

Voldoen aan prestatie-eisen met behulp van BIM



Een procesvoorstel voor het verifiëren en valideren van het ontwerp op basis van prestatie-eisen ondersteund door BIM.

Afstudeeronderzoek Teun van Schijndel

April 2012

Bouwkunde, TU Delft

Voldoen aan prestatie-eisen met behulp van BIM

Een procesvoorstel voor het verifiëren en valideren van het ontwerp op basis van prestatie-eisen ondersteund door BIM.

Faculteit	Bouwkunde, Technische Universiteit Delft Master: Real Estate & Housing Specialisatie: Design & Construction Management
Student	Naam: Teun van Schijndel Studienr.: 1257951 E-mail: teun.vanschijndel@gmail.com Telefoon: 06-14009622
Eerste mentor	dr. ir. A. Koutamanis vakgebied: informatiemanagement en automatisering
Tweede mentor	dr. ir. D.J.M. van der Voordt vakgebied: programmeren en methodologie
Gecommitteerde	dr. A.M. Fernandez Maldonado
Praktijkbegeleider	ir. H. van der Horst Rijksgebouwendienst
Datum:	10 april 2012

Inhoudsopgave

Voorwoord	7
Leeswijzer	8
Samenvatting	9
Summary	13
Afkortingen en definities	25
1.Onderzoeksopzet	29
1.1.Aanleiding onderzoek	29
1.2.Introductie onderzoek	30
1.2.1.Introductie prestatie-eisen	30
1.2.2.Introductie BIM	31
1.3.Probleemsignalering	33
1.4.Onderzoeksvragen	37
1.5.Hypothese en premisse	37
1.6.Relevantie onderzoek	38
1.7.Doelstelling onderzoek	39
1.8.Methodieken en onderzoeksdesign	40
2.Prestatie-eisen	42
2.1.Outputspecificatie	42
2.2.Specificatie theorieën	43
2.2.1.Nordic Five Level Structure / Rijksgebouwendienst	43
2.2.2.SBR 258	44
2.2.3.Problem-Seeking Methode	46
2.2.4.Samenhang tussen specificatietheorieën	50
2.3.Praktische toepassing NFLS bij de Rijksgebouwendienst	53
2.3.1.Niveau 1: Doelstellingen	55
2.3.2.Niveau 2: Functionele concepten	58
2.3.3.Niveau 3: Prestatie-eisen	60
2.3.4.Niveau 4: Verificatie methoden	71
2.3.5.Niveau 5: Referenties	72
2.4.Conclusies	73
2.4.1.Activiteiten x gebruikers methode	75
2.4.2.Antwoord 1: prestatie-eisen	77
3.BIM	82
3.1.BIM definitie	82
3.2.BIM levenscyclus	84
3.2.1.Dynamisch en actueel versus statisch en gedateerd	87
3.3.Opbouw van een BIM model	88
3.4.Abstractieniveaus in ontwerp in relatie tot de informatie in BIM	91
3.4.1.Vlekkenplan / Massastudie	91
3.4.2.Schetsontwerp (SO)	91
3.4.3.Voorlopig ontwerp (VO)	92
3.4.4.Definitief ontwerp (DO)	93
3.4.5.Bestek en realisatie	93
3.5.Feedforward en feedback in BIM	94
3.5.1.Feedforward	94
3.5.2.Feedback en Pre-Occupancy Evaluation	95
3.5.3.Mapping van elementen	101
3.6.Ketenintegratie in de beoordeling van het ontwerp	102
3.7.Conclusies	105

4.Koppeling van prestatie-eisen aan BIM	108
4.1.Bottleneck 1: efficiëntie in beoordeling van het ontwerp	108
4.2.Bottleneck 2: informatiebehoefte onder betrokken partijen	110
4.3.Bottleneck 3: moment van beschikbaarheid van informatie	111
4.4.Nuanceren in verificatie en validatie met BIM	118
4.5.Conclusies	121
5.Conclusies, aanbevelingen en reflectie	123
5.1.Conclusies	123
5.1.1.Antwoord 1: prestatie-eisen	124
5.1.2.Antwoord 2: ondersteuning door BIM	125
5.2.Discussie	126
5.2.1.Aanbevelingen IBR	126
5.2.2.Programmeer principes Pena en Parshall	128
5.2.3.Overige discussie	129
5.3.Potentie en aandachtspunten van het procesvoorstel	131
5.3.1.Potentie van het procesvoorstel	131
5.3.2.Aandachtspunten van het procesvoorstel	132
5.3.3.Advies aan de Rijksgebouwendienst	137
5.4.Aanbevelingen vervolgonderzoek	139
5.4.1.Toepassing van het procesvoorstel	139
5.4.2.Onderbouwend onderzoek	140
5.4.3.Aanvullend onderzoek	141
5.5.Epiloog	143
Literatuur	144

Voorwoord

Dit rapport is geschreven in het kader van het afstudeeronderzoek “voldoen aan prestatie-eisen met behulp van BIM”. Het onderzoek is uitgevoerd aan de faculteit Bouwkunde op de Technische Universiteit Delft. Het onderwerp is verbonden aan de master richting Real Estate & Housing, specialisatie Design & Construction Management.

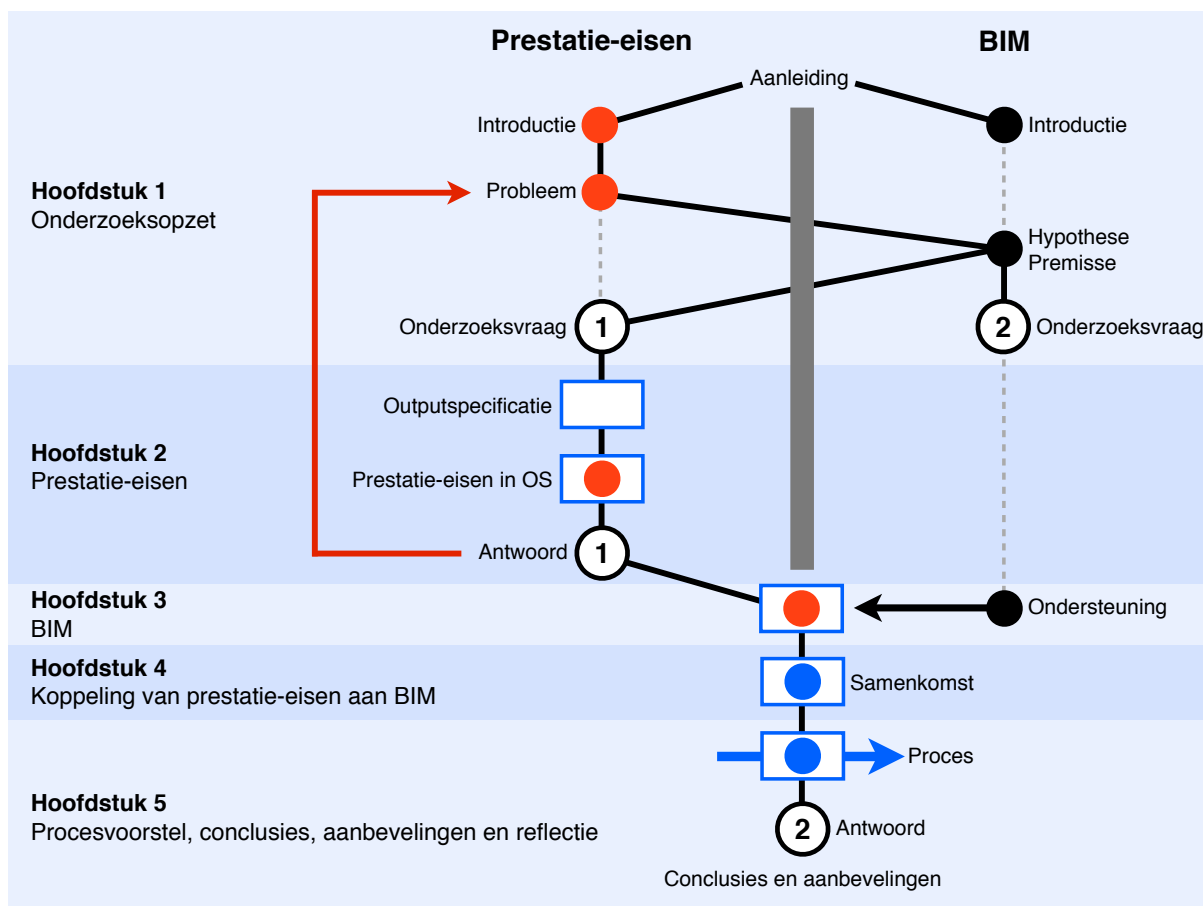
Het onderzoek speelt in op twee trends die momenteel wereldwijd in de bouw een steeds prominentere rol innemen; het gebruik van prestatie-eisen en het gebruik van BIM. Ik hoop dat dit onderzoek een goede stap kan zetten in de huidige kennis van dit vakgebied door in een combinatie tussen prestatie-eisen en BIM de potentie van beide elementen te versterken. Het rapport is bedoeld voor alle ketenpartners die in de bouw actief zijn, zowel aan de kant van de opdrachtgever als aan de kant van de opdrachtnemer. In een goede samenwerking tussen opdrachtgever als opdrachtnemer kan de potentie van het procesvoorstel volledig worden benut.

Het doorlopen afstudeerproces van begin tot conclusies is een uitdagend en dynamisch proces geweest. Doordat er gedurende het onderzoek meer bekend werd over zowel prestatie-eisen als BIM, zoals het uitreiken van de ‘Rgd BIM norm’ tegen het einde van mijn afstudeerstage bij de Rijksgebouwendienst, is er voortdurend bijgeschaafd aan de hand van nieuwe input en kennis. Mijn dank gaat allereerst uit naar mijn mentoren Alexander Koutamanis en Theo van der Voordt. Zowel inhoudelijk als methodologisch bleken mijn mentoren een sterk en kritisch team dat mij heeft uitgedaagd het beste uit mezelf en het onderzoek te halen. Daarnaast gaat mijn dank uit naar de personen die mij hebben gesteund binnen de Rijksgebouwendienst, in het bijzonder mijn praktijkbegeleider Hans van der Horst. Verder hebben in het voortraject en gedurende het onderzoek de PhD kandidaten Saman Mohammadi en Niel Slob mij geïnspireerd met kritische vragen, opmerkingen en enthousiasme. Tenslotte mogen in dit dankwoord mijn huisgenoten, studiegenoten, vrienden, ouders en broer niet ontbreken die mij gedurende het afstudeerproces altijd hebben gesteund en voor interessante discussies hebben gezorgd.

Teun van Schijndel
Delft, april 2012

Leeswijzer

Figuur L.1 geeft de opbouw van het rapport weer.



Figuur L.1. Opbouw van het rapport. Bron: eigen werk.

Hoofdstuk 1. De onderzoeksopzet

Na de aanleiding van het onderzoek worden de primaire elementen van het onderzoek geïntroduceerd: prestatie-eisen en BIM. Wat volgt is een probleemsignalering en premisse die de basis vormen voor de twee onderzoeksvragen.

Hoofdstuk 2. Prestatie-eisen

In hoofdstuk 2 wordt dieper ingegaan op prestatie-eisen. Allereerst wordt duidelijk gemaakt hoe de prestatie-eisen in het contract –de outputspecificatie– worden opgenomen. Vervolgens wordt de werkwijze van de Rijksgebouwendienst vergeleken met andere bestaande theorieën over het opstellen van PvE's om meer inzicht te krijgen in de opbouw van de outputspecificatie. Vraag 1 wordt beantwoord.

Hoofdstuk 3. BIM

BIM wordt verder toegelicht. Onder andere de ontleding/opbouw en de abstractieniveaus die een BIM model doorloopt in het ontwerpproces komen ter sprake.

Hoofdstuk 4. Koppeling van prestatie-eisen aan BIM

In hoofdstuk 4 komen de prestatie-eisen en BIM samen. De opbouw van beide elementen wordt naast elkaar gelegd en aan elkaar gekoppeld.

Hoofdstuk 5: Procesvoorstel, conclusies, aanbevelingen en reflectie

De in hoofdstuk 4 omschreven koppeling is geen garantie voor het benutten van de potentie van een eventuele koppeling. Daarvoor is een ondersteunend proces nodig, toegelicht in dit hoofdstuk. Uit het procesvoorstel volgen de conclusies en aanbevelingen.

Samenvatting

Voldoen aan prestatie-eisen met behulp van BIM

Een procesvoorstel voor het verifiëren en valideren van het ontwerp op basis van prestatie-eisen ondersteund door BIM.

Aanleiding

De aanleiding van het onderzoek is het mondiaal door overheden versneld doorvoeren van twee ontwikkelingen:

1. Aanbesteden op basis van *prestatie-eisen*;
2. Het gebruik van *BIM* als ondersteunend middel.

Ook de Nederlandse overheid heeft de intentie deze twee ontwikkelingen door te voeren, waardoor prestatie-eisen en BIM zijn aangereikt vanuit de Rijksgebouwendienst (Rgd). Een sprekend voorbeeld voor het willen doorvoeren van BIM –Bouwwerk Informatie Modelleren– is het uitreiken van de ‘Rgd BIM norm’ op 1 november 2011.

Prestatie-eisen

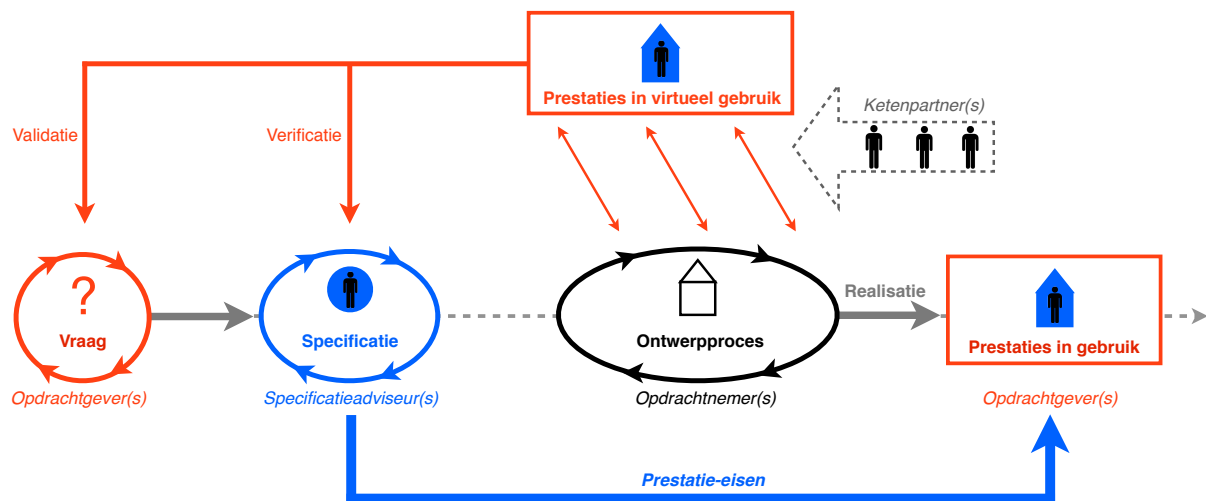
Door middel van prestatie-eisen wordt niet meer geformuleerd *hoe* een bouwwerk eruit moet zien, maar *wat* het bouwwerk moet kunnen in gebruik, beheer en exploitatie: de prestaties van het bouwwerk. De reden waarom de Rgd prestatiegericht wil specificeren is om het gegeven dat de prestatiebenadering in gebouwen in toenemende mate wereldwijd herkend wordt als dé weg om te komen tot verbetering en innovatie in product- en procesontwikkeling (Zeegers en Ang 2003).

BIM

BIM staat voor Building Information Modeling, of in het Nederlands: Bouwwerk Informatie Modelleren. BIM is een veelomvattende term met inmiddels vele verschillende definities. In dit onderzoek wordt de volgende –eigen– definitie gehanteerd: “Het proces waarin één parametrisch opgebouwde elektronische en interoperabele database, de BIM database, de continuïteit van de informatiestroom borgt in de levenscyclus van een bouwwerk en alle relevante datasets vanuit BIM modellen gedurende de levenscyclus integreert.”.

Probleem

Het probleem met het toepassen van prestatie-eisen is dat dit leidt tot *onzekerheid* onder betrokken partijen, prestatie-eisen schrijven namelijk niet meer expliciet ontwerp oplossingen voor. Met andere woorden, er ontstaat een strikte scheiding tussen specificeren en ontwerpen. Door deze onzekerheid kan de potentie van prestatie-eisen in praktijk niet volledig worden benut. Aan de hand van figuur 1 wordt het probleem nader toegelicht.



Figuur S.1.1. Verificatie en validatie van het ontwerp op basis van prestatie-eisen. Bron: eigen werk.

Figuur S.1.1 geeft het toetsingsproces weer dat plaatsvindt in het ontwikkelproces tussen de gebruikersvraag, prestatie-eisen (contractueel opgenomen in de outputspecificatie) en het ontwerp. Omdat prestatie-eisen niet meer expliciet ontwerp oplossingen voorschrijven vindt er in het ontwerpproces een vertaalslag plaats van de ontwerp oplossingen naar prestaties in virtueel gebruik. Deze vertaalslag is momenteel een handmatig proces en daardoor zeer tijdrovend. Omdat de gebruikersvraag, de eisen en het ontwerp dynamisch zijn gedurende het ontwerpproces vormt de toetsing tijdtechnisch een té grote bottleneck waardoor het praktisch niet haalbaar is om een ontwerp volledig te baseren op uitsluitend prestatie-eisen. In het verifiëren en valideren van een ontwerp gebaseerd op prestatie-eisen zijn zodoende drie bottlenecks geformuleerd die dienen te worden aangepakt:

- **Bottleneck 1: efficiëntie in beoordeling van het ontwerp;**
- **Bottleneck 2: voorzien in de informatiebehoefte onder de betrokken partijen en ketenpartners;**
- **Bottleneck 3: het moment van beschikbaarheid van informatie in het ontwerpproces.**

Onderzoeksvragen, hypothese en premisse

Vanuit de aanleiding en probleemsignalering zijn twee onderzoeksvragen geformuleerd:

Vraag 1: Prestatie-eisen

Welke informatie is nodig voor het verifiëren en valideren van het ontwerp gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus?

Vraag 2: Ondersteuning door BIM

Kan BIM ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces van het ontwerp gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus?

De gestelde hypothese luidt: 'BIM kan ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces waardoor het haalbaar wordt een passend ontwerp te realiseren gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen'. Deze hypothese komt voort uit de verwachting dat door het gebruik van BIM de hoeveelheid relevante informatie in het proces kan toenemen en daarmee de onzekerheid onder de betrokken partijen in het ontwikkelproces afneemt.

De premisse van het onderzoek is dat de combinatie van het toepassen van prestatie-eisen en BIM leidt tot een verhoging van kwaliteit en een verlaging van kosten. Deze premisse is gesteld aan de hand van de top-10 maatregelen om vermijdbare kosten binnen de bouw te verminderen, gepubliceerd in het Bouwkennis Jaarrapport Nederland 2010/2011.

Koppeling van prestatie-eisen aan BIM

Nadat onderzoeksvraag 1 is onderzocht en beantwoord kunnen door de koppeling van prestatie-eisen aan BIM de drie bottlenecks worden aanpakt.

Bottleneck 1: efficiëntie in beoordeling van het ontwerp.

De benodigde efficiëntie om bottleneck 1 aan te pakken wordt bereikt door automatisering met behulp van BIM analysemodellen. Het analyseproces kan worden versneld van dagen naar enkele seconden (Sanguinetti, Abdelmohsen et al. 2012). Een praktisch voorbeeld hiervan is de door Eastman en Teicholz (2008) uitgevoerde Hillwood Commercial project case study. Deze studie citeert het bewijs dat calculatie met BIM vroeg in het ontwerp kan resulteren in een 92% tijdreductie in de productie van een calculatie met slechts 1% variantie tussen de handmatige en BIM-gebaseerde processen.

Bottleneck 2: voorzien in de informatiebehoefte onder betrokken partijen en ketenpartners.

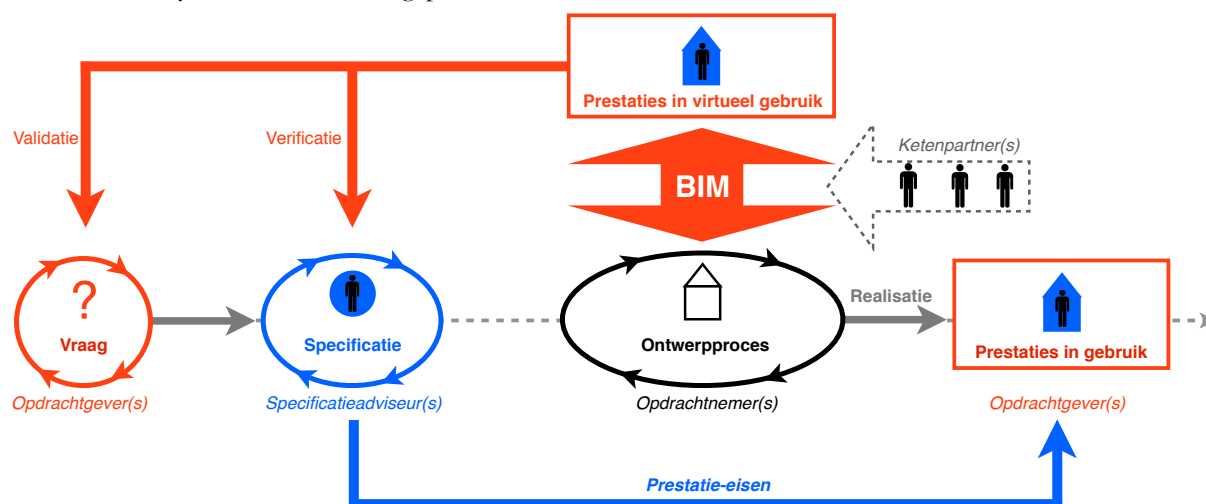
In de informatiebehoefte van de betrokken partijen en ketenpartners wordt voorzien doordat de partijen door de interoperabiliteit van BIM zélf het ontwerp kunnen beoordelen op de aspecten waarvan zij verstand hebben en voor hen relevant zijn.

Bottleneck 3: het moment van beschikbaarheid van informatie in het ontwerpproces.

Om te bepalen op welk moment in het ontwerpproces voldoende informatie beschikbaar is voor toetsing is een koppeling gemaakt tussen de inhoud van de outputspecificatie versus de opbouw van een BIM ontwerpmodel. Daarbij kan aan de hand van abstractieniveaus in het ontwerpproces worden bepaald wanneer in het BIM ontwerp voldoende informatie beschikbaar is voor toetsing. Uit de koppeling blijkt dat op het moment dat relaties tussen plekken in bouwwerken in het ontwerpmodel expliciet zijn, het ontwerp toetsbaar op basis van de *gehele* outputspecificatie. Dit moment is het voorlopig ontwerp (VO). Dit is op tijd in het ontwerpproces; er kan nog worden bijgestuurd op de onzekerheden van betrokken partijen.

Conclusies en aanbevelingen

Met de toepassing van BIM worden de drie bottlenecks in het toetsen van het bouwwerk weggenomen; BIM kan een solide verbinding tussen het ontwerp en de prestaties in virtueel gebruik vormen – een essentiële katalysator in het toetsingsproces.

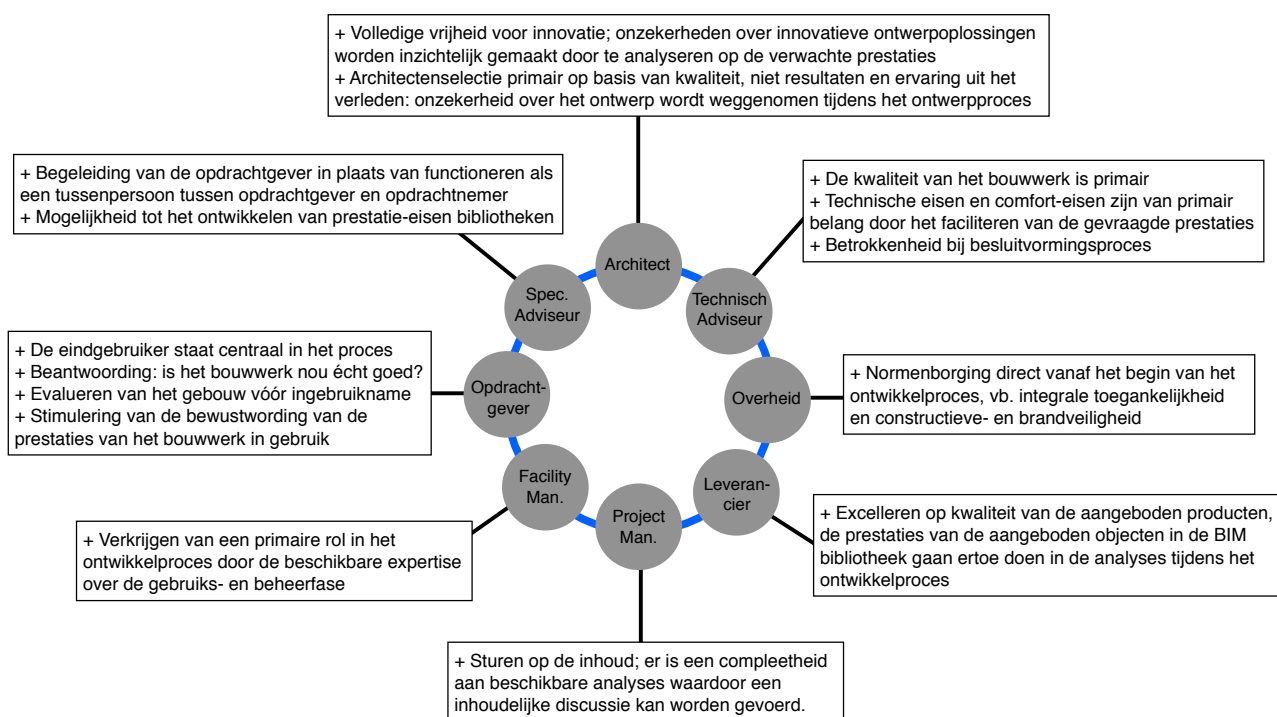


Figuur S.1.2. Procesvoorstel. Bron: eigen werk.

In het in figuur S.1.2 weergegeven toetsingsproces wordt het met BIM als ondersteunend middel haalbaar om een passend ontwerp te realiseren gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen – een bevestiging van de hypothese. Dit brengt potentie en aandachtspunten met zich mee. De potentie die met het onderzoek mogelijk is gemaakt is algemeen voor het proces omschreven en individueel voor de ketenpartners. Begonnen wordt met de potentie die ik verwacht voor het algemene proces:

1. Een verlaging van de onzekerheid met betrekking tot het voldoen aan de prestatie-eisen in het ontwikkelproces onder alle betrokken partijen. De eindgebruiker staat hierin centraal. Het beoogde effect hiervan is een vermindering van –ongewenste– verrassingen bij realisatie en ingebruikname van het bouwwerk, gevolgd door minder problemen en mutaties tijdens realisatie en ingebruikname, met uiteindelijk een positief effect op het verminderen van vermijdbare kosten. De premisse van het onderzoek.
2. Een over het algemeen betere kwaliteit van het bouwwerk; normen voor bijvoorbeeld toegankelijkheid en brandveiligheid kunnen automatisch worden geborgd en het bouwwerk is virtueel al geëvalueerd vóór ingebruikname. Er zouden geen verrassingen meer moeten tijdens realisatie en ingebruikname.
3. Ketenintegratie door het vroeg in het ontwerpproces betrekken van ketenpartners in het beoordelen van het bouwwerk en deelname aan het besluitvormingsproces.
4. Het ontwikkelen van meer kennis over de gebruiker en de gebouwde omgeving door het vergelijken van Pre-Occupancy Evaluation (evaluatie vóór ingebruikname) met Post-Occupancy Evaluation (evaluatie na ingebruikname).
5. Een efficiënter ontwikkelproces met een tijdbesparing in het toetsen, plannen en inregelen van het bouwwerk. Op het moment dat het bouwwerk af is, is een compleet gebouwbeheerssysteem gereed inclusief de gevraagde prestatie-eisen die er dan écht toe gaan doen in de monitoring van het bouwwerk. Hiernaast kan informatie omtrent het presteren van het bouwwerk in de ‘BIM database as built’ beschikbaar worden gesteld voor herinrichting of herontwikkeling van het bouwwerk, wat ook hier voor efficiëntie kan zorgen.

De potentie individueel per ketenpartner is samengevat weergegeven in figuur S.1.3.



Figuur S.1.3. Potentie van het procesvoorstel voor ketenpartners. Bron: eigen werk.

Concluderend, het in dit onderzoek voorgestelde proces is een rationeel en evolutionair proces door (1) binnen twee door de Rgd gecreëerde kaders te blijven, (2) de potentie binnen deze kaders afzonderlijk volledig te benutten, en (3) de kaders samen te brengen. Anders geformuleerd past het procesvoorstel binnen de huidige visie en strategie van de Rijksgebouwendienst waardoor het voorgestelde proces met de huidige beschikbare kennis en middelen niet utopisch is maar volledig toepasbaar.

Summary

Meeting performance requirements using BIM

A process proposal for verifying and validating the design based on performance requirements supported by BIM.

Abstract

Keywords: BIM, performance requirements, verification and validation, supply chain integration, process innovation.

Testing the design to performance requirements using BIM –Building Information Modeling- brings a great potential for every party involved in the development process. It is possible for all supply chain partners, including end users, to be involved in assessing the design and thereby actively participate in the decision making process directly from the start of the design process. To maximize this potential a process proposal is developed which is fully applicable with the current available resources.

Content

The summary is structured with reference to figure S.1. The summary begins with the occasion leading to the introduction of the two primary elements of the research –performance requirements (shown as red dots) and BIM (Building Information Modeling, shown as black dots)–. After the introduction the problem and the premise follow, which form the basis of the two research questions. The research questions lead to the explanation of the the structure and contents of the output specification (shown as blue box) will be explained, with feedback to the problem. The assembly of performance requirements and BIM is the next step leading to the conclusions and recommendations as final part of the summary.

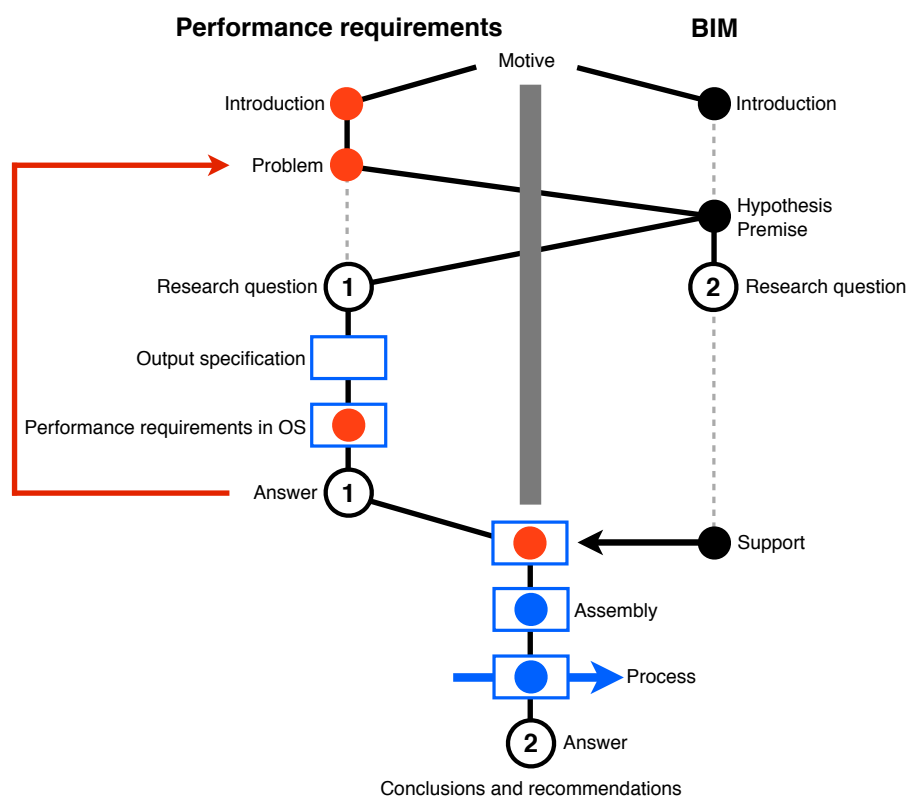


Figure S.1. Guide of the summary. Source: own work.

Motive

The motive for the commissioning of the research is the globally accelerated implementation of two developments by governments:

1. Tendering based on *performance requirements*;
2. The use of *BIM* as a supportive means.

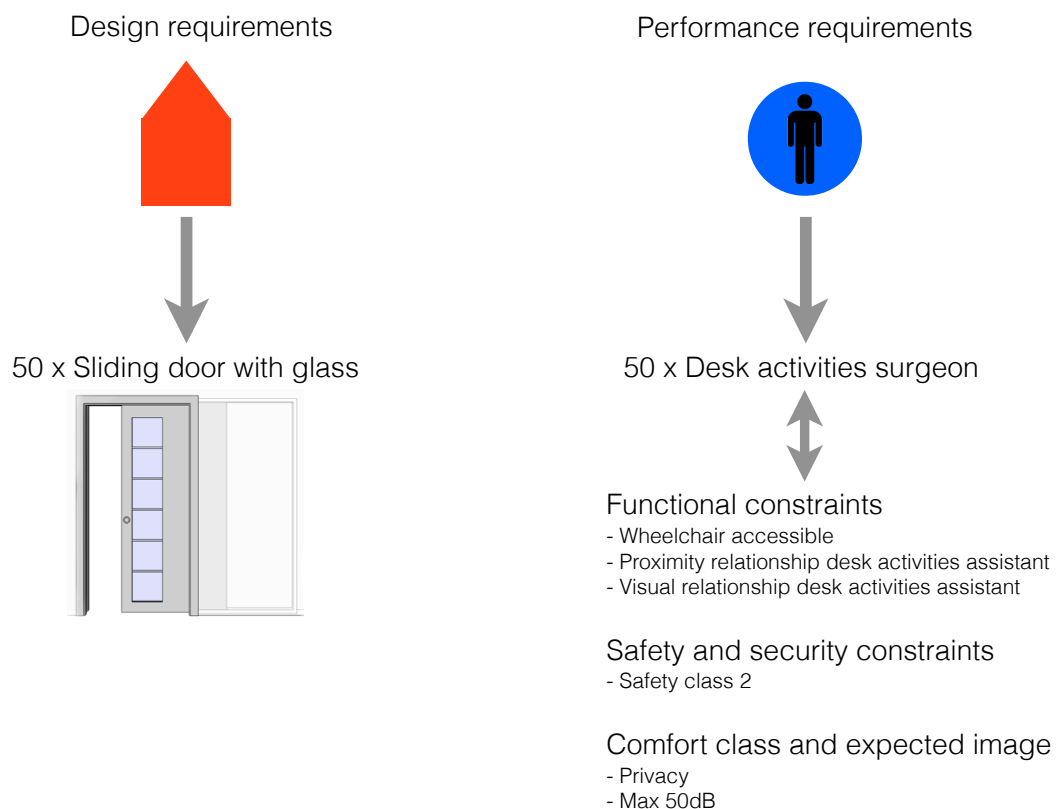
The Dutch government intends to implement these two developments, which elements have been given from the Government Buildings Agency (GBA). A striking example for the demanded implementation of Building Information Modeling (BIM) is the awarding of the 'Rgd BIM norm' (in English: 'GBA BIM standard') on November 1, 2011.

First performance requirements will be introduced, the introduction of BIM follows afterwards.

Performance requirements

By means of performance requirements, it is not defined *how* a building should look like, but *what* the building should be able to be used for: the performance of the building. The reason why the GBA aims to specify using the performance approach is because of the fact that the performance approach in building is worldwide increasingly recognized as the basic road to achieve improvement and innovation in product and process development (Zeegers and Ang 2003).

The difference between the performance approach and the conventional approach, which implements design requirements— is in fact that design requirements make explicit relevant physical solutions, specifying what has to be built. Performance requirements are limited to the idea and reason behind a design requirement. A simple example is given in figure S.2.



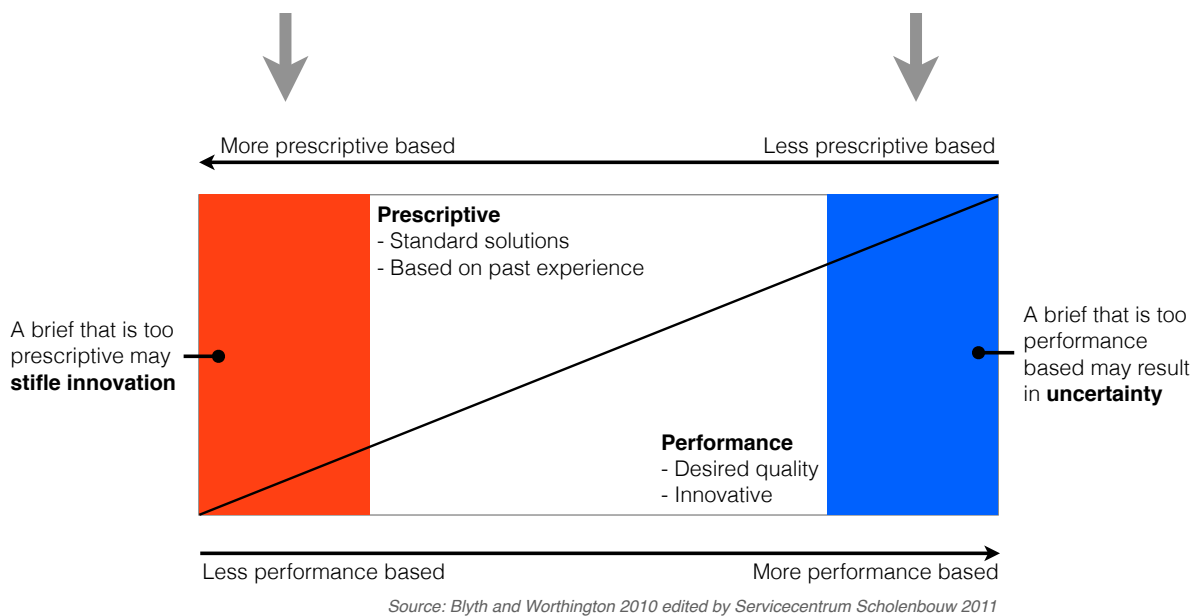


Figure S.2. Difference between performance requirement and design requirements. Source: own work with (Blyth en Worthington 2010) edited by (Servicecentrum Scholenbouw 2011).

BIM

BIM is an abbreviation for Building Information Modeling. BIM is a broad term with currently many different definitions. This study uses the following: "The process in which a parametric accrued electronic and interoperable database, the BIM database, the continuity of information guarantees the life cycle of a building and all relevant data sets from BIM models throughout the lifecycle integrates". The emphasis in this definition is put on BIM as a process. In this process, interoperability of applied BIM models is essential. Interoperability is a property of a product or system, whose interfaces are completely understood, to work with other products or systems, present or future, without any restricted access or implementation (AFUL 2011). Using the interoperable interaction between systems and products, it becomes possible to work together in one database. Figure S.3 shows how the operation of a BIM process looks like. Distinction is made between the 'BIM database as designed' and 'BIM database as built'. In the 'BIM database as designed', information is integrated during the development process, in the 'BIM database as built' information is integrated with respect to management, use and exploitation of the structure, in other words, BIM as versatile building management system. Actors in the process are able to use BIM models of their own choice and preference to add, edit or review information in the BIM database.

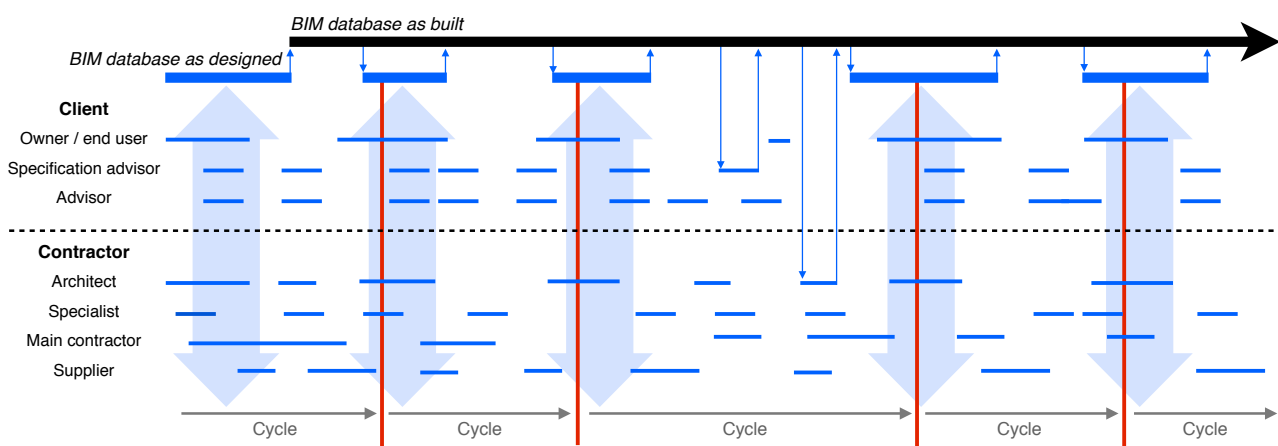


Figure S.3. BIM process. Source: own work.

Introduction to the problem

This study is done to address the problem of uncertainty among stakeholders. Due to the uncertainty implicit in using performance requirements, the full potential of performance requirements may not be utilized. figure S.4 illustrates the mechanism that creates this uncertainty.

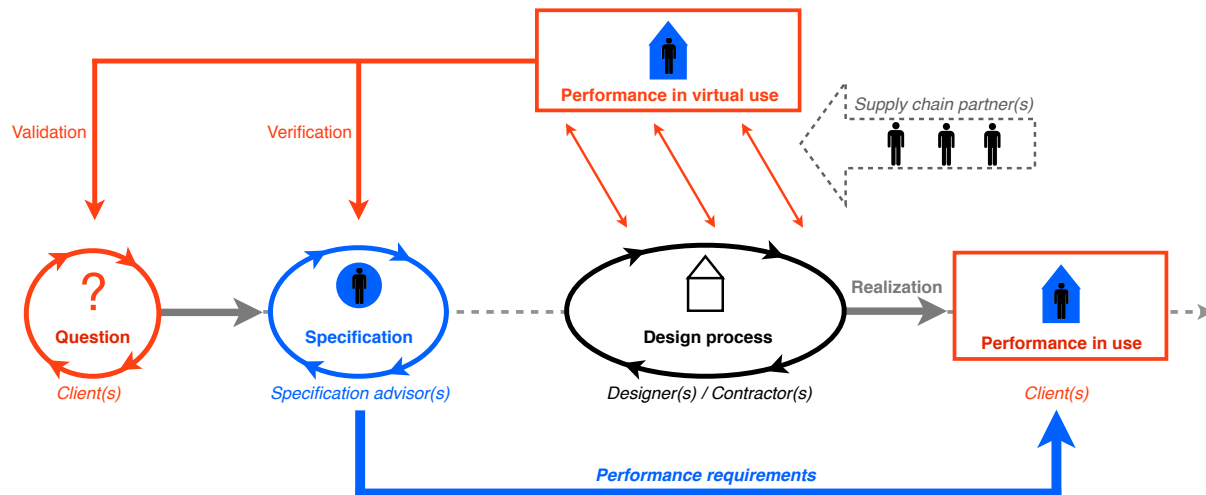


Figure S.4. Verification and validation of performance requirements. Source: own work.

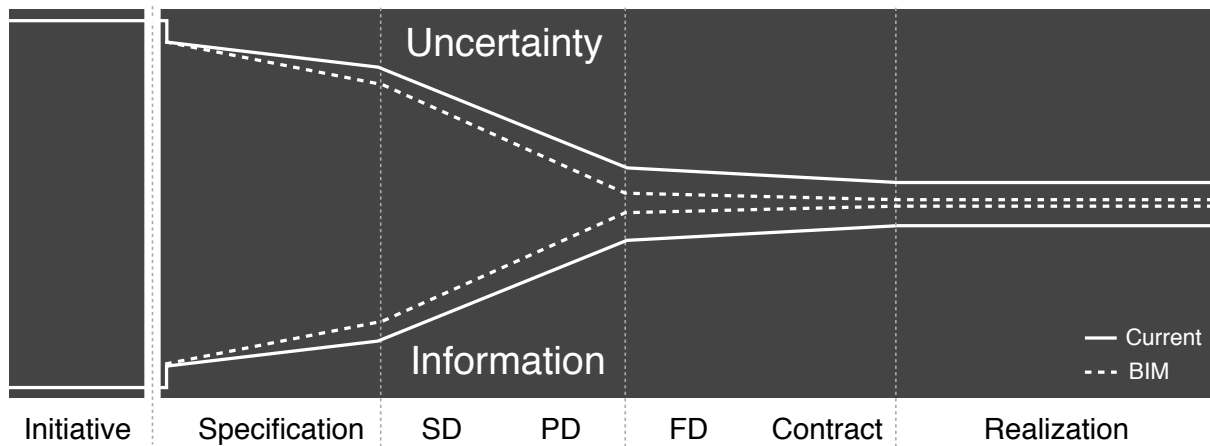
Figure S.4 shows the testing process that takes place in the development process between the users demand, performance requirements (contractual included in the output specification) and the design. Since performance requirements are not explicitly prescribing design solutions, a translation of the proposed solutions to performance in virtual use has to take place. This translation is currently a manual process and therefore time intensive. Users demand, requirements and design are dynamic during the design process. Therefore, time to test the design is a technical bottleneck. It is made impracticable to create an appropriate design relying solely on performance requirements. The result is that GBA is left no choice than adding design requirements next to performance requirements.

In verifying and validating a design based on performance requirements three bottlenecks are formulated that should be treated:

- **Bottleneck 1: efficiency in assessing the design;**
- **Bottleneck 2: provide information to interested parties and partner organizations;**
- **Bottleneck 3: the time of availability of information in the design process.**

Hypothesis and premise

The hypothesis is: 'BIM can assist in the verification and validation process making it feasible to achieve an appropriate design based solely on performance requirements'. The basis of the hypothesis is the expectation that the use of BIM can lead to an increase in the reach of relevant information in the process, leading to a decrease in the uncertainty among the involved parties in the development process. Figure S5 illustrates the expectation.



Figuur S.5. Project management in time (Lousberg 2009b) and the expectation using BIM (own addition).

The premise of the research is that the combination of the use of performance requirements and BIM leads to an increase in quality and reducing costs. This assumption is made based on the top-10 measures to reduce avoidable costs within the construction industry, published in the Construction Knowledge Annual Report of the Netherlands 2010/2011.

Research questions

The signaled problem and hypothesis lead into two research questions.

Question 1: *Performance requirements*

What information is needed to verify and validate the design based on solely performance requirements in the design phase and subsequent life cycle?

Question 2: *Support by BIM*

Can BIM support in the verification and validation of the design based on solely performance requirements in the design phase and subsequent life cycle?

Performance requirements in output specification

To answer research question 1 it has to be made clear how performance requirements are deployed in the development process. This is done using the output specification (OS) as a supporting means, the contract document in which the performance requirements are included. After a comparison between the way the GBA creates the output specification and two other specification theories, the SBR 258 and Problem Seeking Method by Pena and Parshall (2001), a proposal for the structure of the OS has been made as shown in figure S.6.

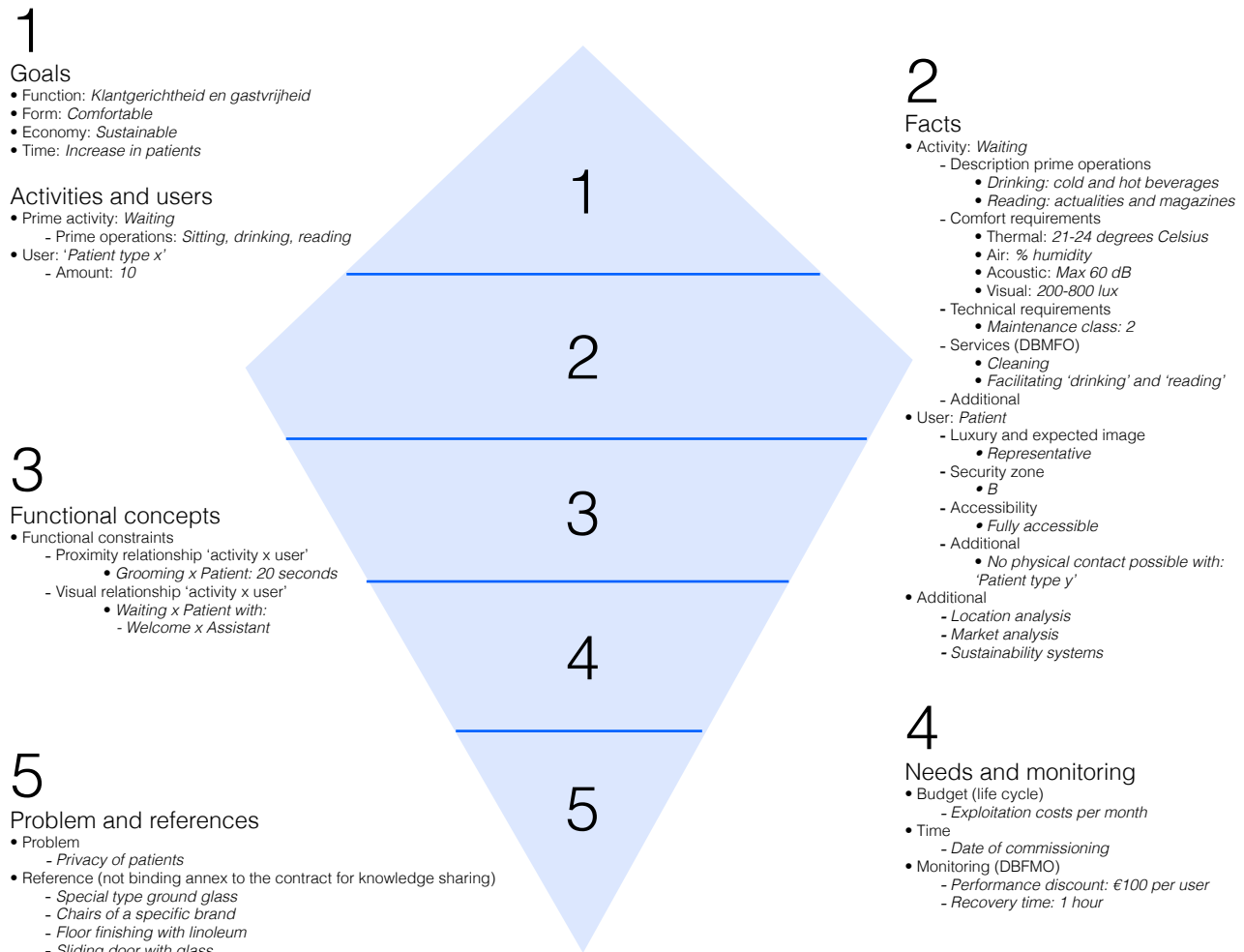


Figure S.6. Proposal for the structure of the output specification. Source: own work.

The information required to verify and validate the design based on performance requirements is the information shown in the proposed structure. The proposal contains explicitly testable performance requirements by putting activities and users central in the structure. Thereby, the shown information in figure S.6 is the demanded information to verify and validate the design to the required performance requirements, in the design process and further life cycle of the building.

After answering question 1, the signaled problem returns, formulated in the three bottlenecks in testing the design based on performance requirements. These bottlenecks are treated in the next paragraph leading to the answer of research question 2.

Linking performance requirements to BIM

Bottleneck 1: efficiency in assessing the design.

The required efficiency to treat the first bottleneck is achieved by automation using BIM analysis models. The analysis process can be accelerated from days to a few seconds (Sanguinetti, Abdelmohsen et al. 2012). A practical example is the Hillwood Commercial project case study conducted by Eastman and Teicholz (2008). This study cites evidence that calculation with BIM early in the design can result in a 92% time reduction in the production of a calculation with only 1% variance between manual and BIM-based processes.

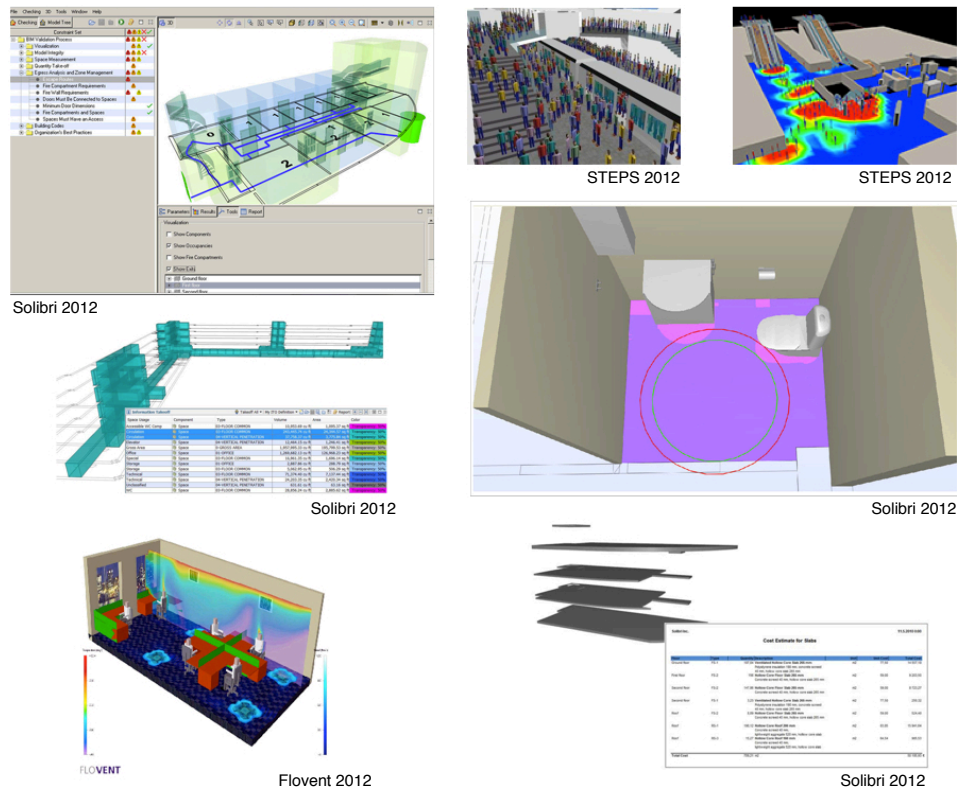


Figure S.7. Examples of BIM analysis models. Sources in figure.

Bottleneck 2: provide the information to interested parties and supply chain partners.

Information of stakeholders and partner organizations is provided by the parties by the interoperability of BIM. This property of BIM makes it possible to assess the design on the aspects which are relevant to each stakeholder. The efficiency and involvement of bottlenecks 1 and 2 provides a good basis for answering research question 2. However, when BIM analysis models can only generate meaningful analyses using a final design this will be too late in the development process to still be able to steer and adjust the design. This question is treated in bottleneck 3.

Bottleneck 3: the moment of availability of information in the design process.

To determine at what point in the development process sufficient information is available for BIM analysis models to generate meaningful analysis, a link has to be made between the content of the OS versus the structure of BIM design. As a next step can be determined in which abstraction level of the development process the BIM database contains sufficient information for analysis. Figure S.8 shows the results the link between the OS and the structure of BIM design.

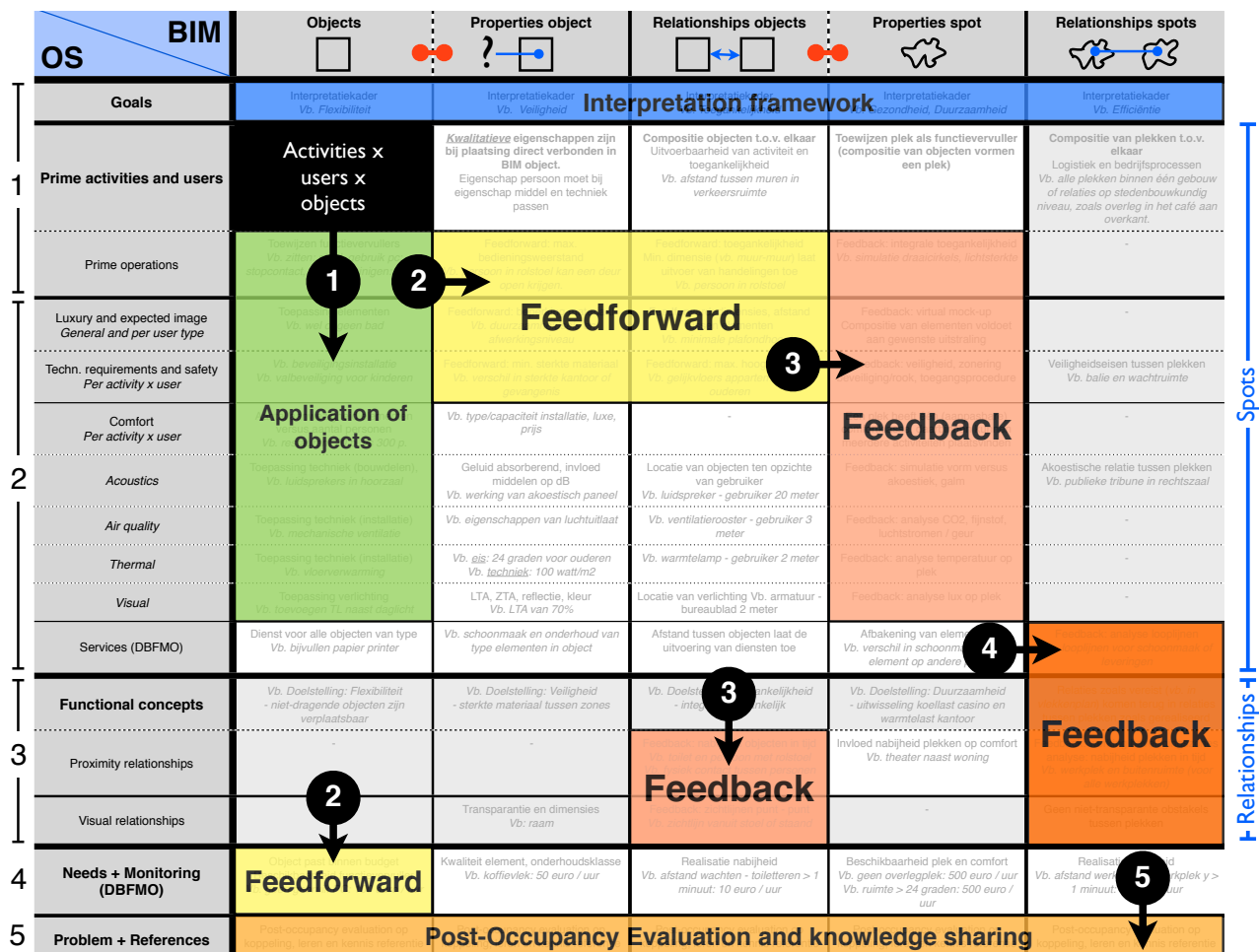


Figure S.8. Linking performance requirements to the structure of BIM-based design. Source: own work.

The proposed structure of the OS is shown on the left in the matrix against the structure of BIM design models at the top. The structure of the matrix will be explained in 5 steps, which are shown in figure S.8.

1. In the design process one begins with 1: an inventory of the amount of objects needed for the activities and users to be facilitated, thinking of means such as chairs and tables, but also building components such as amount of floor space and other technology.
2. After the application of the objects in the design model number 2 becomes relevant. Feedforward can be applied. Feedforward means that the contents of the OS directly enriches the BIM design environment. This may for example be done by limiting the possibility of drawing building elements such as walls or objects at a smaller distance from each other than is required for wheelchairs to access. On the other hand can be thought of limiting the application of BIM objects at the moment the budget is reached. This together may contribute to the awareness of the contractor and client, and securing code compliance of the designed building.
3. After the necessary objects are globally applied in the model, feedback can be performed on the resulting spots in the building. One can think of comfort analysis and analysis of turning wheelchairs. Figure S.7 shows several examples.
4. Based on step 3 individual spots can be optimized in terms of form and structure, where step 4 treats the relationships between spots such as proximity and visual relationships. Interesting is the ability to regard the bigger urban scale. Perhaps there is a large conference room in the neighbors' building within the required functional limitation of example 60 seconds walk? Letting buildings work together intelligently is among the potentials. The analysis of leases and analysis of step 3 form the basis for being able to perform Pre-Occupancy Evaluation, in which end users will be even more put central, performing evaluation of the building before use. Figure S.9 shows some examples.



Figure S.9. Pre-Occupancy Evaluation. (Shen, Shen et al. 2012)

Through Pre-Occupancy Evaluation it becomes possible to fully evaluate the structure on the feasibility of such activities and leases, but also the simulation of internal moves or user flows in case of fire. In theory, there should be no surprises after completing Pre-Occupancy Evaluation.

5. In the final and fifth step references can optionally be described as knowledge sharing and knowledge development aspect. This may be the addition of objects that the client deems appropriate to facilitate the activities, but also the comparison of Pre-Occupancy Evaluation (the assumption) with Post-Occupancy Evaluation (reality) which can increase knowledge about the behavior of users in the built environment. As a result, the made assumptions in Pre-Occupancy Evaluation can be improved.

The question now emerges from the latter is if bottleneck can be treated in the process of applying the steps in the matrix. Crucial for the process is that the design can be tested as early as possible, at least before final design. As an underlying condition figure S.8 shows that at the time that the relationships between spots are explicitly in BIM, the entire output specification can be tested. This can be expected in preliminary design: the quantities that express the relationships between spots are available. It is therefore feasible to test the preliminary design based on the entire OS using BIM, allowing the final bottleneck to be treated.

Conclusions and recommendations

Figure S.10 displays the current review process, including the applied combination of design requirements and performance requirements by the GBA.

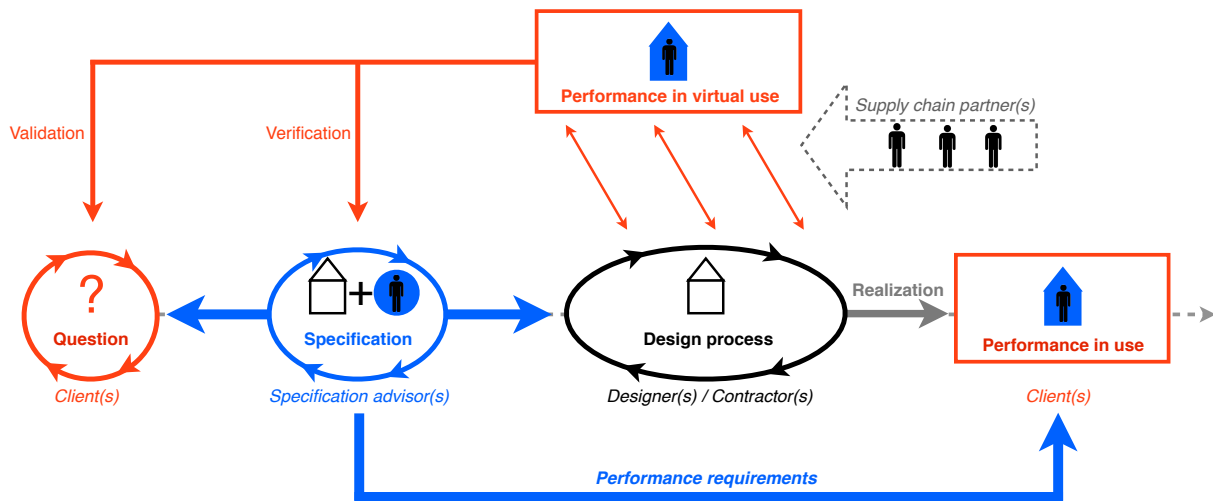


Figure S.10. Current testing process at the GBA. Source: own work.

With support of BIM the bottlenecks in testing the building can be removed; BIM can be a direct and strong connection between the design and performance in virtual use as shown in figure S.11.

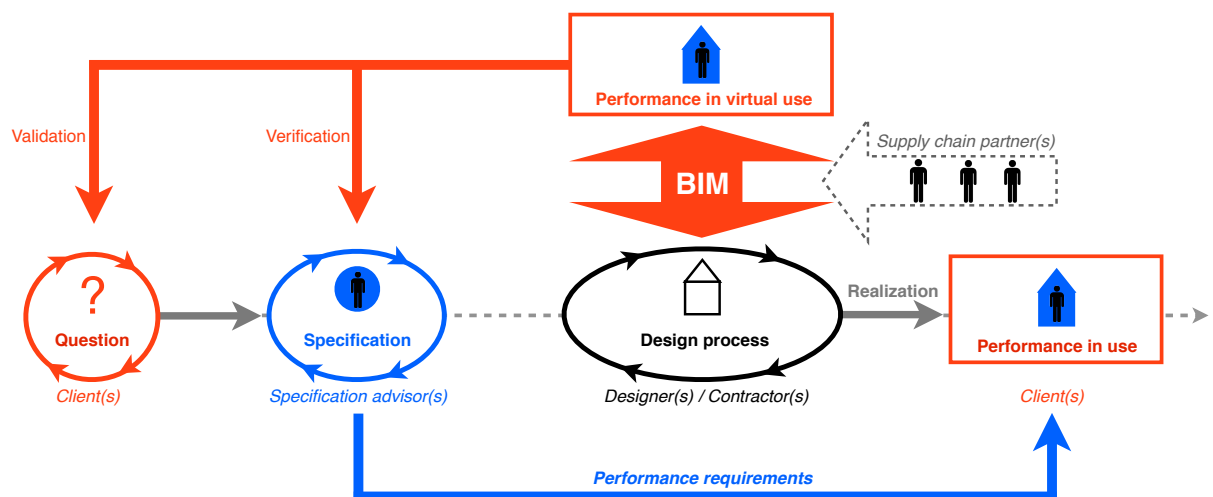


Figure S.11. Proposed testing process using BIM. Source: own work.

In this process, BIM makes it feasible to achieve an appropriate design solely based on performance requirements – the confirmation of the hypothesis. This leads to potential and issues. The potential the research makes possible is defined for the general process and individually for supply chain partners. The potential that we expect for the general process:

1. A reduction in the uncertainty with respect to meeting the performance requirements in the development process among all parties involved. The end user is put centrally in the process. The intended effect is to reduce surprises in realization and commissioning of the building. This may lead to decreasing mutations and problems during construction and commissioning, ultimately having a positive effect on reducing avoidable costs. The premise of this research.

2. A generally better quality of buildings; for example, accessibility and fire safety standards are automatically secured by means of feedforward, and the building is virtually evaluated before use.
3. Supply chain integration by involving supply chain partners in assessing the building and participation in the decision making process.
4. The possibility to develop more knowledge about the user and the built environment by comparing Pre-Occupancy Evaluation of Post-Occupancy Evaluation.
5. A more efficient development process saving time in testing, planning and commissioning of the building. At the moment the building is realized, a complete building management system is ready including the requested performance requirements. In addition, information regarding the performance of the structure in the 'BIM database as built' can be made available for refurbishment or redevelopment of the building, which can also ensure efficiency here.

The potential per individual supply chain partner is summarized in figure S.12.

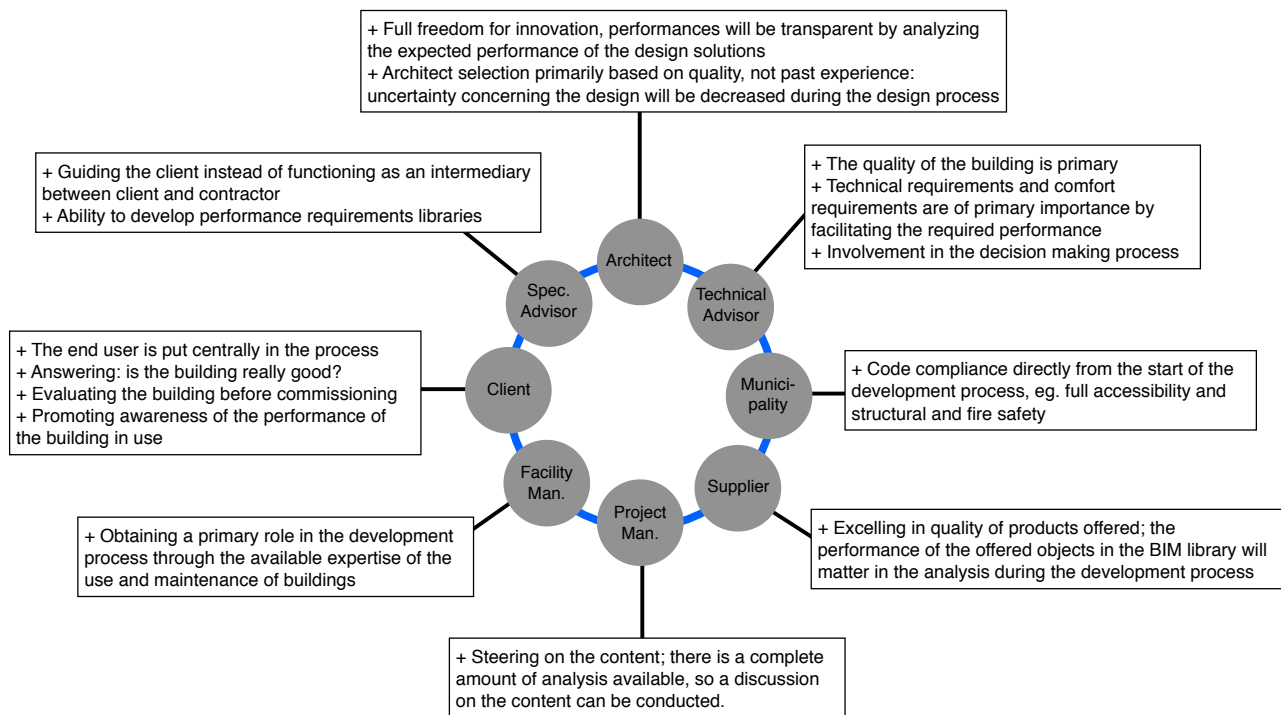


Figure S.12. Potential of the process proposal per supply chain partner. Source: own work.

As section 3 indicates, assessing the design can take place largely by the contractor itself. Therefore I recommend to apply independent supervision purely on the technical implementation of the tests. If the expected transparency in the process using BIM develops sufficient trust between client and contractor, the supervision can be stopped.

In addition to independent supervision, the main concern is that the operation of the process has to be secured contractually between all parties: the input, processing and output between supply chain partners should be regulated. The introduction of the 'Rgd BIM norm' is a starting point here, but does not explicitly regulate the information flow between supply chain partners. Therefore I recommend to develop a standard for regulating of the information flow next to the 'Rgd BIM norm', directly steering the input from the start of the process: the demand of the client and the demand for information of the contractor. In tendering the contractor the possibility arises then to include use of supporting resources in quality security –BIM design and analysis models– as an award criterion for tendering. At the time contractual terms are properly applied here (to investigate in further research) this can result in taking benefit from the potential that the process offers for the all the supply chain partners.

In conclusion, the proposed process in this study is an evolutionary process by (1), staying within two frames created by GBA, (2) fully utilizing the potential of these two frames separately, and (3) bringing together the frames. In other words, the proposed process fits within the current vision and strategy of GBA, making the proposed process not utopian but feasible, with support of the currently available resources.

Literature

- Blyth, A. and J. Worthington (2009). Managing the brief for better design, Routledge.
- Eastman, C. M., P. Teicholz, et al. (2008). BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, John Wiley & Sons Inc.
- Lousberg, L. H. M. J. (2009) "MSc1a: AR1R040, Real Estate & Housing Development. TU Delft. General Introduction."
- Sanguinetti, P., S. Abdelmohsen, et al. (2012). "General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis." Advanced Engineering Informatics(0).
- Shen, W., Q. Shen, et al. (2012). "Building Information Modeling-based user activity simulation and evaluation method for improving designer-user communications." Automation in Construction **21**(0): 148-160.
- Smith, D. K. and M. Tardif (2009). Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers, John Wiley & Sons Inc.
- Zeegers, A. and K. I. Ang (2003). "State off the Art of Performance Based Briefing."

Afkortingen en definities

AEC	Architecture Engineering Construction
BIM	Building Information Modeling
DCM	Design and Construction Management
DBMFO	Design Build Maintain Finance Operate
DO	Definitief Ontwerp
IBR	Instituut voor Bouwrecht
IDM	Information Delivery Manual
IFC	Industry Foundation Classes
KTH	Kungliga Tekniska Högskolan
MVD	Model View Definition
NFLS	Nordic Five Level Structure
OS	Outputspecificatie
POE	Post-Occupancy Evaluation
PPC	Publiek-Private Comparator
PPS	Publiek Private Samenwerking
PSC	Public Sector Comparator
PSM	Problem-Seeking Methode
PvE	Programma van Eisen
RE&H	Real Estate and Housing
Rgd	Rijksgebouwendienst
SCB	Systeemgerichte Contractbeheersing
SMC	Solibri Model Checker
SO	Schetsontwerp
TIS	Technical Inspection Service
TU	Technische Universiteit
UASEM	User Activity Simulation and Evaluation Method
VO	Voorlopig Ontwerp

Actor

Persoon, organisatie of organisatorische eenheid (zoals een afdeling, team, etc) betrokken in een constructie proces. (ISO 2010a)

Ambitiedocument

Het doel van dit document is om in een PPS-project de marktpartijen tijdig te informeren over de kern van de opgave, zodat zij consortia kunnen vormen die in staat zijn om de integrale huisvestingsdiensten te leveren. (Brink Groep 2006)

Beschikbaarheidsvergoeding

De maandelijkse vergoeding die het consortium van de afnemer van het bouwwerk ontvangt voor het leveren van gevraagde prestaties.

BIM: Building Information Modeling of Bouwwerk Informatie Modelleren

Het proces waarin één parametrisch opgebouwde elektronische en interoperabele database, de BIM database, de continuïteit van de informatiestroom borgt in de levenscyclus van een bouwwerk en alle relevante datasets vanuit BIM modellen gedurende de levenscyclus integreert.

BIM bibliotheek

Elektronische bibliotheek waarin de beschikbare BIM objecten zijn opgenomen en van waaruit de objecten kunnen worden geplaatst in BIM ontwerpmodellen.

BIM database as designed

De integratie van –de output van– verschillende BIM modellen in één database. De ‘BIM database as designed’ is de database waarin informatie wordt geïntegreerd tijdens het ontwerpproces.

BIM database as built

De integratie van –de output van– verschillende BIM modellen in één database, de ‘BIM database as built’ is de database waarin informatie wordt geïntegreerd in de beheerfase.

BIM analysemodel

BIM analysemodellen analyseren het ontwerp op basis van informatie aanwezig in een BIM database.

BIM ontwerpmodel

Gedeelde digitale representatie van fysieke en functionele karakteristieken van elk gebouwde object (inclusief gebouwen, bruggen, wegen, etc.) welke een betrouwbare basis voor beslissingen vormt. (ISO 2010a) De in- en output wordt gesynchroniseerd met een BIM database.

Commissioning

Het proces om ervoor te zorgen dat systemen zijn ontworpen, geïnstalleerd, functioneel getest en kunnen worden bediend in overeenstemming met de bedoeling van het ontwerp. (IBR 2011)

Consortium

Een organisatorische bundeling van diverse kennis, krachten en mensen in één rechtspersoon om een groot organisatie-overstijgend of gebiedsgericht project (veelal infrastructurele projecten en grote onderzoeks-projecten) te realiseren en waarbij ook de financiële aspecten van de opdracht en samenwerking worden geregeld. (Ketens & Netwerken 2011) (aangevuld)

Contractbeheersing

Het geheel van activiteiten die door of namens de opdrachtgever worden uitgevoerd, die ervoor zorgen dat de opdrachtgever er in redelijkheid vanuit mag gaan dat de eisen uit de overeenkomst worden bereikt en dat de risico's voor de opdrachtgever acceptabel blijven. (IBR 2011)

Dialogofase

Fase van het ontwerpproces waarin door middel van dialoogrondes tussen de opdrachtgevende partij en potentiële opdrachtnemende partijen wordt toegewerkt naar gunning van de opdracht aan een opdrachtnemende partij.

DBFMO: Design Build Finance Maintain Operate.

De meest verregaande vorm van een geïntegreerd contract: het laten leveren van gebouwen en diensten tegen een prestatiegerelateerde beloning. (Brink Groep 2011)

Ontwerp, realisatie, financiering, onderhoud en exploitatie wordt door één private partij uitgevoerd, het consortium. Momenteel wordt DBFMO standaard door de Rijksgebouwendienst gebruikt voor PPS projecten. De tussenvormen DB, DBM en DBMO wordt in toenemende mate toegepast.

Eindgebruiker of gebruiker

Organisatie, persoon, dier of object die gebruikt maakt van, of de intentie heeft om gebruik te maken van, een gebouw of ander constructiewerk. (ISO 2010b)

Feedback

Terugkoppeling op het ontwerp door middel van analyses.

Feedforward

Directe sturing op het ontwerp.

Functionele levenscyclus

De cyclus waarin een bouwwerk wordt ontwikkeld of beheerd voor het kunnen plaatsvinden van de prestaties vanuit een outputspecificatie.

Geïntegreerd contract

Een contract waarbij verschillende fasen van een huisvestingsproject in combinatie worden uitbesteed aan één private partij. (Brink Groep 2011)

Identificatie

Corresponderende elementen uit het ontwerp en de outputspecificatie worden aan elkaar gekoppeld. Een vergelijkbare term voor identificatie is 'mapping'.

Industry Foundation Classes (IFC)

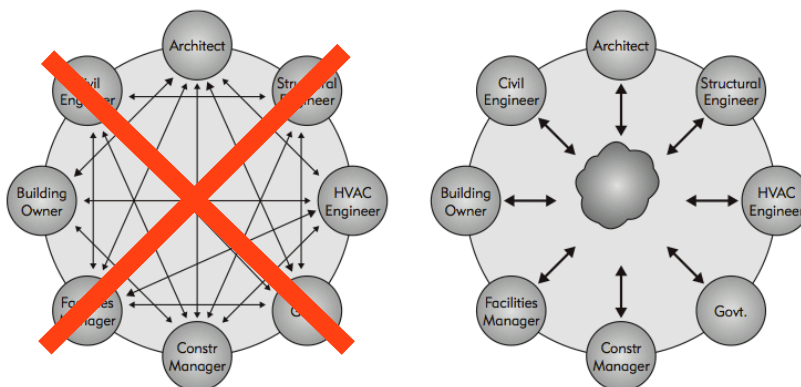
Een open, neutrale en gestandaardiseerde specificatie voor BIM modellen. (BuildingSMART 2011)

Information Delivery Manual (IDM)

Een compleet informatie schema voor het identificeren van discrete processen in gebouw constructie, samen met de informatie die nodig is voor- en resulteert uit hun uitvoer. (BuildingSMART 2011)

Interoperabiliteit

Het vermogen van een afgebakend product of begreind systeem om een wisselwerking aan te gaan met andere, bestaande of toekomstige producten of systemen zonder dat de toegang of implementatie beperkt is. (AFUL 2011)



Figuur A.1. Een interoperabele benadering, rechts weergegeven in de figuur. (Smith en Tardif 2009)

Maincontracting

Het afsluiten van integrale prestatiecontracten tussen de overheid en één marktpartij als maincontractor (hoofdcontractant) voor het beheer en het onderhoud van gebouwen. De marktpartij is verantwoordelijk voor (de coördinatie van) het beheer en onderhoud en de kwaliteit van het geleverde werk door contractanten. (Rijksgebouwendienst 2011a)

Nordic Five Level Structure (NFLS)

Systematische manier voor het opstellen van de outputspecificatie toegepast bij de Rgd.

Ontwerpeisen

Eisen die het ontwerp voorschrijven en daardoor de ontwerpvrijheid van de ontwerper expliciet beperken.

Outputspecificatie (OS)

Contractdocument waarin de gevraagde prestaties worden vastgelegd. (Zeegers en Ang 2003)

Post-occupancy evaluation (POE)

Evaluatie na de ingebruikname van het gebouw. (Jong de, Voordt van der et al. 2002)

Pre-occupancy evaluation

Evaluatie vóór de ingebruikname van het gebouw.

Prestaties en prestatie-eisen

Eisen aan de te leveren prestaties van een bouwwerk. De te leveren prestaties van een bouwwerk zijn het kunnen faciliteren van de vereiste activiteiten.

Relatics / BriefBuilder

Relatics is een informatiemodel ontwikkeld door PKM-solutions: een webbased semantische spreadsheet die door de Rijksgebouwendienst wordt ingezet als achterliggend systeem voor het opstellen van de outputspecificatie. BriefBuilder, ontwikkeld door ICOP, is de door de Rijksgebouwendienst gebruikte specificatie applicatie gebaseerd op het Relatics informatiemodel.

Toezicht

Het verzamelen van de informatie over de vraag of een handeling of zaak voldoet aan de daaraan gestelde eisen, het zich daarna vormen van een oordeel daarover en eventueel naar aanleiding daarvan interveniëren. (IBR 2011)

Validatie

Beoordeling of de inhoud van de outputspecificatie en de ontwerp oplossingen voldoen aan de reële gebruikersvraag.

Verificatie

Objectieve beoordeling of de inhoud van de outputspecificatie (OS) correct aanwezig is in het ontwerp.

Vermijdbare kosten

Kosten die te vermijden zijn in het bouwproces. Samen met niet vermijdbare kosten onderdeel van faalkosten.

1. Onderzoeksopzet

1.1. Aanleiding onderzoek

De aanleiding voor dit onderzoek is het versneld doorvoeren van twee ontwikkelingen bij de Rijksgebouwendienst (Rgd) die samen dienen te komen in een toekomstig en nog onbekende werkwijze van de Rgd. Deze ontwikkelingen zijn:

1. **Aanbesteden met prestatie-eisen**

Dit wordt behandeld in hoofdstuk 2 van het onderzoek

2. **Het gebruik van BIM als ondersteunend middel**

Dit wordt behandeld in hoofdstuk 3 van het onderzoek

Los van elkaar wordt mondiaal zowel het aanbesteden met prestatie-eisen als het gebruik van BIM hevig getest. Zodoende zijn beide elementen gedurende de uitvoer van dit onderzoek sterk in ontwikkeling. De reden waarom desalniettemin voor onderzoek naar de samenkomst van deze twee ontwikkelingen is gekozen komt door de breed beschreven en besproken potentie. De gesignaleerde kwaliteiten en potenties maar ook juist de huidige problemen met betrekking tot BIM en prestatie-eisen worden steeds concreter, waarbij de gesignaleerde problemen leiden tot een verbetering van het toepassen van prestatie-eisen en BIM in plaats van afschaffing van de toepassing (Kerpel 2011). Zonder voldoende kwaliteit en potentie zouden de ontwikkelingen niet mondiaal worden onderzocht en doorgevoerd. Een procesvoorstel voor een combinatie van prestatie-eisen en BIM kan mogelijk de potentie van beide ontwikkelingen tot een hoger niveau brengen, resulterend in de titel: “Voldoen aan prestatie-eisen met behulp van BIM.”

Ter illustratie van de visie van de Rijksgebouwendienst op de potentie van BIM werd op 29 juni 2011 door Peter Jägers, directeur generaal van de Rijksgebouwendienst, bekend gemaakt dat vanaf 1 november 2011 het gebruik van BIM door consortia verplicht wordt gesteld voor PPS projecten.

Wij concentreren ons op de informatie die wij nodig hebben in de beheerfase van een gebouw. Zaken als clash-control tussen bouwkundige en installatietechnische elementen laten wij graag aan de consortia over. Wij gaan voorschrijven wat wij als informatie nodig hebben voor het uitvoeren van het contractbeheer en het vastgoedbeheer in onze totale voorraad. En omdat we voor ieder contract niet met nèt iets andere informatie te maken willen krijgen, gaan we die informatie strak genormeerd voorschrijven. Uiteindelijk willen we een situatie bereiken waarin we op elk gewenst moment toegang kunnen hebben tot die informatie. Geen groot eigen databasepark met BIM's, maar “toegang tot gevalideerde informatie” op elk door ons gewenst moment. (Jägers 2011)

Het bericht illustreert de kernachtige wens van de Rijksgebouwendienst voor gevalideerde informatie die nodig is voor het contractbeheer en vastgoedbeheer van de voorraad en de potentie die de Rijksgebouwendienst voorziet door middel van het gebruik van BIM. Wat de Rijksgebouwendienst hier klaarblijkelijk niet wil is zelf het databasepark beheren, maar in plaats hiervan alleen toegang hebben tot de voor haar relevante informatie die beschikbaar wordt door het gebruik van BIM. Dit illustreert de wens van de Rgd om zich echt bezig te houden met haar kerntaak, het huisvesten van de overheid. De visie en het concept van de Rijksgebouwendienst hierin is “de markt levert” (Rijksgebouwendienst 2011a), wat mijns inziens inhoudt dat de Rgd alle taken die door de markt kunnen worden gedaan ook daadwerkelijk aan de markt wil overlaten. Dit past –de context waarin de Rgd opereert beschouwend– binnen de visie van de gehele Nederlandse overheid om tot een kleiner en compacter ambtenarenapparaat te komen.

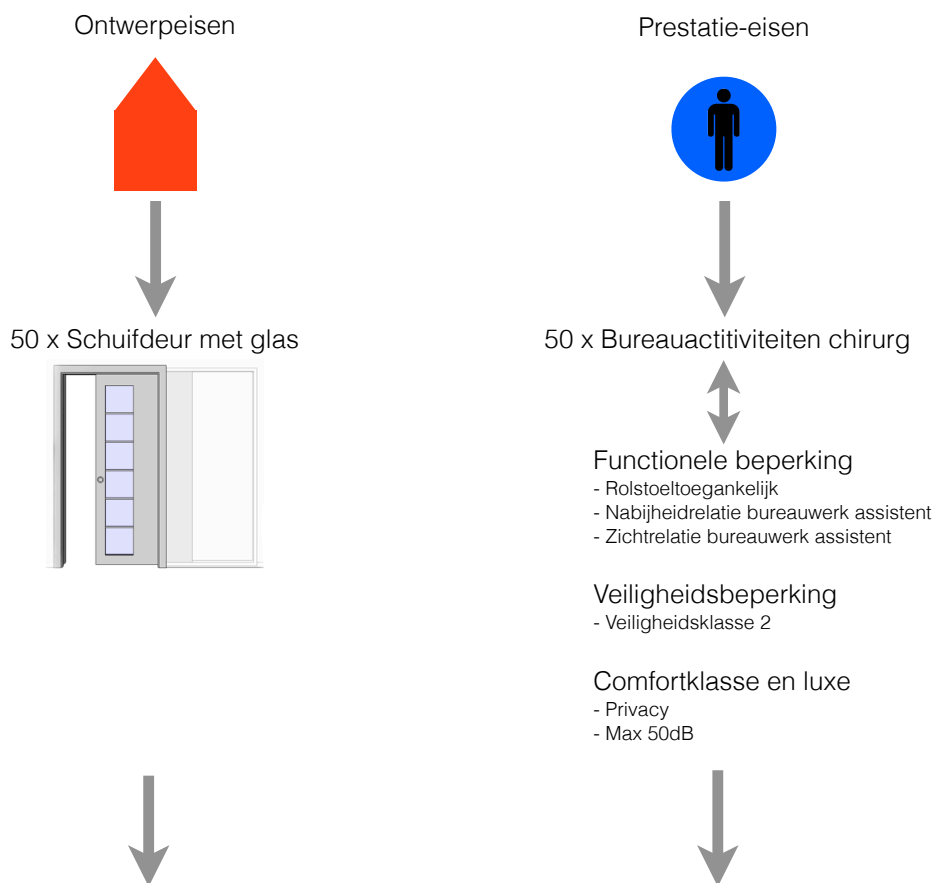
1.2. Introductie onderzoek

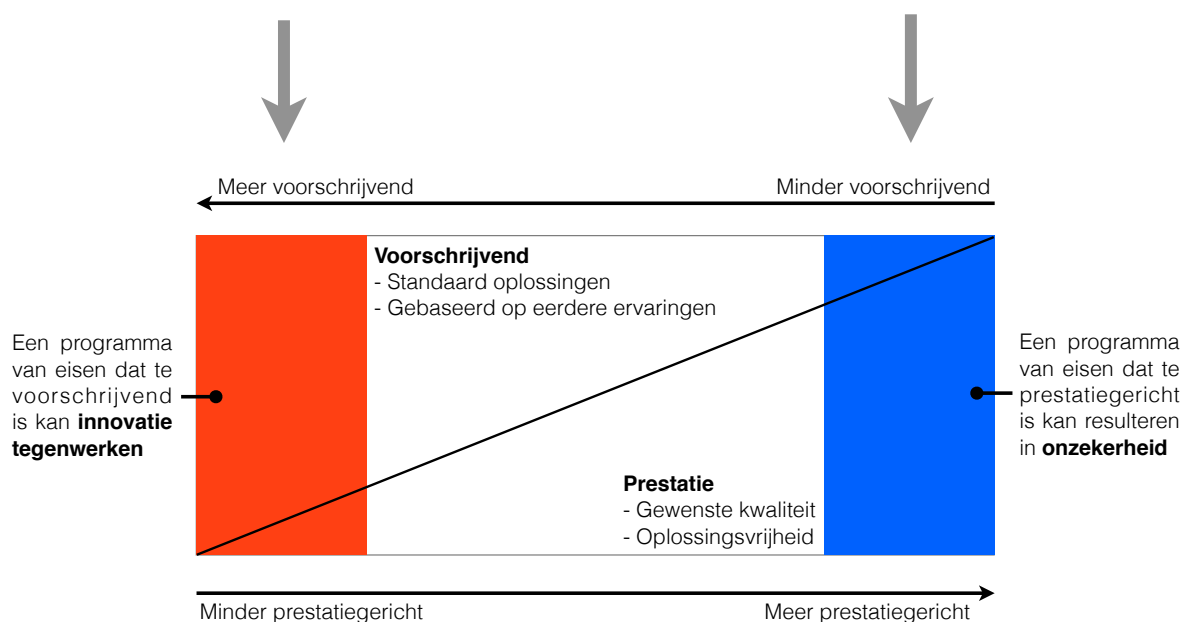
Allereerst worden de twee primaire elementen van het onderzoek geïntroduceerd: prestatie-eisen en BIM. Deze introductie vormt een voorzet voor hoofdstukken 2 en 3 waar dieper op de afzonderlijke elementen wordt ingegaan.

1.2.1. Introductie prestatie-eisen

Door middel van prestatie-eisen wordt niet meer geformuleerd *hoe* een bouwwerk eruit moet zien, maar *wat* het bouwwerk moet kunnen in exploitatie: de prestaties van het bouwwerk. De reden waarom de Rgd prestatiegericht wil specificeren is om het feit dat de prestatie benadering in gebouwen in toenemende mate wereldwijd herkend wordt als de basisweg om te komen tot verbetering en innovatie in product- en procesontwikkeling (Zeegers en Ang 2003).

Het verschil tussen prestatie-eisen en niet-prestatie-eisen –ontwerpeisen– zit in het expliciet zijn van fysieke oplossingsrichtingen en daarmee het concreet voorschrijven van het bouwwerk. Als rode draad in de samenvatting wordt een schuifdeur met glas genomen als ontwerpeis, zie figuur 1.2.1.





Bron: Blyth en Worthington 2010, bewerkt door Servicecentrum Scholenbouw 2011

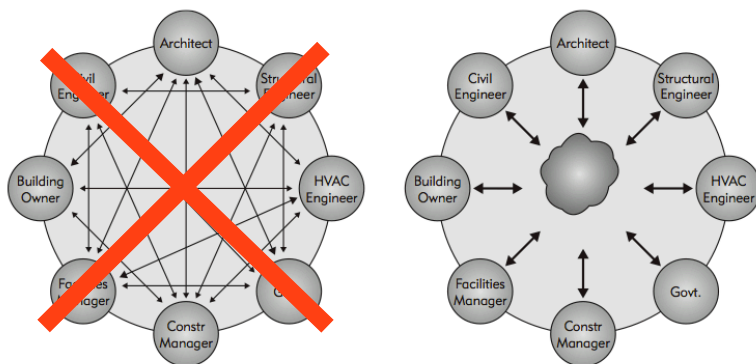
Figuur 1.2.1. Verschil tussen prestatie-eisen en ontwerpeisen. Bron: eigen werk + (Blyth en Worthington 2010) bewerkt door (Servicecentrum Scholenbouw 2011).

Ontwerpeisen schrijven expliciet voor hoe het ontwerp eruit moet zien, daardoor krijg je enerzijds wat je voorschrijft –met weinig onzekerheid–, maar anderzijds kan er ook niks nieuws of beters verwacht worden dan wat je voorafgaand aan het ontwerpproces aanneemt als geschikte oplossing. Het voorschrijven van het ontwerp biedt daarom níet de zekerheid dat in een specifieke en unieke context van een bouwwerk de ontwerpeisen echt tot de gewenste kwaliteit van het bouwwerk gaan leiden. Het voorbeeld van een schuifdeur met glas is genomen. Dit kan door chirurgen –gezien hun huidige werkplek– worden gezien als een ideale oplossing voor het kantoor, maar het wil niet zeggen dat deze oplossing in een anders ontwerp ook voldoet. Om te komen tot de gewenste kwaliteit dienen daarom prestatie-eisen te worden toegepast. Deze beschrijven in de kern welke activiteiten en gebruikers het bouwwerk moet faciliteren, met de bijbehorende functionele en technische beperkingen voor het kunnen uitvoeren van de gewenste activiteiten. Hoofdstuk 2 gaat dieper in op prestatie-eisen.

1.2.2. Introductie BIM

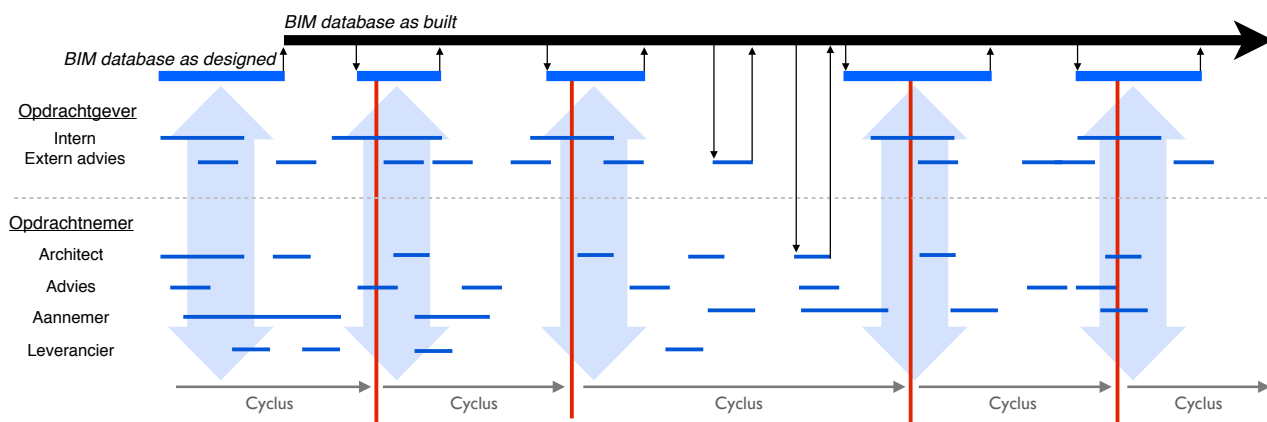
BIM staat voor Building Information Modeling, of in het Nederlands: Bouwwerk Informatie Modelleren. BIM is een veelomvattende term met inmiddels vele verschillende definities. In dit onderzoek wordt de volgende –eigen– definitie gehanteerd: “Het proces waarin één parametrisch opgebouwde elektronische en interoperabele database, de BIM database, de continuïteit van de informatiestroom borgt in de levenscyclus van een bouwwerk en alle relevante datasets vanuit BIM modellen gedurende de levenscyclus integreert.”

Nadruk in deze definitie wordt gelegd op BIM als een proces, niet één model. In dit proces is interoperabiliteit van de toegepaste BIM modellen essentieel. Interoperabiliteit houdt in dat een afgebakend product of begrensd systeem het vermogen heeft om een wisselwerking aan te gaan met andere, bestaande of toekomstige producten of systemen zonder dat de toegang of implementatie beperkt is (AFUL 2011). Door deze wisselwerking wordt het mogelijk om gezamenlijk te werken in één database, wat is weergegeven in figuur 1.2.2.



Figuur 1.2.2. Interoperabiliteit. (Smith en Tardif 2009)

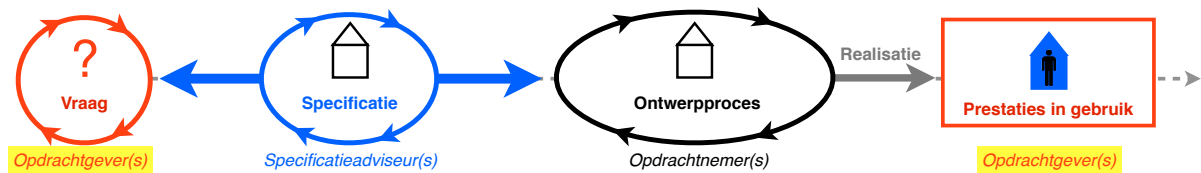
Figuur 1.2.3 geeft weer hoe de werking van BIM er procesmatig uit ziet. Onderscheid wordt gemaakt tussen de 'BIM database as designed' en 'BIM database as built'. In de 'BIM database as designed' wordt informatie geïntegreerd tijdens het ontwikkelproces, in de 'BIM database as built' wordt informatie geïntegreerd met betrekking tot beheer, gebruik en exploitatie van het bouwwerk, met andere woorden, BIM als veelzijdig gebouwbeheerssysteem. De actoren in het proces gebruiken BIM modellen naar eigen keuze en voorkeur om informatie in de database toe te voegen, te bewerken of te beoordelen. Hoofdstuk 3 gaat dieper in op BIM.



Figuur 1.2.3. BIM proces. Bron: eigen werk.

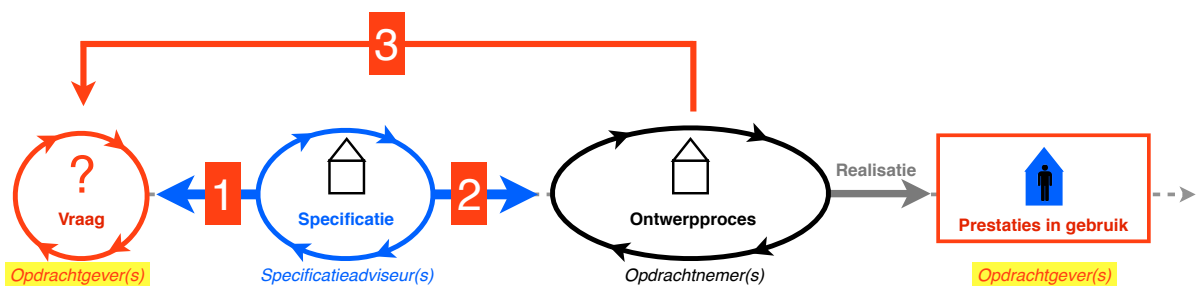
1.3. Probleemsigaling

Het probleem dat ontstaat met het formuleren van prestatie-eisen is het ontstaan van *onzekerheid* onder betrokken partijen bij het baseren van een ontwerp op basis van prestatie-eisen. Om dit probleem uit te leggen wordt begonnen met de manier hoe conventionele ontwerpeisen in het ontwikkelproces worden ingezet.



Figuur 1.3.1. De toepassing van ontwerpeisen in het ontwikkelproces. Bron: eigen werk.

In het ontwikkelproces hebben de opdrachtgever(s) en eindgebruiker(s) verstand van het gebruik van het gebouw, niet hoe het gebouw gebouwd moet worden. Doordat de specificatieadviseur op basis van ontwerpeisen de vraag vertaald naar fysieke ontwerp oplossingen wordt de specificatieadviseur de kenner van –de gedachte achter– deze ontwerp oplossingen in het proces en onmisbaar in de communicatie. Oftewel, de specificatieadviseur wordt een essentieel tussenpersoon tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. Door deze tussenpersoon neemt de kans op ruis in het proces toe tussen opdrachtgever en opdrachtnemer; de specificatieadviseur maakt aannames op basis van de gebruikersvraag, maar het hoeft niet zo te zijn dat de opdrachtgever dat precies bedoelde. Hierdoor is het essentieel dat in het ontwikkelproces zowel ontwerp als eisen worden getoetst aan de daadwerkelijke en reële gebruikersvraag, dit is de validatie. De wijze waarop toetsing plaatsvindt in een ontwikkelproces gebaseerd op ontwerpeisen is weergegeven in figuur 1.3.2.



Figuur 1.3.2. Het verifiëren en valideren met ontwerpeisen in het ontwikkelproces. Bron: eigen werk.

De getallen in figuur 1.3.2 beelden de toetsingsmomenten in het proces uit, onderscheid wordt gemaakt tussen verificatie en twee vormen van validatie.

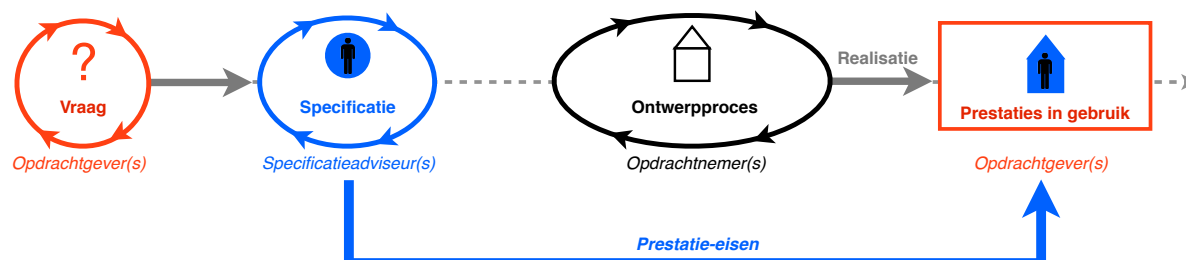
1. *Validatie*: geeft de inhoud van de outputspecificatie de reële *gebruikersvraag* weer?
2. *Verificatie*: is de inhoud van de *outputspecificatie* correct aanwezig?
3. *Validatie*: voldoen de ontwerp oplossingen aan de reële *gebruikersvraag*?

–De outputspecificatie (OS) is het contractstuk waarin de gevraagde prestaties zijn opgenomen, vergelijkbaar met het Programma van Eisen (PvE).–

De ruis die ontstaat in het ontwikkelproces houdt in dat het contractstuk niet correct leidt tot de eigenlijke reële gebruikersvraag. Redenen hiervoor zijn (1) dat de specificatieadviseur die helpt bij het formuleren van de eisen zal zelden tot nooit volledig hetzelfde denken als de daadwerkelijke eindgebruiker, daarbij (2) komt het zelden tot nooit voor dat de eindgebruiker voorafgaand aan het ontwerpproces glashelder weet

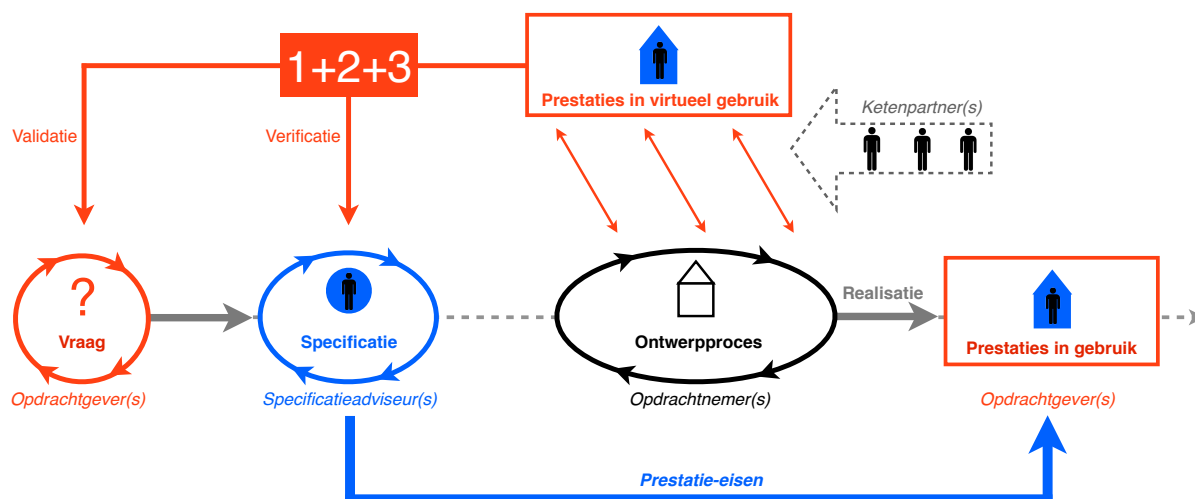
wat hij of zij wil, waarbij in het proces voortschrijdend inzicht optreedt en tenslotte (3) treden mutaties op binnen participerende actoren en binnen de context van de ontwikkelopgave (op sociaal, technologisch, politiek en economisch gebied). Daardoor worden door de specificatieadviseurs –zoals de Rgd deze rol op zich neemt– aannames (interpretaties) gemaakt in de vertaling van de gebruikersvraag naar een combinatie van prestatie-eisen en ontwerpeisen: “de eindgebruiker zal ‘dat’ wel bedoelen”. Deze aannames zijn een voorbeeld van een directe kans op het ontstaan van kans ruis tussen en de zuivere gebruikersvraag die de eindgebruiker heeft voor het beoogde bouwwerk.

Nu wordt de overgang gemaakt naar hetzelfde proces maar dan op basis van prestatie-eisen.



Figuur 1.3.3. De toepassing van prestatie-eisen in het ontwikkelproces. Bron: eigen werk.

Wat primair het verschil is tussen ontwerpeisen en prestatie is dat in plaats van het ontwerp het gebruik wordt voorgeschreven. Iets waar de opdrachtgever(s) en eindgebruiker(s) over mee kunnen praten waardoor de eindgebruiker centraal wordt gezet in het ontwikkelproces. Gevolg van het gebruik van prestatie-eisen is echter wel dat prestatie-eisen *theoretisch* pas in exploitatie of beheer kunnen worden getoetst omdat het gebouw dan pas écht presteert, zoals de blauwe pijl in figuur 1.3.3 aangeeft. Om tóch het contract te kunnen beheersen tijdens ontwerpproces moet in het ontwerpproces worden getoetst of het liggende ontwerp voldoet aan de gestelde eisen zodat eventueel kan worden bijgestuurd. Dit toetsingsproces is weergegeven in figuur 1.3.4.



Figuur 1.3.4. Het verifiëren en valideren met prestatie-eisen in het ontwikkelproces. Bron: eigen werk.

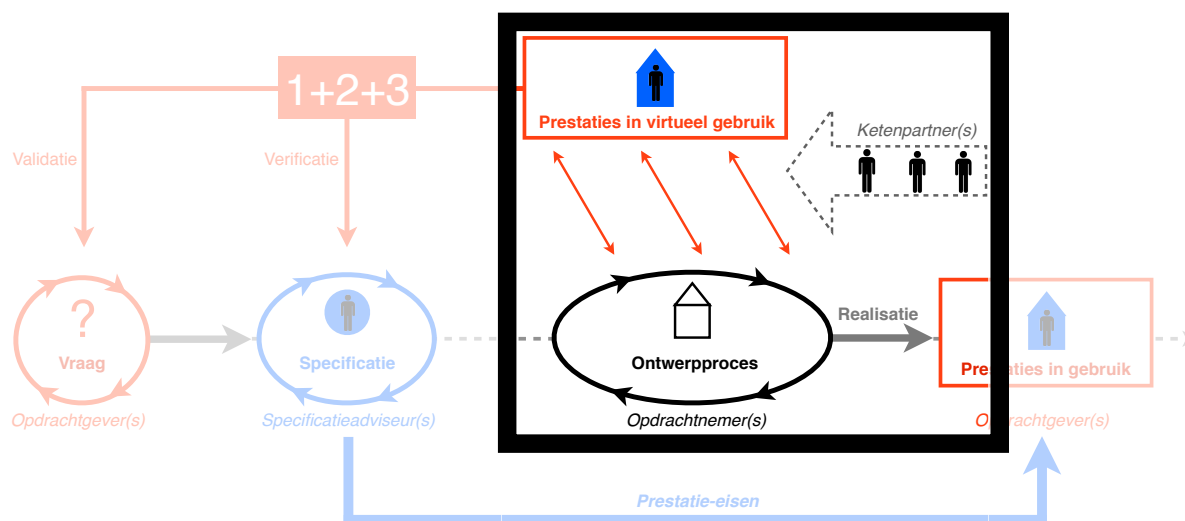
Het toetsingsproces gaat plaatsvinden aan de hand van de verwachte prestaties die het bouwwerk gaat leveren op het moment dat het af is. De manier hoe dit kan worden opgevat is het beoordelen of “er redelijkerwijs vanuit kan worden gegaan dat het bouwwerk de prestaties gaat leveren zoals gevraagd, indien op deze wijze wordt doorgewerkt” (Klein Heerenbrink 2011). De verwachte prestaties worden in figuur 1.3.4 weergegeven als de ‘prestaties in virtueel gebruik’. Ondanks de verwachting dat de eindgebruiker

centraler in het ontwikkelproces staat met gebruik van prestatie-eisen wordt in dit onderzoek de essentie van validatie én verificatie, en het verschil ertussen, extra benadrukt. Prestatie-eisen worden door de opdrachtnemer –bijvoorbeeld een consortium– uitgewerkt naar ontwerpoplossingen; het wordt tastbaar en expliciet inzichtelijk wat nu eigenlijk gevraagd is. Op de momenten dat iets expliciet wordt gemaakt en belangrijke keuzen worden gemaakt moet mijns inziens altijd worden teruggekoppeld naar de ketenpartner of specialist die het meeste verstand heeft van de te maken keuze, waarbij in veel gevallen de eindgebruiker(s) dit zullen zijn betreft het gebruik. Deze terugkoppeling naar de eindgebruiker(s) (en/of opdrachtgever of eigenaar) is de validatie zoals zichtbaar in figuren 1.3.2 en 1.3.4. Een concreet voorbeeld het nut van validatie wordt geïllustreerd door middel van het volgende voorbeeld:

De geformuleerde prestatie-eis vanuit een gebruikersvraag is: “Bezoeker X mag Medewerker Y niet tegenkomen.” Deze prestatie-eis wordt vervolgens door de ontwerpende partij vertaald naar ontwerpoplossingen. Hierdoor kan het consortium komen met bepaalde oplossingen die aan deze prestatie-eis voldoet, en daarbij in de verificatie voldoet. Een oplossing kan bijvoorbeeld zijn dat Medewerker Y van een andere gang maakt dan Bezoeker X, en daardoor gebruik moet maken van een trap om te komen tot het toilet. Dit kan strikt gezien voldoen aan de prestatie-eis, maar de eindgebruiker kan niet tevreden zijn met de oplossing omdat Medewerker Y, bijvoorbeeld door gebruik van een rolstoel, zich gelijkvloers door het gebouw moet kunnen bewegen.

Voorbeeld 1.1. Ruis tussen verificatie versus validatie met gebruik van prestatie-eisen.

De kern van het probleem dat ontstaat is het analyseren welke prestaties geleverd kunnen worden door het ontworpen bouwwerk, afgebeeld in figuur 1.3.5.



Figuur 1.3.5. De kern van het probleem in de toepassing van prestatie-eisen. Bron: eigen werk.

De analyse en beoordeling van het bouwwerk wordt momenteel handmatig door de opdrachtgever(s), eindgebruiker(s), specificatieadviseur(s), ontwerper(s) en andere ketenpartners uitgevoerd op basis van de aangeleverde tekeningen. Dit proces is zeer tijdrovend, het kan voor een complex bouwwerk dagen tot weken in beslag nemen. Omdat daartegenover een dynamisch ontwikkelproces met mutaties staat is het beoordelen van één prestatie zoals een in voorbeeld 1.1 omschreven looplijn haalbaar, maar bij een complex gebouw met honderden looplijnen en bedrijfsprocessen wordt dit al gauw een onmogelijke taak; op het moment dat de ontwerpoplossingen handmatig gevalideerd zouden zijn ligt er al een nieuw ontwerp. Een complex ontwerp écht goed valideren en terugkoppelen op basis van prestatie-eisen zou

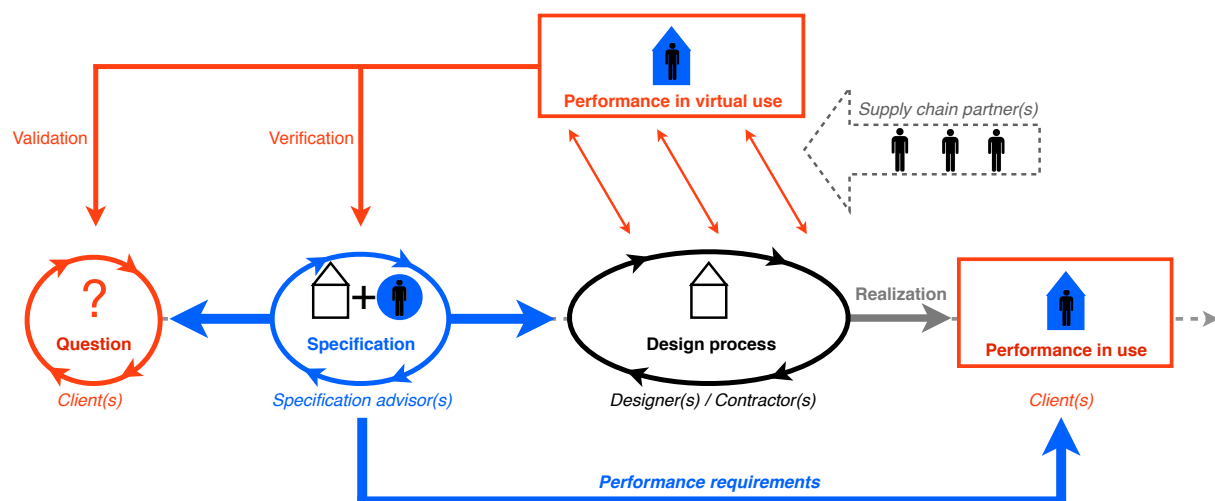
momenteel maanden kunnen duren, los van voortschrijdend inzicht en mutaties die ondertussen optreden bij de eindgebruiker(s)/opdrachtgever(s), specificatieadviseur(s) en opdrachtnemer(s). Dit resulteert in de beschreven onzekerheid over het bouwwerk onder de betrokken partijen. Om het beoordelen van een ontwerp op basis van prestatie-eisen haalbaar te maken in het ontwikkelproces zijn er daardoor twee opties: (1) óf de beoordeling moet effectiever en efficiënter óf (2) beheersbare ontwerpeisen moeten worden toegevoegd aan de prestatie-eisen waarmee in de balans van figuur 1.2.1 wordt gezocht naar een praktisch haalbare combinatie. Bij de toepassing van uitsluitend prestatie-eisen in het ontwikkelproces zijn drie bottlenecks geformuleerd:

- **Bottleneck 1: efficiëntie in beoordeling van het ontwerp;**
- **Bottleneck 2: voorzien in de informatiebehoefte onder de betrokken partijen en ketenpartners;**
- **Bottleneck 3: het moment van beschikbaarheid van informatie.**

Omdat het met huidige technieken niet lukt om deze bottlenecks voldoende aan te pakken is de Rijksgebouwendienst gedwongen om voor de tweede optie te gaan en een haalbare combinatie van ontwerpeisen en prestatie-eisen te zoeken in de balans van figuur 1.2.1. Hier worden twee dingen door de Rgd gedaan:

1. De Rgd gaat het contract “dichttimmeren”, er worden expliciet beoordeelbare ontwerpeisen opgesteld door de Rgd en toegevoegd aan de prestatie-eisen in de outputspecificatie.
2. Omdat veel projecten van de Rgd groot en complex zijn worden naast ontwerpeisen ook de voorziene en aangenomen knelpunten geformuleerd in een risicolijst waar gericht op wordt gestuurd.

Wat de Rgd doet door middel van het formuleren van ontwerpeisen is zich begeven op het terrein van de ontwerpende partij (bemoeien met het ontwerp). Het gevolg hiervan is dat de zekerheid in contractbeheersing toeneemt maar de flexibiliteit en ontwerpvrijheid in het proces neemt af, zoals figuur 1.2.1 weergeeft. Hiermee, in combinatie met het gebruik van een risicolijst voor gerichte toetsing op componenten, neemt het risico toe dat de gewenste kwaliteit van het totale bouwwerk niet wordt behaald. Figuur 1.3.6 geeft de huidige situatie bij de Rijksgebouwendienst weer met de combinatie van ontwerpeisen en prestatie-eisen.



Figuur 1.3.6. Huidige toepassing bij de Rgd: een combinatie van prestatie-eisen en ontwerpeisen. Bron: eigen werk.

1.4. Onderzoeksvragen

Uit de probleemstelling volgt een tweetal vragen waarop het onderzoek is gebaseerd.

Vraag 1: Prestatie-eisen

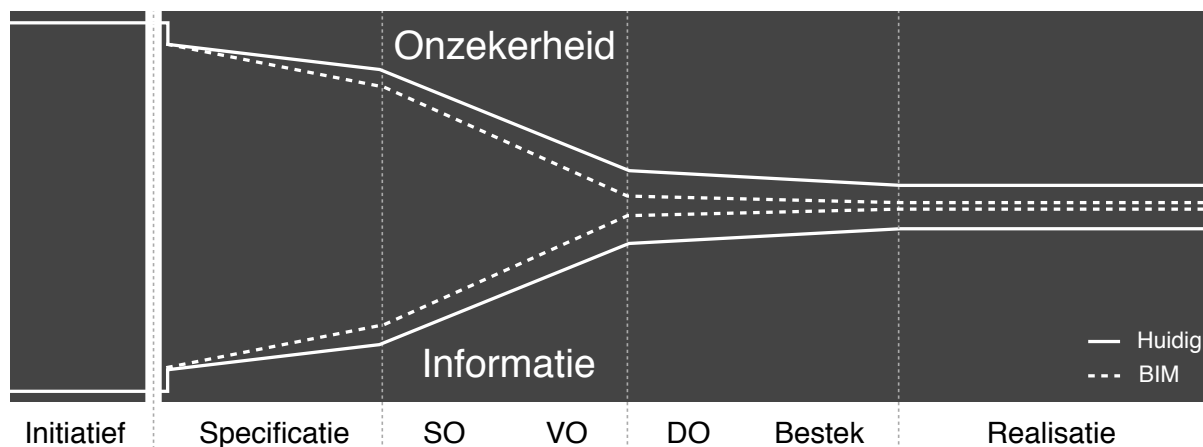
Welke informatie is nodig voor het verifiëren en valideren van het ontwerp gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus?

Vraag 2: Ondersteuning door BIM

Kan BIM ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces van het ontwerp gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus?

1.5. Hypothese en premisse

De gestelde hypothese luidt: 'BIM kan ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces waardoor het haalbaar wordt een passend ontwerp te realiseren gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen'. Deze hypothese komt voort uit de verwachting dat door het gebruik van BIM de hoeveelheid relevante informatie in het proces kan toenemen en daarmee de onzekerheid onder de betrokken partijen in het ontwikkelproces afneemt.



Figuur 1.5.1. Projectmanagement uitgezet over tijd (Lousberg 2009a) en de verwachting met BIM (eigen aanvulling).

De premisse van het onderzoek is dat de combinatie van het toepassen van prestatie-eisen en BIM leidt tot een verhoging van kwaliteit en een verlaging van kosten. Deze premisse wordt onderbouwd aan de hand van tabel 1.5.2: de top-10 van maatregelen om vermijdbare kosten binnen de bouw te verminderen. De percentages geven weer hoeveel deelnemers aan het onderzoek vanuit een bepaalde sector de betreffende manier als een van de belangrijkste manieren zien om vermijdbare kosten te reduceren.

Top-10 vermindering vermijdbare kosten

	Architect	Hoofdaannemer	Installateur	Onderaannemer	Ontwikkelaar
Aandacht uitvoerbaarheid in ontwerpfase	32	39	31	34	37
Verbetering communicatie	19	38	37	45	34
Meer integraal ontwerpen	31	16	21	1	26
Ketenintegratie	7	23	18	10	27
Ervaringen gebruiken bij volgende projecten	14	17	13	14	18

Meer afstemming bouwkunde en installatietechnieken	17	19	33	14	14
Al tijdens het PvE samenwerken	2	14	22	5	18
Duidelijke contracten	21	13	15	18	8
Leveren kwaliteit aan eindgebruiker centraal stellen	19	11	10	20	15
Minder versnippering verantwoordelijkheden	29	7	9	13	18

Tabel 1.5.2. Top 10 van maatregelen om vermijdbare kosten te reduceren. Bron: Bouwkennis Jaarrapport Nederland 2010/2011. Juli 2010

De manier waarop ik verwacht dat prestatie-eisen en BIM invloed hebben op de manieren om vermijdbare kosten te vermijden wordt per punt nader toegelicht.

1. Aandacht uitvoerbaarheid in ontwerpfase: door het werken met BIM wordt de opdrachtnemende partij gedwongen om in het begin –voorin de keten– al na te denken over vraagstukken achterin de keten, zoals exploitatiegerichte vraagstukken en het rekening houden met informatiebehoefte van ketenpartners (ZEEP Architecten 2011).
2. Verbetering communicatie: BIM draait in de kern om communicatieverbetering in de uitwisseling van informatie door middel van één database.
3. Meer integraal ontwerpen: dit komt ook terug in punt 1, het dwingen van zowel de opdracht-nemende als opdrachtgevende partij om vraagstukken integraal aan te pakken.
4. Ketenintegratie: ketenintegratie heeft samenhang met punt 1 en punt 3, zorgen dat vraagstukken integraal worden aangepakt.
5. Ervaringen gebruiken bij volgende projecten: BIM kan worden ingezet voor onder ander post-occupancy evaluation, zie hoofdstuk 4 van dit onderzoek.
6. Meer afstemming bouwkunde en installatietechnieken: BIM speelt met onder andere ‘clash detection’ tijdens ontwerp in op dit punt.
7. Al tijdens PvE samenwerken: door prestatie-eisen te formuleren wordt de Rijksgebouwendienst tijdens het specificeren gedwongen om na te denken over exploitatie. Hiervoor worden ook externe partijen betrokken –een frisse blik– om prestatie-eisen te toetsen.
8. Duidelijke contracten: dit punt wordt niet expliciet behandeld in dit onderzoek.
9. Leveren kwaliteit aan eindgebruiker centraal stellen: validatie –het toetsen van en terugkoppelen naar de gebruikersvraag– is een centraal thema in dit onderzoek door het opstellen van prestatie-eisen.
10. Minder versnippering verantwoordelijkheden: dit punt komt niet expliciet terug in dit onderzoek.

Samengevat, dit onderzoek heeft mogelijk invloed op acht van de tien aspecten van de top-10. De verwachting is dat hierdoor hogere kwaliteit wordt geleverd tegen lagere kosten.

1.6. Relevantie onderzoek

De relevantie van het onderzoek is onderverdeeld in maatschappelijke, wetenschappelijke en persoonlijke relevantie.

Maatschappelijke relevantie

In dit onderzoek is een directe koppeling verwacht met het reduceren van vermijdbare kosten en kwaliteitsverhoging in de bouw zoals omschreven in de voorgaande paragraaf. De bouw slaagt er nog niet in deze toenemende kostenpost (miljarden euro's, naar schatting 11,4% van de omzet in 2010) terug te dringen (Cobouw 2011). De aanname is dat zowel het formuleren van prestatie-eisen als het gebruik BIM

positief invloed heeft op het reduceren van vermijdbare kosten en creëren van kwaliteit en daarbij op de prijs/kwaliteit van de gebouwde voorraad.

Wetenschappelijke relevantie

In het onderzoek worden de thema's prestatie-eisen en BIM onderzocht waar los van elkaar momenteel veel onderzoek naar wordt gedaan en veel potentie in wordt gezien. De samenkomst van deze twee elementen in een procesvoorstel is hierin een vernieuwende invalshoek.

Prestatie-eisen

In de literatuur is de filosofie achter het opstellen van prestatie-eisen beschreven, alleen mist momenteel nog de ervaring in de praktijk waardoor ook de beschrijving hoe deze eisen in het ontwerpproces kunnen worden opgenomen ontbreekt. Vergelijkbare actuele onderwerpen in gerelateerd onderzoek zijn het sturen op de exploitatie van het gebouw en de 'life cycle assessment'.

Gebruik ICT / BIM en de relatie tot het proces

Bij de Rijksgebouwendienst wordt in toenemende mate ICT ingezet in haar projecten. Als voorbeeld wordt voor het opstellen van de eisen 'Relatics' gebruikt; een webbased semantische database. Nu is het de beurt aan BIM om zijn intrede te maken bij de Rijksgebouwendienst door het aankondigen van de 'Rgd BIM norm'. Over ICT en BIM wordt voornamelijk onderzoek gedaan naar de technische kant en koppeling tussen bouwkundige specialisten zoals de architect met de constructeur. Het toepassen van BIM in het ontwerpproces als onderdeel van de totale levenscyclus en meenemen van de eindgebruiker hierin is nog minimaal omschreven.

Persoonlijke relevantie

BIM (ICT in het algemeen) is een opkomend fenomeen in de AEC-industrie –terwijl het in de meeste andere industrieën al een veel verder gevorderde implementatie kent– dat mij gedurende een ERASMUS uitwisselingsprogramma met de KTH in Stockholm heeft overtuigd van zijn kwaliteiten. Kennis hebben van en kunnen bijdragen aan de kennis rondom BIM en prestatie-eisen is naar mijn mening cruciaal voor de aankomende generatie project- en procesmanagers.

De combinatie van het afstudeertraject en kennis opdoen met BIM en prestatie-eisen is in mijn ogen een ideale combinatie. Naast deze kennis op doen biedt het onderzoek naar een momenteel onbeschreven gebied de mogelijkheid om creatief en innovatief te zijn binnen een complexe omgeving, iets wat mij uitdaagt en prikkelt om de puzzel zo goed als mogelijk binnen een beperkt afstudeertraject op te lossen.

1.7. Doelstelling onderzoek

Het doel van het onderzoek is om te komen tot een procesvoorstel voor het toetsen van prestatie-eisen met behulp van BIM. Daarvan is de beschrijving van het product –de samenkomst van prestatie-eisen en BIM– en het bijbehorende proces een onderdeel, evenals een kritische beschrijving en indicatie waar deze combinatie mogelijk oplossingen voor biedt: de potentie en aandachtspunten bij implementatie van het product en proces in de levenscyclus van bouwwerken.

1.8. Methodieken en onderzoeksdesign

Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van het volgende onderzoeksdesign.

Fase 1

- Oriënterende literatuurstudie
- Oriënterende interviews

Fase 2

- Theoretisch kader**
- Literatuurstudie (specifiek)
 - Literatuurcases
 - Concepten en definities
 - Conceptuele modellen

- Praktijkonderzoek**
- Observaties bij Rijksgebouwendienst
 - Analyse van documenten (harde data)
 - Interviews bij Rgd en architect
 - Volgen state-of-the-art ontwikkelingen
 - Experimenteren met BIM

Reflectie praktijk / werkwijze Rgd

Conclusies
Prestatie-eisen

Conclusies
BIM

Fase 3

Expert reviews
Prestatie-eisen

Concept conclusies koppeling prestatie-eisen aan BIM

Expert reviews
BIM

Fase 4

- Conclusies koppeling prestatie-eisen aan BIM
- Aanbevelingen
- Procesvoorstel en implementatie

Figuur 1.8.1. Onderzoeksdesign. Bron: eigen werk.

De eerste fase (1) van het onderzoek bestaat uit de onderdelen oriënterende literatuurstudie en oriënterende interviews ter verkenning van de onderwerpen prestatie-eisen en BIM. Het doel van deze fase is om te komen tot een inventarisatie van problemen in het ene onderwerp waar het andere onderwerp oplossingen voor biedt en vice versa. Een oriëntatie wat de kracht van een koppeling zou kunnen zijn, en een evaluatie of het zin heeft om hierop door te gaan.

In de tweede fase (2) wordt enerzijds een theoretisch kader opgezet, anderzijds wordt een praktijkonderzoek uitgevoerd. Van dit praktijkonderzoek zijn de observaties een belangrijk onderdeel, weke bestaan uit bijvoorbeeld continue korte gesprekken –zoals dagelijks lunchgesprekken– met personen bij de Rgd die als spiegel en klankbord werken voor kennis en inzicht. Daarnaast wordt door middel van interviews en beschikbare documenten (harde data) vanuit verschillende cases de praktijk verder geanalyseerd. Het experimenteren met BIM houdt in dat een aantal BIM tutorials vanuit de faculteit bouwkunde van de TU Delft wordt gedaan en de mogelijkheden van Solibri Model Checker worden uitgetest bij de Rgd om een basis gevoel en ervaring onder de knie te krijgen van de mogelijkheden en werkwijze. Omdat zowel BIM, prestatie-eisen en de Rgd sterk in ontwikkeling zijn wordt getracht zoveel mogelijk op de hoogte te blijven van de gaande ontwikkelingen, bijvoorbeeld door middel van deelname aan workshops en events.

In de derde fase (3) ontstaan hypothesen over de koppeling van prestatie-eisen aan BIM. Deze hypothesen worden continu kritisch gereflecteerd aan literatuur, state-of-the-art praktijkoplossingen en expert reviews vanuit prestatie-eisen en BIM. In de expert reviews voor prestatie-eisen kan volledig

worden voorzien vanuit de interne kennis bij de Rijksgebouwendienst en mentoren binnen de TU Delft. De BIM expert reviews kunnen ook volledig worden uitgevoerd met behulp van interne kennis bij de Rijksgebouwendienst en mentoren vanuit de TU Delft, echter is als additie hierop de toepassing van BIM in het onderzoek met een frisse blik beoordeeld door Léon van Berlo (TNO en BIMserver.org) en PhD kandidaten Niel Slob en Saman Mohammadi.

In de vierde en laatste fase (4) worden de conclusies opgesteld, aanbevelingen voor vervolgonderzoek geformuleerd en een procesvoorstel wordt opgesteld voor het toepassen van de koppeling tussen BIM en prestatie-eisen in de levenscyclus. Naast meerdere gesprekken met mijn mentoren dr. ir. Alexander Koutamanis (TU Delft), dr. ir. Theo van der Voordt (TU Delft) en praktijkbegeleider ir. Hans van der Horst (Rgd) zijn de volgende interviews en gesprekken gehouden.

Oriënterende interviews in fase 1:

- dr. ir. Juriaan van Meel (ICOP)
- ir. Niel Slob en ir. Saman Mohammadi (PhD kandidaten, TU Delft / Draaijer+partners)

Regelmatig inhoudelijk contact gedurende stage bij Rgd in fase 2:

- ir. Arie de Jong (Rgd) - Specificeren, prestatie-eisen en beoordelen
- ir. Vicky Mitossi (Rgd) - BIM
- ir. Dirk van Rillaer (Rgd) - BIM
- ir. Henk Klein Heerenbrink (Rgd) - Prestatie-eisen, beoordeling en werkwijze Rgd algemeen
- ing. Wout Buijs (Rgd) - Werkwijze Rgd algemeen
- ing. Leo de Voogd (Rgd) - Werkwijze Rgd algemeen

Interviews in fase 2:

- ir. Diederik van Staaij (Rgd) - Algemeen werkwijze en Rgd, strategie en DBFMO
- dr. ir. Sander de Jonge (Rgd) - Specificeren en prestatie-eisen
- dr. ir. Marc van Leusen (Rgd) - BIM en proces bij de Rgd
- ir. Lennart Kerpel (Rgd) - Specificeren en prestatie-eisen
- ir. Piet Melman (Rgd) - Beoordelen van eisen en normen
- ir. Ronald van Aggelen en ir. Paul Bos (ZEEP architecten) - BIM en ontwerpproces

Expert reviews in fase 3:

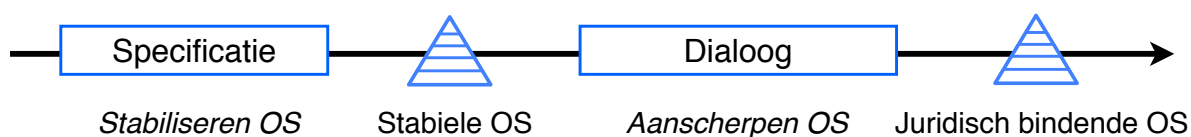
- dr. ir. Marc van Leusen (Rgd) - BIM en procesvoorstel
- dr. ir. Sander de Jonge (Rgd) - Prestatie-eisen
- ir. Lennart Kerpel (Rgd) - Prestatie-eisen
- ir. Léon van Berlo (TNO) - BIM
- ir. Niel Slob en ir. Saman Mohammadi (TU Delft) - Prestatie-eisen en procesvoorstel

Zie bijlage 1 voor het interview protocol van verschillende interviews en expert reviews en een samenvatting van de gevoerde conversaties.

2. Prestatie-eisen

2.1. Outputspecificatie

In paragraaf 1.2 zijn prestatie-eisen geïntroduceerd. Om prestatie-eisen juridisch bruikbaar te maken in een ontwerpproces worden de prestatie-eisen opgenomen in een contractdocument. Dit contractdocument wordt bij de Rijksgebouwendienst de outputspecificatie (OS) genoemd. De definitie van outputspecificatie luidt: contractdocument waarin de gevraagde prestaties worden vastgelegd (Zeegers en Ang 2003). De outputspecificatie maakt in het ontwerpproces bij de Rijksgebouwendienst twee fasen door:



Figuur 2.1.1. Proces van opstellen outputspecificatie. Bron: eigen werk.

In het voortraject wordt de OS gestabiliseerd, dit houdt in dat de OS zó ver wordt uitgedacht en getest dat de inhoud gedurende het ontwerpproces in grote lijnen hetzelfde blijft en niet zal leiden tot een totaal ongepast resultaat. Met andere woorden, de inhoud is stabiel genoeg voor aanbesteding. Dit proces wordt uitgevoerd door een specificatieteam op basis van bijvoorbeeld massastudies, kengetallen, ervaring uit voorgaande projecten en een tegenontwerp door een extern betrokken architect (Kerpel 2011). Op het moment dat de outputspecificatie stabiel is gaat het de dialoogfase in met gewoonlijk een drietal consortia. In dit dialoogproces beginnen de consortia zoveel als mogelijk met een schone lijn aan het ontwerp zodat tot innovatie kan worden gekomen. Alle consortia hebben te allen tijde beschikking tot dezelfde informatie vanuit de opdrachtgever, dat is de basis voor een zuivere concurrentiegericht dialoog. In het dialoogproces werken over het algemeen drie consortia door middel van drie dialoogrondes naar een VO+ ontwerp wat het midden houdt tussen VO en DO, zie paragraaf 3.4.3.

Gedurende de dialoogrondes mag de OS worden aangescherpt gebaseerd op opgedane inzichten en resultaten, de OS is nog niet juridisch bindend. Het is hier mogelijk de consortia te voorzien in zoveel informatie als de opdrachtgever zelf wenst, zolang het nogmaals gelijk is voor alle consortia. De consortia onderling hebben geen inzicht in ieders ontwerp. Een aantekening hierbij is het feit dat de OS naar alle consortia wordt aangepast wanneer een consortium door innovatie of verbetering niet hoeft te voldoen aan de gestelde eisen in de OS. Dit kan bijvoorbeeld betrekking hebben op het kunnen combineren van ruimtes. Wanneer de OS wordt aangepast ondervinden de concurrerende consortia voordeel van het werk geleverd door een specifiek consortium, waardoor consortia mogelijk beperkt zijn in het willen investeren in onderzoek naar innovatie en verbetering. Naast het komen tot een winnend ontwerp (het gunnen van een consortium) is de dialoogfase ook officieel bedoeld voor het kunnen aanscherpen van de prestatie-eisen (Kerpel 2011). Op het moment van gunning wordt de outputspecificatie juridisch bindend verklaard: vanaf gunning mag niks meer vrijblijvend aan de OS worden aangepast, alleen officiële contractuele wijzigingen kunnen nog worden doorgevoerd. De achterliggende gedachte is dat aanpassingen in het contract invloed hebben op bij gunning aangenomen te leveren kwaliteit door de opdrachtnemende partij met de beschikbaar gestelde middelen, wat juridisch wordt gebonden. In praktijk komen mutaties in de OS na gunning echter wél voor (Jonge de 2011b). Wijzigingen komen voor op diverse punten, voornamelijk op concrete aspecten behorende tot de groepen: diensten, middelen, ruimtes, normen, comfort, techniek en monitoring/betalingsmechanisme (Rijksgebouwendienst 2008). In paragrafen 2.4.3 en 2.4.4 wordt dieper op de inhoud van deze groepen ingegaan. Gezien het juridisch gebonden karakter van de OS is het vermijden van wijzigingen gewenst.

De vergelijking tussen de in figuur 2.1.1 geïllustreerde fasering van de OS met de fasering omschreven door de SBR 258 is interessant. De SBR 258 onderscheidt namelijk vijf fasen in de ontwikkeling van globaal naar gedetailleerd van het Programma van Eisen (PvE):

1. Globaal PvE;
 2. Basis PvE als onderlegger voor het structuurontwerp;
 3. PvE voor voorlopig ontwerp (VO);
 4. PvE voor definitief ontwerp (DO);
 5. Definitief PvE, als basis voor bestek.
- (Voordt van der en Wegen van 2002)

De Rijksgebouwendienst omschreef in de “Handleiding Ruimtelijke Programma’s van Eisen” uit 1995 drie fasen van PvE’s in plaats van twee fasen outputspecificaties die het nu hanteert. Deze drie fasen van PvE’s zijn: globaal, basis en gedetailleerd. De manier waarop de drie of vijf fasen van het PvE terug komen in de twee fasen van de OS is niet geheel inzichtelijk aangezien er verschillen in inhoud zijn tussen beiden. Cruciaal voor dit verschil is het opstellen van prestatie-eisen of ontwerpeisen; de ontwerpeisen ‘groeien’ mee met het detailniveau van het ontwerp waar prestatie-eisen dit in mindere mate tot theoretisch niet doen. Wat hier op dit moment over gezegd kan worden is dat in dialoog bij de Rgd wordt gegund op basis van een VO+ ontwerp. Hierna wordt de OS juridisch bindend gemaakt, dus zou mogelijk gesteld kunnen dat de OS niet verder wordt ontwikkeld dan tussen fase 3 en 4 van het PvE volgens de fasering van de SBR 258.

2.2. Specificatie theorieën

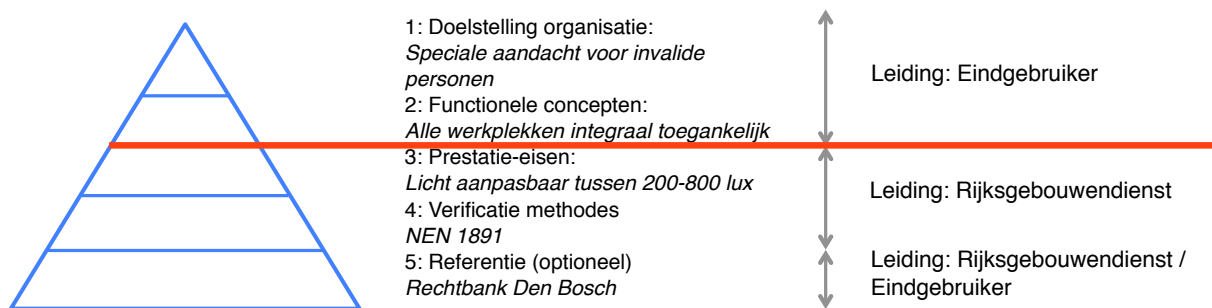
De door de Rijksgebouwendienst gehanteerde theorie voor de opzet van de outputspecificatie is de ‘Nordic Five Level Structure’ (NFLS) (Zeegers en Ang 2003). Deze theorie wordt in de komende paragrafen nader uitgelegd en vergeleken met de vijf stappen vanuit de SBR 258 en Problem-Seeking Methode (PSM). Gekozen is voor de SBR 258 en PSM omdat deze theorieën in de vergelijking met de NFLS ook uit vijf stappen bestaan, maar allen duidelijk anders van opzet zijn.

2.2.1. Nordic Five Level Structure / Rijksgebouwendienst

In het specificatieproces maakt de Rijksgebouwendienst gebruik van vijf abstractieniveaus, de Nordic Five Level Structure, voor het zo goed en compleet mogelijk kunnen formuleren van een contractueel beheersbare outputspecificatie. De NFLS zoals de Rgd die toepast bestaat uit de volgende vijf abstractieniveaus:

1. Doelstellingen;
2. Functionele concepten;
3. Prestatie-eisen;
4. Verificatie methodes;
5. Referenties.

In figuur 2.2.1 is deze opzet weergegeven inclusief aanvullende informatie over de opbouw van de methode.



Figuur 2.2.1. Nordic Five Level Structure. (Zeegers en Ang 2003) (bewerkt)

Het proces om tot de vijf niveaus te komen bestaat uit de volgende stappen (Zeegers en Ang 2003):

1. Beschrijven van de strategische ambities van de afnemer die de kern bedrijfsactiviteiten ondersteunen door optimalisatie van de investering in bedrijfsvastgoed (visie op bedrijfs-organisatie).
2. Beschrijven van de ambities van de afnemer, bedrijfsprocessen, eisen en specifieke wensen in functionele termen (functionele eisen)
3. *Vertalen* van de functionele beschrijvingen naar meetbare en verifieerbare prestatie-eisen.
4. Beschrijven van de verificatie methodes om te waarborgen dat het gebouw gaat voldoen aan functionele en prestatie-eisen.
5. Beschrijven van het proces, gebaseerd op referenties en acceptabele oplossingen, hoe de gebouw product ontwikkeling zal worden getest en beoordeeld van project-ontwerp tot oplevering.

Het kritieke punt in de NFLS zit in de overgang tussen niveau 2 en 3, aangegeven met de rode horizontale lijn in figuur 2.2.1. Hier vindt (1) een overgang plaats in het hebben van de leiding in specificeren van de eindgebruiker naar de expert, de Rijksgebouwendienst, waar (2) een transitie wordt gemaakt in abstractieniveau van de eisen. Niet toevallig wordt deze transitie bij stap 3 in de bovenstaande procesbeschrijving aangeduid met de term ‘vertalen’ in plaats van de term ‘beschrijven’ bij de overige vier stappen.

Deze vertaling in verifieerbare eisen resulteert feitelijk gezien voor een deel in een contradictie met de theorie over prestatie-eisen. Als voorbeeld worden functionele beschrijvingen vertaald naar onder andere “minimale ruimtestaten”, “verdiepingshoogte” en “middelen”. Dit zijn concrete ontwerpoplossingen (schrijven voor *hoe* het moet) en daarom geen prestatie-eisen zoals de theorie dit voorschrijft; het omschrijven van ontwerpoplossingen in eisen belemmert de vrijheid bij de ontwerpende partij om te komen tot innovatie en verbetering. Een voorbeeld van mogelijk weggenomen innovatie bij de ontwerpende partij is het kunnen combineren van activiteiten in één multifunctionele ruimte door het voorschrijven van concrete ruimtes. Hier wordt dieper op in gegaan in paragraaf 2.4.3. Het proces om te komen van globaal naar gedetailleerd en van abstract naar concreet is een is een gangbaar proces in programmeren en zodoende ook terug te zien in SBR 258 en PSM.

2.2.2. SBR 258

Ten eerste omschrijft dit SBR 258 de volgende opbouw (Dam ten, Smits et al. 1996):

1. Gebruikseisen;
2. Functies en prestaties;
3. Beeldverwachtingen;
4. Interne voorwaarden;
5. Externe eisen en voorwaarden.

1. *Gebruikseisen*

Dit zijn de eisen en wensen omtrent (onderdelen van) *de huisvesting* die direct voortvloeien uit het beoogde gebruik. Het gaat hier om een beeld van de te huisvesten organisatie, qua aard, omvang, organisatiestructuur en activiteitenpatronen, nu en in de toekomst. Opdrachtgevers, gebruikers en eigenaren kunnen deze eisen in beginsel zelf formuleren. (Voordt van der en Wegen van 2002)

2. *Functies en prestaties*

De kenmerken van de te huisvesten organisatie dienen vervolgens vertaald te worden in ruimtelijk-bouwkundige eisen en wensen met betrekking tot de locatie (bereikbaarheid, voorzieningen in de omgeving, uitbreidingsmogelijkheden e.d.) en eisen en wensen ten aanzien van het gebouw. Relevante items zijn onder meer de ruimtebehoefte voor het gebouw als geheel en per ruimte, uitgedrukt in m² FNO, VVO of BVO, de gewenste bouwfysische condities (temperatuur, licht, vocht, geluid, uitzicht), en prestatie eisen ten aanzien veiligheid en flexibiliteit. Het vertalen van gebruikseisen in prestatie-eisen is specialistisch werk, waarvoor de opdrachtgever vaak een programma-adviseur inhuurt (Voordt van der en Wegen van 2002).

3. *Beeldverwachtingen*

Hoewel het creëren van beeldkwaliteit tot de competentie van de ontwerper behoort, doet de opdrachtgever er goed aan zijn eigen wensen op dit gebied helder te formuleren. Wil hij een luxe uitstraling of wordt gestreefd naar sober en doelmatig? Gaat de gedachte uit naar een traditionele bouwstijl of meer in de richting van 'high tech'? Moet het gebouw iets uitdrukken van de functie of de 'corporate identity' of juist niet? (Voordt van der en Wegen van 2002)

Voorbeeld van een tekstfragment uit een PVE over beeldkwaliteit:

Het nieuwe gebouw moet duidelijk herkenbaar zijn als een openbaar gebouw met een maatschappelijke functie en met een bijzondere plaats in de Universiteit. Het gebouw zal ook, gelet op de landelijke taak van de bibliotheek en de bezoekers van buiten Delft, door vormgeving en positionering een markant gezicht moeten krijgen naar de Schoemakerstraat. Het momenteel wat rommelige achterkantkarakter met weinig uitstraling van het gebied achter de Aula dient verbeterd te worden.

Voorbeeld 2.1. Beeldkwaliteit uit een PvE. Bron: PVE Universiteitsbibliotheek TU Delft (1995)

Interne voorwaarden

Dit betreft in ieder geval de financieel-economische voorwaarden (mogelijkheden en beperkingen van investeringskosten en exploitatielasten) en voorwaarden met betrekking tot de tijd (datum van oplevering, doorlooptijd van het huisvestingsproces). Andere interne voorwaarden zijn b.v. specifieke eisen ten aanzien van duurzaam bouwen (Voordt van der en Wegen van 2002).

4. *Externe eisen en voorwaarden*

Dit betreft de eisen vanuit de ruimtelijke ordening en andere wet- en regelgeving. Voorbeelden zijn het bestemmingsplan, eisen vanwege een beschermd stadsgezicht, het Bouwbesluit, brandveiligheidsverordening, drank- en horecawet, warenwet, wet milieubeheer, Arbo-wet, Algemene Politieverordening (Voordt van der en Wegen van 2002) .

Voorbeeld van een tekstfragment uit een PVE over externe voorwaarden:

Het programma gaat ervan uit dat minimaal voldaan wordt aan de vanwege de overheid of door nutsbedrijven te stellen eisen. Er wordt tevens van uitgegaan dat gebruik wordt gemaakt van de actuele stand van kennis en techniek, zoals onder meer vastgelegd in de vigerende normen van NEN-Bouw.

- Bestemmingsplan: Voor het bedrijventerrein Apeldoorn Noord is een bestemmingsplan van kracht.
- Handboek voor Toegankelijkheid. Het gebouw dient toegankelijk te zijn voor iedereen, inclusief mensen met functiebeperkingen, en moet daartoe voldoen NEN 1814 en aan de richtlijnen uit het Handboek voor Toegankelijkheid (vijfde druk, 2003).
- Milieuwet: Het bedrijf behoeft volgens eigen zeggen geen uitgebreide procedure voor de milieuwet te doorlopen (duur procedure 6 maanden).

Voorbeeld 2.2. Externe voorwaarden uit een PvE. Bron: Een PvE voor bedrijfshuisvesting.

2.2.3. Problem-Seeking Methode

De eerste theorie in de vergelijking is de methode geformuleerd door William Pena en Steven Parshall in 'Problem-Seeking' (2001), zodoende wordt deze methode in dit onderzoek de Problem-Seeking Methode (PSM) genoemd.

1. Doelen (goals) – *Wat wil de client bereiken, en waarom?*
2. Feiten (facts) – *Wat weten we? Wat is gegeven?*
3. Concepten (concepts) – *Hoe wil de client de doelen bereiken?*
4. Behoeften (needs) – *Hoeveel geld en ruimte? Welk kwaliteitsniveau?*
5. Probleem (problem) – *Wat zijn significante omstandigheden die het ontwerp van het gebouw beïnvloeden? Welke algemene richtingen zou het ontwerp moeten nemen?*

1. Doelen

Het einde waarnaar inspanningen zijn gericht, wat suggereert dat het iets is dat alleen met langdurige inspanning kan worden bereikt. De inspiratie voor ontwerpers wordt gevonden in Doelen, niet in een lijst. Doelen moeten wel bruikbaar en relevant zijn voor het architectonisch ontwerp probleem. Doelen zijn hier de eindes, waar Concepten (niveau 3) de middelen zijn; de Concepten dienen het Doel. De relatie tussen het Doel en Concept is er een van congruentie.

De PSM brengt binnen het stellen van doelen een nuance aan in twee soorten doelen: projectdoelen en operationele doelen. Projectdoelen hebben betrekking op het product, operationele doelen op het proces. Elke niveau van de Problem-Seeking Methode, en zo ook de Projectdoelen, bestaat volgens de Problem-Seeking Methode (Pena en Parshall 2001) uit de volgende onderverdeling, in de theorie genaamd "overwegingen" (considerations):

1. Functie
 - a. Missie verklaring (als specifiek onderdeel van Doelen)
 - i. Verklaart redenen
 - ii. Beantwoordt waarom
 - iii. Stelt het doel
 - b. Filosofie
2. Vorm
3. Economie
4. Tijd

Voorbeelden zijn:

1. Functie: Missie, Kernactiviteiten, Ontmoetingen, Efficiëntie;
2. Vorm: Locatie elementen, Relaties met gemeenschap, Fysiek comfort, Verwachtingen van opdrachtgever;
3. Economie: Omvang van budget, Exploitatiekosten, Duurzaamheid;
4. Tijd: Verandering, Statische/dynamische activiteiten, Groei, Datum van ingebruikname.

Voorbeelden van geformuleerde Doelen zijn onder te brengen in verscheidene categorieën, deze houden verband met de invalshoek van het doel: doelstellingen, beleid, intentie, visie, missie, filosofie of aspiratie.

Een voorbeeld voor een projectdoel binnen Doelstelling:

Doel: Zo veel mogelijk studenten uit de staat Texas bedienen.

Doelstelling: Het aantal aanmeldingen verhogen met 1000 studenten per jaar.

Uit: (Pena en Parshall 2001)

Voorbeeld 2.3. Projectdoel volgens Problem-Seeking Methode.

Een nuancering voor projectdoelen is aangebracht, bestaande uit:

- “moederschap” doelen: te breed om direct bruikbaar te zijn, zoals “een goede omgeving voor kinderen”;
- paradepaard doelen: doen het goed in publieke publicaties, maar na invoer een gebrek in steun voor toepassing;
- inspirationale doelen: even breed als “moederschap”, echter is de tweeledigheid hier bedoeld om het onbewuste van de ontwerper te beïnvloeden in concepten, zoals “het projecteren van de dynamische en progressieve geest van de bank”;
- praktische doelen: begeleiding in de verzameling van relevante feiten omschreven in het volgende niveau.

Alle vormen van projectdoelen zijn mogelijk, mits de doelen organisatorische ambities in plaats van bouwkundige ambities beschrijft zoals bovenstaande voorbeelden aangeven. Wel is het belangrijk rekening te houden met het feit dat Doelen uiteindelijk moeten worden getest op volledigheid en bruikbaarheid, afhankelijk van de middelen om het Doel te kunnen bereiken.

Tegenover project doelen omschrijft de PSM operationele doelen, welke resulteren *uit* het contract met de architect of uit operationele keuzes gemaakt door het opdrachtgever/architecten team. Deze doelen hebben betrekking op Tijd, Mensen, Kosten, Informatie, Technieken en Locatie, en vertoont zodoende veel overeenkomsten met de op de TU Delft aangeleerde

Voorbeelden voor operationele doelen

1. Tijd: “Ingebruikname van het opleverde gebouw in september 2014”
2. Mensen: “Coördinatie van de activiteiten van het team om zo effectief mogelijk gebruik te maken van adviseurs”
3. Kosten: “Behalen van 20 procent brutowinst op het totale project”
4. Informatie (en technieken): “Het verwerken van inschrijving/ruimte data.”
5. Technieken (en tijd): “Het ontwikkelen van een schema dat de gehele tijd voor projectoplevering comprimeert.”
6. Tijd (en tijd): “Het huidige ziekenhuis moet operationeel blijven terwijl de nieuwe vleugel wordt aangebouwd.”

Uit: (Pena en Parshall 2001)

Voorbeeld 2.4. Operationeel doel volgens Problem-Seeking Methode.

GOTIK methode; Geld, Organisatie, Tijd, Informatie, Kwaliteit. EAlleen de projectdoelen worden opgenomen in het programma van eisen, het contractstuk.

2. *Feiten*

Feiten zijn alleen belangrijk wanneer ze toepasselijk zijn. Feiten worden gebruikt om de huidige situatie van de locatie te beschrijven, inclusief fysieke, juridische, klimatologische en esthetische aspecten. Grafische documentatie maakt deze feiten effectief. Andere belangrijke feiten zijn statistische projecties, economische data en beschrijvingen van gebruikers karakteristieken (Pena en Parshall 2001).

3. *Concepten*

Concepten dienen de gestelde Doelen. Het is hier cruciaal het verschil tussen programmatische concepten en ontwerp concepten te begrijpen. Programmatische concepten refereren naar ideeën betreft voornamelijk de functionele en organisatorische oplossingen voor de prestatie problemen van de opdrachtgever, zonder te letten op de fysieke oplossing. Ontwerp concepten refereren naar naar concrete ideeën bedoeld als fysieke oplossing voor de architectonische problemen van de opdrachtgever (Pena en Parshall 2001).

Voorbeelden voor het verschil tussen programmatische en ontwerpconcepten

1. - Programmatisch concept: Aanpasbaarheid
- Ontwerp concept: Vouwdeur
2. - Programmatisch concept: Onderdak
- Ontwerp concept: Dak
3. - Programmatisch concept: Decentraliseer de massa van 2700 studenten in scholen van 900 studenten.
- Ontwerp concept: Bijv. opties: (1) verspreiding van drie gebouwen, (2) verspreiding over drie verdiepingen in één gebouw, (3) de compactheid van een enkel gebouw met drie identificeerbare scholen op een verdieping.

Uit: (Pena en Parshall 2001)

Voorbeeld 2.5. Programmatische concepten versus ontwerpconcepten.

Door het omschrijven van puur programmatische concepten wordt de uiteindelijke ontwerp-oplossing vrij gelaten wat resulteert in meer flexibiliteit in het ontwerp, wat kan leiden tot innovatie en verbetering. Het meenemen van ontwerp concepten tijdens het programmeren zou betekenen: (1) overhaaste conclusies, (2) te vroege synthese, (3) bepalen van deeloplossingen voordat deelproblemen zijn geïdentificeerd. De opbouw dient volgens Pena en Parshall als volgt eruit te zien:

1. Projectdoelen (einddoel)
2. Programmatische concepten (middelen)
3. Ontwerp concepten (antwoord)

De PSM beschrijft in haar theorie 24 programmatische concepten die in vrijwel elke project voorkomen en een beeld van de mogelijkheden geven: Prioriteit, Hiërarchie, Karakter, Dichtheid, Installatie Groepering, Activiteit Groepering, Persoon Groepering, Thuisbasis, Telecommunicatie, Virtueel Kantoor, Gefixeerde Adressen, Relaties, Communicaties, Buren, Toegankelijkheid, Gescheiden Stroom, Gemengde Stroom, Oriëntatie, Flexibiliteit, Tolerantie, Veiligheid, Energiebesparing, Fasering en Beheersing van Kosten (Pena en Parshall 2001).

4. *Behoeften*

Maar weinig opdrachtgevers hebben genoeg geld om alles te doen wat ze willen. Daarom is het onderscheiden van behoeften (*needs*) van wensen (*wants*) belangrijk. In feite is deze vierde stap een economische haalbaarheid test om te onderzoeken of er een budget kan worden gesteld. De beste balans kan hierin worden gevonden als de vier elementen van kosten tot een bepaalde hoogte bespreekbaar blijven: (1) ruimte eisen, (2) kwaliteit van constructie, (3) geld budget, (4) tijd. Tenminste één van de vier aspecten zou bespreekbaar moeten blijven. Kosten voorspellen is niet al te lastig omdat het proces van globaal naar specifiek gaat, en zo ook het initiële budget kan worden opgesteld aan de hand van globale schatting betreft bruto vloeroppervlak in combinatie met efficiëntie ratio's en verschillende kwaliteitsniveaus. Als het budget serieus uit balans raakt moeten Doelen, Feiten en Concepten worden heroverwogen (Pena en Parshall 2001).

5. *Probleem*

Programmeren is een proces dat leidt tot een expliciete stelling van een architectonisch probleem, het pakket dat wordt overgedragen van programmeur naar ontwerper. Na nadenken over informatie vanuit de voorgaande stappen moeten *ontwerper en programmeur* de meest uitspringende stellingen betreft het probleem, de soort stellingen die de vorm van het gebouw bepalen, opschrijven. Deze dienen als onderlegger voor het ontwerp en later ontwerp criteria om ontwerp oplossingen te evalueren. De essentie van het probleem moet worden weergegeven in simpele stellingen, het benadrukken van de uniekheid is hier essentieel, juist door op het vanzelfsprekende te richten (Pena en Parshall 2001).

Voorbeelden van Probleemstellingen volgens PSM

1. Functie
 - a. Het masterplan moet voorzien in een scheiding van voetgangersstromen en rijdend verkeer.
 - b. Het voorgestelde plan moet voorzien in plekken die de overgang toestaan van het individuele naar teamfocus.
 - c. Het locatievoorstel moet locaties bevatten met goede bereikbaarheid vanaf openbaar vervoer.
2. Economie
 - a. Kwaliteit van ontwerp en constructie moet van een hoog niveau zijn.
 - b. De plannen moet zowel korte termijn als lange termijn effecten van bezit versus huur overwegen.
 - c. Identificeer, prioriteer en voeg alternatieven toe die tot 15 procent onder het het gebudgetteerde concept ontwerp zitten.
3. Vorm
 - a. Het masterplan moet groene gebieden creëren voor het psychologische effect.
 - b. Het project moet een innovatief imago dat de technologie mensen aan de opdrachtgevers toont, inclusief realtime demo's van de producten.
 - c. Het centrum zou een goede nabuur moeten zijn voor de aangrenzende functies.
4. Tijd
 - a. Het masterplan moet een open kader toestaan voor uitbreiding.
 - b. Het ontwerp zou moeten voorzien in visuele en functionele eenheid op elk stadium van ontwikkeling.

Uit: (Pena en Parshall 2001)

Voorbeeld 2.6. Probleemstellingen vanuit de PSM theorie.

2.2.4. Samenhang tussen specificatietheorieën

Figuur 2.2.2 laat voor het overzicht de termen van de NFLS / Rgd, SBR 258 en PSM naast elkaar zien:

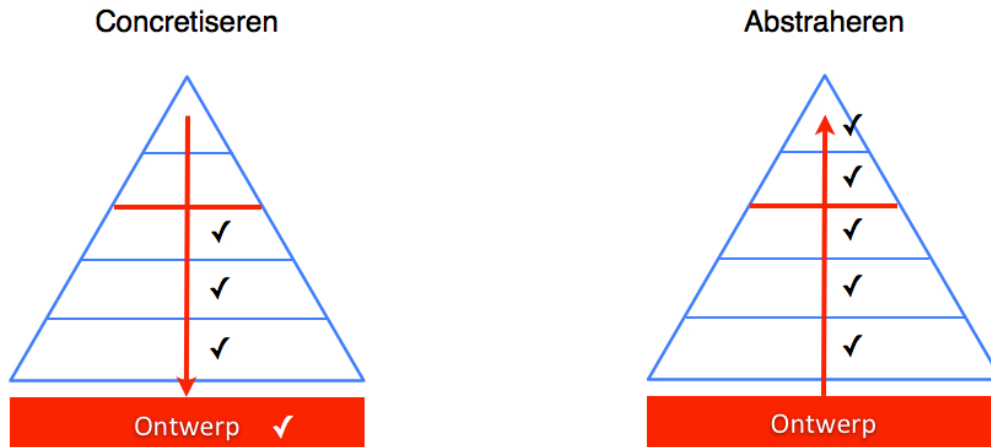
	NFLS / Rgd	SBR 258	PSM
1	Doelstellingen	Gebruikseisen	Doelen
2	Functionele concepten	Functies en prestaties	Feiten
3	Prestatie -eisen	Beeldverwachtingen	Concepten
4	Verificatie methoden	Interne voorwaarden	Behoeften
5	Referenties	Externe eisen en voorwaarden	Probleem

Figuur 2.2.2. NFLS / Rgd, SBR 258, PSM. Bron: eigen werk.

Zuiver kijkend naar de termen zijn in een eerste oogopslag de volgende twee verbanden zichtbaar:

- Niveau 2 NFLS / Rgd is vergelijkbaar met niveau 3 PSM;
- Niveau 3 NFLS / Rgd is vergelijkbaar met niveau 2 SBR 258.

In omschrijving tussen de theorieën blijkt de Problem-Seeking Methode als direct opvallend uniek verschil met de andere theorieën een veel strengere scheiding te hanteren tussen programmeren en ontwerpen, wat zodoende resulteert in een andere concrete invulling van de vijf niveaus. Overeenkomst tussen de niveaus hier is dat de niveaus in theorie van boven naar beneden worden doorlopen als logische volgorde van het programmeer proces. Dit proces gaat van globaal en abstract naar specifiek en concreet. Zodoende zijn de handelingen die ontstaan in het programmeer die van concretiseren en abstraheren, weergegeven in figuur 2.2.3:



Figuur 2.2.3. Systematische benadering van de Nordic Five Level Structure. Bron: eigen werk.

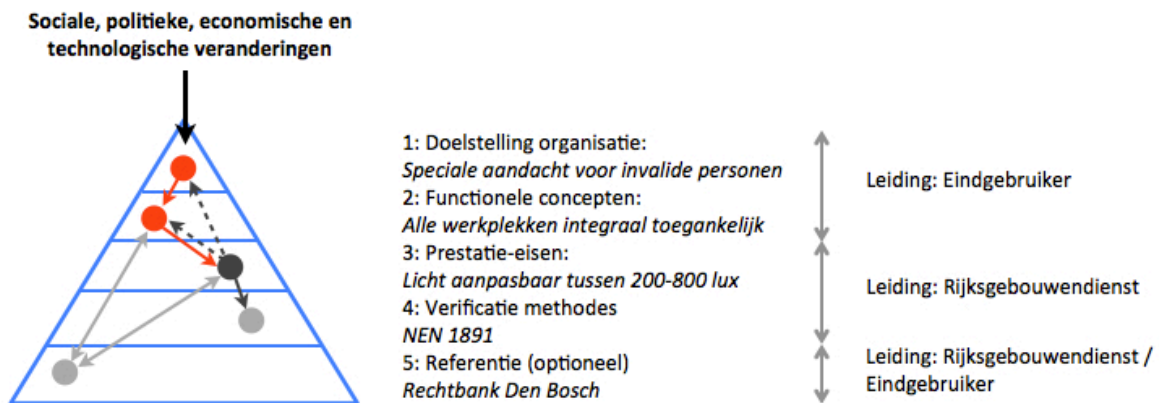
Een voorbeeld voor concretiseren en abstraheren

Concretiseren: Stel, er is in niveau 2 als functioneel concept geformuleerd: “alle werkplekken dienen integraal toegankelijk te zijn”. In de volgende niveaus zijn er meerdere correcte oplossingsrichtingen mogelijk die allen passen binnen dit functionele concept, bijvoorbeeld het weglaten van drempels en toepassen van in hoogte verstelbare bureaubladen. Dit omvat de interpreteerbaarheid van het functionele concept. De vraag is alleen nog of met het totaal aan ontwerpoplossingen wordt voldaan aan het functionele concept en –een niveau erboven– aan de gebruikersvraag.

Dit is het **abstraheren**: een werkplek is ontworpen; oppervlakte 12 vierkante meter, de toegang is gelijkvloers met een deur waar een rolstoel doorheen kan, lichtsterkte door middel van TL-buizen is aanpasbaar tussen 200-800 lux en het raam kan vanuit een rolstoel worden geopend. Wordt met deze ontwerpoplossingen voldaan aan het functionele concept? Als aan het functionele concept is voldaan, is dan ook voldaan aan de gebruikersvraag?

Voorbeeld 2.7. Concretiseren en abstraheren.

Schematisch ziet de systematische benadering van de NFLS er als volgt uit:



Figuur 2.2.4. Systematische benadering van de Nordic Five Level Structure. (Zeegers en Ang 2007)

Zoals zichtbaar in figuur 2.2.4 is de Nordic Five Level Structure zo opgebouwd dat een systematische benadering –ook wel ‘system engineering’ genoemd– plaatsvindt tussen de verschillende abstractieniveaus. In theorie is het gezamenlijke doel in het ontwerpproces om te voldoen aan het bovenste niveau van de NFLS piramide: een bouwwerk dat perfect voldoet aan de ambities en wensen van de eigenaar, opdrachtgever en/of eindgebruiker: een in zijn totaal zoals gewenst functioneel, veilig en esthetisch bouwwerk. Dit houdt in dat indien alleen met een scherp geformuleerde doelstelling in niveau 1 een perfect gebouw opgeleverd zou kunnen worden, in praktijk nooit tijd en geld zou worden geïnvesteerd in het doorspecificeren naar lagere niveaus.

In de volgende paragraaf 2.3 worden de verschillen per abstractieniveau behandeld met concrete voorbeelden om dieper op de verschillen in te gaan en de relaties tussen de theorieën expliciet te maken.

2.3. Praktische toepassing NFLS bij de Rijksgebouwendienst

Allereerst geeft figuur 2.3.1 inzicht in hoe de totale NFLS concreet terugkomt in de inhoud van een voorbeeld Outputspecificatie welke wordt gebruikt als illustratie in de volgende paragrafen.

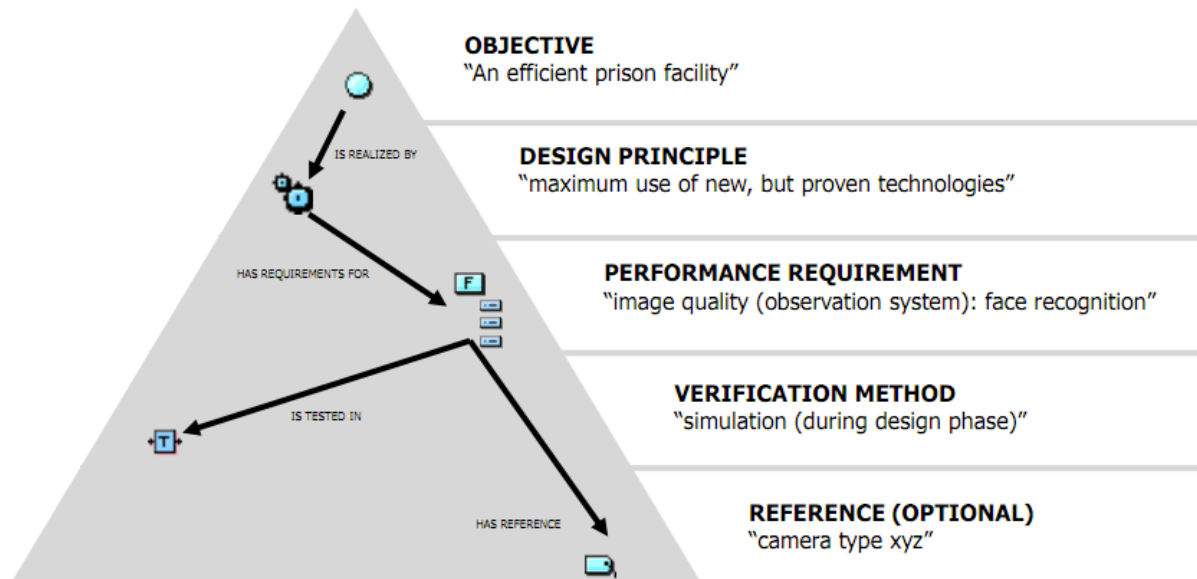
	Inhoudsopgave
	1 Introductie 2
1: Doelstellingen	2 Doelstellingen 3
	2.1 Doelstellingen Overzicht..... 3
	2.2 Doelstellingen Elementen..... 3
	3 Belastingdienst..... 6
	3.1 Organisatie(delen)..... 6
	3.2 Activiteiten 6
2: Functionele concepten	4 Concept.....13
	4.1 Concepten Overzicht13
	4.2 Concepten Elementen.....13
	5 Ruimten24
	5.1 Ruimten Overzicht.....24
	5.2 Ruimten Elementen25
	6 Comfort.....98
	6.1 Comfort Overzicht98
	6.2 Comfort Elementen98
3: Prestatie-eisen	7 Techniek127
	7.1 Techniek (bouwdelen)127
	7.2 Techniek (installaties).....137
	7.3 Techniek (voorzieningen).....171
	8 Middelen178
	8.1 Middelen Overzicht.....178
	8.2 Middelen Elementen178
	9 Diensten.....199
	9.1 Diensten.....199
	9.2 Personeel diensten238
4: Normen	10 Monitoring/Betalingsmechanisme.....243
	10.1 Monitoring243
	10.2 Storingen en Hersteltijden.....255
	11 Normen274
	11.1 Normen Overzicht274
	11.2 Normen Elementen.....275
5: Referenties	12 Wijzigingen.....299
	12.1 Wijzigingen Overzicht299
	12.2 Wijzigingen Elementen.....301
	Index.....339

Figuur 2.3.1. Voorbeeld inhoudsopgave outputspecificatie. (Rijksgebouwendienst 2008) (bewerkt)

Zichtbaar is:

- Niveau 1, de strategische ambities en kern bedrijfsactiviteiten, komen terug in hoofdstuk 2 en 3.
- Niveau 2, de functionele concepten, komen terug in hoofdstuk 4.
- Niveau 3, de verifieerbare prestatie-eisen, vormen het grootste deel van de OS in de hoofdstukken 5 tot en met 9.
- Niveau 4 –de verificatie methodes– komen terug in hoofdstukken 10 en 11. De monitoring plaats ik in niveau 4 omdat dit de verificatie methode is dat het gebouw in exploitatiefase voldoet aan de te leveren prestaties.
- Niveau 5 –de referenties– komt *niet* expliciet terug in de outputspecificatie.
- Als laatste hoofdstuk zijn de wijzigingen opgenomen, hierin zijn de wijzigingen in het contractstuk beschreven vanaf het moment dat de outputspecificatie juridisch bindend is gemaakt. Deze wijzigingen kunnen betrekking hebben op alle eerdere hoofdstukken en daarom betrekking hebben op elk niveau. Wel komen in het proces gewoonlijk meer wijzigingen voor in de lagere (concretere) niveaus dan de (abstracte) hoge niveaus. Wanneer bijvoorbeeld de voorbeeld OS wordt geanalyseerd (zichtbaar in figuur 2.3.1.) blijkt dat de wijzigingen voornamelijk betrekking hebben op de ontwerpeisen. Een voorbeeld hiervan is het element Prullenbak dat als wijziging is toegevoegd aan de beschreven ruimtes in de OS. Het weglaten van ontwerpeisen uit de outputspecificatie zou zodoende betekenen dat ook deze wijzigingen worden voorkomen; meer flexibiliteit in de outputspecificatie.

Als gevolg van systematische benadering zoals weergegeven in figuur 2.3.2 is het mogelijk voor de Rijksgebouwendienst om de duidelijke relaties tussen de elementen van de outputspecificatie te benutten, zodat elementen van de inhoud slechts één keer te hoeven worden beschreven waardoor de elementen relatief eenvoudig aanpasbaar blijven. Het achterliggende systeem hiervoor bij de Rijksgebouwendienst is Relatics, een semantische database waarin elementen in de database worden gerelateerd aan elkaar.



Figuur 2.3.2 Semantisch systeem van Relatics / BriefBuilder. (Meel van 2011)

Zeegers en Ang (2007) omschrijven de voordelen van het gebruik van ICT:

- de outputspecificatie is ondubbelzinnig en de consistentie is verbeterd;
- de relaties tussen doelstellingen, functionele concepten, prestatie-eisen en verificatie is zichtbaar gemaakt;
- de enorme hoeveelheid data is goed georganiseerd en gemakkelijk te hanteren;
- veranderingen kunnen gemakkelijk worden gemaakt omdat data slechts één keer is beschreven;
- alle teamleden werken in dezelfde versie (Barrett en Stanley 1999).

In de volgende paragrafen 2.3.1 tot en met 2.3.5 worden de vijf door de Rijksgebouwendienst gehanteerde niveaus nader bekeken waarin concrete voorbeelden zichtbaar worden van relaties tussen elementen. Vervolgens wordt de praktische toepassing bij de Rgd per niveau gereflecteerd aan de PSM en SBR 258.

2.3.1. Niveau 1: Doelstellingen

Niveau 1 bevat de doelstellingen van de te huisvesten organisatie.

2.2.1 doelen	
Onderdelen	
Naam	
	Duurzame huisvesting en dienstverlening
	Flexibele huisvesting
	Organisatiegerichte huisvesting
	Passende architectuur
	Professionele en innovatieve dienstverlening
	Gezonde en toegankelijke werkomgeving

Figuur 2.3.3. Voorbeeld doelstellingen in OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Direct is in de namen van doelstellingen een aantal verschillen zichtbaar met betrekking tot de theorie over prestatie-eisen volgens de Nordic Five Level Structure. Niveau 1 hoort in het beschrijven van “strategische bedrijfsambities van de afnemer die de kern bedrijfsactiviteiten ondersteunen” (Zeegers en Ang 2003) los te staan van huisvesting als oplossingsrichting maar puur de visie op de bedrijfsorganisatie te omschrijven. Opvallend is het daarom dat bijvoorbeeld “gezonde en toegankelijke *werkomgeving*” staat beschreven, terwijl dit niet de strategische bedrijfsambitie zal zijn van in dit geval de Belastingdienst. Een mogelijke variant hier kan zijn Gezondheid en Toegankelijkheid, wat direct herleidbaar is naar de ambitie van de organisatie. Hetzelfde geldt voor Flexibele Huisvesting: Flexibiliteit kan daarvoor een variant zijn op het eerste niveau met de ambitie op bedrijfsprestaties. De doelstelling Flexibele Huisvesting vanuit een voorbeeld OS wordt nader bekeken:

2.2.1.2 Flexibele huisvesting	
Algemeen	
Omschrijving	Het is belangrijk dat het gebouw aanpasbaar is. Als de omstandigheden wijzigen moet het gebouw, de indeling en de inrichting hierop voorbereid zijn.
Concept	
Naam	
	Dienstverleningsconcept
	Flexibiliteit huisvesting
	Huisvestingsconcept
Ruimte	
Naam	
	Huisvesting Belastingdienst Oost

Figuur 2.3.4. Voorbeeld omschrijving doelstelling in OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Wanneer de in figuur 2.3.4 gegeven omschrijving wordt vergeleken met de NFLS theorie valt het gebruik van de term “gebouw” op en ‘aanpasbaar bouwen’ behoort niet tot de strategische bedrijfsambitie die de kernactiviteiten van de organisatie ondersteunen van een belastingdienst. Door middel van een vergelijking met de SBR 258 en PSM wordt gezocht naar verklaringen.

Wanneer het eerste niveau wordt vergeleken met SBR 258 blijkt dat er in deze theorie gelijkenis zit met de PSM en NFLS, wat blijkt uit de omschrijving van bovenste niveau: Gebruikerseisen: “Dit zijn de eisen en wensen *omtrent (onderdelen van) de huisvesting* die direct voortvloeien uit het beoogde gebruik. Het gaat hier om een beeld van de te huisvesten organisatie, qua aard, omvang, organisatiestructuur en activiteitenpatronen, nu en in de toekomst. Opdrachtgevers, gebruikers en eigenaren kunnen deze eisen in beginsel zelf formuleren.” (Voordt van der en Wegen van 2002) Een beeld van de organisatie creëren komt overeen met de PSM en NFLS, echter hoeft de opdrachtgever. Een subtiel maar cruciaal verschil zit echter mogelijk in de woorden “omtrent (onderdelen van) de huisvesting”. Dit lijkt erop dat gebruiker en/of eigenaar direct in deze stap in het achterhoofd de koppeling naar huisvesting dient te maken. Het mogelijke resultaat hiervan is dat minder zuiver wordt nagedacht over alleen de ambitie van de organisatie, los van of het huisvesting betreft. Hoe zuiverder dit kan worden gedaan hoe mogelijk zuiverder in de volgende stappen richting prestatie-eisen kan worden doorgespecificeerd. Ruis omtrent de *hoe-vraag* dient voor prestatie-eisen te worden voorkomen zodat een zuiver fundament wordt aangemaakt voor de volgende abstractieniveaus.

Problem-Seeking Methode

De PSM theorie beschrijft in het bovenste niveau ook Doelen maar blijft daarbij strikt organisatorisch, want in theorie de wens van de Rgd is. De theorie van de PSM teruggekoppeld naar de door de Rijksgebouwendienst geleverde omschrijving Flexibele Huisvesting, is deze omschrijving wel een projectdoel –de omschrijving gaat in op het product in plaats van proces– echter heeft de omschrijving betrekking op het bouwwerk in plaats van organisatie. Bij gebruik van Flexibiliteit in plaats van Flexibele Huisvesting zou bijvoorbeeld de volgende omschrijving kunnen passen: “De ambitie van de organisatie is om flexibeler te worden, de organisatorische context waarin de organisatie opereert dient zodoende voorbereid te zijn op mutaties binnen de eigen organisatie.” Deze omschrijving zal binnen de PSM theorie binnen de overwegen Tijd vallen.

Naast de doelstellingen behoren vanuit de outputspecificatie ook de kernactiviteiten die plaatsvinden binnen de te huisvesten organisatie tot het bovenste niveau.

3.2.1 Activiteiten Overzicht

• activiteiten in gebouw.....	7
• kantooractiviteiten.....	7
• bureaugebonden activiteiten.....	7
• licht geconcentreerd bureauwerk.....	7
• routinematig bureauwerk.....	8
• geconcentreerd bureauwerk.....	8
• raadplegen internet.....	8
• raadplegen vakliteratuur.....	8

...

•R• samenwerken (4p)	8
•R• overleggen/vergaderen.....	9
•R• overleggen (4p)	9
•R• vergaderen (16p)	9
•R• vergaderen (30p)	9
•R• vergaderen (8p)	9
•R• presenteren	9
•R• centrale telefoonafhandeling	10
•R• print/kopieerwerkzaamheden	10
•R• archiveren	10
•R• balie werkzaamheden	10
•R• klantbehandeling	10
•R• postbehandeling.....	10
•R• nevenactiviteiten	10
•R• douchen	11
•R• fotograferen.....	11
•R• hulp verlenen.....	11
•R• lunchen	11
•R• omkleden.....	11
•R• roken.....	11
•R• rusten/kolven.....	11
•R• nuttigen koffie/thee.....	12
•R• goederen opslaan.....	12

Figuur 2.3.5. Voorbeeld activiteiten overzicht uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

De activiteiten vormen mijns inziens een soort tussenvorm in de transitie tussen niveau 1 en niveau 2. De activiteiten zijn concreet anders van opzet dan de doelstellingen en bedrijfsambities, maar behoren wel tot de beschrijving van de organisatie en zodoende ook het bovenste niveau.

Als een activiteit nader wordt bekeken is de inhoud opvallend:

3.2.2.1.1.1.1 licht geconcentreerd bureauwerk

Wordt uitgevoerd in ruimte:

naam

- R• coupe
- R• leesruimte
- R• lounge
- R• open werkruimte
- R• teamruimte
- R• tweepersoons werkruimte

Ondersteunende middelen

naam

- R• bureaustoel
- R• bureautafel
- R• kantoormeubilair

Figuur 2.3.6. Voorbeeld activiteit uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Het opvallende is dat de Rijksgebouwendienst bij een activiteit niet beschrijft *wat* de activiteit inhoudt en wat de prestatie-eisen omtrent de activiteiten zijn, dat wordt aan de verbeelding van de ontwerpende partij overgelaten, maar er worden oplossingen gegeven *hoe* (waarin en waarmee) de activiteit moet plaatsvinden. Dit is feitelijk het tegenovergestelde van de prestatie-eisen gedachte. In het voorstel voor de opbouw en inhoud van de outputspecificatie wordt dit nader behandeld, zie paragraaf 2.4.1.

In SBR 258 worden Activiteiten-patronen ook benoemd bij het bovenste niveau Gebruikerseisen, dus de plek van Activiteiten lijkt juist, alleen de beschrijving van activiteiten komt niet overeen met de prestatie-eisen theorie door het koppelen van ontwerp oplossingen, de hoe-vraag. De achterliggende reden hiervoor kan zijn dat puur een beschrijving van de activiteit –zonder een koppeling met ruimtes en middelen– in het huidige proces niet goed contractueel beheersbaar is; de opdrachtnemer zou bijvoorbeeld kunnen aankomen met een oplossing gebaseerd op bijvoorbeeld thuiswerken en ‘het nieuwe werken’ waarbij er helemaal geen gebouw hoeft te komen. Niveau 3, paragraaf 2.3.3, gaat hier dieper op in.

Problem-Seeking Methode

De PSM benoemt Primaire Activiteiten ook in de lijst met onderdelen behorende tot Doelen, dus behorende tot het hoogste abstractieniveau. Activiteiten behoort in de PSM tot Functie (naast Vorm, Economie en Tijd). Binnen Functie zijn drie kernwoorden van toepassing: Personen, Activiteiten, Relaties. Het vraagstuk of activiteiten vervolgens geïntegreerd worden of gecompartmenteerd komt terug in het niveau concepten.

2.3.2. Niveau 2: Functionele concepten

In het tweede abstractieniveau gaat de Rijksgebouwendienst dieper in op de bedrijfsprocessen, eisen en specifieke wensen in functionele termen, omschreven onder de NFLS term Functionele Concepten. De volgende concepten komen terug in de voorbeeld outputspecificatie:

4.2.1 concepten	
Concepten	
Naam	
 Architectonisch en stedenbouwkundig concept	
 Huisvestingsconcept	
 Logistiek/toegankelijkheid	
 Flexibiliteit huisvesting	
 Duurzaamheid en gezondheid	
 Beveiligingsconcept	
 Monitoring en betalingsmechanisme concept	
 Dienstverleningsconcept	

Figuur 2.3.7. Concepten uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Het concept Flexibiliteit Huisvesting wordt nader bekeken in figuur 2.3.8.

4.2.1.4 Flexibiliteit huisvesting

Algemeen	
Omschrijving	Het indelingsconcept dient nu en in de toekomst zowel intern , extern alswel functioneel optimaal flexibel te zijn. Veranderingen in de te huisvesten organisatie dienen opgevangen te worden zonder dat dit ingrijpende gevolgen heeft.

Uitwerking	
kenmerk	waarde
Aanpasbaarheid	Mogelijke indelingsvarianten (met uitzondering van centrale algemene ruimten) moeten snel kunnen worden gerealiseerd zonder aanpassing van de hoofdstructuur en zonder verstoring van het werkproces.
Flexibiliteit ventilatie	Eenvoudig aanpasbaar aan gewijzigd gebruik van de ruimte. Op verdiepingsnivo dient indelingsvariatie van volledig ingedeeld tot volledig open mogelijk te zijn.
Mutaties	Snel en minimale verstoring van het werkproces
Uitwisselbaarheid plattegronden	Plattegronden moeten een zekere mate van standaardisatie in zich hebben wat betreft maatvoering, uitwisselbaarheid van ruimtes, en de locatie van specifieke plekken zoals pantry en servicepunten. Hierdoor moet het eenvoudig zijn om afdelingen/diensten te kunnen verhuizen binnen het gebouw.

Achterliggende doelen	
Naam	
 Flexibele huisvesting	

Heeft betrekking op de volgende ruimtes:	
Naam	
 Huisvesting Belastingdienst Oost	

Heeft betrekking op de volgende installatie/onderdelen	
Naam	
 elektrotechnische installaties	
 werktuigkundige installaties	

Figuur 2.3.8. Concept uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Voorgeschreven volgens de NFLS theorie is dat de concepten dienen te worden beschreven in functionele termen. In de omschrijving lijkt de overeen te komen met deze beschrijving. De uitwerkingen, voornamelijk Uitwisselbaarheid Plattegronden, neigt door bijvoorbeeld de benoeming van Pantry en Servicepunten teveel te gaan naar ontwerp oplossingen. Dit geldt bij uitstek voor het betrekken van ruimtes en installatie/onderdelen.

SBR 258

De SBR 258 slaat de stap van het leveren van feiten ook over en maakt zelf direct een extra stap: Functies en Prestaties worden tezamen als het tweede abstractieniveau genomen. Dit niveau wordt als volgt omschreven: “De kenmerken van de te huisvesten organisatie dienen vertaald te worden in ruimtelijke-bouwkundige eisen en wensen met betrekking tot de locatie (bereikbaarheid, voorzieningen in de omgeving, uitbreidingsmogelijkheden e.d.) en eisen en wensen ten aanzien van het gebouw. Relevante items zijn onder meer de ruimtebehoefte voor het gebouw als geheel en per ruimte, uitgedrukt in m2 functioneel nuttig oppervlak (FNO), m2 verhuurbaar vloeroppervlak (VVO) en/of m2 bruto vloeroppervlak (BVO), de gewenste bouwfysische condities (temperatuur, licht, vocht, geluid, uitzicht), en prestatie-eisen ten aanzien van veiligheid en flexibiliteit.” (Voordt van der en Wegen van 2002) Wat de SBR 258 hier voorschrijft is in feite een combinatie van prestatie-eisen en ontwerp eisen. De beschrijving van de ruimtebehoefte per ruimte is een ontwerp-eis aangezien dit direct invloed op de vormgeving; ontwerp-

vrijheid wordt ontnomen bijvoorbeeld in het combineren van ruimtes of andere innovatieve indelingen. Het omschrijven van gewenste bouw fysische condities en prestatie-eisen ten aanzien van veiligheid en flexibiliteit belemmeren deze vrijheid niet.

Problem-Seeking Methode

De PSM omschrijft als tweede abstractieniveau het benoemen van Feiten. Dit duidt in de abstractieniveaus op een tussenstap tussen doelstellingen en concepten die de NFLS/Rgd niet faciliteert. Wat de PSM mogelijk met het benoemen van Feiten wil bereiken is dat de ontwerpende partij zelf met behulp van deze feiten in staat is om te komen tot gepaste concepten en ontwerp oplossingen; een concrete onderbouwing van het fundament gelegd met doelstellingen in het bovenste niveau. Tot de feiten behoren in alle analyses en data die mogelijk relevant zijn voor het afwegen van ontwerp oplossingen: statistische data, gebied parameters, personele vooruitzicht, gebruikers karakteristieken, verkeersanalyse, klimaat analyse en energie kosten. Het door de opdrachtnemer laten behandelen van pure feiten en analyses heeft een mogelijk positief effect op het scheiden van specificeren van ontwerpen en het leggen vraagstukken moeten worden gelegd bij degene die er het meeste verstand van heeft.

2.3.3. Niveau 3: Prestatie-eisen

In de voorbeeld outputs specificatie begint de Rijksgebouwendienst in hoofdstuk 5 met het benoemen van ruimten. Allereerst is in de OS een overzicht van ruimten gegeven.

Ruimten

5.1 Ruimten Overzicht	
■ Huisvesting Belastingdienst Oost	25
■ gebouw	28
■ centrale algemene ruimten	29
■ douche/kleedruimten	30
■ douche/kleedruimte (v)	31
■ douche/kleedruimte (m)	32
■ receptie/ontvangstruimte	33
■ centrale entree	34
■ receptie	35
■ spreekbox	37
■ spreekkamer	39
■ wachtruimte	40
■ bezoekerstoilet	42
■ klantendienst	43
■ in/uitgang personeel	44
■ ruimte bhv/ehbo	46
■ rust-/zoog-/verkoeverruimte	48
■ ruimte bedrijfsmaatschappelijk werker/arts	49
■ vergaderruimten	51
■ 16-persoonsvergaderruimte	52
■ 8-persoonsvergaderruimte	53
■ 30-persoonsvergaderruimte	55
■ magazijn/berging	56
■ postafhandeling	57
■ archief	59
■ ruimte inbeslaggenomen goederen	61
■ fotostudio	62
■ MER-ruimte	64
■ bedrijfsrestaurant	65
■ EFR-ruimte	67

...

▢ kantoorruimten	68
▢ cockpit	70
▢ coupe	71
▢ lounge	72
▢ open werkruimte	73
▢ teamruimte	74
▢ tweepersoons werkruimte	75
▢ internetwerkplek	76
▢ parkeren en stallingen	78
▢ fietsenstalling	78
▢ parkeergarage	79
▢ ruimten consortium	81

▢ verkeersruimten	81
▢ decentrale algemene ruimten	82
▢ serviceruimte	83
▢ pantry	84
▢ persoonlijke opbergruimte	86
▢ SER-ruimte	87
▢ leesruimte	88
▢ buitenruimten	90
▢ terrein	91
▢ entreegebied	91
▢ tuin	93
▢ parkeerruimte bezoekers	93
▢ fietsenstalling bezoekers	95
▢ laad- en losruimte expeditie	95

Figuur 2.3.9. Overzicht ruimten uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Zichtbaar in de opbouw van het overzicht is de boomstructuur die wordt gehanteerd. Binnen allereerst het project (Huisvesting Belastingdienst Oost) wordt onderscheid gemaakt tussen gebouw en buitenruimten. Vervolgens wordt dit onderverdeeld in ruimtegroepen om uiteindelijk te komen tot losse ruimten. Aan de ruimten zitten ruimtebeschrijvingen gekoppeld. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in figuur 2.3.11: de douche/kleedruimte voor vrouwen.

5.2.1.1.1.1.1 douche/kleedruimte (v)

Outputspecificaties

Aantal		
#	als onderdeel van:	
1	▢ douche/kleedruimten	

Kenmerken		
Naam	Waarde	Eenheid
afsluitbaarheid	passend in sleutelplan (NB douches van binnenuit afsluitbaar)	
algehele conditie: exploitatie	3	
algehele conditie: oplevering	1	
beveiligingszone	B	
min. oppervlak [FNO]	voldoende (incl. voorruimte)	m2
min. vrije hoogte	2,7	m1
vloerbelasting	4	kN/m2

Bouwfysische eisen	
Naam	
▢	akoestisch comfort sanitaire ruimte

...

	luchtkwaliteit sanitaire ruimten
	thermisch comfort sanitaire ruimten
	visueel comfort sanitaire ruimten

Meubilair	
Naam	Aantal
 kapstok	2
 persoonlijke berging	2
 prullenbak	1
 zitvoorziening	1

Voorzieningen	
Naam	Aantal
 douche	2
 wastafel warm- en koudwater	2

Installaties	
Naam	Aantal
 binnenverlichting, schakel- en regelbaarheid	overeenkomstig functie

Moet in de nabijheid liggen van:

naam
 fietsenstalling

Monitoring/betalingsmechanisme

Storingsen en hersteltijden			
storing tav technische voorzieningen / comfort (36)	1. max. hersteltijd	36 (dagregime)	(uur (na melding storing)) (Euro)
	2. beschikbaarheidskorting ruimte (Kb): basis	750	
	3. beschikbaarheidskorting ruimte (Kb): variabel	50	(Euro/uur)
	4. beschikbaarheidskorting gebouw (Kb): basis	7500	(Euro)
	5. beschikbaarheidskorting gebouw (Kb): variabel	500	(Euro/uur)
storing tav W&R/V&G (12)	1. max. hersteltijd	12 (dagregime)	(uur (na melding storing)) (Euro)
	2. beschikbaarheidskorting ruimte (Kb): basis	750	
	3. beschikbaarheidskorting ruimte (Kb): variabel	50	(Euro/uur)
	4. beschikbaarheidskorting gebouw (Kb): basis	7500	(Euro)
	5. beschikbaarheidskorting gebouw (Kb): variabel	500	(Euro/uur)

Figuur 2.3.10. Voorbeeld ruimtebeschrijving uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Wat opvalt bij het analyseren van de ruimtebeschrijving van figuur 2.3.10 is dat duidelijk de relaties met andere elementen naar voren komen waarmee het contractstuk enerzijds wordt dichtgetimmerd maar anderzijds ook wordt opengelaten. Een voorbeeld is: “min. oppervlak [FNO]: voldoende” en “moet in nabijheid liggen van: fietsenstalling” (*wat is nabij?*). Er worden hier relaties gelegd maar er wordt geen expliciete kwantiteit aangegeven. Het verschil hier tussen het geven van een expliciet oppervlakte of expliciete nabijheidsrelatie is dat een expliciet oppervlakte een ontwerp-oplossing zou voorschrijven, terwijl een expliciete nabijheidsrelatie een meetbare prestatie is (het geeft niet aan *hoe* het moet). Mijns inziens is een goede optie voor het meetbaar maken van een nabijheidsrelatie het aangeven van de nabijheid in tijd. Gezien het mogelijk moeten overbruggen van zowel horizontale als verticale afstanden –

met of zonder lift– is het uitdrukken van nabijheid in tijd correcter dan afstand. Daarnaast wordt per ruimte aangegeven welke middelen en voorziening aanwezig moeten zijn, wat de flexibiliteit in productinnovatie gedurende het proces belemmert en het risico ontstaat dat middelen afwezig zijn wanneer deze niet expliciet worden vermeld. Het gevolg hiervan is dat de gevraagde ruimte mogelijk niet optimaal functioneert voor de activiteit(en) die er moet(en) plaatsvinden.

SBR 258

De SBR 258 behandelt ruimten wel, zoals aangegeven gebeurt dit in het tweede abstractieniveau in plaats van in dit geval het derde.

Problem-Seeking Methode

De Problem-Seeking Methode behandelt ruimten niet expliciet. Alleen gebouw efficiëntie wordt meegenomen in niveau 2 (feiten) als richtlijn. Binnen het derde abstractieniveau van de PSM, concepten, komen ruimten niet terug.

Comfort

Na ruimten wordt in de OS comfort behandeld. Dit is onderverdeeld in luchtkwaliteit, thermisch, visueel en akoestisch met per onderdeel verschillende klassen:

6.1 Comfort Overzicht	
F bouw fysische condities.....	98
F luchtkwaliteit.....	99
F luchtkwaliteit verblijfsruimte.....	99
F luchtkwaliteit verblijfsruimte klasse 1.....	100
F luchtkwaliteit verblijfsruimte klasse 2.....	100
F luchtkwaliteit verblijfsruimte klasse 3.....	102
F luchtkwaliteit overige ruimten.....	102
F luchtkwaliteit sanitaire ruimten.....	103
F thermisch comfort.....	104
F thermisch comfort verblijfsruimte.....	104
F thermisch comfort verblijfsruimte klasse 1.....	105
F thermisch comfort verblijfsruimte klasse 2.....	106
F thermisch comfort verblijfsruimte klasse 3.....	108
F thermisch comfort overige ruimten.....	109
F thermisch comfort ICT-ruimten.....	110
F thermisch comfort sanitaire ruimten.....	110
F visueel comfort.....	111
F visueel comfort verblijfsruimte.....	111
F visueel comfort verblijfsruimte klasse 1.....	112
F visueel comfort verblijfsruimte klasse 2.....	113
F visueel comfort verblijfsruimte klasse 3.....	114
F visueel comfort overige ruimten.....	115
F visueel comfort sanitaire ruimten.....	115
F visueel comfort verkeersruimten en overige.....	116
F akoestisch comfort.....	117
F akoestisch comfort verblijfsruimte.....	118
F akoestisch comfort verblijfsruimte klasse 1.....	119
F akoestisch comfort verblijfsruimte klasse 2.....	119
F akoestisch comfort verblijfsruimte klasse 3.....	120
F akoestisch comfort bedrijfsrestaurant.....	121
F akoestisch comfort overige ruimten.....	122
F akoestisch comfort sanitaire ruimte.....	122
F akoestisch comfort verkeersruimten.....	123
F akoestisch comfort technische ruimten e.d.....	124
F luchtdichtheid, waterdichtheid en condens.....	125

Figuur 2.3.11. Voorbeeld comforteisen overzicht uit OS. (Rijksgedebouwendienst 2008)

Vanuit het Comfort Overzicht wordt de uitwerking 'akoestisch comfort verblijfsruimte klasse 2' nader bekeken:

6.2.1.4.1.2 akoestisch comfort verblijfsruimte klasse 2

Algemeen

Omschrijving

Toe te passen voor ruimten met een 'standaard' privacy, waar gesprekken bij normale stemniveau niet hoorbaar zijn. Toepassingsvoorbeeld: tussen normale werkvertrekken (kantoren) onderling.

Relevante wijziging

Wijziging

bouwfysische condities

Datum

21-12-2006

Kenmerken

Naam	Waarde	eenheid	definitie
maximaal contact-geluidrukniveau verblijfsruimte LnT,A	55 (incl. vloerafwerking)	dB(A)	NEN 5077
maximaal contact-geluidrukniveau verkeersruimte LnT,A	65 (incl. vloerafwerking)	dB(A)	NEN 5077
maximaal geluidrukniveau ten gevolge van verkeerslawaaï LA	35	dB(A)	NEN 5077
maximaal installatie-geluidrukniveau LI,A	35	dB(A)	NEN 5077 en ISSO 24
maximale nagalmtijd T voor ingerichte ruimte	Maximaal 0,8 en maximaal 0,5, indien sprake is van open werkplek.	seconde	NEN 5077
minimaal lucht-geluidrukniveauverschil DnT,A verblijfsruimte	40	dB(A)	NEN 5077
minimaal lucht-geluidrukniveauverschil DnT,A verkeersruimte	30	dB(A)	NEN 5077
trillingen	Er moet worden voldaan aan de criteria uit de SBR richtlijn deel A, B en C		SBR Meet- en beoordelingsrichtlijn Trillingen

Is van toepassing op

Naam

16-persoonsvergaderkamer
30-persoonsvergaderkamer
8-persoonsvergaderkamer
cockpit
coupe
fotostudio
klantendienst
lounge
open werkruimte
postafhandeling
receptie
sprekkamer
teamruimte
tweepersoons werkruimte

Relevante normen

Naam

ISSO publicatie 24
Ontw NEN 5077:2005
SBR-richtlijn Trillingen, meet- en beoordelingsrichtlijn.

Figuur 2.3.12. Uitwerking van een comforteis uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Wat opvalt is dat het lijkt dat alle comforteisen die worden vermeld direct worden gedekt door een NEN norm. Daarbij maakt de Rijksgebouwendienst het zichzelf mogelijk lastig door zelf voor elke ruimte te bepalen welke comfort-eis daarvoor in aanmerking komt.

SBR 258

De SBR 258 behandelt comforteisen in het tweede abstractieniveau in plaats van derde onder de term Bouwfysische Conditities.

Problem-Seeking Methode

Dit is ook iets wat niet voorkomt in de Problem-Seeking Methode. In het tweede niveau Feiten wordt aangegeven onder Vorm, Omgeving: Klimaat Analyse. De PSM wil met het aanreiken van analyses de ontwerper vrij laten.

Techniek

Na comforteisen wordt techniek behandeld. Het onderdeel Techniek is onderverdeeld in drie delen: Bouwdelen, Installaties en Voorzieningen. Als eerste wordt Bouwdelen behandeld:

7.1.1 Techniek (bouwdelen) Overzicht	
■ bouwdelen	127
■ 01 onderbouw	128
■ 02 bovenbouw	128
■ 21 buitenwanden	128
■ 22 binnenwanden	129
■ wanden tussen zone A en B	129
■ wanden tussen zone A en C	129
■ wanden tussen zone A en D	130
■ 27 dak dicht	130
■ 27.21 vlakke constructieve daken	130
■ lichte dakconstructies	131
■ betondaken	131
■ 03 afbouw	131
■ 31 buitenwandopening	131
■ hang en sluitwerk	132
■ beglazing	132
■ toegangen	132
■ entree	133
■ gecontroleerde toegangen	133
■ 32 binnenwandopening op zonescheiding	133
■ hang en sluitwerk	134
■ beglazing	134
■ doorgangen	134
■ 04 afwerkingen	134
■ 42 wandafwerkingen	135
■ 43 vloerafwerking	135
■ 45 plafondafwerkingen	135
■ 07 vaste inrichting	136
■ 72.1 vaste gebruiksvoorzieningen	136
■ 72.21 vaste gebruiksvoorzieningen; bijzonder	136
■ 09 terrein	137

Figuur 2.3.13. Voorbeeld techniek overzicht uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Vanuit het Techniek (bouwdelen) Overzicht wordt '22 binnenwanden' nader bekeken:

7.1.2.1.2.2 22 binnenwanden		
Kenmerken		
Naam	Waarde	Definitie
bevestigingsmogelijkheden	300 N/bevestigingspunt, denk aan inrichtingsonderdelen zoals rails, whiteboards, kunst e.d.	
onderhoud conditie (tot beëindiging contract)	2	
onderhoud gebreken (tot beëindiging contract)	geen ernstige en serieuze gebreken	
Subelementen		
naam		
→ wanden tussen zone A en B		
→ wanden tussen zone A en C		
→ wanden tussen zone A en D		
Locatie		
aantal	in ruimte	onderdeel van
	receptie	centrale entree
	spreekbox	centrale entree
	spreekkamer	centrale entree
	verkeersruimten	gebouw
Relevante normen		
Naam		
HIB BBN		

Figuur 2.3.14 Voorbeeld bouwdeel uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Evenals bij comforteisen het geval is probeert de Rgd aan te geven welke bouwdelen in welke ruimte voorkomen en wat hiervan de kenmerken zijn.

SBR 258

Ook in de SBR 258 theorie komt dit niet expliciet terug. Indien dit in de SBR 258 zou moeten worden geplaatst zou het mogelijk passen binnen het tweede niveau, Prestaties, of het vierde niveau, Interne Voorwaarden. Dit geldt ook voor de andere twee onderdelen, Installaties en Voorzieningen. Een voorbeeld van een Installatie beschrijving:

Problem-Seeking Methode

In de PSM worden bouwdelen niet omschreven omdat het gebruik van specifieke bouwdelen ontwerpeisen zijn.

Op de in figuur 2.3.15 aangegeven wijze worden werktuigbouwkundige, elektrotechnische en transporttechnische installaties stuk voor stuk in de OS behandeld. Onder Voorzieningen vallen Werktuigbouwkundige Voorzieningen en Elektrotechnische Voorzieningen. Twee voorbeelden:

7.2.2.1.1.2.1 luchtbehandeling vergaderruimte

Algemeen		
Omschrijving		vergaderzalen van 8 tot 30 personen
Kenmerken		
Naam	Waarde	Definitie
minimaal debiet buitenlucht regeling	20 m ³ /h/m ² ter voorkoming van onderkoeling en onnodig energiegebruik dient het ventilatiedebiet en de ruimtetemperatuur te worden geregeld afhankelijk van de bezetting	
Locatie		
aantal	in ruimte	onderdeel van
	16-persoonsvergaderruimte	vergaderruimten
	30-persoonsvergaderruimte	vergaderruimten
	8-persoonsvergaderruimte	vergaderruimten
	bedrijfsrestaurant	centrale algemene ruimten
Relevante normen		
Naam		
 Do's en Don'ts Legionella		
 ISO 55.1		

Figuur 2.3.15 Voorbeeld installatie uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

7.3.2.1.2.1 contactdoos 230V, werkplek

Kenmerken		
Naam	Waarde	Definitie
combinatie contactdozen 230V en data/telefoon/overige zwakstroomvoorzieningen	niet onderbrengen onder één afdekplaat	
maximale afstand tussen contactdoos en apparatuur op werkplek	3500 mm	
plaatsing contactdoos	leidingen tussen werkplek en contactdoos mogen geen praktische of visuele hinder of gevaar voor gebruikers opleveren	
relatie contactdoos 230V met andere contactdozen	per werkplek geclusterd aanbrengen met contactdozen data/telefoon	
uitvoering	tweevoudig	
Locatie		
aantal	in ruimte	onderdeel van
1 per mogelijke werkplek	gebouw	Huisvesting Belastingdienst Oost
Gerelateerde installatie		
Naam		
 energievoorziening, overige verdeelinrichtingen		

Figuur 2.3.16. Voorbeeld installatie uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Wat blijkt bij het expliciet omschrijven van de voorzieningen zoals een Contactdoos is dat alsnog regelmatig discussie ontstaat in praktijk. De omschrijving: “1 per mogelijke werkplek” veroorzaakt bijvoorbeeld verwarring wanneer vergaderruimten in praktijk worden gebruikt als werkplekken waardoor de opdrachtnemer daar wel of niet contactdozen had moeten aanleggen.

SBR 258

De SBR 258 neemt het omschrijven van voorzieningen ook niet mee in de theoretische beschrijving.

Problem-Seeking Methode

In de PSM komen voorziening in zijn geheel niet terug, omdat voorzieningen expliciete ontwerp oplossingen voorschrijven voor de te leveren prestatie. De Rijksgebouwendienst zoekt hier blijkbaar naar mogelijkheden om het contract waterdicht te maken om te waarborgen dat wordt verkregen wat is gewenst, terwijl er in praktijk nog steeds discussies over ontstaan. Misschien gaat de Rgd hier juist te ver in detail en is er een andere manier mogelijk om te krijgen wat gewenst is wanneer meer wordt verschoven van ontwerp eisen naar de achterliggende prestatie-eis.

Middelen

Wat bij Voorzieningen wordt omschreven geldt ook voor Middelen. De volgende lijst van middelen is opgenomen in de voorbeeld OS:

8.1 Middelen Overzicht	
middelen.....	178
meubilair	179
vergadermeubilair	179
vergaderstoel.....	180
vergadertafel	180
speciaal / divers meubilair.....	180
baliemeubel	181
kapstok	181
pantrymeubel	182
service unit meubel	183
wachtruimte meubilair	183
sta/zit meubilair bij pantry	183
prullenbak	184
persoonlijke berging	185
stellingen (verrijdbaar)	185
postvakkenkast	186
dynamisch archief kast	186
stelling	187
kantoormeubilair	187
stawerkplek	188
Kasten.....	188
archiefkast.....	188
kast	189
Tafels	189
bureautafel.....	190
(sprek)tafel.....	190
Stoelen	191
bureaustoel	191
bijzetstoel.....	192
verstelbare kruk.....	193
zitvoorziening	193

...

losse inrichting.....	193
Brandwerende kluis.....	194
kinderspeelattribuut.....	194
Behandeltafel.....	194
koelkast.....	195
liggedeelte.....	195
lectuurrek.....	195
kantoomiddelen.....	196
(audio-visuele) presentatievoorzieningen.....	196
klantverwijssysteem.....	196
overige middelen.....	197
vlaggenmast.....	197
brievenbus.....	197

Figuur 2.3.17. Voorbeeld overzicht middelen uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Vanuit het Middelen Overzicht wordt ‘dynamische archief kast’ nader bekeken:

8.2.1.1.2.11 dynamisch archief kast

Algemeen		
Omschrijving	Mogelijkheid tot opslag voor onderhanden werk voor ca. 10 medewerkers. Het dynamisch archief wordt opgeborgen in afsluitbare kasten die in kantoorruimten staan.	
Relevante wijziging		
Wijziging	Datum	
Dynamisch archief	19-03-2007	
dynamisch archief	21-12-2006	
Dynamisch archief kast	11-06-2007	
Kenmerken		
Naam	Waarde	
afsluitbaarheid	afsluitbaar	
beveiligingszone	C	
capaciteit	2 strekkende meter per medewerker	
loopafstand	< 30 m1	
Locatie		
aantal	in ruimte	onderdeel van
ca. 40	kantoorruimten	gebouw
Relevante normen		
Naam		
 NEN 1335		
 NEN 2441		

Figuur 2.3.18. Voorbeeld middelen uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Door middelen expliciet op te nemen in de outputspecificatie gaat de Rijksgebouwendienst duidelijk in ontwerpeisen waardoor innovatie en verbeteringen zoals omschreven in de prestatie-eisen theorie niet zonder contractwijzigingen kunnen worden aangebracht, wat een drempel met zich meebrengt om dit daadwerkelijk te gaan doen.

SBR 258 en Problem-Seeking Methode

De SBR 258 en PSM doen beiden geen uitspraken over het opnemen van middelen in het Programma van Eisen. Het voorschrijven van middelen kan productinnovatie tegengaan. Een voorbeeld van productinnovatie is de archiefkast die in een ontwikkelproces van tien jaar door technische innovaties

overbodig zou kunnen zijn (introdactie van het digitale archief). Een ander voorbeeld is het vragen van audiovisuele apparatuur: wie had tien jaar geleden kunnen bedenken dat apparatuur zoals de tablet beamers overbodig kunnen maken. De middelen komen dan ook terug in diverse wijzigingen gedurende het proces. De vraag hier is of, en hoe, de Rgd dit zou kunnen voorkomen door zich meer op de achterliggende prestatie-eisen te richten, maar tegelijkertijd wél te komen tot de gewenste ontwerpoplossingen.

Diensten

Diensten zijn een aparte categorie behorende tot de prestatie-eisen, aangezien ze betrekking hebben op wat in het gebouw gebeurt. Diensten zijn een speciaal onderdeel voor DBFMO of DBMO contracten, omdat hiermee de “Operate” deel uitmaakt van het contract. Onderdelen hiervan zijn Consumptieve Diensten (zoals catering), Schoonmaak, Reststoffen Management en Risico Beheersing (zoals beveiliging). Een voorbeeld dienst:

9.1.2.1.1.3.1.1 02.1.99.1 Catering t.b.v. vergaderingen

Outputspecificaties

Algemeen	
Omschrijving	Alle activiteiten, diensten en middelen die gericht zijn op het verzorgen van dranken en maaltijden in de vergaderruimten.
Kenmerken	
Naam	Waarde
Assortiment	Vergaderlunch en gedekte lunch in eenvoudige en luxe uitvoering. Leveren van kannen koffie, thee en water met kop en schotels c.q. glazen op vergaderlocatie
Beschikbaarheid	Op werkdagen tussen 8.30 - 17.00 uur
Type dienst	Standaard variabel
Verkoopprijzen	Conform banquetingmap
Wordt uitgevoerd door:	
Naam	
Catering medewerker	
Relevante normen	
Naam	
HACCP	
Heeft betrekking op de volgende ruimtes:	
Naam	
bedrijfsrestaurant	
vergaderruimten	

Monitoring/betalingsmechanisme

Storingen en hersteltijden			
Storing tav Catering t.b.v. vergaderingen	1. max. hersteltijd	0,5 (dagregime)	(uur (na melding storing))
	2. variabele prestatiekorting (Km)	200	(Euro/uur)
	3. acceptabel aantal storingen n.v.t.		(per kwartaal)
	4. overschrijdingskorting (DOq/Ko)	n.v.t.	(Euro)
	5. max. herhaling van identieke storing	n.v.t.	(per kwartaal)
	6. herhalingskorting (Kh)	n.v.t.	(Euro)

Figuur 2.3.19. Voorbeeld dienst uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Door het beschrijven van diensten wordt de Rijksgebouwendienst gedwongen goed na te denken over de exploitatie. De vraag is hier of de juiste vraagstukken bij de juiste personen worden neergelegd aangezien een consortium het personeel in dienst zal gaan nemen dat werkzaam is in het gebouw van de te huisvesten organisatie.

SBR 258 en Problem-Seeking Methode

Doordat Diensten specifiek is voor DB(F)MO-contracten wordt het niet vermeld in de SBR 258 en PSM.

2.3.4. Niveau 4: Verificatie methoden

De Rijksgebouwendienst koppelt door middel van niveau 4 van de NFLS normen aan de verifieerbare prestatie-eisen. Dit is zichtbaar in het merendeel van de gegeven voorbeelden van paragraaf 2.3.3 waar Relevante Normen worden beschreven. Deze normen behoren tot het vierde abstractieniveau. Naast deze normen betreft het uiteindelijke gebouw is een monitoring/betalingsmechanisme een verificatiemethode voor de prestaties van het gebouw, waardoor het bij niveau 4 wordt geplaatst. Evenals Diensten beschouwt ik het monitoring/betalingsmechanisme als een aparte categorie binnen de OS die specifiek is voor een geïntegreerd contract. Door middel van een betalingsmechanisme ontvangt het consortium een beschikbaarheidsvergoeding voor de geleverde prestaties. Op deze vergoeding worden kortingen toegepast indien een prestatie niet voor een bepaalde periode wordt geleverd. Dit mechanisme staat beschreven in dit hoofdstuk. De monitoring bestaat uit de onderdelen: Gebouwbeheersysteem, Gebruikerswaarde/Klanttevredenheid, KWIS (registratie klachten, wensen, informatie, storingen) en Testen. Een voorbeeld van monitoring is te zien in figuur 2.3.10. Naast deze continu monitoring van de te leveren prestaties zorgen testen ervoor dat onder andere het gebouwbeheersysteem steekproefsgewijs wordt getest (het consortium moet zelf in een systeem registreren dat ze bepaalde prestaties niet hebben geleverd). Het continu moeten voldoen komt terug in de Storingen, wat is onderverdeeld in Storingen Dienstverlening en Storingen Huisvesting. Een voorbeeld is de storing tav toegankelijkheid. Een verschil is gemaakt voor een niet toegankelijke ruimte of het gehele gebouw, waar een half uur na melding van een storing het kortingsmechanisme in werking treedt.

10.2.2.1.2.4.1 storing tav toegankelijkheid / functionaliteit

Algemeen		
Omschrijving	Er is sprake van een storing tav toegankelijkheid in de gevallen waarin een ruimte of het gebouw fysiek niet betreedbaar is. Er is sprake van een storing tav functionaliteit in de gevallen waarin een ruimte of een gebouw niet kan worden gebruikt voor de functie waarvoor betreffende ruimte of het gebouw bestemd is.	

Kenmerken		
Naam	Waarde	Eenheid
1. max. hersteltijd	0,5 (dagregime)	uur (na melding storing)
2. beschikbaarheidskorting ruimte (Kb): basis	750	Euro
3. beschikbaarheidskorting ruimte (Kb): variabel	50	Euro/uur
4. beschikbaarheidskorting gebouw (Kb): basis	7500	Euro
5. beschikbaarheidskorting gebouw (Kb): variabel	500	Euro/uur

Heeft betrekking op de volgende ruimten:	
Naam	
 Huisvesting Belastingdienst Oost	

Figuur 2.3.20. Voorbeeld storing uit OS. (Rijksgebouwendienst 2008)

Evenals voor Diensten wordt het Monitoring/betalingsmechanisme niet vermeld in de PSM en SBR 258. Toch komt het vierde niveau qua insteek overeen met het vierde niveau van SBR 258 en PSM.

SBR 258

SBR 258 beschrijft ook de relevante normen en laat dit terugkomen in het vijfde niveau: Externe Eisen en Voorwaarden. Dit is dan ook omschreven als: “Dit betreft de eisen vanuit de ruimtelijke ordening en andere wet- en regelgeving.” (Voordt van der en Wegen van 2002) In het vierde niveau van de SBR 258 worden Interne Voorwaarden beschreven. Deze interne voorwaarden betreffen ook in ieder geval financieel-economische voorwaarden en voorwaarden met betrekking tot tijd (bijvoorbeeld datum van oplevering) (Voordt van der en Wegen van 2002). Deze informatie integreert de Rgd voornamelijk door middel van het Betalingsmechanisme, het vierde niveau en het Contract, wat een apart contractstuk is naast de outputspecificatie.

Problem-Seeking Methode

Binnen de Problem-Seeking Methode worden normen in het algemeen niet expliciet meegenomen. Mogelijk houdt dit verband met het feit dat geen ontwerp-eisen worden benoemd in de PSM, waardoor ook geen relateerde normen van toepassing zijn. De PSM beschrijft in het vierde niveau Behoeften, bestaande uit specifieke eisen voor bijvoorbeeld het gebied, de financiën/budgetten en tijdschema's. Opvallend is dus dat bij het geheel vrijlaten van ontwerp-oplossingen ook normen kunnen worden weggelaten; wanneer de ontwerpende partij met de ontwerp-oplossingen aankomt worden vanaf dat moment ook normen toepasbaar. Uitzondering hiervoor zijn de mogelijke normen voor de prestatie-eisen gerelateerd aan Comfort en Diensten.

2.3.5. Niveau 5: Referenties

Referenties zijn in de voorbeeld outputspecificatie niet bijgevoegd. Referenties zijn in mijn ogen een mogelijkheid om kennis te delen in de samenwerking tussen private en publieke partijen.

SBR 258

SBR 258 behandelt Referenties niet als laagste abstractieniveau. Wel is in SBR 258 een raakvlak te vinden in het derde niveau: Beeldverwachtingen. Hier wordt gestuurd op de uitstraling van het gebouw waar mogelijk in referentiebeelden van toepassing zijn.

Problem-Seeking Methode

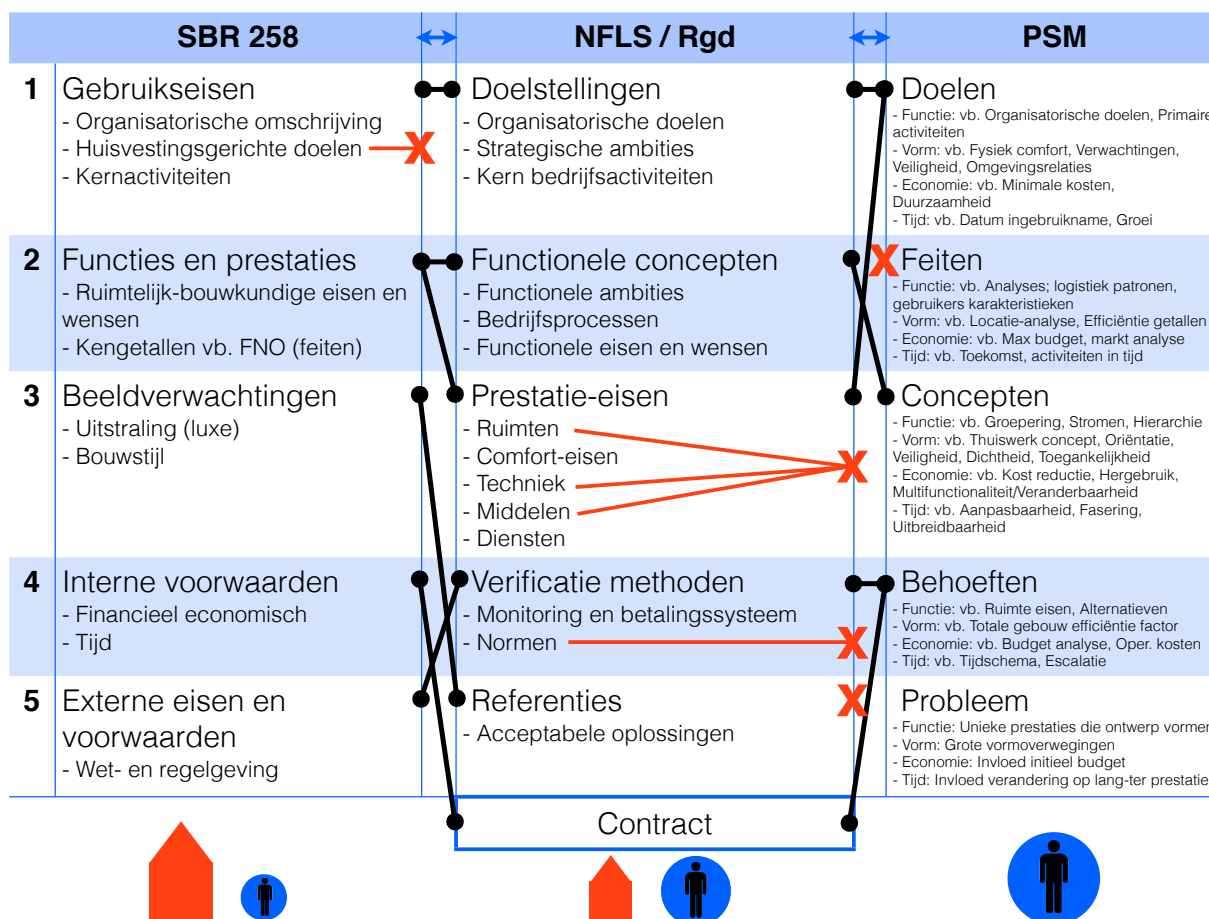
De PSM behandelt niet Referenties zoals de NFLS / Rgd dit voor zich ziet met beelden. De PSM theorie noemt het vijfde niveau Probleem. De omschrijving van Probleem betreft Functie is: “unieke en belangrijke prestatie-eisen die de vorm van het gebouw bepalen”, of betreft Vorm: “globale vorm overwegingen die het gebouw ontwerp beïnvloeden.” (Pena en Parshall 2001) Hoewel deze omschrijvingen raakvlakken vertonen met de termen referentie en beeldverwachting, dienen de probleemstellingen in het vijfde niveau van de PSM te worden gezien als een destillatie van de essentie van het probleem, vanuit de bovenliggende vier niveaus. Het doel is om deze probleemstellingen te beperken tot een maximaal aantal van tien stellingen, zodat daadwerkelijk tot de kern wordt gefilterd.

2.4. Conclusies

In de vergelijking tussen de Problem-Seeking Methode (PSM), Nordic Five Level Structure (NFLS) en SBR 258 valt een verschil in de balans van het beschrijven van prestatie-eisen versus ontwerpeisen op zoals omschreven in paragraaf 1.2.1.

1. De Problem-Seeking Methode laat –los van kengetallen betreft efficiëntie– ontwerp oplossingen (het bouwwerk) theoretisch geheel onbeschreven. Ontwerpkeuzen worden overgelaten aan de ontwerper waardoor zodoende in het tweede niveau feiten en analyses worden geleverd om deze keuzes onderbouwd te kunnen maken.
2. De Rijksgebouwendienst met de Nordic Five Level Structure splitst theoretisch de organisatie en het gebouw tussen niveau 1 en 2.
3. De SBR 258 stuurt eveneens op het omschrijven van de organisatie in het bovenste niveau, maar benoemt in de omschrijving wel direct “(...) de eisen en wensen omtrent (onderdelen van) de huisvesting (...)” Hierin zit een verschil met de theorie van de NFLS –los van hoe de Rgd dit uitvoert– en de PSM, die dit niet doen.

Wanneer de abstractieniveaus van PSM, NFLS en SBR 258 in een matrix naast elkaar worden gezet en de balans in prestatie-eisen versus ontwerpeis (zie paragraaf 1.2.1) wordt toegevoegd ontstaat de volgende figuur.



Tabel 2.4.1. Vergelijkingsmatrix SBR 258, NFLS/Rgd en PSM. Bron: eigen werk.

In de tabel is door middel van verbindingslijnen te zien wat overeenkomsten zijn in de opzet en beschrijving van de inhoud tussen de theorieën, los van het feit of de inhoud uiteindelijk prestatie-eisen of ontwerpeisen beslaat. Dit verschil is vervolgens toegevoegd door middel van de in figuur 1.2.1 geïntroduceerde symbolen onderaan in figuur 2.4.1. Opvallend in de vergelijking is dat grote delen niveau 3 en niveau 4 vanuit de NFLS/Rgd in zijn geheel niet voorkomen in de PSM theorie. Andersom worden Feiten vanuit het 2e niveau van de PSM niet toegepast bij de Rgd, maar dit wordt wél beschreven in de SBR 258. Tussen de NFLS/Rgd en SBR 258 komt de inhoud in bijna geheel overeen. Per niveau worden de verschillen in niveaus doorgenomen.

Niveau 1

De NFLS/Rgd splits in theorie strikt de organisatie en gebouw tussen niveau 1 en 2. De SBR 258 laat volgens de theorie in het bovenste niveau wensen omtrent huisvesting wel direct toe, de PSM scheidt organisatie en bouwwerk strikt, vergelijkbaar met NFLS/Rgd.

Niveau 2

De Rgd zoekt in het tweede niveau een tussenvorm door Functionele Concepten te benoemen in de vertaling naar prestatie-eisen in het volgende niveau. Door het toelaten van eisen en uitspraken omtrent huisvesting in het bovenste niveau is de SBR 258 in staat in het tweede abstractieniveau direct Concepten en Prestaties op hetzelfde niveau te zetten. De PSM daarentegen gaat in het tweede niveau volledig in op Feiten die de op het eerste niveau omschreven doelen onderbouwen. Het lijkt hierop dat de taak om tot analyses te komen, die vervolgens moeten leiden tot concepten en ontwerp oplossingen, zo veel als mogelijk wordt uitbesteed aan de deskundigheid van de ontwerpende partij. Deze uitbesteding bevordert mijns inziens een scheiding tussen specificeren van ontwerpen.

Niveau 3

De Rgd neemt in het derde niveau wederom een tussenvorm aan door verifieerbare prestatie-eisen te benoemen. De wens is hier om prestatie-eisen te beschrijven, echter worden er in praktijk relatief eenvoudig verifieerbare ontwerpeisen bijgevoegd zoals ruimten en middelen. De SBR 258 gaat in het derde niveau in op Beeldverwachtingen, toenemend sturend op de ontwerp-oplossingen. De PSM benoemt in het derde niveau Concepten, waarbij bijvoorbeeld activiteiten en mensen kunnen worden gegroepeerd en de fysieke context nader wordt beschreven met bijvoorbeeld toegankelijkheid en oriëntatie. Verwachtingen betreft ontwerp oplossingen worden niet benoemt.

Niveau 4

De Rgd beschrijft in het vierde niveau alleen Verificatie Methodes, zoals de externe normen, maar ook het monitoring en betalingssysteem gerelateerd aan het DBFMO-contract. Bij de SBR 258 omvat het vierde niveau Interne Voorwaarden. Dit betreft financieel-economische voorwaarden en voorwaarden met betrekking tot tijd en specifieke eisen zoals eisen voor duurzaam bouwen. De PSM komt in het vierde niveau overeen met de SBR 258 door Behoeften te beschrijven: eisen vanuit de fysieke context, budget en tijd bij wijze van haalbaarheidsanalyse voor de eerdere niveaus. De reden waarom de Rgd dit niet opneemt is omdat er naast de outputspecificatie een 'Contract' bestaat waarin tijd en budget worden beschreven, deze documenten kunnen niet los van elkaar worden beschouwd.

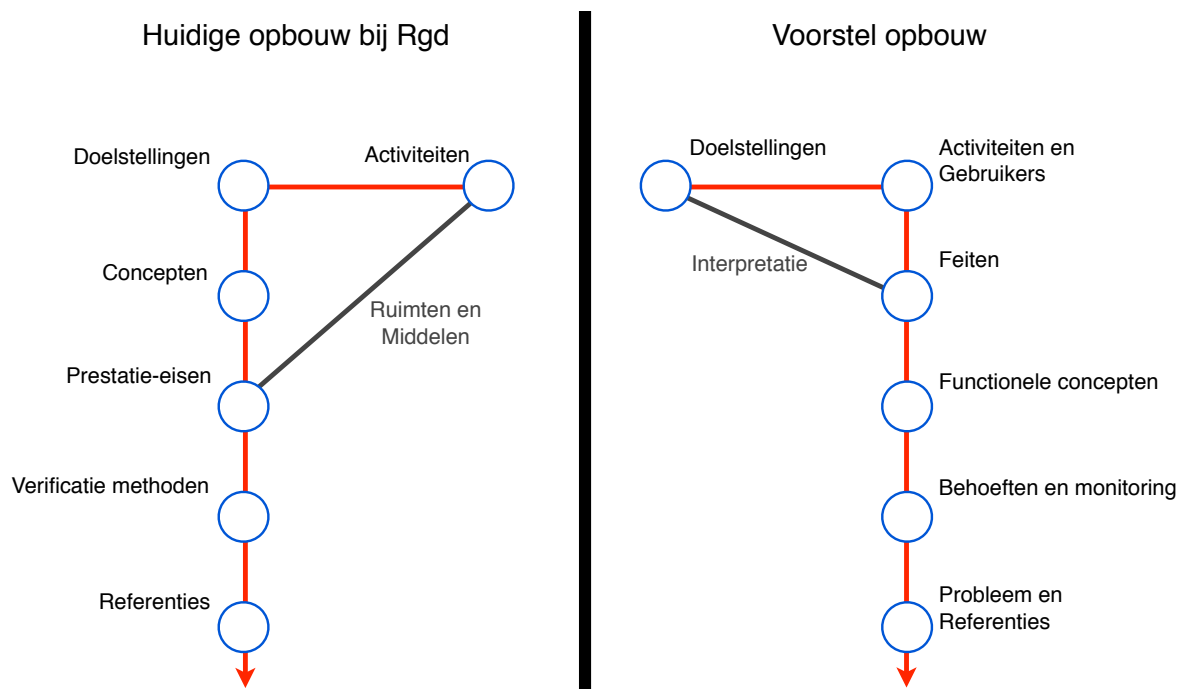
Niveau 5

In het laatste niveau beschrijft de NFLS/Rgd Referenties waarbij optioneel acceptabele ontwerp oplossingen kunnen worden bijgevoegd. Dit is vergelijkbaar met het derde niveau van de SBR 258. De SBR 258 beschrijft hier Externe Eisen en Voorwaarden, wat globaal wederzijds overeenkomt met de Normen uit niveau 4 van de NFLS/Rgd. De PSM benoemt het vijfde niveau het Probleem, waarin unieke en belangrijke eisen en overwegingen worden meegenomen die ontwerp oplossingen beïnvloeden, een soort destillatie –weergave van de kern en essentie– van de bovenliggende vier niveaus.

Zoals weergegeven in figuur 2.4.1 is de oorzaak voor de verschillen tussen de methoden te vinden in het verschil van het beschrijven van ontwerp-eisen versus prestatie-eisen. De SBR 258 is in deze vergelijking het minst prestatiegericht, de NFLS/Rgd is een tussenvorm en de PSM is het meest prestatiegericht. In de wens van de Rijksgebouwendienst om volledig prestatiegericht te specificeren zou de Rgd zich dus moeten bewegen richting de methode zoals de PSM dat voorschrijft. Echter blijkt dit in het huidige proces contractueel niet beheersbaar te zijn waardoor de nadruk in het specificatieproces bij de Rijksgebouwendienst momenteel lijkt te liggen bij het formuleren van de verifieerbare eisen in niveau 3, waardoor de OS moet worden ‘dichtgetimmerd’. Om vanaf de NFLS/Rgd te komen tot een OS gebaseerd op alleen prestatie-eisen wordt aanbevolen om expliciet omschreven activiteiten en gebruikers centraal te stellen in de OS, verder omschreven in de volgende paragraaf.

2.4.1. Activiteiten x gebruikers methode

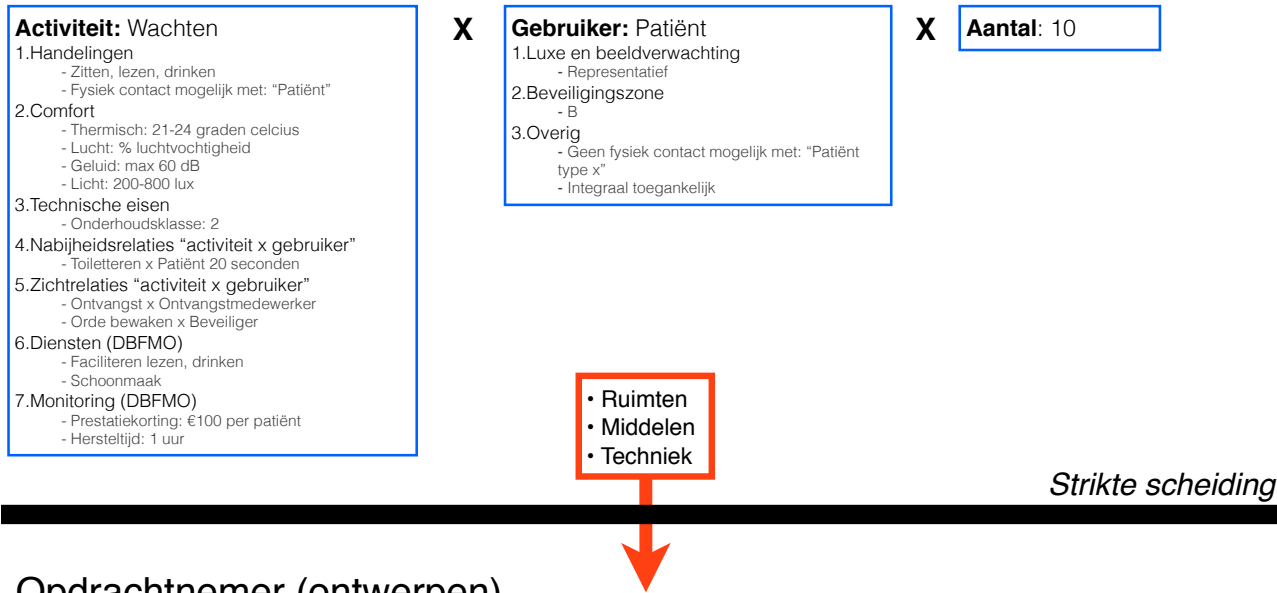
Zuiver beschouwd passen ruimten, middelen en techniek niet in de theorie van prestatie-eisen en zouden zodoende niet *als juridisch bindend* in de outputspecificatie moeten worden opgenomen. Als deze drie elementen uit de OS worden gehaald vraagt dit om een herziening van de structuur in de richting van de Problem-Seeking Methode (PSM). Deze herziening kan worden gedaan door in de opbouw van de OS Activiteiten en centralere rol te geven. Activiteiten is door de PSM naast Personen en Relaties aangegeven als de kernwaarde van Functies. Het centraal stellen van Activiteiten heeft geleid tot de ‘Activiteiten x Gebruikers’ methode, dit komt allereerst terug in de herstructurering van de abstractieniveaus.



Figuur 2.4.2. Herstructurering abstractieniveaus. Bron: eigen werk.

In de huidige situatie bij de Rijksgebouwendienst worden abstractieniveaus doorgespecificeerd aan de hand van de Doelstellingen waarbij de Activiteiten een zijspoor hebben. Bij het centraal stellen van Activiteiten met de Doelstellingen als zijspoor worden de overige niveaus direct verbonden aan een activiteit en daarmee aan de prestatie-eisen behorende bij het kunnen faciliteren van activiteiten. De Doelstellingen vormen vervolgens het interpretatiekader voor de Feiten en Concepten; als de Doelstellingen veranderen heeft dit invloed op zowel de Feiten als Functionele concepten. Concreet leidt het centraal stellen van activiteiten en gebruikers tot de volgende globale opbouw geïllustreerd met voorbeelden:

Opdrachtgever (specificeren)



Figuur 2.4.3. Voorbeeld Activiteiten x Gebruikers methode. Bron: eigen werk.

Wat met behulp van de 'activiteiten x gebruikers' methode wordt bereikt is het zuiver specificeren op *wat* er in het gebouw gaat plaatsvinden, zoals de Problem-Seeking Methode omschrijft: Activiteiten, Personen (wat in dit onderzoek breder is gemaakt naar Gebruikers) en Relaties. Per activiteit kan worden aangegeven wat bijvoorbeeld de eisen zijn betreft comforteisen voor de uitvoer van deze activiteit en relaties met een andere 'activiteit x gebruiker' worden beschreven. Dit voorkomt als praktisch voorbeeld de volgende voorgekomen sprekende situatie, vernomen via studiegeenoot Erik Burgmeijer die onderzoek doet naar gebruikerswensen in de operatieafdeling van ziekenhuizen.

Een voorbeeld van een probleem in praktijk bij het gebruik van ontwerpeisen.

In een ziekenhuis wenste een arts een raam in de deur naar de wachtruimte. Gedurende het ontwerpproces is de betreffende deur verplaatst waardoor ook het raam in de richting van de wachtruimte verdween. Wanneer de arts had omschreven: zichtrelatie met 'wachten x patiënt' was de achterliggende gedachte van de wens geborgd en was hiervoor een passende oplossing toegepast.

Voorbeeld 2.9. Praktijkvoorbeeld probleem ontwerpeisen.

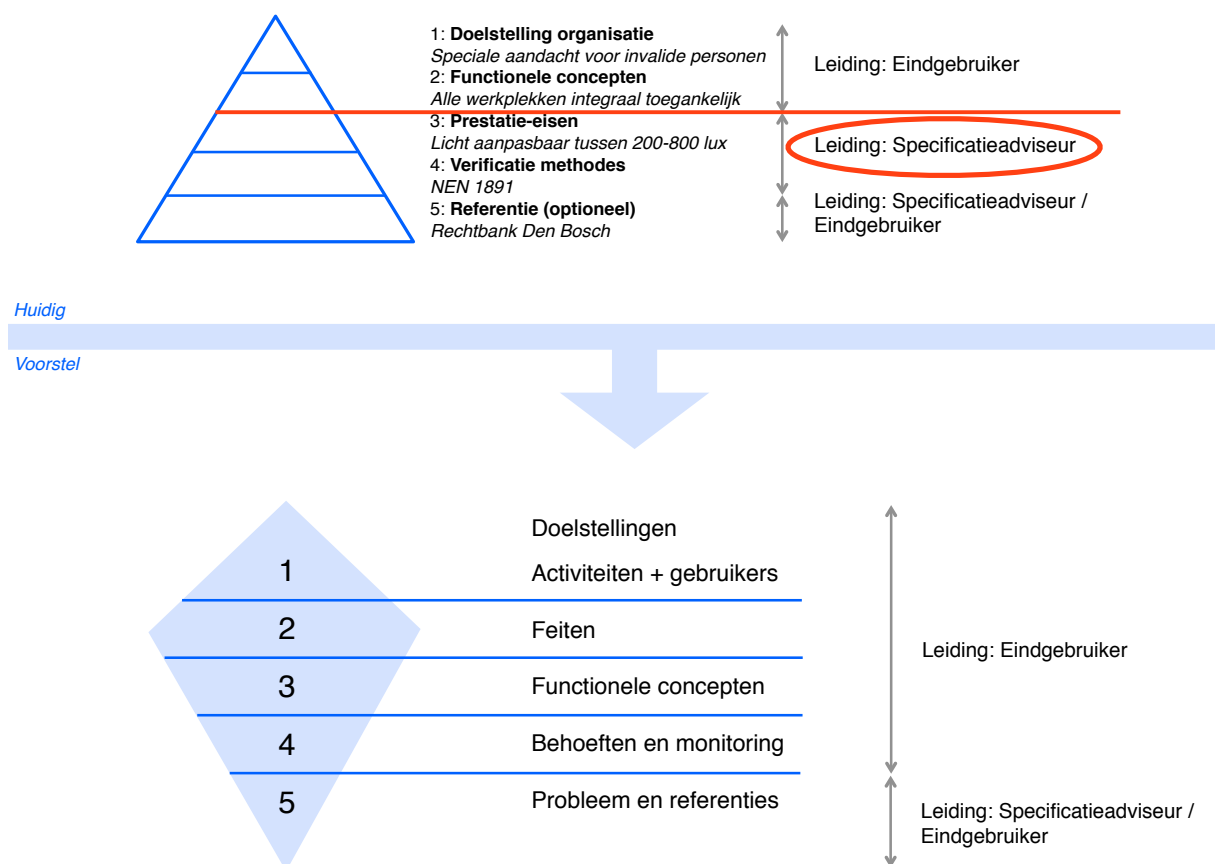
Over het algemeen genomen wordt in figuur 2.4.4 de scheiding tussen specificeren en ontwerpen benadrukt. Deze strikte scheiding tussen specificeren en ontwerpen komt overeen met de visie van Pena en Parshall (2001) in de Problem-Seeking Methode.

2.4.2. Antwoord 1: prestatie-eisen

Indien de Rijksgebouwendienst daadwerkelijk op prestatie-eisen wil aanbesteden dient een verschuiving plaats te vinden in de richting van de Problem-Seeking Methode. In het voorstel voor de vijf abstractieniveaus in het specificeren wordt daardoor een stap in deze richting gezet door de ‘activiteiten x gebruikers’ methode door te voeren. Daarbij wordt uitgekomen in de volgende vijf niveaus:

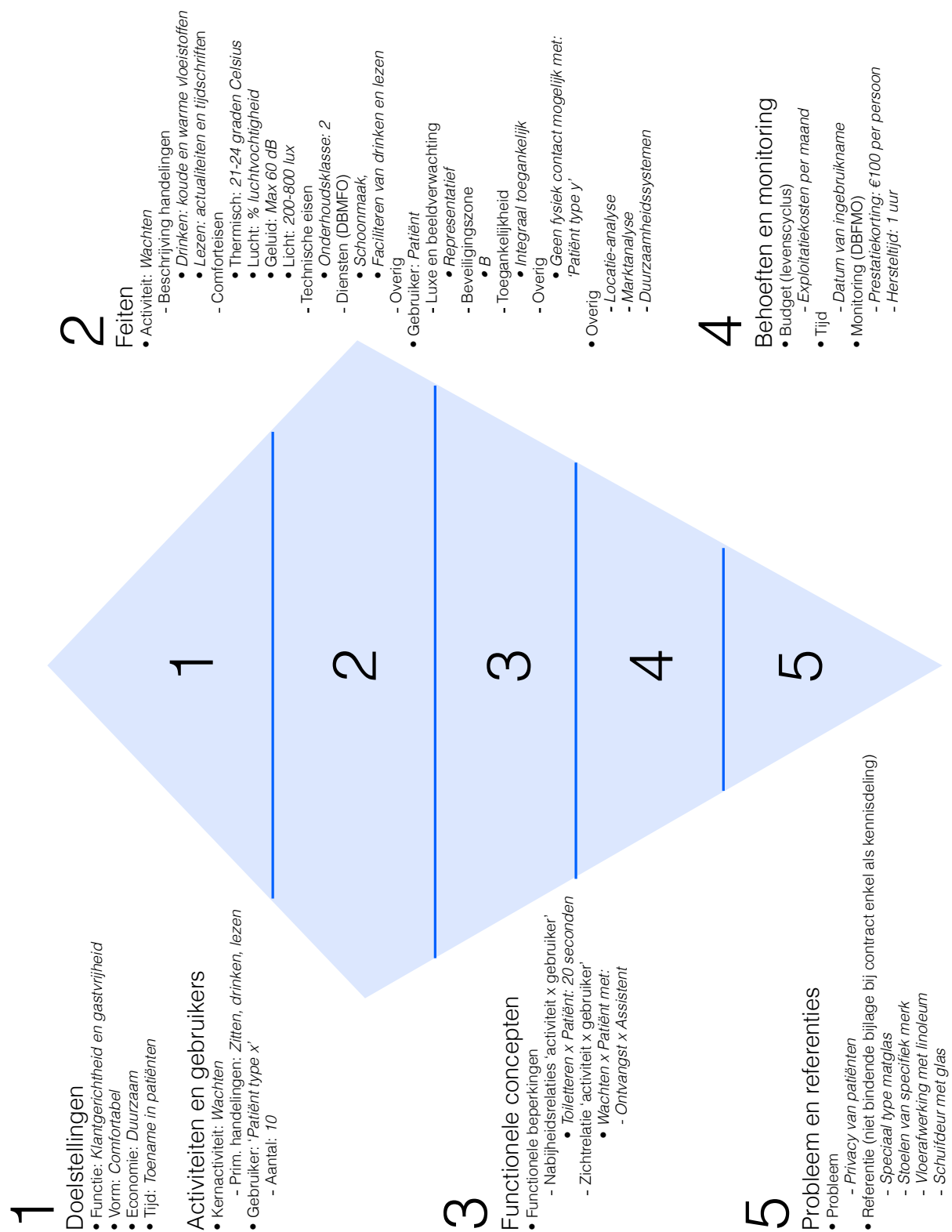
1. Doelstellingen, activiteiten en gebruikers
2. Feiten
3. Functionele concepten
4. Behoeften en monitoring
5. Probleem en referenties

Er is gezocht naar een bruikbare mix van de PSM, de werkwijze van de Rijksgebouwendienst en ‘activiteiten x gebruikers’ methode. De volgende figuur geeft de verschuiving van de huidige opbouw van de OS naar het voorstel voor de opbouw van de OS weer, en de consequenties die de verschuiving heeft voor de leiding in het specificatieproces.



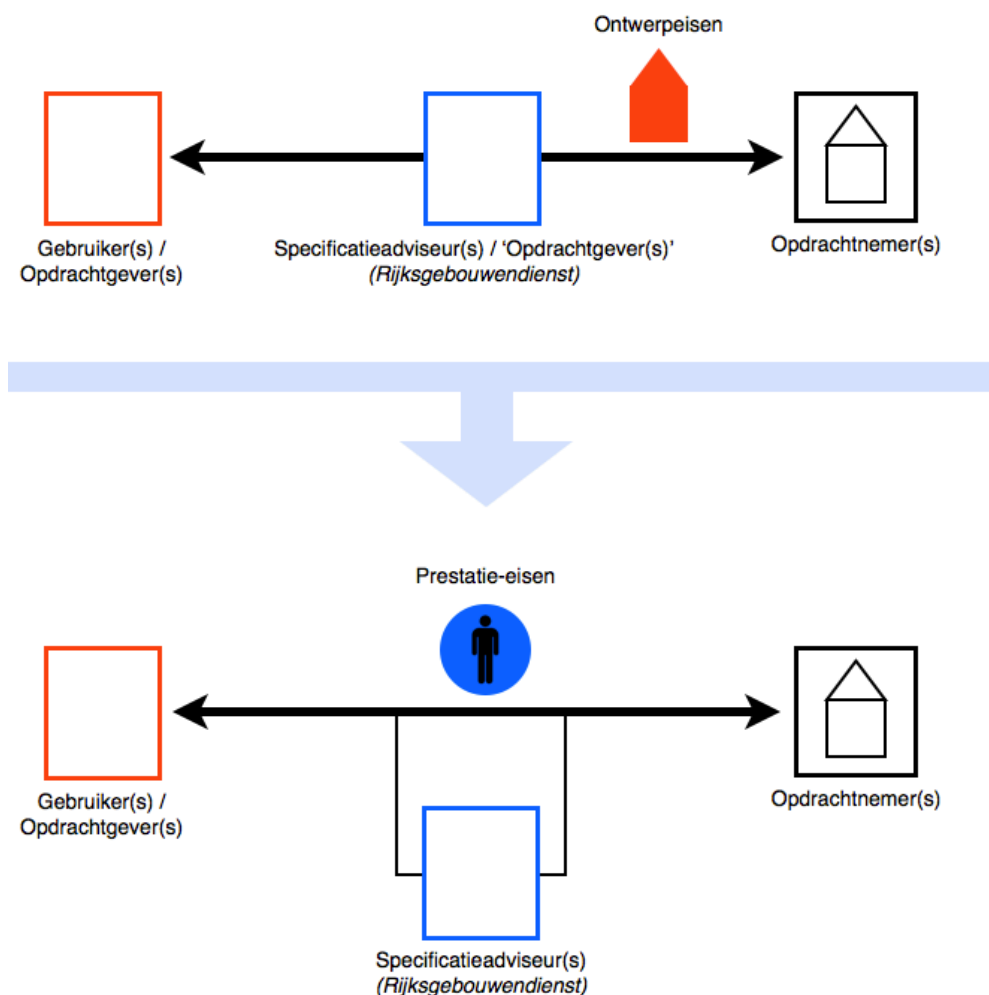
Figuur 2.4.4. Verschuiving van huidige opbouw en leiding OS (Zeegers en Ang 2003) naar voorstel opbouw. Bron: eigen werk.

Het gegeven voorbeeld in figuur 2.4.3 komt vervolgens terug zoals afgebeeld in figuur 2.4.5.



Figuur 2.4.5. Voorstel opbouw en inhoud van de outputspecificatie. Bron: eigen werk.

Ten eerste is er in het voorstel voor de abstractieniveaus weergegeven in figuur 2.4.5 gekozen voor een vliegervorm in plaats van de veelgebruikte driehoek omdat moet worden aangemoedigd het vijfde niveau zo kernachtig als mogelijk te formuleren; de driehoek vorm stuurt mijns inziens hiervoor in de verkeerde richting. Los van de vorm is inhoudelijk gezien het belangrijkste verschil het verdwijnen van de twee abstractieniveaus waar de Rijksgebouwendienst de leiding heeft in het voorstel voor de abstractieniveaus, zoals is aangegeven in figuur 2.4.4. Het verdwijnen van de leiding in het specificatieproces houdt in dat in de continuïteit en overdracht van informatie de essentiële rol van de Rijksgebouwendienst als ‘vertaler’ of ‘tussenpersoon’ tussen de eindgebruiker en consortium wegvalt. Daarmee vervalt een belangrijke kansfactor op het ontstaan van ruis in het specificatie- en ontwerpproces. Anders bekeken kan worden gesteld dat het deel van de outputspecificatie waarvan de Rgd de leiding heeft en daarom ook hoofdauteur wegvalt uit de outputspecificatie; het hoofdauteurschap verschuift naar de eindgebruiker.



Figuur 2.4.6. Verschuiving in de rol van de specificatieadviseur: eliminatie van de tussenpersoon. Bron: eigen werk.

De eindgebruiker houdt in dit proces nog veel baat bij een goede begeleiding vanuit de kennis en ervaring van de specificatieadviseur in het opstellen van de verschillende niveaus en opstellen van de outputspecificatie. Een uitzondering hierop is het bijvoegen van optionele referenties, echter zoals blijkt uit de voorbeeld specificatie (figuur 2.3.1) is het niet vanzelfsprekend dat Referentie daadwerkelijk wordt meegenomen in de outputspecificatie. Hierdoor wordt het voor het proces belangrijker dat de eindgebruiker als auteur betrokken blijft in het ontwerpproces en begrijpt wat hij of zij krijgt voorgeschoteld door de ontwerpende partij zodat de eindgebruiker het ontwerp kan beoordelen: valideren. Dit houdt in dat validatie in de verificatie en validatie tijdens het ontwerpproces een veel prominentere rol krijgt. Op deze prominentere rol van de eindgebruiker in het proces wordt later teruggekomen.

De rol van referenties in de opbouw wordt het niet-bindend voorschrijven van ontwerpeisen, wat ik beschouw als het kennisdelen tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. Sturen op het ontwerp is mijns inziens niet per definitie slecht is; de ontwerpende partij wordt hierdoor gestuurd in oplossingen indien de opdrachtgever, gebruiker of eigenaar goed weet wat hij of zij wil. Het delen van deze kennis zal een ontwerpproces mogelijk efficiënter maken. De keerzijde hiervan is echter dat de ontwerpende partij minder ruimte krijgt om tot innovatie en verbetering te komen. Het komen tot innovatie en verbetering kan mijns inziens namelijk niet worden verwacht van een niet-bouwkundig opgeleide opdrachtgever, gebruiker of eigenaar, dus het direct sturen op het ontwerp is mogelijk een gemiste kans voor het uiteindelijke product. De aanbeveling hiervoor is dat door middel van referenties niet juridisch bindend kan worden gestuurd op het ontwerp.

De laatste resterende vraag van dit hoofdstuk is waar in de voorstel opbouw, vergeleken met de huidige opbouw van de Rijksgebouwendienst, de prestatie-eisen zijn gebleven. De Rijksgebouwendienst beschouwt en plaatst de prestatie-eisen een niveau lager –concreter– dan de functionele concepten. In de voorstel opbouw, waar de activiteiten centraal worden gesteld, worden prestatie-eisen direct afgeleid van de activiteiten die verband houden met het bouwwerk. Het kunnen plaatsvinden van een activiteit, met het bijbehorende eisenpakket, is de te leveren prestatie van het bouwwerk. Aangezien de activiteiten worden beschreven in het bovenste niveau, behoren in het voorstel de prestatie-eisen ook direct tot het bovenste niveau. De functionele concepten dienen vervolgens de prestatie-eisen, vergelijkbaar met de theorie van Pena en Parshall in de Problem-Seeking Methode (2001). Dit tezamen resulteert in het voorstel voor de standaard inhoud van de outputspecificatie en toelichting weergegeven in figuur 2.4.7.

Inhoudsopgave outputspecificatie	Toelichting
1. Introductie	
2. Doelstellingen Belastingdienst 2.1. Functie 2.2. Vorm 2.3. Economie 2.4. Tijd	Het specificatieproces begint met het expliciet vastleggen van de doelstellingen van de opdrachtgever. Niveau 1. Deze doelstellingen dienen puur de ambities en visie van de organisatie te beschrijven en zijn in principe statisch zolang de organisatie dezelfde kernwaarden blijft hanteren. Als directe laag daaronder bevindt zich een beschrijving van de kernactiviteiten en gebruikers. In relatie tot het ontwerp zijn de activiteiten en gebruikers ook statisch, maar veranderen vaker dan de echte kernwaarden en doelstellingen van de organisatie; het personeelsbestand verandert vaker dan het bedrijfsprofiel.
3. Activiteiten en gebruikers 3.1. Beschrijving kernactiviteiten 3.1.1. Primaire handelingen 3.2. Beschrijving gebruikers 3.2.1. Aantallen (persoon, dier of object)	Het naar tevredenheid kunnen plaatsvinden van de activiteiten door de gebruikers is in de kern het doel van het ontwerp – los van de belangen van opdrachtnemende partijen zoals het maximaliseren van winst-. Daarom is voor het contract het kunnen plaatsvinden van de activiteiten de te leveren prestatie . Hierdoor is tijdens de specificatiefase het sturen op het puur nadenken vanuit de eigen organisatie cruciaal, zonder de koppeling te maken naar oplossingen en daarmee de stoel in te nemen van de ontwerper.
4. Feiten 4.1. Activiteiten 4.1.1. Beschrijving primaire handelingen 4.1.2. Comforteisen 4.1.3. Technische eisen 4.1.4. Diensten (DBFMO) 4.1.5. Overig 4.2. Gebruikers 4.2.1. Luxe en beeldverwachting 4.2.2. Beveiligingszone 4.2.3. Toegankelijkheid 4.2.4. Overig 4.3. Overig 4.3.1. Locatie-analyse (voorbeeld) 4.3.2. Marktanalyse (voorbeeld) 4.3.3. Duurzaamheidssystemen (voorbeeld)	Aan het kunnen leveren van de prestaties zitten feiten verbonden die voortvloeien vanuit de in niveau 1 geformuleerde lijst van activiteiten en gebruikers. Deze feiten kunnen worden beschouwd als de kwantitatieve aanvullingen op de gevraagde prestaties. De feiten kunnen worden onderverdeeld in feiten die betrekking hebben op de activiteiten, gebruikers en overige feiten. Onderdeel hiervan is bijvoorbeeld het bijvoegen van statistische analyses, comforteisen, toegankelijkheids-eisen en kengetallen. In principe kan alles worden bijgevoegd wat meerwaarde kan bieden in het komen tot een ontwerp, echter, aangezien de feiten zich bevinden in een uiteindelijk juridisch bindend contract met de opdrachtnemer moet worden beseft dat alleen feiten dienen te worden bijgevoegd die ook echt meerwaarde bieden voor het project.
5. Functionele concepten 5.1. Functionele beperkingen 5.1.1. Nabijheidrelaties tussen activiteiten x gebruikers 5.1.2. Zichtrelaties tussen activiteiten x gebruikers	Niveau 3 omvat het beschrijven van de functionele beperkingen, die resulteren in functionele relaties. De functionele concepten bestaan uit zichtrelaties en nabijheidrelaties. Als voorbeeld kan de functionele beperking zijn dat “wachten x bezoeker” op maximaal 30 seconden loopafstand is van “diagnose stellen x arts”. Dit kan resulteren in een functionele relatie van bijvoorbeeld 22 seconden, wat voldoet binnen de beperking van maximaal 30 seconden. Het bijvoegen van een vlekkenplan of relatie-schema wordt aanbevolen om de communicatie met de opdrachtnemer(s) effectiever te maken.
6. Behoeften en monitoring 6.1. Budget (levenscyclus) 6.2. Tijd 6.3. Kortingsmechanisme per activiteit x gebruiker (DBFMO) 6.3.1. Beschikbaarheidskorting 6.3.2. Hersteltijden	Niveau 4 is de haalbaarheidstoets van de bovenstaande niveaus. Beschreven wordt het budget en de tijdsparre van het project. Hieronder valt een analyse van het budget en tijdschema. Wanneer met prestatie-eisen wordt gewerkt, en er zodoende wordt gespecificeerd voor de exploitatiefase, houdt dit ook in dat het budget wordt opgesteld op basis van de levenscyclus. Als toevoeging voor een DBFMO project valt ook het kortingsmechanisme binnen Niveau 4. Beschikbaarheidskortingen en hersteltijden worden gerelateerd aan de ‘activiteiten x gebruikers’. Een voorbeeld zijn plekken om te wachten: door technische problemen kunnen delen van de wachtruimte niet beschikbaar zijn. Het gevolg is dat mogelijk niet aan de beschikbaarheid van “wachten x patiënt” met de gerelateerde comforteisen en functionele concepten kan niet worden voldaan. Echter biedt de prestatie-eis ruimte voor innovatieve oplossingen: mogelijk is er tijdelijk een andere plek in het gebouw beschikbaar die ook voldoet aan alle gestelde eisen –zoals plekken in de kantine– waardoor het kortingsmechanisme niet in werking hoeft te treden.
7. Probleem 8. Referenties	Het probleem bestaat uit een maximaal aantal van tien probleemstellingen die volgen uit de bovenstaande vier niveaus: het destilleren tot de essentie. Dit mogen allemaal vanzelfsprekende stellingen zijn, dat is ook juist de bedoeling: het benadrukken en prioriteit geven aan de essentie. Vervolgens kan in hoofdstuk 8, omdat de outputspecificatie strikt is gescheiden van het ontwerp, bij wijze van bijlage worden gekozen om referenties toe te voegen van huidige ontwerpoplossingen die goed voldoen. De reden waarom ik dit aanbeveel is de ‘S’ in PPS. De samenwerking, ik zie het toevoegen van referenties als kans en mogelijkheid om <i>vrijblijvend kennis te delen</i> in oplossingen en zodoende door middel van de OS <i>alle</i> potentiële opdrachtnemers te helpen. Voorbeeld is de eigenaar van een gevangenis die na 30 jaar ervaring en testen een bepaald slot heeft ontwikkeld dat perfect voldoet voor het brandveiligheidsprobleem van gevangenis cellen. Waarom zou deze eigenaar niet <i>vrijblijvend</i> deze sloten bijvoegen bij de OS als acceptabele oplossing? Pas echter op dat alleen referenties worden bijgevoegd van aspecten waarop geen of weinig innovatie kan worden verwacht, omdat de ontwerper door het bijvoegen van acceptabele oplossingen sterk gestuurd kan worden (Zeegers en Ang 2007).
Index	

Figuur 2.4.7. Voorstel inhoudsopgave van de outputspecificatie en toelichting. Bron: eigen werk.

De vraag voor het volgende hoofdstuk is nu: hoe kan de OS op basis van de voorgestelde inhoud uit figuur 2.4.7 praktisch haalbaar worden gemaakt met betrekking tot de verificatie en validatie van het ontwerp?

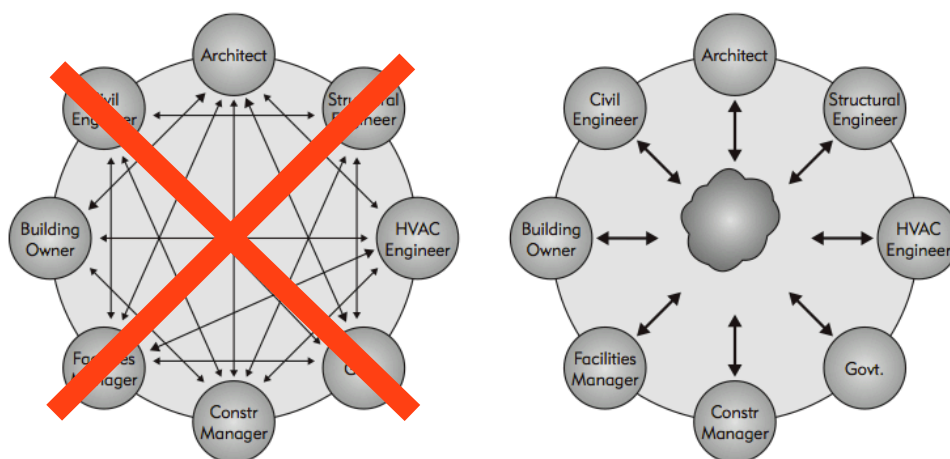
3. BIM

3.1. BIM definitie

In paragraaf 1.2 is BIM geïntroduceerd. In dit hoofdstuk wordt BIM dieper toegelicht waarbij paragraaf 1.2 deels wordt herhaald en wordt begonnen met de definitie. De afkorting BIM staat voor: Bouwwerk Informatie Modelleren of Building Information Modeling. De in dit onderzoek gebruikte definitie luidt:

Het proces waarin één parametrisch opgebouwde elektronische en interoperabele database, de BIM database, de continuïteit van de informatiestroom borgt in de levenscyclus van een bouwwerk en alle relevante datasets vanuit BIM modellen gedurende de levenscyclus integreert.

Er is een cruciaal verschil tussen 'BIM' en 'BIM model'. BIM is een proces, een manier van werken. BIM modellen daarentegen produceren datasets die de basiselementen vormen in dit proces. Figuur 3.1.1, maakt het verschil schematisch inzichtelijk: het proces versus de elementen. De rechteraafbeelding in figuur 3.1.1 geeft het integrerende aspect van BIM weer, het geheel van actoren, pijlen en de 'wolk' in het midden is het BIM proces. De actoren hebben ieder hun eigen programma –BIM model– waarin ze werken en mee vertrouwd zijn, deze BIM modellen zijn langs de rand van de figuur afgebeeld. Momenteel veelgebruikte programma's –zoals Autodesk AutoCAD, Google SketchUp of zelfs Microsoft Excel– worden BIM modellen op het moment dat het programma interoperabel is en informatie kan uitwisselen met een BIM database. Deze database is abstract aangegeven als wolk in het midden van de figuur van Smith en Tardif (3.1.1) en komt later in deze paragraaf concreter terug in figuur 3.1.3. Interoperabiliteit vormt in het proces een kernbegrip. De in dit onderzoek gehanteerde definitie luidt: 'Interoperabiliteit is het vermogen van een product of systeem, waarvan de grensvlakken volledig bekend zijn, om een wisselwerking aan te gaan met andere, bestaande of toekomstige producten of systemen zonder dat de toegang of implementatie beperkt is.' (AFUL 2011)



Figuur 3.1.1. Een interoperabele benadering. (Smith en Tardif 2009)

De werking van de 'BIMserver' is een praktijkvoorbeeld van een open BIM structuur met een centrale server. Een BIM server –waar 'BIMserver' (bimserver.org) in praktijk een voorbeeld van is– is géén fileserver waar los van elkaar bestanden kunnen worden geplaatst, zoals de manier waarop de applicatie Dropbox (dropbox.com) werkt. Het behulp van een BIM server wordt de geleverde data vanuit BIM

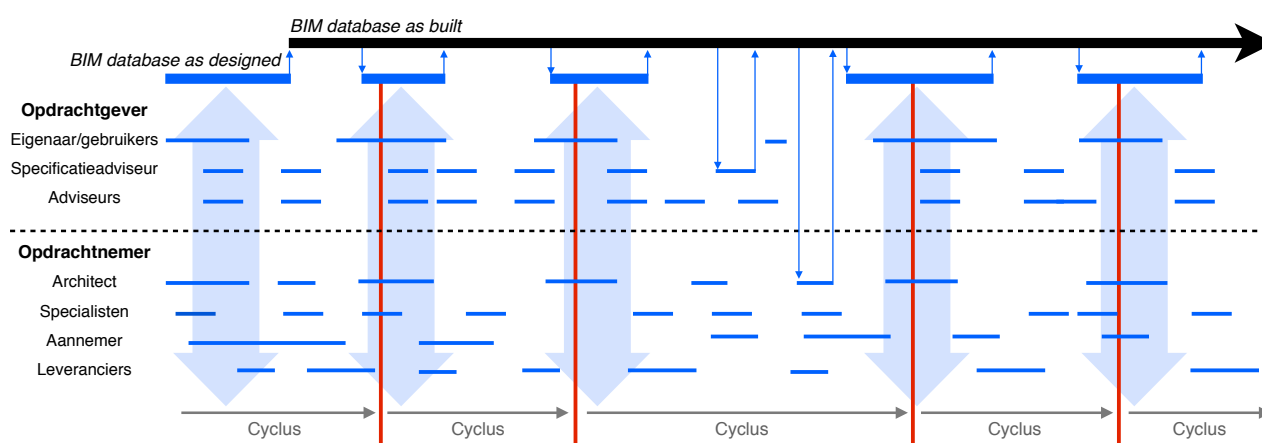
modellen geïnterpreteerd door een intelligente kern en opgeslagen in de onderliggende BIM database (BIMserver 2011). Andersom kan door middel van de BIM server relevante informatie vanuit de BIM database worden verzonden als input voor BIM modellen. Zodoende zijn mijns inziens de BIM database en BIM server onafscheidelijk met elkaar verbonden.



Figuur 3.1.2. BIMserver. (BIMserver 2011)

Het interessante van deze open werkwijze met een server is dat er niet wordt gewerkt tussen alle partijen met één BIM model –dit wordt ook wel ‘gelsoten BIM genoemd–, iets wat momenteel naast technisch ook voor de Rgd juridisch onmogelijk is om te doen. Het blijkt niet mogelijk –en uit gesprekken met onder andere ZEEP Architecten ook niet gewenst– om alle partijen op de markt te laten werken met één specifiek programma omdat elke actor en discipline zijn eigen werkwijze heeft, met een eigen informatiebehoefte en eigen specialisme met het werken met bepaalde applicaties. Door middel van deze applicaties creëert deze actor mogelijk effectieve kwaliteit, waarom zou je een andere applicatie verplichten? Juridisch is het daarnaast voor de Rijksgebouwendienst als opdrachtgever (nog) niet mogelijk om specifieke software voor te schrijven voor de markt omdat dit leidt tot oneerlijke concurrentie onder softwareontwikkelaars. Zodoende blijkt het niet de vraag te zijn met welke applicatie iedereen in het proces moet werken, maar *hoe* de informatie uit de verschillende applicaties efficiënt en effectief aan elkaar wordt gekoppeld; de pijlen in figuur 3.1.1.

Het in dit onderzoek aangenomen BIM proces wordt schematisch weergegeven in figuur 3.1.3.

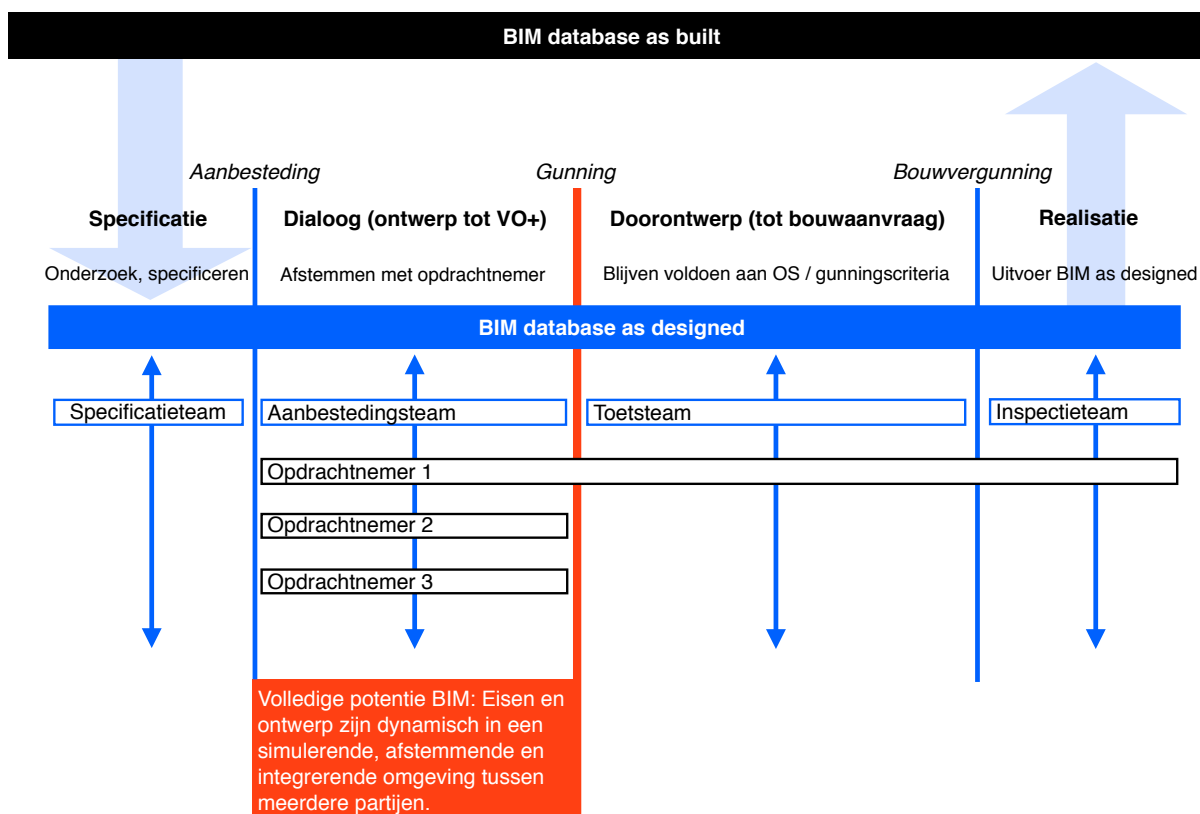


Figuur 3.1.3. BIM-proces. Bron: eigen werk.

De zwarte horizontale pijl beeldt de ‘BIM database as built’ uit. Dit houdt de database in waarin het gebouw is gesimuleerd naar de huidige staat zoals het in werkelijkheid gebouwd is. Voordat deze database ontstaat dient een gebouw te worden ontworpen en/of gemodelleerd, dit zijn de dikke horizontale lijnen direct onder de ‘BIM database as built’. In de hiermee aangegeven ‘BIM database as designed’ vindt het daadwerkelijke ontwerpproces plaats waarin –parallel aan de ‘BIM database as built’– uiteenlopende concepten kunnen worden getest. Alle relevante informatie vanuit zowel opdrachtgever als opdrachtnemer wordt hierin geïntegreerd, aangegeven met de verticale pijlen in figuur 3.1.3. In deze integratie is het levenscyclus aspect van BIM primair wat het onderscheidt van voorgaande digitale technologieën, welke waren ontworpen om specifieke taken te automatiseren in specifieke fasen van de gebouw levenscyclus voor specifieke sectoren van de gebouw industrie, zoals ontwerp, constructie en facility management (Smith en Tardif 2009).

3.2. BIM levenscyclus

Wanneer wordt ingezoomd op één 'BIM database as designed' zoals er in figuur 3.1.3 meerdere zijn afgebeeld ontstaat de volgende figuur.



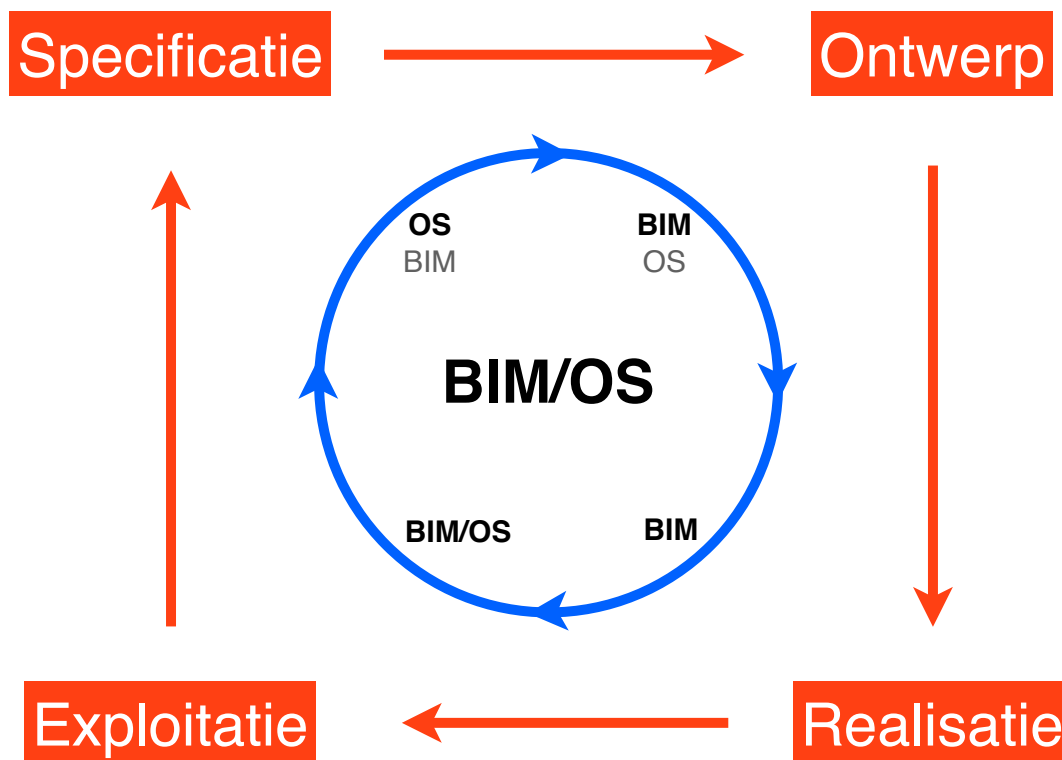
Figuur 3.2.1. BIM database as designed cyclus. Bron: eigen werk.

In figuur 3.2.1 wordt de 'BIM database as designed' bekeken als onderdeel van het in figuur 3.1.3 omschreven proces. Voor de duidelijkheid van het plaatje is 'de opdrachtnemer' als één partij afgebeeld, zegge, als consortium in geval van een geïntegreerd contract. De opdrachtgever is afgebeeld in de blauwe kaders als vier aparte team: specificatieteam, aanbestedingsteam, toetsteam en inspectieteam. De gedachte hierachter is dat in het ontwerpproces, dat soms wel 15 tot 20 jaar kan duren, het gewoonlijk is dat de personen die participeren in een specifiek team niet terugkomen in een volgend team (Kerpel 2011) (Jonge de 2011b). Het gevolg hiervan is dat kennis en ervaring betreft bijvoorbeeld gemaakte keuzes in het proces mogelijk verloren gaan doordat de personen die de keuzes hebben gemaakt niet aanwezig blijven in het proces. Gezien de huidige situatie van de specificatieadviseur als tussenpersoon in het proces (zie figuur 1.3.2) is dit een gevaarlijke situatie voor het proces omdat personen met essentiële kennis betreft bepaalde keuzes uit het proces vertrekken. In combinatie met het gegeven dat het huidige proces *documentgericht* is – er wordt gecommuniceerd aan de hand van gedateerde documenten – is dit een extra gevaarlijke situatie in het proces omdat informatie lastig terug te vinden is. BIM databases als *dragers van continuïteit van informatie* kunnen door het zorgen voor interoperabiliteit een sleutelrol spelen in het overdragen van informatie tussen fysiek los van elkaar deelnemende personen in het proces.

In het rode tekstvlak van figuur 3.2.1 staat omschreven dat de volledige potentie van BIM in de dialoofase ligt. Een toelichting. In dialoofase zijn zowel de OS als ontwerp geheel dynamisch: beiden mogen vrijblijvend worden aangepast zonder dat dit contractueel consequenties heeft. Daarnaast is de dialoofase een simulerende, afstemmende en integrerende omgeving tussen meerdere partijen: aangezien in geval van de Rijksgebouwendienst gewoonlijk meerdere consortia de dialoog aangaan dienen meerdere ontwerpvoorstellen te worden vergeleken met de OS. BIM analysemodellen kunnen hier mogelijk worden

ingezet als ondersteunend middel in het analyseren en beoordelen van ontwerp oplossingen, en deze vervolgens te vergelijken met de andere opdrachtnemers. Op analyseren wordt dieper ingegaan in paragraaf 3.5.

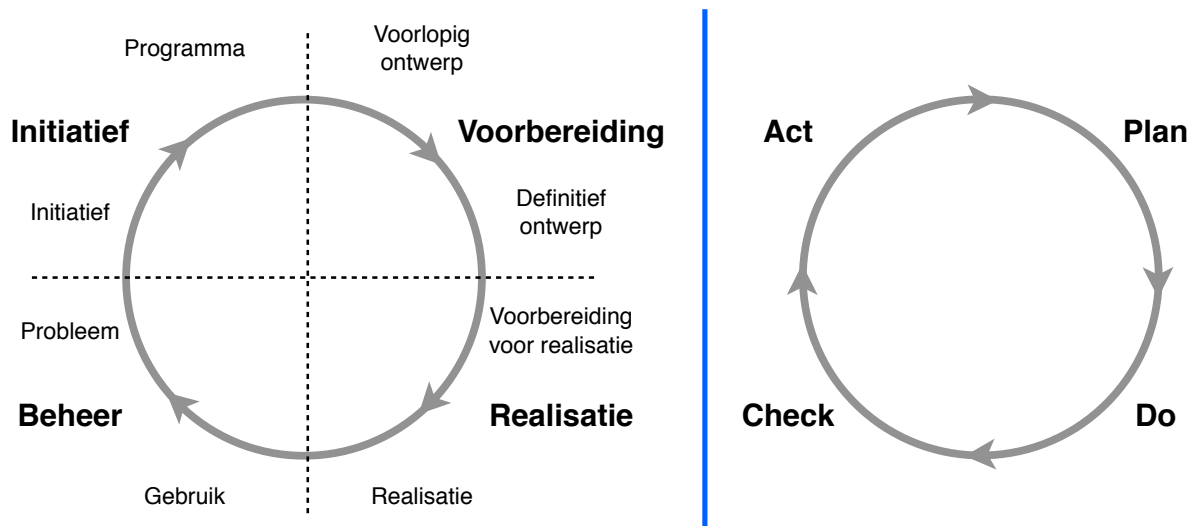
Wanneer deze potentie van BIM om de continuïteit van informatie te waarborgen wordt doorgetrokken verder dan Realisatie in figuur 3.2.1 mist in deze figuur een essentiële fase, de exploitatie. Na realisatie gaat het bouwwerk in exploitatiefase, waarbij exploitatie geen onderdeel meer is van de 'BIM database as designed' maar plaatsvindt ondersteund door de 'BIM database as built'; het bouwwerk zoals fysiek gerealiseerd is de basis voor de exploitatie. Om deze reden valt exploitatie niet meer binnen figuur 3.2.1 maar wordt hiervoor een koppeling gemaakt naar figuur 3.2.2.



Figuur 3.2.2. BIM/OS cyclus. Bron: eigen werk.

Zichtbaar in de cirkel van figuur 3.2.2 is een eerste aftasting in de samenkomst van de OS en BIM, puur op aanwezigheid in de levenscyclus, nog niet op inhoud. In elke fase is een verschil in de balans van de nadruk op BIM of op de outputspecificatie. In specificatie ligt de nadruk op de OS, waar het opstellen hiervan de primaire activiteit is, daar tegenover is in Ontwerp het ontwerpen in BIM primair met de OS als onderligger. In Realisatie wordt het ontwerp uitgevoerd, hier heeft de OS een minimale rol. In Exploitatie staan de 'BIM database as built' en de OS op gelijke hoogte; het gebouw wordt beoordeeld en afgerekend aan de hand van de prestatie-eisen. Tussen Exploitatie en Specificatie, bijvoorbeeld wanneer er een nieuwe gebruiker van het bouwwerk gebruik gaat maken, kan het specificatieproces worden ondersteund door BIM. Een voorbeeld is het leren van eerder gemaakte combinaties tussen prestatie-eisen en ontwerp oplossingen, wat in een evaluatie na ingebruikname –Post-Occupancy Evaluation– mogelijk verschillen vertoont met vooraf aangenomen waarden.

Een vergelijking tussen de BIM/OS cyclus en twee andere cycli uit de literatuur is interessant. Het leren van bestaande combinaties kan worden opgevat als de koppeling tussen Act en Plan van de Deming kwaliteitscirkel (figuur 3.2.3, rechts). In de huisvesting levenscyclus (figuur 3.2.3, links) is dit zichtbaar tussen Probleem en Initiatief.



Figuur 3.2.3. Ontwikkeling en huisvesting levenscyclus (links) (Lousberg 2009a) en Deming kwaliteitscirkel (rechts).

In de Deming kwaliteitscirkel valt de specificatie onder Plan met een interessante omschrijving gezien het feit dat deze cirkel los van de bouw toepasbaar is voor andere vakgebieden: “In de planningsfase wordt een plan opgesteld waarin de beoogde resultaten worden beschreven en hoe dit gerealiseerd wordt. De doelstellingen worden SMART (specifiek, meetbaar, acceptabel, realistisch en tijdgebonden) geformuleerd. Dit zijn de prestatie-indicatoren op basis waarvan het resultaat gemeten wordt.” (Deming 2000).

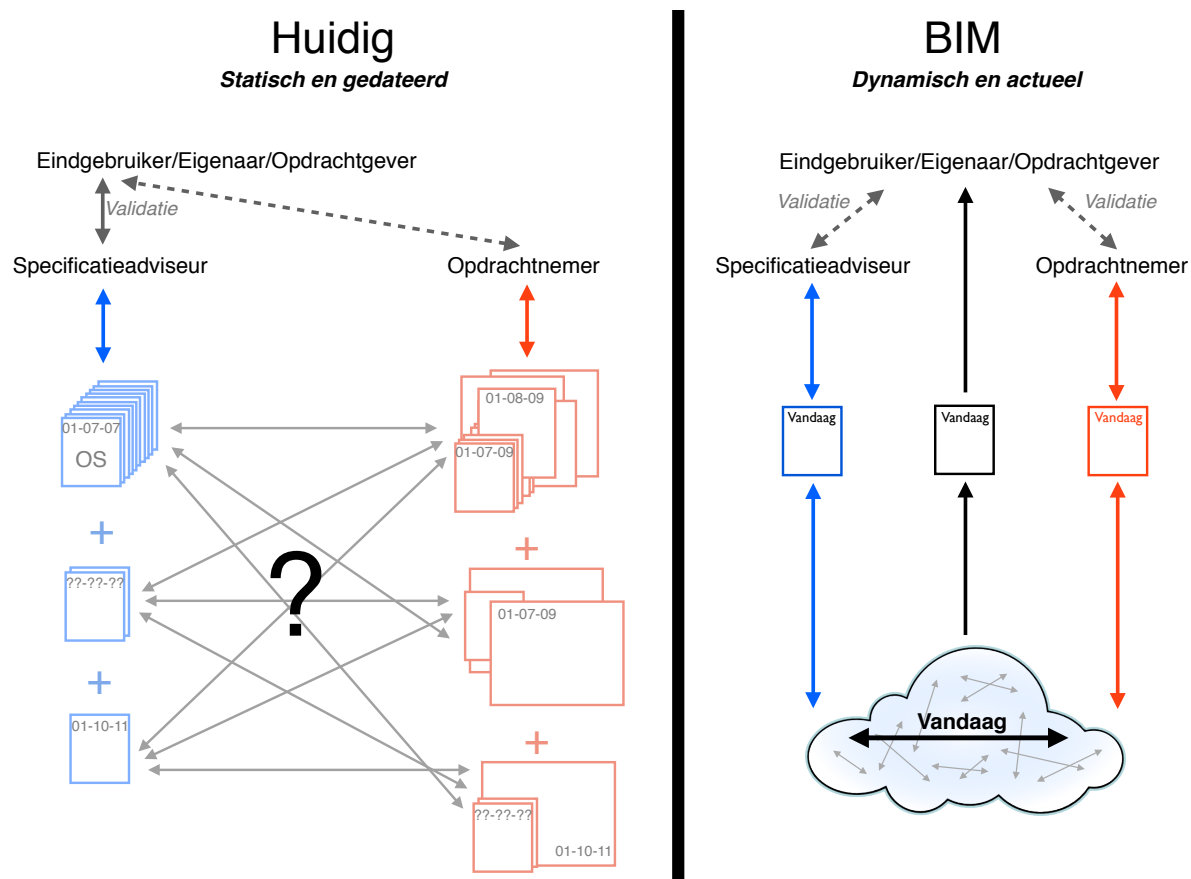
Het ontwerp komt in de Deming kwaliteitscirkel overeen met Do; “In deze fase worden alle activiteiten die ervoor moeten zorgen dat het resultaat bereikt wordt uitgevoerd. De resultaten worden telkens gemeten.” (Deming 2000) Ook de fysieke realisatie van het gebouwmodel valt onder Do.

De evaluatie in Exploitatie heet Check in de Deming kwaliteitscirkel: “Tijdens deze fase worden de gemeten resultaten vergeleken met de vooraf opgestelde doelen. Afwijkingen worden geanalyseerd en de oorzaken hiervan worden vastgesteld.” (Deming 2000)

Tenslotte wordt in de BIM/OS cyclus gekomen bij de overgang van Exploitatie naar Specificatie, in de huisvestingscyclus aangeven als de overgang van Probleem naar Initiatief. Hier ontstaat een nieuwe gebruikersvraag en zodoende mogelijk een nieuw project. In de Deming cirkel wordt dit Act genoemd.

3.2.1. Dynamisch en actueel versus statisch en gedateerd

Een cruciaal verschil in een proces waar gebruik wordt gemaakt van BIM vergeleken met het huidige proces is de transitie van een statisch en gedateerd proces naar een dynamisch en actueel proces.



Figuur 3.2.4. Stroomlijnen informatieproces, van documentgericht naar informatiegericht. Bron: eigen werk.

In het BIM proces wordt door de interoperabiliteit (zie figuur 3.1.1) van de BIM database gewerkt met de meest recent beschikbare gegevens, zeg, “vandaag”. Hierdoor is het niet meer nodig om documenten handmatig te voorzien van bijvoorbeeld naam, datum en handtekening –dit kan automatisch worden toegevoegd bij inloggen in de database– waardoor het kernachtig uitvragen en aanleveren van informatie mogelijk wordt, zonder verdere administratie of mogelijkheid tot verwarring bij bijvoorbeeld bouwvergaderingen over het hebben van de juiste informatie. Het gevolg van deze interoperabiliteit is dat de volledige informatiestroom tussen partijen is geborgd: alle partijen hebben toegang tot informatie die centraal is opgeslagen in de BIM database. Als een actor uit het proces wegvalt blijft de relevante informatie en input van deze actor geborgd, wat mogelijk in een documentgericht proces tegelijk met de actor zou wegvallen. Hiermee vermindert een belangrijk risico in project- en informatiemanagement; overdracht van informatie. Ter illustratie een quote van Graham Winch (2010): “Als er dingen fout gaan tijdens het project, dan is een storing in de informatielus bijna altijd het hart van het probleem.”. Graham Winch beschrijft verder dat de snelle ontwikkeling van de verbinding met ICT die in de afgelopen 20 jaar voor deze informatielus zowel enorme kansen heeft gecreëerd als nieuwe technische uitdagingen. Vele potentiële voordelen waren –en zijn nog steeds– verloren omdat het specifieke systeem gebruikt door een actor niet bestanden kan lezen afkomstig van het andere systeem, het probleem van interoperabiliteit (Winch 2010). Mijn verwachting is dat BIM een oplossing biedt voor dit probleem.

3.3. Opbouw van een BIM model

De huidige generatie van BIM architectuur applicaties is bijna geheel ontstaan uit de object-gebaseerde parametrisch modelleer mogelijkheden voor het ontwerpen van mechanische systemen. De ontwerpen gemaakt in deze applicaties bestaan zodoende in de basis uit *objecten*. Het globale principe van parametrisch modelleren daarbij is dat vormen en andere eigenschappen kunnen worden gedefinieerd en beheerst volgens de hiërarchie van parameters op verschillende niveaus. Sommige vormen en eigenschappen zijn daarbij gebaseerd op gefixeerde waarden, andere kunnen relatief zijn ten opzichte van andere vormen (Eastman, Teicholz et al. 2008).

In parametrisch ontwerp implementeert de ontwerper direct objecten van een bepaalde familie of klasse, gekozen vanuit een BIM objecten bibliotheek. Hierin is een set van relaties en regels opgenomen die de parameters beheersen van element die worden gegenereerd en kunnen variëren op basis van de context waarin de elementen zich bevinden. Als voorbeeld kan een muur die verbonden zit aan een dak hoger worden wanneer het dak hoger wordt gemaakt; de objecten ‘dak’ en ‘muur’ hebben een relatie. Objecten zijn hier gedefinieerd met gebruik van paramaters met betrekking op afstanden, hoeken en regels zoals: ‘verbonden aan’, ‘parallel met’, en ‘afstand van’. Deze relaties staan toe dat elk element van een object kan variëren overeenkomstig met de eigen parameter instellingen en contextuele relaties. Als alternatief kunnen regels worden gedefinieerd als eisen waaraan het model moet voldoen. Hierdoor wordt het toegestaan dat de ontwerper veranderingen maakt terwijl de regels controleren en details updaten zodat het ontwerp element in al haar facetten correct blijft, waarbij de gebruiker kan worden gewaarschuwd wanneer niet aan de gestelde eisen wordt voldaan (Eastman, Teicholz et al. 2008).

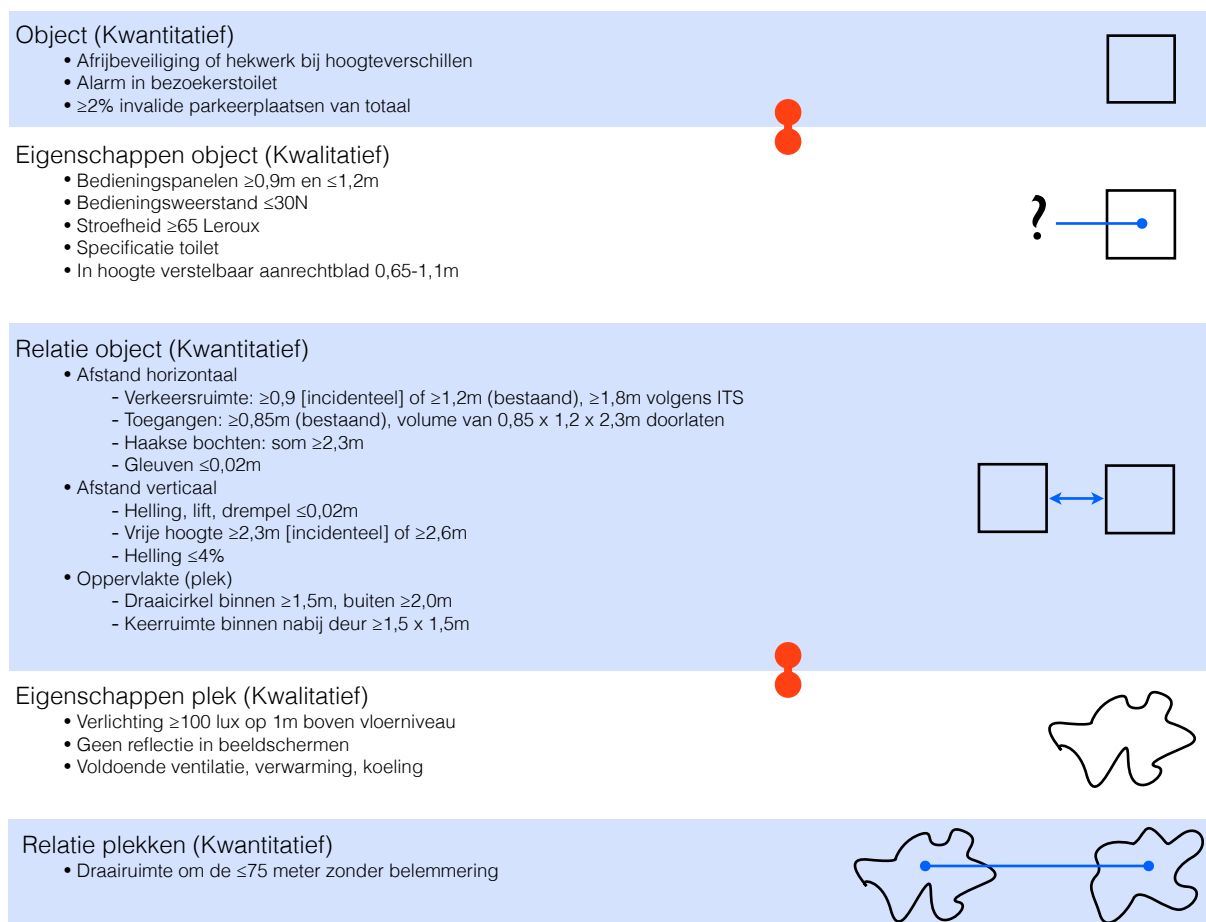
Mijns inziens –op basis van het observeren van bouwwerken, het experimenteren met BIM ontwerpmodellen en het toetsen van deze observatie tijdens de expert reviews van dit onderzoek– bestaat elk bouwwerk –met of zonder gebruik van BIM– uit de volgende negen categorieën bouwstenen:

1. Elementen;
2. Eigenschappen van elementen;
3. Relaties tussen elementen (vormen het object);
4. Objecten;
5. Eigenschappen van objecten (gevormd door de elementen);
6. Relaties tussen objecten (vormen de plek);
7. Plekken;
8. Eigenschappen van plekken (gevormd door de objecten);
9. Relaties tussen plekken (vormen de ruimte, bouwwerk, stad, land, wereld...).

Omdat BIM werkt op basis van object gebaseerd modelleren zijn direct bij het plaatsen van objecten vanuit een objectbibliotheek de eerste drie stappen omtrent de elementen geïntegreerd in de deelniveaus en hiërarchie van deze objecten. Zodoende worden de elementen in dit onderzoek niet als losse stappen meegenomen. Plekken ontstaan mijns inziens op hun beurt direct uit relaties tussen, en eigenschappen van objecten, daardoor vallen plekken en eigenschappen van plekken samen.

Een subtiel maar essentieel verschil zit in de benoemen van ‘ruimten’ versus ‘plekken’ waarin ik tijdens gesprekken verwarring in ondervond. Een ruimte kan uit één plek bestaan, maar kan ook meerdere plekken faciliteren. Een plek heeft hier specifiek één type comfortklasse. Een voorbeeld: een open kantoorlandschap is één ruimte maar kan meerdere plekken bezitten: plekken voor geconcentreerd werk (minimaal geluid en genoeg licht), voor overleg (een grote tafel), voor ontspanning (meer geluid mogelijk), presentaties etcetera. Een plek kan bestaan uit een tafel en een paar stoelen –de functieervullers– en een specifieke comfortklasse. Dit kan direct beperkt zijn door bouwdelen, of vloeiend overgaan in andere plekken. Een plek faciliteert vervolgens het kunnen uitvoeren van een, of meerdere, activiteiten door de gebruikers van het bouwwerk. Denk bij een combinatie van activiteiten aan bijvoorbeeld een kantine waar op dezelfde plek tijdens lunch ook vergaderd of overlegd kan worden.

De verschillende bouwstenen van het ontwerp zijn in figuur 3.3.1 schematisch weergegeven en geïllustreerd met voorbeelden vanuit de eisen voor Integrale Toegankelijkheid.

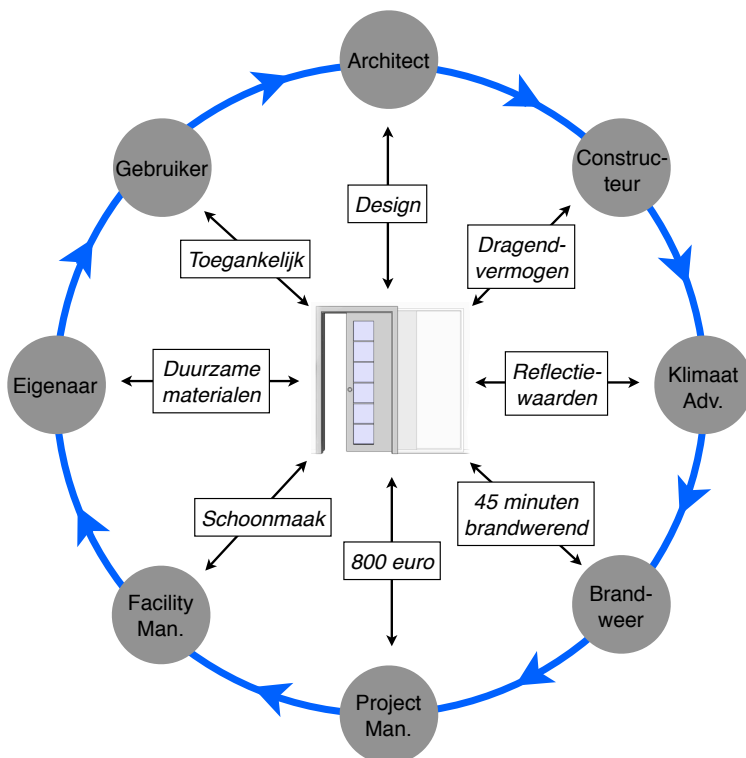


Figuur 3.3.1. BIM opbouw geïllustreerd met eisen voor Integrale Toegankelijkheid. Bron: eigen werk.

De opbouw omschreven in figuur 3.3.1 is specifiek voor ontwerp met een BIM ontwerpmodel door de directe integratie van elementen in objecten en de parametrische relatie tussen objecten die is aangegeven met rode stippen. Om de opbouw nader toe te lichten worden de vijf onderdelen van figuur 3.3.1 geïllustreerd met voorbeelden van eisen vanuit NEN 1814 en normen betreft het Integrale Toegankelijkheids Symbool (ITS). Essentieel in de vijf onderdelen is de directe koppeling tussen kwantiteit (het object) en kwaliteit (de eigenschappen) van objecten en plekken met BIM. BIM objecten hebben de mogelijkheid om vanuit een bibliotheek direct de eigenschappen in zich te dragen (wanneer die door de maker van het object –zoals de fabrikant of leverancier– zijn toegevoegd). Deze eigenschappen zijn weliswaar in beginsel bij plaatsing standaard, maar kunnen naar wens worden aangepast gedurende het ontwerpproces. Hierdoor wordt het mogelijk om direct na plaatsing van een element (zoals een muur) analyses uit te voeren op basis van de standaard aanwezig eigenschappen van het object. Deze eigenschap van BIM wordt in dit onderzoek het kunnen ‘redeneren door abstractieniveaus heen’ genoemd. Welke abstractieniveaus dit zijn wordt nader toegelicht in de volgende paragraaf.

Als concreet voorbeeld wordt ingezoomd op een BIM object ‘schuifdeur met glas’. Binnen het BIM object ‘schuifdeur met glas’ wordt onderscheid gemaakt in drie onderdelen: definities (‘IfcObjectDefinition’), relaties (‘IfcRelationships’) en eigenschappen (‘IfcPropertyDefinition’). ‘IfcObjectDefinition’ omvat tastbare object typen en gebeurtenissen, ‘IfcRelationships’ omvat relaties met andere objecten en ‘IfcPropertyDefinition’ omvat dynamisch uitbreidbare eigenschappen betreft het object. Deze eigenschappen kunnen door gebruikers, fabrikanten, leveranciers etcetera worden toegevoegd aan het object. Dit heeft als gevolg dat het plaatsen van een deur vanuit de bibliotheek met objecten in een ontwerp niet meer alleen een combinatie van lijnen is zoals met bijvoorbeeld CAD

technologie het geval was, maar direct een grote hoeveelheid informatie –afhankelijk van welke waarden zijn toegevoegd– worden toegevoegd aan het ontwerpmodel. Deze waarden hebben betrekking op detail- en abstractieniveaus die in het huidige proces pas later zouden worden toegekend aan de objecten. Voor een deur houdt dit in dat bijvoorbeeld bij het plaatsen van een deur in ontwerp ook direct de binnenmaat, buitenmaat, brandwerendheid en thermische, akoestische, visuele en beveiligingswaarden worden toegevoegd aan wat zonder BIM enkel een lijn in een tekening was. Figuur 3.3.2 geeft schematisch de mogelijke informatie in een BIM object weer.



Figuur 3.3.2. Object schuifdeur met glas in BIM. Bron: eigen werk.

Wat is 'IFC'?

Om met deze basis ontwerp-elementen het proces zoals in figuur 3.1.3 te kunnen uitvoeren is het essentieel dat BIM modellen informatie met elkaar kunnen identificeren. Hiervoor bestaan in praktijk opkomende oplossingen. Een daarvan is de systematiek waar de 'BIMserver' gebruik van maakt: IFCs. IFC staat voor 'Industry Foundation Classes'. IFC is door buildingSMART ontwikkeld en is een gemeenschappelijk datastelsel dat het mogelijk maakt om data vast te houden en uit te wisselen tussen verschillende niet-standaard software applicaties. Het datastelsel bestaat uit informatie over de vele disciplines gedurende de hele levenscyclus: vanaf concept, via ontwerp, bouw en de exploitatie tot aan renovatie of sloop. Het IFC format is momenteel geregistreerd door ISO als 'ISO/PAS 16739' en zit in het proces om officieel Internationaal Standaard 'ISO/IS 16739' te worden (BuildingSMART 2011). Enigszins vergelijkbaar is het opslaan van bestanden in PDF-formaat; het officieel 'ISO 32000' genormeerde open standaard waarmee bestanden uitwisselbaar worden gemaakt tussen verschillende platforms. IFC beschouw ik om deze reden als de PDF voor de bouw.

3.4. Abstractieniveaus in ontwerp in relatie tot de informatie in BIM

In het ontwerpproces van een bouwwerk worden de in paragraaf 3.3 beschreven objecten toegevoegd aan de BIM database. Daardoor treedt een verschuiving in abstractieniveaus op van het ontwerp, van abstract naar concreet, van globaal naar specifiek. Dit is voor elke ontwerpproces zo en niet anders in BIM. De volgende vijf abstractieniveau worden in dit onderzoek onderscheiden:

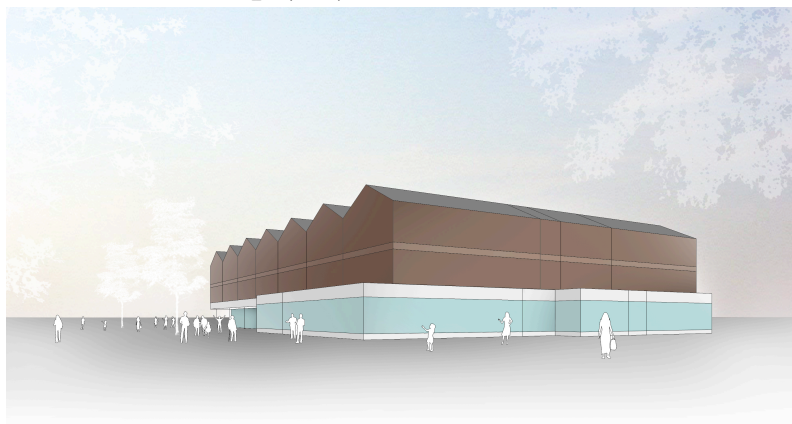
1. Vlekkenplan / massastudie
2. Schetsontwerp (SO)
3. Voorlopig ontwerp (VO)
4. Definitief ontwerp (DO)
5. Bestek en realisatie

Per abstractieniveau wordt zichtbaar gemaakt en omschreven hoe een bouwwerk in een bepaald niveau eruit ziet en wat zodoende aan *expliciete informatie in de BIM database* kan worden verwacht wanneer een ontwerp zich in een bepaald abstractieniveau bevindt. Deze verwachting wordt in hoofdstuk 4 meegenomen en toegepast om redelijkerwijs te kunnen aangegeven welke eisen en normen toetsbaar zijn in welke ontwerpfase.

3.4.1. Vlekkenplan / Massastudie

In een vlekkenplan wordt visueel weergegeven hoe de nabijheidrelaties en clusteringen/ compartimenteringen van activiteiten in het te ontwerpen bouwwerk zijn geformuleerd. In de massastudie worden pure volumes gemaakt gebaseerd op de eisen waardoor wordt gecontroleerd of het creëren van een bepaald –impliciet– vereiste hoeveelheid volume past in bijvoorbeeld de stedenbouwkundige en financiële beperkingen van het project. Omdat nog niet veel partijen tegelijk zullen werken aan een vlekkenplan wordt de échte potentie van BIM in deze eerste fase nog niet behaald.

3.4.2. Schetsontwerp (SO)



Figuur 3.4.1. Schetsontwerp. Bron: ZEEP Architecten 2011

De oriëntatie en fysieke context wordt bepaald van het bouwwerk.

- *Aannames* worden gemaakt betreft de kwantiteiten. Een voorbeeld is het benoemen van een percentage buitenwandopeningen als aanname in het BIM schetsontwerp in plaats van het expliciet aanbrengen van de openingen. Deze expliciete openingen behoren tot het voorlopig ontwerp.
- *Standaard* kwaliteitsniveaus worden gekoppeld vanuit de BIM objectbibliotheek.

3.4.3. Voorlopig ontwerp (VO)

Hetzelfde bouwwerk als in het schetsontwerp van figuur 3.4.1 is afgebeeld.



Figuur 3.4.2. Voorlopig ontwerp. Bron: ZEEP Architecten 2011

Waar in schetsontwerp wordt gewerkt met aannames van kwantiteiten zijn in voorlopig ontwerp daadwerkelijk de objecten aanwezig en zichtbaar. Omdat met een BIM objectbibliotheek wordt gewerkt kan in vergelijking met een ontwerpproces *zonder* gebruik van BIM ontwerpmodellen relatief snel tot een VO-niveau bouwwerk worden gekomen.

- De kwantiteiten (objecten) in het ontwerpmodel zijn *expliciet*.
- *Standaard* kwaliteitsniveaus worden gekoppeld vanuit de BIM objectbibliotheek.

Voorlopig ontwerp plus (VO+)

In VO+ worden meer in het ontwerp flexibele en gedetailleerde objecten toegevoegd aan het VO en wordt de kwaliteit van objecten aangepast, wat behoort tot het DO abstractieniveau, maar in de volledigheid van de informatie nog niet voldoet om een DO-ontwerp te worden benoemd.

3.4.4. Definitief ontwerp (DO)

Hetzelfde bouwwerk als in SO en VO van figuren 3.4.1 en 3.4.2 is afgebeeld.



Figuur 3.4.3. Definitief ontwerp. Bron: ZEEP Architecten 2011

In definitief ontwerp wordt een laatste slag gemaakt in het toevoegen van objecten en elementen aan het ontwerp en het aanpassen van de kwaliteit van elementen naar een expliciet gewenst niveau. De objecten die na VO nog in DO worden toegevoegd zijn over het algemeen gedetailleerd en minder statisch –of flexibeler–, en kunnen na realisatie makkelijker worden aangepast. De objecten hebben daardoor ook minder betrekking op relevante eisen en normen. Als voorbeeld valt in vergelijking met figuur 3.4.1 (SO) met 3.4.2 (VO) bijvoorbeeld op dat fijner gedetailleerde kozijnen zijn toegepast, op de begane grond is borstwering toegevoegd en beplanting is toegevoegd op balkons.

- De kwantiteiten (objecten) in het ontwerpmodel zijn expliciet en worden *definitief* gemaakt.
- Objecten worden mogelijk aangepast naar een *expliciete* kwaliteit die eindgebruiker/eigenaar, opdrachtgever en/of ontwerper/opdrachtnemer voor ogen hebben.

3.4.5. Bestek en realisatie

In de bestekfase wordt het liggende DO technisch doorontwikkeld zodat de bouwaanvraag kan worden ingediend welke vervolgens leidt tot realisatie van het ontwerp; het ontwerpmodel wordt afgemaakt zodat het 1:1 kan worden overgezet naar realisatie. In 3D visualisatie is hier in vergelijking met DO weinig tot geen verschil te zien.

- De kwantiteiten in het ontwerpmodel zijn *definitief*.
- De kwaliteit wordt *definitief* gemaakt voor realisatie.

3.5. Feedforward en feedback in BIM

BIM objecten kunnen worden voorzien van regels die zijn gedefinieerd als eisen waaraan het ontwerp moet voldoen, zie paragraaf 3.3. Hierdoor wordt het toegestaan dat ontwerpen veranderingen ondergaan terwijl de regels automatisch de veranderingen controleren en details updaten zodat ontwerpelementen in al haar facetten correct blijven en de gebruiker kan worden gewaarschuwd wanneer niet aan de gestelde eisen wordt voldaan (Eastman, Teicholz et al. 2008). Een concreet voorbeeld van een regel is het plaatsen van ramen en deuren in het programma Autodesk Revit Architecture 2011, dit is alléén mogelijk in een muur en niet op andere plekken in het ontwerpmodel. Het op deze manier ‘vastzetten’ van regels in BIM modellen –het verrijken van de BIM omgeving– wordt in dit onderzoek beschouwd als feedforward, zie figuur 3.5.1. Anderzijds is het mogelijk om door middel van BIM analysemodel, zoals de analyses die beschikbaar zijn binnen Solibri Model Checker (SMC), BIM ontwerpmodellen te evalueren. De evaluatie van modellen, in dit onderzoek omschreven als feedback, biedt de mogelijkheid tot verfijning van het ontwerp. Ideaal gezien wordt er in het ontwerpproces zowel gebruik gemaakt van feedforward als feedback tussen gestelde eisen en het ontwerp (Pena en Parshall 2001).

Wanneer het verschil tussen de toepassing van feedforward en feedback in BIM modellen concreter wordt verwoord bestaat feedforward uit alle eisen die kunnen worden opgenomen in de regels van BIM objecten. Dit kan worden enerzijds worden opgevat als een spellingcontrole voor ontwerpers zoals toegepast in tekstverwerkers: automatisch en direct met het plaatsen van objecten –in dit geval letters– wordt gecontroleerd op fouten. Een andere mogelijkheid is het simpelweg niet mogelijk maken van het plaatsen van specifieke objecten op specifieke locaties, zoals niet mogelijk maken van het plaatsen van materialen die niet passen binnen het de visie betreft duurzaamheid.

Tot feedback behoren alle overige eisen waarvoor beoordeling –evaluatie– door middel van een simulatie is vereist. Het verschil wordt door middel van figuur 3.5.1 uitgebeeld:



Figuur 3.5.1. Feedforward en feedback. Bron: eigen werk.

Concrete voorbeelden van feedforward en feedback, plus de mogelijke toepassing ervan, worden omschreven in paragraaf 3.5.1 en 3.5.2.

3.5.1. Feedforward

Verschillende soorten regels kunnen worden opgenomen in een BIM model. Het voordeel hiervan is dat de overgang van programmeren van ontwerpen voor de aspecten die kunnen worden opgenomen relatief vloeiend verloopt. Als concreet voorbeeld zijn twee normen uit figuur 3.3.1 betreft integrale toegankelijkheid genomen. Deze schrijven het volgende voor:

1. Een minimale afstand van 1,8 meter tussen muren.
2. Een minimale plafond hoogte van 2,6 meter.

Door middel van *regels* in BIM modellen (ook wel Rulesets genoemd) kunnen bovengenoemde normen voor het ontwerp worden vastgezet, evenals vergelijkbare normen. Het opnemen van de regels gebeurt in de eigenschappen van de BIM objecten. Zoals in paragraaf 3.3. geïntroduceerd bestaat de opbouw van BIM in combinatie met het interoperabele IFC formaat uit drie onderdelen:

1. IfcObjectDefinition: definities: de tastbare typen
2. IfcRelationships: relaties met andere objecten
3. IfcPropertyDefinition: eenvoudig uitbreidbare eigenschappen betreft het object

Voor de feedforward zijn na keuze van een type object –IfcObjectDefiniton– de IfcRelationships en IfcPropertyDefinitions relevant om regels aan te koppelen. Voor het invoeren van bijvoorbeeld eisen voor toegankelijkheid zoals de twee gegeven voorbeelden bestaan inmiddels modules die worden gekoppeld aan bijvoorbeeld Solibri Model Checker. Een screenshot van een module die dit kan doen is weergegeven in figuur 3.5.2.

Revision231106original - Solibri Model Checker	
File Checking 3D Tools Window Help	
Parameters Results Tools Report	
Minimum Width	1.20 m
Minimum Space at the Beginning	1.50 m
Minimum Clear Height Above	2.10 m
Minimum Intermediate Landing Length	1.50 m
Maximum Number of Steps in a Flight	12
Minimum Riser Height	150 mm
Minimum Tread Length	260 mm
Minimum Sum of Tread and Two Risers	600 mm
Maximum Step Nosing Length	25 mm
Allow Open Riser	☐
Minimum Clear Width	1.00 m
Minimum Space at the End	1.50 m
Minimum Clear Height Under	2.10 m
Maximum Riser Height	170 mm
Maximum Tread Length	300 mm
Maximum Sum of Tread and Two Risers	660 mm

Figuur 3.5.2. Invoeren van parameters voor regels (rulesets) in BIM. (Mohus 2007)

Het directe voordeel van deze regels –de feedforward in het ontwerpmodel– is de directe benutting van OS informatie, die een verrijking bieden van het BIM model. Met andere woorden wordt het bijvoorbeeld simpelweg, figuur 3.5.2 bekijkend, niet meer mogelijk om ruimtes smaller dan 1.20 meter te ontwerpen of lager dan 2.10 meter. Zo kunnen de relevante normen voor het ontwerp, zoals geformuleerd in NEN-normen, worden geborgd in het ontwerpmodel. Het gevolg hiervan is dat de focus in het toetsen van ontwerpmodellen volledig kan liggen op de grote lijnen van het ontwerp in plaats van details, waaraan het ontwerp eigenlijk vanzelfsprekend moeten voldoen.

3.5.2. Feedback en Pre-Occupancy Evaluation

Feedback is het analyseren en evalueren van het ontwerp door een terugkoppeling op de ontwerp-oplossingen en kan worden geleverd door BIM analysemodellen op verschillende onderdelen. Om een idee te geven wordt een aantal voor dit onderzoek relevante voorbeelden geïllustreerd.

De voor dit onderzoek meest relevante mogelijkheid van het analytisch kunnen simuleren met behulp van analysemodellen is het kunnen uitvoeren van een Pre-Occupancy Evaluation. Dit houdt in dat het bouwwerk wordt geëvalueerd vóór realisatie, in tegenstelling tot het bekendere Post-Occupancy Evaluation waarmee bouwwerken ná realisatie worden geëvalueerd. Een hiervoor ontwikkelde en uitgevoerde methode is de User Activity Simulation and Evaluation Method, afgekort UASEM. UASEM is niet de eerste methode die zich richt op Pre-Occupancy Evaluation. Voorbeelden van voorlopers in het voorspellen van gebruikers activiteiten zijn modellen allereerst modellen ontwikkeld door Eastman en Siabiris. Deze modellen richtten zich op het voorstellen van voetgangersbewegingen in stedenbouw en evacuatie in geval van brand of een zinkend schip. Tabak et al. simuleerde gebruikers activiteiten in bouwwerken om de installaties te evalueren evenals Zimmermann. Lertlakkhanakul et al. ontwikkelden een systeem dat niet alleen te gebruiken is voor de vorm van een ruimte maar ook welke interactie

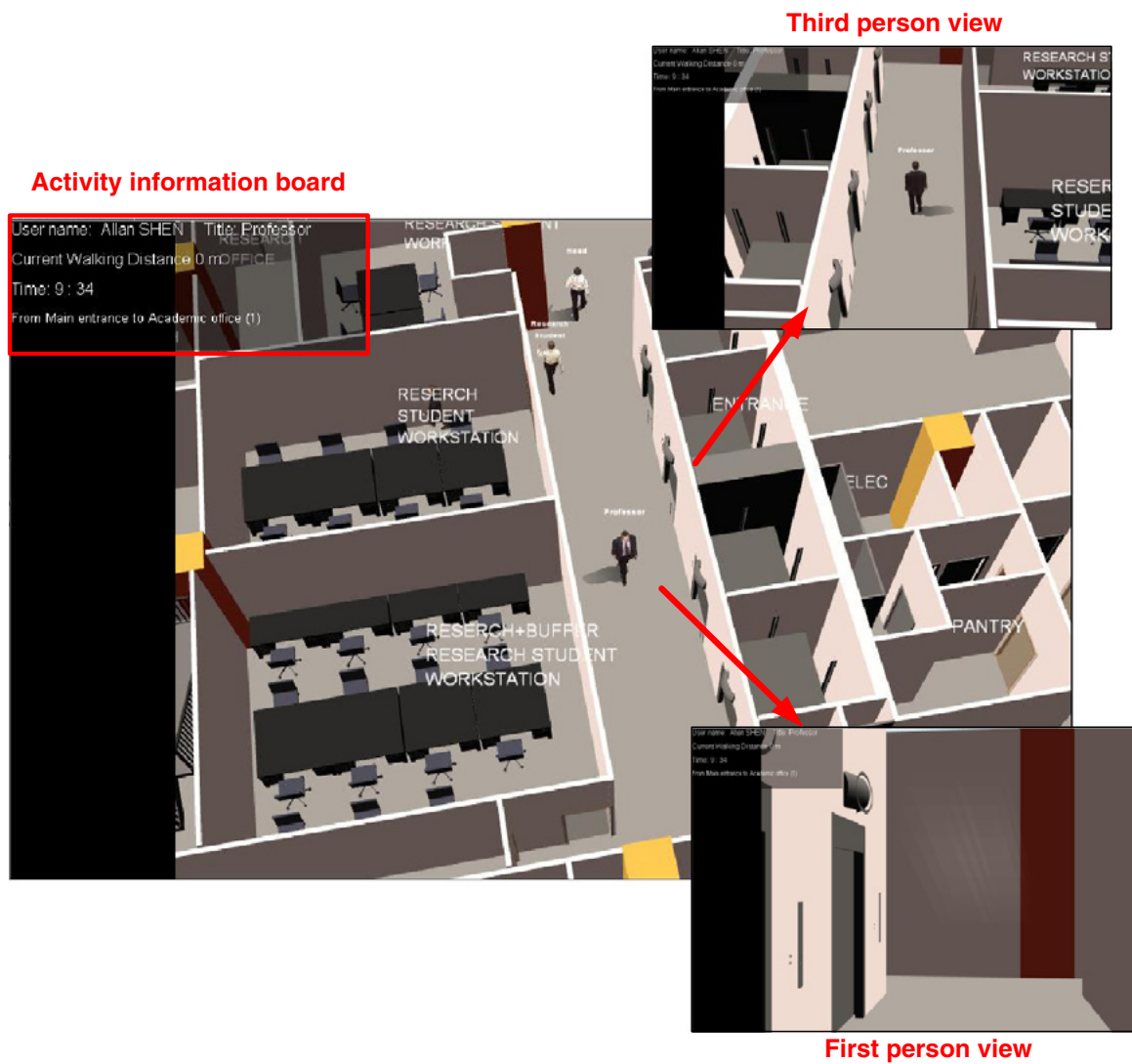
gebruikers en de omgeving met elkaar hebben gebaseerd op vooraf aangenomen scenario's (Shen, Shen et al. 2012).

UASEM is erop gericht om feedback te leveren op ruimtelijke eigenschappen (afmetingen, locatie, nabijheid, circulatie, en andere gerelateerde aspecten) gedurende de vroege ontwerpfase (Shen, Shen et al. 2012). De methode is opgebouwd uit drie modules: de gebruikersinformatie module, de gebouwinformatie module en de Pre-Occupancy module. De wijze waarop de gebruikersinformatie is opgebouwd is aan de hand van een planning van gebruikersactiviteiten. Deze activiteiten bestaan uit kernactiviteiten (*skeleton activities*) en tussenliggende activiteiten (*intermediate activities*). Kernactiviteiten zijn afhankelijk van de 'workflow' van individuele personen in een organisatie en zijn verder onderverdeeld in geplande en ongeplande kernactiviteiten. Tussenliggende activiteiten hebben een sterke relaties met behoeften en minder op de rol van personen. Tussenliggende activiteiten zijn onderverdeeld twee types: (1) het eerste type hangt af van verstreken tijd vanaf het vorige voorval (zoals naar het toilet gaan), (2) het tweede type vindt willekeurig plaats gedurende een dag. In de UASEM methode is met deze verschillende mogelijkheden rekening gehouden om tot een zo realistisch mogelijke analyse te komen.

ID	Username	Title	Location0	Starttime1	Location1	Activity 1	Starttime2	Location2	Activity 2	Starttime3	Location
1	1 Allan Si IEN	Research Student	Main Entrance	9.5	Research Student Workstation	Desk work	10.12	Pantry	Drink	11	Meeting
2	2 Wang Hao	Research Student	Main Entrance	10	Research Student Workstation	Desk work	10.2	Copy Room	Copy	11	Meeting
3	3 Yuan Zhao	Research Student	Main Entrance	9.5	Research Student Workstation	Desk work	11	Meeting Room (1)	Meeting	12	Canteen
4	4 Geoffrey	Professor	Main Entrance	9	Academic Office	Desk work	10.4	General Office	Check Mail	11	Meeting
5	5 Timmy Fan	Associate Professor	Main Entrance	9.5	Academic Office	Desk work	11	Meeting Room (1)	Meeting	12	Canteen
6	6 X.C. Luo	Associate Professor	Main Entrance	9	Academic Office	Desk work	10.8	Male Toilet	Go to toilet	11	Meeting

Figuur 3.5.3. Gebruikersactiviteiten planning informatie. (Shen, Shen et al. 2012)

De als voorbeeld in figuur 3.5.3 weergegeven informatie kan worden toegepast in het ontwikkelde BIM ontwerpmodel waardoor een analyse kan plaatsvinden.



Figuur 3.5.4. Het activiteiten simulatiemodel. (Shen, Shen et al. 2012)



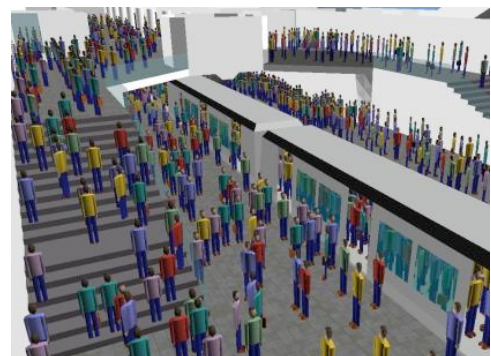
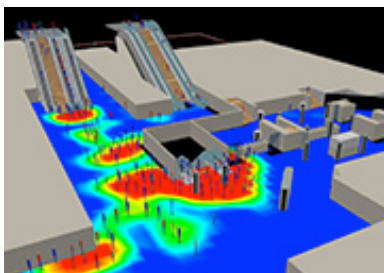
Figuur 3.5.5. Simulatie van gegroepeerde gebruikersactiviteiten. (Shen, Shen et al. 2012)



Figuur 3.5.6. Tracking-curve van gebruikers beweging. (Shen, Shen et al. 2012)

Uit een evaluatie van de methode volgt dat de Pre-Occupancy module het voor gebruikers mogelijk maakt een Pre-Occupancy Evaluation uit te voeren en feedback te genereren die betekenisvol is voor ontwerpers om ontwerp oplossingen te verbeteren. Andersom genereert de methode voor gebruikers de bereidheid en het vertrouwen om samen te werken met ontwerpers (Shen, Shen et al. 2012).

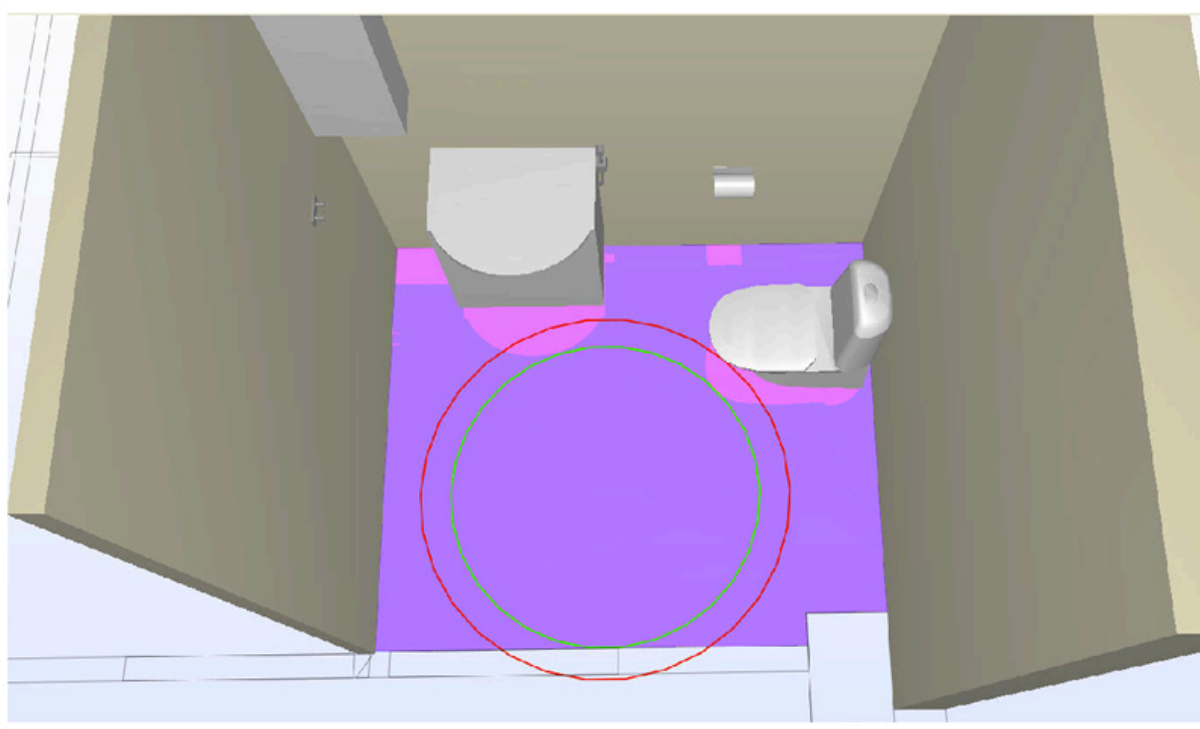
Een voorbeeld van een ander bruikbaar model voor het simuleren van voetgangersdynamiek is 'STEPS' ontwikkeld door Mott MacDonald.



Figuur 3.5.7. Simulatie voetgangersdynamiek door STEPS. (STEPS 2012)

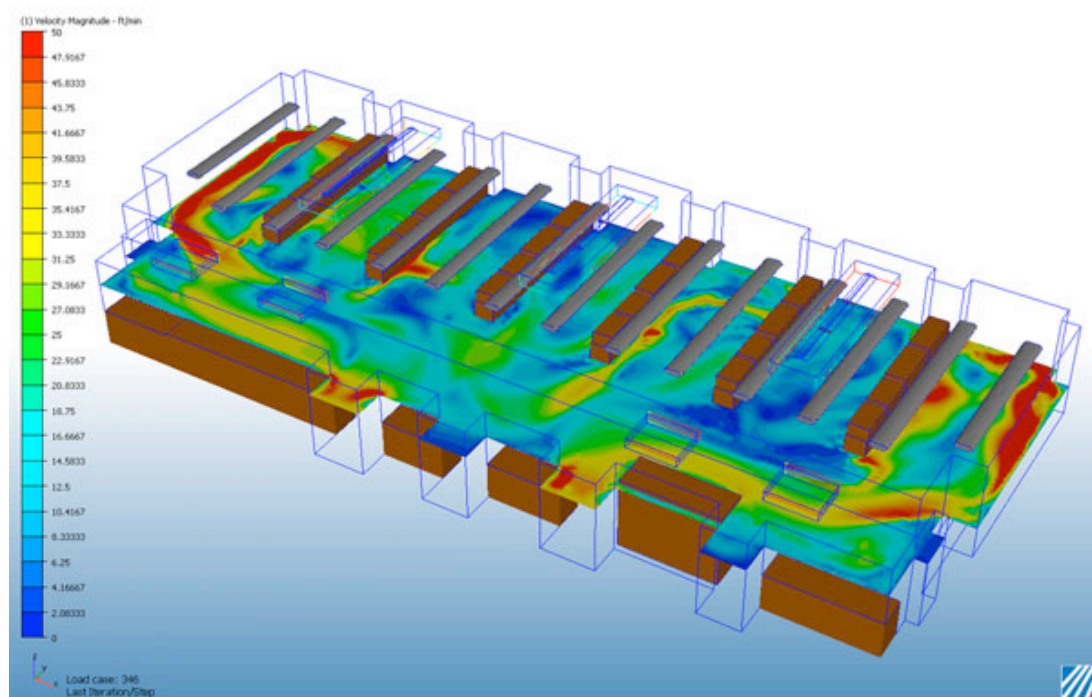
Als onderdeel van, en input voor, het analytisch kunnen simuleren van gebruikersactiviteiten zijn andere analyses nodig. Een aantal relevante analyses wordt weergegeven.

Toegankelijkheid



Figuur 3.5.8. Simulatie draaicirkels. (Solibri 2012)

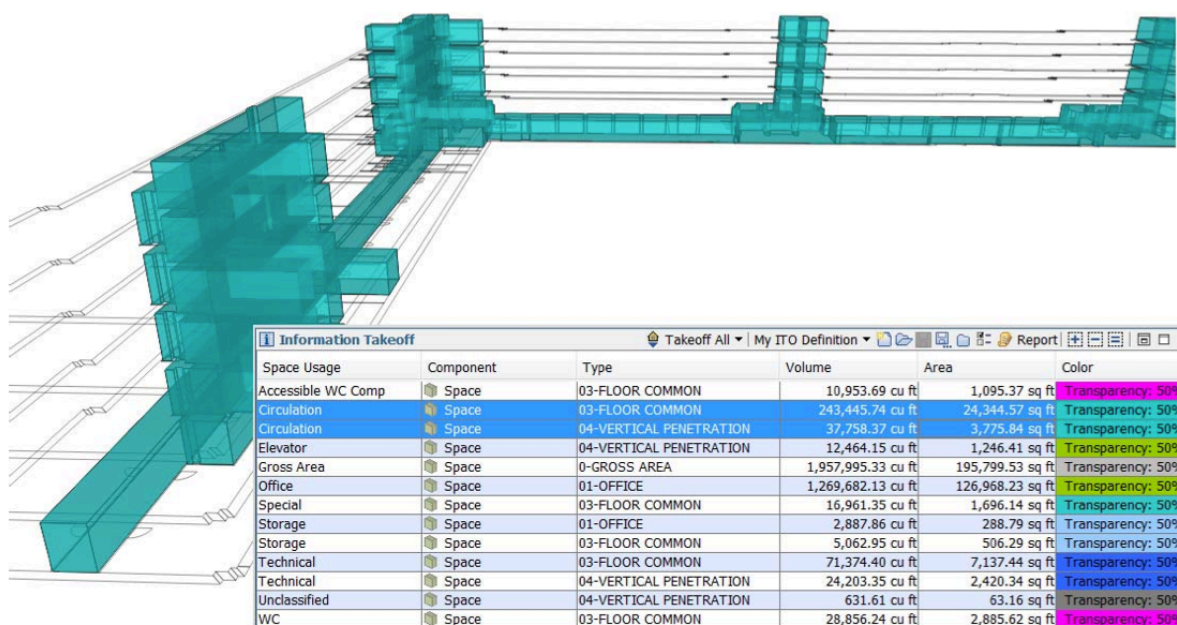
Comfort



Figuur 3.5.9. Luchtstroom simulatie. (CFdesign 2012)

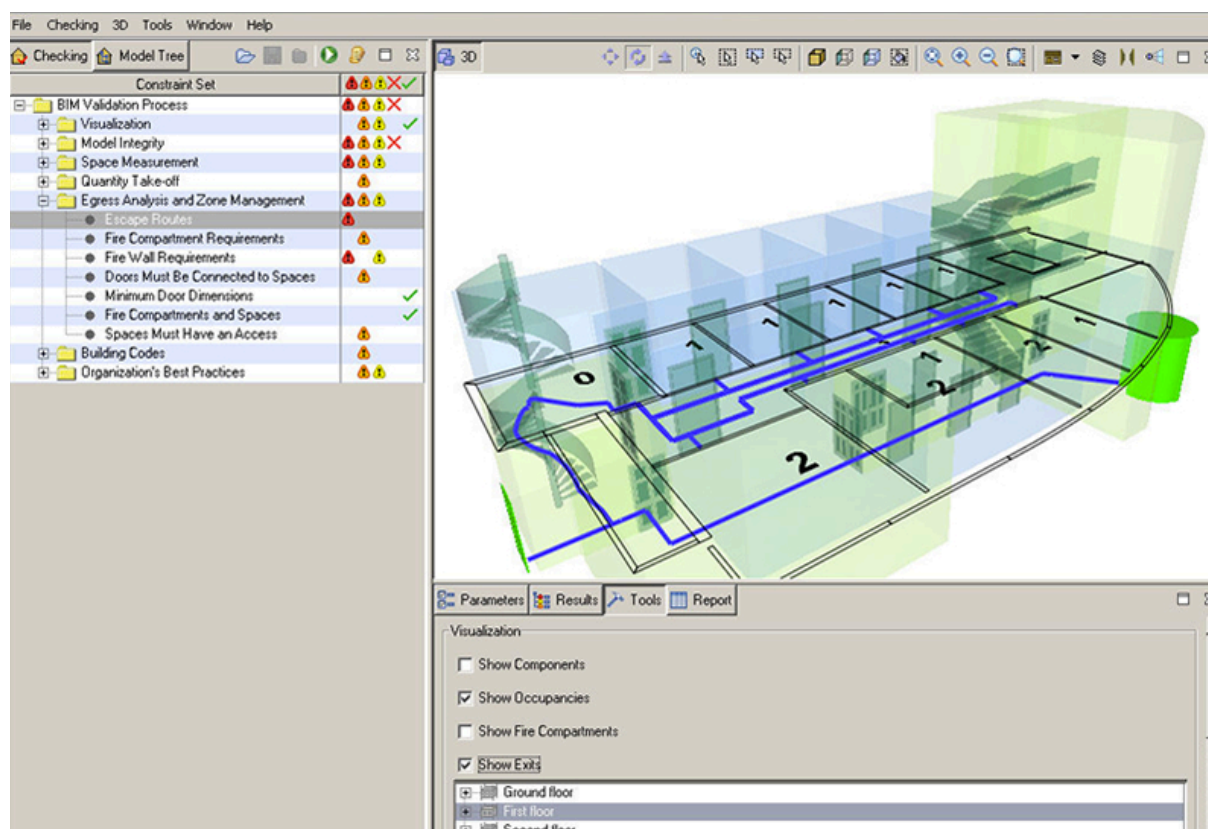
Analyses kunnen worden gemaakt met betrekking tot comfort, zoals voor daglichttoetreding en luchtstroom. Als voorbeeld kan CFdesign, onderdeel van Autodesk Simulation CFD, dit leveren.

Zones en compartimenten



Figuur 3.5.10. Visualisatie zones en compartimenten. (Solibri 2012)

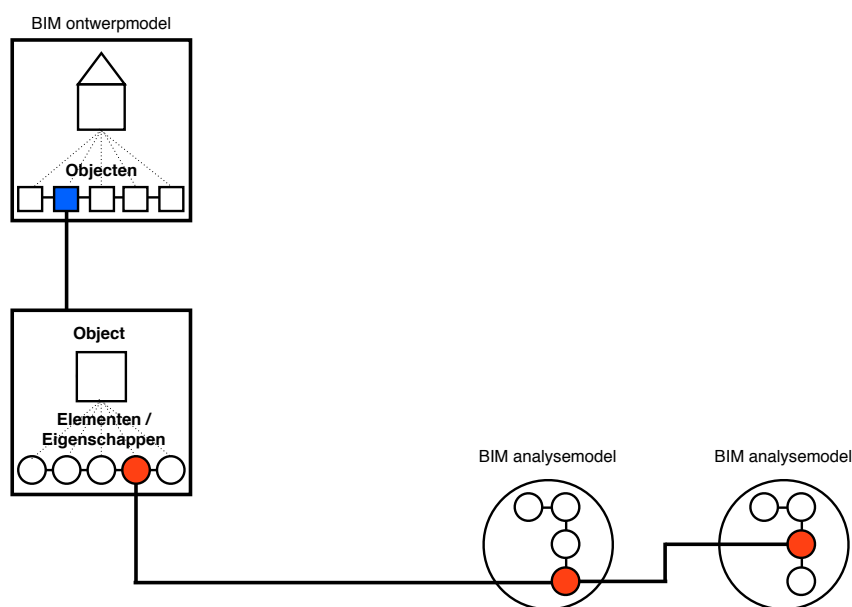
Veiligheid en looplijnen



Figuur 3.5.11. Relaties tussen plekken. (Solibri 2012)

3.5.3. Mapping van elementen

Het laten corresponderen van elementen met andere elementen, zoals het corresponderen van een object met de functies die een object vervult of het comfort dat wordt gecreëerd, wordt ‘mapping’ genoemd. In dit voorbeeld van de BIM objectstructuur kan bijvoorbeeld in de eigenschappen (‘PropertyDefinitions’) van het object worden toegevoegd dat een object bepaalde functies, activiteiten of handelingen faciliteert. Gedacht kan worden aan het toevoegen van ‘zitten’ bij het object ‘stoel’. Als gevolg van deze mapping van functies kan bij plaatsing van het object automatisch worden geïdentificeerd dat het object deze bepaalde functie(s) vervult, waarna koppelingen kunnen worden gemaakt met bijvoorbeeld achterliggende eisen voor deze functies. Het toevoegen van elementen kan een tijdrovend proces zijn met een kans op het maken van fouten. Daarom zijn er voor het mappen van objecten inmiddels applicaties ontwikkeld, een voorbeeld hiervan is de ‘name-mapping method’ ontwikkeld door AEC Integration Laboratory (Eastman 2009). Deze methode houdt in dat elementen automatisch kunnen worden toegevoegd aan objecten of elementen –noem het labels plakken– waardoor elementen met elkaar corresponderen. Schematisch ziet het corresponderen er als volgt uit.

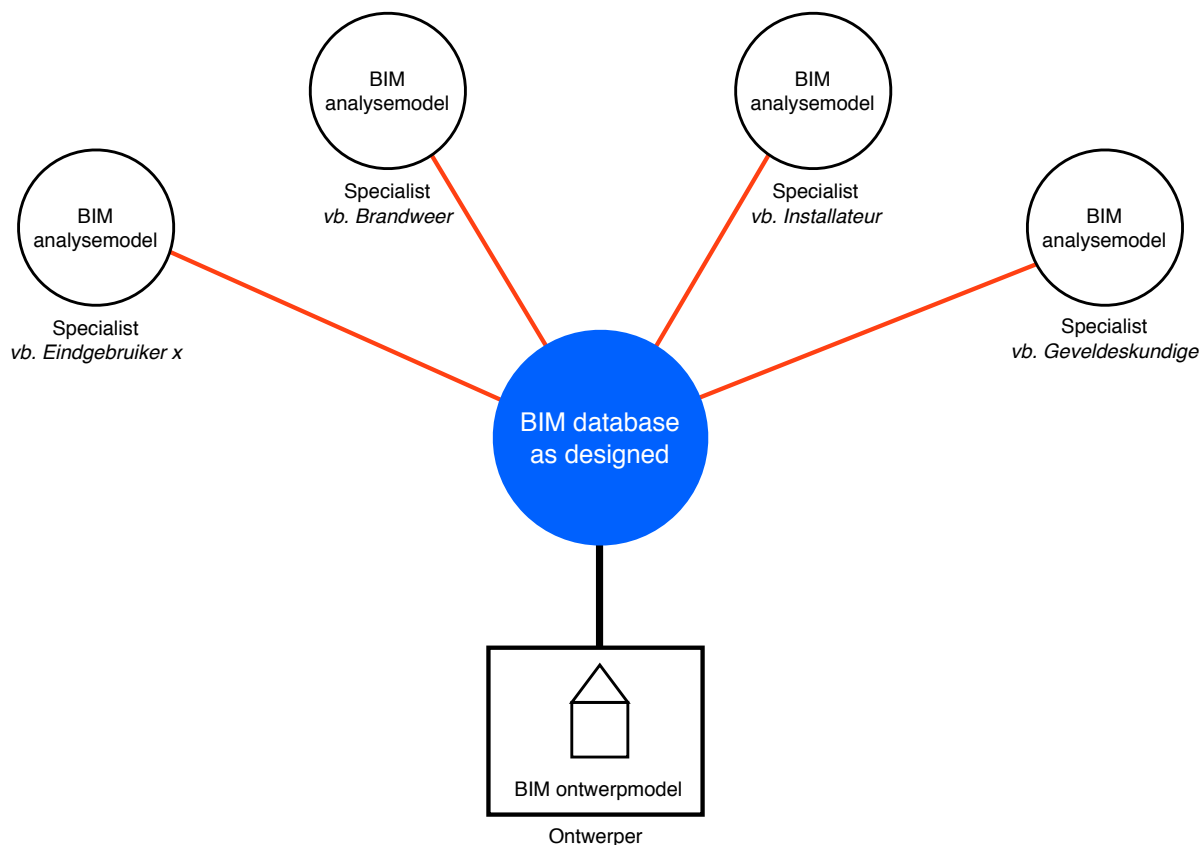


Figuur 3.5.10. Mapping van elementen. Gebaseerd op: (Sanguinetti, Abdelmohsen et al. 2012)

In figuur 3.5.10 is mapping weergegeven van een element uit het ontwerpmodel met elementen uit analysemodellen. Het is op deze manier mogelijk dat de output van een analysemodel weer de input vormt van een ander analysemodel in het proces. Een mogelijkheid is bijvoorbeeld dat voor het analyseren van voetgangersstromen eerst een analyse moet zijn gemaakt van lichtsterktes in het ontwerp omdat dit invloed heeft op voetgangersstromen. Op eenzelfde manier kan het mogelijk zijn dat elementen uit verschillende objecten de basis vormen voor een analyse, zoals het feit dat reflectiewaarde van licht van het ene object weer invloed heeft op de andere objecten.

3.6. Ketenintegratie in de beoordeling van het ontwerp

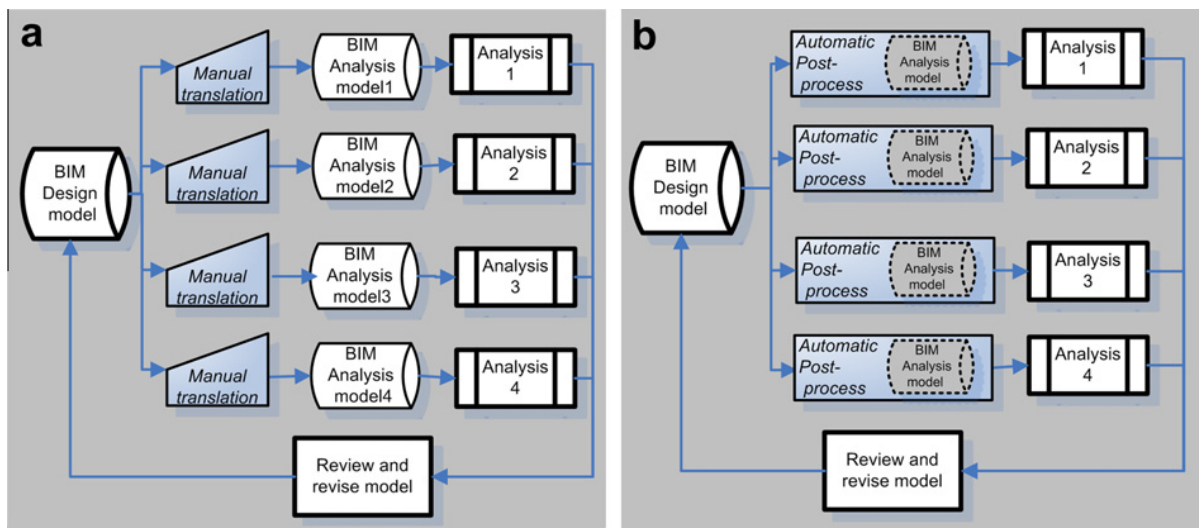
Wat kan worden opgemerkt na het lezen van paragraaf 3.5 is dat het maken van analyses met behulp van analysemodellen al jaren kan, in principe is het niks nieuws. BIM kan hier echter een extra dimensie aan geven. De toegevoegde waarde van BIM is het interoperabele karakter waardoor het mogelijk wordt vraagstukken écht bij de specialist neer te leggen die het meeste verstand heeft van het vraagstuk. Neem het voorbeeld voor het toetsen van een atrium op brandveiligheid, met behulp van een interoperabele 'BIM database as designed' wordt het mogelijk dat direct bijvoorbeeld de brandweer het ontwerpmodel beoordeelt op basis van door de brandweer ontwikkelde analysemodellen en expertise. Op eenzelfde manier kan de constructeur die later in het proces het ontwerp gaat uitvoeren het ontwerpmodel beoordelen terwijl het nog in de schetsfase verkeert. Schematisch ziet dit er als volgt uit.



Figuur 3.6.1. Interoperabiliteit in analyses. Bron: eigen werk.

Terugkoppelend op figuur 3.3.1 –de mapping van elementen– kan het ook zijn dat analysemodellen achter elkaar zijn geschakeld of parallel worden ingezet; de output van het ene analysemodel van specialist x kan de input vormen voor het analysemodel van specialist y. Dit fenomeen kan voor de ketenintegratie zorgen in het ontwerpproces.

De manier waarop analyses worden uitgevoerd vanuit het ontwerpmodel stuitte tot kort geleden op technische problemen in het omzetten van het ontwerpmodel naar de benodigde input van het analysemodel. Zo kon het enkele dagen duren voordat een ontwerpmodel geschikt was voor het uitvoeren van een analyse (Sanguinetti, Abdelmohsen et al. 2012). Hier is inmiddels een adequate oplossing voor ontwikkeld waardoor de tijd voor het prepareren van een model van dagen –waarbij de analyse verouderd is op het moment dat het wordt geleverd– wordt gereduceerd tot enkele seconden. Dit proces wordt Automatic Post-Processing genoemd (Sanguinetti, Abdelmohsen et al. 2012). Schematisch wordt dit proces in figuur 3.6.2 weergegeven.



Figuur 3.6.2. Automatic Post-Processing in het omzetten van het ontwerpmodel. (Sanguinetti, Abdelmohsen et al. 2012)

Door de Automatic Post-Processing wordt het toepassen van vele analyses door middel van verscheidene analysemodellen van verschillende specialisten tijdtechnisch haalbaar in het proces.

In het herzien van het model is de rol van de gebruiker essentieel om het ontwerp te valideren, hiervoor is het nodig een eenvoudige en begrijpbare weergaven van het ontwerp te leveren. Virtual mock-up voorziet in die behoefte.

Virtual mock-up



Figuur 3.6.3. BIMx. (Graphisoft 2012)

Door middel van virtual mock-up kan inzicht worden verkregen in de beeldverwachting en beleving. Een praktisch voorbeeld van een toepassing van virtual mock-up is 'BIMx', een applicatie ontwikkeld door Graphisoft. BIMx maakt het mogelijk om virtueel op een computer maar ook op iPhone en iPad –en mogelijk een 3D-bril– door een gebouw te lopen. Bij een combinatie van dit systeem met de mogelijkheid analyses weer te geven is dit een ontwikkeling met veel potentie voor het betrekken van gebruikers bij het proces. In literatuur en gedurende diverse interviews wordt omschreven dat gebruikers, door voornamelijk een gebrek aan technische kennis en ruimtelijk inzicht, moeite hebben met het lezen en begrijpen –laat staan valideren– van 2D tekeningen (Leicht, Kumar et al. 2010), (ZEEP Architecten 2011), (Jonge de 2011a). Virtual mock-up biedt hiervoor een gepaste oplossing om zonder benodigde kennis en inzicht het

ontwerp begrijpbaar te maken. De gebruiker heeft tenslotte de mogelijkheid om relatief eenvoudig aanvullende informatie te vergaren over het te realiseren bouwwerk. Voorbeelden zijn een analyse van het energiegebruik of een snelle kostenberekening.

Kostenberekening



Figuur 3.6.4. Kostenberekening in BIM. (Solibri 2012)

Kostenberekeners benoemen (1) onvoldoende tijd, (2) slechte documentatie en (3) slechte communicatie tussen voornamelijk eigenaar en adviseur als primaire oorzaak van slechte schattingen (Akintoye en Fitzgerald 2000). BIM kan een positieve bijdrage leveren op de drie genoemde aspecten doordat het BIM model kan hierdoor worden gebruikt om betrouwbare en accurate kosten-schattingen te maken door automatische kwantiteiten trekking uit het BIM model. Hierdoor wordt eerder feedback geleverd in een project wanneer beslissingen de grootste impact hebben (Eastman, Teicholz et al. 2008).

De meerwaarde van het gebruik van BIM in de kostenberekening is aangetoond in een case study door Eastman en Teicholz (2008). “De Hillwood Commercial project case study citeert bewijs dat berekening met BIM vroeg in het ontwerp kan resulteren in een *92% tijdsbesparing* in de productie van een berekening met slechts *1% variatie* tussen de manuele en BIM-gebaseerde processen. Het is niet met zekerheid te stellen dat een dergelijke grote tijdsbesparing op elk afzonderlijk aspect in beoordeling kan worden verwacht, maar dat er in totaal een flinke tijdsbesparing kan optreden is mijns inziens aannemelijk. Het benodigde niveau voor een eerste betrouwbare kostenberekening is SO; de minimale eisen aangegeven door Chuck Eastman.

3.7. Conclusies

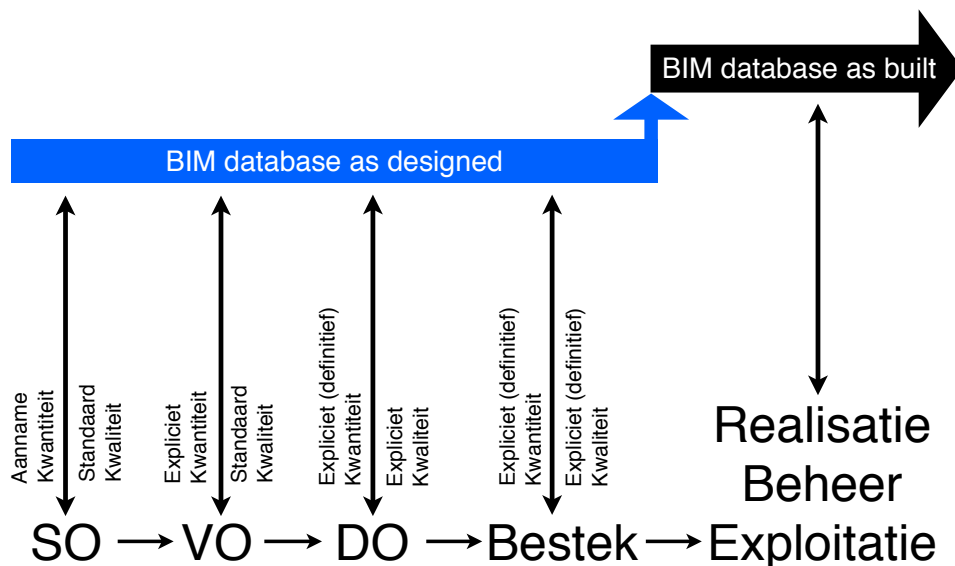
BIM gaat in de definitie om twee handelingen: (1) het integreren van alle relevante informatie omtrent een bouwwerk in een interoperabele database, en (2) het continueren van deze informatie door de functionele levenscycli van dit bouwwerk. Het dragen van de continuïteit van informatie is een gevolg van het feit dat het proces door middel van BIM informatiegericht wordt in plaats van documentgericht. Documenten zijn hier per definitie statische objecten waar informatie onbeperkt –niet een tastbare hoeveelheid– en dynamisch is (paragraaf 3.2). Door het informatiegerichte proces wordt voor een volgende cyclus bruikbare informatie beschikbaar gesteld bij een verandering van indeling, gebruiker of eigenaar of wanneer een nieuw –vergelijkbaar– bouwwerk wordt gemaakt. Het integreren en continueren van de informatie in het ontwikkel-, realisatie-, en beheerproces vindt plaats in databases. Het ontwikkelproces vindt plaats in de ‘BIM database as designed’, het beheerproces in de ‘BIM database as built’. Deze ‘BIM database as built’ houdt in dat er 1:1 een gerealiseerd bouwwerk is waarvan de database het gebouwbeheersysteem is.

De opbouw van BIM modellen is gebaseerd op objecten. Hierdoor worden elementen waaruit deze objecten bestaan direct geïntegreerd bij het opbouwen van BIM modellen op basis van objecten. Het gevolg hiervan is dat BIM objecten door de geïntegreerde elementen direct bij implementatie een standaardniveau van kwalitatieve eigenschappen bezitten. Door deze standaard kwaliteitsniveaus wordt er in vergelijking met het huidige ontwerpproces relatief snel tot een VO-niveau gekomen in het ontwerp en kan er als gevolg hiervan zijn BIM analysemodellen in staat het BIM ontwerpmodel relatief snel in het ontwerpproces betekenisvol te beoordelen.

Wanneer per fase de verschillende in abstractieniveaus in het ontwerp nader worden bekeken –SO, VO, DO en bestek–, is de volgende aanname gemaakt betreft aanwezige objecten in het BIM ontwerpmodel.

- Schetsontwerp (SO):
 - Een aanname van kwantiteiten wordt gemaakt, de in het in het gerealiseerde bouwwerk statische –moeilijk aanpasbare– objecten worden als eerste geplaatst;
 - De ingevoegde objecten zijn van een standaard aangenomen kwaliteitsniveau.
- Voorlopig ontwerp (VO):
 - Kwantiteiten in het model zijn expliciet –alle relevante objecten worden ingevoegd–;
 - De ingevoegde objecten zijn nog van een standaard kwaliteitsniveau.
- Definitief ontwerp (DO):
 - Kwantiteiten in het model zijn expliciet en worden definitief gemaakt;
 - De kwaliteitsniveaus van de objecten worden mogelijk aangepast vanaf het standaard niveau naar een gewenst niveau, bijvoorbeeld in het aanpassen van details.
- Bestek:
 - Kwantiteiten in het model zijn definitief;
 - Kwaliteitsniveaus worden definitief gemaakt; de ‘BIM database as designed’ wordt hierna in theorie niet meer aangepast en omgezet naar de ‘BIM database as built’ tijdens realisatie.

In figuur 3.7.1 zijn deze stappen weergegeven.

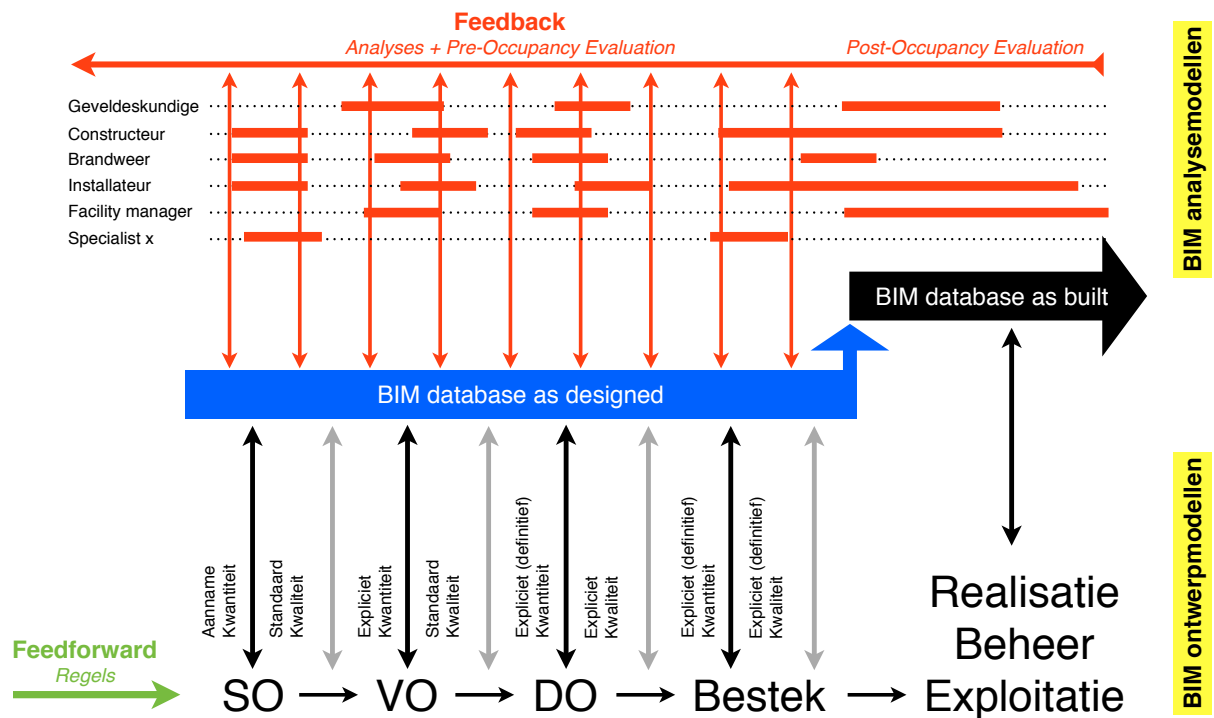


Figuur 3.7.1. BIM abstractieniveaus in proces. Bron: eigen werk.

Doordat een VO-niveau in een ontwerpproces ondersteund door BIM ontwerpmodellen relatief snel wordt bereikt wordt het vanaf het begin van het ontwerpproces mogelijk om feedback te verkrijgen op basis van het ontwerp. Daarnaast is feedforward mogelijk, wat inhoudt dat de informatie vanuit eisen en normen direct een basis vormt voor het ontwerpmodel door het implementeren van regels (deze regels worden ook wel rulesets genoemd). Anders geformuleerd is feedforward het direct sturen op het ontwerp. Dit zorgt zonder veel moeite voor een verrijking van de ontwerpomgeving.

Feedback houdt de evaluatie van ontwerp oplossingen in. Model checkers, zoals de analyses binnen Solibri Model Checker, zijn vanaf SO niveau in staat betrouwbaar, efficiënt, effectief en transparant modellen te beoordelen. Naarmate de hoeveelheid expliciete informatie in BIM ontwerpmodellen toeneemt neemt ook de mogelijkheid om te beoordelen en evalueren toe. Wat BIM door haar interoperabiliteit daarnaast toevoegt is dat vanaf het begin van het ontwerpproces relatief eenvoudig mogelijk wordt voor ketenpartners om het ontwerp te beoordelen met gebruik van eigen BIM analysemodellen. Dit kan een ketenintegratie in het ontwikkelproces als gevolg hebben. In de ketenintegratie wordt het ook mogelijk voor de eindgebruiker om het bouwwerk virtueel in gebruik te nemen door middel van Pre-Occupancy Evaluation, waardoor tijdtechnisch slagen kunnen worden gemaakt in het totale ontwikkelproces.

Wanneer de feedforward en feedback aan het figuur 3.7.1 wordt toegevoegd, gecombineerd met de algemene werkwijze van BIM uit figuur 3.1.3 ontstaat figuur 3.7.2.



Figuur 3.7.2. BIM abstractieniveaus in proces aangevuld met feedforward en feedback. Bron: eigen werk.

Aan de feedback tijdens het proces is ook de Post-Occupancy Evaluation (POE) toegevoegd; de daadwerkelijke evaluatie van het gebouw. Als de analyses correct werken zou de POE weinig moeten verschillen van de analyses. POE vormt dan ook een goede verificatie voor de werking van de analyses, die vervolgens kunnen worden aangescherpt op basis van nieuwe informatie.

Figuur 3.7.2 onderbouwt de hypothese: *BIM kan ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces waardoor het haalbaar wordt een passend ontwerp te realiseren gebaseerd op alleen prestatie-eisen.* Hoofdstuk 4 zet een volgende stap.

4. Koppeling van prestatie-eisen aan BIM

In dit hoofdstuk wordt de koppeling van de prestatie-eisen aan BIM onderzocht om de drie in de probleemstelling geformuleerde bottlenecks aan te pakken. Deze bottlenecks zijn:

- Bottleneck 1: efficiëntie in beoordeling van het ontwerp;
- Bottleneck 2: voorzien in de informatiebehoefte onder de betrokken partijen en ketenpartners;
- Bottleneck 3: het moment van beschikbaarheid van informatie in het ontwerpproces.

Om dit te doen wordt de voorgestelde inhoud van de outputspecificatie (OS) vanuit hoofdstuk 2 van dit onderzoek gekoppeld aan de abstractieniveaus van het ontwerp, geformuleerd in hoofdstuk 3 van dit onderzoek. De gestelde en hypothese is: BIM kan ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces waardoor het haalbaar wordt een passend ontwerp te realiseren gebaseerd op alleen prestatie-eisen. Begonnen wordt met het behandelen van de eerste bottleneck.

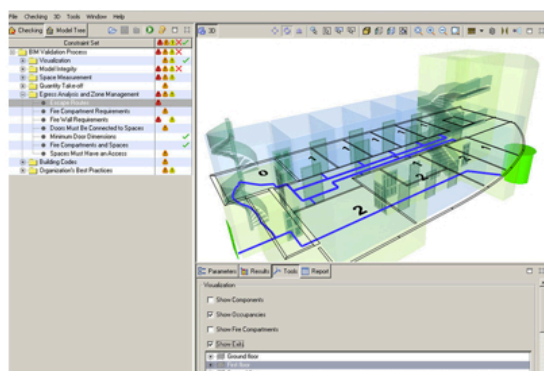
4.1. Bottleneck 1: efficiëntie in beoordeling van het ontwerp

In deze paragraaf wordt de potentie die volgt uit paragraaf 4.1.1 met betrekking tot het beoordelen van eisen met ondersteuning van BIM getoetst voor de gehele OS. Allereerst worden drie niveaus in automatisering van verificatie en validatie onderscheiden:

1. Handmatige beoordeling;
2. Automatisering beoordeling expliciete ontwerpeisen;
3. Automatisering beoordeling expliciete prestatie-eisen.

Waar het huidige proces van beoordeling handmatig is –en er in toenemende mate automatisering is in het beoordelen van expliciete ontwerpeisen–, gebeurt de automatische beoordeling van expliciete prestatie-eisen nog niet (Leusen van 2011). Reden hiervoor is te vinden in het abstracte en impliciete karakter van prestatie-eisen met betrekking tot de ontwerp oplossingen zoals omschreven in de probleemsignalering.

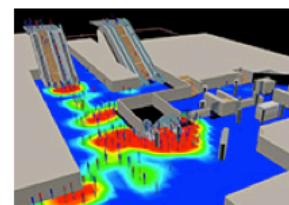
BIM analysemodellen kunnen ondersteunen in het maken van analyses. Een aantal voorbeelden van analyses is weergegeven in figuur 4.1.1 en wordt nader omschreven in paragraaf 3.5.2.



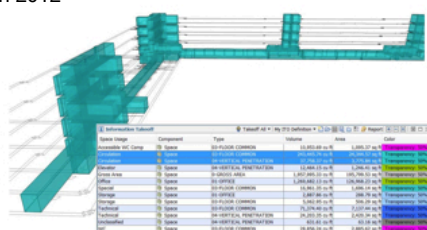
Solibri 2012



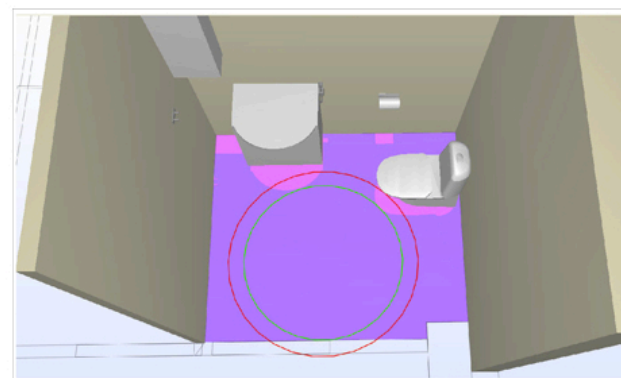
STEPS 2012



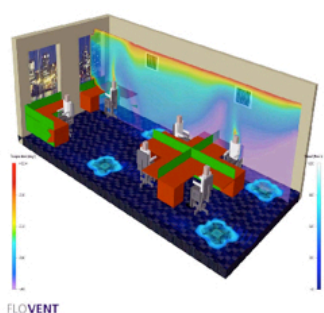
STEPS 2012



Solibri 2012



Solibri 2012



Flovent 2012



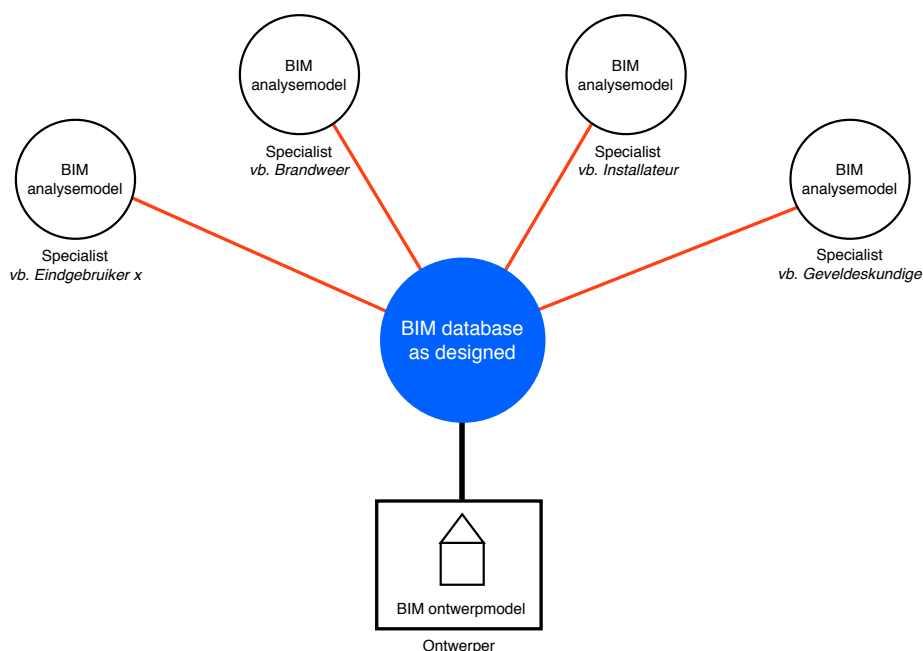
Solibri 2012

Figuur 4.1.1. Voorbeelden van analyses met behulp van BIM analysemodellen. Bronnen in figuur.

De rol van BIM als katalysator –het toetsingsproces kan worden versneld van dagen naar enkele seconden– is essentieel voor het laten toenemen van de hoeveelheid relevante informatie in het ontwikkelproces. Echter, aan het met behulp van ICT kunnen simuleren en analyseren van bouwwerken is in praktijk niks nieuws. De belangrijke volgende stap hierin is dat deze informatie actief wordt ingezet om de onzekerheid in het ontwikkelproces omtrent de prestatie-eisen te bestrijden. Daarvoor is het noodzakelijk dat de hiervoor relevante informatie toeneemt *onder alle betrokken partijen* in het proces en dat deze informatie *op tijd* beschikbaar is in het ontwikkelproces om de onzekerheid te laten verminderen. Met andere woorden met het met behulp van BIM mogelijk worden gemaakt om vroeg in het proces beter geïnformeerd te worden over de belangrijkste en meest bepalende creatieve afwegingen, waardoor deze afwegingen bespreekbaar worden gemaakt. Als de analyses pas kunnen worden gemaakt en aangeleverd op het moment dat de ontwerpkeuzen reeds zijn gemaakt ben je te laat. Ofwel, de essentie hierin is het managen van onzekerheid onder de betrokken partijen. Bottleneck 2 behandelt dit.

4.2. Bottleneck 2: informatiebehoefte onder betrokken partijen

De interoperabiliteit van BIM, zoals omschreven in paragraaf 3.6, brengt de mogelijkheid met zich mee om de vraagstukken écht bij de specialist neer te leggen die het meeste verstand heeft van het vraagstuk. Anders geïnterpreteerd houdt dit in dat de vraagstukken waarover onzekerheid heerst bij betrokken partijen de vraagstukken zijn waar die partner klaarblijkelijk kennis over heeft; zonder kennis van zaken zijn de risico's niet bekend en zal er ook geen onzekerheid zijn. Mijns inziens is de meest effectieve manier om deze onzekerheid tegen te gaan de ketenpartner op de aspecten waarover hij onzeker is *zelf* het ontwerp te beoordelen of te laten beoordelen door een specialist. Hiervoor kan deze partner of specialist eenvoudig zijn of haar analysemodel koppelen aan de BIM database en analyses uitvoeren. Figuur 3.6.1 wordt herhaald ter verduidelijking.

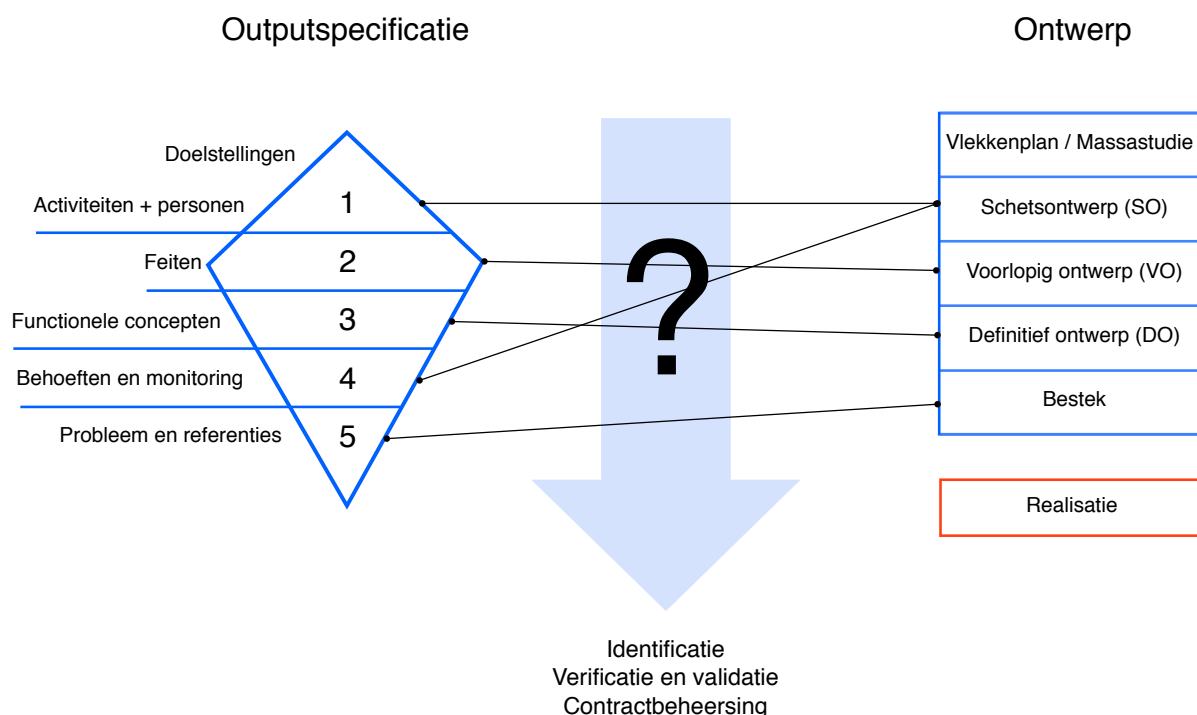


Figuur 4.2.1. Interoperabiliteit in analyses. Bron: eigen werk.

Het resterende vraagstuk is nu of de betrokken partijen op tijd in het proces informatie krijgen om op hun onzekerheid in te spelen. Over het algemeen geldt hiervoor dat op het moment dat keuzes in het ontwerpproces definitief worden gemaakt onder alle betrokken partijen in het ontwikkelproces de onzekerheid over deze keuzes geminimaliseerd moet zijn. Bottleneck 3 gaat hier op in.

4.3. Bottleneck 3: moment van beschikbaarheid van informatie

Bottleneck 3 behandelt de vraag *wanneer* in het ontwikkelproces de *gebele* inhoud van de outputspecificatie kan worden getoetst. Als onderdelen niet kunnen worden getoetst, of dit pas kan in bijvoorbeeld bestekfase, is het niet mogelijk om tijdig te sturen op ontwerp oplossingen. Dit vraagstuk is weergegeven in figuur 4.3.1.



Figuur 4.3.1. Vraagstuk: inhoud outputspecificatie versus abstractieniveaus ontwerp. Bron: eigen werk.

In figuur 4.3.1 zijn onder de pijl drie elementen weergegeven: identificatie, verificatie en validatie, en contractbeheersing. De identificatie houdt in dat elementen vanuit de OS met het ontwerpmodel geïdentificeerd zijn; de juiste elementen uit het ontwerp worden verbonden met de relevante elementen vanuit de OS. Anders geformuleerd dienen voor identificatie de elementen uit de outputspecificatie te corresponderen met elementen uit het ontwerpmodel zodat een 1:1 koppeling kan worden gemaakt. De essentiële vraag die daarbij ontstaat is *hoe* en *wanneer* identificatie van informatie tussen de OS en het ontwerp plaats kan vinden. Als voorbeeld moet het element 'zitten' uit de outputspecificatie worden geïdentificeerd met het object 'stoel' als ontwerp oplossing, dat daarvoor dan wel aanwezig moet zijn in het ontwerpmodel. Dat kan je nog niet verwachten in een schetsontwerp (SO) maar in een lager abstractieniveau, zie paragraaf 3.4.

Vroeg in het ontwerpproces worden de belangrijkste ontwerpkeuzen gemaakt. Daarom geldt: hoe eerder relevante ontwerp oplossingen in het ontwerp kunnen worden beoordeeld, hoe beter dit is voor het wegnemen van onzekerheid omtrent deze vaak moeilijk omkeerbare ontwerpkeuzen in latere fasen. Het is hiervoor dus van belang dat de voor deze beoordeling relevante objecten expliciet aanwezig zijn in het ontwerpmodel om geïdentificeerd te kunnen worden met gerelateerde normen en eisen.

Het kunnen identificeren van informatie uit de outputspecificatie met een BIM ontwerpmodel is binnen de Rijksgebouwendienst gedurende een BIM-verkenning van ongeveer twee jaar getest en gelukt voor een project met gebruik van Autodesk Revit Architecture 2011 (Mitossi 2011). Het blijkt hier mogelijk om na identificatie de relevante eis(en) voor ontwerp oplossingen te laten verschijnen door middel van een eenvoudige klik in het BIM ontwerpmodel. Een kanttekening is dat deze koppeling

plaatsvond tussen een ontwerp-eis en gerelateerde ontwerp-oplossing (de ruimten expliciet benoemd in ontwerp-eisen zijn geïdentificeerd met de corresponderende ruimten in het ontwerpmodel).

Op eenzelfde manier zouden prestatie-eisen moeten worden geïdentificeerd, echter is dit door het impliciete karakter van prestatie-eisen een stap lastiger dan ontwerp-eisen. Per object of plek moet hiervoor in een ontwerpmodel zijn aangegeven welke activiteit(en) en handeling(en) het object of de plek kan faciliteren voordat de identificatie kan plaatsvinden. Deze koppeling maken tussen objecten, plekken en functies wordt bij de Rgd voorzien in het gebruik van *Functieervullers* (Rijksgebouwendienst 2011b). Objecten worden Functieervullers op het moment dat objecten een functie toegewezen krijgen, zoals het object ‘stoel’ de handeling ‘zitten’ krijgt. Omdat dit manueel een tijdrovende bezigheid zou zijn worden ontstaan momenteel op globale schaal applicaties en methodes om aspecten automatisch te ‘mappen’ op objecten, zoals in paragraaf 3.5.3 is beschreven. Het gevolg hiervan is dat automatisch identificatie kan plaatsvinden, wat vervolgens kan leiden tot het automatisch analyseren van het ontwerpmodel, wat op zijn beurt kan leiden tot automatische verificatie. Analyseren, verifiëren en valideren ondersteund door BIM analysemodellen heeft de potentie voor automatisering in het verificatie- en validatieproces.

Analyses worden betrouwbaarder naarmate er meer expliciete informatie beschikbaar is. De beschikbaarheid van informatie houdt een direct verband met de abstractieniveaus in het ontwerpproces. In dit onderzoek wordt gedurende het ontwerpproces onderscheid gemaakt tussen SO, VO, DO en bestek zoals omschreven in paragraaf 3.4. Chuck Eastman (2009) heeft een aantal minimale eisen geformuleerd waaraan een BIM model moet voldoen om door middel van een BIM model een betekenisvolle beoordeling te genereren:

1. Vloerplaten gedefinieerd met beoogde vloerdikte en vloer-tot-vloer afstanden – ook voor het dak;
2. Een compositie van 3D ruimte objecten, zorgvuldig benoemd, op elke vloerplaat, met aangewezen plafond hoogte;
3. Buitenwanden zonder constructie, maar met een percentage beglazing en R-waarde;
4. Gebouw plaatsing op de plaats, met oriëntatie en boven- en onderklasse aanduiding.

Wanneer de vier door Chuck Eastman geformuleerde voorwaarden voor betekenisvolle beoordeling worden gelegd naast de abstractieniveaus in ontwerp blijkt dat de benodigde voorwaarden aanwezig zijn in schetsontwerp (SO). De oorzaak hiervoor is te vinden in de in paragraaf 3.3 beschreven opbouw van BIM modellen op basis van objecten. Door de directe integratie van elementen zijn BIM analysemodellen in staat te redeneren door meerdere abstractieniveaus heen. Het kunnen toetsen op globale vormen in een vroeg stadium is daarbij een grote potentie. Een concreet voorbeeld is het ontwerp van een atrium in combinatie met brandveiligheid: met een toets tijdens SO kan worden beoordeeld of een bepaald atrium door bijvoorbeeld vorm of volume nooit –tegen een redelijke prijs– brandveilig kan worden. In het huidige proces vinden dit soort toetsen gewoonlijk in een later stadium plaats.



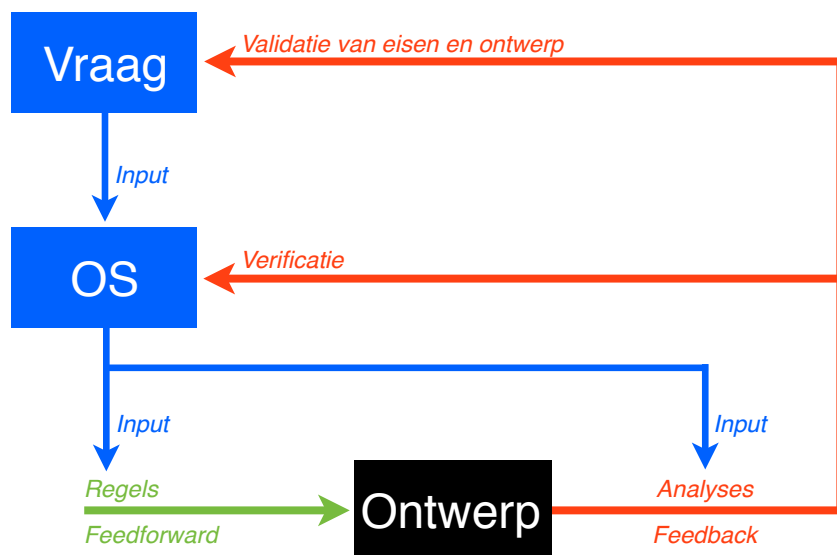
Figuur 4.3.2. Schetsontwerp in BIM ontwerpmodel.

Bron: ZEEP Architecten 2011.

De vragen die nu ontstaan zijn: welke informatie uit de OS kan tijdens SO worden geverifieerd? En, indien dit niet de volledige OS is, wanneer in het ontwerpproces kan het ontwerp worden geverifieerd op basis van de overige inhoud van het OS?

Op tijd kunnen verifiëren is essentieel voor het tijdig kunnen bijsturen in het proces. Gewenst is daarom om vóór gunning van de ontwerpopdracht aan een ontwerpende partij het ontwerp te beoordelen. Deze gunning vindt bij de Rgd plaats op basis van een VO+-ontwerp. VO+ is daarom in dit onderzoek aangenomen als 'deadline' voor beoordeling van het ontwerp op basis van de gehele outputspecificatie.

Als eerste stap om de vraagstukken op te lossen wordt onderscheid gemaakt van tussen het koppelen van eisen aan het ontwerp door middel van feedforward of feedback tijdens het toetsingsproces. Figuur 4.3.4 geeft schematisch weer wat het verschil is tussen het inbrengen van eisen via feedforward of feedback. Zie paragraaf 3.5 voor een toelichting op de termen.



Figuur 4.3.4. Feedforward en feedback gekoppeld aan validatie en verificatie. Bron: eigen werk.

Tabel 4.3.5 koppelt de opbouw van de outputspecificatie aan de opbouw van het BIM ontwerpmodel. Hiermee wordt onderzocht of (1) het ontwerp met behulp van BIM kan worden beoordeeld op basis van de *gehele* outputspecificatie, en (2) of dit vervolgens kan door middel van feedforward of feedback. In de linkerkolom is de in hoofdstuk 2 voorgestelde inhoud van de OS weergegeven, tegenover de in hoofdstuk 3 omschreven opbouw van BIM in de bovenste rij. Toepassing van object is aangegeven in het groen, feedforward met gele vlakken, feedback met rode vlakken en algemene theorieën met blauwe vlakken.

OS		BIM		Objecten		Eigenschappen object		Relaties objecten		Eigenschappen plek		Relaties plekken	
Doelstellingen		Interpretatiekader Vb. Flexibiliteit		Interpretatiekader Vb. Veiligheid		Interpretatiekader Vb. Toegankelijkheid		Interpretatiekader Vb. Gezondheid, Duurzaamheid		Interpretatiekader Vb. Efficiëntie			
Primaire activiteiten en gebruikers	Activiteit x gebruikers x objecten Toewijzen functievullers: <u>kwaliteit</u> middelen en techniek (bouwdeelen, installatie, voorzieningen)	Kwalitatieve eigenschappen zijn bij plaatsing direct verbonden in BIM object. Eigenschap persoon moet bij eigenschap middel en techniek passen		Feedforward: max. bedieningsweerstand Vb. persoon in rolstoel kan een deur open krijgen.		Compositie objecten t.o.v. elkaar Uitvoerbaarheid van activiteit en toegankelijkheid Vb. afstand tussen muren in verkeersruimte		Toewijzen plek als functievuller (compositie van objecten vormen een plek)		Compositie van plekken t.o.v. elkaar Logistiek en bedrijfsprocessen Vb. alle plekken binnen één gebouw of relaties op stedenbouwkundig niveau, zoals overleg in het café aan overkant.			
	Primaire handelingen	Toewijzen functievullers Vb. zitten: stoel, gebruik pc: stopcontact, handen reinigen: kraan		Feedforward: max. bedieningsweerstand Vb. persoon in rolstoel kan een deur open krijgen.		Compositie objecten t.o.v. elkaar Uitvoerbaarheid van activiteit en toegankelijkheid Vb. afstand tussen muren in verkeersruimte		Toewijzen plek als functievuller (compositie van objecten vormen een plek)		Compositie van plekken t.o.v. elkaar Logistiek en bedrijfsprocessen Vb. alle plekken binnen één gebouw of relaties op stedenbouwkundig niveau, zoals overleg in het café aan overkant.			
	Luxe en beeldverwachting Algemeen en per type gebruiker	Toewijzen functievullers Vb. zitten: stoel, gebruik pc: stopcontact, handen reinigen: kraan		Feedforward: max. bedieningsweerstand Vb. persoon in rolstoel kan een deur open krijgen.		Compositie objecten t.o.v. elkaar Uitvoerbaarheid van activiteit en toegankelijkheid Vb. afstand tussen muren in verkeersruimte		Toewijzen plek als functievuller (compositie van objecten vormen een plek)		Compositie van plekken t.o.v. elkaar Logistiek en bedrijfsprocessen Vb. alle plekken binnen één gebouw of relaties op stedenbouwkundig niveau, zoals overleg in het café aan overkant.			
Technische eisen en veiligheid Per activiteit x gebruiker	Toepassing objecten Vb. wel of geen bad	Feedforward: beperking materiaal Vb. duurzaamheidsniveaus en afwerkingsniveau		Feedforward: min. sterkte materiaal Vb. verschil in sterkte kantoor of gevangenis		Compositie objecten t.o.v. elkaar Uitvoerbaarheid van activiteit en toegankelijkheid Vb. afstand tussen muren in verkeersruimte		Toewijzen plek als functievuller (compositie van objecten vormen een plek)		Compositie van plekken t.o.v. elkaar Logistiek en bedrijfsprocessen Vb. alle plekken binnen één gebouw of relaties op stedenbouwkundig niveau, zoals overleg in het café aan overkant.			
	Toepassing objecten Vb. wel of geen bad	Feedforward: beperking materiaal Vb. duurzaamheidsniveaus en afwerkingsniveau		Feedforward: min. sterkte materiaal Vb. verschil in sterkte kantoor of gevangenis		Compositie objecten t.o.v. elkaar Uitvoerbaarheid van activiteit en toegankelijkheid Vb. afstand tussen muren in verkeersruimte		Toewijzen plek als functievuller (compositie van objecten vormen een plek)		Compositie van plekken t.o.v. elkaar Logistiek en bedrijfsprocessen Vb. alle plekken binnen één gebouw of relaties op stedenbouwkundig niveau, zoals overleg in het café aan overkant.			
	Toepassing objecten Vb. wel of geen bad	Feedforward: beperking materiaal Vb. duurzaamheidsniveaus en afwerkingsniveau		Feedforward: min. sterkte materiaal Vb. verschil in sterkte kantoor of gevangenis		Compositie objecten t.o.v. elkaar Uitvoerbaarheid van activiteit en toegankelijkheid Vb. afstand tussen muren in verkeersruimte		Toewijzen plek als functievuller (compositie van objecten vormen een plek)		Compositie van plekken t.o.v. elkaar Logistiek en bedrijfsprocessen Vb. alle plekken binnen één gebouw of relaties op stedenbouwkundig niveau, zoals overleg in het café aan overkant.			
Comfort Per activiteit x gebruiker	Aantal/aanwezigheid elementen versus aantal personen Vb. restaurant 20 p. vs 300 p.	Vb. type/capaciteit installatie, luxe, prijs		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat	
Akoestisch	Toepassing techniek (bouwdeelen), Vb. luidsprekers in hoorzaal	Geluid absorberend, invloed middelen op dB Vb. werking van akoestisch paneel		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter	
	Toepassing techniek (bouwdeelen), Vb. luidsprekers in hoorzaal	Geluid absorberend, invloed middelen op dB Vb. werking van akoestisch paneel		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter	
	Toepassing techniek (bouwdeelen), Vb. luidsprekers in hoorzaal	Geluid absorberend, invloed middelen op dB Vb. werking van akoestisch paneel		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter		Locatie van objecten ten opzichte van gebruiker Vb. luidspreker - gebruiker 20 meter	
Luchtkwaliteit	Toepassing techniek (installatie) Vb. mechanische ventilatie	Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat		Vb. eigenschappen van luchtuitlaat	
Thermisch	Toepassing techniek (installatie) Vb. vloerverwarming	Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2	
	Toepassing techniek (installatie) Vb. vloerverwarming	Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2	
	Toepassing techniek (installatie) Vb. vloerverwarming	Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2		Vb. eis: 24 graden voor ouderen Vb. techniek: 100 watt/m2	
Visueel	Toepassing verlichting Vb. bevoegen TL naast daglicht	LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%	
	Toepassing verlichting Vb. bevoegen TL naast daglicht	LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%	
	Toepassing verlichting Vb. bevoegen TL naast daglicht	LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%		LTA, ZTA, reflectie, kleur Vb. LTA van 70%	
Diensten (DBFMO)	Dienst voor alle objecten van type Vb. bijvullen papier printer	Vb. schoonmaak en onderhoud van type elementen in object		Afstand tussen objecten laat de uitvoering van diensten toe		Afstand tussen objecten laat de uitvoering van diensten toe		Afstand tussen objecten laat de uitvoering van diensten toe		Afstand tussen objecten laat de uitvoering van diensten toe		Afstand tussen objecten laat de uitvoering van diensten toe	
Functionele concepten	Vb. Doelstelling: Flexibiliteit - niet-dragende objecten zijn verplaatsbaar	Vb. Doelstelling: Veiligheid - sterkte materiaal tussen zones		Vb. Doelstelling: Toegankelijkheid - integraal toegankelijk		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor	
	Vb. Doelstelling: Flexibiliteit - niet-dragende objecten zijn verplaatsbaar	Vb. Doelstelling: Veiligheid - sterkte materiaal tussen zones		Vb. Doelstelling: Toegankelijkheid - integraal toegankelijk		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor	
	Vb. Doelstelling: Flexibiliteit - niet-dragende objecten zijn verplaatsbaar	Vb. Doelstelling: Veiligheid - sterkte materiaal tussen zones		Vb. Doelstelling: Toegankelijkheid - integraal toegankelijk		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor		Vb. Doelstelling: Duurzaamheid - uitwisseling koellast casino en warmtelast kantoor	
Nabijheidsrelaties	-	-		-		-		-		-		-	
	-	-		-		-		-		-		-	
	-	-		-		-		-		-		-	
Zichtrelaties	-	Transparantie en dimensies Vb. raam		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand	
	-	Transparantie en dimensies Vb. raam		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand	
	-	Transparantie en dimensies Vb. raam		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand		Feedforward: zichtlijnen punt - punt Vb. zichtlijn vanuit stoel of staand	
Behoeften + Monitoring (DBFMO)	Object past binnen budget Beschikbaarheid functievuller Vb. geen gebruik PC: 100 euro / uur	Kwaliteit element, onderhoudsklasse Vb. koffiezet: 50 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur	
	Object past binnen budget Beschikbaarheid functievuller Vb. geen gebruik PC: 100 euro / uur	Kwaliteit element, onderhoudsklasse Vb. koffiezet: 50 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur	
	Object past binnen budget Beschikbaarheid functievuller Vb. geen gebruik PC: 100 euro / uur	Kwaliteit element, onderhoudsklasse Vb. koffiezet: 50 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur		Realisatie nabijheid Vb. afstand wachten - toiletteren > 1 minuut: 10 euro / uur	
Probleem + Referentie	Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie	Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie	
	Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie	Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie	
	Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie	Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie		Post-occupancy evaluation op koppeling, leren en kennis referentie	

Tabel 4.3.5. OS/BIM matrix. Bron: eigen werk.

Vanuit tabel 4.3.5 is een geanalyseerde tabel gemaakt waarmee de bevinden worden toegelicht.

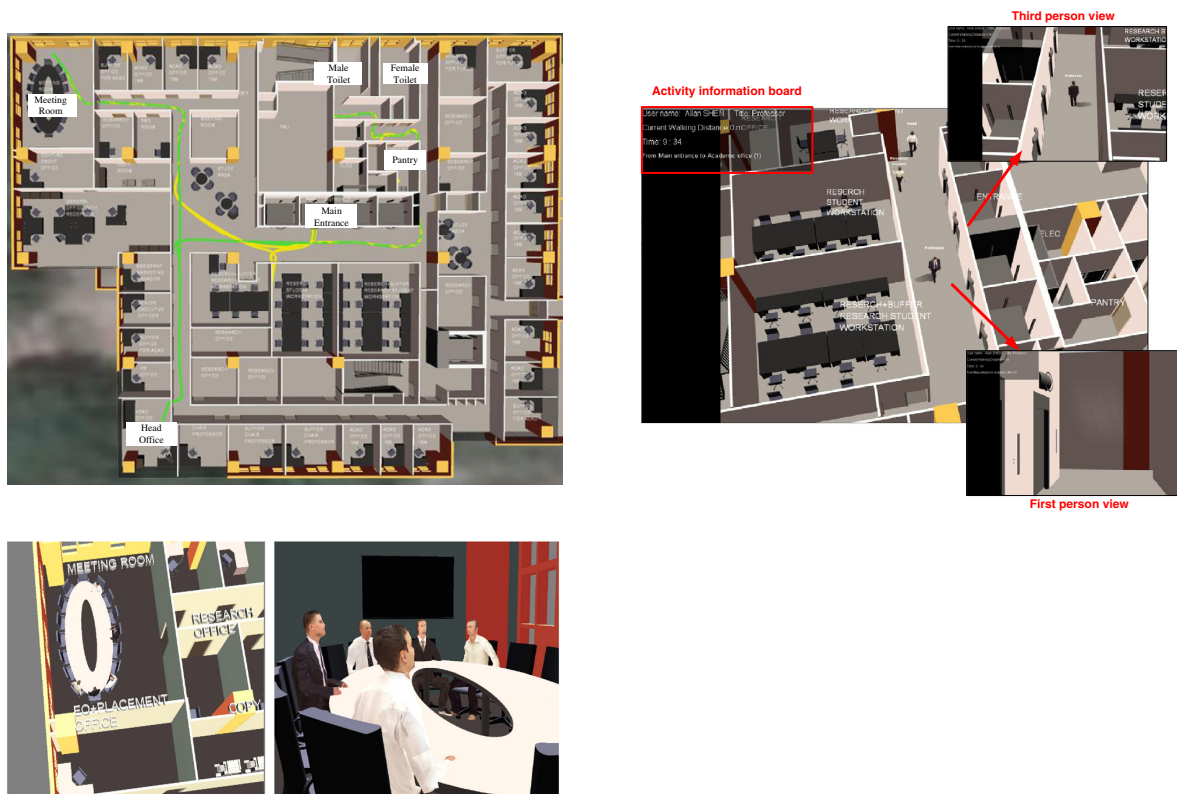
OS \ BIM	Objecten	Eigenschappen object	Relaties objecten	Eigenschappen plek	Relaties plekken
Doelstellingen	Interpretatiekader Vb. Flexibiliteit	Interpretatiekader Vb. Veiligheid	Interpretatiekader		Interpretatiekader Vb. Efficiëntie
1 Primaire activiteiten en gebruikers	Activiteiten x gebruikers x objecten	Kwaliteitsniveaus eigenschappen zijn bij plaatsing direct verbonden in BIM object. Eigenschap persoon moet bij eigenschap middel en techniek passen	Compositie objecten t.o.v. elkaar Uitvoerbaarheid van activiteit en toegankelijkheid Vb. afstand tussen muren in verkeersruimte	Toewijzen plek als functievervuller (compositie van objecten vormen een plek)	Compositie van plekken t.o.v. elkaar Logistiek en bedrijfsprocessen Vb. alle plekken binnen één gebouw of relaties op stedenbouwkundig niveau, zoals overleg in het café aan overkant.
Primaire handelingen	1	2	Feedforward		
Luxe en beeldverwachting Algemeen en per type gebruiker	Toepassing van objecten en functievervullers			Feedback	
Technische eisen en veiligheid Per activiteit x gebruiker				Feedback	
Comfort Per activiteit x gebruiker				Feedback	
Akoestisch				Feedback	
Luchtkwaliteit				Feedback	
Thermisch				Feedback	
Visueel				Feedback	
Diensten (DBFMO)				4	
Functionele concepten			3		Feedback
Nabijheidsrelaties	2		Feedback		
Zichtsrelaties					
4 Behoeften + Monitoring (DBFMO)	Feedforward				5
5 Probleem + Referenties	Post-Occupancy Evaluation en kennisdeling				

Tabel 4.3.6. OS/BIM matrix, geanalyseerd. Bron: eigen werk.

- In de opbouw van de matrix wordt begonnen met 1: een inventarisatie van het aantal objecten dat nodig is om de activiteiten x gebruikers te kunnen faciliteren, denk aan middelen zoals stoelen, tafels (het toewijzen van functievervullers) maar ook bouw delen zoals vloeroppervlak en techniek. Met het inventariseren van deze kwantiteiten kan in de BIM bibliotheek een keuze worden gemaakt tussen verschillende type objecten van verschillende kwaliteitsniveaus. Deze kwaliteitsniveaus hebben betrekking op de kolom 'Eigenschappen object'. Met de kwantitatieve keuze wordt bij het werken met een object gebaseerde BIM modellen direct als aanname een kwaliteitsniveau gekoppeld, welke later altijd nog aangepast kan worden. De keuze voor een kwaliteitsniveau hangt af van het type activiteit x gebruiker. Voorbeeld: bezoekerstoiletten (type gebruiker: "bezoeker") hebben over het algemeen een hoger kwaliteitsniveau dan toiletten voor alleen medewerkers (type gebruiker: "medewerker"). Een voorbeeld voor veiligheid versus gebruikers is het anders uitvoeren van muren die in contact staan met gevangen dan muren die in contact staan met advocaten. Comforteisen zijn op deze manier ook activiteit- en gebruikersgebonden. Dezelfde activiteit (bijvoorbeeld "wachten") kan voor oudere personen een hogere temperatuur of lichtniveau eisen dan voor kinderen. In een ander uiterste, zoals het ontwerp van stallen voor varkens zijn de gebruikers dieren, die andere comforteisen hebben dan de huiskamer van de boer.
- Bij toepassing van de objecten in het ontwerpmodel wordt gekomen bij 2. Hierbij kan feedforward worden toegepast. Feedforward houdt in dat de inhoud van de OS direct de BIM ontwerpomgeving verrijkt. Dit kan bijvoorbeeld door het beperken van de mogelijkheid om objecten of bouw delen zoals muren op een kleinere afstand van elkaar te plaatsen dan vereist is voor rolstoeltoegankelijkheid. Over het algemeen kan worden gesteld dat expliciete functionele en veiligheidseisen de potentie hebben om te worden ingezet als regels voor een BIM model. Aan de andere kant kan worden gedacht aan

bijvoorbeeld het beperken van de toepassing van BIM objecten op het moment dat het budget wordt bereikt. Dit kan bijdragen aan de bewustwording van opdrachtnemer en opdrachtgever en het borgen van de bouwnormen. Mijns inziens is feedforward niet direct te koppelen aan bijvoorbeeld de comforteisen omdat één object niet eenduidig het comfort van een plek bepaald, hiervoor is een combinatie van objecten en relaties tussen objecten nodig wat leidt tot stap 3.

3. Nadat globaal de benodigde objecten zijn toegepast kan feedback worden uitgevoerd op de ontstane plekken in het bouwwerk. Gedacht kan worden aan comfortanalyses en draaicirkels, zie figuur 8 voor een aantal voorbeelden. Comforteisen hebben een directe koppeling met de eigenschap van plekken. Plekken zijn opgebouwd uit objecten met een bepaalde afstand van elkaar. Als gevolg daarvan zijn “Relaties objecten” en “Eigenschappen plek” direct met elkaar verbonden. Andersom redenerend kunnen theoretisch gezien met de plaatsing van het juiste aantal objecten uit een BIM bibliotheek op een specifieke afstand van elkaar comforteisen worden beoordeeld. Deze beoordeling, in de vorm van feedback –analyses– is aangegeven in het rood in de matrix. Een plek heeft één bepaalde comfortklasse, die kan veranderen naarmate eigenschappen van objecten of relaties tussen objecten veranderen. Op het moment dat de comfortklasse van een plek overeenkomt met de eisen behorende tot een ‘activiteit x gebruiker’ kan de plek deze activiteit naar behoeven faciliteren. Dit is het leveren van de prestatie leveren. Dit betekent dat mogelijke meerdere ‘activiteiten x gebruikers’ kunnen plaatsvinden op een specifieke plek. Dit is een onderdeel van de flexibiliteit die een bouwwerk kan leveren.
4. Op basis van stap 3 kunnen plekken qua vorm en inrichting worden geoptimaliseerd, waarbij in stap 4 de relatie tussen plekken getoetst wordt zoals nabijheidsrelaties en zichtrelaties tussen plekken, binnen of buiten één gebouw. Interessant is hier de mogelijkheid tot schaalvergroting en de link met Het Nieuwe Werken. Misschien is er binnen de vereiste functionele beperking van bijvoorbeeld 60 seconden lopen wel een grote vergaderruimte in het pand van de burens? Intelligent bouwwerken laten samenwerken behoort tot de potenties. De analyses van looplijnen en van stap 3 vormen de basis voor het kunnen uitvoeren van Pre-Occupancy Evaluation, waarin de gebruiker nóg meer centraal komt te staan; het uitvoeren van evaluatie van het bouwwerk vóór ingebruikname. Zie figuur 11.



Figuur 4.3.7. Pre-Occupancy Evaluation. (Shen, Shen et al. 2012)

Door middel van Pre-Occupancy Evaluation wordt het mogelijk om vóór ingebruikname het bouwwerk volledig te evalueren op bijvoorbeeld de uitvoerbaarheid van activiteiten en looplijnen maar ook het simuleren van interne verhuizingen of gebruikersstromen in geval van brand. In theorie zouden er geen verrassingen meer moeten zijn na het uitvoeren van Pre-Occupancy Evaluation.

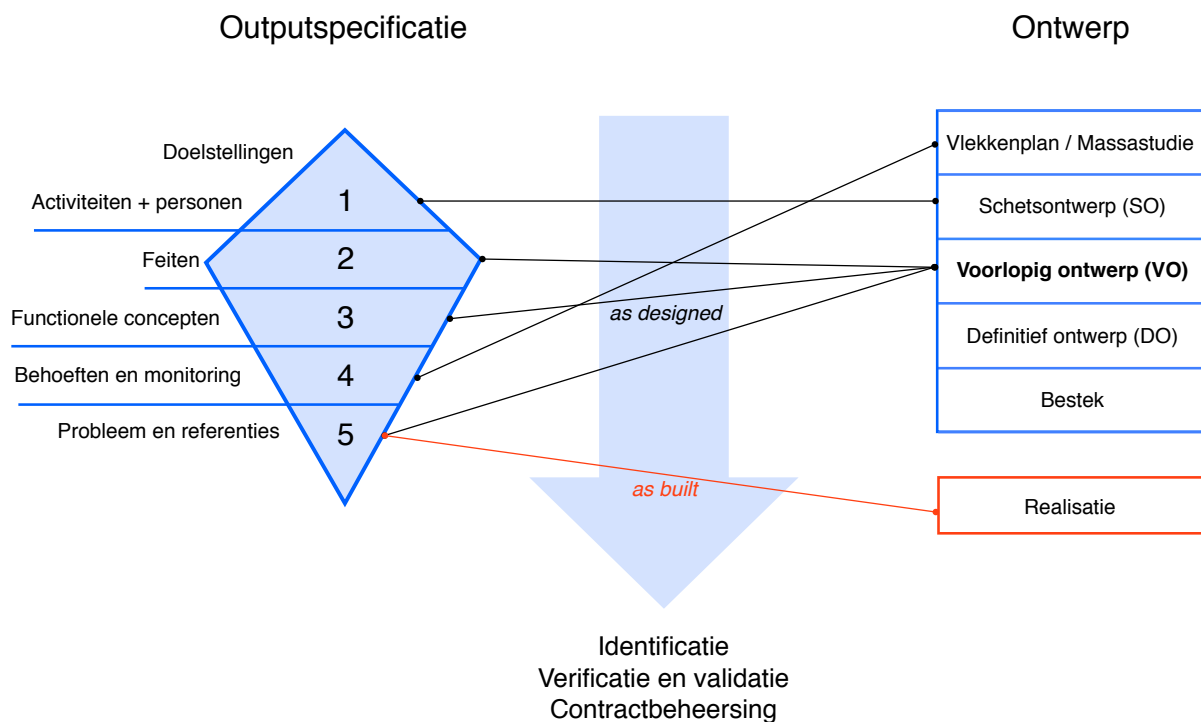
5. In de laatste stap 5 worden referenties beschreven als kennisdeling en -ontwikkeling. Dit kan het aanbevelen van objecten zijn die de opdrachtgever geschikt acht voor het faciliteren van de activiteiten, maar ook de vergelijking van Pre-Occupancy Evaluation (de aanname) met Post-Occupancy Evaluation (realiteit) waardoor over het algemeen kennis over het gedrag van de gebruiker in de gebouwde omgeving kan gaan toenemen. Hierdoor kunnen de aannames worden verbeterd.

Uit tabellen 4.3.5 en 4.3.6 blijkt dat de gehele OS kan worden beoordeeld op het moment dat de voor analyse relevante kwantiteiten in het ontwerpmodel expliciet zijn; de plekken en relaties tussen plekken. Het moment in het proces dat dit kan worden verwacht is VO, zoals figuur 4.3.8 inzichtelijk maakt.



Figuur 4.3.8. Voorlopig ontwerp in BIM ontwerpmodel. Bron: ZEEP Architecten 2011

Het gestelde vraagstuk in afbeelding 4.3.1 is nu te beantwoorden, zichtbaar in figuur 4.3.9.

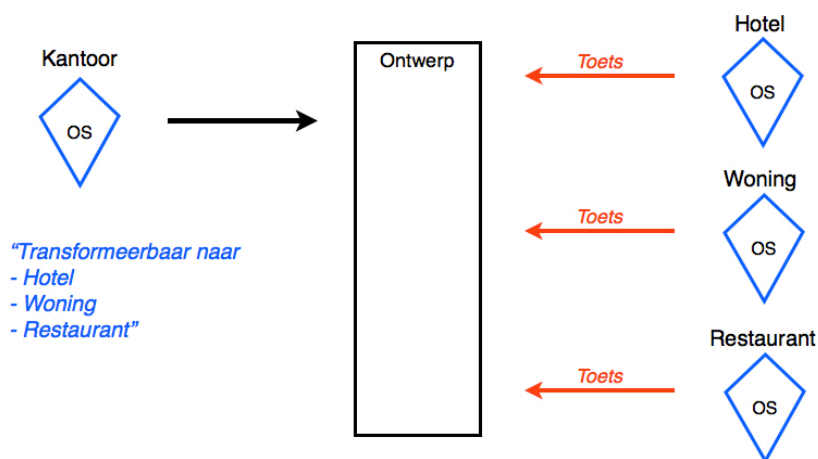


Figuur 4.3.9. Opbouw van de outputspecificatie gekoppeld aan abstractieniveaus ontwerp. Bron: eigen werk.

Voorlopig ontwerp is in het ontwerpproces op tijd om nog te kunnen bijsturen op ontwerp oplossingen.

4.4. Nuancering in verificatie en validatie met BIM

Ter verdieping wordt een extra nuancering aangebracht in het onderzoek, BIM analysemodellen zijn namelijk niet in staat het gehele ontwerp automatisch –binair met een simpel ‘goed’ of ‘fout’– te beoordelen op het voldoen aan de gehele inhoud van de outputspecificatie. Deze nuancering is de verificatie en validatie. Een voorbeeld ter verduidelijking. Luxe, Beeldverwachting, Duurzaamheid en Flexibiliteit –zoals in tabel 4.3.5 opgenomen– zijn aspecten die met ondersteuning van BIM modellen inzichtelijk kunnen worden gemaakt, maar niet automatisch kunnen worden beoordeeld met een simpel ‘goed’ of ‘fout’. Het is hier een afweging van aspecten en prioriteiten die de opdrachtgever heeft. Wat BIM analysemodellen hier wél kunnen stimuleren is een bewustwordingsproces. Als voorbeeld is transformeerbaarheid genomen; in de huidige tijd met een hoge leegstand onder kantoren een veelbesproken en actuele eis. BIM analyses kunnen omtrent transformeerbaarheid interessante inzichten creëren in combinatie met het gegeven dat outputspecificaties onafhankelijk zijn van fysieke context en ontwerp. Door de onafhankelijkheid van ontwerp en context kan namelijk elk mogelijk type outputspecificatie worden toegepast op een willekeurig ontwerp. Als voorbeeld kan zijn geformuleerd: “het bouwwerk moet transformeerbaar zijn naar woningen, een hotel of een restaurant.” Wat hier vervolgens gedaan kan worden om transformeerbaarheid te beoordelen is het raadplegen van een outputspecificatie –met bij voorkeur een vergelijkbaar aantal gebruikers– bestemd voor een woning, hotel of restaurant, deze te koppelen (identificeren) met het gemaakte ontwerp en vervolgens de beoordeling uit te voeren. Schematisch ziet dit er als volgt uit:



Figuur 4.5.1. Beoordelen op transformeerbaarheid. Bron: eigen werk.

In de beoordeling op transformeerbaarheid kan niet worden verwacht dat elke willekeurige outputspecificatie probleemloos past in een ontwerp, maar wel kunnen hier knelpunten worden signaleerd. Dit kan bijdragen aan het bewustwordingsproces tijdens het ontwerpen, zowel bij opdrachtnemer als opdrachtgever, misschien blijkt het wel een onzinnige eis. Op eenzelfde manier kunnen relatief eenvoudig verschillende varianten worden gemaakt en worden beoordeeld op flexibiliteit in indelingsvrijheid, zoals het kunnen ombouwen van een cellenkantoor naar open kantoorlandschap en vice versa.

Wat in tegenstelling tot deze analyses voor validatie wél door middel van analysemodellen binair kan worden beoordeeld op een ‘goed’ of ‘fout’ zijn harde normen zoals brandveiligheid en toegankelijkheid. Het automatisch kunnen beoordelen is de *automatische verificatie* die kan worden uitgevoerd tussen eisen/normen en het ontwerp. Aspecten die niet binair kunnen worden beoordeeld door middel van BIM vallen onder *validatie*; BIM kan hier de aspecten analyseren waarbij een menselijk oog en interpretatie nodig zijn in het afwegen van de verschillende analyses. Tabel 4.4.2 herverdeelt de inhoud van tabellen 4.3.5 en 4.3.6 met het oog op de verificatie en validatie.

		Automatisch		Manueel	
		Feedforward		Feedback	
Automatisch	BIM verificatie	Activiteiten (kernhandelingen) - Toegankelijkheid (vb. gangbreedte) - Normen voor elementen / functievervullers OS + normen	 	Activiteiten (kernhandelingen) - Identificatie compleetheid functievervullers - Toegankelijkheid (vb. draaicirkels) - Comforteisen en normen (thermisch, visueel, akoestisch, lucht) OS + normen	  
	Aangeleverde gecertificeerde modellen	Functionele beperkingen - Directe zichtrelaties - Nabijheidrelaties (in afstand) OS + normen		Functionele beperkingen - Nabijheidrelaties (in tijd) - Logistiek OS	  
		Veiligheid beperkingen - Sterkte materialen (vb. vloerbelasting) - Max hoogteverschil OS + normen	 	Veiligheid beperkingen - Rookcompartimenten (m2) - Brandveiligheid / vluchtroutes - Mensenstromen Normen	  
		Behoeften - Budget (vb. plaatsing type objecten niet mogelijk na bereiken budget) OS		Behoeften - Resterend budget, tijdschema OS	
Manueel	BIM analyse voor validatie			Behoeften - Budget versus tijd, duurzaamheid (vb. analyse van elementen) OS	
	Vrij door opdrachtnemer			Beveiliging, diensten en logistiek - Zones - Looplijnen OS	  
				Luxe en beeldverwachting - Virtual mock-up OS	

 Object
 Eigenschappen object
 Relatie objecten
 Plek
 Relatie plekken

Tabel 4.5.1. Feedforward, feedback, verificatie, validatie matrix. Bron: eigen werk.

In tabel 4.5.1 ontstaan vier kwadranten met een verschil in het automatisch kunnen laten verifiëren door middel van BIM analysemodellen en het manueel moeten valideren. De blauwe vlakken geven aan waar de benodigde informatie vandaan komt. De rode vlakken in de linker kolom geven aan waarmee of hoe de analyses plaatsvinden.

Kwadrant linksboven: verificatie + feedforward

De combinatie van feedforward + verificatie leidt tot de hoogste graad van automatisering omdat hierbij de ontwerper geen extra handelingen hoeft uit te voeren tijdens het ontwerpen om ervoor te zorgen dat aan deze eisen wordt voldaan. Anders gezegd wordt het voor normen zoals een minimale gangbreedte simpel gezegd niet mogelijk om objecten in een model te plaatsen op plekken die niet voldoen aan de gestelde normen. De eisen die in aanmerking komen voor deze kwadrant zijn onderdeel van de functionele en veiligheidseisen. Naast deze normatieve eisen is het budget een aspect van dit kwadrant: bij het bereiken van het ingestelde budget is het niet meer mogelijk om –zonder waarschuwing– vanuit de BIM bibliotheek objecten die buiten budget vallen te plaatsen. Dit zal bij kunnen dragen aan het kostenbewustzijn van de ontwerper om keuzen af te wegen.

Kwadrant rechtsboven: verificatie + feedback

Voor verificatie + feedback geldt dat BIM kan beoordelen of aan de eisen wordt voldaan, echter dient de ontwerper hiervoor een analytische simulatie uit te voeren. Dit hoeft niet meer te zijn dan een klik op een knop, wat mogelijk zelfs –periodiek– automatisch kan worden gedaan. Echter is het een stap meer dan feedforward. Onderdeel van de feedback is een controle op compleetheid van het ontwerp: een indicatie welke activiteiten nog geen plek hebben in het ontwerp op basis van de functievervullers. Daarnaast behoren onder andere het gebruik van de juiste comfort-eisen bij activiteiten, nabijheidrelaties tussen activiteiten, brandveiligheidseisen en een analyse van het budget en tijdschema tot de mogelijkheden.

Kwadrant linksonder: validatie + feedforward

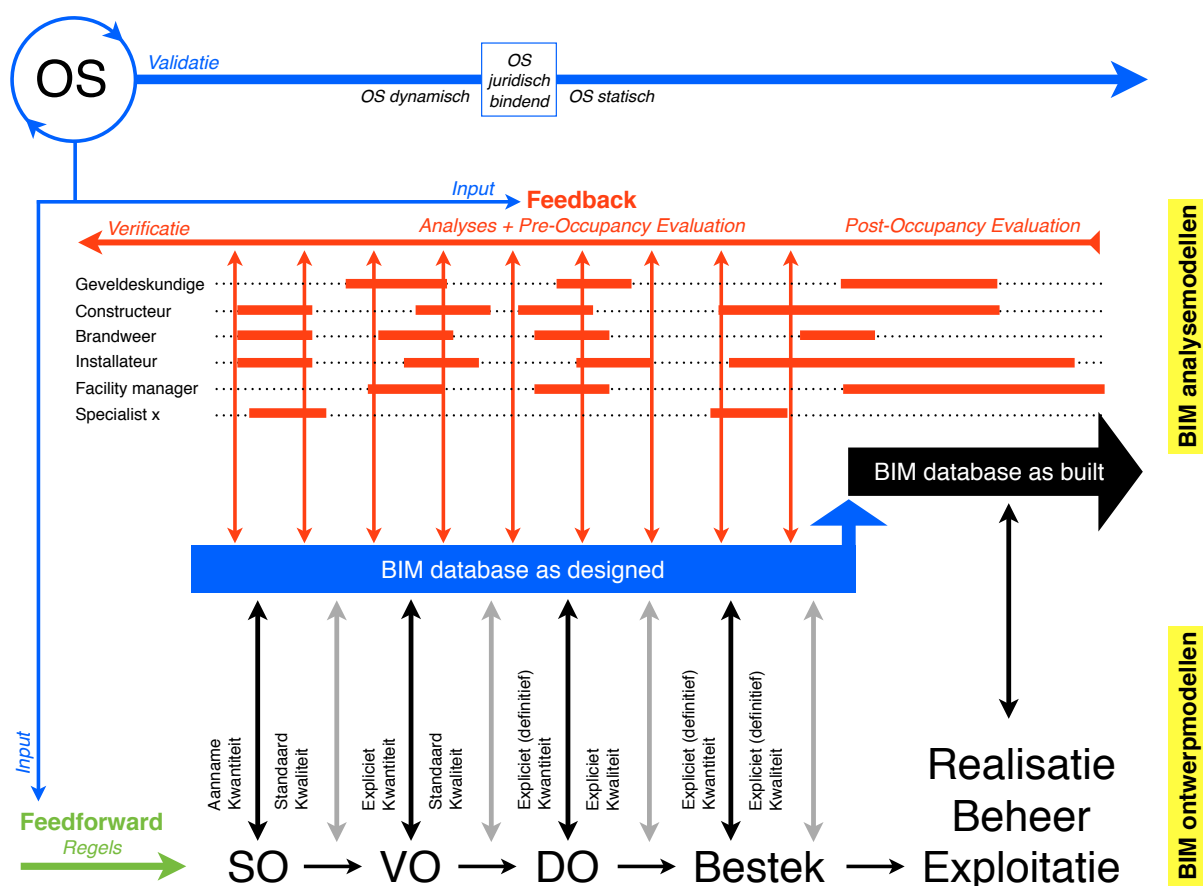
In het lege kwadrant linksonder is de combinatie van validatie + feedforward weergegeven. In het kwadrant validatie + feedforward valt niets weer te geven omdat de validatie van aspecten per definitie plaatsvindt tussen eindgebruiker(s) en ontwerp. Aangezien feedforward enkel plaatsvindt tussen twee systemen (de outputspecificatie en het ontwerp) zonder dat er een eindgebruiker tussendoor komt, de automatisering, vindt hier geen validatie plaats. Deze combinatie is daarom niet mogelijk.

Kwadrant rechtsonder: validatie + feedback

Door middel van feedback –analyses– kunnen met BIM analyses worden voorbereidt die bijdragen aan het kunnen valideren door de eindgebruiker(s). Dat is weergegeven in het kwadrant rechtsonder, het meest manuele kwadrant van de vier. Deze feedback + validatie kwadrant is het kwadrant waarop de eindgebruiker zich voornamelijk zal focussen gedurende het ontwerpproces.; de overige kwadranten worden over het algemeen geborgd door een combinatie van automatische verificatie en betrokken specialisten. Het doel van dit kwadrant is om de opdrachtgever enerzijds te informeren maar anderzijds ook te overtuigen van de kwaliteit van het bouwwerk zonder de onzekerheid dat het gebouw niet voldoet aan de harde eisen. Om dit zo goed als mogelijk te kunnen –en ook hier innovatie toe te laten– is de opdrachtnemer vrij om de logistiek, budget en tijd en beeldverwachting te presenteren en écht het verschil te laten zien met mogelijk andere ontwerpen. Anders geformuleerd, alle ontwerpen voldoen in principe aan de harde eisen, in het validatie + feedback kwadrant heeft de ontwerper de kans zich te onderscheiden.

4.5. Conclusies

In paragrafen 4.1 tot en met 4.3 worden de drie in de probleemstelling geformuleerde bottlenecks in het proces aangepakt. Hierdoor is bijna de weg open om de gestelde hypothese te bevestigen. De enige barrière die er nog over is, is de noodzaak voor een adequaat procesvoorstel om de koppeling tussen prestatie-eisen en BIM in te kunnen zetten. Hiervoor wordt als tussenstap de koppeling tussen de outputspecificatie en BIM procesmatig gemaakt. De koppeling van outputspecificatie aan BIM biedt de potentie om het ontwerp gebaseerd op prestatie-eisen volledig én op tijd in het ontwikkelproces te verifiëren en valideren. Essentieel en is het woord ‘potentie’. Het gebruik van BIM en een outputspecificatie zijn enkel ondersteunende middelen die zowel goed als slecht kunnen worden toegepast. De doelstelling voor de procesmatige koppeling is het erop sturen dat de middelen goed worden ingezet in het uiteindelijke procesvoorstel waardoor de potentie volledig kan worden benut in het ontwikkelproces. Het deel betreft het BIM proces is toegelicht in hoofdstuk 3 (figuur 3.7.2). Wat hierin nog mist is de koppeling van de outputspecificatie met BIM zoals in dit hoofdstuk is beschreven. In figuur 4.5.1 wordt deze procesmatige koppeling gemaakt.



Figuur 4.5.1. Procesmatige koppeling prestatie-eisen en BIM van één levenscyclus. Bron: eigen werk.

De procesmatige koppeling bestaat globaal gezien uit drie onderdelen.

1. Onder de 'BIM database as designed' is het ontwerpproces zichtbaar met de abstractieniveaus en de verwachte informatie per niveau. De output van de ontwerpmodellen wordt opgenomen in de 'BIM database as designed'.
2. Boven de 'BIM database as designed' zijn de ketenpartners en specialisten met BIM analysemodellen weergegeven die gebruik maken van de output van de ontwerpmodellen om dit te beoordelen. De

specialisten voeren de feedback uit op het ontwerp, waarbij de opdrachtgever of eindgebruiker(s) primair tot de specialisten behoren als kenner van het gebruik.

3. De prestatie-eisen, expliciet geformuleerd en vastgelegd in de OS, vormen de input van de feedback en feedforward in het proces. Voor de OS geldt: op het moment dat het ontwerp is getoetst op de gehele inhoud van de OS –uiterlijk op VO-niveau– is de onzekerheid dermate laag dat de OS statisch kan worden gemaakt. Er kunnen hierna geen mutaties meer worden doorgevoerd zonder dat dit contractueel gevolgen heeft, waardoor de ontwerper in staat is de details van het ontwerp uit te werken.

Conclusie: Een koppeling van de outputspecificatie aan BIM –twee ondersteunende middelen– aan elkaar kunnen door de automatisering die optreedt –met efficiëntie in het proces als gevolg– het haalbaar maken om op tijd een volledige verificatie en validatie van het ontwerp uit te voeren gebaseerd op prestatie-eisen. Dit is de *potentie* die de koppeling van de OS aan BIM kan leveren, echter, een aansluitend procesvoorstel is nodig om te kunnen waarborgen dat deze potentie van de koppeling ook daadwerkelijk wordt benut. Hoofdstuk 5 gaat hierop door.

5. Conclusies, aanbevelingen en reflectie

5.1. Conclusies

In de conclusies van hoofdstuk 4 is als afsluiting de procesmatige koppeling van de outputspecificatie met BIM toegelicht. Als een vervolg op deze conclusies zullen in deze paragraaf de twee onderzoeksvragen worden beantwoord, waarin in het antwoord op vraag 2 het procesvoorstel wordt geïntroduceerd. Hierna worden de antwoorden op de onderzoeksvragen bediscussieerd aan de hand van literatuur. Na de discussie worden tenslotte worden de potentie en aandachtspunten van het ontwikkelde procesvoorstel omschreven en worden er aanbevelingen gedaan.

Vraag 1: *Prestatie-eisen*

Welke informatie is nodig voor het verifiëren en valideren van prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus?

Vraag 2: *Ondersteuning door BIM*

Kan BIM ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces van prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus?

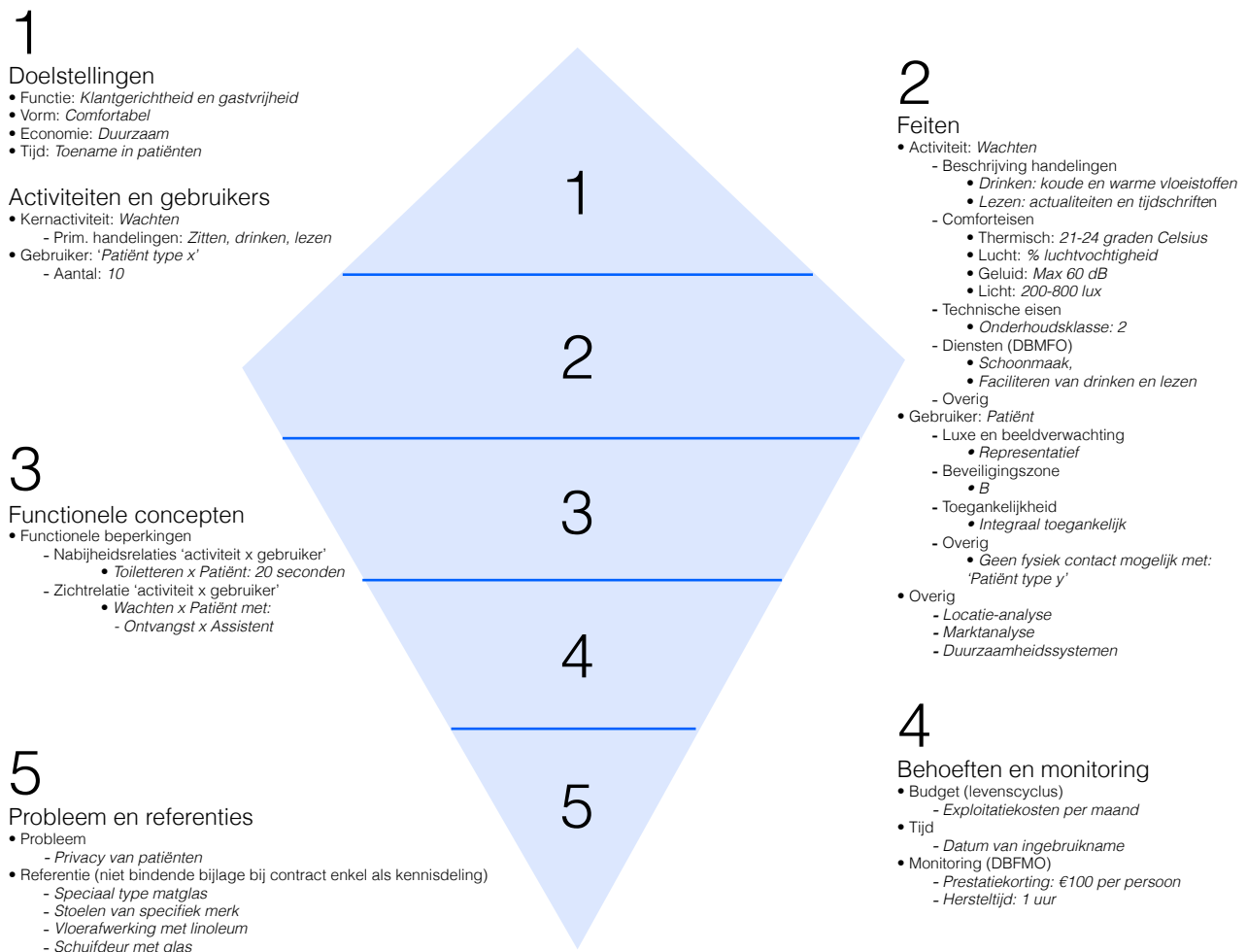
Het doel van deze concluderende paragraaf is om de twee onderzoeksvragen samenvattend te beantwoorden en daarmee de hypothese te bevestigen of verwerpen: BIM kan ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces waardoor het haalbaar wordt een passend ontwerp te realiseren gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen.

Vraag 1 is reeds beantwoord in hoofdstuk 2; de kern van het antwoord wordt ter volledigheid herhaald.

5.1.1. Antwoord 1: prestatie-eisen

Welke informatie is nodig voor het verifiëren en valideren van prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus?

Om vraag 1 te beantwoorden moet duidelijk worden gemaakt hoe prestatie-eisen in het ontwikkelproces worden ingezet. De in figuur 5.1.1 voorgestelde opbouw van de outputspecificatie leidt tot het antwoord op deze vraag. Door activiteiten en gebruikers in deze opbouw centraal te stellen bestaat het voorstel uit expliciet toetsbare prestatie-eisen. De weergegeven informatie in figuur 5.1.1 is daardoor nodig om het ontwerp te kunnen verifiëren en valideren aan de gestelde prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus, wat het antwoord is op onderzoeksvraag 1.



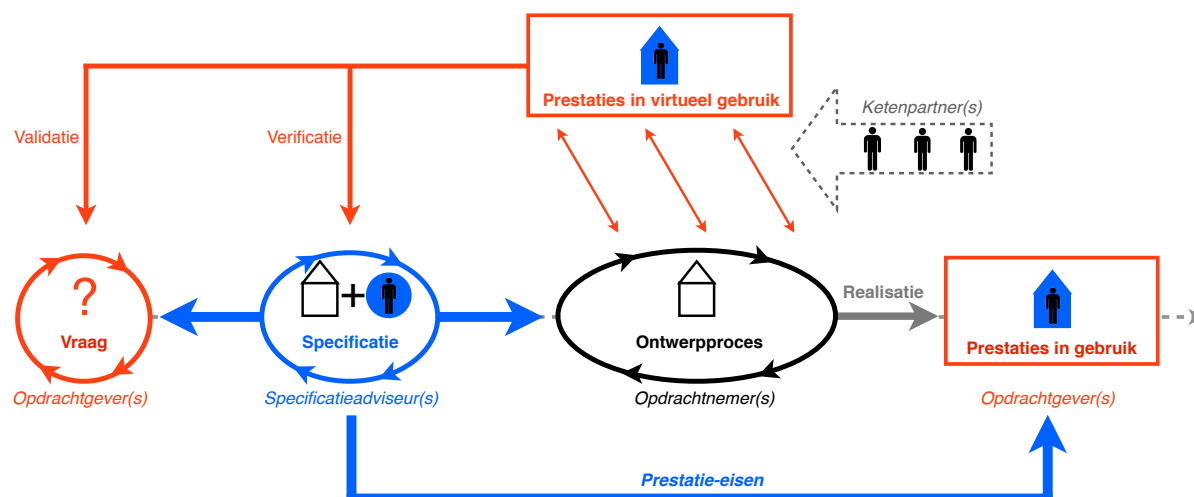
Figuur 5.1.1. Voorstel opbouw van de outputspecificatie. Bron: eigen werk.

Na beantwoording van onderzoeksvraag 1 wordt teruggekomen bij de probleemsignalering; de drie geformuleerde bottlenecks in het toetsen van het ontwerp aan de gestelde prestatie-eisen. Deze bottlenecks worden in de volgende paragraaf 5.1.2 behandeld om vervolgens onderzoeksvraag 2 te kunnen beantwoorden.

5.1.2. Antwoord 2: ondersteuning door BIM

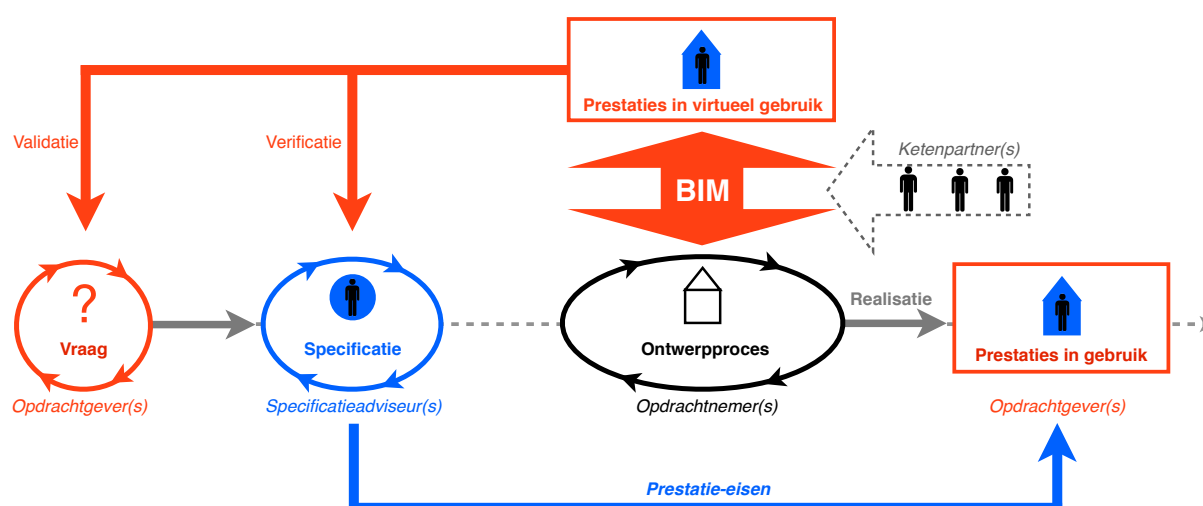
Kan BIM ondersteuning bieden in het verificatie- en validatieproces van prestatie-eisen in de ontwerpfase en verdere levenscyclus?

Met de toepassing van BIM worden de drie bottlenecks in het toetsen van het bouwwerk weggenomen; BIM vormt een directe en solide verbinding tussen het ontwerp en de prestaties in virtueel gebruik, een essentiële katalysator in het toetsingsproces. Dit wordt afgebeeld door middel van het verschil tussen figuur 5.1.2, het huidige proces, en figuur 5.1.3, het procesvoorstel. In figuur 5.1.2 is het huidige toetsingsproces weergegeven, met de bij de Rijksgebouwendienst toegepaste combinatie van ontwerp-eisen en prestatie-eisen.



Figuur 5.1.2. Huidige toetsingsproces bij de Rijksgebouwendienst. Bron: eigen werk.

Figuur 5.1.3 geeft het procesvoorstel weer waar het met BIM als ondersteunend middel haalbaar wordt om een passend ontwerp te realiseren gebaseerd op uitsluitend prestatie-eisen – een bevestiging van de hypothese.



Figuur 5.1.3. Procesvoorstel voor het toetsen van prestatie-eisen met behulp van BIM. Bron: eigen werk.

Het procesvoorstel brengt potentie en aandachtspunten met zich mee, deze worden behandeld nadat de conclusies zijn bediscussieerd aan de hand van literatuur.

5.2. Discussie

Door middel van deze discussieparagraaf worden de conclusies gereflecteerd met literatuur.

5.2.1. Aanbevelingen IBR

In 2011 is een onderzoek afgerond door het IBR –Instituut voor Bouwrecht– naar contractbeheersing bij de Rgd. In dit onderzoek zijn de volgende conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan betreft adequate vormen van contractbeheersing voor de Rijksgebouwen-dienst. De vergelijking tussen methoden voor contractbeheersing is in figuur 5.2.1 weergegeven door middel van een vijf puntsschaal.

Methode	Effectief	Is efficiënt voor Rgd	Geeft inzicht in rechtmatigheid betaling	Mogelijke toepassing
Technical Inspection Service	++	+	++	Vraagspecificatie, Ontwerp, uitvoering
Systeemgerichte contractbeheersing	++	+/-	++	Ontwerp, uitvoering
Verborgene gebreken verzekering	+	+	++	Ontwerp, uitvoering
Certificatie	+/-	++	--	Ontwerp, uitvoering, beheer,
Toezicht en beheersing ogv risico-analyse (DNB/Rijksinspecties)	+/-	+	?	Ontwerp, uitvoering, beheer
Directietoezicht	+/-	+/-	+	Uitvoering
Permanente commissioning	++	+	++	Beheer

Tabel 5.2.1. Aanbevelingen voor vormen van contractbeheersing. (IBR 2011)

Uit de aanbevelingen en conclusies is gebleken dat voor de projecten van de Rgd Systeemgerichte contractbeheersing (SCB) in –tijdelijke– combinatie met Technical Inspection Service (TIS) het beste naar voren komt voor ontwerp en uitvoering en Permanente commissioning wordt aanbevolen voor toepassing tijdens beheer. De drie methoden worden toegelicht en er wordt op gereflecteerd op basis van dit onderzoek.

Systeemgerichte contractbeheersing (SCB)

Systeemgerichte contractbeheersing is een methodiek die gebruik wordt door Rijkswaterstaat en is gebaseerd op het principe ‘de markt tenzij’. Dit principe houdt in dat uitvoerende taken op het gebied van aanleg, beheer en onderhoud van weg- en waterbouwkundige werken zoveel mogelijk aan de markt worden overgelaten en dat Rijkswaterstaat zich concentreert op een regisserende rol als opdrachtgever.

Een belangrijk uitgangspunt van SCB is dat de verantwoordelijkheid voor het voldoen aan eisen uit de overeenkomst zoveel mogelijk bij de opdrachtnemer ligt. In vergelijking met traditioneel toezicht wordt bij SCB daardoor verantwoordelijkheid voor kwaliteitsborging juridisch zoveel mogelijk bij de opdrachtnemer gelaten. Een tweede uitgangspunt dat daaraan wordt verbonden is dat de opdrachtgever bewust een rol op afstand inneemt en zich zo min mogelijk bemoeit met de invulling van het kwaliteitsmanagement van de opdrachtnemer.

In de vraagspecificatie komt de afstand tussen Rijkswaterstaat en de opdrachtnemer meteen tot uitdrukking. Er wordt zoveel mogelijk functioneel gespecificeerd, zodat niet de opdrachtgever maar de opdrachtnemer verantwoordelijk is voor de beoordeling aan welke precieze technische specificaties het werk moet voldoen (IBR 2011).

Systeemgerichte contractbeheersing komt overeen met de visie in dit onderzoek; zoveel mogelijk functioneel specificeren en de verantwoordelijkheid voor het voldoen bij de opdrachtnemer neerleggen.

Technical Inspection Service (TIS)

Een TIS is een gespecialiseerd bouwtoezichtsbureau dat zich alleen maar bezig houdt met toezicht op het bouwproces. Doordat de TIS zich alleen maar bezig houdt met bouwtoezicht en niet met bestekschrijven of ontwerpen heeft de TIS een onafhankelijke positie ten opzichte van de andere bouwprocesdeelnemers. Indien de TIS namelijk wel zou ontwerpen of bestekschrijven, als is het maar af en toe, dan zou het met betrekking tot de ontwerpkeuzen die het zelf ooit gemaakt heeft misschien niet meer de handen vrij hebben om die te keuren. Om deze onafhankelijkheid van TIS-bureaus te borgen is er een onafhankelijkheidseis en Erkenningregeling TIS in het leven geroepen.

De werkwijze van TIS-bureaus is als volgt. De TIS maakt een risicoanalyse en zal aan de hand van die analyse risicogestuurde controles uitvoeren. De wijze waarop de risicoanalyse wordt uitgevoerd kan verschillen per TIS. Een vaste component lijkt in ieder geval een analyse op basis van de eigen professionaliteit van de TIS, waarbij aan de hand van een analysemethode op basis van ervaring en kennis van medewerkers de risico's in kaart worden gebracht. Sommige TIS-bureaus voeren echter aanvullend een analyse uit met behulp van gegevens uit de eigen database of statistische gegevens.

De onafhankelijkheid van een TIS wordt als belangrijke waarborg voor effectief toezicht gezien. De TIS beperkt zich niet tot een bepaalde fase maar kan tijdens de vraagstelling, ontwerpfase en uitvoeringsfase toezien (IBR 2011).

De werkwijze van een TIS komt overeen met de rol van het in dit onderzoek beschreven onafhankelijke toezicht.

Permanente Commissioning

Commissioning is een methode die met name toegepast wordt op de prestatieborging van installaties. De methode werd oorspronkelijk gebruikt voor de kwaliteitsborging van verwarmings-, ventilatie- en airconditioningssystemen, maar wordt tegenwoordig breder gebruikt om gebouwprestaties te waarborgen door niet alleen het presteren van installaties te controleren maar ook invloed van het gebouw daarop te onderzoeken. Commissioning is een systematisch proces van testen en documenteren dat erop gericht is het gebouw gedurende de gehele levensduur de gewenste prestatie te laten leveren. De gehanteerde definitie is: "Commissioning is het proces om ervoor te zorgen dat systemen zijn ontworpen, geïnstalleerd, functioneel getest en kunnen worden bediend in overeenstemming met de bedoeling van het ontwerp." (IBR 2011)

De vorm van commissioning die een waardevolle aanvulling kan zijn op de systeemgerichte contractbeheersing is de permanente commissioning in combinatie met de 'BIM database as built' zoals omschreven in hoofdstuk 3 van dit onderzoek. De prestaties van de installaties worden niet periodiek of naar aanleiding van klachten of veranderingen onderzocht, maar continu. Deze vorm van prestatieborging is vooral mogelijk bij het dynamische deel van installaties, bijvoorbeeld luchtsystemen, en minder bij het statische deel, zoals brandblusinstallaties. Voor permanente commissioning is een Gebouwbeheersysteem noodzakelijk. Dit is een systeem dat een gegevensstroom genereert over het functioneren van een gebouw. Voor permanente commissioning is vereist dat een computerprogramma deze gegevens analyseert en beoordeelt of prestaties voldoen aan de ingevoerde prestatie-indicatoren. De informatie uit het computerprogramma kan vervolgens worden geanalyseerd en aan verschillende partijen, opdrachtgever en onderhoudspartijen, inzichtelijk worden gemaakt (IBR 2011).

De verwachting is in dit onderzoek dat de "BIM database as built" in combinatie met het gekoppeld zijn van de prestatie-eisen voor het gebouw –zoals omschreven in hoofdstuk 4– perfect kan functioneren als het door het IBR geformuleerde computerprogramma.

5.2.2. Programmeer principes Pena en Parshall

De tien programmeerprincipes van de Problem-Seeking methode (Pena en Parshall 2001) omarm ik als passende principes bij de voorstel outputspecificatie en zijn daarom opgenomen in dit onderzoek.

1. Het principe van ‘client’ (eindgebruiker/eigenaar) betrokkenheid (*client involvement*)
De client is een deelnemend lid van het projectteam en maakt de meeste beslissingen tijd het programmeren of specificeren.
2. Het principe van effectieve communicatie (*effective communication*)
Cliënten en ontwerpers vereisen grafische analyses om de omvang en het belang van cijfers en de implicatie van ideeën te begrijpen.
3. Het principe van begrijpelijke analyse (*comprehensive analysis*)
Het hele probleem dekt een wijde reikwijdte aan factoren die het ontwerp beïnvloeden, maar ze kunnen allen worden geclassificeerd in een simpel stelsel van vijf stappen en vier overwegingen.
4. Het principe van pure essentie (*bare essentials*)
Specificeren vereist abstraheren –destilleren– naar de essentie om alleen de belangrijke aspecten van informatie naar boven te brengen.
5. Het principe van abstract denken (*abstract thinking*)
Specificeren houdt zich bezig met abstracte ideeën bekend als programmatische concepten, welke voornamelijk zijn bedoeld als operationele oplossingen voor de client zijn problemen, zonder betrekking tot het fysieke ontwerp antwoord.
6. Het principe van duidelijke scheiding (*distinct separation*)
De Problem-Seeking methode herkent programmeren en ontwerpen –analyse en synthese– als twee verschillende processen die vragen om een verschillende manier van denken.
7. Het principe van efficiënte werking (*efficient operation*)
Het specificatieteam vereist goed project projectmanagement, duidelijke rollen en verantwoordelijkheden, een gemeenschappelijke taal en standaard procedures.
8. Het principe van kwalitatieve informatie (*qualitative information*)
De eisen van een voorgesteld gebouw omvatten de doelen (wat moet worden behaald) van de client en concepten (hoe is het te bereiken).
9. Het principe van kwantitatieve informatie (*quantitative information*)
Bepaalde project feiten en behoeften zijn essentiële getallen –getallen van personen en dingen genereren oppervlakte getallen en kosten getallen– en ze kunnen leiden tot kosten beheersing en een gebalanceerd budget.
10. Het principe van duidelijk omschreven besluit (*definite closure*)
Specificeren is een proces dat leidt tot een expliciete stelling van een architectonisch probleem –compenserend voor de missende delen en de initiële complexiteit oplossend in simpele en duidelijke stellingen.

De tien programmeerprincipes zijn in dit onderzoek overwogen en geïntegreerd in het voorstel voor het specificatieproces en verdere procesvoorstel.

5.2.3. Overige discussie

Marjolein de Boer heeft in haar afstudeeronderzoek bij de Rijksgebouwendienst in 2011 aanbevelingen gedaan voor risicobeheersing bij de Rijksgebouwendienst.

Hoofdpijn 1: Methode kwaliteitsborging
Aanbeveling 2: Kwaliteitsborging op basis van Systeemgerichte contractbeheersing toepassen.
Aanbeveling 3: Kwaliteitsborging meenemen als gunningscriterium.
Aanbeveling 5: Meer aandacht besteden aan risicomanagement, risicosecretariaat voorkomen.
Aanbeveling 7: Inbouwen van meer verantwoordelijkheden voor opdrachtnemers met bijbehorende verplichtingen en consequenties als kortingen of financiële prikkels.
Aanbeveling 9: Voorschrijven van commissioning voor beheerfase.
Hoofdpijn 2: Samenwerking
Aanbeveling 1: Beter informeren van markt over geïntegreerde contractvormen en verwachtingen van de overheid
Aanbeveling 8: Een goede project start-up verbetert de samenwerking, het onderlinge vertrouwen, het onderling begrip en daarmee sfeer en kwaliteit.
Hoofdpijn 3: Benodigde veranderingen binnen de Rgd
Aanbeveling 4: De kwaliteit van de outputspecificatie moet verbeterd worden door meer probleemgericht en functioneel te specificeren.
Aanbeveling 6: Cultuuromslag binnen de Rgd bewerkstelligen, omslag naar vertrouwen in opdrachtnemer noodzakelijk.

Tabel 5.2.2. Aanbevelingen voor de Rijksgebouwendienst. (Boer de 2011)

In dit onderzoek wordt de systeemgerichte contractbeheersing als primaire methode en onderliggend gedachtengoed voor het procesvoorstel beschouwd. Elementen van de twee andere methoden, TIS en Permanente commissioning, worden –indien dit tot verbetering kan leiden– gekoppeld aan de systeemgerichte contractbeheersing methodiek. De voor dit onderzoek relevante aanbevelingen zijn, al dan niet in een aangepaste vorm, meegenomen in het procesvoorstel.

In een artikel in de Vitale Stad van december 2011, jaargang 14, is een artikel verschenen: “De nieuwe machthebbers.” Het artikel richt zich op de nieuwe rollen, en de hoofdrol, bij het werken met BIM en biedt een interessante reflectie op dit onderzoek. Een aantal quotes uit het artikel wordt aangehaald en gereflecteerd op het onderzoek.

“De verhouding tussen de opdrachtgever en opdrachtnemer is aan het verschuiven, en uiteindelijk vergt dat meer samenwerking binnen de sector.” - Ronald van Aggelen, directeur ZEEP architecten. In het procesvoorstel van dit onderzoek wordt een intensieve samenwerking nagestreefd.

“De efficiency in de bouw moet beter worden benut. Dat kan onder meer door middel van ketenintegratie en het werken met BIM.” - Alex Vermeulen, directeur Advies en Architecten, Rgd. Dit ondersteunt de visie van dit onderzoek.

“Zoals we weten sturen zij [de aannemers] van oudsher op euro's en verdienen ze geld met meerwerk. Dat moet veranderen. Er moet gestuurd worden op kwaliteit.” - Ronald van Aggelen. Het sturen op kwaliteit wordt behaald door het sturen op de prestaties van het bouwwerk, de kern van dit onderzoek.

“De architect zal al eerder in het proces dingen moeten meenemen die nu pas in een later stadium worden betaald. Denk aan de installatietekeningen en de uitwerking van de bouwtekeningen. Dat kan nu meteen worden gedaan.” - Ronald van Aggelen.

Dit is een voorbeeld van gevolgen van een ketenintegratie wat wordt nagestreefd in dit onderzoek.

“De machthebber in de woningbouw is wat ons betreft de woningconsument. Hij of zij is degene met het geld.” - Rick van den Bos, hoofd Marketing & Innovatie bij BAM Woningbouw.

Het centraal stellen van de eindgebruiker wordt in dit onderzoek ondersteunt. Mijns inziens wordt de macht van de eindgebruiker door gebruik van BIM groter omdat het bijvoorbeeld voor de eindgebruiker tijdens het ontwerpproces begrijpbaar wordt wat hij of zij gaat krijgen.

“De focus verschuift van het bouwproces naar het woonproces, omdat dat laatste de kwaliteitsbeleving van de woonconsument bepaalt. Niet het bouwen.” - Rick van den Bos.

Het focussen op het woonproces, het gebruik, wordt in dit onderzoek onderbouwt door het strikte gebruik van prestatie-eisen en vervolgens de beoordeling van deze prestatie-eisen.

Kanttekening bij de discussie door middel van dit artikel is dat een aantal geïnterviewde personen in het artikel, zoals Ronald van Aggelen van ZEEP architecten, overeenkomt met de geïnterviewde personen in dit onderzoek.

5.3. Potentie en aandachtspunten van het procesvoorstel

Het procesvoorstel en de conclusies geformuleerd in paragraaf 5.1 brengt potentie met zich mee, en aandachtspunten om deze potentie maximaal te kunnen benutten. Deze punten worden beschreven in deze paragraaf. Begonnen wordt met de potentie.

5.3.1. Potentie van het procesvoorstel

De potentie die met het onderzoek mogelijk is gemaakt is algemeen voor het proces omschreven en individueel voor de ketenpartners. Begonnen wordt met de potentie die ik verwacht voor het algemene proces:

1. Een verlaging van de onzekerheid met betrekking tot het voldoen aan de prestatie-eisen in het ontwikkelproces onder alle betrokken partijen. Het beoogde effect hiervan is een vermindering van – ongewenste – verrassingen bij realisatie en ingebruikname van het bouwwerk, gevolgd door minder problemen en mutaties tijdens realisatie en ingebruikname, met uiteindelijk een positief effect op het verminderen van vermijdbare kosten. De premisse van dit onderzoek.
2. Een over het algemeen betere kwaliteit van het bouwwerk; normen voor bijvoorbeeld toegankelijkheid en brandveiligheid worden automatisch geborgd door middel van feedforward en het bouwwerk is virtueel al geëvalueerd vóór ingebruikname.
3. Ketenintegratie door het betrekken van ketenpartners in het beoordelen van het bouwwerk en deelname aan het besluitvormingsproces.
4. Het ontwikkelen van meer kennis over de gebruiker en de gebouwde omgeving door het vergelijken van Pre-Occupancy Evaluation met Post-Occupancy Evaluation.
5. Een efficiënter ontwikkelproces met een tijdsparing in het toetsen, plannen en inregelen van het bouwwerk. Op het moment dat het bouwwerk af is, is een compleet gebouwbeheerssysteem gereed met de gevraagde prestatie-eisen en het bouwwerk. De tijdsparing is schematisch afgebeeld in figuur 5.3.1.

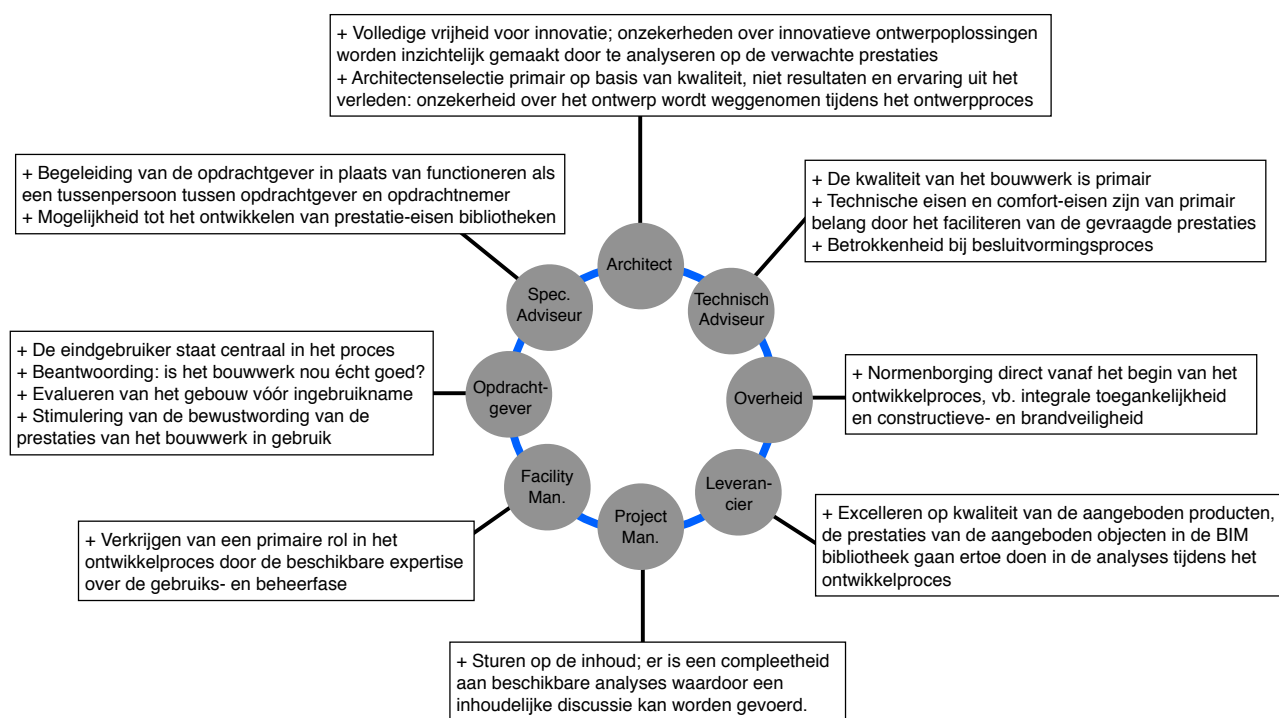


	Initiatief en specificatie	Ontwerp en realisatie	Gebruik, beheer en exploitatie
Opdrachtgever			
Onafhankelijk toezicht			
Opdrachtnemer			

Figuur 5.3.1. Verschuiving in plannen en evalueren van het bouwwerk. Bron: eigen werk.

Naast de efficiëntie gedurende het ontwikkelproces kan efficiëntie worden behaald op het moment dat na een functionele levenscyclus een nieuwe levenscyclus begint. Informatie omtrent het presteren van het bouwwerk in de ‘BIM database as built’ wordt beschikbaar voor herinrichting of herontwikkeling. In deze volgende levenscyclus kan worden doorgewerkt op een bestaande, geëvalueerde actuele ‘BIM database as built’, wat voor efficiëntie kan zorgen.

De potentie individueel per ketenpartner is weergegeven in figuur 5.3.2.



Figuur 5.3.2. Potentie van het procesvoorstel voor ketenpartners. Bron: eigen werk.

Om de omschreven potentie voor alle betrokken partijen volledig te kunnen benutten zijn er aandachtspunten voor het proces geformuleerd in de volgende paragraaf 5.3.2.

5.3.2. Aandachtspunten van het procesvoorstel

Omdat de toetsing grotendeels door de opdrachtnemer zelf plaatsvindt beveel ik in eerste instantie (nader te onderzoeken) onafhankelijk toezicht toe te passen aan op de technische uitvoering van deze toetsing. Als door de transparantie van BIM na een proefperiode genoeg vertrouwen ontstaat tussen opdrachtgever en opdrachtnemer zou het toezicht kunnen worden weggenomen. Door de levenscyclus van een bouwwerk handelen de opdrachtgever(s), opdrachtnemer(s) en onafhankelijk toezicht parallel van elkaar waardoor is gekozen voor een parallelle weergeven van het proces in tabel 5.3.3. De invloed van handelingen op parallelle processen wordt hierdoor beter inzichtelijk. Per fase worden de aandachtspunten voor de verschillende partijen behandeld.

Opdrachtgever(s)	Opdrachtnemer(s)	Onafhankelijk toezicht
Specificatiefase		
Scheid specificeren strikt van ontwerpen, hanteer hiervoor het specificatieproces weergegeven in figuur 2.4.7.	-	-
Laat regelmatig, in ieder geval één keer, een tegenontwerp maken van de OS door een onafhankelijke partij. De studies zijn alleen bedoeld als reflectie in de specificatiefase en reflectie voor ontwerp oplossingen. Het is niet de bedoeling dat de studies worden geleverd aan potentiële opdrachtnemers, dit kan namelijk innovatie tegenwerken.	Mogelijkheid voor een tijdelijke opdracht.	-
Gebruik ondersteunende elektronische middelen in het opstellen van eisen, zoals Relatics of BriefBuilder van ICOP.	-	-
De benodigde middelen, zoals het gebruik van BIM, en de tijdstippen voor de beoordeling van het ontwerp dient te worden opgenomen in het contract.	-	-
Neem het gebruik van BIM ontwerpmodellen en analysemodellen –de ondersteunende middelen in kwaliteitsborging op in het contract, bijvoorbeeld als gunningscriterium.	-	-
Leer van eerder gemaakte combinaties in 'BIM databases as built'. Mogelijk kunnen van slimme en goede ontwerp oplossingen de achterliggende prestatie-eisen kunnen worden gebruikt. Dit leerproces kan plaatsvinden door middel van Post-Occupancy Evaluation. Een tool die hiervoor als inspiratie dient is VISIBLE Living Lab van Johnson Controls.	-	-
Schetsontwerp		
De OS is nog niet juridisch bindend, pas de inhoud direct aan wanneer blijkt dat er fouten of onvolledigheden zijn.	Begin met een inventarisatie van benodigde middelen en techniek voor de uitvoer van activiteiten, wijs functioneervullers aan.	Controleer steekproefsgewijs of het aanwijzen van functioneervullers correct gebeurt.

Opdrachtgever(s)	Opdrachtnemer(s)	Onafhankelijk toezicht
Lever de opdrachtnemer een vlekkenplan met de activiteiten en bijbehorende relaties. Aanbevolen is om dit vlekkenplan tijdens een project start-up samen met de opdrachtnemer(s) door de nemen.	Analyseer welke activiteiten uitwisselbaar zijn, bijvoorbeeld aan hand van een vlekkenplan. Aanbevolen is om dit te doen tijdens een project start-up samen met de opdrachtgever.	-
Neem gepaste afstand tot het ontwerpproces om creativiteit en innovativiteit te stimuleren. Focus op de globale vormen en kwantiteiten die moeilijk aanpasbaar worden in verdere fasen. Sturen op details is een zaak voor latere fasen.	Hanteer een try-and-error proces, betrek de eindgebruiker(s) en opdrachtgever(s) bij dit proces. Objecten zijn aanpasbaar in latere fase, focus op de globale relaties en vormen in combinatie met standaard kwaliteitsniveaus.	Controle op de implementatie van data vanuit de OS in regels voor feedforward in BIM ontwerpmodellen.
Maximaliseren het voortschrijdend inzicht bij de eindgebruiker(s) en opdrachtgever(s).	Gebruik virtual mock-up modellen bij het betrekken van de eindgebruiker(s).	Controleer of de opdrachtgever wijzigingen in de OS juist doorvoert.
-	Zorg voor directe feedback door gebruik van BIM analysemodellen. De relevante analyses beslaan variantenstudies voor haalbaarheidsstudies zoals rookcompartimenten, varianten met kengetallen zoals Floor Space Index (FSI) en technische mogelijkheden zoals overspanningen. Direct verbonden zijn kostenschattingen en energiesimulaties.	Controleer steekproefsgewijs of analyses correct worden uitgevoerd.
-	Betrek direct vanaf het begin de ketenpartners bij het ontwerp, bijvoorbeeld bij het beoordelen van technische haalbaarheid. Leg vraagstukken neer bij de personen die het meeste verstand ervan hebben en de beste BIM analysemodellen bezitten om het vraagstuk te beoordelen.	Controle op de implementatie van data vanuit de OS als input voor feedback door BIM analysemodellen.
Voorlopig ontwerp		
De OS wordt na VO juridisch bindend, zorg voor een compleet en correct document.	-	Controleer of de opdrachtgever wijzigingen in de OS juist doorvoert.
Valideer relevante functievervullers en standaard kwaliteitsniveaus van het geheel. De functievervullers in het ontwerp moeten compleet zijn toegepast.	Maak de functievervullers compleet in het model, de benodigde kwantiteiten voor beoordeling worden daardoor expliciet. Gebruik als aanname de standaardniveaus voor kwaliteit uit de BIM bibliotheek. Het aanpassen van kwaliteit behoort tot VO+ en DO-niveau.	Controleer steekproefsgewijs of het aanwijzen van functievervullers correct gebeurt.

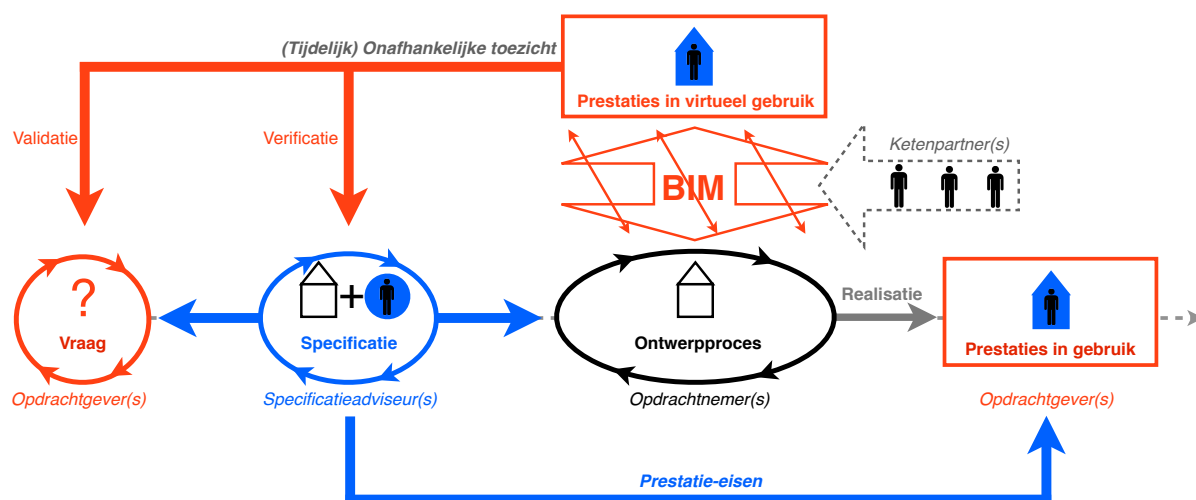
Opdrachtgever(s)	Opdrachtnemer(s)	Onafhankelijk toezicht
Het voldoen aan de maximale loopafstanden wordt geverifieerd, valideer de ontstane relevante looplijnen en logistieke processen in relatie tot het bouwwerk.	Identificeer plekken als functieervuller voor haalbare relaties op basis van analyses.	Controleer steekproefsgewijs of analyses correct worden uitgevoerd.
Voer Pre-Occupancy Evaluation uit op het ontwerp.	Optimaliseer de afstanden van objecten ten opzichte van elkaar voor het creëren van goede esthetisch, functionele en comfortabele plekken. De minimale afstanden zijn geborgd door feedforward (regels) in het BIM ontwerpmodel. Naarmate meer objecten zijn toegevoegd en op de juiste plek staan worden betrouwbare comfort analyses mogelijk.	Controleer of Pre-Occupancy Evaluation correct wordt uitgevoerd.
-	Voer toetsen op flexibiliteit en transformeerbaarheid uit door andere OS'en van hetzelfde type organisatie of voor transformeren andere typen OS'en toe te passen op –delen van– het ontwerp. Hierdoor wordt bewustzijn gecreëerd over knelpunten bij mutaties na of tijdens realisatie.	Controleer of toetsen correct worden uitgevoerd.
-	Zorg ervoor dat alle relevante actoren en specialisten het bouwwerk en de feedback vanuit BIM analysemodellen valideren op onjuistheden. Leg vraagstukken neer bij actoren die er het meeste verstand van hebben.	-
Definitief ontwerp		
Hou de OS up-to-date voor gebruik in latere fasen, ondanks het feit dat het juridisch bindend.	Mutaties in de OS hoeven niet te worden meegenomen, echter, hiermee worden wel mogelijk problemen voor de gebruikersfase voorkomen.	-
Voer Pre-Occupancy Evaluation uit op het ontwerp.	-	Controleer of Pre-Occupancy Evaluation correct wordt uitgevoerd.
Plan huisvestingsprocessen, maar hou rekening met het feit dat er nog veranderingen kunnen worden doorgevoerd met betrekking tot bijvoorbeeld kwaliteitsniveaus. Dit zal echter beperkt invloed hebben op de locatie en het comfort van de plekken omdat de kwantiteiten definitief zijn gemaakt. Na DO moeten de relevante huisvestingsprocessen zijn beoordeeld.	Maak de kwantiteiten in het ontwerpmodel definitief. Alle relevante actoren en specialisten in het proces moeten het ontwerp hebben beoordeeld.	Controleer steekproefsgewijs de kwantiteiten in het model.

Opdrachtgever(s)	Opdrachtnemer(s)	Onafhankelijk toezicht
Valideer de aanpassingen in kwaliteitsniveaus van objecten en het gevolg in relatie tot het totale ontwerp.	Pas indien gewenst de kwaliteitsniveaus en details van objecten aan. Bijvoorbeeld raamprofielen, afwerking, of het aanpassen van middelen naar een specifiek model. Voer na belangrijke aanpassingen opnieuw analyses uit.	Controleer of aanpassingen in kwaliteit van objecten juist worden doorgevoerd.
Bestek		
Valideer bij mutaties wat de gevolgen zijn.	Voer een laatste controle uit op de kwaliteit en maak deze definitief in het ontwerpmodel.	-
Voer Pre-Occupancy Evaluation uit op het ontwerp. De ingebruikname van het bouwwerk kan worden gepland, zoals de logistiek rondom een mogelijke verhuizing.	Voeg informatie toe die relevant is voor het realiseren van het ontwerp. Gedacht kan worden aan het plannen en analyseren van de logistiek van de bouwplaats zoals leveringen en analytisch hijsbewegingen simuleren.	Controleer of het ontwerpmodel gereed is als informatiebron voor de realisatie.
Realisatie		
Blijf op de hoogte van mogelijk mutaties gedurende realisatie in de 'BIM database as built'.	Houd mutaties in realisatie bij in de 'BIM database as built', zodat direct na realisatie de 'BIM database as built' kan gaan functioneren als gebouwbeheerssysteem.	Controleer of de mutaties in realisatie juist worden opgenomen in de 'BIM database as built'.
Hou de BIM database actueel betreft interne en externe mutaties.	Blijf op de hoogte van mogelijke mutaties en anticipeer zoveel als nog mogelijk is.	Controleer mutaties.
Gebruik, beheer en exploitatie		
Maak zoveel als mogelijk gebruik van de 'BIM database as built' voor de processen die plaatsvinden in het gebouw. Voorbeeld is het reserveren van ruimtes. Hierdoor is het voor de opdrachtnemer duidelijk waar gewerkt kan worden, bijvoorbeeld in verband met onderhoud.	De 'BIM database as built' als gebouwbeheerssysteem dient up-to-date te worden gehouden betreft het beheer van het gebouw.	Controleer of de 'BIM database as built' correct werkt en correct wordt gebruikt door zowel opdrachtgever(s) / eindgebruiker(s) als opdrachtnemer(s).
Voer Post-Occupancy Evaluation met gebruik van de 'BIM database as built' in vergelijking tot het gerealiseerde bouwwerk. Hierdoor kan worden bijgedragen aan innovatie en verbetering, zoals het aanscherpen van prestatie-eisen en kengetallen.	Voer Post-Occupancy Evaluation met gebruik van de 'BIM database as built' in vergelijking tot het gerealiseerde bouwwerk. Hierdoor kan worden bijgedragen aan innovatie en verbetering, zoals het verbeteren van Pre-Occupancy Evaluation.	Controleer het toepassen van Post-Occupancy Evaluation op fouten.
-	Gebruik permanente commissioning voor de monitoring van vb. het comfort van plekken in het gerealiseerde bouwwerk.	Controleer of de permanente commissioning correct wordt toegepast en toets het systeem.

Tabel 5.3.3. Aandachtspunten voor het procesvoorstel. Bron: eigen werk.

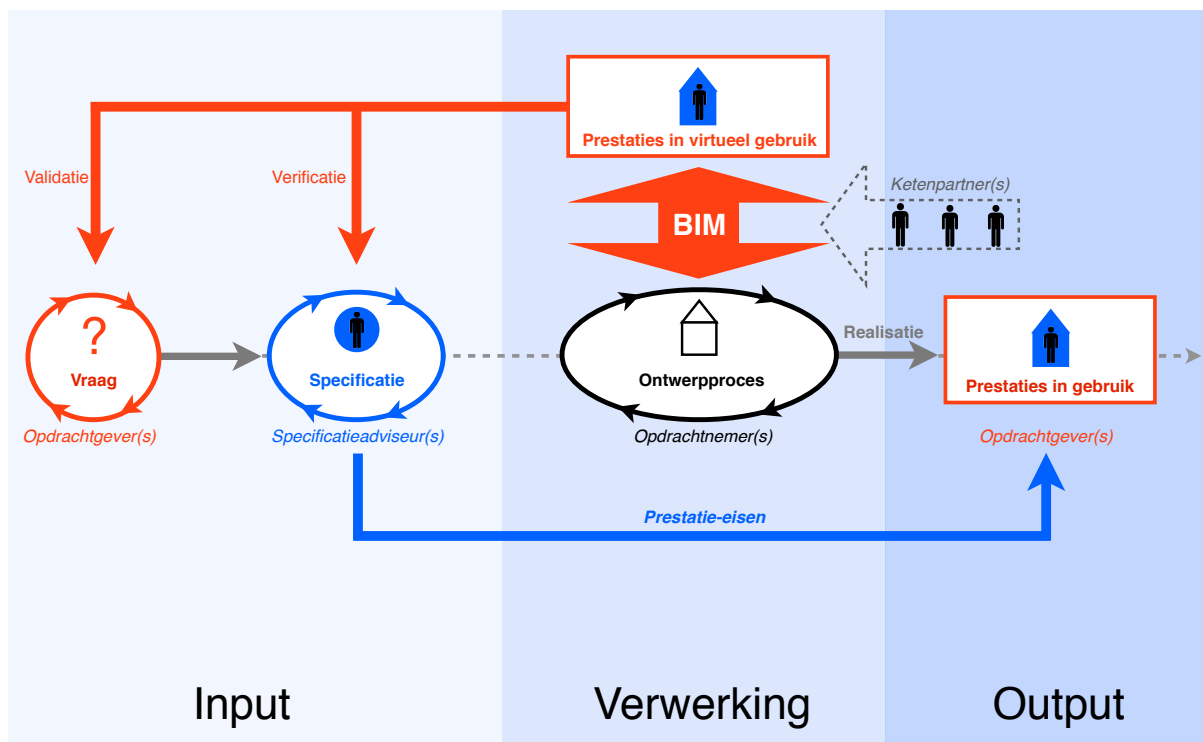
Concluderend, het in dit onderzoek voorgestelde proces is een rationeel en evolutionair proces door (1) binnen twee door de Rgd gecreëerde kaders te blijven, (2) de potentie van deze elementen afzonderlijk volledig te benutten, en (3) de elementen samen te brengen. Anders geformuleerd past het procesvoorstel binnen de huidige visie en strategie van de Rijksgebouwendienst waardoor het voorgestelde proces met de huidige beschikbare middelen in plaats van utopisch volledig toepasbaar is.

De strategie die de Rijksgebouwendienst ambieert is mijns inziens goed waardoor dit onderzoek binnen de gecreëerde kaders van de Rijksgebouwendienst is gebleven. De Rgd is daardoor al een eind op weg met het implementeren van prestatie-eisen en BIM zoals in dit onderzoek is beschreven. Om deze implementatie vanaf de huidige situatie verder te brengen is een implementatiefase nodig waarin kan worden getest met BIM en de automatisering die BIM kan leveren in de toetsing van ontwerpeisen en prestatie-eisen. In de in figuur 5.3.4 is deze implementatiefase zichtbaar waarbij BIM additief wordt ingezet in de ondersteuning van de momenteel toegepaste combinatie van ontwerpeisen en prestatie-eisen. Hierdoor kan worden geoefend en het vertrouwen worden verkregen dat BIM voldoende back-up geeft om het voorschrijven van ontwerpoplossingen in het ontwerpproces vrij te laten en de toetsing over te laten aan de opdrachtnemer in combinatie met onafhankelijk toezicht.



Wanneer BIM voldoende ondersteunt kan worden overgegaan naar het weglaten van ontwerpeisen en het bewegen richting de voorgestelde inhoud van de outputspecificatie. Aanbevolen wordt te beginnen met het weglaten van ontwerpeisen (ruimten, middelen en techniek) op punten waar mogelijk innovatie of verbetering kan plaatsvinden, zoals het kunnen combineren van een kantine met een wachtruimte. Hierdoor blijft het beoordelen door BIM van deze plekken in het bouwwerk overzichtelijk en beheersbaar.

Op het moment dat BIM de volledige inhoud van de outputspecificatie ondersteunt en aan de nieuwe rollen in het proces –de specificatieadviseur als begeleider, de toetsing door de opdrachtnemer, en het toepassen van onafhankelijk toezicht– is gewend, kan de gehele OS prestatiegericht worden gemaakt op basis van het procesvoorstel. Ik verwacht dat hierdoor de volgende mogelijkheden en aandachtspunten ontstaan voor de Rijksgebouwendienst, welke aan de hand van figuur 5.3.5 zijn ondergebracht in input, verwerking en output:



Figuur 5.3.5. Input, verwerking en output in procesvoorstel. Bron: eigen werk.

1. Input

- a. De aanpak voor het opstellen van de OS dient te worden meegenomen in het consortium zodat bekend is wat de opdrachtnemer kan verwachten en wat wederzijds wordt terugverwacht door de opdrachtgever. Het organiseren van cursussen behoort hiervoor tot de een door mij aanbevolen mogelijkheid.
- b. De Rijksgebouwendienst kan zich volledig richten op het zo goed mogelijk begeleiden van de opdrachtgever in plaats van het optreden als een gemandateerd opdrachtgever en tussenpersoon in het ontwikkelproces.
- c. De Rgd kan zich verder specialiseren in het formuleren en ontwikkelen van bibliotheken voor prestatie-eisen. Een toename van expertise is het door mij verwachte gevolg. In het opzetten van deze bibliotheken kan binnen de organisatie een ketenintegratie optreden tussen afdelingen die gespecialiseerd zijn in verschillende fasen van het ontwikkelproces en op het moment nog relatief weinig samenwerken. Het behoort hier namelijk tot de interessante mogelijkheid de BIM object bibliotheek te koppelen aan de prestatie-eisen bibliotheek.

2. Verwerking

- a. Op het moment dat het proces contractueel is geborgd kan door de verwachte transparantie van BIM het consortium worden aangestuurd met een minimale hoeveelheid moeite. In het ontwerpproces –de verwerking van de prestatie-eisen– kan de Rijksgebouwendienst op een gepaste afstand blijven en door middel van de informatie in de ‘BIM database as designed’ het ontwerp en de voortgang (het proces) toetsen. De opdrachtnemer krijgt hierdoor alle vrijheid om tot innovatie te komen en kan daarover de antwoorden op inhoudelijke vragen met behulp van BIM analyses

aanleveren. Een voorbeeld is het kunnen aanleveren van alle relevante looplijnen in het bouwwerk in één staart onder elkaar.

- b. Wanneer de Rijksgebouwendienst in staat is de outputspecificatie adequaat te laten overeenkomen met de reële gebruikersvraag zal naar mijn verwachting uitsluitend de geautomatiseerde verificatie tussen het ontwerp en outputspecificatie de ontwerper kunnen sturen richting een passend ontwerp. Het stimuleren van voortschrijdend inzicht van de opdrachtgever, en het meebeslissen bij belangrijke ontwerpkeuzen, blijft echter essentieel. Er zal dus altijd moeten worden gevalideerd. Tot de mogelijkheden behoort hier de opdrachtgever door middel van Virtual mock-up zelf toegang te geven tot informatie in de voor hem relevante informatie in de BIM database.

3. Output

- a. Na het ontwerpproces realiseert het consortium het bouwwerk op basis van een 'BIM database as designed', die volledig is getoetst op de gevraagde prestatie-eisen. De Rijksgebouwendienst krijgt hierbij na realisatie de beschikking over een 'BIM database as built' die direct worden ingezet als gebouwbeheerssysteem. De BIM databases worden opgezet door de consortia, deze modellen hoeven daardoor niet zelf te worden beheert door de Rgd, toegang is voldoende. Dit komt overeen met de wens van de Rgd geformuleerd in de BIM speech die hier ter volledigheid wordt herhaald:

Wij concentreren ons op de informatie die wij nodig hebben in de beheerfase van een gebouw. Zaken als clash-control tussen bouwkundige en installatietechnische elementen laten wij graag aan de consortia over. Wij gaan voorschrijven wat wij als informatie nodig hebben voor het uitvoeren van het contractbeheer en het vastgoedbeheer in onze totale voorraad. En omdat we voor ieder contract niet met nèt iets andere informatie te maken willen krijgen, gaan we die informatie strak genormeerd voorschrijven. Uiteindelijk willen we een situatie bereiken waarin we op elk gewenst moment toegang kunnen hebben tot die informatie. Geen groot eigen databasepark met BIM's, maar "toegang tot gevalideerde informatie" op elk door ons gewenst moment. (Jägers 2011)

5.4. Aanbevelingen vervolgonderzoek

5.4.1. Toepassing van het procesvoorstel

Het procesvoorstel in dit onderzoek is grotendeels een theoretisch voorstel opgebouwd uit analyses, signaleringen en onderbouwd door literatuur. Testcases zijn nodig om het voorstel daadwerkelijk te toetsen waarbij kan worden getest met het contractueel borgen van het proces.

Toepassing in verschillende processcenario's en (nieuwe) contractvormen

De toepassing van het onderzoek lijkt door de ketenintegratie te vragen om een geïntegreerd proces. Mogelijk zijn er echter andere contractvormen gewenst en mogelijk in combinatie met het procesvoorstel waarbij de verschuivende rollen in het proces beter tot hun recht komen. De architect zal bijvoorbeeld door de ketenintegratie moeten worden betaald voor werk dat in het huidige proces pas later in het proces wordt gedaan, misschien is een gedeeld contract wel een oplossing (Naus 2011).

Los van de contractuele constructie wordt er mijns inziens in een ontwerpproces altijd een generiek proces doorlopen van globaal naar specifiek, van abstract naar concreet. Deze generieke processen komen terug in de opbouw van de menukaart met geïntegreerde contracten die de Rijksgebouwendienst heeft opgesteld. Binnen de boxen vinden in essentie generieke processen plaats. De vraag is hoe dit procesvoorstel pas binnen de verschillende contractvormen en wat mogelijk interessante varianten en combinaties zijn. De in figuur 5.4.1 weergegeven menukaart van geïntegreerde contracten geeft een idee.

		Ontwikkeling			Uitvoering		
		Initiatief tot definitie	Ontwerp	Bouw	Gebouw- en installatiesonderhoud	Facilitaire diensten	Monitoring en supervisie
			(D)	(B)	(M)	(O)	
B	"Traditioneel"						
DB	Design & Build		DB overeenkomst				
DBF	Design, Build & Finance		DBF overeenkomst				
DBM	Design, Build & Maintain		DBM overeenkomst				
DBFM	Design, Build, Finance & Maintain		DBFM overeenkomst				
DBFMO	Design, Build, Finance, Maintain & Operate		DBFMO overeenkomst				

aparte overeenkomsten of eigen personeel
 Geïntegreerde overeenkomst

Figuur 5.4.1. Menukaart geïntegreerde contracten. (Rijksgebouwendienst 2009)

5.4.2. Onderbouwend onderzoek

Het gebruik van de 'BIM database as built' in gebruik, beheer en exploitatie

Na realisatie ontstaat er een enorme database bestaande uit prestatie-eisen en een informatie over het ontwerp, inclusief informatie over bijvoorbeeld het uitvoeren van de realisatie zelf. Aanvullend onderzoek is nodig om het vraagstuk hoe met deze 'BIM database as built' moet worden omgegaan te beantwoorden.

Bibliotheek van prestatie-eisen en BIM objectbibliotheek

In dit onderzoek is beschreven dat prestatie-eisen onafhankelijk zijn van ontwerp en context. In zekere mate kan daardoor een bibliotheek worden gemaakt met standaard prestatie-eisen voor activiteiten en gebruikers, bij wijze van catalogus. Onderbouwend onderzoek is nodig voor het invullen van deze bibliotheek. BIM objecten kunnen vervolgens worden gekoppeld aan prestatie-eisen zodat direct uit de BIM objectbibliotheek kan worden gekozen uit functievervullers.

Gerelateerd aan de bibliotheken is het vraagstuk voor flexibiliteit en uitwisselbaarheid. Welke 'activiteiten x gebruikers' hebben dezelfde comforteisen, welke objecten komen in aanmerking voor deze activiteiten? De uitwisselbaarheid van plekken wordt daarbij interessant, binnen een gebouw of op stedenbouwkundige schaal.

Onafhankelijke toezichthouder

In dit onderzoek wordt een onafhankelijke toezichthouder geïntroduceerd op de toetsing van zichzelf door de opdrachtnemer. Cruciaal is om verder uit te zoeken in welke vorm deze toezichthouder(s) kunnen opereren en wie de toezichthouder bijvoorbeeld betaalt. Wordt de toezichthouder daarna nog gecontroleerd en gecertificeerd op onafhankelijkheid, en wie doet dat? Is het mogelijk dat de toezichthouder wordt betaald uit een –mogelijk algemeen/landelijk– fonds opgesteld door zowel opdrachtgever(s) als opdrachtnemer(s)? Beide kanten van de tafel hebben baat bij goed en transparant toezicht en een goede onderlinge verstandhouding tussen opdrachtgever en opdrachtnemer; zijn partijen bereid hiervoor de betalen? (Onafhankelijk toezicht in de vorm van een TIS kost ongeveer 1% van de kosten in ontwerpfase (IBR 2011).

5.4.3. Aanvullend onderzoek

Managementstrategieën bijbehorende bij het procesvoorstel

Voor het management van het procesvoorstel zijn er per fase van het ontwikkelproces verschillende strategieën mogelijk. In figuur 5.5.3 zijn mogelijke strategieën weergegeven.

	Niveau van onzekerheid	Probleem	Management van de project ontwikkeling	Management vorm (De Leeuw, 2002)	Strategie (Werkman et al, 2005)	Oplossing
Complexiteit en participatie ↓	1 Zeer laag	Standaardisatie	Routine/lijn management	Open lus sturing	Kracht strategie	Altijd hetzelfde resultaat
	2 Matig	Samenwerking vereist	Project management	Feedback sturing	Geplande strategie	Voorafgaand bepaald resultaat
	3 Redelijk	Coördinatie beleidsterreinen	Programma management	Feedforward sturing	Onderhandeling strategie	Voorafgaand bepaalde doelstellingen
	4 Hoog (ook dubbelzinnig)	Niemand heeft de leiding	Proces management	Meta management	Programmatische strategie	Mogelijke volgende stap
	5 Zeer hoog (ook dubbelzinnig)	Niks is bekend	Improvisatie / workshop management	Intrinsiek management	Interactieve strategie	Iets

Figuur 5.4.2. Managementstrategieën. (Lousberg 2009a) (bewerkt)

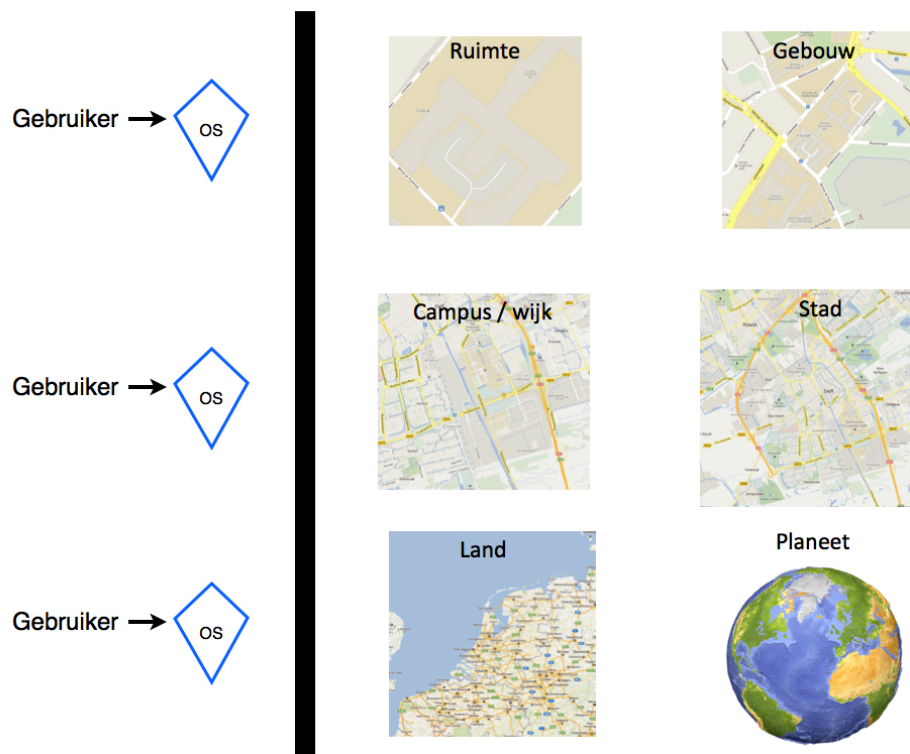
Globaal passen deze vijf strategieën –als strategie die domineert in de specifieke fase– in omgekeerde volgorde bij de vijf fasen van het ontwikkelproces.

- 5. Zeer hoge onzekerheid: Initiatief (probleem signalering, formulering gebruikersvraag)
- 4. Hoge onzekerheid: Initiatief (gebruiksvraag bepaald)
- 3. Redelijke onzekerheid: Specificatie: Feedforward
- 2. Matige onzekerheid: Ontwerp en realisatie: Feedback
- 1. Zeer weinig onzekerheid: Gebruik

Aanvullend onderzoek kan worden gedaan op de precieze toepassing van strategieën in combinatie met het in dit onderzoek beschreven procesvoorstel.

BIM op stedenbouwkundige schaal en Het Nieuwe Werken

Op stedenbouwkundige schaal zijn er diverse mogelijkheden voor het gebruik van BIM. In Moskou is het inmiddels zelfs verplicht om BIM te gebruiken in de Stedenbouw (Naus 2011). Gedurende het onderzoek heeft de mogelijkheid om prestaties van bouwwerken met elkaar uit te wisselen mijn aandacht getrokken. Op deze manier zou het mogelijk kunnen worden écht plekken op stedenbouwkundige schaal aan elkaar te verbinden.



Figuur 5.4.3. Koppeling van prestatie-eisen aan BIM op een grotere schaal.

Mijn visie is dat OS'en op gebiedsniveau op basis van de organisatie kunnen worden ingezet; het koppelen van plekken op gebiedsniveau. Beheersysteem bij de burelen kan vervolgens aangeven: ruimte 'x' wordt niet gebruikt op dinsdag van 10h-16h. Op campusniveau kunnen op deze manier ruimten worden gedeeld zoals collegezalen. Elke plek in een gebouw heeft een comfortklasse, veiligheidsklasse en uitstraling betreft beeld en luxe. Activiteiten kunnen op vergelijkbare plekken plaatsvinden, of het nu thuis is, op kantoor of in een café.

De gevolgen van vroege geautomatiseerde feedback voor –de competitie tussen– ontwerpers.

Het versnellen en automatiseren van feedback in de vroege fasen van het ontwerpproces brengt een discussie met zich mee. Deze discussie betreft de vraag of ontwerpers door de directe feedback hinder ondervinden in het creatieve proces om te komen tot innovatie en verbetering. Mijn visie hierop is dat de feedback moet worden beschouwd als hulpmiddel bij het beoordelen van lastige afwegingen in het ontwerp en 'spellingscontrole', waardoor eenvoudig varianten kunnen worden getoetst. Chuck Eastman (2009) ondersteunt hierin door te beschrijven dat "vroege feedback het mogelijk maakt voor jonge ontwerpers om sneller onschatbaar waardevolle ervaring te verkrijgen door het gebruik van virtuele architectuur beoordelingen, en het faciliteren van snellere totstandkoming van nieuwe ideeën in praktijk". Mijns inziens kunnen hierdoor onervaren ontwerpers sneller in aanmerking komen voor complexe ontwerp opdrachten waarvoor normaliter zonder BIM ervaring is vereist. Het bouwwerk kan namelijk in een vroeg stadium worden beoordeeld, de hoeveelheid informatie door feedback is hoog en daardoor de onzekerheid laag. Indien het de jonge ontwerper niet lukt om tot een adequaat bouwwerk te komen kan worden besloten andere –meer ervaren– ontwerper(s) aan te stellen. Mijn verwachting is dat dit kan resulteren in een eerlijkere competitie tussen de ervaren en onervaren ontwerpers, wat kan bijdragen aan innovatie en verbetering omdat ontwerpers primair kunnen worden gekozen op basis van –innovatieve– ideeën en capaciteiten in plaats van resultaten uit het verleden. Mogelijk zijn hier ook tussenvormen mogelijk waarbij een ervaren of lokale ontwerper als specialist het ontwerp van een onervaren ontwerper beoordeeld. Aanvullend onderzoek is nodig om deze verwachting en varianten te kunnen toetsen.

5.5. Epiloog

In deze epiloog zal ik op de theorie, praktijk, mijn werkproces en resultaten reflecteren. Ik ben van mening dat het afgelopen afstudeeronderzoek een bijzonder proces en product met zich mee heeft gebracht. De reden dat dit onderzoek bijzonder is, is voor een groot deel omdat direct vanaf het begin van het onderzoek bleek dat er momenteel nog relatief weinig is gepubliceerd over BIM en prestatie-eisen. En wat erover is gepubliceerd beslaat vooral het product, niet het proces. Dit brengt enerzijds het nadeel met zich mee dat ik niet verder heb kunnen bouwen op bestaande definities, anderzijds is de kans ontstaan om zelf voor dit onderzoek geschikte definities te stellen, wat dan ook een essentieel onderdeel van dit onderzoek is geworden. Opvallend hierbij is bijvoorbeeld dat gesprekken in bijna alle gevallen begonnen met de vraag: “wat is jouw definitie van BIM?” Ik heb hierbij in het duidelijk maken van de definities zo veel als mogelijk gebruik gemaakt van ondersteunende schema's, wat altijd verhelderend werkte. Na een aantal testversies en commentaar vanuit mentoren en praktijk bij bijvoorbeeld de Rijksgebouwendienst bleken de primaire elementen van het onderzoek goed gedefinieerd. Hierdoor kon ik verder gaan bouwen aan de koppeling tussen de elementen prestatie-eisen en BIM.

Op de huidige praktijk

Het gegeven dat er voor mijn onderzoek geen direct toepasbare definities waren betreft het BIM proces is deels te verwijten aan het gegeven dat er naast de theorie ook nog weinig praktijkervaring is omtrent het gebruik van prestatie-eisen en BIM, laat staan in een combinatie tussen beide. In toenemende mate worden op dit moment testcases uitgevoerd, maar gefundeerde resultaten zijn er nog niet. Wél moet hierbij worden opgemerkt dat na het –in binnen- en buitenland– uitvoeren van meerdere testcases met zowel prestatie-eisen als BIM mijns inziens inmiddels de hype voorbij is. Hierdoor is het proces van bezinning op prestatie-eisen en BIM begonnen; de kansen en problemen worden serieus genomen, beschreven en aangepakt. Het doel van dit onderzoek is dan ook om direct op dit bezinningsproces in te spelen door met het aangeven van de potentie en aandachtspunten van een koppeling te ondersteunen in het zetten van een stap voorwaarts.

Op mijn werkproces

In mijn denk- en werkproces ben ik in de zoektocht naar het formuleren van de koppeling regelmatig diep ingegaan op het oplossen van huidige praktische vraagstukken. Deze werden bijvoorbeeld vernomen tijdens gesprekken gedurende mijn stage bij de Rijksgebouwendienst. De vraagstukken besloegen vaak specifiek óf het deel prestatie-eisen, óf het deel BIM. Maar ook met andere verbredende vraagstukken heb ik me bezig gehouden zoals de potentie en problemen bij het toepassen van geïntegreerde contracten, in het bijzonder DBFMO. Ook hier is de Rijksgebouwendienst volop mee aan het oefenen. Door diep in te gaan op verschillende elementen heb ik mijn beschikbare tijd volledig kunnen inzetten om verdieping en verbreding te krijgen in mijn persoonlijke kennis en daardoor ook in het onderzoek. Het nadeel hiervan is echter dat definities en afbeeldingen soms in de koppeling van prestatie-eisen aan BIM te veel toe werden gespitst op specifieke problemen, waardoor de neiging ontstond afbeeldingen complexer dan nodig te maken. Na afloop van mijn stage is vanuit deze diepte teruggekoppeld naar het generieke ontwikkelproces, los van bijvoorbeeld contractvormen. De praktische problemen binnen de deelprocessen van het ontwikkelproces, zoals specifiek binnen het specificatieproces of het ontwerpproces, ben ik daardoor in toenemende mate als een generieke ‘blackbox’ gaan beschouwen waardoor ik mij meer kon gaan richten op het grotere plaatje van mijn afstudeeronderzoek. Wél is echter altijd het besef en bewustzijn gebleven van de problemen binnen de deelprocessen waardoor ik in staat ben gebleven zoveel als mogelijk met deze opgedane kennis rekening te houden om het procesvoorstel toepasbaar te houden.

–Fundamental simplicity is difficult to achieve and requires disciplined analytical skills to discriminate among staggering amounts of information– Pena en Parshall, 2001

Op de resultaten

In het toepasbaar houden van het procesvoorstel binnen de gestelde en ondervonden praktische kaders zit de complexe balans met het theoretisch ideaal. Mijns inziens is dit afstudeeronderzoek bedoeld om een lange termijn doel na te streven, maar dit doel moet niet utopisch zijn en daardoor onbruikbaar. In het rapport zijn daardoor lange termijn doelen beschreven, zoals de volledige implementatie van het procesvoorstel, maar ook korte termijn doelen zijn aangegeven, zoals het direct kunnen beginnen met het toepassen van BIM modellen in het analyseren van het ontwerp. Door de focus op de lange termijn in combinatie met het beschrijven van de huidige mogelijke toepassingen hoop ik dat er voor elke ketenpartner binnen de bouw aanknopingspunten zijn om door geïnspireerd te worden. Het uiteindelijke streven daarbij is om te komen tot een effectiever, efficiënter en transparanter bouwproces, waarbij met de beschikbare middelen een maximale kwaliteit van het bouwwerk vanzelfsprekend is.

Literatuur

- AFUL. (2011). "Interoperabiliteit." Ontvangen 28-11-2011, van <http://interoperability-definition.info/nl/>.
- Akintoye, A. and E. Fitzgerald (2000). "A survey of current cost estimating practices in the UK." Construction Management & Economics **18**(2): 161-172.
- Barrett, P. and C. Stanley (1999). Better construction briefing, Blackwell Science Oxford.
- BIMserver. (2011). "BIMserver." van <http://bimserver.org/>.
- Blyth, A. and J. Worthington (2010). Managing the brief for better design, Routledge.
- Boer de, M. (2011). Afstudeeronderzoek. "Op zoek naar kwaliteit door samenwerking. Onderzoek naar kwaliteitsborging en risicobeheersing bij de Rijksgebouwendienst." Rijksuniversiteit Groningen.
- Brink Groep (2006) "Model Ambitiedocument." Intern document Rijksgebouwendienst.
- Brink Groep. (2011). "Geïntegreerde contracten." Ontvangen 9-11-2011, van http://www.brinkgroep.nl/url/contractvorming_bouw.php.
- BuildingSMART. (2011). "Industry Foundation Classes - IFC." Ontvangen 15-05-2011, van buildingsmart.com/standards/ifc.
- CFdesign. (2012). "CFDesign Products." Ontvangen 31-01-2012, van <http://www.cfdesign.com/Products/Advanced-Module.aspx>.
- Cobouw. (2011). "Vermijdbare kosten " Ontvangen 02-01-2012, van <http://www.cobouw.nl/nieuws/algemeen/2011/03/09/vermijdbare-fouten-kosten-bouw-miljarden>.
- Dam ten, E. A. M., F. J. Smits, et al. (1996). Programma van Eisen. Instrument voor kwaliteitsbeheersing. SBR 258, Stichting Bouwresearch Rotterdam.
- Deming, W. E. (2000). Out of the Crisis, The MIT Press.
- Eastman, C. (2009). "Automated assessment of early concept designs." Architectural Design **79**(2): 52-57.
- Eastman, C. M., P. Teicholz, et al. (2008). BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, John Wiley & Sons Inc.
- Graphisoft. (2012). "BIM Explorer." Ontvangen 31-01-2012, van <http://www.graphisoft.com/products/bim-explorer/bimxios.html>.
- IBR (2011) "Contractbeheersing en toezicht. De Rijksgebouwendienst." Intern document Rijksgebouwendienst.
- ISO (2010a) "Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: methodology and format. NEN-ISO 29481-1."
- ISO (2010b) "NEN-ISO 15686-10:2010."
- Jägers, P. (2011) "BIM Speech." http://www.rgd.nl/fileadmin/redactie/Onderwerpen/Diensten/BIM_speech_Peter_Jaegers29062011.pdf
- Jong de, T., D. Voordt van der, et al. (2002). Ways to study and research, DUP Science.
- Jonge de, S. (2011a) "Interview 10-10-2011." Verslag in Bijlage 1.

- Jonge de, S. (2011b) "Interview 14-11-2011." Verslag in Bijlage 1.
- Kerpel, L. (2011) "Interview 14-10-2010." Verslag in Bijlage 1.
- Ketens & Netwerken. (2011). "Consortium." Ontvangen 9-11-2011, van <http://www.ketens-netwerken.nl/begrippen#bu>.
- Klein Heerenbrink, H. (2011) "Gesprek bij Rijksgebouwendienst, 27-09-2011."
- Leicht, R. M., S. Kumar, et al. (2010) "Gaining end user involvement through virtual reality mock-ups: a medical facility case study."
- Leusen van, M. (2011) "Interview 18-11-2011." Verslag in Bijlage 1.
- Lousberg, L. H. M. J. (2009) "MSc1a: AR1R040, Real Estate & Housing Development. TU Delft. General Introduction."
- Meel van, J. (2011) "BriefBuilder presentation." http://www.briefbuilder.nl/downloads/BriefBuilder_presentation.pdf
- Mitossi, V. (2011) "Gesprek 19-09-2011." Verslag in bijlage 1.
- Mohus, F. (2007) "Development of Solibri Model Checker (SMC) Accessibility Rules Set for checking Building Information Models."
- Naus, M. (2011). "De nieuwe machthebbers." Vitale Stad **10**(14).
- Pena, W. and S. Parshall (2001). Problem seeking: an architectural programming primer, John Wiley & Sons Inc.
- Rijksgebouwendienst (2008). "Outputspecificatie Belastingdienst Doetinchem."
- Rijksgebouwendienst (2009). Geïntegreerde contractvorming. Intern document Rijksgebouwendienst.
- Rijksgebouwendienst. (2011a). "Maincontracting." Ontvangen 03-10-2011, van <http://www.rgd.nl/onderwerpen/diensten/maincontracting/>.
- Rijksgebouwendienst (2011b) "Rgd BIM Norm. Versie 1.0."
- Sanguinetti, P., S. Abdelmohsen, et al. (2012). "General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis." Advanced Engineering Informatics(0).
- Servicecentrum Scholenbouw (2011) "Outputspecificatie." <http://www.scsb.nl/aanbesteden/7.-outputsificatie.html>.
- Shen, W., Q. Shen, et al. (2012). "Building Information Modeling-based user activity simulation and evaluation method for improving designer-user communications." Automation in Construction **21**(0): 148-160.
- Smith, D. K. and M. Tardif (2009). Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers, John Wiley & Sons Inc.
- Solibri. (2012). "Solibri Model Checker." Ontvangen 31-01-2012, van <http://www.solibri.com/solibri-model-checker/>.
- STEPS. (2012). "Simulating Pedestrian Dynamics." Ontvangen 16-02-2012, van <http://www.steps.mottmac.com/>.
- Voordt van der, T. and H. Wegen van (2002). "Architectuur en gebruikswaarde." Uitgeverij Thoth, Bussum.
- Winch, G. M. (2010). Managing construction projects, Wiley-Blackwell.
- Zeegers, A. and G. Ang (2007). "Client involvement in performance based briefing in Public Private Partnerships procurement and the use of ICT: Dutch best practice."
- Zeegers, A. and K. I. Ang (2003). "State off the Art of Performance Based Briefing." Intern verkregen document.
- ZEEP Architecten (2011) "Interview 18-10-2011." Verslag in Bijlage 1.