

BIM in uitvoering



Onderzoeksrapport (5998 woorden)

06-05-2019

Lorenzo Langelaar

Karekiet 7, 3435CK, Nieuwegein

06 10 28 92 35

langelaarlorenzo@gmail.com

Bachelor Built Environment (TBBE-VAFOBAST-18)

1676514

BAM Bouw en Techniek – Projecten

Runnenburg 34, 3981 AZ, Bunnik

Antonio Censabella (Manager Realisatie)

06 22 93 85 55

Antonio.censabella@bam.nl

Alex Brouwer

1^e begeleider Hogeschool Utrecht

Wim Makken

2^e begeleider Hogeschool Utrecht

Colofon

Cursus:	Afstudeeronderzoek	
Plaats en datum:	Utrecht, 13 februari 2019	
Versie:	1.0	Status: CONCEPT
Educatie:	Hogeschool Utrecht Padualaan 99 3584 CH Utrecht	
1^e examiner: E-mail: Functie:	A. (Alex) Brouwer alex.brouwer@hu.nl Docent	
2^e examiner: E-mail: Functie:	W. (Wim) Makken wim.makken@hu.nl Docent	
Opdrachtgever: E-mail: Functie:	BAM Bouw en techniek - Projecten antonio.censabella@bam.com Manager Realisatie	
Uitgevoerd door:	Lorenzo Langelaar lorenzo.langelaar@student.hu.nl	
Auteur(s):	L. (Lorenzo) Langelaar	Studentnummer: 1676514
Eindverantwoordelijke voor dit rapport:		
Verwerkt door:	L. (Lorenzo) Langelaar	

De heer Alex Brouwer is aangesteld als zijnde eerste examiner. Hij zal een controlerende rol spelen tijdens het assessment.

De heer Wim Makken is aangesteld als zijnde tweede examiner. Hij zal een begeleidende rol spelen tijdens het afstudeerproces. Hij zal ook het eerste aanspreekpunt zijn voor de student.

De heer Antonio Censabella is aangesteld als zijnde opdrachtgever. Hij zal een begeleidende rol spelen tijdens het afstudeerproces binnen het bedrijf. Hij zal het eerste aanspreekpunt zijn binnen het bedrijf.

Voorwoord

Het onderzoek BIM in uitvoering is gestart op maandag 11 februari 2019. De aanleiding voor het schrijven van het onderzoeksrapport betreft een afstudeeropdracht. Mijn naam is Lorenzo Langelaar. Ik ben student aan de Hogeschool Utrecht en volg de studie Built Environment. Tijdens het schrijven van dit onderzoeksrapport zit ik in het vierde leerjaar van de studie Built Environment, welke tevens het laatste leerjaar is. In het derde studiejaar heb ik mij gespecialiseerd in de bouwmanagement. Ik heb dit gekozen omdat ik sinds mijn dertiende, mij al aangetrokken voel tot de uitvoering van bouwprojecten. Voordat ik aan de studie Built Environment begon, heb ik de HAVO afgerond op het Oosterlicht College in Nieuwegein.

Dit onderzoek wordt geschreven voor BAM Bouw en techniek - Projecten gevestigd te Bunnik. Tevens zouden andere aannemers, leveranciers en dienstverleners ook iets kunnen hebben aan dit onderzoek.

Tot slot wil ik graag mijn begeleiders, Wim en Alex, vanuit de Hogeschool Utrecht bedanken. Via deze weg wil ik ook mijn begeleider vanuit het bedrijf, Antonio, bedanken. Daarnaast wil ik mijn directe collega's met wie ik iedere dag heb samengewerkt bedanken en diegene die tijd hebben vrijgemaakt om zo met mij na te kunnen denken over het onderzoek.

L. (Lorenzo) Langelaar

Mei 2019

Samenvatting

Het onderzoek *BIM in uitvoering* is een onderzoek gericht op de uitvoering van BAM Bouw en Techniek – Projecten. Men worstelt met de informatiebehoefte die niet overeenkomt met wat er momenteel op de tekeningen staat. Dit resulteert zich in extra uitvoerende kosten. BAM Bouw en Techniek – Projecten wilt deze kosten terugdringen door het optimaliseren van de uitvoerende tekeningen.

Bij dit onderzoek hoort de volgende hoofdvraag:

“Hoe kan BAM Bouw en Techniek - Projecten de uitvoerende faalkosten, die ontstaan door de BIM werkmethodiek, verminderen en de kwaliteit van het BIM model verhogen?”

De hypothese die voorafgaand aan dit onderzoek werd opgesteld luidde als volgt:

“Door de eindproducten van het BIM model (plattegronden, doorsnedes, details etc.) te verbeteren zal de uitvoering de faalkosten terug kunnen dringen en de kwaliteit van het BIM model verhogen.”

Om te beginnen met dit onderzoek is er een plan van aanpak opgesteld. Daarna is er een theoretisch onderzoek gestart om te bekijken welke theoretische achtergrond het onderwerp al kent. Vervolgens is de huidige stand van zaken bekeken binnen BAM Bouw en Techniek – Projecten. Daarna is er in de praktijk bekeken welke problemen waar ontstaan. Deze worden geanalyseerd en vergeleken met de theorie. Aan de hand daarvan worden er aanbevelingen en oplossingen geschreven voor de actuele problemen.

Er zijn diverse tekeningen voorzien van aantekeningen, om zo aan te tonen wat de informatiebehoefte is van de uitvoerders. Daarnaast spelen er meer actuele problemen, namelijk: slechte communicatie tijdens de realisatie, weinig technische kennis bij de modelleers en weinig scholing voor de uitvoerders.

Door een standaard template voor de informatiebehoefte op te stellen zal BAM Bouw en Techniek – Projecten de actuele uitvoerende faalkosten worden opgelost. Daarnaast zal men er verstandig aan doen om een vervolgonderzoek te starten naar kennisdeling en communicatiestructuren binnen de gehele BAM organisatie.

Inhoudsopgave

Colofon	2
Voorwoord	3
Samenvatting	4
Figuren- en tabellenlijst	7
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding.....	8
1.2 Probleem- en doelstelling.....	8
1.3 Hoofd- en deelvragen.....	9
1.4 Scope en afbakening	10
1.5 Randvoorwaarden uitgangspunten	10
1.6 Wensen en eisen	10
1.7 Leeswijzer	10
2 Methodologie	11
2.1 Dataverzameling	11
2.2 Onderzoek verloop.....	11
2.3 Data-analyse	11
2.4 Validiteit en betrouwbaarheid	11
3 Theorieonderzoek	12
3.1 Theoretische modellen.....	12
3.2 Conclusie.....	17
4 Praktijkonderzoek	18
4.1 Nulmeting processen	18
4.2 Teamsamenstellingen	20
5 Resultaten	23
5.1 Opzet interview.....	23
5.2 Respondenten & uitkomsten	23
5.3 Probleemgrootte.....	24
5.4 Resultaten vanuit hypothese.....	25
5.5 Conclusie.....	26

6	Conclusie	27
6.1	Hoofdvraag, kennisvraag en hypothese	27
6.2	Oplossingen vanuit hypothese	28
6.3	Oplossingen vanuit resultaten	28
7	Discussie	30
7.1	Samenwerking modellering en uitvoering	30
7.2	Modellering tijdens realisatie	30
7.3	Technische kennis modellering	30
8	Aanbevelingen	31
8.1	Aanbevelingen	31
8.2	Communicatiestructuur binnen BAM	31
8.3	Kennisdeling binnen BAM	31
	Bibliografie	32

Figuren- en tabellenlijst

Figuur 1: BIM niveaus volgens BSI	12
Figuur 2: De 8 pijlers voor BIM level 2	13
Figuur 3: Informatiecyclus PAS 1192/2	14
Figuur 4: Invulling vloeren BS 1192/4	15
Figuur 5: Voorbeeld tekening detail	16
Figuur 6: IPV Gezamenlijk doel	17
Figuur 7: Proces inrichting BIM proces	18
Figuur 8: Proces modellering	19
Figuur 9: Teamsamenstelling ontwerp en engineering	20
Figuur 10: Samenstelling projectteam	22
Figuur 11: Resultaten uit de praktijk	24

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Tot het jaar 2010 was het gebruikelijk dat bouwprojecten gemaakt werden met tweedimensionale tekeningen. In dat jaar kwam de bouwsector sneller in beweging. Dit kwam doordat de technologieën en software hen recht meer begonnen te vinden na de economische crisis. Men kon gaan denken aan innovaties.

Eén van deze innovaties was BIM. Dit staat voor Bouw Informatie Model. Het BIM is een model in 3D waarin de verschillende betrokken partijen, zoals leveranciers, onderaannemers, constructeur en installateur, per element technische informatie kunnen toevoegen. Hierbij kan gedacht worden aan brandveiligheid, sterkte en maatvoering van het materiaal enzovoorts.

Het BIM-model zorgt voor een nauwere samenwerking tussen de betrokken partijen. Zij werken samen om zo de zogenaamde 'clashes' eerder in kaart te brengen, in plaats dat deze pas op de bouwplaats ontdekt worden. Bijvoorbeeld: wanneer een installateur zijn leidingwerk tekent en hij een sparing nodig heeft om zijn leidingen naar een andere ruimte te krijgen, zal men op een 2D tekening enkel de sparing zien met de daarbij behorende afmetingen. Men zal niet zien op welke hoogte of positie deze sparing zal zitten. Er kan dus geen controle worden uitgevoerd of dit klopt. Daarentegen is in een 3D aanzicht direct te zien hoe het leidingwerk verloopt. Hierdoor ziet men direct of de sparing een belemmering vormt. Wanneer dit het geval is zal er een zogenaamde 'clash' worden gedetecteerd. Een clash kan gezien worden als een onjuistheid in het model. Dit kan variëren van een verkeerde maatvoering tot een verkeerde positionering van een leiding.

Het gehele proces rondom het inrichten en het beheren van het BIM model noemt men het BIM proces. In dit onderzoek wordt daartussen duidelijk verschil gemaakt.

1.2 Probleem- en doelstelling

Sinds de vernieuwde werkmethode BIM zijn er vele voordelen in het voortraject ontstaan. Men heeft, nog voordat er gebouwd wordt, inzichtelijk welke risico's en uitdagingen bij het project ontstaan. Daarentegen zou er meer voordeel gehaald kunnen worden met betrekking tot de uitvoerende fase. Hier worden nog onnodige kosten en tijd gemaakt. In theorie zou dit natuurlijk niet de bedoeling mogen zijn, het BIM model moet ervoor zorgen dat het werk meer voordelen kent. De directie van BAM Bouw en Techniek – Projecten vermoedt dat de partner, BAM Advies en Engineering, hierin een rol speelt. De partner heeft, volgens de directie, te weinig inzicht in wat de behoeftes van de uitvoering zijn omtrent de tekeningen op uitvoeringsniveau. (UO)

Er zijn een aantal 'standaard' kenmerken waaraan het BIM model, volgens BAM Bouw en Techniek – Projecten, altijd moet voldoen:

- Alle product- en gebouw gebonden informatie is altijd up-to-date, eenduidig en toepassingsgericht beschikbaar in de virtuele omgeving (BIM model);
- Integrale projectaanpak in samenwerking met partners in de keten (BIM-proces).

In de huidige situatie wordt er vaak al niet voldaan aan de ‘standaard’ kenmerken. Dit uit zich in uitvoerende faalkosten. Uiteindelijk moet de werkmethode BIM gaan leiden tot voordeel in de bouw. De voordelen van het BIM zijn volgens BAM Bouw en Techniek – Projecten tijdens de uitvoering:

- Leveren van gevalideerde kwaliteit, op tijd, binnen budget, in één keer goed;
- Veilige werkomgeving, geen ongevallen
- Geen afval;
- Beperkte versturende invloed op de leefomgeving;
- Geen opleverpunten;
- Gedetailleerde as-built informatie bij de oplevering.

Het doel van dit onderzoek is om de uitvoerende faalkosten te verminderen en de kwaliteit van het BIM model te verhogen door middel van het schrijven van verschillende oplossingen.

1.3 Hoofd- en deelvragen

Om het onderzoek goed vorm te geven zijn er verschillende deelvragen geformuleerd met een overkoepelende hoofdvraag. De hoofdvraag voor dit onderzoek luidt als volgt:

“Hoe kan BAM Bouw en Techniek - Projecten de uitvoerende faalkosten, die ontstaan door de BIM werkmethode, verminderen en de kwaliteit van het BIM model verhogen?”

Momenteel is er in Nederland geen norm of standaard waarin staat hoe men met de werkmethode BIM moeten werken. Men erkent dit probleem branche breed. De kennisvraag die hierbij hoort luidt als volgt:

“Hoe kan de aannemerij de uitvoerende faalkosten, die ontstaan door het Bouw Informatie Model, verminderen en de kwaliteit van het BIM model verhogen?”

Om de hoofdvraag van dit onderzoek zo goed en nauwkeurig mogelijk te kunnen beantwoorden zijn er diverse deelvragen opgesteld. Deze zijn verdeeld in theorieonderzoek en praktijkonderzoek.

Theorieonderzoek

1. Hoe kan BIM niveau getoetst worden?

Praktijkonderzoek

1. Hoe verlopen de processen omtrent BIM binnen BAM Bouw en Techniek - Projecten?
2. Hoe is de teamsamenstelling binnen de modellering en uitvoering?
3. Waar ontstaan de actuele knelpunten bij BAM Bouw en Techniek - Projecten?
4. Welke mogelijkheden / innovaties kunnen er toegepast worden in de uitvoering?
5. Hoe kan BAM Bouw en Techniek – Projecten de mogelijkheden / innovaties implementeren?

Voorafgaande aan dit onderzoek is er een voorspelling gedaan over de uitkomst van dit onderzoek.

De hypothese voor dit onderzoek luidt:

“Door de eindproducten van het BIM model (plattegronden, doorsnedes, details etc.) te verbeteren zal de uitvoering de faalkosten terug kunnen dringen en de kwaliteit van het BIM model verhogen.”

1.4 Scope en afbakening

Om een goed onderzoek te kunnen verwezenlijken is het van belang om duidelijk voor ogen te hebben wat wel en wat niet wordt meegenomen in dit onderzoek.

In dit afstudeeronderzoek worden de volgende onderwerpen **wel** meegenomen:

- Onderzoeken van grootste problemen die in de uitvoerende fase ervaren worden met betrekking tot het BIM, dit zijn de afdelingen engineering, modellering, werkvoorbereiding en uitvoering;
- Onderzoeken waar deze problemen ontstaan en welke maatregelen hiertegen genomen kunnen worden;
- Mogelijke maatregelen die op de korte termijn resultaat kunnen leveren, implementeren om zo sneller resultaat te boeken;
- Ontwerpen van verschillende aanbevelingen die op de langere termijn resultaat leveren.

De volgende onderwerpen worden **niet** meegenomen in dit afstudeeronderzoek:

- Van de afdeling beheer en onderhoud (B&O), en calculatie wordt verwacht dat deze niet tot nauwelijks invloed hebben op de uitkomsten van het onderzoek;
- Er wordt onderzoek gedaan bij BAM Bouw en Techniek –Projecten, andere aannemers of bouwbedrijven worden uitgesloten tijdens dit onderzoek.

1.5 Randvoorwaarden uitgangspunten

De gehele koninklijke BAM groep streeft naar BIM level 2, dit wordt als uitgangspunt gebruikt tijdens het gehele onderzoek. Hierbij wordt uitgegaan dat enkel de eindproducten van het BIM model veranderd moeten worden.

1.6 Wensen en eisen

De eindproducten van het BIM model moeten voldoen aan de eisen van de uitvoerders. Daarnaast wil men een template ontwerpen, waarin de eisen van de uitvoerders ten allen tijden staan, die binnen de gehele organisatie BAM Bouw en Techniek gebruikt gaat worden.

1.7 Leeswijzer

Om te beginnen met dit onderzoek is er een plan van aanpak opgesteld. Daarna is er een theoretisch onderzoek gestart om te bekijken welke theoretische achtergrond het onderwerp al kent. Vervolgens is de huidige stand van zaken bekeken binnen BAM Bouw en Techniek – Projecten. Daarna is er in de praktijk bekeken welke problemen waar ontstaan. Deze worden geanalyseerd en vergeleken met de theorie. Aan de hand daarvan worden er aanbevelingen en oplossingen geschreven voor de actuele problemen.

2 Methodologie

In dit onderzoek is een kwalitatief onderzoek uitgevoerd. Het doel hiervan is het antwoord geven op de hoofdvraag van dit onderzoek. Hiervoor is een literatuuronderzoek gedaan en zijn er verschillende interviews afgenomen onder diverse personen van het bedrijf.

2.1 Dataverzameling

Voor het literatuuronderzoek zijn verschillende documenten van de BAM groep geraadpleegd. Hierin staan de verschillende processen omschreven omtrent het inrichten en beheren van het BIM model.

Naast deze processen is er gezocht naar verschillende bronnen welke de diepgang en toetsing van het BIM model en proces kunnen beoordelen. Op basis van de verschillen tussen het literatuuronderzoek en de interviews zou er inzichtelijk moeten worden waar de knelpunten omtrent het BIM model en proces lagen.

De interviews waren semigestructureerd, zodat waar nodig altijd door kon worden gevraagd. Tijdens de interviews zijn er notities gemaakt, zodat deze direct na het interview uitgewerkt konden worden. Vervolgens zijn alle interviews verstrekt aan diegene die geïnterviewd werd, zodat deze persoon de laatste vergeten wijzigingen kon aanbrengen en valideren.

2.2 Onderzoek verloop

De opzet van het onderzoek is om de behoeftes van de uitvoering in kaart te brengen. Zo wordt duidelijk waar, welke knelpunten ontstaan op de bouw omtrent de eindproducten van het BIM model. Deze informatie zou daarna terug gekoppeld worden naar diegene die verantwoordelijk zijn voor de modellering binnen BAM.

Tijdens het onderzoek bleek echter dat er veel meer problemen omtrent het BIM proces en daarmee ook het BIM model spelen. Deze problemen spelen een belangrijke rol in de randvoorwaarden die gesteld worden aan het BIM proces.

2.3 Data-analyse

De interviews zijn beschreven door middel van het opschrijven van notities. Vervolgens zijn de grootste knelpunten in Excel gezet. Uiteindelijk volgden daaruit verschillende percentages omtrent de knelpunten. Het werd in één oogopslag duidelijk waar het grootste knelpunt lag en welke knelpunten een minder grote impact hadden.

2.4 Validiteit en betrouwbaarheid

Nadat de interviews gehouden waren zijn deze uitgewerkt. De uitgewerkte interviews werden direct verstrekt aan de geïnterviewde. Deze maakte de laatste op- en aanmerkingen op de uitwerking van het interview. Daarnaast gaven zij toestemming voor het gebruik hiervan. Hiermee is de betrouwbaarheid van de interviews gewaarborgd.

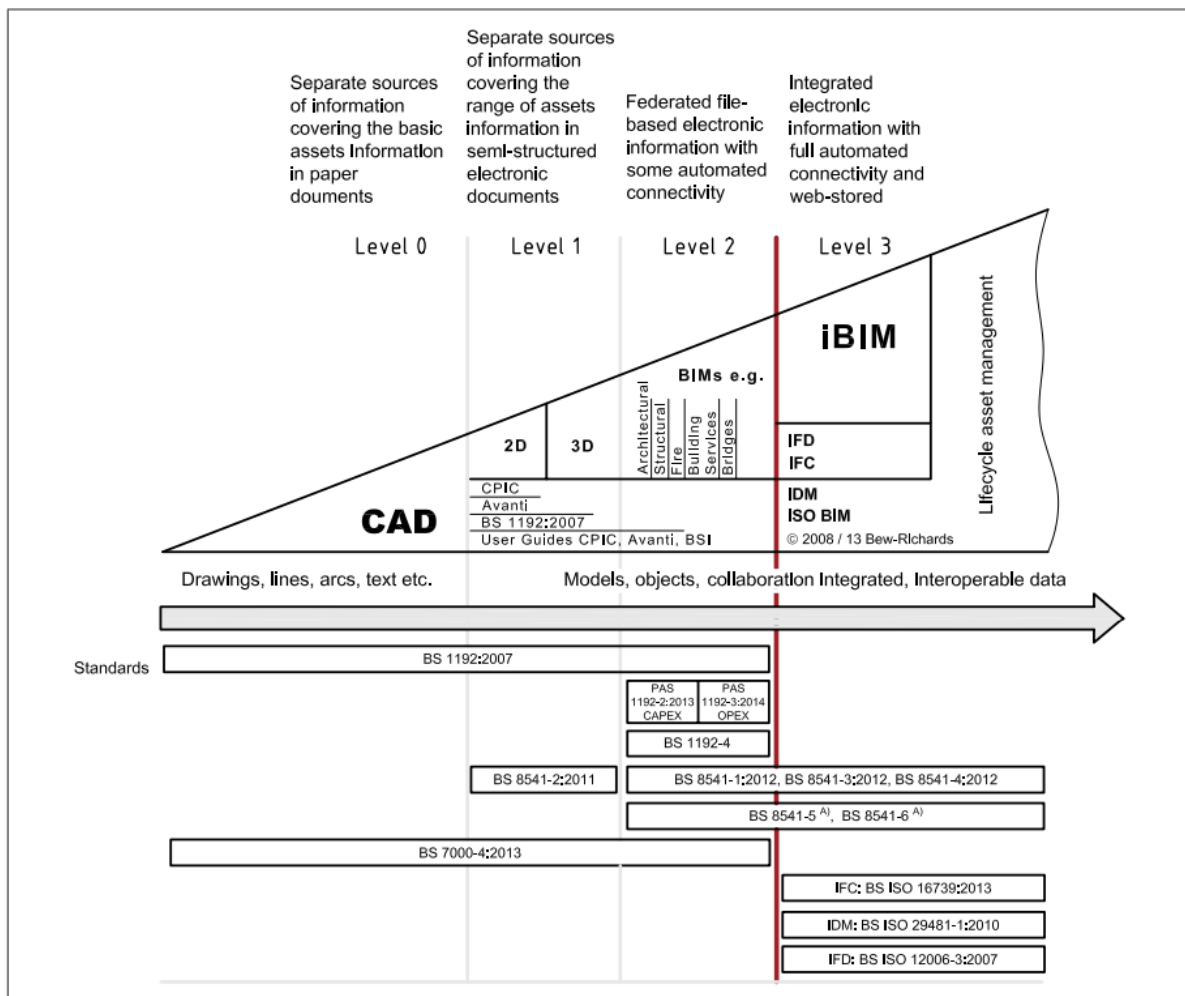
3 Theorieonderzoek

Het optimaliseren van de tekeningen die voortvloeien uit het BIM model is in dit onderzoek het uiteindelijke doel. Het BIM model en het BIM proces zullen daarom een bepaald niveau moeten halen om de kwaliteit van deze tekeningen te kunnen waarborgen. BAM Bouw en Vastgoed is gecertificeerd voor het BSI Kitemark™, hiervoor zijn de projecten van BAM Bouw en Techniek – Projecten als referentie gebruikt. Het BSI (British Standard Institution) reikt deze certificaten uit. In theorie voldoet BAM Bouw en Techniek – Projecten aan BIM niveau 2. Om dit niveau en certificaat te behouden moet men voldoen aan de BS 1192.

Onderstaande tabellen en modellen komen voort uit de normen van het British Standard Institution.

3.1 Theoretische modellen

Het eerste model geeft weer welke BIM niveaus er zijn en welke kenmerken hierbij horen. Pas vanaf BIM niveau 2 kan men spreken van een 'echte' BIM. Op dit niveau worden er dimensies als kostencalculaties en tijdmanagement toegevoegd. Hierbij is er sprake van een volledige samenwerking en een gedeeltelijke interoperabiliteit door het gebruik van losse modellen. (Itannex, Z.D.)



Figuur 1: BIM niveaus volgens BSI

Het tweede model geeft weer hoe het BIM level 2 bereikt kan worden. Hiervoor zijn er een aantal documenten/pijlers als uitgangspunt gebruikt. Onderstaand figuur geeft weer welke documenten als fundering gelden voor het behalen van BIM level 2 in het Verenigd Koninkrijk. (Eynon, 2016)



Figuur 2: De 8 pijlers voor BIM level 2

Zoals te zien is fungeert het BS (British Standard) 1192 als fundatie van het BIM level 2. Dit document zal moeten worden gehandhaafd wil men op BIM niveau 2 behouden. Deze wordt verder beschouwd en uitgewerkt.

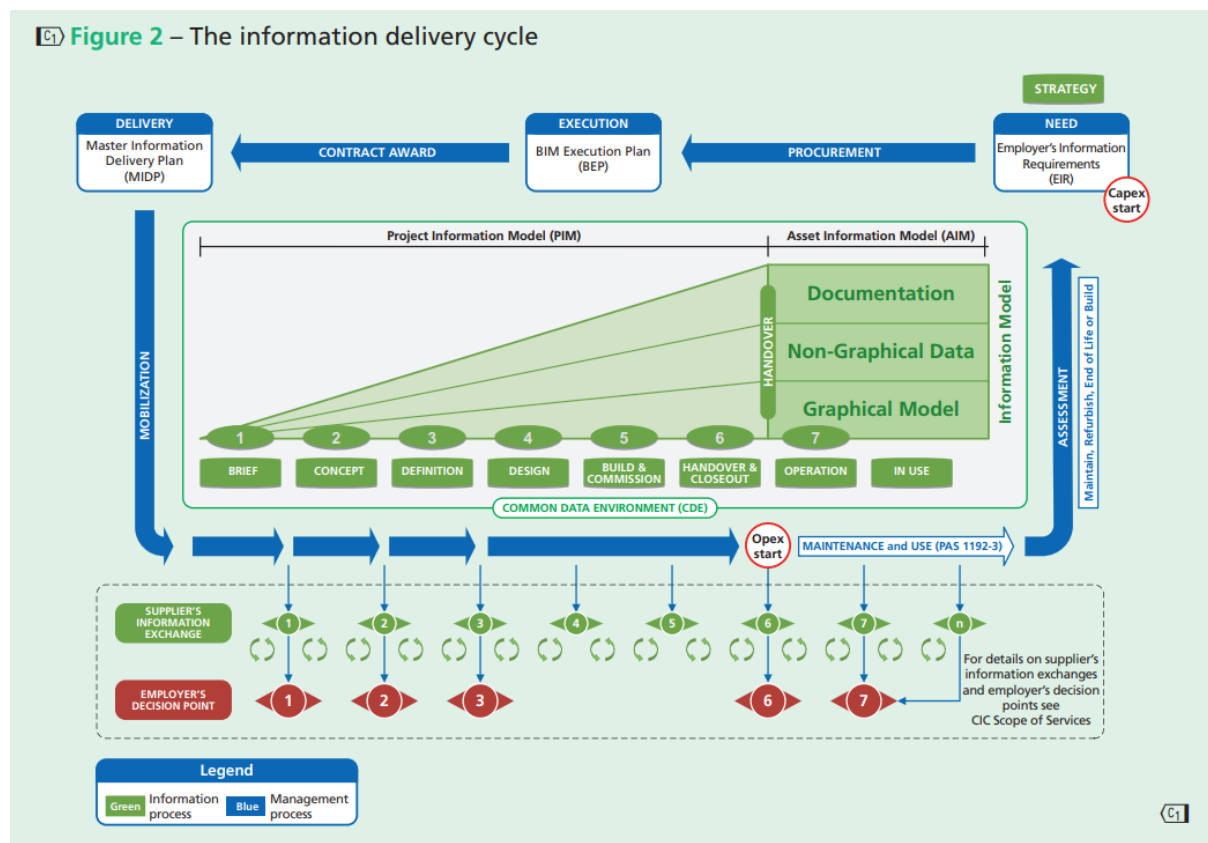
De British Standard 1192 stelt gemeenschappelijke methodieken vast voor de uitwisseling van data en informatie tijdens het inrichten en opzetten van projecten. Dit document is van toepassing voor iedereen die betrokken is bij de voorbereiding en het gebruik van bouw informatie. Dit kan gelden voor zowel het ontwerp als de bouw en het beheer. Hierbij gaat het om projecten voor zowel gebouwen als infrastructuur. (The British Standards Institution , 2016)

British Standard 1192 bestaat uit verschillende onderdelen, oftewel de PAS (Publicly Available Specification). In iedere PAS wordt een ander onderdeel behandeld omtrent de informatie van het BIM model. Deze verschillende PAS worden verder uitgewerkt.

PAS 1192/2

PAS 1192/2 schrijft voor hoe de informatiebehoefte om wordt gezet in een plan voor de aanlevering van de desbetreffende informatie. Hierin zullen behoeftes van de uitvoering en de klant meegenomen worden. Onderstaand figuur maakt daarin een verschil tussen het model dat gebruikt wordt door de bouw (PIM) en het model dat gebruikt wordt door de klant (AIM). Daarnaast is te zien in welke bouwphase, welke soort vastlegging men hoort te hanteren (documentatie, niet grafische data en grafisch model). Dit alles gebeurt in een CDE (Common Data Environment), oftewel een gemeenschappelijk informatie platform. Hierbij kan men gebruik maken bijvoorbeeld Docstream.

(The British Standards Institution, 2013)



Figuur 3: Informatiecyclus PAS 1192/2

PAS 1192/3

PAS 1192/3 is een specificatie voor het beheer van informatie tijdens de operationele fase van het bouwproject. Dit gebeurt met behulp van het BIM model. In feiten is dit de fase die na de besproken fase uit PAS 1192/2 volgt. Daar waar PAS 1192/2 zich focust op de oplevering van het project model (PIM), focust PAS 1192/3 zich op het behorend model (AIM). Hierin wordt ingegaan op het creëren en het gebruiken van dit model. Het doel hiervan is het gebouw te kunnen beheersen vanaf het moment van oplevering tot het moment van slopen. (The British Standards Institution, 2014)

PAS 1192/4

PAS 1192/4 beschrijft hoe binnen het BIM model informatie moet worden uitgewisseld. Het omschrijft een aantal standaardmethoden (zoals de naamgeving, versiebeheer, classificaties, codering enzovoorts) die toegepast moeten worden om de informatie die wordt verzameld tijdens de looptijd van een project. PAS 1192/4 omschrijft hoe informatie, over de onderdelen waar veel onderhoud bij nodig is (ketels, ramen, enzovoorts) op een gestructureerde manier moet worden overgedragen. Deze informatie kan tijdens de levenscyclus van een onderdeel op verschillende momenten worden overgedragen.

In het onderstaande figuur is te zien welke informatie ten allen tijden moet worden ingevuld. Dit zorgt voor een overzichtelijke samenwerking waarbij iedere wijziging zichtbaar is.

A.5 Floor (region)

A.5.1 Building Floor example

Table A.5 shows another example of COBie building Floor information.

Table A.5 COBie building Floor example

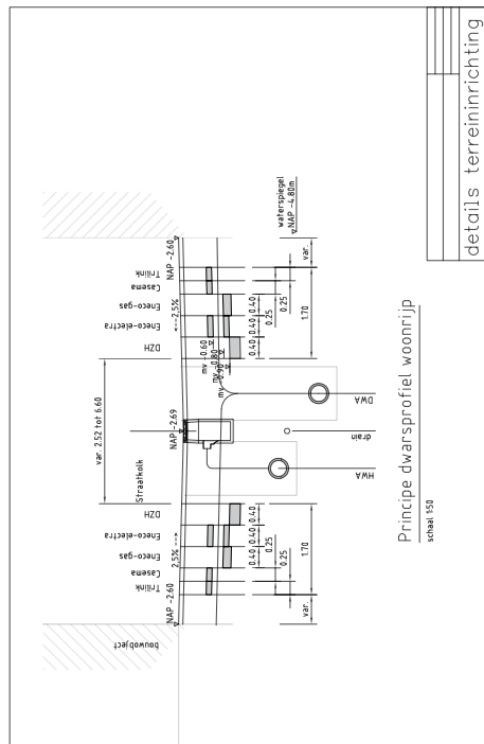
Floor	Example	Notes
Name	Level 0	expected
CreatedBy	name@email.com	reference
CreatedOn	2012-12-12T13:29:49	expected
Category	Floor	pick
ExtSystem	Authoring Application	application
ExtObject	IfcBuildingStorey	application
ExtIdentifier	ONG5d_R6T8leptpGyG4uky	application
Description	Entrance level	requirable
Elevation	0.0	requirable
Height	4000.0	requirable

Figuur 4: Invulling vloeren BS 1192/4

PAS 1192/5

PAS 1192/5 is een specificatie voor het beveiligen van de opgeslagen data en gegevens binnen de CDE (Common Data Environment). Daarnaast wordt er binnen deze digitale omgeving een slim beheer in data en gegevens opgesteld.

Het derde theoretische model volgt uit het rapport van Bouwend Nederland. In 2007 hebben zij in samenwerking met diverse ingenieurs en hoogleraren een rapport opgesteld met als doel het verbeteren van de kwaliteit van het tekenwerk in de bouw. Dit gaat om de bouwkundige tekeningen van een gebouw. De installaties worden hierin niet meegenomen. In dit rapport zijn de verschillende tekeningen opgesteld met de daarbij behorende informatie die op de tekening moet staan. Onderstaand geeft een voorbeeld van een detail tekening. (Tieleman, et al., 2007)



DETAILS TERREININRICHTING (DOORSNEDE / PROFIEL)		
Voorkeurschaal	1:20	Door wie
Algemene informatie	- oriëntatie (hoofdrij)	
	- parkeringsvoorzieningen	
	- materialisatie straatwerk	
	- terreinindeling	
	- hoofd- en neventoegangen	
Maatvoering	- terreinprofiel (hoogtematen) gerelateerd aan N.A.P.	
	- hoofd- en detailmaatvoering van terreinonderdelen	
	- hoofdafmetingen terrein en gebouw	
	- eirgrens en rooilijnen	
	- positionering gebouw op locatie	
Specifieke informatie	- meetpunten en/of markante punten belendingen t.o.v. RD	
	- terreinontsluiting (wegen, slagbomen, hekwerken)	
	- kadastrale gegevens en perceelafmetingen (ind. meetcoördinaten)	
	- groenvoorzieningen	
	- terreinverlichting	
	- terreinmeubilair	
	- eventueel indeling in bouwblokken / typen	
	- straatnamen	
	- terreinleidingen (incl. Nutsleidingen)	
	- onderscheid in bestaande en nieuwe situatie	
	- brandhydranten	
	- opstelplaats brandweerauto	
	- aansluiting droge blusleiding	
	- sleutelkluusjes	
	- leidingtracé	

Figuur 5: Voorbeeld tekening detail

Het vierde model komt van IPV training & advies, zij zijn gespecialiseerd in de ontwikkeling van persoonlijk vaardigheden voor mensen in de technische branche. Het model is opgesteld met het gezamenlijke doel als uitgangspunt. Daarin zou BAM Bouw en Techniek – Projecten het BIM model kunnen invullen. Dit model weerspiegelt het BIM proces met de overige factoren die invloed hebben op dat proces.



Figuur 6: IPV Gezaamenlijk doel

3.2 Conclusie

BAM Bouw en Vastgoed is gecertificeerd voor het BSI Kitemark™, hierbij zijn de projecten van BAM Bouw en Techniek – Projecten als referentie gebruikt. In theorie voldoet BAM Bouw en Techniek – Projecten aan BIM niveau 2. Om dit niveau en certificaat te behouden moet men voldoen aan de BS 1192 met de bijbehorende PAS normen.

Echter stelt de BSI geen eisen aan de eindproducten (doorsneden, plattegronden e.d.) van het BIM model. Hiervoor zal het model van Bouwend Nederland gebruikt worden.

Daarnaast spelen de overige zaken in het model van IPV een net zo grote rol. Deze factoren zullen allemaal moeten kloppen om een gezamenlijk positief resultaat te halen. De overige factoren die een rol kunnen spelen in het BIM proces, oftewel wat het model van IPV aangeeft, worden meegenomen als topics in het interview. Zo kan er worden bewezen dat de hypothese klopt en dat enkel de eindstukken van het BIM model geoptimaliseerd moeten worden.

Daarnaast zullen verschillende tekeningen voorzien worden van feedback van de uitvoerders. Zo zal de optimalisatie van de tekeningen worden gevisualiseerd.

4 Praktijkonderzoek

Na het onderzoeken van de theorie is er een 'nul meting' gedaan zodat de huidige processen binnen BAM Bouw en Techniek – Projecten inzichtelijk werden. Daarnaast zijn de diverse teamsamenstellingen onderzocht. In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de volgende deelvragen:

- *“Hoe verlopen de processen omtrent BIM binnen BAM Bouw en Techniek – Projecten?”*
- *“Hoe is de teamsamenstelling binnen de modellering en realisatie?”*

4.1 Nulmeting processen

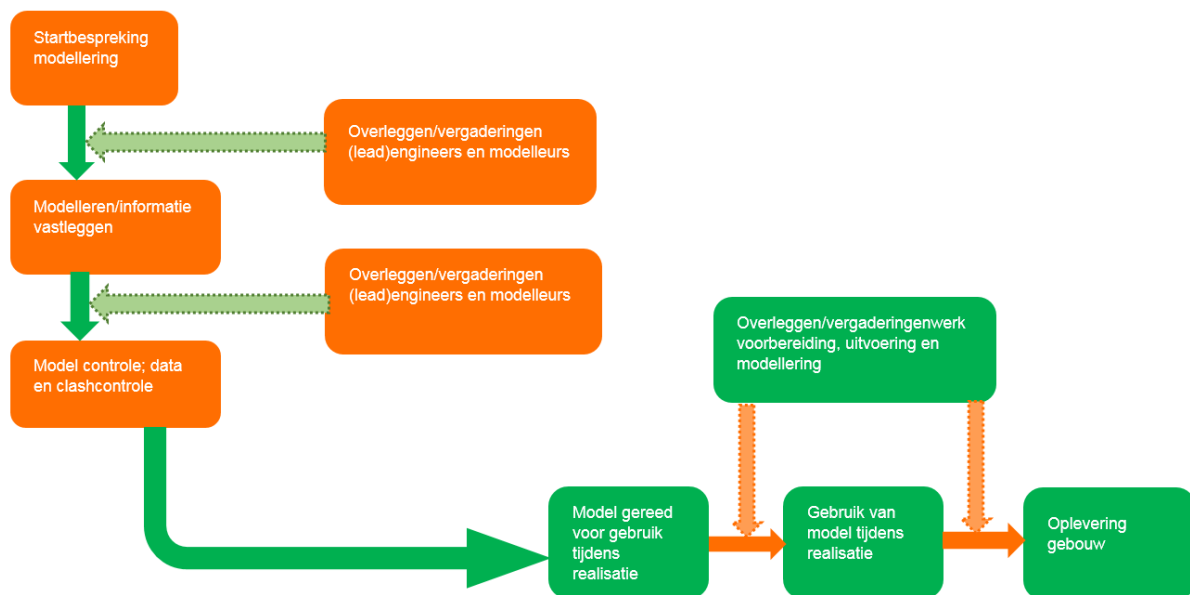
Wanneer er voor een bouwproject een model wordt ingericht en beheert, schakelt BAM Bouw en Techniek – Projecten een partner in; BAM Advies en Engineering. Zij doen binnen BAM alle engineering en modellering. Binnen BAM Advies & Engineering heeft men het BIM proces als volgt ingericht:



Figuur 7: Proces inrichting BIM proces

Tijdens de kick off worden afspraken omtrent het BIM proces en model gemaakt. Deze worden vastgelegd in een kick off verslag. In dit verslag wordt beschreven hoe het project eruit ziet, welke contractuele kaders er zijn, hoe de werkmethode procesmatig worden ingericht en het gebruik van het BIM model wordt vastgelegd. Hiervoor is de informatiemanager verantwoordelijk. Daarna wordt er een BIM Managementplan opgesteld. Hierin wordt besproken hoe er met het model wordt omgegaan, hierbij kan gedacht worden aan de codering, benaming, sparingen, welke type bestanden als output fungeren enzovoorts. Hiervoor is de BIM regisseur verantwoordelijk. Daarnaast staan er in het BIM managementplan een tweetal afspraken omtrent wanneer de modellen worden uitgewisseld en wanneer er clashcontroles plaats vinden. Deze zijn al reeds vastgesteld.

Wanneer de informatiebehoefte van het project voldaan wordt, wordt het BIM managementplan definitief gemaakt. Hiervoor is de projectleider verantwoordelijk. Daarna volgen de volgende stappen in het BIM traject:



Figuur 8: Proces modellering

Tijdens de startbespreking van het modelleren worden de ‘spelregels’ uitgelegd. Daarbij wordt de inhoud en uitleg omtrent het ontwerp door de lead engineers uitgelegd. Deze startbespreking wordt vastgelegd door de BIM regisseur. Tijdens deze bespreking zijn alle modelleurs betrokken, echter is in dit stadium geen werkvoorbereiding of uitvoering aanwezig. Vervolgens start de modellering. Diverse modelleurs zullen dan volgens de engineeringsplanning starten met het modelleren van het BIM model. Hierin worden de inhoudelijke uitgangspunten en aangeleverde ontwerp informatie door de lead engineer meegenomen. Iedere modelleur is verantwoordelijk voor zijn of haar gedeelte van het model. Tot slot wordt het model gecontroleerd door de BIM coördinator.

Door dit hele proces heen lopen drie belangrijke zaken die een grote rol spelen bij het modelleren:

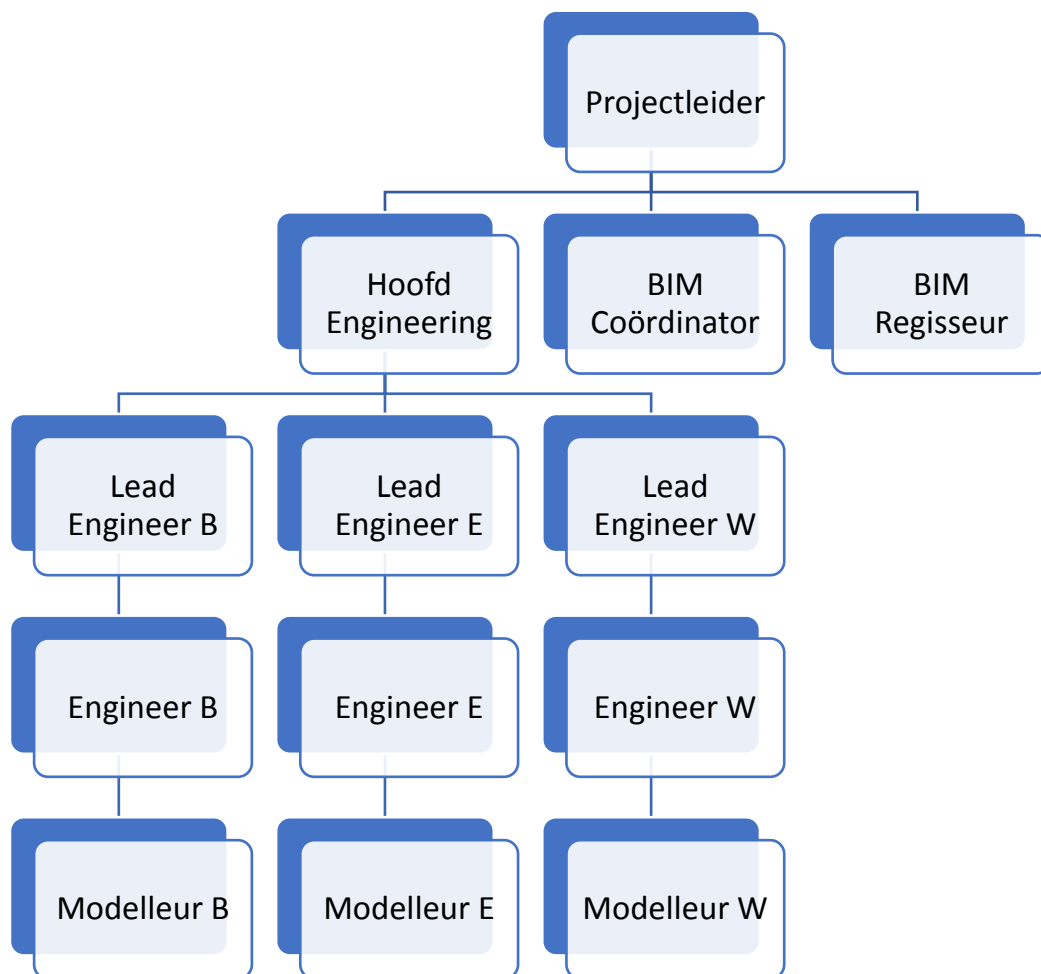
- Clashcontroles tussen verschillende modellen/disciplines;
- Up-to-date houden van de diverse modellen;
- Inhoudelijke controle van de kwaliteit van het model.

In de clashcontroles worden er onderscheidingen gemaakt tussen de virtuele en visuele clashes. De virtuele clashes zijn de clashes die op het scherm te zien zijn, bijvoorbeeld een leiding die door een betonnen balk loopt. Bij de overige clashes kan gedacht worden aan clashes die niet door het programma worden gedetecteerd, bijvoorbeeld een zwevende vloer boven een wand. Voor de visuele clashes wordt voorgeschreven dat deze in de praktijk opgelost moeten worden. Wanneer dit allemaal is goedgekeurd zal het model gebruikt kunnen worden in de uitvoering.

Daarnaast is men verantwoordelijk voor de inhoudelijke controle van de kwaliteit van het model. Hierin wordt gecontroleerd of het model voldoet aan het programma van eisen (PVE), wettelijke eisen, bestek enzovoorts. Deze controle wordt door iedere engineer uitgevoerd op het desbetreffende onderdeel waarvoor de engineer verantwoordelijk is. De lead engineer is verantwoordelijk voor de aansturing van zowel deze engineers als de bijbehorende modelleurs. Daarnaast is deze lead engineer verantwoordelijk voor de voortgang, de bewaking van de kosten en de kwaliteit.

4.2 Teamsamenstellingen

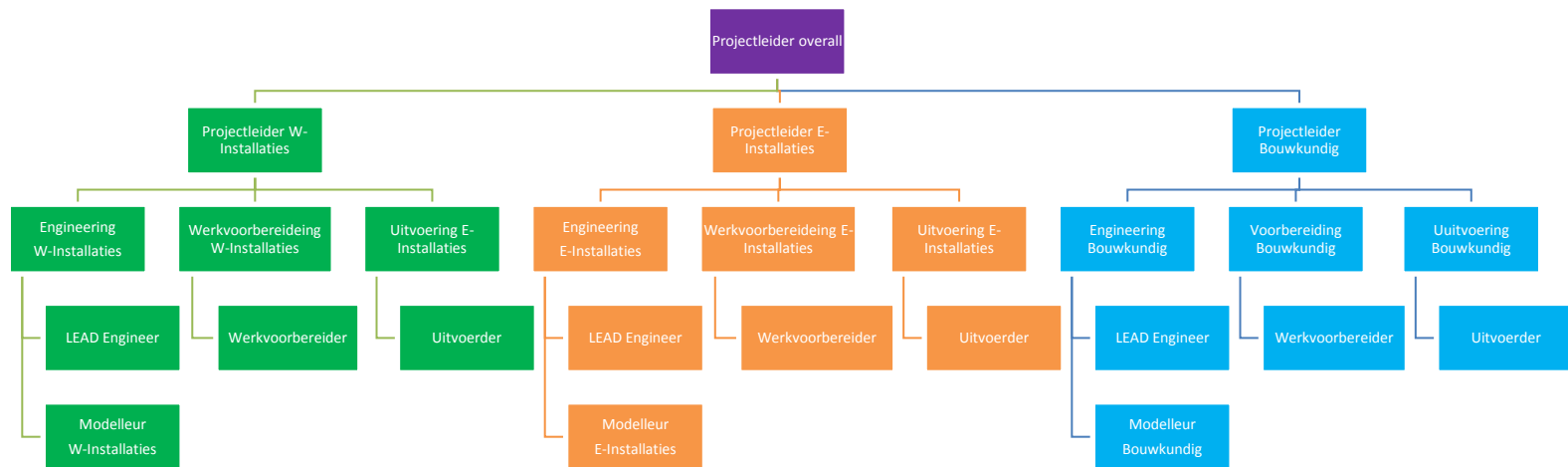
De samenstelling van de teams die samenwerken omtrent de uitvoering en de modellering staan hieronder afgebeeld:



Figuur 9: Teamsamenstelling ontwerp en engineering

Het modelleringsteam is verantwoordelijk voor het inrichten en beheren van het BIM model. BAM breed heeft als stelling ingenomen dat het BIM model volledig gereed is, nog voordat er gebouwd wordt. *“We make it before we make it.”* (BAM Infra, 2017)

Jothijs van Gaalen, BIM manager BAM Infra: *“Hierna simuleren we het bouwproces van aanvang tot oplevering. Zo kunnen we in het echt veel sneller en efficiënter bouwen. ‘We make it before we make it’ noemen we dat bij BAM”.* (BAM Infra, 2017) Zo weet men exact waar de knelpunten tijdens de uitvoering gaan komen. Hier kan men op voorhand al op inspelen. De bouw zal daarmee sneller en efficiënter moeten verlopen.



Figuur 10: Samenstelling projectteam

Zoals te zien is verweven BAM Advies en Engineering en BAM Bouw en Techniek – Projecten in elkaar wanneer er samen wordt gewerkt aan een project. BAM Bouw en Techniek – Projecten schakelt BAM Advies en Engineering in als partner. (Koninklijke BAM groep, Z.D.)

Al deze functies werken met elkaar samen. Verschillende partijen hebben kennis van verschillende onderdelen. Door met elkaar te overleggen en met elkaar te communiceren over deze kennis zal deze kennis moeten worden overgedragen.

5 Resultaten

Om alle actuele knelpunten in kaart te brengen zijn er met diverse personen interviews gehouden. In dit hoofdstuk wordt er antwoord gegeven op de deelvraag: *"Waar ontstaan de actuele knelpunten bij BAM Bouw en Techniek – Projecten?"*

5.1 Opzet interview

De meeste data die in dit onderzoek gebruikt wordt, komt uit de afgenomen interviews. Een interview is een vorm van een gesprek waarbij de onderzoeker vragen stelt over de ervaringen en opvattingen van de respondent omtrent de probleemstelling. De interviews werden allen mondeling, face to face, individueel gehouden. Dit gebeurde in vele gevallen op bouwlocatie zelf. Werkvoorbereiders en uitvoerders zijn daar meer aanwezig dan op kantoor. Het doel hiervan was het behalen van een hoge respons. (Baarda, 2016)

De interviews in dit onderzoek zijn semigestructureerd. Er is een topiclijst met onderwerpen en vragen is opgesteld, deze is terug te vinden in bijlage D. De topiclijst vormt een structuur maar er is ruimte om hierop af te wijken. Zo kunnen er gerichtere vragen gesteld worden om dichterbij de werkelijkheid te komen. Daarnaast kunnen onverwachte onderwerpen besproken worden. In dit onderzoek is deze flexibiliteit gebruikt en is niet ieder interview hetzelfde geweest. Dit heeft ook te maken met de uiteenloop van diversiteit van functies. (Baarda, 2016)

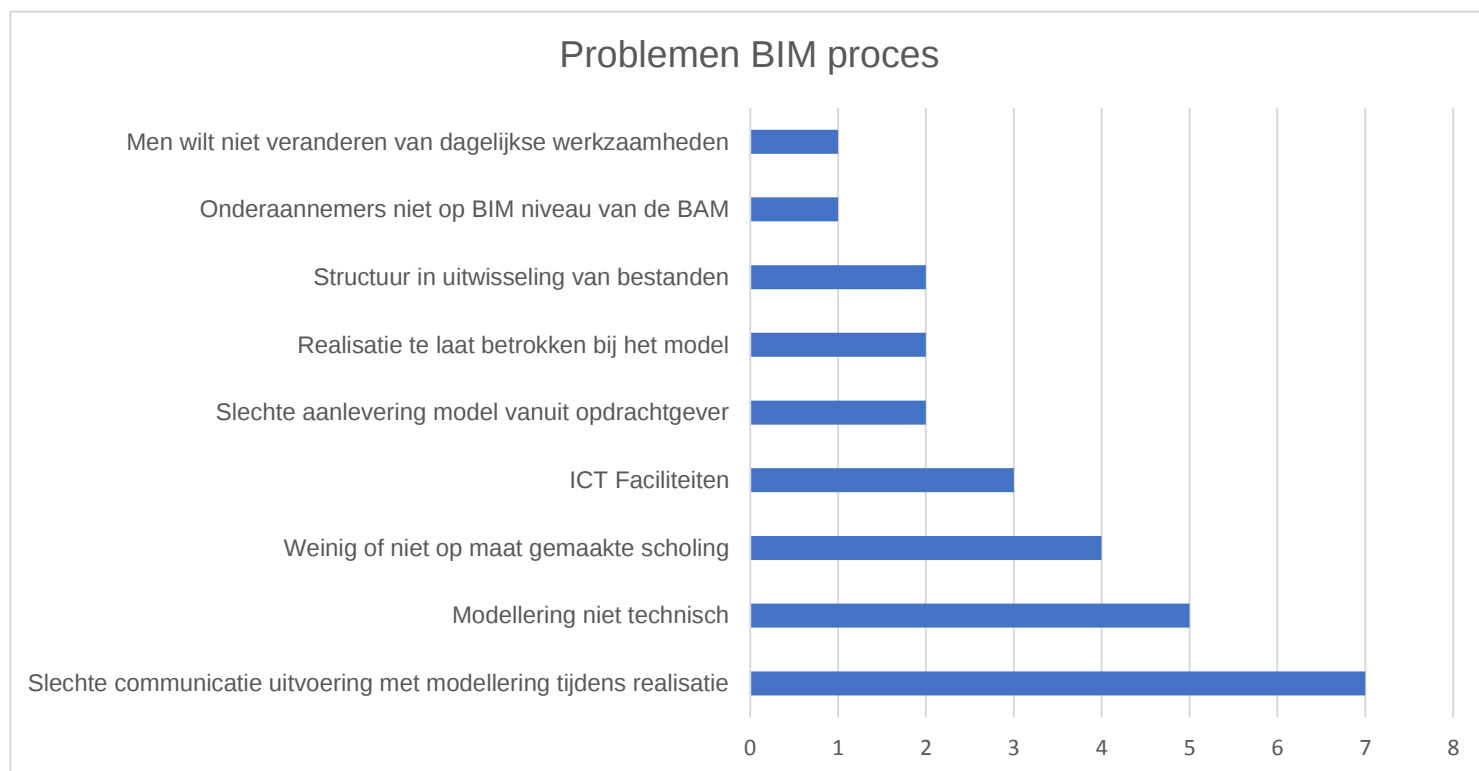
5.2 Respondenten & uitkomsten

Om een goed beeld over de werkelijkheid te hebben zijn er diverse personen geïnterviewd. Hierin zijn zowel mensen van BAM Bouw en Techniek – Projecten als BAM Advies en Engineering meegenomen. De functies hierbij liepen uiteen van uitvoerder tot BIM manager. In totaal zijn er 8 personen geïnterviewd. Onderstaand figuur geeft weer met wie er gesproken is.

Naam	Functie	Aantal
A. (Antonio) Censabella	Manager Realisatie	Wekelijks
T. (Timothy) Lievendag	BIM Manager	Eenmalig interview
J. (Jaco) Prins	Vakgroep leider bouwinformatica	Eenmalig interview
J. (Joshua) Hagen	Werkvoorbereider	Eenmalig interview
M. (Mark) van der Geest	Werkvoorbereider	Eenmalig interview
R. (Robert) van den Brink	Werkvoorbereider	Eenmalig interview
P. (Peter) de Kleuver	Uitvoerder	Eenmalig interview
B. (Brett) van Dalen	Uitvoerder	Eenmalig interview

Tabel 1: Namen en functies interviews

Het doel van de interviews was het inzichtelijk maken van de actuele knelpunten en waar deze ontstaan. Onderstaand figuur geeft weer welke problemen het meeste zijn aangekaart:



Figuur 11: Resultaten uit de praktijk

5.3 Probleemgrootte

Zoals in bovenstaand figuur is aangegeven zijn er meerdere problemen die spelen dan enkel het optimaliseren van de eindstukken van het BIM model. Aan de drie problemen die het meest worden aangegeven wordt kostenplaatje gehangen. Zo wordt inzichtelijk gemaakt welke het grootste is.

Voor deze kostenplaatjes wordt er een specifiek project van BAM Bouw en Techniek – Projecten als voorbeeld genomen. Hierbij zal de naam van het project niet genoemd worden in verband met gevoelige vertrouwelijke informatie. Het gaat hierbij om het project X:

- Slechte communicatie met modellering tijdens realisatie: hierdoor zullen investeringen niet tot hun recht komen en zal de tijdsplanning niet gehaald worden (denk hierbij bijvoorbeeld aan geprefabriceerd werk). Per dag dat de bouw uitloopt kost dit: €2.500, daarbij komen de investeringskosten nog bovenop. Voor het project X kostte dit: €10.000, daar waar de marge van het project rond de 0% ligt. Dit had dus €10.000 winst kunnen zijn. (BAM Bouw en Techniek - Projecten, 2019)
- Modellering niet technisch: hierdoor zullen diverse partijen opnieuw moeten gaan engineeren en modelleren. Dit bedrag zal ongeveer rond de €10.000 per incident liggen. Daar waar de marge van het project rond de 0% ligt. Ook dit had €10.000 winst kunnen zijn. (BAM Bouw en Techniek - Projecten, 2019)

- Weinig of niet op maat gemaakte scholing: hierdoor krijgen de uitvoerders niet inzichtelijk hoe zij bepaalde programma's moeten gebruiken. Zij zullen daarom werkvoorbereiders vragen om uitleg. Dit kost €160 per uur. Daarnaast wekt dit veel irritatie op bij de uitvoerders. Terwijl zij een belangrijke rol vervullen tijdens de realisatie. Wanneer zij een positieve kijk hebben op de werkmethode BIM zal dit het werk ten goede komen.

Met betrekking tot het probleem volgens de hypothese; de niet geoptimaliseerde eindproducten van het BIM model. Doordat er geen maten, codering en startpunt op de prefab tekeningen stonden, ontstonden er verwarringen en onduidelijkheden op de bouw. De faalkosten kunnen in relatie gezien worden met de faalkosten van de bovengenoemde problemen.

5.4 Resultaten vanuit hypothese

De hypothese van dit onderzoek heeft een relatie met de genoemde problemen uit de praktijk. Door de bovengenoemde problemen op te lossen zullen de eindproducten verbeteren. Momenteel zijn er al sessies gehouden met uitvoerders omtrent de eindproducten. Hierin konden zij aangeven welke informatie zij noodzakelijk op tekening moet staan. Hieruit volgde:

B-technisch:

- Belangrijkste project doorsnedes op de tekening van de plattegrond;
- Opbouw constructieve tekeningen, ankers, wapening, sparing;
- Grootte tekst van o.a. maatvoering;
- Snijpunten maatvoeren t.o.v. stramien;
- Uitstulpingen van het gebouw op een losse tekening;
- Uitstulpingen maatvoeren t.o.v. stramien.

W-technisch:

- Startpunt monteren;
- Stromingspijlen;
- Aanvoer & retour leidingen;
- Codering elementen;
- Hoogtematen elementen;
- Hart op hart maten elementen;
- Diameters elementen;
- Correspondentie tussen stukkenlijst en codering op tekeningen;
- Renvooi met symbolen en uitleg;
- Doorsnede van voor- en zijaanzicht.

E-technisch:

- Grootte tekst van o.a. maatvoering;
- Kleur en lijnpatroon meegeven voor verduidelijking;
- Details maatvoeren, afstemmen met bouwkundig;
- N.t.b. mag nooit vermeld staan op uitvoeringstekeningen;
- Tekst bij de componenten of symbolenlijst en armaturenlijst meesturen;
- Maatvoering per ruimte;
- Enkel de E-componenten op tekening.

5.5 Conclusie

De belangrijkste knelpunten zitten niet enkel in het optimaliseren van de eindstukken maar ook in de randzaken er omheen. De tekeningen van het BIM model hangen samen met de factoren van het proces. In de conclusie van dit onderzoek zal er onderscheid gemaakt worden tussen de problemen die nu geconstateerd zijn en de problemen vanuit de hypothese. Er zullen voor de geconstateerde problemen en voor de hypothese verschillende aanbevelingen en oplossingen opgesteld worden.

6 Conclusie

6.1 Hoofdvraag, kennisvraag en hypothese

Aan het begin van dit onderzoek is er een hoofdvraag, kennisvraag en hypothese opgesteld. De hoofdvraag luidde:

“Hoe kan BAM Bouw en Techniek - Projecten de uitvoerende faalkosten, die ontstaan door de BIM werkmethode, verminderen en de kwaliteit van het BIM model verhogen?”

De kennisvraag luidde als volgt:

“Hoe kan de aannemerij de faalkosten, die ontstaan door de BIM werkmethode, verminderen en de kwaliteit van het BIM model verhogen?”

De hypothese die in het begin van dit onderzoek is opgesteld volgde:

“Door de eindproducten van het BIM model (plattegronden, doorsneden, details etc.) te verbeteren zal de uitvoering de faalkosten verminderen en kwaliteit van het BIM model verhogen.”

Hiervan kan gesteld worden dat de hypothese gedeeltelijk klopt met de uitkomsten van het onderzoek. In de praktijk spelen meerdere problemen, zoals te zien is in figuur 11. Naast de optimalisering van de tekeningen moet er kritisch naar deze problemen gekeken worden.

De oplossingen en aanbevelingen van dit onderzoek is opgedeeld in twee delen. De conclusie op basis van de geconstateerde problemen en een conclusie op basis van de eerdere vastgestelde hypothese.

6.2 Oplossingen vanuit hypothese

Binnen BAM Advies en Engineering zal men meer samen moeten werken met de uitvoering. De uitvoerders weten exact wat er speelt op de werkvloer en weten wat er noodzakelijk op de tekeningen moeten komen te staan. Er moeten concretere tekenafspraken komen.

Voor de informatie die moet komen te staan op de tekeningen van het BIM model is bouwtechnisch een standaard, zie het model van Bouwend Nederland. Voor de informatie van de installatietechniek is geen standaard, toch heeft BAM Bouw en Techniek – Projecten de kennis en ervaring in huis om deze zelf op te stellen. Hier is al een begin gemaakt op bladzijde 25, ofwel de uitkomsten van het onderzoek.

6.3 Oplossingen vanuit resultaten

Tussen BAM Bouw en Techniek – Projecten en BAM Advies en Engineering spelen meer problemen dan enkel het optimaliseren van de eindproducten van het BIM model. Wanneer deze opgelost worden zal men een standaard template makkelijker kunnen implementeren binnen BAM. De drie grootste problemen die voortkomen uit de resultaten zijn:

Communicatie tijdens realisatie

Deze verbetering geldt voor tijdens de realisatie van het bouwproject. Men heeft niet tot nauwelijks een standaard vergadering met uitvoerders, werkvoorbereiders en modelleurs. Dit overleg is terug te vinden in *figuur 2: Proces modellering*. Wanneer dit structureel gebeurd zou dit in theorie €80 per persoon per week kosten. Tijdens dit werkoverleg zullen uitvoering werkvoorbereiding en modellering bespreken wat de huidige stand van zaken is omtrent het model, welke wijzigingen er plaats hebben gevonden in het BIM model, welke belangrijke gebeurtenissen/milestones op korte termijn plaats gaan vinden, bespreken van informatiebehoefte op tekeningen enzovoorts. Wanneer dit structureel wordt uitgevoerd, zullen de faalkosten van bijvoorbeeld prefab leidingwerk, bij project X €10.000, worden voorkomen.

Weinig technische kennis van de modelleurs

Zij zijn tegenwoordig heel erg gespecialiseerd in de verschillende programma's die de werkmethode BIM met zich meebrengt. Echter missen zij de technische kennis die in de bouw nodig is om te kunnen begrijpen wat er gemodelleerd wordt. Wanneer zij structureel met de voeten in de klei komen te staan, ontwikkelen zij een inzicht wat er nu ontbreekt. Men kan dit zien als een 'stage'. Afhankelijk van het aantal maanden zal de investering duurder uitpakken. Uitgaande van 3 maanden, kost dit €24.000. Aangezien men voor 50% productief is zal dit in totaal €12.000 kosten. Tijdens deze 'stage' gebruiken zij de tekeningen die ze zelf of collega's gemodelleerd hebben. Zo krijgen ze direct inzichtelijk waar de valkuilen zitten.

Scholing BIM voor uitvoering

Men zou er goed aan doen om de uitvoering een opfris moment te geven voordat het project begint. Tijdens dit moment zou men de verschillende programma's uitgelegd krijgen, dit gespecificeerd op vragen vanuit de uitvoerders. Zo weten de uitvoerders wat ze kunnen met de programma's en kan men op maat de uitleg daarover geven.

7 Discussie

Doordat dit rapport voornamelijk geschreven is vanuit het oogpunt van BAM Bouw en Techniek – Projecten, is dit hoofdstuk geschreven vanuit het oogpunt van BAM Advies en Engineering. Beide moeten samen verder met het inrichten en beheren van het BIM proces en model.

7.1 Samenwerking modellering en uitvoering

De uitvoering heeft behoefte aan tekeningen die voldoen aan de informatiebehoefte die zij stellen. Echter is er aan de andere kant behoefte van de modellering om eerder met de uitvoering te spreken over de invulling van het BIM model. Hierin zal BAM Bouw en Techniek – Projecten moeten inspelen om zo in een later stadium de problemen die momenteel spelen uit te kunnen sluiten. De visie van een uitvoerder is het belangrijkste voor de invulling van de tekeningen die uit het BIM model komen.

7.2 Modellering tijdens realisatie

Vanuit BAM Advies en Engineering vindt men het niet nodig dat de modellering aanschuift tijdens de realisatie. In theorie is het gebouw al virtueel gebouwd en zou het afgerond moeten zijn voordat er gebouwd gaat worden. De praktijk leert dat dit niet het geval is. Het model blijft veranderen, ook tijdens de realisatie.

7.3 Technische kennis modellering

Vanuit het oogpunt van BAM Advies en Engineering is het de vraag of de modelleur technische kennis moet hebben. Immers was er vroeger een lijntjestrekker die dezelfde rol als de modelleur invulde. Daarentegen is BAM Advies en Engineering het mee eens dat er geen programmeurs moeten worden aangenomen. De modelleurs zullen enige affiniteit met de bouw moeten hebben om zo binnen het werkveld te kunnen opereren.

Daarnaast is het de vraag wie er verantwoordelijk is voor hetgeen wat niet goed in het BIM model staat. In theorie controleert zowel de engineer en de projectleider het werk van de modelleur. Daarbij speelt de communicatie een grote rol. Ook de communicatie omtrent deze drie functies kan ter discussie worden gesteld. Voor hen geldt ook dat zij structureel moeten controleren of alles binnen de inrichting van het model klopt.

8 Aanbevelingen

8.1 Aanbevelingen

Om BAM Bouw en Techniek – Projecten te ondersteunen in het bereiken van de doelen staan in dit hoofdstuk de aanbevelingen omtrent het optimaliseren van het BIM proces en model. De volgende aanbevelingen zijn van toepassing na de resultaten van dit onderzoek:

- Communicatiestructuur binnen BAM;
- Kennisdeling binnen BAM.

8.2 Communicatiestructuur binnen BAM

Vanuit BAM werkt men volgens diverse protocollen en processen die ingericht zijn in een online omgeving: BAM map. Echter is het niet duidelijk welke overleggen wanneer gevoerd moeten worden tussen welke disciplines. BAM zou een integrale overlegstructuur moeten aanbrengen in BAM map, zodat iedereen de juiste personen spreekt, om zo de juiste kennis te vergaren.

8.3 Kennisdeling binnen BAM

Tijdens dit onderzoek bleek dat er veel kennis is bij zowel BAM Bouw en Techniek – Projecten als bij BAM Advies en Engineering. Beide hebben elkaar nodig voor het realiseren van een bouwproject. Echter blijkt dat men op sommige momenten niet de juiste kennis in huis heeft die de ander juist wel heeft. Men zou er goed aan doen om dit een keer de kennisdeling onderling te onderzoeken.

Dit zou bijvoorbeeld bewerkstelligd kunnen worden door na ieder bouwproject een feedback moment in te plannen met zowel modellering als uitvoering. Door ieder project de data van de informatiebehoefte te verzamelen zal BAM in staat moeten zijn om een standaard zelf te ontwikkelen.

Bibliografie

- Baarda, B. (2016). *Dit is onderzoek!* Groningen: Noorhoff Uitgevers.
- BAM Bouw en Techniek - Projecten. (2019, mei 13). UPR Rapportage Maart 2019. Bunnik, Utrecht, Nederland: BAM Bouw en Techniek - Projecten.
- BAM Infra. (2017, november 29). *BAM Infra eerste aannemer ter wereld BIM Level 2 gecertificeerd, voor bouw én assetmanagement*. Opgehaald van www.baminfra.nl:
<https://www.baminfra.nl/nieuws/bam-infra-eerste-aannemer-ter-wereld-bim-level-2-gecertificeerd-voor-bouw-en-assetmanagement>
- BAM Infra. (2017, oktober 11). *www.baminfra.nl*. Opgehaald van We make it before we make it:
<https://www.baminfra.nl/nieuws/we-make-it-before-we-make-it>
- BIM Advies. (2019, maart 1). *BIM level 2; Bent u er klaar voor?* Opgehaald van
<https://www.bimadvies.com/bim/bim-level-2/>: <https://www.bimadvies.com/bim/bim-level-2/>
- Eck, E. v. (2019). *BIM level 2; Bent u er klaar voor?* Opgehaald van Tauw:
<https://www.tauw.nl/actueel/blogs/bim-level-2;-bent-u-er-klaar-voor.html>
- Eynon, J. (2016). UK BIM Level 2: Key documents. In J. Eynon, *Construction manager's BIM handbook* (p. 230). Chichester: Wiley Blackwell.
- Itannex. (Z.D.). *BIM Levels*. Opgehaald van www.itannex.com: <https://www.itannex.com/bim/bim-levels/>
- Koninklijke BAM groep. (Z.D.). BAM Map. Bunnik, Utrecht, Nederland.
- The British Standard Institution. (2018). *Little book of BIM*. Londen: British Standards Limited.
- The British Standards Institution. (2013). *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*. Londen: BSI Standards Limited.
- The British Standards Institution . (2016). *Collaborative production of architectural, engineering and construction information - Code of practice*. Londen: BSI Standards Limited.
- The British Standards Institution. (2014). *Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling*. Londen: BSI Standards Limited.
- The British Standards Institution . (2014). BS 1192-4:2014. In T. B. Institution, *Collaborative production of information* (p. 58). Chichester: The British Standards Institution .
- Tieleman, J., van Angelen, F., Daru, R., Dekker, E., Hemels, A., van Hoof, P., . . . van Wingerden, A. (2007). *Kwaliteit van tekenwerk in de bouw*. Zoetermeer: Stichting Research Rationalisatie Bouw.

van Gulijk, S., & Neerhof, A. (2014). *Constructieve veiligheid: een onderzoek naar communicatie en borging in bouwprocessen*. Hoofddorp: Reprorecht.