodigde informatie aan het BIM toegevoegd worden.

“Met de rekenmachine kun je ook fouten maken, zonder dat je dat meteen doorhebt. Ook zonder BIM moeten wij onszelf controleren”

van der Meer (werkvoorbereider senior, Heijmans), 2018

Momenteel gebeurt dit nog niet goed genoeg. Er is nog geen 100% vertrouwen in het BIM. Zo geven werkvoorbereiders en uitvoerders aan dat zij het nog een keer narekenen wanneer er hoeveelheden uit een model gehaald worden. Daarnaast merken zij op dat er in het BIM nog ontwerpfouten in zitten. Echter, dit komt ook voor in het traditionele proces.

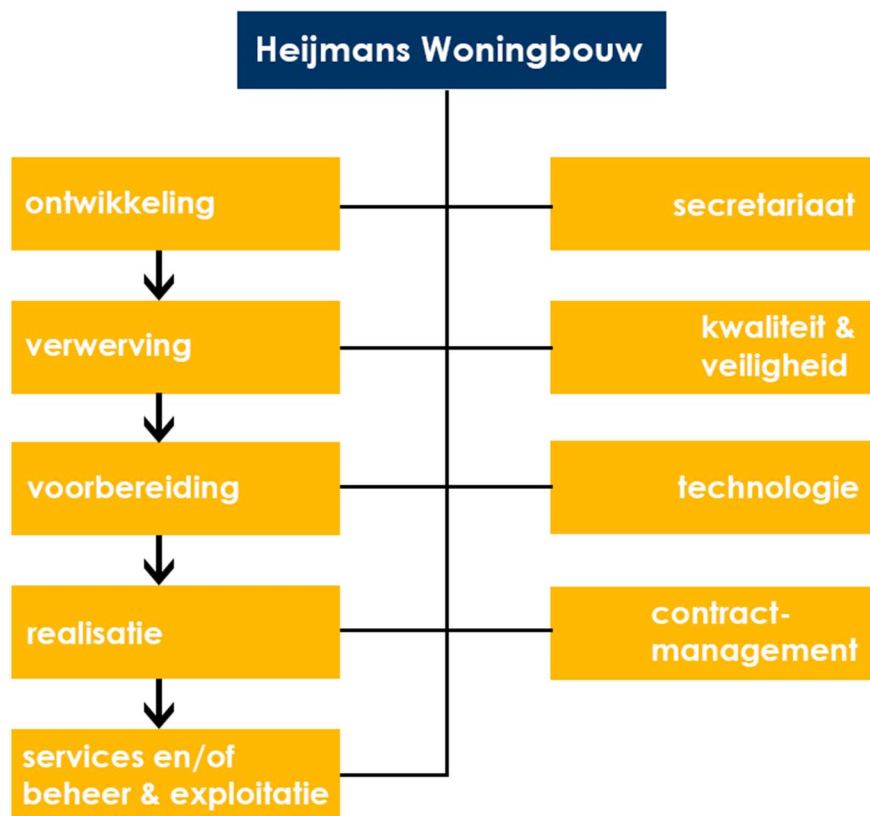
Wanneer het BIM wel vertrouwt wordt, kan deze tool het werk van diverse functies aanzienlijk versnellen en/of vereenvoudigen. Naast het onttrekken van hoeveelheden, kan ook de planning gekoppeld worden aan het BIM. Maar ook het opzetten van 3D-renders kan direct vanuit het 3D-model.



figuur 20 Render vanuit BIM (Bron: *The ever-changing Slussen* van K. Tondashti, MSc architecture, 2018)

3 Samenwerking binnen het onderzoeksgebied

Binnen de afdeling Woningbouw volgen projecten een vaste functieverdeling. Deze verdeling is opgedeeld per orgaan binnen Heijmans woningbouw. Met hoeveel afdelingen een project te maken heeft is afhankelijk van de opdracht die Heijmans krijgt. Het orgaan waar de informatie het kantoor verlaat richting de bouwplaats is de realisatie. Dat is het moment waar het ontwerp voorbereid en gecontroleerd dient te zijn.

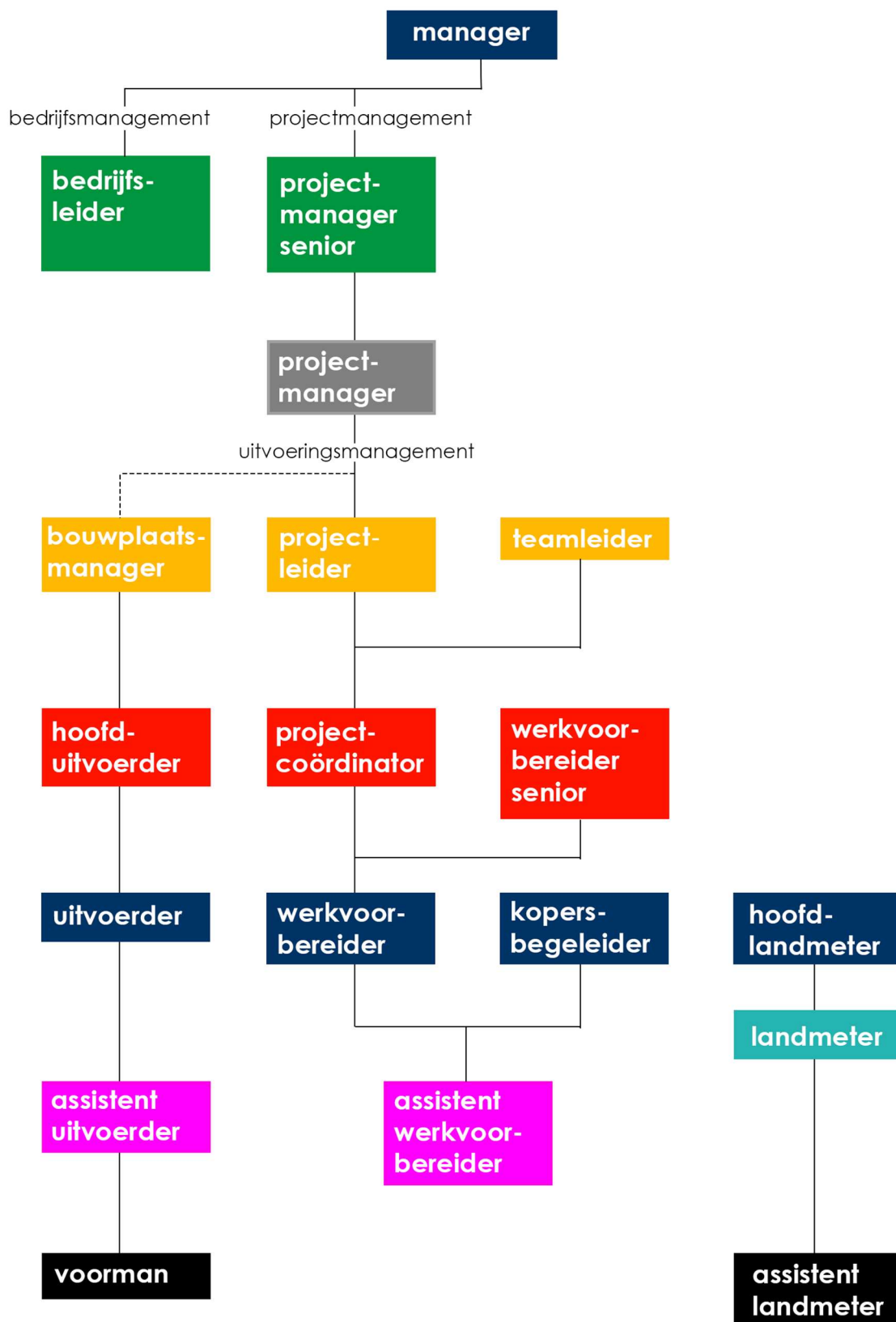


figuur 21 Organogram Heijmans Woningbouw gebaseerd op functiehuis van Heijmans Wonen, Werken, Verbinden (bron: eigen illustratie)

3.1 Afdeling realisatie

De afdeling realisatie is verantwoordelijk voor het fysiek realiseren van het te bouwen bouwwerk. Dit volgens de opgegeven uitgangspunten vanuit de afdeling voorbereiding en externe partijen. Dit is dus ook de locatie waar BIM op de bouwplaats terecht dient te komen, oftewel BIM2Field.

Binnen deze afdeling worden ideeën werkelijkheid. In het voorgaande traject is bedacht wat en hoe er gebouwd moet worden, maar nu moet het daadwerkelijk gaan gebeuren. Dit zorgt voor een exacte instelling. Het verwachtingspatroon van de medewerkers is dat de uitgangspunten bekend zijn en niet meer zullen veranderen.

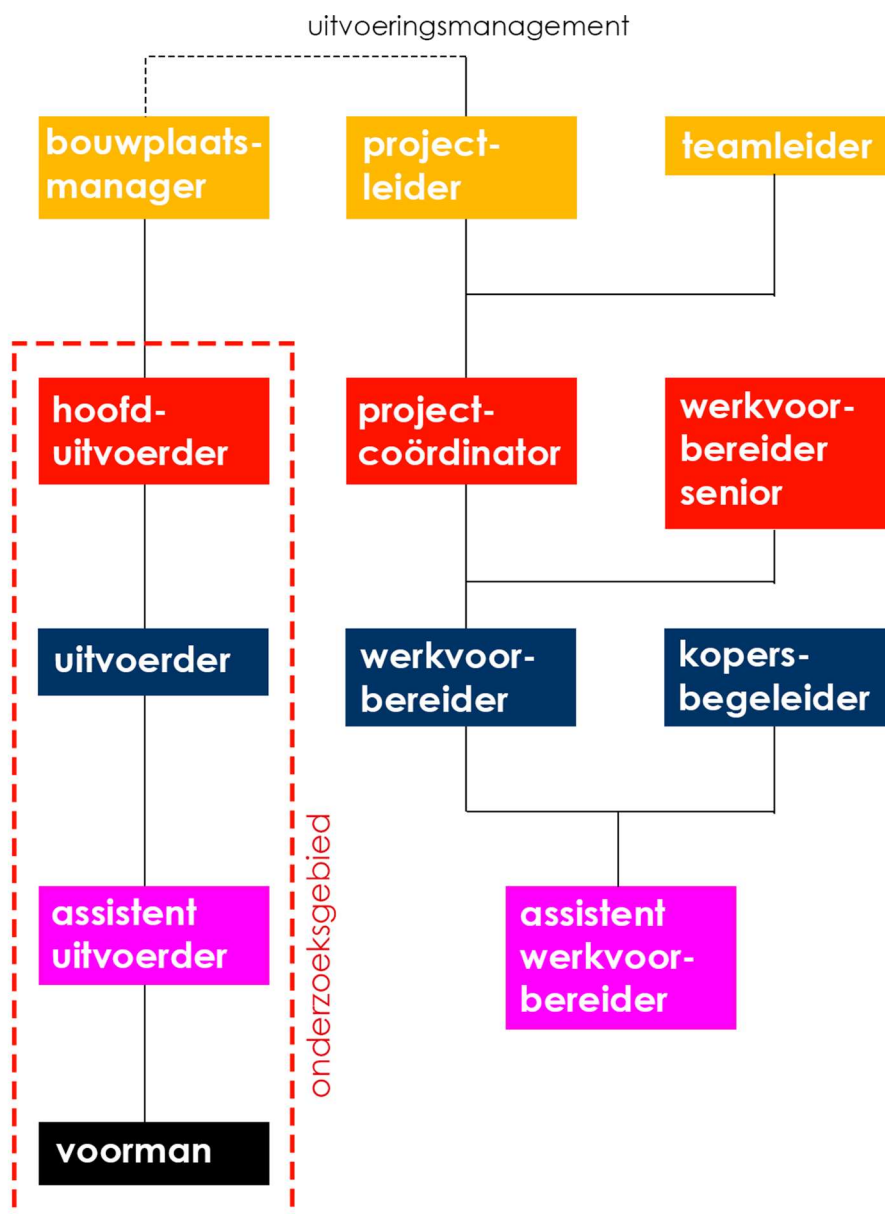


figuur 22 Organogram afdeling realisatie gebaseerd op het functiehuis van Heijmans Wonen, Werken, Verbinden (bron: eigen illustratie)

3.2 Communicatielijnen

De doelgroep van dit onderzoek is het personeel op de bouwplaats. Het is de bedoeling dat zij de voordelen gaan merken van de nieuwe manier van informatie overdragen.

Er is ingezoomd op de afdeling verantwoordelijk voor de uitvoering van projecten. Dat is het onderdeel van de organisatie waar de informatie het kantoor verlaat en zich tot een fysiek gebouw zal ontwikkelen. Binnen dit gebied vallen functies die direct en intensief met elkaar communiceren. Ze communiceren betreft instructies, planning, controles, materiaal, materieel en (algemene) afspraken.



figuur 23 Het directe onderzoeksgebied binnen het uitvoeringsmanagement (bron: eigen illustratie)

3.2.1 Functieomschrijving binnen het directe onderzoeksgebied

De relevante functies binnen het directe onderzoeksgebied zijn de uitvoerders, voormannen en de timmerlieden. Dit zijn de functies die binnen het team voor de fysieke realisatie op de bouwplaats zelf vallen. De bouwplaats is ook hun voornaamste werkplek.

De *(Hoofd-)uitvoerder* opereert met name in de uitvoeringsfase van de bouwrealisatie. Hij of zij draagt zorg dat de werkzaamheden op de bouwplaats goed verlopen. Dit is zowel sturend, als controlerend.

Taken van een uitvoerder bestaan onder andere uit: het opstellen van 6wekenplanningen en bewaken van deze en algehele planningen, bewaken van het aantal bestede manuren, het aansturen van het bouwplaatspersoneel, afroepen van materiaal en materieel, het waarborgen van de veiligheid, organiseren van bouwvergaderingen. (van Mook & Oomen, 2017)

De *voorman* is een timmerman die ook wel opereert als een assistent uitvoerder. Dat wil zeggen dat wanneer de uitvoerder niet aanwezig is, of niet bereikbaar, dan is de voorman het aanspreek punt van de bouwplaats. Daarnaast kan de voorman afwisselende taken hebben die ofwel bij de uitvoerder, ofwel bij de timmerman horen. (Nationale beroepengids, sd)

De *Timmerman* is verantwoordelijk voor het repareren, construeren, plaatsen en monteren van bouwonderdelen zoals op voorhand is afgesproken. Hierin wordt de timmerman aangestuurd door de uitvoerder of voorman. De timmerman dient hierbij het waarborgen voor kwaliteit, veiligheid en planning van het eigen werk in acht te nemen. (Nationale beroepengids, sd)

3.2.2 Functieomschrijving binnen het indirecte onderzoeksgebied

Er zijn functies buiten het directe onderzoeksgebied waar de timmerlieden, voormannen, maar vooral de uitvoerder mee te maken hebben. Dit zijn de werkvoorbereiders en onderaannemers.

De *werkvoorbereider* start al in het voortraject van de bouwrealisatie fase. Het is de spil in het web bij een project. Hij/zij heeft contacten met zowel de uitvoerder, als de uitwerkende partijen zoals de architect, constructeur en installateur. Hierbij is hij/zij verantwoordelijk voor: het opstellen en bewaken van planningen, materiaal en materieel regelen, werktekeningen vanuit de onderaannemers en leveranciers toetsen/controleren, bepalen van de bouwplaatsinrichting, regelen van vergunningen en ontheffingen. (van Mook & Oomen, 2017)

Een andere partij die ook zijn werk uitvoert op de bouwplaats is de *onderaannemer*. Een onderaannemer werkt zijn eigen onderdeel uit op de bouw. Deze partij heeft zijn eigen werkvoorbereiders en timmerlieden in dienst. De te bouwen onderdelen worden op tekening gecontroleerd door de werkvoorbereider van de hoofdaannemer en wanneer nodig aangestuurd op de bouw door de uitvoerder van de hoofdaannemer.

3.2.2 Communicatielijnen binnen het onderzoeksgebied

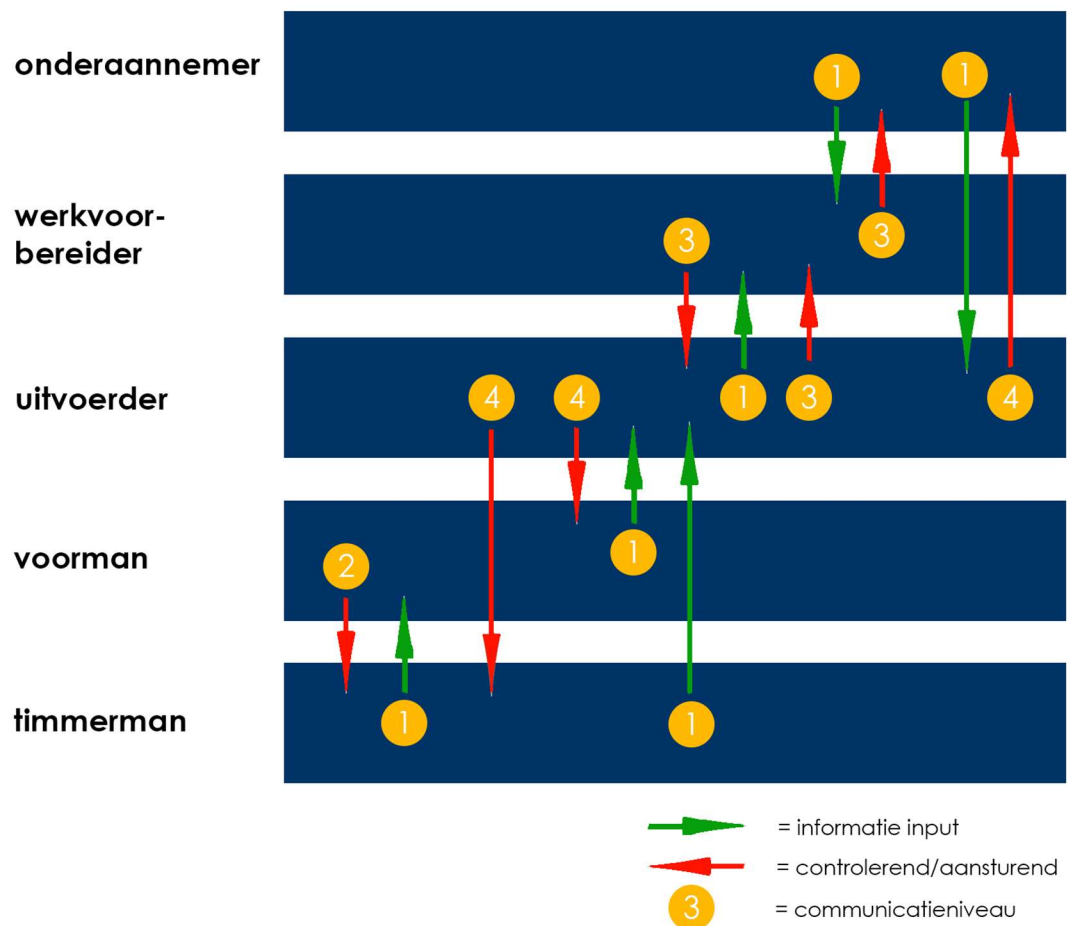
De mate van communicatie is uitgezet in verschillende niveaus, te zien in figuur 24. Deze communicatieniveaus zijn als volgt opgebouwd.

Niveau 1: Input geven/informatie vragen

Niveau 2: Instruerend/ aansturend

Niveau 3: Controlerend

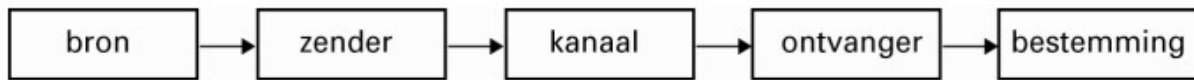
Niveau 4: Controleren en instruerend/ aansturend



figuur 24 Communicatieniveau binnen de aannemerij (bron: eigen illustratie)

4 Informatiedrager als contractstuk

Bij informatieoverdracht is er een bron en een bestemming. Daartussen zitten de zender, ontvanger en het kanaal. De bron en zender vormen samen de afzender en de ontvanger en bestemming vormen samen de ontvanger. Dit toont aan dat het niet alleen belangrijk dat het kanaal is ingedeeld zodat de zender het begrijpt, maar vooral dat de ontvanger snapt wat er bedoeld wordt.



figuur 25 Algemeen communicatiemodel (bron: Open Universiteit, s.d.)

De informatiedrager zorgt voor het overbrengen van de informatie van de bron naar de bestemming. In het geval van de bouwsector worden deze informatiedragers ook meteen gezien als contractstuk. Eisen aan deze contractstukken zijn vastgelegd in de DNR en NEN normen. Maar ook Heijmans heeft eisen aan dit tekenwerk.

4.1 De Nieuwe Regeling

Binnen de bouw is er vanuit DNR een richtlijn opgesteld voor de eisen aan de traditionele informatiedrager. Dit heeft te maken met wat voor informatie er op tekening dient te staan. Dit vormt vaak de basis voor het honorarium van de leverende partij van de tekeningen. De ontvangende partij weet wat ze hiervan kunnen verwachten. Deze 2D tekeningen worden nog standaard voor elk project geleverd. Dit is immers contractueel vastgelegd, ongeacht of het project middels BIM werkt of niet.

Middels de 2D tekeningen wordt er van oudsher al getoetst aan het PvE. Echter, het toetsen gebeurt op basis van de DO tekeningen. Deze tekeningen worden gebruikt bij de bouwaanvraag. Vervolgens worden de UO tekeningen gemaakt, welke op een detailniveau zijn, dat er daadwerkelijk mee gebouwd kan worden.

Een totaaloverzicht aan eisen betreft het tekenwerk, vanuit de leverende partijen, is toegevoegd in bijlage A.

4.2 Eisen vanuit Heijmans Woningbouw

Naast het DNR heeft Heijmans zelf ook eisen aan de informatie die zij verwachten te ontvangen. Dit is uit gespecificeerd voor het 2D tekenwerk, maar ook vastgelegd in een hoofd- en detailprotocol voor het BIM. Middels deze wijze is er een mogelijkheid om afspraken te maken en invloed uit te oefenen op de te ontvangen informatie. Dit is wenselijk, aangezien een duidelijke en correcte wijze van informatie overdragen, zorgt voor een sneller proces. Daarbij wordt de kans op een verkeerde interpretatie van de informatie verkleind.

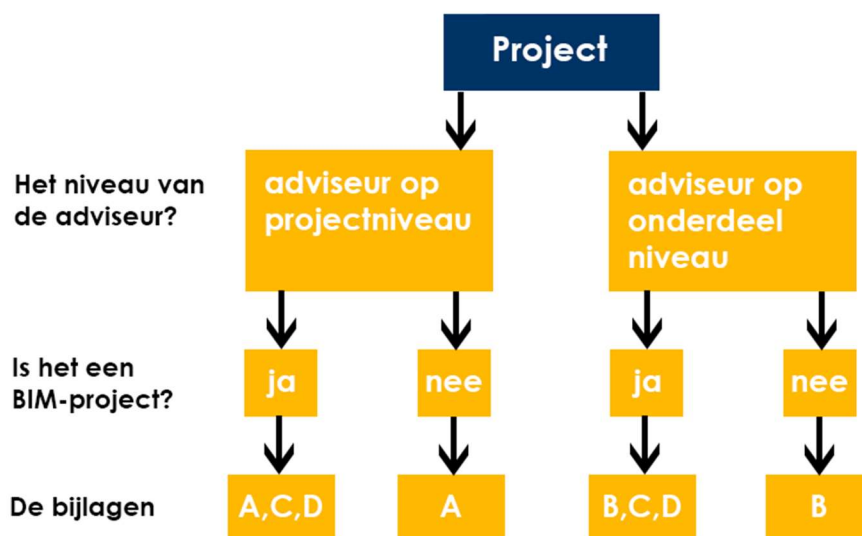
Heijmans stuurt bij de contracten ook enkele bijlagen. In deze bijlage staan de verwachtingen betreft het door Heijmans te ontvangen informatie. Deze bijlage zijn direct gekoppeld aan de contracten en zijn rechtsgeldig. De volgende onderdelen zijn mogelijk toegevoegd:

A: Taakbeschrijving voor de adviseurs op projectniveau, zoals architecten, constructeurs en adviseurs. Geeft aan wat voor tekenwerk er verwacht wordt, met welke informatie, op welke schaal verdeeld over de verschillende fasen.

B: Taakbeschrijving voor de adviseurs op onderdeelniveau, c.q. onderaannemers. Geeft aan welke informatie geleverd moet worden/ wat de verantwoordelijkheid is. (geen schaalverdeling en niet gekoppeld aan fasen)

C: Het hoofd BIM-protocol, afspraken betreft het BIM samenwerken op hoofdlijnen. Opgesteld samen met de adviseurs op projectniveau.

D: Het detail BIM-protocol, afspraken betreft het BIM samenwerken in detail. Opgesteld samen met de adviseurs op projectniveau.



figuur 26 Stappenplan bijlagen contract (bron: eigen illustratie)

4.2.1 Taakbeschrijving voor adviseurs

In de taakbeschrijving voor adviseurs staan de afspraken tussen de adviseurs en Heijmans in. Er staat uitgebreid aangegeven welke informatie er in welke fase aangeleverd dient te worden. Daarnaast is per tekening aangegeven welke informatie er op moet staan en in welke schaal. Dit is opgesteld voor de architect, stedenbouwkundige, constructeur en installateur. Elke partij heeft dus zijn eigen taakbeschrijving.

Werkzaamheden architect / bouwkundig tekenbureau

Bijlage 2 (versie 1.1), behorende bij model opdracht HVG

Project: <Afstudeeropdracht>

Projectnummer: <1234>

Datum: <10-08-2050>

FASE T2.2: DEFINITIEF ONTWERP*

05.04 Architectuur/ bouwkunde

- Vastleggen definitieve stedenbouwkundige inpassing gebouw
- Vastleggen functionele en ruimtelijke indeling gebouw
- Vastleggen architectonische verschijningsvorm gebouw
- Ontwerpen globale materialisatie gebouw
- Bijdrage leveren aan herijken V&G-risico-inventarisatie en -evaluatie arch./bouwkunde
- Presenteren incl. schriftelijke toelichting definitief ontwerp architectuur/bouwkunde
- Opstellen bijdrage Architectuur/bouwkunde aan aanvraag omgevingsvergunning
- Maken 3D-visualisaties en/of maquette definitief ontwerp architectuur/bouwkunde
- Uitwerken varianten voor kopersopties

architect	bouwk. tekenbureau	stedenbouwkundige	derden	met van bepaling
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x

Eisen ten aanzien van het definitief ontwerp**

Situatieschets [1:200/1:500]

- Op situatieschets van het definitief ontwerp minimaal aangeven:
- woningen (met typeaanduiding), bergingen, garages
 - gemeenschappelijke achterpaden, erfgrenzen en erfafscheidingen
 - bestaande bebouwing (indien van toepassing)
 - noordpijl
 - bouwnummers en bloknummers
 - maatvoering kavels en maatvoering bouwblokken t.o.v. erfgrenzen

**Eisen aan de informatie,
wie levert welke informatie aan**

**Eisen per tekening,
incl. schaalbepaling**

figuur 27 Fragment van een taakbeschrijving voor een adviseur op projectniveau (bron: eigen illustratie)

Bij de eisen per tekening wordt er op punten verwezen naar een bijlage met details. Heijmans heeft zijn eigen principedetails opgesteld, volgens de wijze waarop zij bouwen. Bij deze details staan ook de aandachtspunten aangegeven. Het werken volgens vaste details zorgt voor een hoge standaardisering, wat de foutkans reduceert en de kwaliteit verhoogd.

4.2.2 BIM protocol voor adviseurs

Heijmans heeft 2 BIM-protocollen: een Hoofd- en een Detail-protocol. Hierin staan uitsluitend afspraken omtrent BIM. De onderstaande onderdelen zijn vernomen uit de Heijmans BIM-protocollen 2017.

In het *Hoofd-protocol BIM* worden belangrijke uitgangspunten vastgelegd in het ontwikkelfase van het project. Hierin wordt de ambitie van BIM vastgelegd binnen het project. Met andere woorden, wat wil het ontwikkelteam bereiken met BIM. Als er besloten is wat de ambitie is, wordt er vastgelegd welke ontwerppartijen meedoen, wat hun BIM-niveau is, welke software zij gebruiken en wie welke verantwoording heeft per fase. Daarnaast worden er project breed enkele BIM-technische afspraken gemaakt op het gebied van gebruik van bestandsformat, uitwisselingsplatform, overlegstructuur en mogelijk overig project specifieke uitgangspunten.

Waar het hoofd-protocol BIM een leidraad is, gaat het *Detail-protocol BIM* er technisch en inhoudelijk dieper op in. De ontwerpende en uitvoerende partijen gaan samen om de tafel en maken afspraken betreft: IFC, LBS (Location breakdown system)³, bouwlaagindeling, benaming van elementen, geometrisch detailleringsniveau, parametrisch detailleringsniveau (per fase), stelruimten, classificatie, modelleenheid en afrondingen, standaard detaillering, controle van de ITO's, het nulpunt en oriëntatie van het model.

³ Systeem om ieder BIM-element terug te herleiden vanuit een uittreksel naar de positie in het BIM.

4.3 Informatie op de bouwplaats

De informatie komt als traditioneel tekenwerk op de bouwplaats. Het tekenwerk dat op de bouwplaats terecht komt, is het tekenwerk vanuit de architect, constructeur, installateur en onderaannemers. In de bouwkeet liggen nog altijd deze tekeningen. In enkele gevallen gebruiken de uitvoerders digitale dragers zoals een Sharepoint, Snagstream of het BIM-model in Solibri. Zo bleek uit interviews gedaan door de onderzoeker met diverse uitvoerders binnen Heijmans Wonen.

Voor het traditionele tekenwerk zijn praktijk richtlijnen opgesteld door het Nederlands Normalisatie-instituut. Denk hierbij aan diverse NEN normen en NPR richtlijnen. Dit zijn marktbrede geaccepteerde richtlijnen, maar geen eisen. Tenzij er anders is vastgelegd in het contract.

Ondanks deze richtlijnen, kunnen er nog onduidelijkheden zijn op het tekenwerk. Dit komt vaak door de grote hoeveelheid aan informatie die toegevoegd wordt. Op figuur 28 is een voorbeeld van een fragment, opgesteld volgens de richtlijnen van zowel de NPR, als de wensen van Heijmans. Echter, het is geen overzichtelijk tekenwerk. Rond de meterkast en schacht komt goed naar voren hoe vol het staat met maatvoering en wat dit voor onduidelijkheid met zich meebrengt.

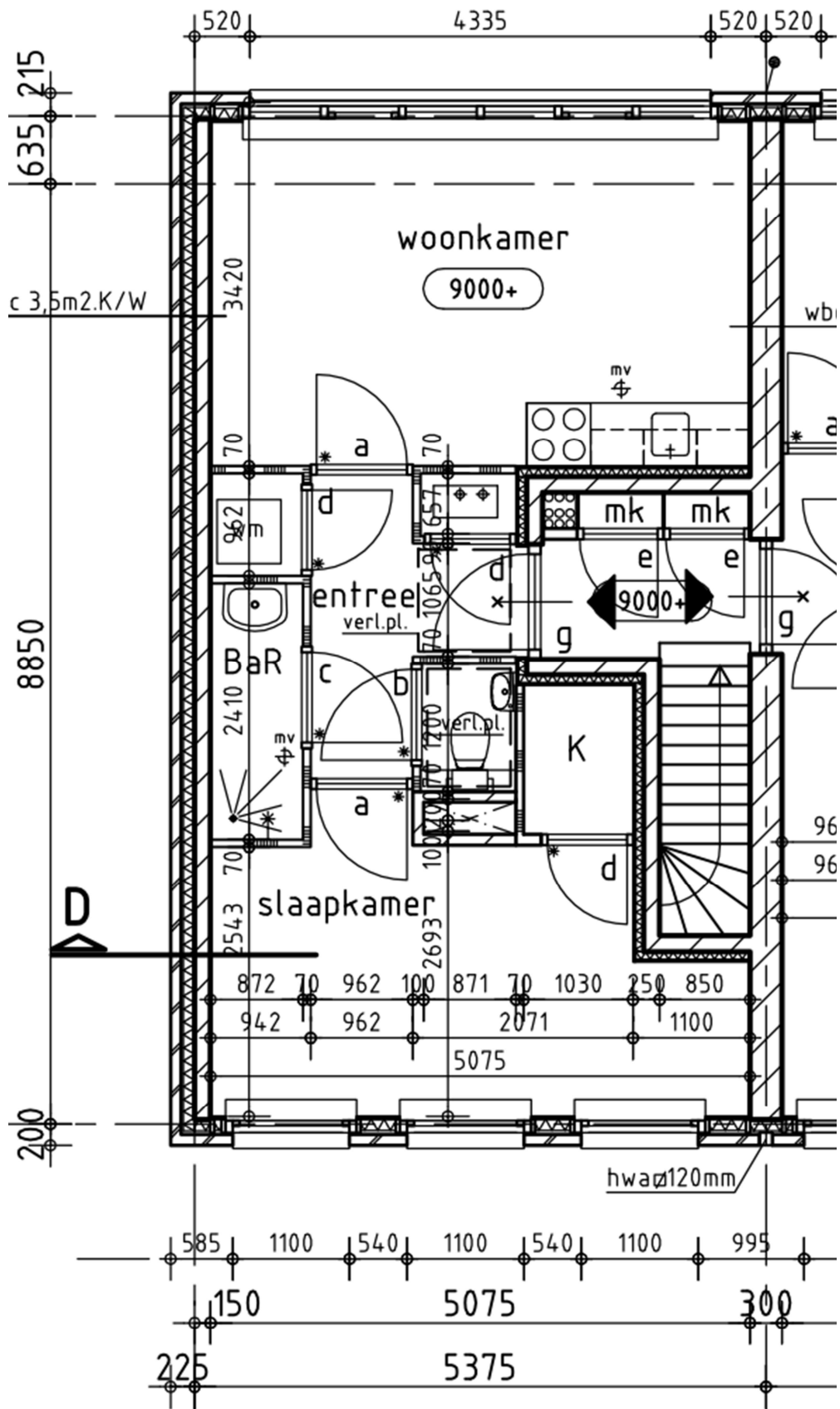
Hier is te zien hoeveel informatie er op één tekening geplaatst wordt. De plattegronden zijn vaak de meest volle tekeningen. Bijvoorbeeld: als er gekeken wordt naar een architectentekening op BT-niveau, moet er volgens contract met Heijmans Wonen minimaal het volgende opstaan:

[Schaal 1:50]

- Wanddikten
- Brandwerendheidsklassen van gevels, trappenhuisen, kozijnen, deuren en puien
- Geluidswerende voorzieningen
- Hoofdmaatvoering
- Overige kostenbepalende elementen
- Ruimtebenoemingen voorzien van oppervlaktematen en bouwbesluittermen
- Aansluitpunten mechanische ventilatie en plaats mv-box
- Elektravoorzieningen, radiatoren en cv-verdelers
- Sanitaire toestellen, wasmachine-opstelplaats
- Leidingkokers, meterkasten en hwa's
- Draairichting deuren
- Noklijnen en hoogtelijnen (1500, 2100 en 2600mm) onder kap
- Constructiebalken e.d. onder het plafond

Dit is veel informatie voor op één tekening. De reden dat er zoveel informatie op het tekenwerk staat, heeft te maken met de contractvorming. Alles wat niet op tekening staat, wordt immers niet gebouwd.

Deze tekeningen worden ook gebruikt door de timmerlieden op de bouwplaats die het gebouw gaan bouwen. In veel gevallen bouwen de timmerlieden dan slechts een onderdeel van het geheel. In zo een geval zorgt deze hoeveelheid aan informatie voor vervuiling van het tekenwerk.



figuur 28 Fragment van traditioneel tekenwerk plattegrond 1:50 (Bron: onbekend)

4.4 BIM als contractstuk

In de vorige paragrafen komt naar voren dat er veel informatie op het tekenwerk staat, vanwege de contractuele waarde. Wanneer er volledig middels BIM wordt gewerkt, zou het model als contractstuk gezien kunnen worden. Misschien wel moeten worden. Momenteel gebeurt dit nog niet, maar de eerste pilotsprojecten zijn wel gedaan door Rijkswaterstaat. Zo meldt Bullens in een artikel op Duurzaam gebouwd in 2017. Als partijen middels deze wijze willen werken, dan dient het BIM op een dusdanig niveau te zijn dat alle informatie direct uit de elementen van het model gehaald kan worden (de Mol, 2017).

Momenteel wordt BIM gezien als een onderdeel wat bij het ontwerp en bouwproces komt. Het is niet de hoofdinformatiedrager. Uit gesprekken met diverse personeelsleden binnen Heijmans Wonen komt geregeld naar voren dat het vertrouwen in het BIM er niet is.

“De belangrijkste reden om het BIM niet in te zetten voor contractvorming is dat het gebruik van een BIM in een project veelal gezien wordt als bijkomstigheid”

Bullens (Senior Consultant, Brink management/advies), 2017

4.5 Conclusie informatiedrager als contractstuk

De deelvraag betreffende dit hoofdstuk is: *Wat wordt er verwacht van de traditionele contractstukken?*

Er zijn diverse instanties die zich bezig houden met het opstellen van richtlijnen en eisen. Vanuit de het Nederlands normalisatie instituut zijn standaarden opgezet voor het opstellen van tekenwerk in de bouw. Deze richtlijnen zijn uitgezet in NPR en NEN-normen. DNR is gericht op de contractvorming en hoe het op tekening dient te staan. Gebaseerd op DNR heeft Heijmans haar eigen voorkeuren (eisen) aan het tekenwerk. Uiteindelijk worden de eisen vastgelegd aan de start van een project. Dit is zowel voor het traditionele tekenwerk, als het BIM.

Ondanks dat deze afspraken zijn vastgelegd, kan het tekenwerk nog steeds onoverzichtelijk binnen komen. Dit door onder andere de hoge mate van informatie op één enkele tekening. Al deze informatie omtrent het gebouw staat op tekening, omdat het een contractstuk is. Betreft de overzichtelijkheid van het tekenwerk is er mogelijkheid tot verbetering.

Mocht het zo zijn dat BIM in de toekomst als hoofdcontractstuk gezien wordt, dan zou dit gevolgen kunnen hebben betreft de informatieoverdracht. Het traditionele tekenwerk zou dan geen standaard vereiste meer hoeven te zijn binnen het bouwproces. Alle benodigde informatie kan dan, al dan niet in een later stadium, onttrokken worden aan het model.

5 TWI

Naast BIM is TWI het 2^e kernbegrip van dit onderzoek. TWI staat voor *Taakgerichte Werk Instructie*. TWI zoals in dit hoofdstuk omschreven is gebaseerd op de door M.G. Natrop en L.A.H.M van Berlo in 2014 opgezette werkwijze.

Taakgericht werken is het gericht aansturen op één uit te voeren taak. Taakgericht aansturen, beschreven door van Oosterhout op carrieretijger.nl (2004-2018), houdt als branche overstijgend begrip concreet in dat:

- De aansturende functie de uitvoerende medewerker opdrachten geeft die passen bij zijn functie;
- De aansturende functie duidelijk laat weten wat hij/zij verwacht van de uitvoerde medewerker;
- De aansturende functie instructies geeft over de uitvoering van de taak;
- De aansturende functie maakt duidelijke afspraken over de kwaliteit en kwantiteit van het te leveren werk;
- De aansturende functie ziet toe op de uitvoering van de taak en grijpt in wanneer nodig;
- De aansturende functie overlegt regelmatig om de voortgang te bewaken en knelpunten te signaleren.

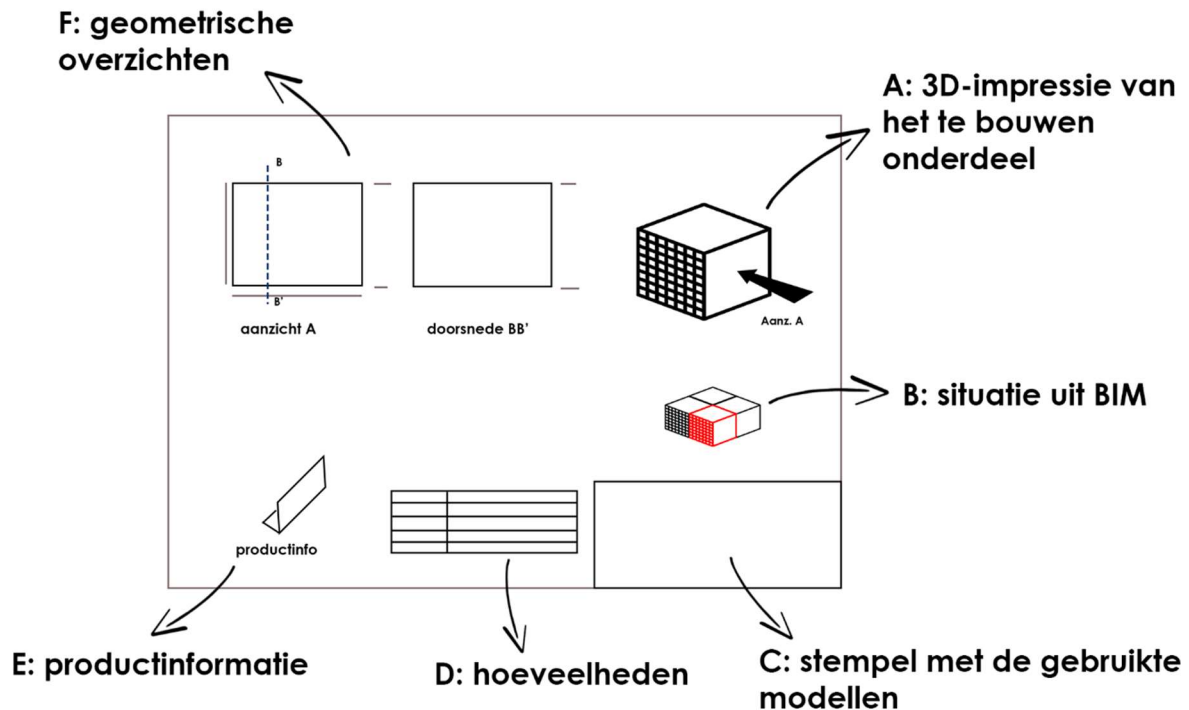
Taakgericht werken is iets wat al eerder bestond, maar in 2014 is dit met BIM in verband gebracht door M.G. Natrop en L.A.H.M van Berlo in hun onderzoek naar BIM op de bouwplaats. Het traditionele werk van de uitvoerder bevat al veel van de punten zoals hierboven beschreven door van Oosterhout. Het opstellen van een TWI, zorgt alleen voor een anders opgestelde en bijpassende informatiedrager. Deze informatiedrager is slechts één bestand met alleen de benodigde informatie voor de desbetreffende taak.

In basis is het taakgericht aansturen een autoritaire aangelegenheid. Het opstellen van een TWI wordt gebaseerd op input vanuit het uitvoerende personeel. Hier is dus sprake van een wisselwerking in communicatie.

In dit hoofdstuk wordt definitie van TWI uitgelegd, zoals bedoeld voor de bouwnijverheid, vanuit BIM.

5.1 Wat is een TWI

Een TWI is een informatiedrager met alle benodigde informatie voor één specifieke taak. Het doel van deze informatiedrager is dat de informatie overzichtelijk bij de ontvanger komt en zo dus ook op de bestemming. Bij het opstellen van een TWI wordt de informatie van verschillende bronnen samengebracht tot één. Deze informatiedrager heeft het formaat van een A3. In figuur 29 staat een overzicht van de onderdelen in een TWI volgens M.G. Natrop en L.A.H.M van Berlo.



figuur 29 Overzicht van een TWI op A3 formaat (bron: eigen illustratie)

A: een 3D-impresie van het te bouwen onderdeel geeft een overzichtelijk beeld van wat er gebouwd gaat worden. Zodoende kan de ontvanger snel een beeld krijgen van het eindresultaat waar makkelijk aan gespiegeld kan worden.

B: Een situatie vanuit BIM zorgt ervoor dat het helder is om welk onderdeel het gaat. Dit onderdeel kan opgezet worden zover als de huidige bouw is. Dus met de al opgeleverde onderdelen al toegevoegd.

C: Door in de stempel toe te voegen welke modellen er gebruikt zijn, kan er gecontroleerd worden of dat de meest recente zijn. Ook achteraf geeft dit duidelijkheid, mocht er iets fout zijn gegaan, of dit aan het model ligt of dat het in het veld anders is uitgevoerd.

D: Het onderdeel wordt gerealiseerd met een aantal aan onderdelen. Door hoeveelheden toe te voegen kan de timmerman direct het juiste aantal materiaal meenemen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het aantal ankers. Dit wordt vaak niet toegevoegd aan het BIM model. In dat geval wordt deze informatie los toegevoegd. Wanneer dit wel is toegevoegd, kan dit direct uit het model gehaald worden.

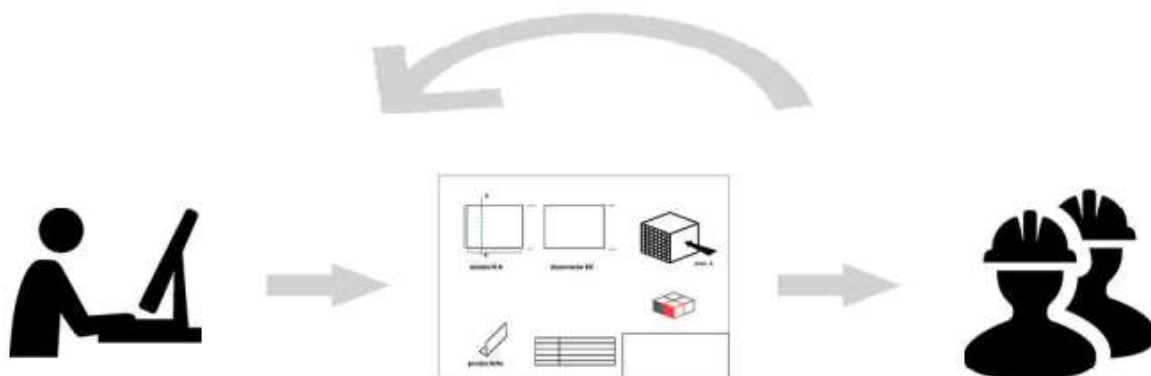
E: De *productinformatie* kan eisen aangeven van de producent van het gebruikte product. Dit is externe informatie, toegevoegd aan de tekening. Producteisen kunnen belangrijk zijn voor de timmerman, maar zijn niet van belang voor het opstellen van het BIM-model.

F: Geometrische overzichten bevatten de maatvoering, benodigd voor de timmerman. Hier staat enkel de maatvoering op die van belang is. Alle overige informatie wordt, wanneer mogelijk, verwijderd van/niet toegevoegd aan de tekening.

(Natrop & van Berlo, 2014)

Een TWI wordt in het meest ideale geval zo laat mogelijk uit het meest recente BIM onttrokken. Dit zorgt ervoor dat op het opgestelde TWI wel de wijzigingen zijn doorgevoerd. Het wordt ook direct gebruikt en na het voltooien van de taak wordt het TWI in principe niet meer gebruikt. Zodoende blijft de gedachte van BIM wel overeind staan, ook al wordt er een (fysieke) 2D tekening gegenereerd.

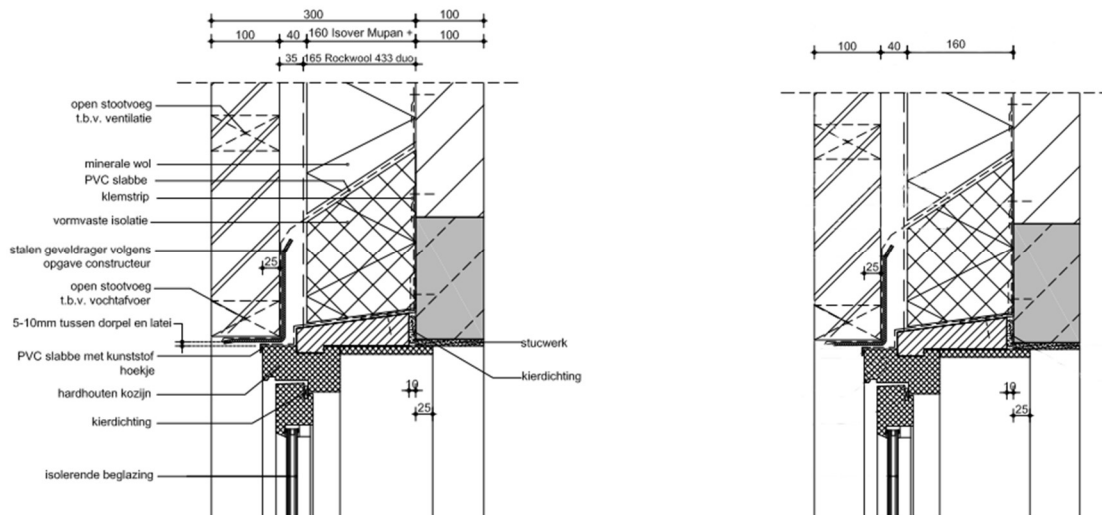
Er is een stappenplan opgesteld door M.G. Natrop voor het opstellen van een TWI, zoals beschreven op de website van het NationaalBIMhandboek (link: <http://nationaalbimhandboek.nl/onderwerpen/bim-op-de-bouwplaats/>). Hierin is aangegeven hoe er in 7 stappen een TWI ontwikkeld kan worden. Een volledig overzicht op een handzaam A4-formaat is toegevoegd als bijlage B.



figuur 30 Stap 7: Evalueer de tekeningen (bron: eigen illustratie)

5.2 Voordelen

Minder zoekwerk: In de praktijk komt het voor dat de benodigde informatie in de keet op de bouwplaats bij elkaar wordt gezocht. Dit wordt vaak gedaan door de voorman/timmerman. Deze informatie wordt dan uit het traditionele tekenwerk gehaald en dus niet uit het BIM model. Doordat de TWI is opgesteld, is dit niet meer nodig. De informatie staat in één bestand/ op één tekening.



figuur 31 Links: principedetail met alle annotatie (bron: Heijmans, 2016). Rechts: principedetail met alleen de benodigde annotatie (bron: eigen illustratie)

Minder afleiding op tekening: Een veel terugkomende ergernis is onduidelijkheid over maatvoering. Daarbij staat er veel informatie op het traditionele tekenwerk, wat geen meerwaarde heeft voor die specifieke taak. Het wordt een zoekplaatje en daarbij geeft dit het risico dat er informatie verkeerd geïnterpreteerd kan worden. Door het weglaten van informatie, springt de kern naar voren. In dit geval is "Less is more" zeker van toepassing.

Overzicht creëren: Er is minder afleiding door de weggelaten randinformatie, die onnodig is voor de uit te voeren taak. Daarnaast geeft TWI ook de mogelijkheid om belangrijke onderdelen te accentueren. Dit bijvoorbeeld door middel van kleurgebruik. Zodoende is er in een oogopslag te zien wat de relatie is tussen tekeningonderdelen. Naast het werken met kleur kan dit ook overzicht gecreëerd worden middels het gebruik van verschillende lijndiktes. Daarmee kan er ook een accent gelegd worden op belangrijke informatie.

"Vaak krijgen wij tekeningen en daar proberen ze zoveel mogelijk informatie op te proppen. Dan is het niet meer duidelijk wat er nou wordt aangegeven"

Hoofduitvoerder (Heijmans), 2018

Handzaam formaat: Een TWI wordt aangeleverd als A3 formaat PDF. Dit kan doorgezet worden middels een tablet, virtuele bril of het traditionele papier. Het uitvoerend personeel sprak voor nu de voorkeur uit naar een papieren informatiedrager. Dit vanwege de mogelijkheid van snelle handmatige aantekeningen. Daarbij geeft dit de optie om snel handmatige aantekeningen te maken.

Altijd de laatste informatie: Door het gebruik van het BIM model, wordt er altijd gewerkt met de laatste informatie. In de ideale situatie wordt de TWI gemaakt daags voordat deze informatie mee de bouwplaats op gaat.

5.3 Knelpunten

Modellen niet 100% BIM en op niveau: Afhankelijk van het project is het BIM meer of minder ver ontwikkeld. Dit heeft te maken met de vorm van het project en welke partijen eraan mee werken. Wanneer het integraal BIM niet 100% klopt, kan er verkeerde informatie uit onttrokken worden.

Modellen moeten tijdig geleverd worden: Het TWI wordt gemaakt op basis van door de onderaannemer geleverde aspectmodellen. Deze modellen dienen op tijd in het bezit te zijn van de hoofdaannemer, omdat er dan tijd is om de TWI op te stellen en deze ook te laten controleren door het uitvoerend personeel.

Meer voorbereidend werk: Het maken van een TWI kost tijd op 2 vlakken. Er is een stuk overleg nodig tussen de maker van het TWI en de uitvoerende partij. Daarnaast is er een personeelslid die de TWI op moet zetten.

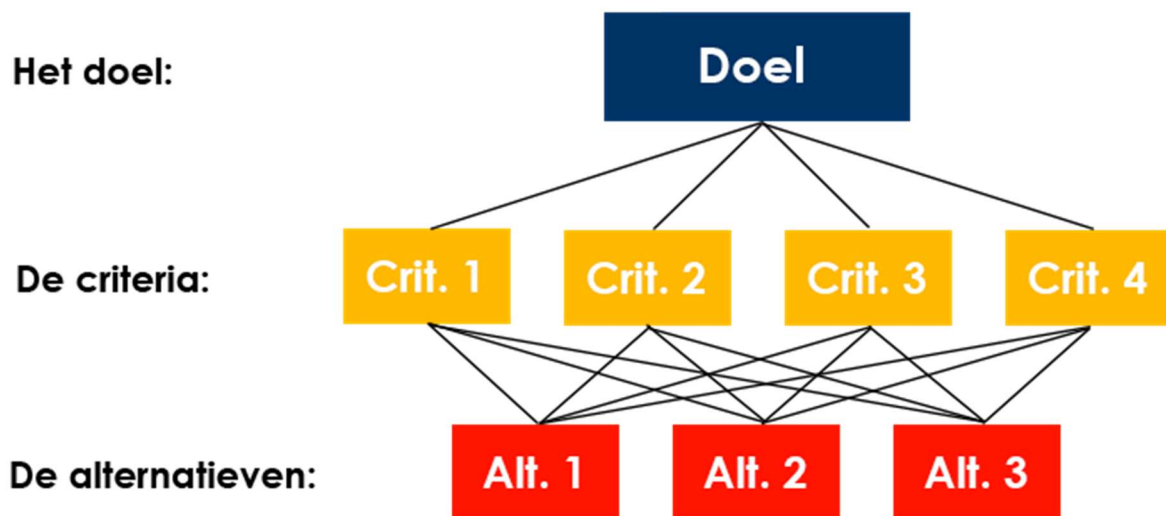
6 Software binnen Heijmans Wonen voor TWI

Er zijn enkele programma's waar al mee gewerkt wordt binnen Heijmans. De software waar nu mee gewerkt wordt en mogelijk kunnen zorgen voor een uitwerking van een TWI zijn: Solibri, BlueBeam en Revit. De software is getoetst middels de AHP methodiek.

In bijlage D is het volledige onderzoek toegevoegd betreffende de software toegevoegd. Dit hoofdstuk laat slechts de resultaten zien.

AHP staat voor analytisch hiërarchisch proces. Het is een besluitvorming tool, die helpt om lastige keuzes goed en onderbouwd te maken. Het proces bestaat uit het doel, de criteria en de alternatieven. Aan de criteria wordt een weging gegeven, per alternatief wordt er een punt toegekend. De combinatie van deze punten geeft de geschiktheid aan (Toolshero, sd).

In dit hoofdstuk wordt onderzocht welk binnen Heijmans gebruikte software het meest geschikt is voor het efficiënt opstellen van een TWI binnen Heijmans. De software wat er aan het eind van dit hoofdstuk als beste naar voren komt, vormt de basis voor het uitwerken van een TWI in dit onderzoek. De weging per criterium zal zijn tussen 1-5, waarbij 1 het laagste is en 5 het hoogste. De priorisering gaat van 1-3, waarbij 1 het laagste en 3 het hoogste is.



figuur 32 AHP methode van Thomas L. Saaty (bron: eigen illustratie)

6.1 De ingevulde onderdelen van de AHP-analyse

De AHP-analyse bestaat uit 3 onderdelen, te weten: het doel, de criteria met een prioriseringslevel en de alternatieven.

6.1.1 Het doel

Software met de mogelijkheid tot het efficiënt opstellen van een TWI.

6.1.2 Criteria met een prioriseringslevel

Huidig kennislevel, prioriseringslevel 3:

Er wordt getoetst hoever de huidige kennis is binnen de afdeling realisatie van Heijmans Wonen.

2D mogelijkheid, prioriseringslevel 1:

Er wordt getoetst wat de mogelijkheden zijn met 2D elementen en bestanden.

3D-mogelijkheid, prioriseringslevel 2:

Er wordt getoetst wat de mogelijkheden zijn met 3D elementen en bestanden.

Annotatiemogelijkheden, prioriseringslevel 3:

Er wordt getoetst wat de mogelijkheden zijn voor het toevoegen van annotatie en de duidelijkheid hiervan. Dit betreft maatvoering, tekst, tags en kleur.

Precisie, prioriseringslevel 3:

Er wordt getoetst hoe precies er gewerkt kan worden. Het gaat bij de uitvoerende taken vaak om millimeters. Dit kan slaan op afstanden, maar ook op volumes.

BIM-level, prioriseringslevel 3:

Er wordt getoetst in hoeverre dit programma in lijn staat met de BIM-gedachte en werkwijze.

Template opstellen, prioriseringslevel 3:

Er wordt getoetst wat de mogelijkheden zijn voor voorinstellingen. Dat doelt zowel op het opstellen van een template, als het gebruik van geautomatiseerde functies.

Printbaarheid, prioriseringslevel 1:

Er wordt getoetst of er middels een directe weg geprint kan worden. Zowel fysiek, als naar PDF.

6.1.3 De alternatieven



figuur 33 Logo Solibri (bron: Solibri, 2018)

Solibri:

Deze software wordt voornamelijk gebruikt als coördinatieprogramma. Daar wordt het gebruikt om de verschillende aspectmodellen op elkaar af te stemmen. Het geeft de mogelijkheid om te communiceren tussen de verschillende partijen middels BCF. Hierin kunnen opmerkingen gemaakt worden, die openbaar staan voor elke co-maker binnen het project. Deze opmerkingen kunnen gekoppeld worden aan de co-maker, zodat die snel de voor hem/haar relevante opmerkingen eruit kan filteren. De geteste versie is Solibri Model Checker 9.8



figuur 34 Logo BlueBeam Revu (bron: BlueBeam, 2018)

BlueBeam:

BlueBeam is een PDF-opmaakprogramma. Het geeft de mogelijkheid om PDF's te creëren en in te laden. Deze kunnen gemanipuleerd worden met kleuren, maatlijnen en samen voegen. Er is ook een functie om CAD 2D en 3D in te laden. Dat is de reden dat dit programma ook mogelijk interessant is en dus onderzocht wordt. De geteste versie is BlueBeam Revu CAD.



figuur 35 Logo Revit (bron: Autodesk, 2018)

Revit:

Revit is een modelleer programma van Autodesk. Hierin kan BIM getekend worden en gevuld worden met parameters. Daarnaast kunnen er van deze modellen weer tekeningen onttrokken worden. Daarnaast is het mogelijk om scripten te ontwerpen. Deze scripten zorgen ervoor dat er een serie aan handelingen binnen Revit automatisch gebeuren. Er zitten veel meer mogelijkheden in Revit dan er nodig is voor het maken van een TWI. De geteste versie is Revit 2018.

6.2 Resultaten en analyse

De criteria uit paragraaf 6.1.2 Criteria met een prioriseringslevel, worden in 3 categorieën onderverdeeld. Te weten: werkbaarheid, taakinformatie en BIM.

De uitgebreide resultaten zijn te vinden in bijlage D.

6.2.1 Werkbaarheid

Werkbaarheid slaat op de werktijd dat het werktuig effectief kan worden ingezet. Doordat de maker van de TWI minder bezig is met de randzaken, zoals het uitzoeken van hoe de software werkt, wordt alle tijd daadwerkelijk ingezet om de TWI te maken. Dit maakt het proces ook meer LEAN.

Werkbaarheid bestaat uit:

- Huidige kennislevel
- Template opstellen
- Printbaarheid

Hier komt BlueBeam Revu het beste naar voren. Dit komt mede door het relatief hoge kennislevel op de afdeling. Het werken met bekende software geeft een vorm van vertrouwen. Van Revit is er momenteel weinig kennis binnen Heijmans Wonen. Solibri laat het hier liggen op het kunnen opstellen van een goed te gebruiken template en printbaarheid.



figuur 36 Resultaat werkbaarheid van de software (bron: eigen illustratie)

6.2.2 Taakinformatie

Taakinformatie heeft te maken met het overbrengen van de informatie betreffende de taak. Deze informatie dient correct en overzichtelijk bij de eindgebruiker aan te komen. Dit om zo de kans op verkeerde interpretatie en onduidelijkheden uit te sluiten.

Taakinformatie bestaat uit:

- 2D mogelijkheden
- annotatiemogelijkheden
- precisie

Revit heeft de meest complete functionaliteit betreffende het overbrengen van de informatie. Dit vanwege de mogelijkheid om betrouwbare annotatie toe te voegen (waar BlueBeam steken laat vallen). Daarnaast heeft Revit ook de mogelijkheid om alle informatie op één blad te krijgen (waar Solibri verbeterpunten heeft).



figuur 37 Resultaat taakinformatie van de software (bron: eigen illustratie)

6.2.3 BIM op de bouwplaats

BIM op de bouwplaats heeft te maken met hoe goed de software binnen de gedachte past van BIM en hoe er voordeel uit de nieuwe werkwijze gehaald kan worden.

BIM op de bouwplaats bestaat uit:

- 3D mogelijkheden
- BIM-level

Solibri en Revit kwamen hier nagenoeg gelijk naar voren. Dit doordat beide programma's in het ontwerpproces van BIM al gebruikt worden. Solibri overstijgt Revit licht. Solibri heeft namelijk de mogelijkheid om de in de ontwerpfase gemaakte opmerkingen mee te nemen naar de uitvoeringsfase, wat ervoor kan zorgen dat er geen onderdelen dubbel besproken worden.

BIM op de bouwplaats



figuur 38 Resultaat BIM van de software (bron: eigen illustratie)

6.2.4 Eindresultaat

Kijkende naar het algehele resultaat is te zien dat, van de onderzochte software, Revit het meest geschikt is om een TWI op te stellen. Dit programma scoorde op geen een categorie beduidend lager dan de andere software, zoals te zien in de tussenresultaten.

eindresultaat



figuur 39 Eindresultaat softwareonderzoek (bron: eigen illustratie)

“Bij het gebruiken van een modelleerprogramma voor het maken van een TWI wordt nog geen 10% van de functies gebruikt. Het is als het gebruiken van Photoshop voor een simpel PDF-je.”

Natrop (Oprichter van Solidu en bestuurslid van BuildingSmart), 2018

6.3 Conclusie software

De vraag van dit tussenonderzoek is: welke software, die momenteel wordt gebruikt door Heijmans Wonen, is het meest geschikt voor het efficiënt opstellen van een TWI? Zoals te zien in paragraaf

6.2 Resultaten en analyse is te zien welke 3 onderdelen nodig zijn om het maken van een TWI te laten slagen binnen Heijmans. Hier komt naar voren dat elk programma zijn zwakte heeft.

BlueBeam heeft geen mogelijkheid om BIM te werken. Echter, dit is wel een vereiste. Door het gebruiksvriendelijke karakter is het huidige kennislevel relatief hoog. Ondanks het hoge kennislevel, is het niet geschikt om te gebruiken voor het opstellen van een TWI. Daarnaast vraagt het toevoegen van 3D beeld om het gebruik van *Revit*. Dit is zeer onpraktisch en omslachtig. Daarnaast is de maatvoering inaccuraat, dit brengt een groot risico met zich mee.

Solibri is een programma dat BIM werkt en steeds meer zijn intrede doet bij verschillende functies binnen Heijmans Wonen. Echter, het is een programma dat ontworpen is voor coördinaties en ITO's. Het opstellen van een TWI is niet mogelijk op één blad binnen de software.

Revit is een modelleerprogramma, geschikt voor BIM. Er zijn binnen Heijmans Wonen, alleen weinig mensen die met het programma overweg kunnen. Daar ligt de grootste uitdaging. Wel heeft het programma de mogelijkheid om scripts voor te bereiden met *Dynamo*. Volgens de ontwikkelaar Autodesk, is *Dynamo* een standaard toevoeging op *Revit* sinds de versie van 2018. Van de huidige software is *Revit* het meest geschikt om een kwalitatieve TWI op te stellen.

Wanneer er voorzichtig naar de toekomst gekeken wordt, is de verwachting dat de technologie het papier gaat overnemen. Deze visie wordt gedeeld door o.a. Kies, BIM-manager Heijmans, maar ook diverse BIM-coördinatoren van Heijmans Wonen beamen dit. Dit kwam naar voren in persoonlijke gesprekken, maar ook in interviews, afgenomen door R. Verkooien in 2017.

Mocht dit het geval is, dan zal de behoefte betreft de functionaliteit gaan veranderen. Waar nu de vraag duidelijk aanwezig is om er een tekening van te maken (papier of PDF), zal er in de toekomst gewerkt kunnen worden met een levend model. Zodoende kan er altijd op maatvoering ingezoomd worden of, wanneer nodig, live opgemeten worden. Wellicht kan productinformatie direct aan een element gekoppeld worden.

Een programma als *Solibri* kan dan veel beter naar voren komen. Dit mede door de gebruiksvriendelijkheid. Dat is een programma, waar de gebruiker in principe niks 'fout' kan doen. Hiermee wordt bedoeld dat de gebruiker niet bang hoeft te zijn om de modellen plots te verplaatsen of aan te passen, zonder dit direct in de gaten te hebben.

Binnen Heijmans Wonen is BIM-coördinator R. Führen bezig met het opstellen van *Solibri* filters gebaseerd op enkele kenmerken van de elementen. Middels deze filters kan er nauw gespecificeerd worden, wat er op beeld dient te staan, of de elementen waar informatie over nodig is. Deze filters kunnen de mogelijkheid bieden om efficiënt de te bouwen onderdelen naar voren te brengen, samen met hun relaties. Wanneer er gewerkt wordt met en levend model, kan er met enkele klikken het te bouwen onderdeel naar voren gehaald worden.

7 Overtuigingskracht

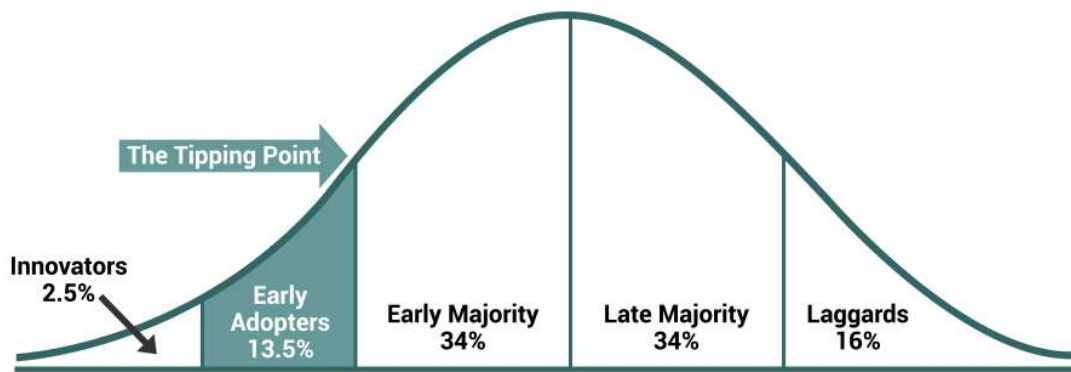
Om het TWI te laten slagen, dienen er meer gebruikers "on board" te komen. Rogers' *innovatietheorie* wordt toegepast in de marketing bij introductie van nieuwe diensten en producten. Eelants (s.d.) stelt in een artikel voor Strategisch marktplan over Rogers' adoptiemodel, dat, binnen deze theorie, de eerdere groep kopers het voorbeeldmodel zijn voor de volgende kopers. Nu is het zo dat er geen kopers zijn in dit onderzoek. Echter, het kost de toekomstige gebruiker wel tijd aan het begin van het proces. Dat is ook een vorm van investering.

Door de onderzoeker zijn enkele interviews afgenomen bij uitvoerders binnen Heijmans Wonen. De semigestructureerde interviews geven een beeld van de diversiteit aan uitvoerders. Deze uitvoerders kunnen dan ook ingedeeld worden over de verschillende groepen binnen Rogers' adoptiemodel.

Om een TWI als een olievlek door Heijmans heen te laten verspreiden, is het zaak de verschillende groepen van Rogers' adoptiemodel (figuur 40) in kaart te brengen. Door de juiste personen mee te krijgen in de innovatie, krijgt de nieuwe werkwijze een grotere kans van slagen.

7.1 Rogers' bell curve

De innovatietheorie van Roger is uitgezet in een curve. Deze curve onderscheidt 5 typen personen met betrekking tot het adopteren van een nieuw product of dienst. Ondanks dat deze groepen niet wetenschappelijk zijn onderbouwt, is er wel een poging gedaan de groepen te omschrijven. (van de Haterd, 2007)



figuur 40 Rogers' Bell Curve (bron: Credensys, 2016)

De *innovators* zijn de gene die alle technieken zelf al uitproberen, veel van de door hen gebruikte technologieën halen vaak nooit grote markt. Ze worden vaak gezien als de geeks.

De *early adopters* hebben wel contact met de massa, maar staan open voor nieuwe impulsen. Wanneer deze groep meegenomen wordt, geeft dit een grote kans van slagen. Deze groep heeft ook een invloed op de *early majority*.

De *early majority* is de vooruitstrevende meerderheid. Deze groep behoort wel tot de massa. Het is een groep die wel graag mee wilt. Echter, deze groep verlangt wel dat het product of dienst uitgebreid is getest.

De *late majority* is het 2^e deel van de massa. Deze groep komt erbij nadat de *early majority* het product of dienst heeft omarmt.

De *laggards* zijn niet bezig met de verandering. Zij denken nu tevreden te zijn, of durven vaak niet te veranderen. (van de Haterd, 2007)

7.2 De early adopters van Heijmans

Voor het slagen van TWI is het belangrijk dat de early adopters gevonden worden. Deze groep heeft de volgende kenmerken.

- Ze herkennen het probleem dat opgelost wordt.
- Ze weten dat ze dat probleem zelf hebben (gehad).
- Ze hebben zelf geprobeerd dit probleem op te lossen.
- Ze hebben het probleem opgelost met een eigen oplossing.
- Ze hebben er geld/tijd voor over om jouw oplossing uit te proberen.

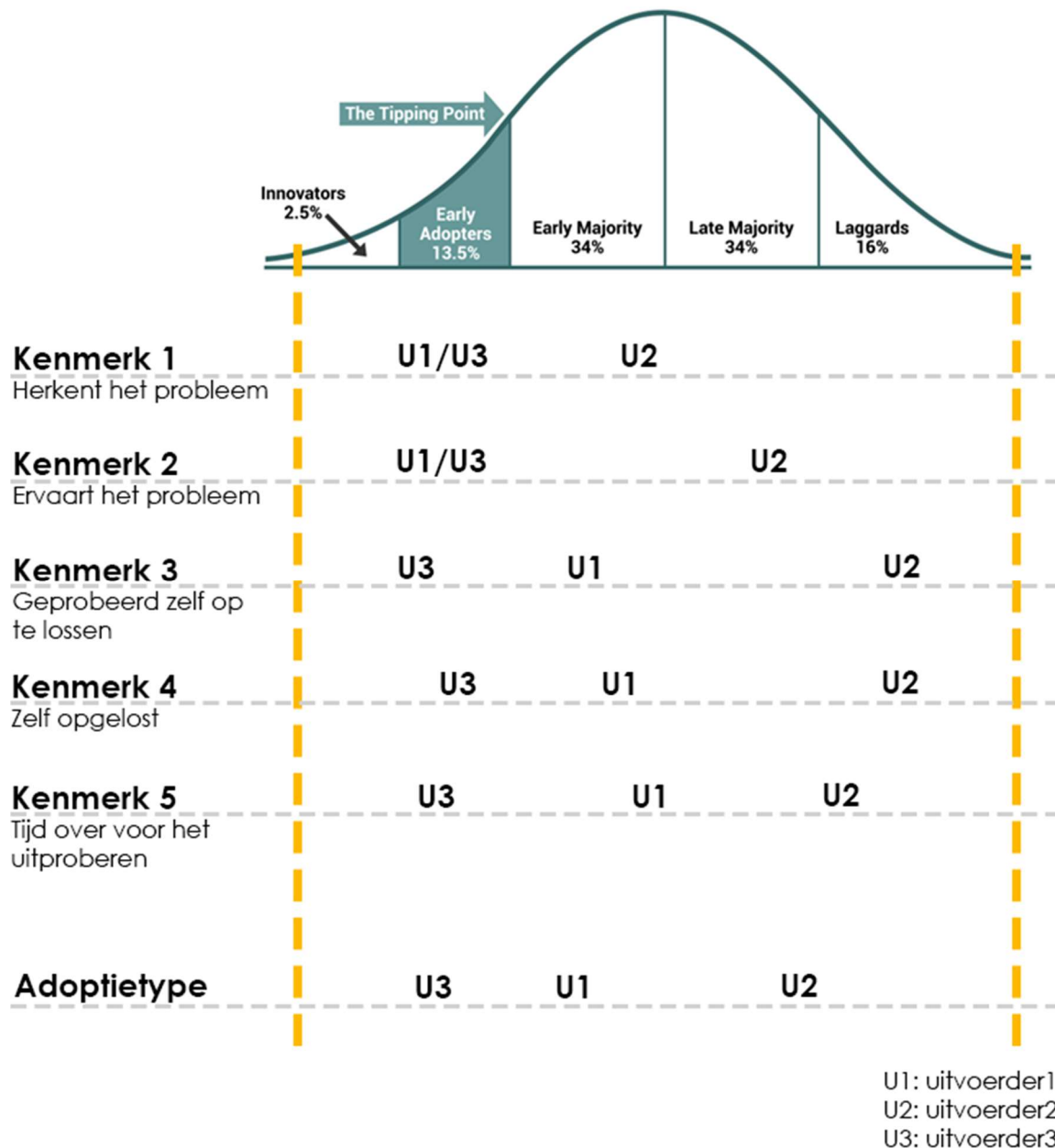
(Betz, sd)

Door de uitvoerders van Heijmans te spiegelen aan deze kenmerken, is het mogelijk om de early adopters te ontdekken. Maar zo kan ook meteen geconstateerd worden wie er bij de early majority, late majority en laggards horen. Zodoende kan het pad van "de olievlek" bepaald worden. Met deze kennis kan het implementatieplan starten bij de juiste personen en verder uitgestippeld worden.

Door de onderzoeker zijn 3 uitvoerders geïnterviewd. Deze interviews zijn terug te vinden in bijlage C.

De interviews die zijn afgenomen zijn, bestaan uit drie delen. Eén is hoe ze de informatie betreffende het te bouwen deel of bouwwerk nu ontvangen en hoe ze deze informatiedragers ervaren. Twee is welke tools ze momenteel gebruiken voor het verschaffen van informatie. Bij onderdeel drie wordt uitgelegd wat TWI inhoud en gevraagd hoe zij daarover denken.

De volledige spiegeling is te vinden in bijlage D. Voor het resultaat hiervan, zie figuur 41.



figuur 41 Uitvoerders uitgezet over Rogers' Bell Curve (bron: eigen illustratie)

7.3 Conclusie overtuigingskracht

Vanuit de resultaten kan geconcludeerd worden wat het belang is van het vinden van de juiste personen. De juiste groep zijn in dit geval de early adopters. Deze groep laat zien mee te denken over mogelijkheden en laten zich niet meteen remmen door drempels.

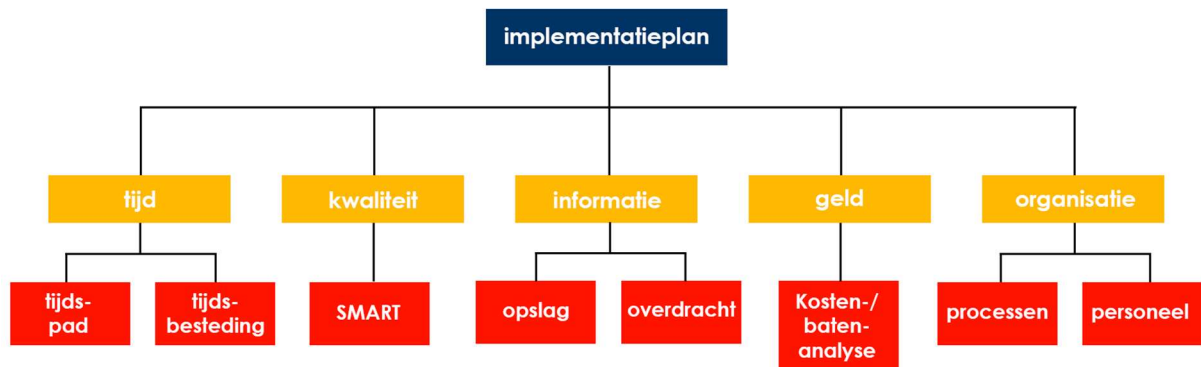
Er is aangetoond dat uitvoerder 3 naar voren komt als early adopter, uitvoerder 1 als early majority en uitvoerder 2 als late majority.

Wat ook uit de interviews naar voren komt is hoe zij naar TWI kijken en wellicht de kansen ervan zien. Daaruit blijkt dat uitvoerder 3 zeer enthousiast is en meteen opties ziet hoe dit toegepast kan worden en voordeel kan hebben. Uitvoerder 1 ziet wel mogelijkheden, maar is ook zeer kritisch. Hij vraagt zich af wie het gaat maken en het mag hem eigenlijk geen tijd/energie kosten betreft de opstart. Uitvoerder 2 ziet niet direct voordelen. De onderzoeker merkt dat hij deze uitvoerder echt moet overhalen om het voordeel te laten inzien. Hij geeft aan: "nu is het toch ook goed zo".

Door een kort interview kan snel duidelijk worden welke uitvoerder tot welke groep behoort. Dit geeft de mogelijkheid de diverse groepen in kaart te brengen. Met deze kennis kan bepaald worden hoe de olievlek zich zal ontwikkelen. Hier kan op gestuurd worden binnen de afdeling. Het verhoogd de slagingskans van TWI, wanneer het eerst uitgeprobeerd wordt op een werk met een uitvoerder die enthousiast is over de dienst/product. Dan komt er niet alleen feedback op de mogelijke vragen, maar zal er mogelijk ook meegedacht worden over mogelijke verbeterpunten.

8 Implementatieadvies

Om het TWI te laten slagen binnen Heijmans Wonen, is er een implementatieadvies opgesteld. Hierin staat hoe TWI binnen Heijmans toegepast kan worden. De onderdelen van het plan zijn: kwaliteit, informatie, organisatie, tijd en geld. Het is een advies. Dit advies kan als basis bieden voor een uitgebreid implementatieplan.



figuur 42 Overzicht implementatieplan (bron: eigen illustratie)

8.1 Kwaliteit

Doordat het doel SMART te formuleren, kan de kwaliteit gewaarborgd worden. Het is zaak dat eens in een aantal maanden de progressie naast het plan gelegd wordt. Op deze manier kan er, wanneer nodig, worden bijgestuurd.

Het SMART-plan voor TWI

Specifiek: Het doel is om volledig te werken met Taakgerichte werkinstructies, aangestuurd vanuit het BIM. Hiermee wordt bedoeld, dat er geen traditioneel tekenwerk wordt gebruikt voor het uitvoeren van de taken. De informatie wordt direct uit het BIM gehaald, mogelijk met extra toevoegingen met betrekking tot kwaliteit en product specifieke informatie.

Meetbaar: De voortgang is meetbaar aan de hand van de planning. In paragraaf 8.4 Tijd is hiervoor een eerste aanzet gemaakt. In de uiteindelijke planning wordt er specifieker beschreven op welke punten er vooruitgang dient te zijn, om in 2021 volledig BIM2Field te werken.

Acceptabel: Krijg de juiste personen mee on-board. Dit zorgt ervoor dat de werkwijze zich ontwikkelt, maar ook voor motivatie. Door de uitvoerder enkele vragen te stellen, kan erachter gekomen worden welke werknemers in welk stadium gevraagd kunnen worden. Hierbij wordt Rogers' bell curve gevolgd.

Realistisch: De doelstelling van het 100% BIM2Field in 2021 is haalbaar. Echter, het is een onzeker punt wat er softwarematig gaat ontwikkelen. Het doel zal gelijk blijven, maar het is mogelijk dat het pad er naartoe zal gaan veranderen.

Wel is het zo dat de vergrijzing op de bouwplaats nog zal aanhouden. Een fysieke uitdraai op papier, zal voorlopig, ondanks de software, nog wenselijk zijn.

Tijdsgebonden: In 2021 dient er op de bouwplaats volledig BIM gewerkt te worden.

Eens per kwartaal wordt er op terug gekeken of het omschreven doel nog steeds voor ogen is en haalbaar.

8.2 Informatie

De TWI dient te zorgen voor een gestructureerde informatieoverdracht. Het opzetten van de tekeningen dient ook eenduidig te gebeuren. Door een database met templates aan te maken, worden de TWI uniform opgezet. Veel taken hebben een repeterend karakter. Projecten als het Woonconcept zijn hier een goed voorbeeld van. 80% van het project staat dan al vast en 20% is dan nog in een later stadium vrij in te vullen.

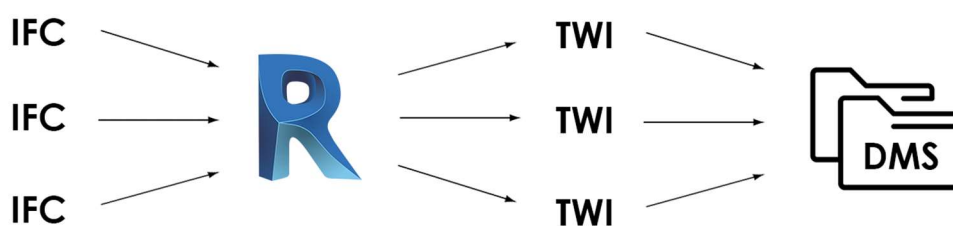
In Revit is, volgens Autodesk, Dynamo sinds versie 2018 standaard toegevoegd. Hiermee kunnen scripts geschreven worden voor het automatisch genereren van tekenwerk. Dit is ook een manier om een standaard te creëren. Daarnaast versnelt dit het proces enorm. Echter, deze database moet wel gevuld worden.

Adams is een constructief adviesbureau waar Heijmans graag mee samenwerkt. Zij hebben zelf ook geëxperimenteerd met het anders opzetten van tekenwerk. Dit tekenwerk wordt automatisch gegenereerd middels Dynamo in Revit. Het is een partner die mogelijk mee wilt werken aan het opzetten van dit onderdeel.

De TWI zorgt voor een tekeningbestand. Dit bestand kan gezien worden als contractstuk, wanneer hier overeen is gekomen. Dit bestand beschrijft de taak van de uitvoerende partij. Er staat dus op wat er wel of niet verlangd wordt om te realiseren. Door deze tekeningen gestructureerd op te slaan, is er de mogelijkheid deze afspraken terug te halen en te controleren.

Heijmans werkt met een document management system (DMS). Document management is het proces dat zich richt op het zinvol, bruikbaar en veilig opslaan van nuttige informatie. Een DMS ondersteunt dit proces met moderne softwareoplossingen. (informatiecentrum, sd)

Middels het DMS kan gezorgd worden dat onderdelen snel terug gevonden kunnen worden.



figuur 43 Van IFC naar DMS (bron: eigen illustratie)

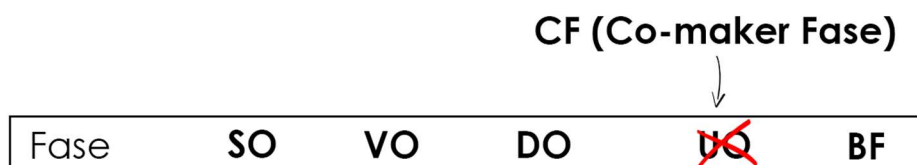
8.3 Organisatie

Er wordt verlangd dat de organisatie veranderd op twee onderdelen. Dit is enerzijds het proces wanneer de informatie aangeleverd wordt. Daarnaast heeft het te maken met het personeel.

8.3.1 Proces

Het grote verschil in proces bij TWI ten opzichte van het traditionele tekenwerk is dat bij TWI de tekeningen daadwerkelijk op het laatste moment gegenereerd worden. Kijkende naar de overall procesindeling, wordt de traditionele tekening vanuit het DO nog gemaakt voor de bouwaanvraag. De taak waar de uitvoeringstekeningen voor dienen, wordt overgenomen door de TWI. Dit zorgt voor de meest recente tekeningen. Wel is het zaak dat de co-makers die invloed hebben op elkaar, de modellen goed op elkaar afstemmen. In de meest ideale situatie zijn alle modellen van de co-makers volledig klaar wanneer de bouwphase (BF) start. Uit een intern overleg met Adams bouwadvies bleek dat Klok Bouwgroep deze wijze hanteert voor het opstellen van assemblagetekeningen. Er wordt dan ook verwacht dat alle co-makers de modellen klaar hebben, voordat zij de werktekeningen maken.

In het traditionele proces is nu nog het UO opgenomen. Deze fase zal kunnen gaan vervallen. UO wordt vervangen door de co-maker fase (CF). In deze fase werken alle co-makers hun onderdeel uit en stellen dit af met andere co-makers. De regisseurs van dit geheel zijn de architect en aannemer. Voor deze fase is het sterk aan te raden om te werken met vaste co-makers. TWI zijn gemakkelijker op te stellen wanneer de objecten voorzien zijn van eenduidige informatie.



figuur 44 CF i.p.v. UO (bron: eigen illustratie)

Tot en met de bouwaanvraag gaat het proces dus nog volgens de traditionele wijze. Voor het verkrijgen van een bouwvergunning, zijn nog steeds de traditionele 2D tekeningen gewenst.

Na de CF worden de tekeningen gemaakt betreffende het uitvoeren van het te bouwen bouwwerk. Dit kan volledig middels TWI. Voor het opstellen van TWI dient overlegt te worden, wat er gewenst is op het tekenwerk. Dit overleg gebeurt ook al voor het huidige tekenwerk. Aangezien dat de werkwijze een hoog aantal tekeningen vraagt, zal dit overleg vaker voor gaan komen. De frequentie van deze overleggen zal variëren op basis van de vraag per project.



figuur 45 Aangepaste faseverdeling (bron: eigen illustratie)

8.3.2 Personeel

Het personeel zal overtuigd moeten worden van de mogelijkheden van TWI. Het is een werkwijze die nog in de kinderschoenen staat en op diverse manieren toegepast kan worden. Daar is nog steeds onderzoek naar nodig. Daar hebben de steeds ontwikkelende technieken binnen de branche ook invloed op. Wegens de ontwikkelende werkwijze, is het advies om eerst de collega's in kaart te brengen, die gedefinieerd kunnen worden als early adopters. Dit zijn collega's die open staan tegenover BIM en TWI. Early adopters zijn te herkennen en te vinden middels de 5 kenmerken uit hoofdstuk 7.2. Middels deze weg zullen volgens Rogers' adoptietheorie, collega's elkaar helpen en enthousiasmeren. Zodoende kan TWI zich spreiden binnen Heijmans Wonen als een "olievlek".

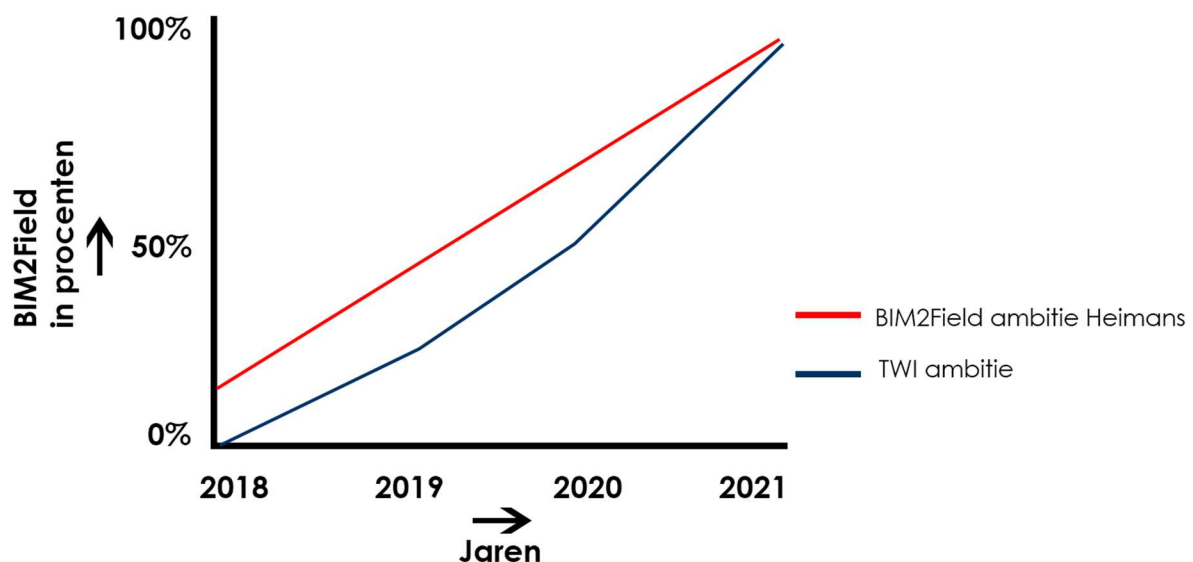
8.4 Tijd

Implementatie is altijd gerelateerd aan tijd. Heijmans Wonen heeft als doel om in 2021 100% BIM2Field te zijn. Het toepassen van TWI dient hier een onderdeel van te zijn. Nu is het aansturen van het bouwpersoneel nog niet meegenomen in het BIM-plan van Heijmans. Er wordt voornamelijk gericht op het controle werk en informatieverstrekking richting de uitvoerders. Alles digitaal houden is binnen het ambitieplan van Heijmans het devies

Software die in de zomer van 2018 binnen Heijmans Wonen getest gaan worden zijn 360Field, Dalux, Trimble Projectsight en een combinatie van Headcontrols/Solibri.

Dit zijn software die (nog) geen mogelijkheid hebben om in een TWI te voorzien. Dit zal gaan gebeuren middels Revit. Zoals naar voren is gekomen in hoofdstuk 6.

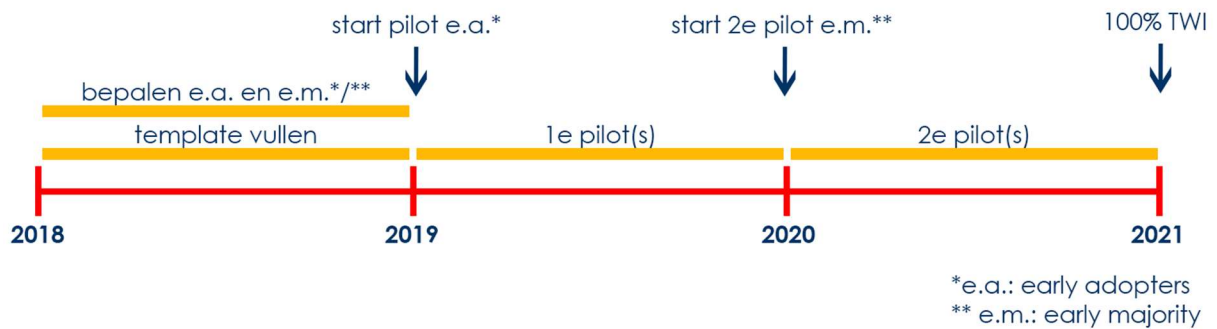
Er is een ambitietraject opgezet ten behoeve van TWI. Deze ambitie sluit aan op de ambitie van Heijmans betreft BIM. De indicatie van het tijdspad gaat uit van het zelf verzorgen van een database ten behoeve van de TWI. Mocht er een partner met meer kennis op dit gebied aansluiten om hierin te ondersteunen, zou dit het proces kunnen versnellen.



figuur 46 BIM2Field ambities (bron: eigen illustratie)

De ambities betreft zijn uitgedrukt in procenten. Dit is slechts als indicatie van de vorderingen. De onderzoeker zet het tijdspad dan ook in procenten uit, aangezien dit in het algemene ambitieplan van Heijmans ook zo omschreven is.

Volgens het ambitieplan van Heijmans staat BIM2Field momenteel op 10%. Dit doelt op de pilots die momenteel aan de gang zijn. De prognose is om middels een groei van 30% per jaar in 2021 volledig BIM2Field te werken.



figuur 47 Tijdlijn TWI-ambitie (bron: eigen illustratie)

In de ideale situatie gaat TWI mee in hetzelfde tijdspad. In 2019 kan er gestart worden met een pilot, wat omschreven kan worden als 10%. In aankomende deel van 2018, kan de Revit bibliotheek ten behoeve van het opstellen van TWI al gevuld worden. De pilot wordt gedraaid bij de early adopters. Welke werknemers binnen deze groep vallen, dient in 2018 in kaart gebracht te worden. Tijdens deze pilot(s) dient er een continue feedbackloop aanwezig te zijn. Dit om de werkwijze te optimaliseren en standaardiseren.

De 2^e lichting pilots wordt gedraaid onder de early majority. Deze groep staat open voor de verandering, maar verwacht een completer geteste dienst. Door de 1^e pilot kan dit gerealiseerd worden en kunnen collegae elkaar ondersteunen in het werkproces. Wanneer deze fasen succesvol verlopen, kan TWI als standaard werkwijze uitgerold worden.

8.5 Geld

Over het onderdeel geld kunnen geen harde baten uitspraken gedaan worden. Er is geen fatsoenlijke 0 meting. Een solide kosten-/batenanalyse is niet mogelijk.

Wel kan er een inschatting gemaakt worden van wat het werken met TWI aan directe kosten met zich meebrengt. Daarnaast is er gekeken naar waar deze werkwijze binnen Heijmans Wonen (afdeling realisatie) geld kan gaan opleveren.

8.5.1 Kosten

De directe kosten voor het maken van TWI bestaat uit 2 onderdelen:

- Het maken van een TWI
- De benodigdheden

Het maken bestaat enerzijds uit het benodigde overleg en anderzijds de directe tijd die het kost om een werkinstructie te maken. Door de onderzoeker zijn 2 TWI opgesteld. Eén voor het plaatsen van de muurplaten en één voor het plaatsen van de kappen. Dit geeft een indicatie van hoe veel tijd het opstellen van een TWI kan kosten. In bijlage F staat uit gespecificeerd wat de tijdsverdeling is. Het maken van een TWI, uitgaande van de gemaakte voorbeelden, komt uit op ongeveer 2 manuren per tekening.

Voor het opstellen kosten het Heijmans:

Personeelsuren $2 \times €65,- = €130,-$

**Dit is een geschat uurloon, gebaseerd op ervaring van een projectleider.*

Aan benodigdheden wordt er een Revit licentie gevraagd. Deze licentie kost bij Autodesk €2970,55 op jaarbasis. Dat is ongeveer €12,- per dag. Uitgaande dat er 2 TWI's per dag gemaakt worden. Betekend dat €6,- per TWI.

Daarnaast is er op de bouwplaats een mogelijkheid om op A3 formaat te printen en er is de Solibri Viewer voor de eerste stap van het opstellen. De printers zijn reeds aanwezig en het gebruikte papier is verwaarloosbaar. Solibri Viewer is een gratis software.

Dat betekent dat de kosten voor het maken van een TWI uitkomt op ongeveer €136,-

De toekomstvisie is dat dit in hoge mate versneld gaat worden door het inregelen van Dynamo scripts.

8.5.2 Baten

De directe baten kunnen gevonden worden in tijdswinst en materiaalwinst.

Door te werken met TWI heeft de timmerman de juiste informatie voorhanden. Doordat op voorhand gericht geïnstrueerd is wat de verwachting is, zullen de wandelingen richting de keet om informatie op te halen slinken. Eén zo een wandeling scheelt al snel 15 minuten, aanvankelijk van de grootte van de bouwplaats. In deze tijd zijn er minimaal twee timmerlieden niet aan het bouwen.

Ook hoeven de timmerlieden niet hun informatie van verschillende tekeningen af te halen. Dit scheelt tijd om uit te zoeken, hoe en wat ze moeten maken.

Wanneer er hoeveelheden op de tekening geplaatst worden voor bijvoorbeeld bevestigingsmateriaal, kan direct het juiste aantal meegenomen worden voor het uitvoeren van de taak. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het aantal bevestigingsbeugels in bijlage G. Ook dit scheelt wandeltijd. Deze toevoeging geeft ook de mogelijkheid tot een snelle controle bij levering van de producten.

Momenteel komen (bijna) alle tekeningen nog fysiek op papier aan op de bouwplaats. Het printen van deze tekeningen kost ook een flink vermogen. Wanneer er een wijziging is geweest, betekend dit dat de aangepaste tekeningen opnieuw (in 3-voud, soms 5-voud) geplot worden. Door te werken met TWI, zijn deze tekeningen niet meer fysiek nodig.



figuur 48 Kast met tekeningen in de keet (bron: Span, 2015)

Door het draaien van een pilotproject, kan er in kaart gebracht worden hoe veel voordeel er uit de werkwijze gehaald gaat worden.

9 Discussie

De discussie bestaat uit een algehele conclusie van dit onderzoek en de verwachtingen richting de toekomst. Daarnaast worden de aanbevelingen voor Heijmans en mogelijke vervolgonderzoeken voorgelegd.

9.1 Conclusie

De hoofdvraag van dit onderzoek was:

Hoe kan TWI, opgesteld vanuit het BIM, binnen Heijmans Woningbouw geïmplementeerd worden zodanig dat, het toegepast kan worden op onderdelen van het casusproject?

Om TWI binnen Heijmans Wonen in te brengen zijn er drie belangrijke pijlers.

- Mensen
- Proces
- Techniek

Mensen

Het menselijke aspect is misschien wel het belangrijkste onderdeel van het wel of niet laten slagen van TWI. De bouw blijkt een stugge sector, waar ongemakkelijkheden van bekende werkmethoden voor lief genomen worden. Met de optredende vergrijzing op de bouwplaats is het lastig hier een verandering in te brengen. Daar bijkomend is er een hoge druk op het bouwplaatspersoneel. Het gebruik van een traditionele drager als papier en het ontwikkelingsgedeelte op het kantoor te houden, geeft deze werkwijze een kans van slagen. Door de timmerlieden en uitvoerders TWI te laten ervaren, kunnen ze enthousiast worden. Zorg voor een lage instap.

Door te starten met het inbrengen van TWI bij de uitvoerders die open staan voor innovatie, wordt de drempel naar acceptatie voor de rest verlaagd. Deze pioniersgroep wordt de early adopters genoemd binnen Rogers' innovatietheorie. Middels het volgen van de groepen van deze theorie, kan de ondersteuning voor de werkwijze zich verspreiden als een "olievlek".

Proces

Voor het maken van correcte TWI is het wel van belang dat de gebruikte BIM-modellen vanuit de co-makers volledig en gecontroleerd zijn. Dit gebeurt in de co-makers fase, de vervanging van het traditionele UO. Door de co-makers samen het gebouw digitaal te laten maken, brengen zij allen hun expertise in het ontwerp. De co-makers dienen onderling af te stemmen hoe er gebouwd word. De aannemer en architect zijn de regisseurs van dit geheel.

Wanneer de modellen gereed zijn vindt er overleg plaats tussen de werkvoorbereider en uitvoerder. Idealiter is hier ook een directe input van de bouwvakker. Echter, wegens hoge te korten aan timmerlieden en de hoge werkdruk, is dit momenteel onrealistisch.

Tijdens dit overleg worden de te bouwen onderdelen besproken. Dit gebeurt momenteel ook al voor het traditionele tekenwerk. Nu wordt alleen ook besproken wat de benodigde informatie is op taakniveau. Hier kan de uitvoerder specifieke wensen aangeven. Deze overleggen zullen door het project heen vaker voorkomen om afspraken te maken over de taken binnen een fase. Op deze manier kan de informatie betreffende afspraken gedoseerd worden.

Deze overleggen gaan ook meteen dienen als feedbackmoment. Bij een volgend project, kunnen deze feedbackpunten vanaf het begin al meegenomen worden.

Techniek

Het gekozen casusproject leent zich goed als BIM-project ten behoeve van TWI. De geleverde modellen zijn op een detailniveau, dusdanig dat het opstellen van een TWI mogelijk is, zo blijkt uit de opgestelde tekeningen. Bij Heijmans lopen veel soortgelijke projecten. Dit betekend dat het veelvuldig toepassen van TWI mogelijk is. Bij andere (grote) projecten werken niet alle onderaannemers middels BIM. Wanneer dit niet het geval is, kost het opzetten van een TWI meer tijd. Dan moet er meer gecontroleerd worden middels 2D. Heijmans kan sturen op het werken met de juiste co-makers.

Revit (of een ander modelleerprogramma) dient een standaard software te worden voor de medewerker die de tekeningen uit gaat werken. Het is een complex programma, wat de toekomstig gebruiker in het begin kan afschrikken. Echter, voor het opstellen van een TWI zijn slechts enkele functies benodigd. De medewerker hoeft niet daadwerkelijk te modelleren. Een knoppencursus zal hierin kunnen volstaan.

9.2 Toekomstvisie

Kijkende naar de toekomstvisie binnen Heijmans, gaat er gewerkt worden met een BIM2Field softwarepakket. Dit softwarepakket zal in 2021 de standaard moeten zijn binnen BIM projecten. Deze software kan goed gecombineerd worden met TWI. De software geeft de mogelijkheid om door een gebouw heen te gaan en opmerkingen te maken gelinkt aan BIM-elementen. Zo kan een TWI ook gelinkt worden aan het te bouwen element. Hier liggen mogelijkheden.

Echter, het werken middels TWI in zijn huidige vorm wordt door de onderzoeker nu nog gezien als een tussenfase. Wanneer er gekeken wordt naar de aanwezige technieken zoals tablets en Google Glasses, wordt er verwacht dat het papier op een moment volledig zal verdwijnen van de bouwplaats. Het TWI kan hier als PDF-bestand geopend worden.

De onderzoeker verwacht dat wanneer er alleen nog middels digitale apparatuur gewerkt wordt, het werken met een levend model de standaard wordt. Het werken op taakniveau kan in deze vorm goed toegepast worden. Een levend model geeft de mogelijkheid ter plaatsen het te bouwen onderdeel in beeld te brengen en op te meten. Zodoende is altijd alle informatie aanwezig en heeft de bouwer daar zelf controle over.

Daarnaast zal de reden waarom de traditionele contractstukken gemaakt worden, zal minder waarde krijgen, als alle benodigde informatie uit het BIM gehaald kan worden.

9.3 Mogelijke vervolgonderzoeken

Dit onderzoek heeft weliswaar de vragen voor dit rapport kunnen beantwoorden. Toch heeft het ook nieuwe vraagstukken opgeleverd. Deze vragen kunnen de basis zijn voor een vervolgonderzoek.

- Wat zijn de minimalen eisen en de wensen aan het BIM-model voor het maken van een TWI?
- Hoe kan het tekenwerk automatisch gegenereerd worden?
- Wat is het effect op de rol van de werkvoorbereider?
- Wat zijn nu en in de toekomst de digitale mogelijkheden voor deze werkwijze?

Bibliografie

- Autodesk. (2018). *Revit licenties*. Opgehaald van <https://www.autodesk.nl/products/revit/subscribe?plc=RVT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>
- Autodesk. (2018). *Revit overview*. Opgehaald van <https://www.autodesk.nl/products/revit/overview>
- BIMloket. (2016, oktober). *Atlas van Open BIM Standaarden versie 1.3*. Opgehaald van <http://bimloket.nl/upload/documents/downloads/Standaarden/Atlas%20Open%20BIM%20Standaarden%20v1.3.pdf>
- BIMloket. (sd). *Atlas van Open BIM Standaarden versie 1.3, Bijlage: Beschrijvingen per standaard*. Opgehaald van <http://bimloket.nl/upload/documents/downloads/Standaarden/Atlas%20Open%20BIM%20Standaarden%20v1.3%20Bijlage.pdf>
- BIMloket. (sd). *BIM basis ILS*. Opgehaald van [http://bimloket.nl/upload/documents/downloads/BIMbasisILS/BIM%20basis%20ILS%20\(A4\).pdf](http://bimloket.nl/upload/documents/downloads/BIMbasisILS/BIM%20basis%20ILS%20(A4).pdf)
- BIMloket. (sd). *BIM basis USO*. Opgehaald van <http://bimloket.nl/upload/documents/downloads/BasisUSO/BasisUSO%20A4.pdf>
- BIMming Business. (2013). *BIM in beheer biedt kansen*. BIMming.
- BlueBeam. (2018). *BlueBeam Revu*. Opgehaald van <https://www.bluebeam.com/>
- BNA ONRI. (2008, november). *Standaardtaakbeschrijving DNR-STB 2009. toelichting en takenoverzicht*. Amsterdam.
- Botz, S. (sd). *Hoe vind ik mijn early adopters*. Opgehaald van Waarde propositie ontwerp: <http://waardepropositieontwerp.overmanagement.net/2015/08/17/hoe-vind-ik-mijn-early-adopters/>
- Bouwend Nederland. (2016, december 7). *Personeelskrapte in de bouw dreigt*. Opgehaald van <http://www.bouwendnederland.nl/nieuws/3464066/personeelskrapte-in-de-bouw-dreigt>
- Bouwkosten-Online. (2005, februari). *De eerste fase van het begroten*. Opgehaald van Archidat BouwCollege: <https://bouwkosten.bouwformatie.nl/bouwmaat/download/zelfstudieboek.pdf>
- Bullens, T. (2017, april 28). *Data in een BIM als contractstuk? Waarom niet?* Opgehaald van Duurzaam gebouwd: <https://www.duurzaamgebouwd.nl/expertpost/20170428-data-in-een-bim-als-contractstuk-waarom-niet>

- De Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector. (2013, november). *Infor over de samenhang*. Opgehaald van https://www.leidraadse.nl/assets/files/downloads/LeidraadSE/V3/Leidraad_V3_SE_web.pdf
- de Mol, G. (2017). *Het BIM-model als contractstuk*. Rotterdam.
- deBIMspecialist. (2014, maart 11). *Wat is BIM*. Opgehaald van http://www.debimspecialist.nl/wat_is_bim/
- Dethier. (2018, maart 26). *BIM in de praktijk bij Bouwbedrijf Dethier*. Opgehaald van <https://vimeo.com/261788395>
- Diersen, P. (sd). Opgehaald van website van Aannemervak: <https://www.aannemervak.nl/bedrijfsvoering/bim-op-de-bouwplaats-taakgerichte-informatie-uit-model/>
- Eelants, M. (sd). *Adoptiemodel van Rogers*. Opgehaald van [Strategischmarketingplan.com: https://www.strategischmarketingplan.com/marketingmodellen/adoptiemodel-van-rogers/](https://www.strategischmarketingplan.com/marketingmodellen/adoptiemodel-van-rogers/)
- Heembouw. (sd). *Info over BIM*. Opgehaald van Heembouw: <https://www.heembouw.nl/over-heembouw/bim/>
- Heijmans. (2017). *Heijmans Functiehuis*. Heijmans Wonen, Rosmalen. Opgeroepen op februari 20, 2018
- Heijmans. (sd). *Over Heijmans*. Opgehaald van <https://www.heijmans.nl/nl/over-heijmans/>
- Heijmans. (sd). *Taakbeschrijving adviseurs*.
- Heijmans Wonen. (2017, september). Heijmans Huiskerk. *De rendabele huurwoning*. Rosmalen, Noord-Brabant, Nederland.
- Heijmans Wonen. (2017, september). Heijmans Huiskerk. *Prijsoverzicht en technische omschrijving*. Rosmalen, Noord-Brabant, Nederland.
- Heijmans Wonen. (2017, juli 17). *Taakbeschrijving adviseurs - DetailProtocol BIM*.
- Heijmans Wonen. (2017, november 15). *Taakbeschrijving adviseurs - HoofdProtocol BIM*.
- Het Nationaal BIM-platform. (sd). *De geschiedenis van BIM*. Opgehaald van <https://hetnationaalbimplatform.nl/geschiedenis-van-bim.php>
- informatiecentrum, I. (sd). *DMS systemen*. Opgehaald van <https://www.dmssystemen.nl/wat-is-dms>
- Kies, B. (2018, maart 16). *BIM bij Heijmans*. (W. van Dinther, Interviewer)
- Koning, M., & Schep, E. (2012, juni). Opgehaald van Stichting Economisch Instituut voor de Bouw (EIB): <https://www.eib.nl/pdf/de-bouw-in-2020.pdf>
- Nationaal BIM handboek. (sd). Opgehaald van <http://nationaalbimhandboek.nl/>

Nationaal BIM-handboek. (2018). *in de praktijk bewezen richtlijnen voor BIM gebruik*. Opgehaald van <http://nationaalbimhandboek.nl/>

Nationale beroepengids. (sd). *Functieomschrijving van een timmerman*. Opgehaald van Nationale beroepengids: <https://www.nationaleberoepengids.nl/Timmerman>

Nationale beroepengids. (sd). *Functieomschrijving van een voorman*. Opgehaald van Nationale beroepengids: <https://www.nationaleberoepengids.nl/Voorman>

Natrop, M. (2018, april 6). (W. van Dinther, Interviewer)

Natrop, M., & van Berlo, L. (2014). *BIM op de bouwplaats*. Opgehaald van Solidu: http://solidu.nl/cms/wp-content/uploads/Berlo_Natrop_BIM-op-de-Bouwplaats_taatgerichte-informatie-op-verzoek_2014-m.pdf

Nederlands Normalisatie Instituut. (1986, januari). *Nederlandse praktijkrichtlijn (NPR) 2570. Tekeningen in de bouw*. Delft.

Nederlands Normalisatie Instituut. (1993, oktober). *Nederlandse Norm (NEN) 2574. Tekeningen in de bouw*.

Onderwijs in cijfers. (2017). *Hoogst behaalde onderwijsniveau*. Opgehaald van <https://www.onderwijsincijfers.nl/kengetallen/sectoroverstijgend/nederlands-onderwijstelsel/hoogst-behaalde-onderwijsniveau>

Open Universiteit. (sd). *Leereenheid 6 - informatieoverdracht en signalen*. Opgehaald van https://www.ou.nl/documents/47890/0/leereenheid_6.pdf

ProjectenManagen. (2017, juli 7). *Complexiteit als onderzoeksterrein*. Opgehaald van Projecten managen: <http://www.projectenmanagen.nl/onderzoek/complexiteit-onderzoeksterrein>

Sagmar, S. (2016, december 12). *Early adopters to bank on blockchain in 2017*. Opgehaald van Insights by Credencys: <https://www.credencys.com/blog/early-adopters-to-bank-on-blockchain-in-2017/>

Solibri. (2014). *Solibri Model Checker V9.5*. Opgehaald van Solibri: <https://www.solibri.com/wp-content/uploads/2014/12/Getting-Started-v9.5.pdf>

Solidu bouw en advies. (2016). Opgehaald van <http://solidu.nl/>

Span, T. (2015). *Het opstellen van taakgerichte werkinstructies*. Eindhoven: TU/e.

Spekkink, D., & Savanović, P. (2013). *Kennispaper vooronderzoek systems engineering in de BenU-sector*. Opgehaald van Databank van SBRcur: <http://www.sbrcur.net/producten/kennispapers/kennispaper-vooronderzoek-systems-engineering-in-de-benu-sector>

Toolshero. (sd). *AHP-methode*. Opgehaald van <https://www.toolshero.nl/besluitvorming/ahp-methode/>

Uitvoerder1. (2018, april 5). (W. van Dinther, Interviewer)

Uitvoerder2, & Projectmanager1. (2018, april 12). (W. van Dinther, Interviewer)

Uitvoerder3. (2018, april 12). (W. van Dinther, Interviewer)

van de Haterd, B. (2007, december 9). *Ben jij een early adopter?* Opgehaald van Marketingfacts:

https://www.marketingfacts.nl/berichten/20071209_ben_jij_een_early_adapter

van Heel, P. (2016). BNR Bouwmeesters.

van Leeuwen, J., van Luijn, P., & Wiltjer, R. (2014, april 30). *Onterechte angst voor aansprakelijkheid BIM*. Opgehaald van Techniplan:

<http://www.techniplan.nl/assets/Onterechte-angst-voor-aansprakelijkheid-BIM.pdf>

van Mook, W., & Oomen, W. (2017). *BIM in de uitvoering*.

van Oosterhout, M. (2004-2018). *Taakgericht aansturen*. Opgehaald van Carriere tijger:

<http://www.carrieretijger.nl/functioneren/management/leidinggeven/stijl/taakgericht-aansturen>

Verkooijen, R. (2017). *BIM naar de bouwplaats*. Rosmalen.

Figurenlijst

figuur 1 Organogram Heijmans N.V. (bron: Heijmans, 2018)	13
figuur 2 Heijmans BIM-ladder (bron: Heijmans, 2018)	14
figuur 3 Ambitieniveaus Heijmans 2016-2021 (Bron: Heijmans Wonen, 2017)	15
figuur 4 Voorbeeld van een tussenwoning uit HWC (Bron: Heijmans, 2017)	18
figuur 5 Hoogst behaalde onderwijsniveau Nederlandse bevolking (Onderwijs in cijfers, 2017)	19
figuur 6 Methodes per onderdeel (bron: eigen illustratie)	21
figuur 7 Structuur in de chaostheorie (bron: eigen illustratie)	22
figuur 8 Onderdelen binnen een BIM (bron: eigen illustratie)	23
figuur 9 Ontleden van een BIM (bron: eigen illustratie)	24
figuur 10 Voorbeeld van een fase-indeling bij BIM (bron: eigen illustratie)	25
figuur 11 Informatie in het ontwerpproces (bron: eigen illustratie)	25
figuur 12 Overzicht over het uitwisselen van aspectmodellen in IFC (bron: eigen illustratie)	26
figuur 13 Overzicht clash-sessie in de ontwerpfase (bron: eigen illustratie)	27
figuur 14 Overzicht assemblagemodel (bron: eigen illustratie)	28
figuur 15 Itererend specificatieproces bij SE (bron: Kennispaper: Vooronderzoek systems engineering in de BenU-sector, 2013)	29
figuur 16 Verificatie en validatie in het V-model (bron: Kennispaper: Vooronderzoek systems engineering in de BenU-sector, 2013)	30
figuur 17 Grafiek SE proces (bron: Leidraad voor SE binnen de GWW-sector, 2018)	31
figuur 18 Grafiek BIM proces (bron: K3H architecten, 2018)	31
figuur 19 N-model: SE binnen BIM (bron: eigen illustratie)	32
figuur 20 Render vanuit BIM (Bron: The ever-changing Slussen van K. Tondashti, MSc architecture, 2018)	34
figuur 21 Organogram Heijmans Woningbouw gebaseerd op functiehuis van Heijmans Wonen, Werken, Verbinden (bron: eigen illustratie)	35
figuur 22 Organogram afdeling realisatie gebaseerd op het functiehuis van Heijmans Wonen, Werken, Verbinden (bron: eigen illustratie)	36
figuur 23 Het directe onderzoeksgebied binnen het uitvoeringsmanagement (bron: eigen illustratie)	37
figuur 24 Communicatieniveau binnen de aannemerij (bron: eigen illustratie)	39
figuur 25 Algemeen communicatiemodel (bron: Open Universiteit, s.d.)	40
figuur 26 Stappenplan bijlagen contract (bron: eigen illustratie)	41
figuur 27 Fragment van een taakbeschrijving voor een adviseur op projectniveau (bron: eigen illustratie)	42
figuur 28 Fragment van traditioneel tekenwerk plattegrond 1:50 (Bron: onbekend)	45
figuur 29 Overzicht van een TWI op A3 formaat (bron: eigen illustratie)	48
figuur 30 Stap 7: Evalueer de tekeningen (bron: eigen illustratie)	49
figuur 31 Links: principedetail met alle annotatie (bron: Heijmans, 2016). Rechts: principedetail met alleen de benodigde annotatie (bron: eigen illustratie)	50
figuur 32 AHP methode van Thomas L. Saaty (bron: eigen illustratie)	52
figuur 33 Logo Solibri (bron: Solibri, 2018)	54
figuur 34 Logo BlueBeam Revu (bron: BlueBeam, 2018)	54
figuur 35 Logo Revit (bron: Autodesk, 2018)	54
figuur 36 Resultaat werkbaarheid van de software (bron: eigen illustratie)	55

figuur 37 Resultaat taakinformatie van de software (bron: eigen illustratie)	55
figuur 38 Resultaat BIM van de software (bron: eigen illustratie)	56
figuur 39 Eindresultaat softwareonderzoek (bron: eigen illustratie)	56
figuur 40 Rogers' Bell Curve (bron: Credensys, 2016)	60
figuur 41 Uitvoerders uitgezet over Rogers' Bell Curve (bron: eigen illustratie)	62
figuur 42 Overzicht implementatieplan (bron: eigen illustratie)	64
figuur 43 Van IFC naar DMS (bron: eigen illustratie)	65
figuur 44 CF i.p.v. UO (bron: eigen illustratie)	66
figuur 45 Aangepaste faseverdeling (bron: eigen illustratie)	66
figuur 46 BIM2Field ambities (bron: eigen illustratie)	68
figuur 47 Tijdljn TWI-ambitie (bron: eigen illustratie)	69
figuur 48 Kast met tekeningen in de keet (bron: Span, 2015)	71