



Hogeschool van Amsterdam

KENNISCENTRUM TECHNIEK

BETER BEHEER MET BIM

VAN INFORMATIEMODEL NAAR INFORMATIEMANAGEMENT

Willem Verbaan
Léander van der Voet
Jelle de Boer
Erik Visser
Diederik de Koe

PUBLICATIEREEKS HVA KENNISCENTRUM TECHNIEK

In deze publicatiereeks bundelt het Kenniscentrum Techniek van de Hogeschool van Amsterdam de resultaten van praktijkgericht onderzoek. De publicatie is gericht op professionals. Het ontsluit kennis en expertise die via praktijkgericht onderzoek van de HvA in en vanuit de Metropoolregio Amsterdam wordt verkregen. Deze publicatie geeft de lezer handvatten om tot verbetering en innovatie in de technische beroepspraktijk te komen.

Domein Techniek

Domein Techniek van de Hogeschool van Amsterdam is de grootste technische HBO van Nederland. Het domein bestaat uit elf technische opleidingen en twee technische leerroutes. Het palet aan opleidingen is zeer divers, van E-Technology tot Logistiek, van Bouwkunde tot Forensisch Onderzoek en van Maritiem Officier tot Aviation Studies.

Onderzoek bij domein Techniek

Onderzoek heeft een centrale plek bij domein Techniek. Dit onderzoek is geworteld in de beroepspraktijk en draagt bij aan de continue verbetering van de kwaliteit van het onderwijs en aan praktijkinnovaties. Het praktijkgericht onderzoek van de HvA heeft drie functies:

- Het ontwikkelen van kennis
- Ervoor zorgen dat (de ontwikkelde) kennis ten goede komt aan de beroepspraktijk en maatschappij
- Ervoor zorgen dat (de ontwikkelde) kennis doorwerkt in het onderwijs, inclusief de professionalisering van docenten

Domein Techniek kent 5 onderzoeksprogramma's die allen nauw gekoppeld zijn aan een deel van de opleidingen. De programma's zijn:

1. Aviation
2. CleanTech
3. De Stad
4. Forensisch onderzoek
5. Mainport Logistiek

Het HvA-Kenniscentrum Techniek is dé plek waar de resultaten van het praktijkgericht onderzoek worden gebundeld en uitgewisseld.

Redactie

De publicatiereeks is uitgegeven door het HvA-kenniscentrum Techniek. De redactie is gevormd door lectoren en onderzoekers van het domein Techniek van de HvA, eventueel aangevuld met vertegenwoordigers van bedrijven en ander kennisinstellingen. De redactie verschilt per publicatie.

COLOFON

Uitgave:

Hogeschool van Amsterdam

Kenniscentrum Techniek

<http://www.hva.nl/kenniscentrum-dt/>

Deze publicatie is op bovenstaande site als pdf te downloaden

Tekst:

Willem Verbaan

Léander van der Voet

Jelle de Boer

Erik Visser

Diederik de Koe

Eindredactie:

prachtig. Utrecht

Grafische vormgeving:

Abdelkader Nassiri (HvA)

Opmaak:

Nynke Kuipers

Drukwerk:

SDA Print +Media

Februari 2014

©Kenniscentrum Techniek,

Hogeschool van Amsterdam

SINGAPORE

Op 8 september 2011 organiseert de Building and Construction Authority (BCA) van Singapore in samenwerking met buildingSMART, een non-profit organisatie die BIM promoot, de competitie Design Asia Live@Singapore. Kortweg 'BIM buzz'. Deelname aan deze internationale BIM-ontwerp-wedstrijd is het officiële begin van BIM binnen de HvA.

21 teams uit vier verschillende landen krijgen een bouwlocatie in Singapore toegewezen met daaraan gekoppeld de opdracht om binnen 48 uur een ontwerp in BIM uit te werken. Het Nederlandse team is het enige Europese team. Onder de vlag van de HvA werkt een team van studenten van verschillende opleidingen van de HvA samen met studenten van andere opleidingsinstituten en enkele doorge-winterde professionals, twee keer de klok rond aan een ontwerp.

De deelname blijkt een groot succes. De jury verkiest het team van de HvA tot beste educatieve team. De winst was volgens het juryrapport toe te schrijven aan het feit dat 'the HvA BIM Lab team' het beste gebruik heeft gemaakt van duurzaamheid in het ontwerp. Daarnaast kent het team een hoge mate van professionaliteit en is het ontwerp compleet in elke fase van het ontwerp. BuildingSMART Singapore voorzitter William Lau: "De winnende teams hebben het vermogen en de integratie-mogelijkheden van BIM-tools gedemonstreerd gedurende de gehele projectcyclus. Van ontwerp tot voorzieningen en onderhoud, zelfs na voltooiing van het gebouw. De samenwerkingsmogelijkheden laten duidelijk het potentieel van BIM zien als tool om de productiviteit van de hele projectcyclus van een gebouw te verbeteren."¹ Een droomstart van BIM binnen de HvA!

Het winnen van de competitie is zeker ook de verdienste van Hans Bosma. Met zijn enthousiasme en kennis was hij een drijvende kracht binnen domein Techniek voor wat betreft de ontwikkeling van BIM in het onderwijs en onderzoek. Wij dragen deze publicatie dan ook graag aan Hans op.

1. http://www.news.gov.sg/public/sgpc/en/media_releases/agencies/bca/press_release/P-20110921-1.html?AuthKey=a9d418d1-82c9-1f49-89a9-dd54d0f9e9c6



1 INLEIDING.....09

1.1. Inleiding – een sector in transitie_09

1.2. Aanleiding 10

1.3. Doelgroep en scope 11

1.4. Doelstelling 11

1.5. Aanpak en uitvoering 11

1.6. Onderzoeksprogramma De Stad 12

1.7. Leeswijzer..... 13

2 KETENSAMENWERKING EN BIM..... 15

2.1. Ketenintegratie 16

2.2. BIM..... 17

3 SAMEN 'BIMMEN' 21

3.1. Verschuiving van 2D naar 3D 21

3.2. Snelheid van het werkproces 25

3.3. Samenwerking met een model 26

3.4. BIM in de bestaande bouwvoorraad 30

4 OPEN STANDAARDEN 33

4.1. Interoperabiliteit 34

4.2. Uitwisselen van data (IFC) 35

5 BIM IN BEHEER..... 43

5.1. Wat is BIM in beheer? 43

5.2. Beheer en facility management 44

5.3. Belang BIM in beheer 45

5.4. Total cost of ownership..... 47

5.5. Mogelijkheden van model 47

6 INFORMATIEMANAGEMENT IN HET BEHEER..... 51

6.1. Informatieoverdracht..... 51

6.2. Informatiebehoeftes 52

6.3. Informatiemanagement 54

6.4. Databeheer en informatiestromen 55

6.5. Open standaard in het beheer 55

6.6. Stappenplan 57

7 VOORUITBLIK, NIEUWE ONTWIKKELINGEN EN SMART CITIES 59

7.1. Nieuwe rollen: De architect van de 21^e eeuw. 59

7.2. Inleiding 60

7.3. VDC..... 60

7.4. Prestatiegericht ontwerpen 61

7.5. Cloud Computing..... 61

7.6. Smart City en nieuwe technologie. 61

BIJLAGEN..... 64

INFORMATIEBEHOEFTEs 64

VERKLARENDE WOORDENLIJST 66

ONDERZOEKSPARTNERS 71

LITERATUUR 72



1 EEN SECTOR IN TRANSITIE. CONTEXT VAN HET ONDERZOEK.

1.1 Inleiding – Een sector in transitie

Deze publicatie is de rapportage van het RAAK-Programma BIMming business van de Hogeschool van Amsterdam (HvA). De opkomst van het bouw-informatiemodel (BIM) is in dit programma onderwerp van onderzoek geweest. Op zowel technisch als procesmatig vlak. In deze publicatie leest u de resultaten van dit onderzoek. Ook leest u over innovaties in de bouw, over integratie van bouwprocessen en over de technologie van nu en morgen die een rol gaat spelen in de wereld van ontwerpen, bouwen en beheren.

Het onderzoek met de titel 'Ketenintegratie: ICT als vehikel voor een sterk MKB in de veranderende bouw-wereld' is uitgevoerd door het onderzoeksprogramma De Stad en is tot stand gekomen in samenwerking met de Stichting Innovatie Alliantie (SIA) in de vorm van een RAAK-subsidie. De relatie naar het onderzoeksprogramma Stad, of breder in HvA-verband 'Urban Management', is een logische exercitie in de context van de opkomende fenomenen Smart City en Smart Citizens.

In deze publicatie leest u de resultaten van het onderzoek. Daarbij dient aangetekend te worden dat de ontwikkelingen in bouw-ICT razendsnel gaan. Dit heeft het onderzoeksteam gedurende de onderzoeksperiode gaandeweg van inzicht doen veranderen.

Wat is RAAK?

RAAK staat voor 'Regionale Aandacht en Actie voor Kenniscirculatie'. De uitvoering van RAAK is in handen van het Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA. Praktijkgericht onderzoek heeft zich mede kunnen versterken in de beroepspraktijk door middel van het RAAK-programma. Bedrijven of instellingen krijgen met RAAK de ruimte om samen met een hogeschool concrete (innovatie-) vragen op te pakken en te beantwoorden. Netwerken van lectoren, onderzoekers, ondernemers, professionals en studenten leiden tot de ontwikkeling, circulatie en toepassing van nieuwe kennis door het bedrijfsleven, de publieke sector en hogescholen².

Het Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA financiert en stimuleert praktijkgericht onderzoek door hogescholen. Voor hogescholen is dit de basis voor een volwaardige tweede geldstroom voor praktijkgericht onderzoek. Onderzoek dat wordt gedaan in samenwerking met bedrijfsleven en publieke sector en cruciaal is voor de taak van hogescholen om nieuwe kennis te creëren en te verspreiden, voor het onderwijs en de beroepspraktijk.

Op 15 april 2013 werd het Convenant Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA ondertekend. Met dit convenant richtten OCW, NWO en de partners in de Stichting Innovatie Alliantie een regieorgaan op dat het praktijkgericht onderzoek van hogescholen financiert en stimuleert. Het regieorgaan heeft een plaats binnen NWO.

². www.regieorgaan-sia.nl

1.2 Aanleiding

Verstedelijking, klimaatverandering, wateropgave, duurzaamheid, veranderende werkvormen en ICT; De samenleving verandert voortdurend en steeds sneller (Verbaan, 2012). De opvattingen over de gebouwde omgeving en de stad veranderen daardoor ook. Trefwoorden zijn de toenemende complexiteit van de bouw, betrokkenheid van burgers (Collectief Particulier Opdrachtgeverschap (CPO) en wijkondernemingen), nieuwe toetreders en de integratie van contractvormen (D&C, DBFMO³ en alle varianten daarop). Ook de verschuiving van bouwen naar beheren, en in het kielzog daarvan een grotere aandacht voor de 'lifecycle' en de 'Total Costs of Ownership' (TCO) van gebouwen, evenals integrale processturing en nieuwe organisatievormen ('full service providers') zijn duidelijke trends.

Het intelligent beheer van een gebouw, gebied of stadsdeel wordt steeds evidenter van strategische waarde in de samenleving en haar ondernemingen. Het laat steden opleven met ontwikkelingen als urban farming, urban mining, smart grids en urban flows. Naast alle bekende voorbeelden van DBFMO in de infrastructuur, zien we steeds vaker nieuwe ontwikkelingen. Bijvoorbeeld op gebiedsniveau, zoals in Amsterdam het Food Center aan de Jan van Galenstraat⁴. Of op thematisch niveau, zoals Energie-Rijk in Den Haag⁵ waar een consortium een concessie heeft gekregen om op duurzame wijze warmte en koude te gaan leveren aan de centrale stad met al zijn Rijksgebouwen.

Transities in andere sectoren

Net als in de gebouwde omgeving vinden ook in andere werelden structurele veranderingen plaats. In dienstensectoren als de bancaire wereld en de transportsector heeft de introductie van ICT in de supply chains voor enorme veranderingen gezorgd. In de transportsector is 'Electronic Data Interchange' (EDI) het kernwoord bij uitstek. In de automotive, werktuigbouw en vliegtuigbouw domineren termen als 'Business Process Reengineering', 'Operational Excellence' en 'LEAN'. Er is welhaast geen branche meer denkbaar

waarin ICT geen sleutelrol speelt in het zodanig opnieuw organiseren van productieprocessen dat ze effectiever en efficiënter worden.

Meerdere malen zijn met procesoptimalisaties besparingen gerealiseerd van tientallen procenten. Het kan niet anders dan dat ook de wereld van de gebouwde omgeving zichzelf opnieuw moet uitvinden. Het 'oude geld' is op, de crisis is keihard toegeslagen en de grote opdrachtgevers vragen allemaal meer voor minder. De aanbiedende sector kreunt en mort, maar in toenemende mate zien we doorbraken die wijzen op geheel andere verhoudingen en geheel andere, betere prestaties.

Nieuw paradigma

Onze zoektocht naar de introductie van ICT in de gebouwde omgeving loopt langs systeemniveaus met nieuwe technologie, nieuwe systeemarchitectuur en nieuwe economie. Langs gebiedsniveaus met duurzame gebiedsontwikkeling en langs participatieniveaus met coöperaties en wijkondernemingen. Waarbij het topsectorenbeleid van de rijksoverheid met kenniscentra en private partijen mogelijk een sleutelrol speelt bij het definiëren van het nieuwe paradigma.

Ondertussen zien MKB-bedrijven in de bouwkolom tal van mogelijkheden – mits zij antwoorden vinden op de vragen die door de veelheid aan bovenbeschreven ontwikkelingen worden opgeroepen.

Vragen als:

- 'Ik wil mijn bedrijf positioneren als een bedrijf dat waarde hecht aan duurzaamheid. Daartoe moet ik bouwen en beheren beter op elkaar aan laten sluiten. Wat zijn zoal de mogelijkheden op dat vlak?'
- 'Wij willen een betere prijs/kwaliteit-verhouding voor de klant. Met minder faalkosten door betere samenwerking tussen partijen in de keten. Hoe kunnen wij dat vormgeven? Technisch, juridisch, enzovoort?'
- 'Burgers moeten in een eerder stadium betrokken worden bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen en investeringen. Kunnen 3D, simulaties en 'virtual reality' ons daarbij helpen?'

6. Diverse gesprekken en interviews met het MKB zijn in de beginfase van het onderzoek gevoerd

De praktijk leert dat bedrijven die met BIM werken (onder meer architecten, aannemers, installateurs) zich in de huidige economische situatie goed staande weten te houden. Dit heeft geleid tot de naam van het onderzoeksprogramma: BIMming Business.⁷

1.3 Doelgroep en scope

Het doel van onderhavig onderzoeksproject is om MKB-bedrijven te helpen bij het beantwoorden van BIM-gerelateerde kennisvragen, om zo de concurrentiepositie van het MKB in de regio te versterken. Dit bereiken we allereerst door state-of-the-art-kennis over procesoptimalisatie, ketenintegratie en bouw-ICT bijeen te brengen. Vervolgens is het zaak die kennis – aan de hand van door MKB-bouwbedrijven geformuleerde vragen – nader te ontwikkelen, toe te passen en te verspreiden.

Deze publicatie is bedoeld voor iedereen die interesse heeft in de ontwikkelingen in de gebouwde omgeving in combinatie met ICT. Voor docenten die meer willen weten over BIM en de innovaties hierin, tot professionals in de bouw die de mogelijkheden van BIM maximaal willen benutten. Zowel in de vorm van BIM als model(software), als in de zin van managementgereedschap. Waarbij we bovendien kijken naar BIM als proces en middel voor integratie van de bouwketen. Het onderzoek geeft inzicht in de definities, de stap van 2D naar 3D en de stap van 3D naar een informatiemodel dat veel meer te bieden heeft dan enkel een 3D-representatie van het gebouw.

Tot besluit hopen we studenten met dit onderzoek te inspireren, op ideeën te brengen en uit te dagen kritische vragen te stellen. Vragen die leiden tot scripties waarin nieuw onderzoek weer leidt tot nieuwe inzichten.

1.4 Doelstelling

De primaire doelstelling van BIMming Business is om de concurrentiepositie van MKB-bouwbedrijven in de regio te versterken. Dat doen we met onderzoek naar de uitdagingen van de veranderende bouwopgave voor MKB-bedrijven en door daar antwoorden en oplossingsrichtingen voor te zoeken. Uitgaande van de door MKB-bedrijven geformuleerde kennisvragen ver-

7. Zie www.BIMmingbusiness.nl voor meer informatie

zamelen we onder meer kennis op het gebied van bouw-ICT, passen die toe en stellen we die kennis vervolgens ter beschikking aan (andere) MKB-bedrijven.

1.5 Aanpak en uitvoering

Door de continue ontwikkeling van de bouw-ICT-markt is het onderzoek bewust uitgevoerd in drie fases. Eén onderdeel van het onderzoek bestaat uit deskresearch, het afnemen van interviews en het testen van bouw-ICT in het eigen BIM Lab op de HvA. Belangrijk onderdeel van deze eerste fase in het onderzoek is het inventariseren van de beschikbare software en de onderlinge bestandsuitwisselmogelijkheden tussen de verschillende aanbieders van software. Ook is gekeken naar een casus om de voordelen van 3D weg te zetten tegen 2D en in te zien wat het model daarnaast nog meer biedt.

Waar de eerste fase zich richt op BIM als model, software en de verschillen in werkwijze tussen 2D en 3D, gaat de tweede fase nadrukkelijk in op het model als informatiemodel. Wat betekent het als kwalitatieve informatiespecificaties gedigitaliseerd worden? Wat zijn de voordelen en waar liggen de aandachtspunten? In deze fase is ook gekeken naar het gebruik van een bouw-informatiemodel bij renovaties; hoe zijn processen te optimaliseren en hoe is informatie over het project in een model op te leveren?

De laatste fase van het onderzoek is toegespitst op de beheerfase van gebouwen. Gedurende het onderzoek is gebleken dat BIM een rol van betekenis gaat spelen in het beheer van vastgoed. De focus verschuift van de realisatie van een gebouw naar de gehele levenscyclus van een bouwwerk. Een vraag die in deze fase boven is komen drijven gaat over informatiebehoeftes. Wat wil een beheerder eigenlijk weten? En hoe kun je dat terug laten komen in een voor beheer en facilitair management werkend model?

Essentieel bij de ontwikkeling van kennis voor dit onderzoek bleek de samenwerking met het MKB. Van architecten, aannemers en installateurs tot beheerders. Via verschillende activiteiten is de kennis die is opgedaan in het onderzoek, samen met actuele nieuwe inzichten uit de markt, gedeeld met een groot publiek. Denk aan seminars en colleges op de hogeschool.

Bij de in deze rapportage gepresenteerde resultaten van het onderzoek moet worden aangetekend dat bouw-ICT zich razendsnel ontwikkelt. Dit heeft het onderzoeksteam gedurende de onderzoeksperiode regelmatig van inzicht doen veranderen. Hierdoor zijn de accenten verlegd van BIM als ontwerpomgeving, via BIM voor bouwmanagement naar BIM als een nieuw platform voor beheervraagstukken.

BIM Lab

Het hart van het onderzoek werd gevormd door het BIM Lab. Hier zijn inzichten getest en gevalideerd. In het BIM Lab was ruimte voor deskresearch (zie de literatuurlijst). Ook is er veel fieldresearch gedaan. Het onderzoeksteam bezocht 'koploperbedrijven' én bekeek of er in co-creatievorm nieuwe inzichten te ontwikkelen waren. En er zijn diverse congressen in binnen- en buitenland bezocht. Die formule bleek succesvol. Informatie is gedeeld via de website, workshops en twee succesvolle seminars.

Vanwege het gegeven dat BIM stormachtig evolueert, is aan het slot van deze publicatie een blik vooruit ontwikkeld. Gezien vanuit de scope van het onderzoeksprogramma De Stad geldt die min of meer als bijvangst van dit onderzoek.

1.6 Onderzoeksprogramma De Stad

Het onderzoeksprogramma De Stad van domein Techniek ontwikkelt kennis en instrumenten om grootstedelijke vraagstukken van de gebouwde

omgeving succesvol aan te pakken. De Stad werkt voor en met Amsterdam. Binnen het onderzoeksprogramma wordt het onderzoek verricht door lectoren, (docent)onderzoekers en promovendi.

Samen met het onderzoek vanuit domein Maatschappij en Recht en domein Economie en Management geeft het programma tevens invulling aan het HvA-speerpunt Urban Management.

Speerpunten

Het onderzoeksprogramma kent drie speerpunten die worden gezien als de meest belangrijke onderwerpen waar het in de bouwsector de komende jaren om zal draaien. Elk speerpunt wordt door een lector aangestuurd. Het gaat om:

- Transformatie
- Klimaat & Energie
- Ketenintegratie

De drie speerpunten zijn inhoudelijk en programmatisch verweven met de brede bachelor Built Environment, waarin Bouwkunde, Civiele Techniek en Bouwtechnische Bedrijfskunde zijn gebundeld.

Onderzoeksaanpak

Het onderzoek van De Stad is tweeledig:

Eenzijds wordt door lectoren en promovendi een onderzoeksfocus gelegd binnen het onderzoeksprogramma. Hierop wordt samen met het werkveld

RAPPORT 'BIM IN BEHEER BIEDT KANSEN'

Op 7 november presenteerde de HvA tijdens een congres in Stadion De Kuip het onderzoek 'BIM in beheer biedt kansen' aan een breed publiek uit de bouwsector. In deze publicatie verwijzen we zo nu en dan naar dit rapport met als doel een verdieping op het onderwerp dat we bespreken. U vindt het rapport 'BIM in beheer biedt kansen' op de website van het onderzoeksprogramma De Stad. In de publicatie komen aspecten naar voren die gedurende twee jaar in het onderzoeksprogramma De Stad over bouw-ICT aan de oppervlakte zijn gekomen.

Bij het onderzoek naar het gebruik van BIM in beheer is nauw samengewerkt met de Hogeschool van Amsterdam. Zowel Bureau Nieuwbouw als Facility Services van de HvA waren onderdeel van het onderzoek rondom de ontwikkeling van het Rhijnspoorgebouw. In deze publicatie vindt u een aantal renders van dat nieuwe gebouw voor Domein Techniek waarmee we hoofdstukken openen. Ze schetsen een beeld van wat komen gaat.

meerjarig (subsidie)onderzoek verricht of een promotieonderzoek gedaan. Het gaat hierbij om wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek.

Anderzijds zorgt een goede verbinding met de brede bachelor Built Environment voor extra onderzoeksprojecten en capaciteit. Docentonderzoekers geven richting aan thematische afstudeerateliërs die gekoppeld zijn aan de drie speerpunten. Studenten doen daarin onderzoek naar praktijkgerichte vraagstukken. Bruikbare resultaten dienen als data voor het onderzoek. Het werkveld wordt zoveel mogelijk betrokken bij dit praktijkgericht onderzoek.

Amsterdam

De HvA maakt deel uit van de hoofdstad van Nederland, met voor de bouwsector interessante kwesties als grootstedelijkheid, concentratie, centrumfunctie, bijzondere stedenbouwkundige structuur en architectuur, als ook stilstand en stagnatie van economie en bouw, klimaatvraagstukken en de veranderende bouwketen.

De Stad heeft als missie een bijdrage te leveren aan een toekomstbestendig Amsterdam en sluit met haar speerpunten goed aan op vraagstukken en ambities van onze hoofdstad. Samenwerking met partijen in en van Amsterdam dragen daaraan bij.

1.7 Leeswijzer

Tijdens het onderzoeksproject zijn verschillende vragen onderzocht. Een overzicht:

- Als we BIM bekijken als praktijkcase, wat zijn dan de overwegingen om als bedrijf of onderwijsinstelling over te stappen van 2D- naar 3D-modelleren?
- Op welke manier is relevante informatie te delen via een koppeling tussen verschillende softwarepakketten, om zo de werkprocessen te optimaliseren?
- Hoe kunnen we gegevens uit het bouwbestek digitaal en intelligent inzetten in het bouwproces en wat voor veranderingen zijn daarvoor nodig?

- Wat zijn de mogelijkheden van een BIM-werkmethodiek om processen te optimaliseren van renovatieprojecten bij woningcorporaties?
- Wat zijn de voordelen van BIM voor gebouw-eigenaren en facility managers?
- Hoe kunnen we de informatiebehoeftes van beheer en onderhoud opnemen in het ontwerp- en realisatieproces?

Deze publicatie stipt alle onderwerpen aan, maar de focus ligt vooral op de vragen die gericht zijn op het beheer met de inzet van het bouw-informatiemodel (BIM). Wat BIM is, en waarom de sector is gaan 'bimmen' wordt beschreven in hoofdstuk twee. Hoofdstuk drie gaat vervolgens verder door aan te geven waar de winst van BIM ten opzichte van het werken met 2D tekeningen zit. Het onderzoeksproject 'BIMming Business' steunt de ontwikkeling van open standaarden en open-BIM, daarom is onderzoek naar het gebruik van IFC onderdeel geweest van het programma. In hoofdstuk vier leest u over de samenwerking tussen software en de mogelijkheid om softwareonafhankelijk te werken.

Vanaf hoofdstuk vijf zoomt de publicatie in op de rol van de 'i' in BIM. Informatie in het bouw-informatiemodel is niet alleen bruikbaar tijdens het ontwerp en de bouw van het gebouw, maar ook tijdens de exploitatiefase. Hoofdstuk vijf en zes bieden inzicht in de mogelijkheden van BIM tijdens deze fase en beschrijven ook de propositie van BIM in het beheer door weer te geven welke voordelen te behalen zijn met BIM en waarom informatiemanagement een belangrijke rol gaat spelen in het beheren van vastgoed.

Hoofdstuk zeven biedt een inkijkje in de ontwikkelingen die gaande zijn in de gebouwde omgeving. Traditionele rollen in de bouwketen gaan veranderen door opkomst van nieuwe technieken en de opkomst van smart cities en smart citizens zullen onze steden gaan veranderen.

Achter in deze publicatie vindt u een verklarende woordenlijst met termen die in deze publicatie regelmatig naar voren komen.

In deze publicatie is gebruik gemaakt van twee eerder verschenen boeken van Willem Verbaan.

Blauwhof, G., Spiering, B., en Verbaan, W., (2013). Samen Sneller Slimmer, Innoveren in de bouw. Wageningen: Blauwdruk.

Verbaan, W., (2012). Nieuw krachtenveld, nieuwe paradigma's. Wageningen: Blauwdruk.



2 KETENSAMENWERKING EN BIM

Faalkosten zijn onnodige kosten tijdens een bouwproces. Bijvoorbeeld ontstaan doordat constructieve delen die niet goed op elkaar aansluiten, een bouwproces dat tijdelijk stil ligt doordat partijen niet op tijd beginnen of door te laat geleverde materialen. Of ont-

staan door vergaderingen die onnodig veel tijd kosten omdat deelnemers steeds wisselen of informatie niet overdragen, enzovoort. Vandaar ook het begrip 'faalkosten'. Het zijn kosten die voortkomen uit fouten, falen en miscommunicatie.



Wat de architect voorstelde



Wat de calculator berekende



Hoe de inkoper het bestelde



Wat de onderaannemer er van maakte



Hoe de uitvoerder het functioneel maakte



Wat de opdrachtgever eigenlijk wilde hebben

Figuur 2.1 Miscommunicatie in de keten leidt tot hoge faalkosten

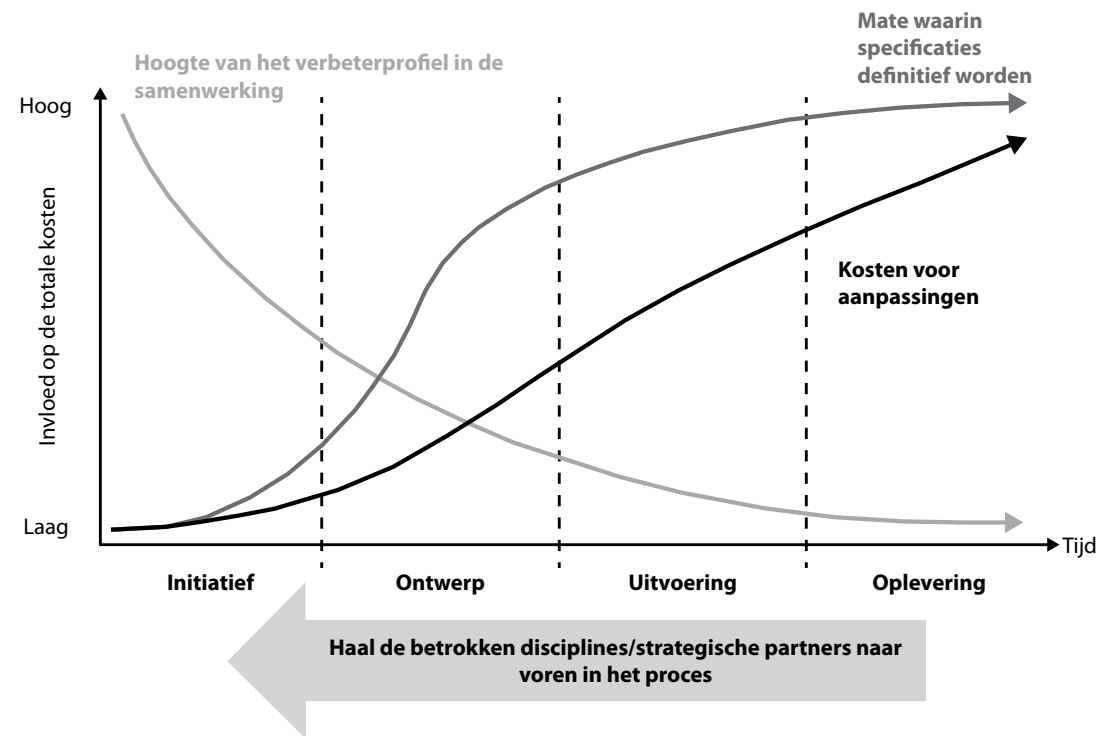
2.1. Ketenintegratie

In 2011 is in opdracht van Bouwend Nederland onderzoek verricht naar de achtergronden en beloften van ketensamenwerking in de bouw (Noordhuis, Vrijhoef, 2011). In dat onderzoek zijn een aantal begrippen gedefinieerd. Om spraakverwarring te voorkomen, nemen wij die definities over.

“Ketensamenwerking is het managen van activiteiten die gericht zijn op *de coördinatie van verschillende schakels in de keten, met als doel de gehele keten te optimaliseren als ware het één eenheid* (één gezamenlijke organisatie). Dit in tegenstelling tot de situatie waarbij iedere speler in de keten zich richt op het optimaliseren van zijn eigen individuele (schakel-) prestatie.” (Noordhuis, Vrijhoef, 2011, p. 5)

We onderscheiden drie niveaus van ketensamenwerking:

- 1 Het optimaliseren van de samenwerking *tussen mensen/afdelingen/teams binnen één business-unit* (intern);
- 2 Het optimaliseren van de samenwerking *tussen verschillende businessunits binnen één organisatie* (intern)
- 3 Het optimaliseren van de samenwerking *tussen verschillende zelfstandige organisaties* (externe ketensamenwerking).



Verbeterpotentieel in de verschillende fasen van het (nieuw)bouwproces

Afbeelding 2.2: Verbeterpotentieel bouwproces. Bron: Noordhuis, Vrijhoef, 2011

Van **ketenintegratie** is sprake als samenwerking een structureel karakter krijgt, bijvoorbeeld door vervlechting of integratie van bedrijven.

De belofte van ketensamenwerking is lagere integrale kosten tegen een (veel) hogere kwaliteit. De volgende factoren zijn (volgens Noordhuis, Vrijhoef, 2011) daarbij van belang:

- ‘Uitgangspunt bij ketensamenwerking is dat partijen langdurig met elkaar samenwerken. Omdat de samenwerking over de projecten heen in stand gehouden wordt, weet men dat de investeringen terugverdiend kunnen worden over een veelheid aan projecten. Daarnaast kan men met procesinnovatie aan de slag en met behulp van LEAN-technieken vaststellen hoe een ideaal samenwerkingsproces eruit zou moeten zien.’
- Een consequentie van ketensamenwerking is ‘dat de partijen in de keten die normaliter na elkaar in het proces aan bod komen, zo vroeg mogelijk in het proces worden betrokken.’
- ‘In ieder ontwerpproces zit de hoogte van het verbeterpotentieel aan de voorkant: in de initiatief- en ontwerpfase. Hoe later veranderingen op de agenda komen, hoe hoger de kosten om aanpassingen door te voeren. Andersom: hoe eerder partijen die verantwoordelijk zijn voor uitvoering en oplevering bij initiatief en ontwerp betrokken en geconsulteerd worden, hoe lager de kosten voor aanpassingen.’

2.2. BIM

Bouwinformatiemodel (BIM)

De essentie van een bouw(werk)informatiemodel, kortweg BIM, is dat alle gegevens over een object één keer ingevoerd worden en vervolgens aan alle partijen in de keten van ontwerpen, bouwen en beheren ter beschikking staan. Zo ontstaat er een eenduidig en gemeenschappelijk beeld van een object. Het is een model wat gedurende de gehele levenscyclus – van initiatief tot sloop – informatie en inzicht biedt over het object (zie afbeelding 2.3).

De digitale voorstelling van het bouwwerk in al zijn fasen representeert om te beginnen de fysieke (2D of 3D) werkelijkheid. Bovendien zijn extra dimensies toe te voegen: van 4D – tijd, 5D – budget en 6D – facility management tot en met nD⁸. Nog hogere dimensies zouden kunnen zijn: bouwlogistiek, energiegebruik, CO₂-uitstoot en duurzaamheid, inzet materieel, enzovoort. Op deze manier is een bouwwerk te visualiseren en zijn de processen van bouw, onderhoud en sloop al te simuleren vóórdat de bouw van start gaat. Een bouwwerkinformatiemodel omvat dus be-slist niet enkel de gegevens uit een 3D-CAD-teken-programma (CAD staat voor Computer Aided Design).

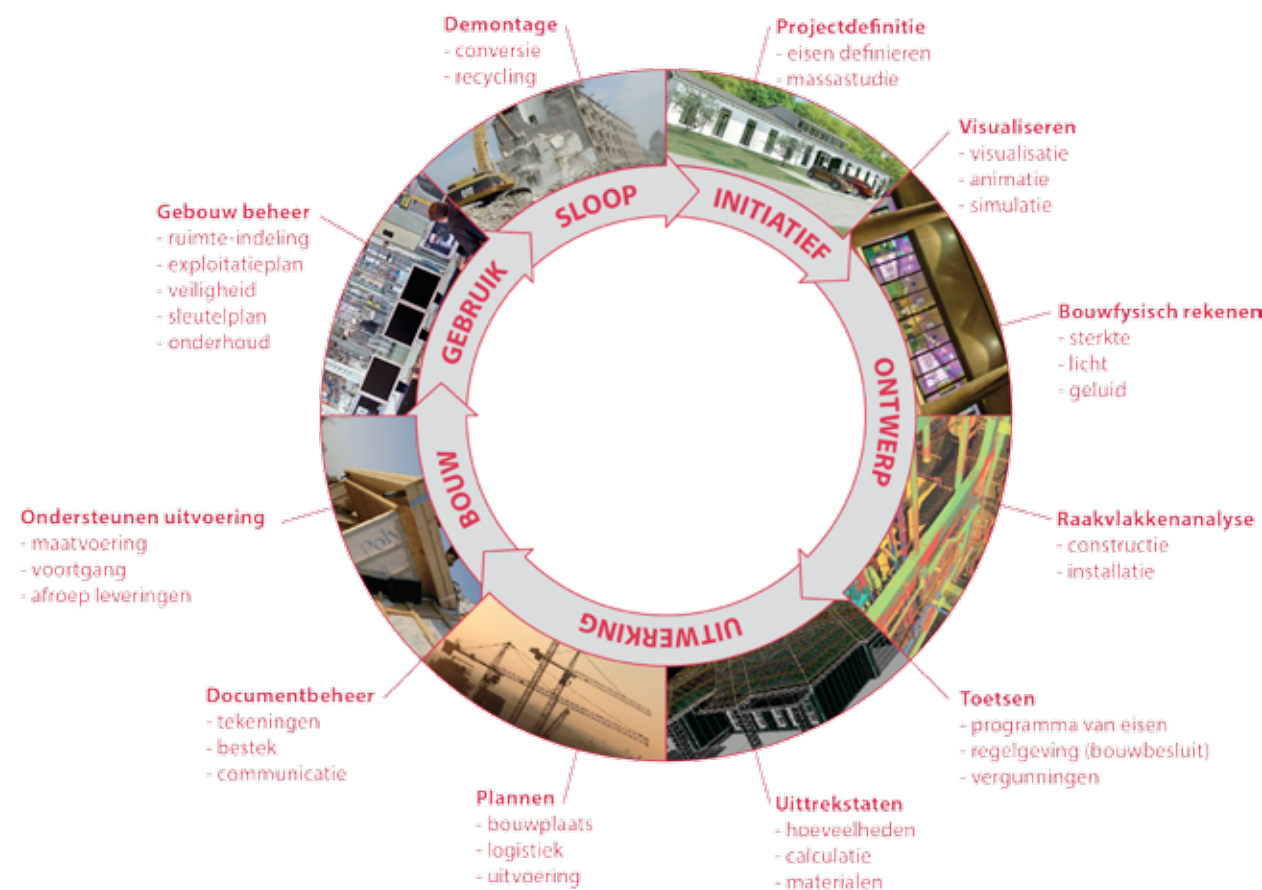
Systeemengineering

Door het opnemen van functies en eisen in het model is ook systeemengineering mogelijk. Dit is een methode om de complexiteit van infrastructurele ontwerp- en bouwprocessen het hoofd te bieden. Ook verificatie en validatie, methoden die borgen dat een opdracht-gever ook daadwerkelijk krijgt wat hij gespecificeerd heeft, laten zich vangen in een geautomatiseerde omgeving. De gegevens van het bouwwerk zijn verder, veelal gelijktijdig, door tal van disciplines te gebruiken voor bijvoorbeeld berekeningen, simulaties, aanpas-singen en presentaties met behulp van uiteenlopende softwareapplicaties. Cruciaal is dan wel dat alle appli-caties dezelfde gegevens gebruiken. Alle verschillende applicaties moeten eenduidig data kunnen uitwisselen met het bouwwerkinformatiemodel. Om dat te reali-seren zijn open standaarden nodig (zie hoofdstuk 4).

Data-uitwisseling

Een veelgehoord misverstand is dat een bouw-werkinformatiemodel een monolithisch model is – één database waar alle partijen hun data aan toevoegen. Daar is geen sprake van. Iedere vakman heeft zijn voorkeursgereedschap. De uitdaging is dan ook om die disciplinaire perfectie en zelfstandigheid te verbinden aan optimale data-uitwisseling. Bijvoorbeeld in de vorm van een BIM-server, distributed computing of cloud computing. Het informatiemodel bedient langs die weg alle partijen en is daarmee een middel om de productieketen te optimaliseren en faal- en trans-actiekosten te verlagen.

8. 4D en 5D zijn algemeen erkend, en staan voor tijd en geld. De uit-daging voor BIM in beheer is het toevoegen van aanvullende dimensies.



Afbeelding 2.3: Cyclus van initiatief tot sloop

BIM als bouw(werk)informatie-management

BIM heeft gaandeweg meerdere betekenissen gekregen. BIM is een ingrijpend andere manier van het delen van levenscyclusdata tijdens de levensduur van een gebouw. BIM is ook het proces van het genereren en beheren van informatie over een gebouw tijdens de levenscyclus. Het is een systeem dat in te zetten is als een instrument in de bouw en als gereedschap voor het beheer van de gebouwde omgeving. En het is gericht op lifecycle- en facility management waarbij de nadruk niet alleen ligt op het bouwproces maar zeker ook op het proces van beheer en onderhoud. Tot over-

maat van onduidelijkheid gaat BIM, tot besluit, naast bouw(werk)informatiemodel en als bouw(werk)informatie-management, ook nog wel eens door het leven als bouw(werk)informatiemodelleren.

Omdat BIM een nieuwe ontwikkeling is, is er veel spraakverwarring. Voor de één is het een 3D-model. Voor de ander een nieuw proces waarin de verschillende fasen in de levenscyclus van een object op elkaar betrokken worden. En voor weer een ander is het een virtuele omgeving waarin objecten worden ontworpen en gesimuleerd voordat ze gebouwd worden.

VDC

De laatste betekenis sluit aan bij het aan de Amerikaanse Universiteit van Stanford ontwikkelde concept Virtual Design and Construction (VDC): voordat een bouwproject daadwerkelijk van start gaat, worden zowel het gebouw, het proces én de organisatie van het bouwen virtueel gemodelleerd en gesimuleerd. In meerdere dimensies (nD-modellen). Onder meer ontwerp, constructies, installaties, budget, planning en bouwlogistiek maken deel uit van het VDC-bouwmodel en worden via simulaties virtueel op elkaar afgestemd om fouten in de bouwpraktijk te voorkomen en het bouwproces te versnellen.

VDC biedt ook een goede basis voor het inrichten van een (virtuele) digitale ruimte die de opdrachtgever, opdrachtnemer en andere stakeholders kunnen gebruiken en waarin de realisatie van het bouwwerk met het virtuele ontwerp realtime te volgen is. Betrokkenen kunnen continu de genomen beslissingen volgen en keuzes traceren. In onderling overleg is het dan relatief eenvoudig om bij te sturen. Zo ontstaan de condities voor een optimaal leer- en ontwikkelproces.

BIM en risicomanagement

Door de toenemende complexiteit van projecten en door de opkomst van geïntegreerde contracten staat risicomanagement de komende jaren hoog op ieders

agenda. Bij complexe projecten zijn allerlei disciplines betrokken. Dat betekent veel raak- en koppelvlakken tussen disciplines en momenten waarop informatie overgedragen moet worden. Met BIM zijn die overdrachtsmomenten en de daaraan gekoppelde risico's beter te beheersen omdat alle disciplines gelijktijdig in één modelomgeving werken, in plaats van in verschillende omgevingen op verschillende momenten. In jargon ook wel concurrent engineering genoemd.

Opdrachtgevers kunnen risico's beperken door regels te formuleren voor methoden en werkwijzen. Normen stellen voor het gebruik en de overdracht van informatie binnen BIM is daar een voorbeeld van. Daarnaast is systeemengineering een uitgelezen methode om complexe projecten te managen en risico's te verkleinen. Verder is er in toenemende mate sprake van het gebruik van specifieke risicomanagementmethoden zoals FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) – een analyse van de waarschijnlijkheid van storingen en de omvang van de gevolgen daarvan.

Ook opdrachtnemers verkleinen hun risico's met dergelijke methoden. Daarbij kunnen ze hun kennis en kunde bundelen en als consortium aanbieden, waarbinnen ketensamenwerking, ketenintegratie en keteninformatie de sleutelwoorden zijn.

BIM bij de Rijksgebouwendienst

In november 2011 heeft de Rijksgebouwendienst voor het eerst een BIM-norm uitgegeven. Dit is gedaan vanuit de behoefte aan concrete, betrouwbare en uniforme informatie over de eigen gebouwenwennvoorraad. Niet alleen vanuit het perspectief van contractmanagement en vastgoedmanagement, maar ook voor kwaliteitsmanagement en verantwoording. Ook wil de Rijksgebouwendienst bijdragen aan het terugdringen van faalkosten in de realisatie-, beheer- en gebruiksfases van gebouwen. Aangezien het van groot belang is dat alle digitale informatie van het bouwmodel gedurende de gehele levensduur van een gebouw te gebruiken is, is de BIM-norm van toepassing op alle lopende en toekomstige geïntegreerde contracten.

De actuele versie van de BIM-norm (februari 2013) stelt op allerlei aspecten geen of nog slechts algemeen geformuleerde eisen. De Rijksgebouwendienst wil met de norm vooral het aanbieden van BIM door leveranciers en het gebruik daarvan in de eigen processen op gang brengen. De gedachtegang is dat de daaruit voortvloeiende leerervaringen in de komende jaren uitmonden in nieuwe versies van de norm en uitbreiding naar andere contract- en aanbestedingsvormen.

Voor meer informatie over de RGD BIM-norm: www.rgd.nl



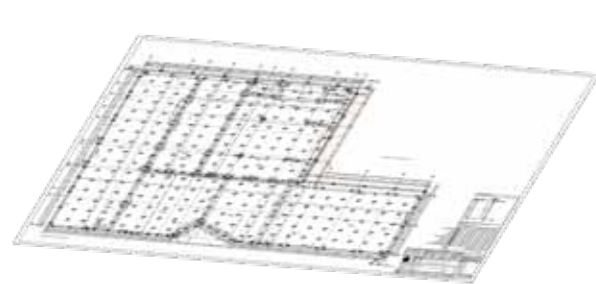
3 SAMEN 'BIMmen'

3.1. Verschuiving van 2D naar 3D

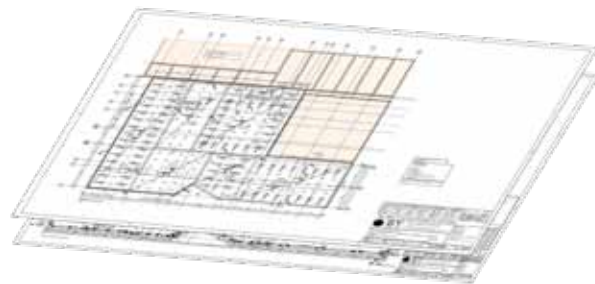
ICT heeft de afgelopen decennia diverse innovaties voortgebracht. De stap van 2D naar 3D is daar een exponent van. Verschillende industrieën zoals de (petro)chemie, vliegtuigindustrie en productontwikkeling werken al volop met 3D en 3D-printers. Naast 3D-printen, dragen ook virtual reality, augmented reality en de gamingindustrie bij aan de ontwikkelingen in 3D. En we zien 3D-scans een enorme vlucht nemen. In combinatie met andere designtechnologieën

ontrolt zich een totaal nieuwe digitale wereld. Klaar voor integratie in dé ICT-innovatie in de bouw: BIM.

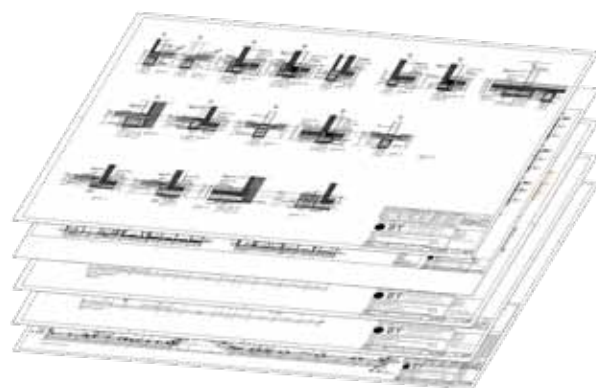
In hoofdstuk 2 is uiteengezet wat BIM is. Kijkend naar BIM als projecttool, als bouwwerkinformatiemodel, verandert er ten opzichte van de bestaande werkwijze veel als we in het werkproces de overstap maken van 2D naar 3D. In het onderzoek is gekeken naar de verschillen in de processen tussen 2D en 3D. Vanuit de praktijkvoorbeelden en interviews zijn duidelijke beweegredenen naar voren gekomen om de overstap te maken van 2D-tekenen naar 3D-modelleren.



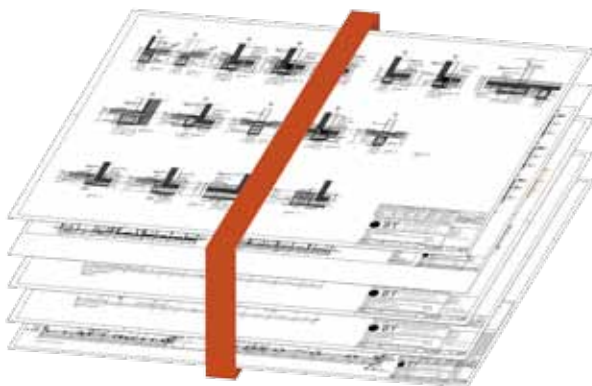
Afbeelding 3.1



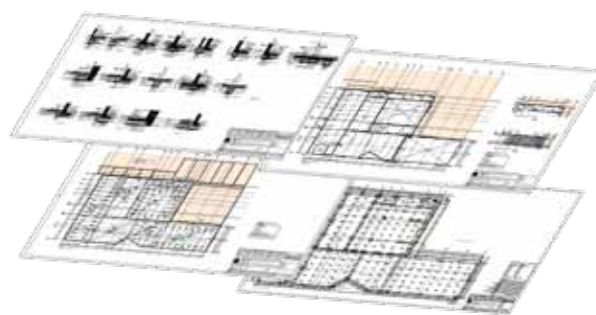
Afbeelding 3.2



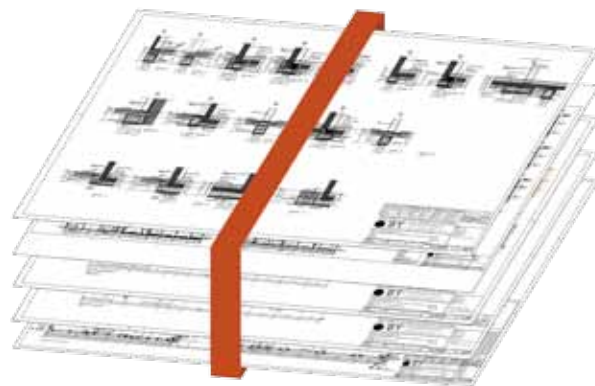
Afbeelding 3.3



Afbeelding 3.4



Afbeelding 3.5



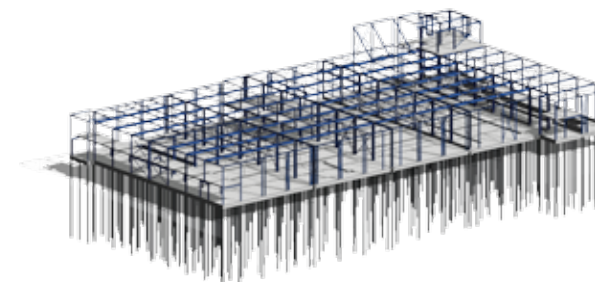
Afbeelding 3.6

De snelheid van de ontwikkeling van een project is sterk afhankelijk van factoren als grootte, betrokkenheid van partijen en complexiteit. Maar voordat we daarop ingaan, kijken we eerst naar de ontwikkeling van de 2D-teken- en de 3D-modelleerstream. In figuur 3.1 tot en met 3.6 is het ontwikkelen van 2D-tekeningen geïllustreerd:

Per tekening wordt dezelfde informatie verwerkt als op andere tekeningen (figuur 3.1, 3.2 en 3.3). Er vinden dus veel repeterende werkzaamheden plaats. Eenmaal afgerond, ontstaat een totaalpakket aan tekeningen dat verspreid kan worden onder andere partijen in het ontwerpproces (figuur 3.4).

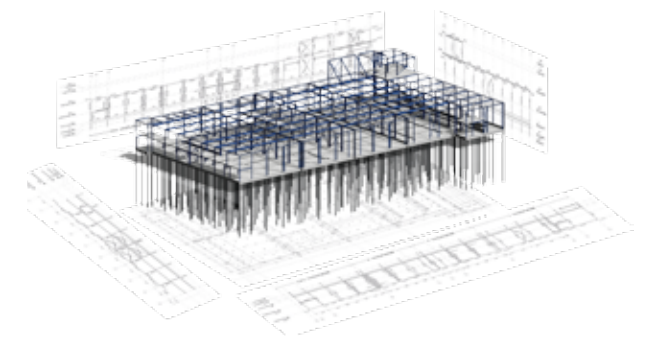
Voor een wijziging of wanneer nieuwe informatie over het project boven water komt, moet de technisch tekenaar alle tekeningen opnieuw aanpassen. Eén voor één (figuur 3.5).

Daarop kan er opnieuw een pakket met tekenwerk verspreid worden, net zo vaak als nodig is (figuur 3.6).



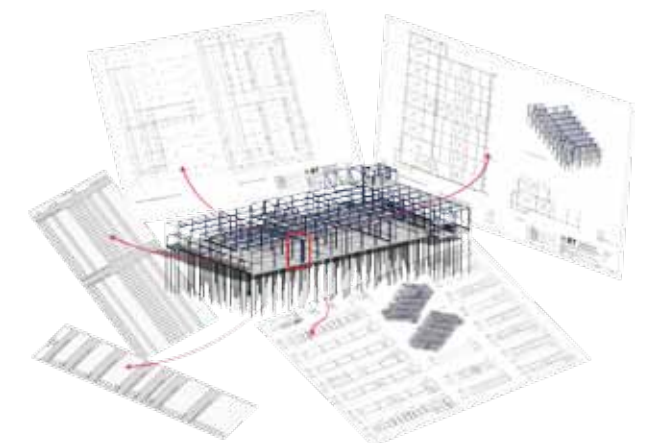
Afbeelding 3.7: 3D-model

De ontwikkeling van een project met een 3D-model is in vergelijkbare stappen (figuur 3.7 tot en met 3.9) gevisualiseerd. Het model biedt in vele opzichten andere mogelijkheden in vergelijking met het werken in een 2D-omgeving. Naast een beter inzicht in het gebouw en de koppeling van informatie aan het model, zijn wijzigingen veel sneller door te voeren.



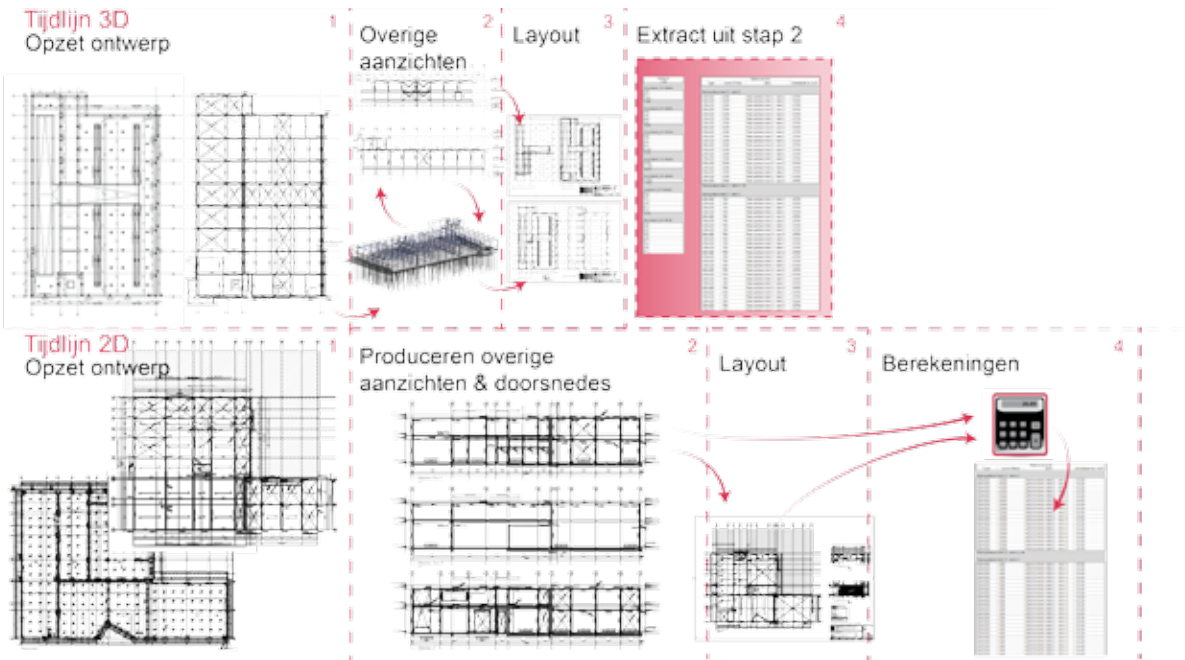
Afbeelding 3.8: 3D-model met aanzichten

Het 3D-model is opgebouwd uit objecten en elementen. Aan de objecten is informatie gekoppeld over bijvoorbeeld het materiaal, de lengte, het volume, sterkte-eigenschappen, leverancier, kleur, noem maar op. Het model wordt met elke stap intelligenter en vormt het begin van een database van informatie (figuur 3.7).



Afbeelding 3.9: Informatie uit 3D-model

Als het model staat, genereert het systeem direct aanzichten, plattegronden en doorsneden (figuur 3.8). Tekstueel informatie toevoegen is niet nodig. De informatie over de objecten is met 'één druk op de knop' zichtbaar te maken (figuur 3.9).



Afbeelding 3.10: Tijdlijn ontwerpproces

BIM en integraal ontwerpen op de HvA

Zeven weken lang hebben studenten van de opleidingen Bouwkunde, Civiele Techniek en Bouwtechnische Bedrijfskunde samengewerkt aan een ontwerp voor het Amstelkwartier in Amsterdam. Met een cursus Autodesk Revit en Autodesk Navisworks hebben zij hun ontwerp digitaal en in 3D, inclusief planning en calculatie, uitgewerkt; samen BIMmen! Eén van de resultaten ziet u hieronder. Het is een beeld van wat studenten in het tweede jaar van de opleiding in Navisworks hebben verwerkt.



Zoals gezegd, zijn met een paar kleine extra toevoegingen aan het model uittrekstaten te genereren met informatie over hoeveelheden, ruimtes en toegepaste materialen (figuur 3.9). Uitermate geschikt voor communicatie tussen de verschillende partijen in het bouwproces. Een wijziging? Nieuwe informatie? Met het doorvoeren van slechts één aanpassing, is het 3D-model weer helemaal up-to-date.

3.2. Snelheid van het werkproces

Als gevolg van bovenstaande werkwijzen, zijn de twee stromingen van het tekenen en modelleren tegen elkaar uit te zetten in een tijdspad (afbeelding 3.10). Dit leidt tot inzicht in het verschil tussen de werkprocessen.

Stap 1

Zowel met het tekenen als modelleren is de eerste stap in het opzetten van het tekenwerk het uitzetten van de plattegronden. De praktijk leert dat hier nog geen grote tijdswinst voor één van beide te boeken is.

Stap 2

In de tweede stap komt het verschil tussen tekenen en modelleren duidelijk tot uitdrukking. Het verschil is eenvoudig te verklaren door de aanwezigheid van dimensies die met het modelleren al zijn geïntegreerd. Waar het 2D-proces vanaf de eerste lijn aanzichten en doorsneden moet maken vanuit de plattegronden, zijn deze voor het modelleren al verzameld in de database. Door alleen aan te geven waar een bepaalde doorsnede moet komen, is de output in feite al klaar.

Stap 3

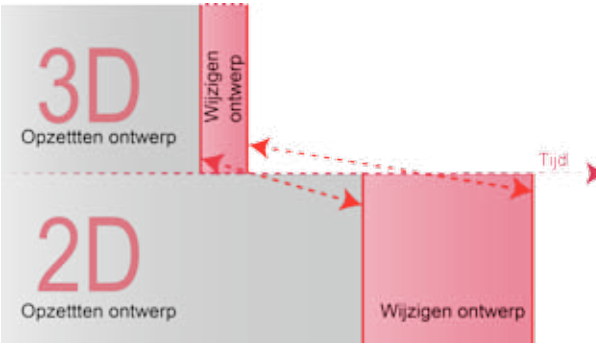
Om de tekeningen leesbaar en begrijpelijk te maken, worden de geproduceerde aanzichten, plattegronden en doorsneden verwerkt tot overzichtsbladen met tekstuele toelichtingen en legenda's. Essentieel materiaal voor de communicatie tussen de betrokken partijen. Voor zowel het tekenen als modelleren vergt het produceren van lay-outs een vergelijkbare hoeveelheid aan tijd.

Stap 4

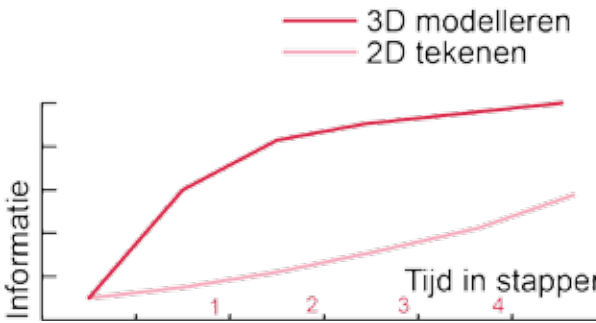
Stap vier is een directe vervolgstap uit het geproduceerde tekenwerk. Het in kaart brengen van bijvoorbeeld hoeveelheden, oppervlakten en kosten. Om data te verzamelen worden vanuit alle 2D-tekeningen maatvoeringen en hoeveelheden verzameld die ver-

volgens worden verwerkt in spreadsheets. Hierop zijn nieuwe berekeningen los te laten. De gegevens worden daarna handmatig (opnieuw) ingevoerd om informatie te verkrijgen.

Met het 3D-model zijn deze stappen niet nodig; de gegevens zijn al in het model verzameld en met een paar handelingen geëxporteerd naar spreadsheets. Het verschil in tijd – van opbouw tot gebruik en wijzigen – is in figuur 3.11 schematisch weergegeven. Het grote voordeel van het werken in 3D is dan ook het eenvoudig kunnen aanbrengen en moeiteloos verwerken van wijzigingen.



Afbeelding 3.11: Schematische weergave tijdlijn met invloed van wijzigingen in het ontwerp

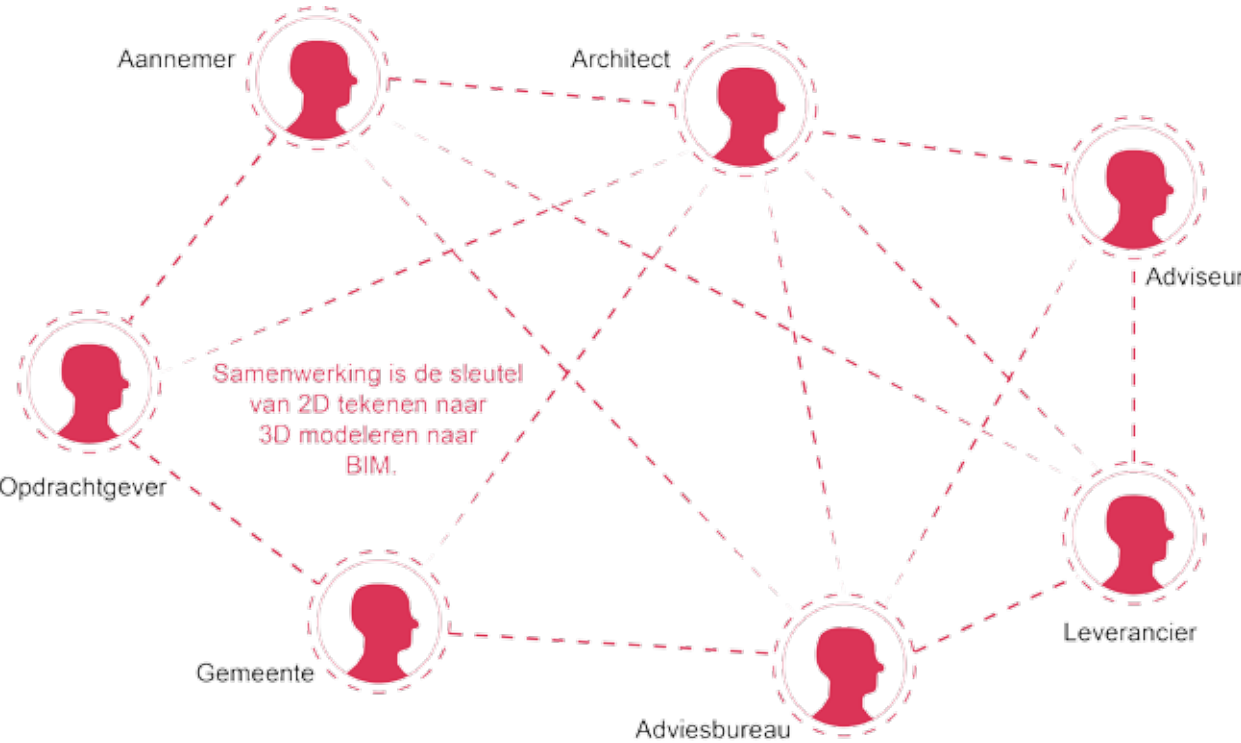


Afbeelding 3.12: Informatieverzameling ontwerpproces

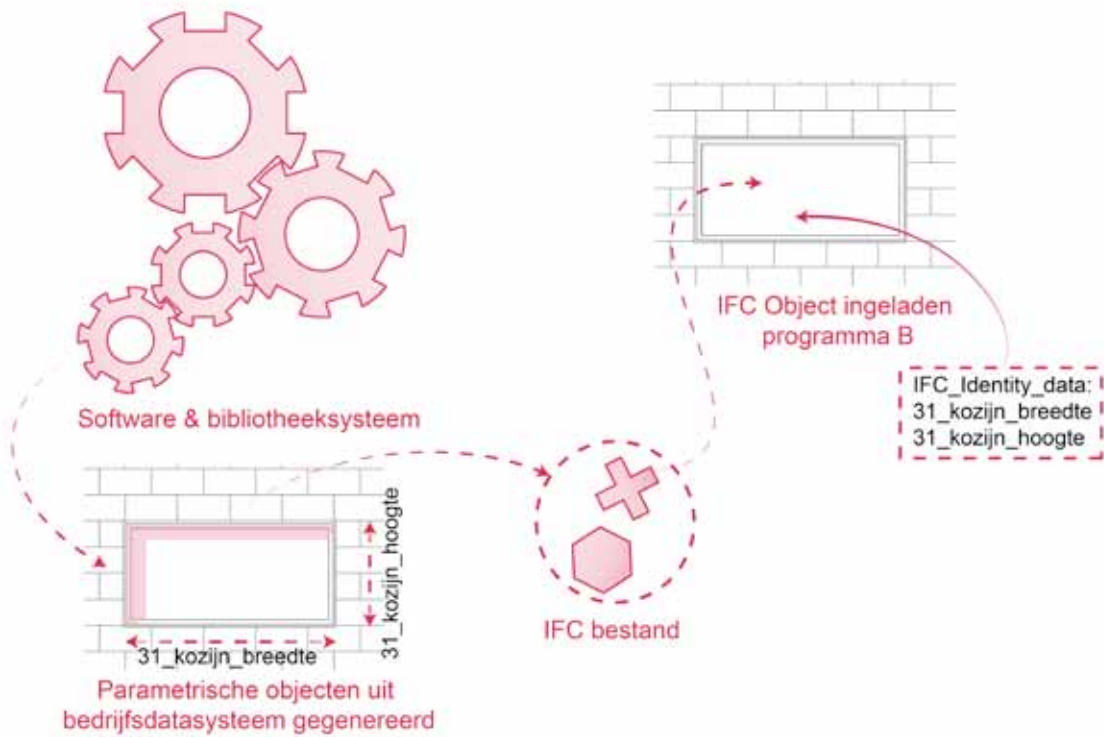
3.3. Samenwerking met een model

Elke partij heeft andere, eigen, communicatielijnen binnen een project. Werken in en met BIM is desondanks goed mogelijk, mits er duidelijke afspraken zijn gemaakt over de communicatie en verantwoordelijkheden binnen het project. Verder is het zaak om informatie zoveel mogelijk centraal te delen zodat iedereen met de laatste data van het betreffende project werkt. En het combineren van werkprocessen biedt tot besluit een aanvullende extra solide basis voor een integrale manier van samenwerken.

Doordat verschillende partijen informatie uitwisselen, is stap één om goed af te stemmen wie welke informatie deelt en wie daar verantwoordelijk voor is. Een veelvoorkomend misverstand is dat partijen denken dat zij hun hele bedrijfssysteem en databibliotheken moeten delen met de andere partijen. Dat is niet het geval. Bij correct gebruik van BIM wordt alleen die informatie gedeeld die van toepassing is op het project. Niet de techniek of ander zaken die daar weer achter zitten. Het gebruik van de IFC als open standaard beschermt deze beperking ook (zie afbeelding 3.14).



Afbeelding 3.13: Samenwerken met verschillende partijen om werkprocessen te combineren



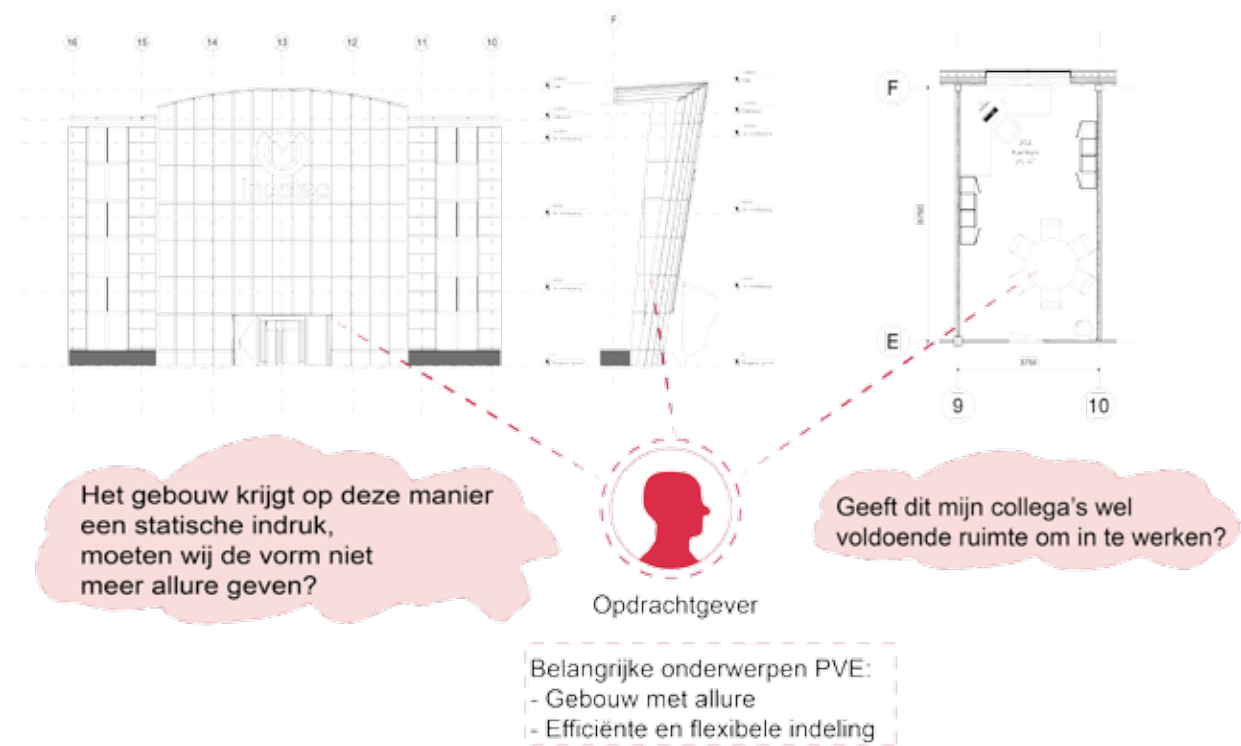
Afbeelding 3.14: Bescherming bedrijfssysteem en databibliotheken

Het IFC-bestand in bovenstaande afbeelding bevat enkel data over de geometrie, informatie over dimensies en overige zogenoemde identity data van het object (de eventueel aanvullende tekstuele objectinformatie). De modelleertechnieken en generatoren om de objecten te genereren, blijven zodoende buiten beeld voor de andere partij. Meer over het IFC-bestand is te lezen in hoofdstuk 4 dat ingaat op de rol van open standaarden.

Voordelen 3D voor opdrachtgevers
Met een 3D-model ontstaat meer inzicht in het ontwerp. Opdrachtgevers hebben baat bij een heldere voorstelling die duidelijk aantoonst dat het aan de eisen voldoet. Het visuele aspect speelt hierin een belangrijke rol: zien is geloven. Bovendien zijn aanvullende wensen met een 3D-model beter te bespreken en te verwerken in het project.

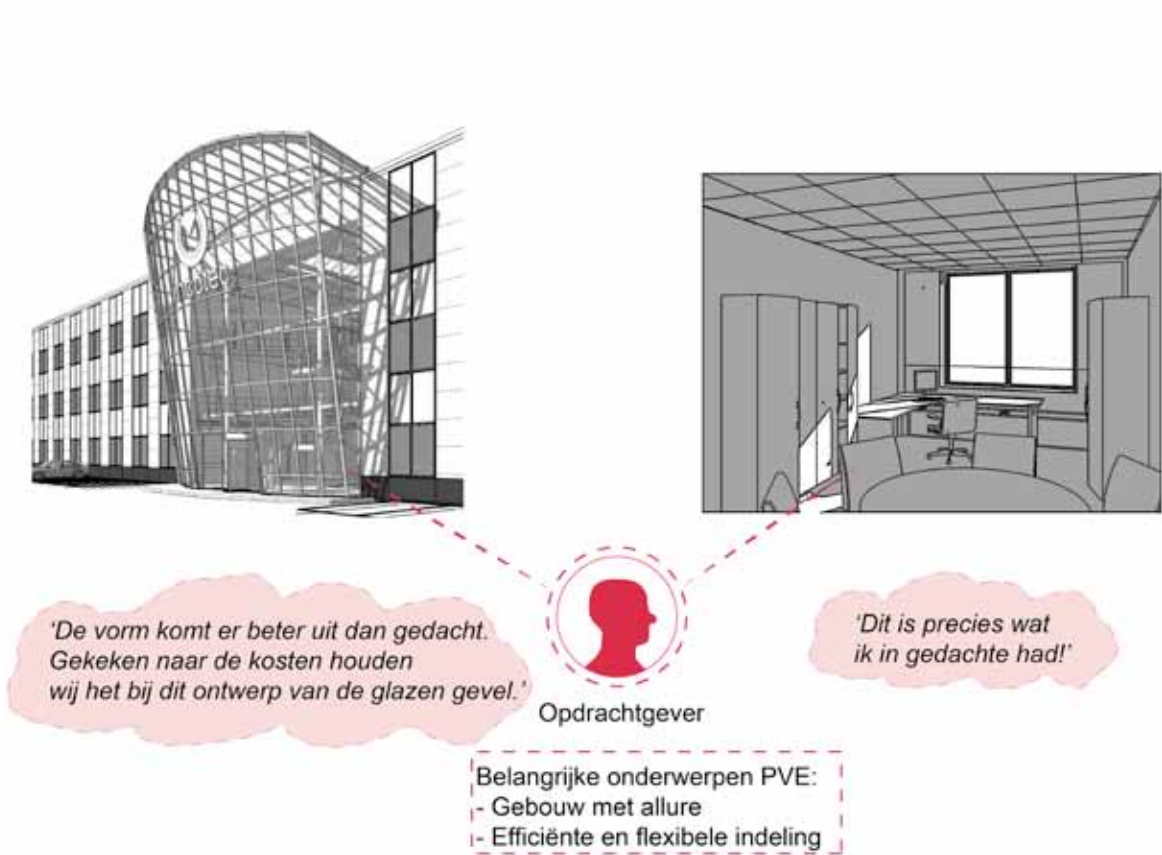
"Met een 3D-model kunnen wij het gebouw van binnen en buiten echt beleven"

Gedurende het onderzoek zijn meerdere gesprekken gevoerd met opdrachtgevers. Hieruit bleek dat maar weinig opdrachtgevers uit de voeten kunnen met technische 2D-tekeningen. Dit leidt soms tot problemen, omdat de verwachtingen van de opdrachtgever niet overeenstemmen met het tussentijdse resultaat: het te realiseren gebouw als 2D-tekening (figuur 3.15). Met alle gevolgen voor te maken ontwerpkeuzes van dien.



Afbeelding 3.15: Presentatie 2D-tekenwerk

Zodra de opdrachtgever in de ontwikkelfase van het project in een virtueel 3D-model al een duidelijk beeld krijgt van het ontwerp, is hij ook beter in staat zijn specifieke wensen over te brengen. Dit vergroot de kans dat de uitvoerende partijen precies dat gebouw bouwen dat de opdrachtgever oorspronkelijk in gedachte had. Onderstaande illustratie geeft een veelvoorkomende situatie weer die ook heeft gespeeld bij een onderzochte case. (figuur 3.16).



Afbeelding 3.16: Presentatie 3D-visualisaties

3.4. BIM in de bestaande bouw- voorraad

Er is sprake van een verschuiving in de bouwbranche. De bouwproductie of bouwomzet van nieuwbouw was altijd groter dan die van bestaande bouw (renovatie). Dit is in de laatste decennia veranderd. En het aandeel van bestaande bouw in de bouwomzet gaat de komende jaren nog meer groeien: de vraag naar renovatie neemt gestaag toe.

Uitvoerende partijen experimenteren op dit moment veel met BIM in nieuwbouwprojecten. De verbeterde processen voor communicatie, bouwprocessen en informatiemanagement zijn in dit model terug te vinden. Voor een vastgoedbeheerder als een woningcorporatie is het belangrijk om verder te kijken dan sec dit *bouwproces*.

Voor een vastgoedbeheerder zijn twee momenten geschikt om over te gaan op de BIM-werkmethodiek:

- Op het moment dat grootschalig onderhoud of renovatie plaatsvindt. Hier zijn tenslotte bouwkundige tekeningen voor nodig.
- Ten tijde van een reorganisatie van het archief. Door nieuwe ICT-technische innovaties is het archief eenvoudiger te beheren.

Dat de mogelijkheden van BIM bij renovatie voor een vastgoedbeheerder groot zijn, leest u in hoofdstuk vijf.

Scannen van vastgoed

Gebrek aan informatie en tekeningen in een verbouwproces betekent handmatig inmeten van alle variabelen. Dit kost veel tijd. Ook de foutmarge in het op deze manier vastleggen van de data is relatief groot. Daarnaast spelen praktische problemen een rol. Denk aan meten vanaf hoogte, rondingen en hoekdraaiingen. 3D-scanners bieden uitkomst: door met lasers punten te meten ontstaat een puntenwolk. Deze puntenwolk is met behulp van modelleersoftware snel om te zetten in een BIM-model.

Nauwkeurig, veelzijdig en snel

Een 3D-scanner scant het gebouw vanaf verschillende plekken, zowel buiten als binnen. Telkens vanuit een vaste en langzaam ronddraaiende positie schieten de scanners miljoenen pulserende laserstralen. Afhanke-

lijk van de werkzaamheden is de nauwkeurigheid van de hoeveelheid geschoten punten naar wens te verfijnen. Prefabricage vraagt bijvoorbeeld om een grote mate van nauwkeurigheid; de scanner moet dan meer punten schieten.

De scanner slaat de gegevens digitaal op, waardoor uiteindelijk een puntenwolk van het object ontstaat. In modelleersoftware is het mogelijk om – al dan niet via een extra applicatie – de puntenwolk in te lezen. Met de puntenwolk als basis werken modelleers vervolgens naar een BIM-model dat uitvoerende partijen kunnen inzetten in het bouwproces en uiteindelijk ook in het beheer.

Vermindering faalkosten

Accurate meetgegevens van 3D-scans verminderen de faalkosten in het bouwproces aanzienlijk. Het scannen van gebouwen lijkt dan ook de norm te gaan worden in een wereld waarin het werken met 3D en het in BIM verrijken van die informatie, de standaard wordt.

Woningcorporatie Provides heeft samen met haar projectpartner Hèt Facilitair Bureau, een bedrijf gespecialiseerd in het werken met BIM en laserscans, een complex gerenoveerd dat vooraf is gescand met een 3D-scanner. De scan vormde de basis voor het bouwwerkinformatiemodel waarmee de aannemer werkte. De inzet ervan maakte in dit project direct al duidelijk dat de vooraf gedane aannames over de ontwikkelingen niet overeenkwamen met de praktijk. Waarmee direct een eerste winst geboekt was.

Hoewel het scannen van een object nog prijzig is, zal bij grotere projecten het scannen natuurlijk verhoudingsgewijs voordeliger uitvallen. Bovendien zijn deze kosten in het beheer en de daaropvolgende renovatie relatief snel terug te verdienen.

Bouwcommunicatiemodel

BIM is in de bestaande bouwvoorraad ook goed in te zetten als communicatiemodel. Voor bewoners van een te renoveren woningcomplex is het vaak moeilijk om zich in het renovatieproces te mengen. Het ontbreekt vaak aan kennis, inzicht en voorstellingsvermogen om te doorgronden wat er op stapel staat. Terwijl het juist belangrijk is de gebruikers bij het proces te betrekken omdat ze vaak een scherpe kijk op het gebouw hebben. De communicatiemogelijkheden van BIM stellen bewoners in de gelegenheid om actief



Afbeelding 3.17: Van scan, via bouwkundig model naar render (Bron: Hèt Facilitair Bureau)

mee te denken met bijvoorbeeld woningcorporaties. Zo helpen vanuit BIM gegenereerde 3D-impressies de bewoners het gebouw en de plannen voor een renovatie beter te begrijpen.

Door de specifieke visie van bewoners op het complex mee te nemen in een bijgesteld ontwerp, is de woningcorporatie in staat een renovatie af te leveren die kwalitatief voor alle partijen de juiste meerwaarde biedt.



4 OPEN STANDAARDEN

BIM in Oslo

In 2009 nodigde de Noorse Rijksgebouwendienst Statsbygg iedereen uit om mee te ontwerpen aan de nationale trots: het nieuwe Nationaal Museum. Dit museum kreeg de beste plek in Oslo, dus moest het ontwerp van onderscheidende kwaliteit zijn. Om de beste ontwerpen uit de markt te halen en iedereen de gelegenheid te geven ideeën in te brengen, besloot de Noorse Rijksgebouwendienst een volledig transparante competitie uit te schrijven, waarbij de dienst gebruikmaakte van BIM, met open uitwisselstandaarden voor bouw-informatie.

De Rijksgebouwendienst leverde vervolgens het programma van eisen (PvE) online aan, samen met het 3D-omgevingsmodel. De ontwerpers konden op hun beurt dit PvE verwerken in hun BIM. Inclusief de beoordelingscriteria, zoals oppervlakte, budget en bepaalde meetbare duurzaamheidsaspecten (vooral energie).

Crowdsourcing

Meer dan 1200 geïnteresseerden downloadden het online programma van eisen. Er was veelzeggend veel nieuwsgierigheid naar deze nieuwe manier van crowdsourcen. Sommigen begrepen de transparante benadering niet. Ze ageerden zelfs tegen het gebruik van de open standaarden omdat ze zich buitengesloten voelde. Statsbygg antwoordde daarop dat de open standaarden er juist voor waren om niemand uit te sluiten, aangezien vrijwel alle (BIM)software de gevraagde gestandaardiseerde informatie kan creëren of verwerken.

237 ontwerpen

Uiteindelijk zijn er 237 ontwerpen online ingediend. Deze modellen werden direct ingelezen in een model-server, waarmee de ontwerpen niet als afzonderlijke bestanden werden opgeslagen maar, conform de open standaarden, als informatie in een database. Daarmee ontstond de mogelijkheid om de ontwerpen op vele

criteria te vergelijken: de open BIM-standaard zorgde immers voor de structuur om de informatie en alle 237 aanbiedingen op basis van gelijkwaardigheid van model te toetsen.

De kwaliteit van de aanbiedingen was van hoog niveau. Slechts 40 bestanden voldeden technisch niet aan de open BIM-standaarden. Dit betekent dat bijna 200 van de 237 (ruim 80 procent) deelnemers begrepen welke eisen de Rijksgebouwendienst stelde – wat aantoonde dat er voldoende interesse en draagvlak is voor het hanteren van BIM. Statsbygg besloot daarom voortaan voor alle projecten de open BIM-norm voor te schrijven.

Anoniem

Ondertussen werden de 200 resterende ontwerpen geanonimiseerd zodat de jury onpartijdig de modellen kon bekijken en beoordelen. Op exact dezelfde manier gepresenteerd en geanalyseerd, opgenomen in goed vergelijkbare presentatievideo's en fotorealistische renders. Ook zijn een aantal 3D-modellen geprint om deze fysieke maquettes vervolgens te presenteren in een tastbare omgeving.

Omdat Statsbygg het programma van eisen geïntegreerd had aangeboden, konden de analyses automatisch geschieden. Zo konden energiesimulaties en andere rekenkundige toetsen plaatsvinden, zoals toetsing van bouwsom, oppervlakte en lichttoetreding. Waarop uiteindelijk nog steeds ruim 35 modellen voldeden aan de uitgangscriteria. Een enorme keuze voor de opdrachtgever!

And the winner is...

Tot besluit boog de jury zich over uitstraling en architectuur. Het bleek een verademing om ontwerpen te beoordelen die om te beginnen alvast zeker aan de eisen en het budget voldeden. Van de ruim 35 overgebleven deelnemers zijn er uiteindelijk zes genomineerd, waarna er drie een betaalde ontwerpopdracht kregen. Het winnende ontwerp is de foto waarmee we dit hoofdstuk openen. Meer weten? Zie: www.statsbygg.no/Utviklingsprosjekter/Nasjonalmuseet/Fase-2-bidrag/

4.1. Interoperabiliteit

Vragen uit het MKB zijn aanleiding voor ons onderzoek naar de informatie-uitwisseling tussen verschillende softwareprogramma's⁹. De mogelijkheid om verschillende systemen met elkaar te laten communiceren met behulp van (open) standaarden, protocollen en procedures noemen we interoperabiliteit. In het onderzoeksprogramma is gekeken naar de ontwikkeling van vooral IFC (Industry Foundation Classes), het standaard uitwisselingsformaat voor BIM in de bouw.

Taal en standaarden zijn de bouwstenen van informatie-uitwisseling. Zonder deze bouwstenen is interoperabiliteit moeilijk te bewerkstelligen. En over standaarden gesproken... Volgens leden van de Bouw Informatie Raad (BIR¹⁰) is het meeste rendement uit BIM te halen als we werken met de nieuwe geïntegreerde contracten en met functionele, domeinspecifieke eisen. Echter, veel van die eisen moeten nog ontwikkeld worden. Eisen die op hun beurt weer aan een aantal voorwaarden moeten voldoen:

- Informatie moet zonder beperkingen uit te wisselen zijn.
- Eenduidige omschrijving van de wijze waarop gegevens worden vastgelegd en uitgewisseld.
- Eenduidige omschrijving van archivering en vastlegging van informatie, documenten, tekeningen, modellen, enzovoort.

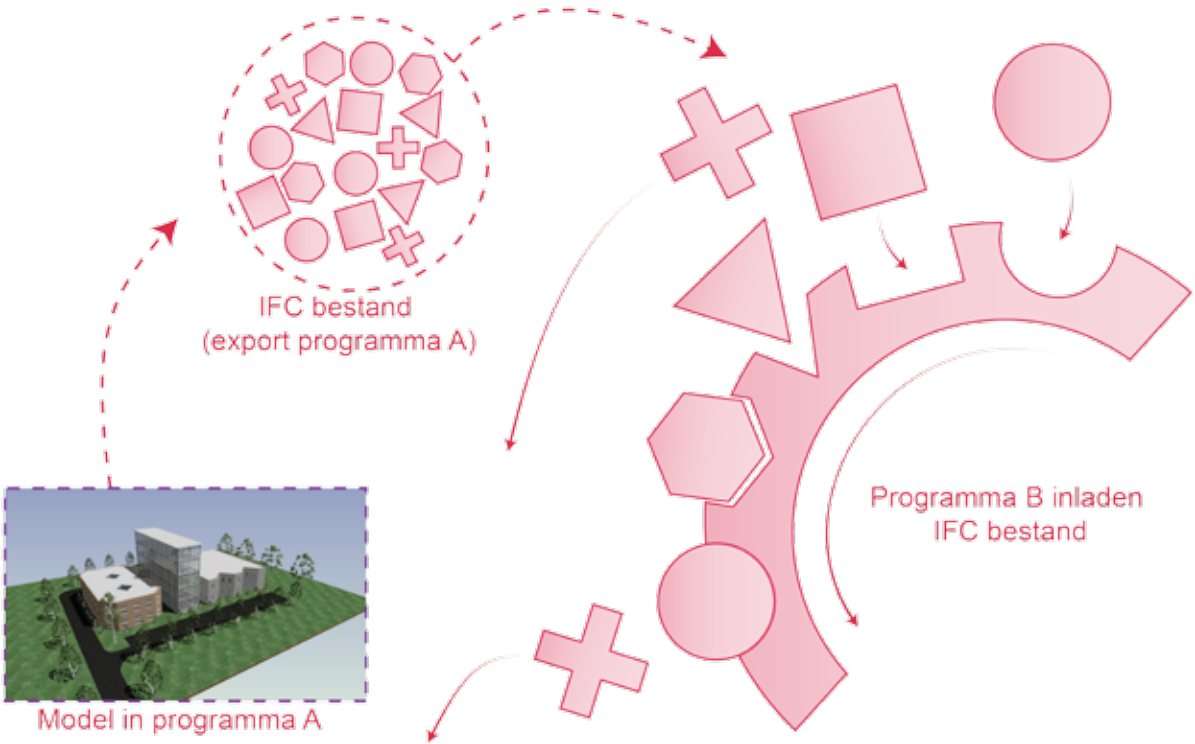
Het zou wat zijn als de bouw één taal ontwikkelt met regels over hoe betrokken partijen die taal gebruiken en hoe ze ermee samenwerken.

9. Gebruikte software in maart 2012: Autodesk Revit architecture, Archicad, MatrixFrame, Solibri, Autodesk Navisworks, Synchro.
10. Nationaal werkt de Bouw Informatie Raad (BIR) in samenwerking met de markt aan de standaardisering van informatie en de adoptie van BIM als werkmethode.

4.2. Uitwisselen van data (IFC)

Tijdens het RAAK-traject is gekeken naar de uitwisseling van data tussen 3D-, 4D-, en 5D-softwareprogramma's en de mogelijkheid om onderling te communiceren via IFC. Hiertoe moest elk van de programma's minimaal over de functionaliteit beschikken om een IFC-export te maken. Op het moment dat dat niet kan, is het tenslotte niet mogelijk een terugkoppeling te maken naar bijvoorbeeld het 3D-pakket (Autodesk Revit of Graphisoft Archicad).

Op het moment dat betrokken partijen niet in een BIM-server werken, moeten programma's onderling data uitwisselen. En daar wringt 'm meer dan eens de schoen. Voorbeeld: een gebouwmodel wordt geëxporteerd naar een IFC-bestand om er data aan toe te voegen voor de planning. Hierdoor ontstaat een nieuw IFC-bestand dat terug te koppelen is naar het modelleerprogramma, bijvoorbeeld Revit. Revit kent deze toegevoegde data niet en leest ze dus niet in. Gevolg: informatieverlies.



Afbeelding 4.1: Het principe van dataverlies

IFC

Voor het onderzoek gebruiken we het neutrale IFC-bestandsformaat als uitgangspunt. Het is op dit moment de meest volwassen en meest gebruikte open standaard voor BIM. In tegenstelling tot andere standaarden, heeft het IFC-bestand zich binnen de bouw al aardig bewezen. IFC is onafhankelijk; het is niet gebonden aan een specifiek softwarepakket. Alle partijen binnen het bouwproces kunnen met IFC op dezelfde eenduidige wijze data communiceren, zonder gegevensverlies. Voorwaarde is wel dat partijen IFC juist gebruiken.

BuildingSMART International beheert het IFC-formaat. BuildingSMART komt voort uit een stichting (International Alliance for Interoperability) die is opgericht om een betere samenwerking te bewerkstelligen in de bouw.

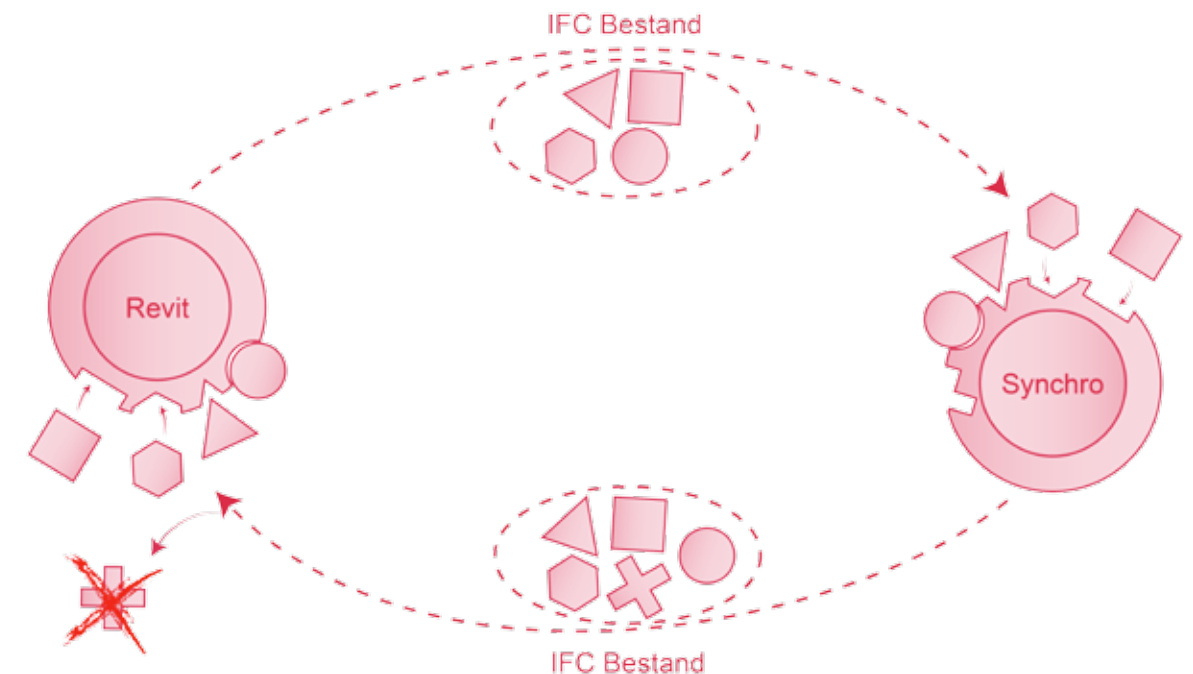
[illegible]

Afbeelding 4.2: IFC data

IFC in actie

Ook al claimen softwareleveranciers dat een koppeling met IFC mogelijk is; onderzoek wijst uit dat niet alle softwarepakketten alle objecten van een IFC-bestand correct interpreteren. Zoals schematisch weergegeven in afbeelding 4.1 maken we van het model in programma A een IFC-bestand. Dit bestand laden we daarna in

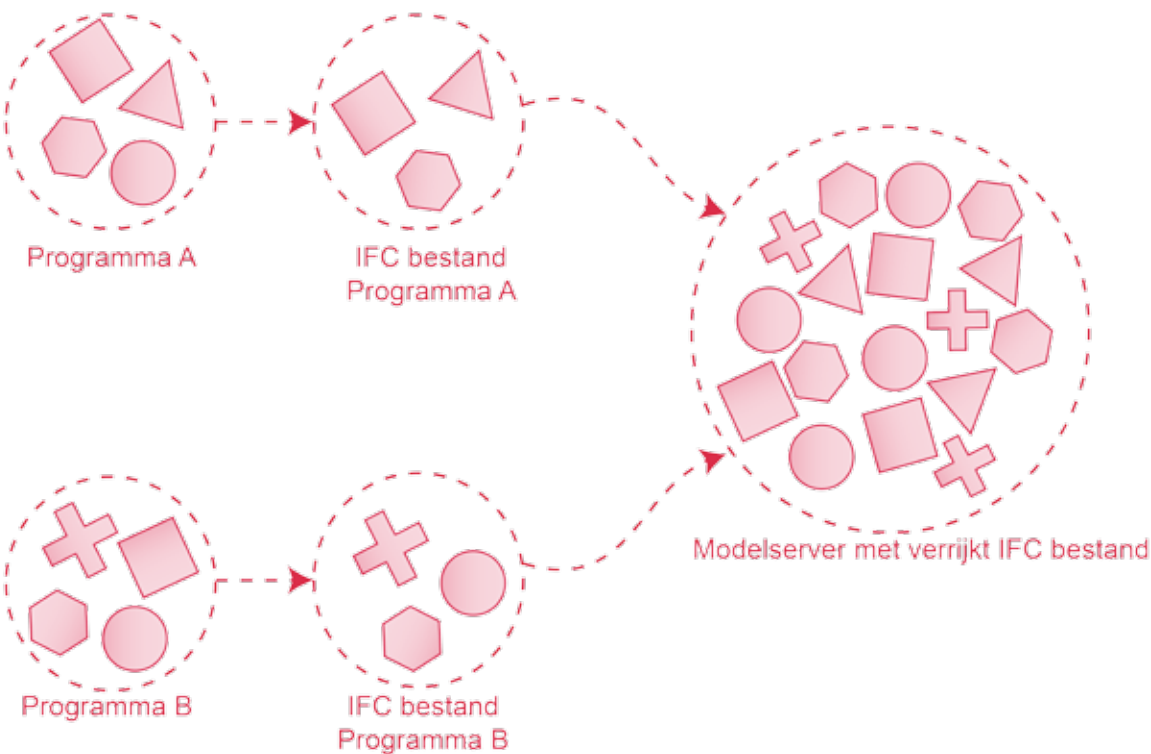
in programma B. Echter, programma B kan niet alle objecten lezen van het IFC-bestand van programma A. De structuur herkent de kruisjes niet en laat deze daarom vervallen. Deze informatie verdwijnt uit de gegevens van het nieuwe model. Onderstaand figuur laat het principe nogmaals zien tussen Revit (modelleersoftware) en Synchro (planningssoftware).



Afbeelding 4.3: Informatieverlies IFC

Omdat Revit in het voorbeeld sommige gegevens niet herkent, is het noodzakelijk om het werk nogmaals uit te voeren. Dat is inefficiënt. Op dit moment werkt de bouw dan ook hard aan de ontwikkeling van een serveromgeving waarin een centrale database over de informatie waakt. Schematisch ziet dat er als volgt uit:

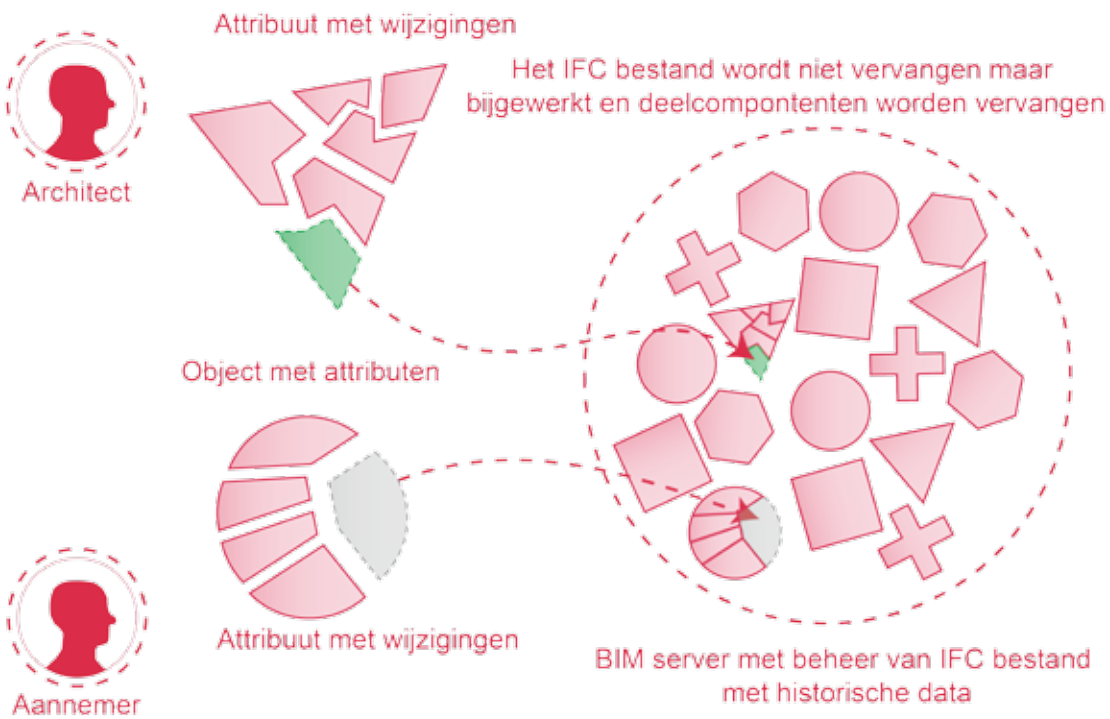
In afbeelding 4.4. is er sprake van centraal IFC-bestand op een modelserver. Op deze server wordt alle data verzameld en beheerd. Er is geen data-uitwisseling tussen allerlei softwareprogramma's onderling. De verschillende programma's waarmee partijen werken, sluiten direct aan op, en verrijken, het IFC-bestand.



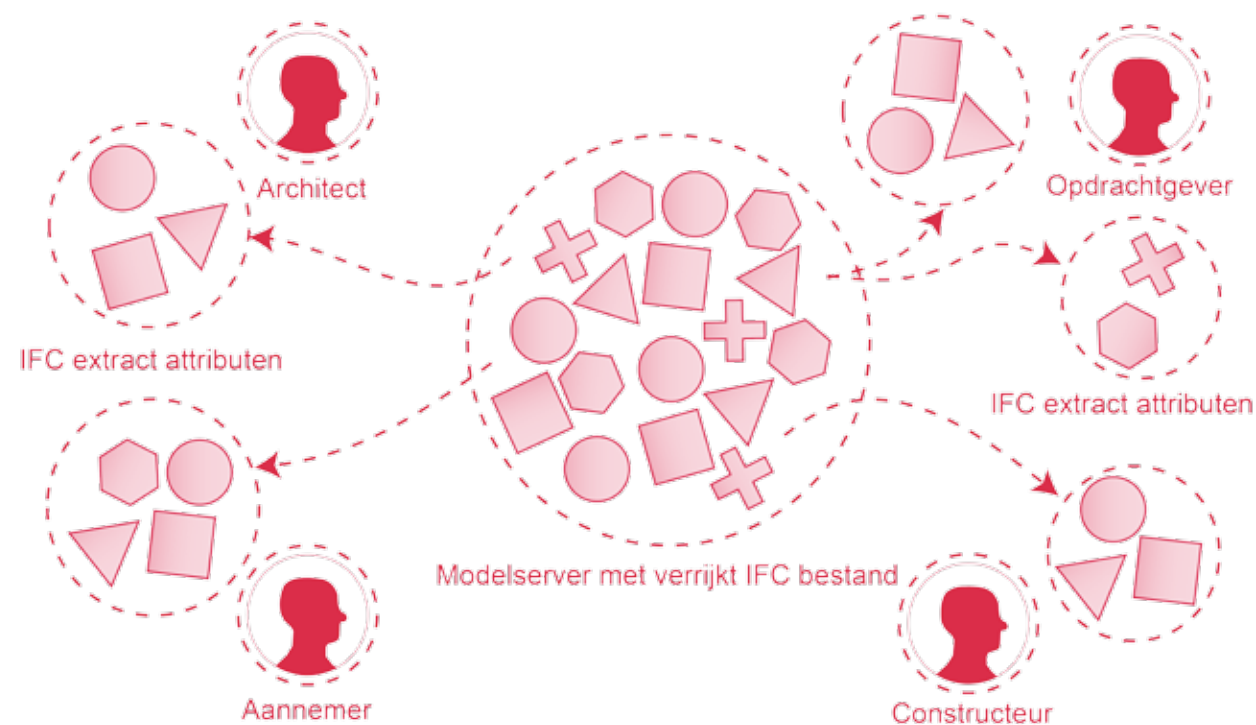
Afbeelding 4.4: Werken met een server

Afbeelding 4.5 geeft weer hoe een BIM-server werkt als één van de partijen een aangepast IFC-bestand terug-uploadt naar de server. De server vervangt niet het totale bestand, maar verrijkt het bestaande bestand met de nieuwe, extra informatie. De server kijkt met andere woorden niet op objectniveau, maar op het

niveau van de attributen om te zien of er informatie is toegevoegd of vernieuwd. De server vervangt uitsluitend de attributen die gewijzigd zijn en legt de vervangen data vast in een logboek. Zo blijft het mogelijk om op een later moment nog in te kunnen zien welke wijzigingen er wanneer en door wie allemaal zijn doorgevoerd in het model.



Afbeelding 4.5: Wijzigingen beheren in een server



Afbeelding 4.6: Samenwerken met IFC in een server

De server is toegankelijk voor het hele bouwteam. Elke partij kan naar behoefte specifieke data van de server downloaden. Zo haalt een constructeur bijvoorbeeld alleen die data op die voor hem relevant is. Hij zal niet snel informatie ophalen over de begroting van de aannemer om zijn constructieberekeningen te kunnen maken. Afhankelijk van het type opdrachtgever, kan ook de opdrachtgever inzicht krijgen in bepaalde

delen van het IFC-bestand. Op deze wijze is het IFC-bestand voor alle meewerkende partijen overzichtelijk en transparant. Dat verandert de aard van de samenwerking in sommige gevallen. In het verlengde daarvan is de uitdaging daarom de verdere afstemming en ontwikkeling van verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden van partijen binnen het model.



Eén taal – CB-NL

Partijen in de bouwsector als architecten, constructeurs, installateurs en aannemers spreken nogal eens verschillende talen. Zij definiëren, beschrijven en interpreteren objectgegevens ieder in hun eigen dialect. Dit belemmert de integratie van de keten; het werkt het principe van eenmalige opslag en meervoudig gebruik tegen.

Om het gegevensuitwisselingsvraagstuk op te lossen, is er behoefte aan één gestandaardiseerde taal voor de gehele sector. De Nederlandse Conceptenbibliotheek voor de gebouwde omgeving, CB-NL, ontwikkelt en definieert deze uniforme taal.

In opdracht van de Bouw Informatie Raad (BIR) is een businessplan opgesteld voor de ontwikkeling en het beheer van CB-NL. Waarbij meer dan veertig partijen uit de bouwketen meewerken aan de ontwikkeling van de Conceptenbibliotheek. Doel is om te komen tot een breed gedragen set van taalafspraken. Voor en door de sector. Als open bron gebaseerd op open standaarden die aansluiten bij nationale en internationale standaarden.



Open standaard infrastructuur

Een nationale standaard voor het vastleggen en uitwisselen van informatie in de sector grond, weg en waterbouw is COINS (Constructieve Objecten en de INtegratie van processen en Systemen). COINS is bedoeld om afspraken vast te leggen over werkmethoden en soorten informatie die nodig zijn in het bouwproces. Een ambitie van deze standaard is ook om een basis te bieden voor gemeenschappelijk gebruik van 3D-objectinformatie en de integratie van het bouwproces.

COINS is geënt op een veelgebruikte werkwijze in de infrastructuur, namelijk *systems engineering*, en op methoden uit andere industrieën. Nieuw in de standaard is dat het sectorbrede afspraken maakt over het toepassen van die werkwijzen. Een belangrijke eerste stap naar integratie van het bouwproces, en tegelijkertijd de achilleshiel van iedere voorgestelde standaard.

Op dit moment schrijft Rijkswaterstaat COINS voor in deelcontracten rond de verbreding van de A6.



Communicatie: VISI

Uitwisseling van informatie vereist communicatie tussen bouwpartners. Een model daarvoor is VISI. VISI staat voor 'Voorwaarden Scheppen voor Invoeren Standaardisatie ICT in de infrastructuursector'. VISI is een standaard om internationale digitale communicatie te stroomlijnen. Het model heeft tot doel eenduidige afspraken te maken over de (digitale) communicatie op de diverse raakvlakken tussen partijen in bouwprojecten.

De in VISI ontwikkelde communicatieafspraken zijn gebundeld naar toepassingsgebieden in zogenaamde VISI-raamwerken: beschrijvingen van rollen, transacties, berichten en metagegevens in berichten die in een project gebruikt worden.



5 BIM IN BEHEER

5.1. Wat is BIM in beheer?

Van bouwproces naar beheerproces

Bij BIM denken nog steeds veel mensen aan een 3D-representatie van de gebouwde omgeving. Waarbij het gebruik van BIM zich vooral richt op de ontwerp- en de realisatiefase. Zoals eerder gezegd is dit niet in overeenstemming met de definitie van BIM. Het bouw-informatiemodel of -management is te omschrijven als het proces van het genereren, raadplegen,

verrijken en beheren van informatie over een gebouw tijdens de *gehele* levenscyclus. Het is een systeem dat uitvoerende partijen kunnen gebruiken als een instrument in de bouw én het beheer van de gebouwde omgeving. BIM is zo gezien ook een procestool voor lifecycle- en facility management. Met de nadruk op het *bouw*proces, maar juist ook op het proces van *beheer* en *onderhoud*.

BIM aan de Hogeschool

Gedurende het eerste jaar van het onderzoek is veel inzicht verkregen in de werking van BIM, de software en de toekomstige mogelijkheden van BIM in verschillende disciplines. Een van die inzichten is de waarde die BIM heeft voor het *beheer* van vastgoed. Wel roept het gebruik van het model in het vastgoedbeheer en de manier waarop het is toe te passen de nodige vragen op. Hoe ziet een model eruit? Welke informatie staat erin? In hoeverre is het van belang dat dit in een bouw-informatiemodel staat? Hoe gaat er straks met BIM gewerkt worden? En hoe vindt aansluiting plaats op andere facility managementsystemen.

Bij het onderzoek naar de voordelen van het gebruik van BIM in het beheer is bij HvA Facility Services (FS) en Bureau Nieuwbouw gekeken naar de informatiebehoefte in de beheerfase. Hoe zien de dagelijkse werkzaamheden eruit? Welke informatiebehoefte hoort daarbij? En hoe is die informatie te koppelen aan BIM? Wetende dat veel informatie beschikbaar is bij de ontwikkeling van het gebouw, is het een interessante vraag hoe deze informatie overdraagbaar te maken is voor een vastgoedbeheerder of eigenaar.

Om helder te krijgen hoe verschillende partijen een veelheid aan informatie kunnen toevoegen, gebruiken en beheren, is een informatiemodel uit een praktijkcase gebruikt: het Rhijnspoorgebouw. Dit 22.000 m² tellende nieuwe gebouw van de Hogeschool van Amsterdam (Domein Techniek) zit op dit moment (september 2013) in de ontwerpfase. Facility Services is van meet af aan intensief betrokken bij het ontwerp. Een mooi voorbeeld van twee werelden die door de veranderingen in de bouwketen en de focus op de levensduur van gebouwen op deze manier samenkomen.¹¹

11. <http://www.amstelcampus.com/over-de-amstelcampus/gebouwen/rhijnspoorgebouw>

Focus op levenscyclus

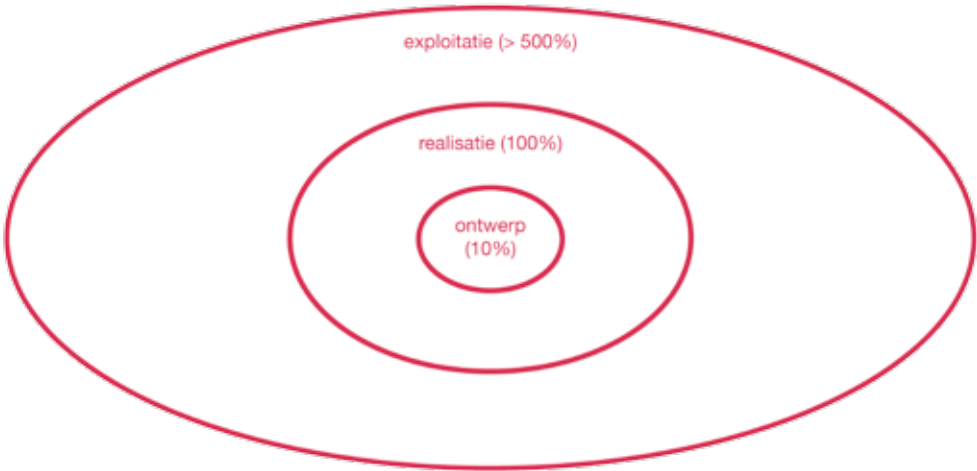
Veranderingen in de bouwketen en de druk om kosten te besparen zetten opdrachtgevers, assetmanagers en gebouw-eigenaren ertoe aan kritisch na te denken over hun rol. Bijvoorbeeld door projecten niet te gunnen op basis van de bekende stichtingskosten, maar ook op basis van exploitatie- en onderhoudskosten. Kosten die in deze fase gemaakt worden overtreffen namelijk ruimschoots de ontwikkelingskosten van een gebouw. Door de focus op Lifecycle Facility Management (LCFM), besparen gebouw-eigenaren en -beheerders vanuit die filosofie veel tijd en geld op onderhoudskosten. Enerzijds door een betere afweging in het ontwikkelproces. Anderzijds door betere en accurate toegang tot informatie tijdens het beheer. Met als gevolg: minder risico op foutieve calculaties of andere miscommunicatie en een directe verbetering van alle toekomstige opleveringen.

5.2. Beheer en facility management

De exploitatiefase is eigenlijk de laatste fase van het bouwproces. Met een duur van 20, 50 of soms nog meer jaren is het meteen ook de langste fase. Toch is de exploitatiefase vandaag de dag het ondergeschoven kindje; veel vaker ligt de nadruk op de ontwikkeling en realisatie van het gebouw. Afbeelding 5.1 geeft aan hoe kostentechnisch de verhoudingen liggen tussen design-, bouw- en exploitatiekosten. Uit de afbeelding is duidelijk op te maken in welke fase de meeste kosten gemaakt worden en waar dus tegelijkertijd het grootste besparingspotentieel zit.

Verschuiving van gebouw naar service

Onder vastgoedbeheer en facility management verstaan we het algemene onderhoud van een gebouw en het onderhouden van de functionaliteiten van een



Afbeelding 5.1: Beheerparadox

gebouw om de huurders van dienst te zijn. Waar facility management vroeger vooral gericht was op het (technisch) beheer van een gebouw, is in de loop der tijd het pakket van facilitaire diensten uitgebreid. Denk aan deskservices, schoonmaak, beveiliging en catering. Deze vormen van huisvestingsmanagement laten we in dit rapport verder buiten beschouwing. Wat overigens niet betekent dat facility management niet te ondersteunen is met een informatiemodel. Integendeel, een informatiemodel leent zich prima voor diensten als ruimtebeheer, brandbeveiliging en compartimentering, technisch onderhoud, energievoorziening en schoonmaakbeheer.

Preventief en correctief onderhoud

Het onderhoud aan een gebouw is op te delen in preventief en correctief onderhoud. Voor beide vormen van onderhoud is goede toegang tot de juiste informatie nodig. Waarbij het bij correctief onderhoud extra belangrijk is dat de informatie ook snel beschikbaar is om acute problemen op te lossen en accurate service te verlenen.

5.3. Belang BIM in beheer

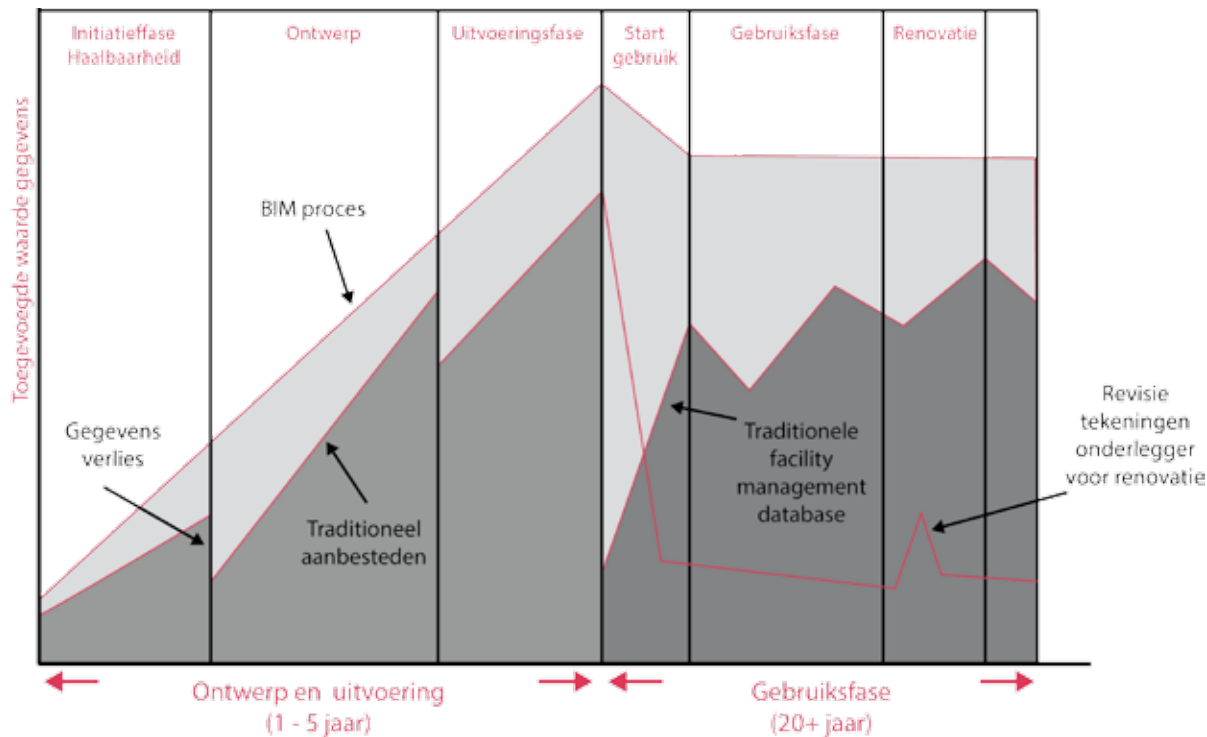
De adoptie van BIM in het bouwproces is momenteel in volle gang, zowel internationaal als nationaal. De toepassing van BIM in het beheerproces is daarentegen relatief nieuw en nog complex (Sabol, 2008). Simpelweg omdat ontwikkeling en beheer nog steeds als twee gescheiden werelden worden gezien. En een *bouw*-informatiemodel kan wezenlijk verschillen van een *beheer*-informatiemodel. Aansluiting van deze twee werelden op technisch gebied vraagt om ontwikkeling van software en interoperabiliteit. Met IFC (Industry Foundation Classes) en COBie (Construction Operation Building information exchange) zijn hierin de eerste stappen gezet.

Eerder is genoemd dat het (bouw)informatiemodel mogelijkheden biedt om inzicht te krijgen in lifecycle-data en om deze informatie te delen. Geen overbodige luxe om beheerkosten te beheersen. Want de schakel in de keten van bouw naar beheer volstaat nu niet en zorgt ervoor dat grote hoeveelheden belangrijke informatie verloren gaan.

Zoeken kost tijd én geld

In 2004 verschijnt in Amerika een onderzoek naar het inefficiënte gebruik van informatie in het facilitair management (National Institute of Standards and Technology, 2004). De kosten veroorzaakt door een gebrek aan interoperabiliteit zijn jaarlijks 12,4% (15,8 miljard) bovenop de totale kosten, zo tonen de onderzoekers aan. De International Alliance for Interoperability, tegenwoordig buildingSMART alliance, toont in een ander onderzoek in dezelfde periode aan dat een facilitair manager tussen de tien en dertig procent van zijn tijd kwijt is aan het zoeken naar informatie. Zowel het National Institute of Standards and Technology en de buildingSMART alliance wijten dit aan onvoldoende datamanagement (BIM Equity, 2013).

Het RICS (2012) geeft in een onderzoek weer dat meer dan 75% van de ondervraagde facility managers aangeeft dat facility management strategisch moet zijn. Hetzelfde rapport geeft ook aan dat te weinig aandacht hiervoor leidt tot inefficiënt en niet duurzaam management van gebouwen. Ervan uitgaande dat een gebouw 25, 50, 100 of meer jaren meegaat, is het dus van belang dat facilitair management zich strategisch gaat richten op de wijze van beheer. Consistent omgaan met informatie over de gebouwen hoort daar bij. Maar hoe?



Afbeelding 5.2: Hoe BIM informatieverlies tegengaat (naar Eastman, 2008).

Afbeelding 5.2 schetst hoe, in vergelijking met het traditionele proces, een samenwerking gebaseerd op BIM het verlies van informatie tijdens de verschillende fasen van het ontwerp, de bouw en de exploitatie van een faciliteit elimineert. In een notendop maakt BIM de kwaliteit van informatie gedurende de exploitatie accuraat, goed bereikbaar en geschikt voor simulaties, om zodoende betere beslissingen te nemen. Bovendien dalen de faalkosten in zowel het ontwerp als de realisatie aanzienlijk door beter informatiemanagement.

Voor het onderhoud van gebouwen, ruimtes en bijbehorende onderdelen is informatie nodig. Een overgroot deel van deze informatie staat op papier. Gebouwbeheerders hebben de beschikking over tekeningen, zowel digitaal als opgeslagen in een archief, en velen hebben een cartotheek waarin scans van een PDF zijn opgeslagen. Het is centraal, maar volledig statisch. De vraag 'klopt de tekening' is regelmatig gerechtvaardigd. Het ontbreken van tekeningen ontstaat vaak na oplevering van een gebouw als alle bouwdocumentatie wordt overgedragen. Deze wijze van 'opslag' maakt het moeilijk om naderhand de juiste informatie te vinden. Er gaat dan veel kostbare tijd verloren aan het zoeken naar en verifiëren van de juiste informatie over het gebouw 'as built' en informatie over voorgaande werkzaamheden. Tot overmaat van ramp zijn tekeningen in veel gevallen niet up-to-date, mogelijk door het ontbreken van het originele bestand of omdat er meerdere versies in omloop zijn.

Uit bovenstaande beschrijving mag het belang duidelijk zijn dat informatie efficiënt gevonden, verzameld en geüpdate moet kunnen worden. Gebouwbeheerders en eigenaren gebruiken uiteraard al wel computersystemen om informatie te beheren. Maar nog niet optimaal. Ze vullen deze Computerized Maintenance Management Systems (CMMS) met de informatie over het gebouw en de objecten. Veelal gebeurt dit via MS Excel en handmatig. Een tijdrovende klus die ook nog eens vatbaar is voor een grote foutmarge. Hetzelfde gaat op voor FM-systemen (Teicholz, 2013).

5.4. Total cost of ownership

Verderop in deze publicatie stippen we aan welke informatie in BIM gevraagd is tijdens het beheer. Buiten kijf staat dat de informatiebehoefte per fase verschilt. En dat, hoe verder in de keten, hoe belangrijker de gegevens over onderdelen van het gebouw zijn.

Informatie over ruimtes, apparatuur, systemen, afwerkingen en compartimentering; stuk voor stuk bieden ze facilitair managers structureel meer inzicht in het gebouw. Door data beter beschikbaar te maken, nemen ook kosten voor voorzieningen als water en energie af, omdat beter (preventief) onderhoud van (mechanische) installaties leidt tot efficiënter gebruik van het gebouw. En er zijn nog meer redenen die de Total Cost of Ownership (TCO) door het gebruik van een informatiemodel lager doen uitvallen. Zo zorgt de beschikbaarheid van de juiste data voor een overzichtelijk beheer van de inventaris. En valt er grote tijdswinst te boeken bij de invoer van data in managementsystemen zoals CMMS en CAFM, omdat de output die een informatiemodel levert dienst kan doen als de input voor deze systemen.

5.5. Mogelijkheden van model

Het gebruik van een informatiemodel biedt verschillende voordelen voor het beheer van vastgoed. In deze paragraaf benoemen we de meest voor de hand liggende pluspunten. In hoofdstuk zes gaan we in op informatiemanagement.

3D-weergave van gebouw

Een krachtige functionaliteit van het bouw-informatiemodel is de 3D-visualisatie van het gebouw dat veranderingen, opwaarderingen en nieuwe ontwerpvoorstellen kan weergeven, gekoppeld aan een planning (4D BIM). De gebruikers krijgen dankzij die functionaliteit de mogelijkheid te beoordelen of een gebouwmutatie past binnen de huidige technische systemen, gebouwweisen en (te verwachten) bezettingsgraad. Met simulaties, clashdetecties en 3D-walkthroughs is voortaan sneller te bepalen of (deel) projecten haalbaar zijn.

Sneller toegang tot informatie

Tekenwerk, uittrekstaten, montagehandleidingen, kwaliteitsverklaringen, garanties en protocollen zijn allemaal in BIM door te voeren. Met het model is het daarna mogelijk om on-site te bekijken wat de informatie achter bouwtekeningen is. Concreet: glas in een binnenwand is bijvoorbeeld gebroken en moet vervangen worden. In het model zijn afmetingen, type glas en eventueel documentatie snel op te vragen waardoor proceskosten lager uitvallen.



Afbeelding 5.3: Voorbeeld van een luchtbehandelingskanaal in een gebouw.

Snel inzien van onderdelen inzien

Het model is als het ware een virtuele bibliotheek waarin alle objecten als ruimtes, vloeren, deuren en inventaris zijn gecategoriseerd. Binnen enkele handelingen is de exacte locatie van een object in een gebouw te bepalen, voorzien van specifieke additionele informatie.

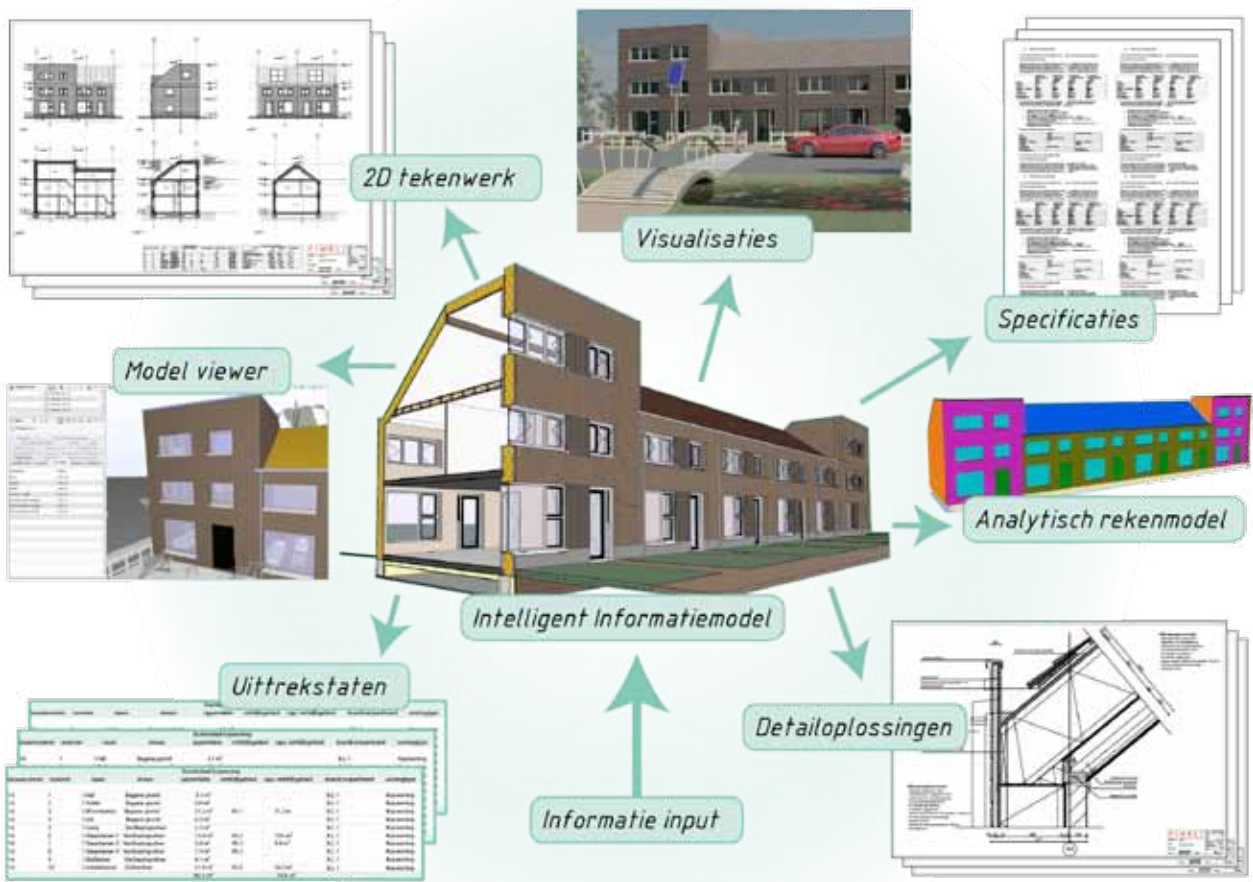
Ruimtebeheer

In het bouw-informatiemodel is de informatie over ruimtebeheer overzichtelijk raadpleegbaar en voorzien van een up-to-date 3D-weergave. Het maken van overzichtslijsten van onder meer vierkante meters

per ruimte is dan ook een kwestie van één druk op de knop. Net als het opvragen van hoeveel vierkante meter ruimte opgaat aan vergaderruimtes, kantoorruimte of werkplekken voor studenten. Of het inzichtelijk krijgen hoe compartimenten zijn ingedeeld en welke gevolgen die indelingen hebben voor de veiligheid.

Informatie voor onderhoudsplanning

Met de gegevens uit BIM zijn de benodigde onderdelen voor onderhoudsplanningen snel te genereren. Koppeling aan FMIS of andere managementsystemen waar mogelijk, vergroot de slagkracht nog verder.



Afbeelding 5.4: Mogelijkheden van BIM (Bron: fimble.nl)

Opvragen van hoeveelheden

BIM geeft de geometrische gegevens over bijvoorbeeld strekkende meters, volumes en verhuurbare vierkante meters. Hoeveelheden die te gebruiken zijn voor onder meer schoonmaak, het opstellen van schoonmaakcontracten, vergelijken van offertes en ruimtebeheer. Een functiewijziging of herindeling van de plattegrond? Het bouw-informatiemodel maakt een en ander direct inzichtelijk en rekent de consequenties door voor schoon te maken meters en andere lopende contracten.

Naast de voordelen die BIM biedt op een individueel bedrijfsproces van bijvoorbeeld ruimtebeheer, is het effectief organiseren van de beschikbare data in het bouw-informatiemodel ook de basis om meer complexe individuele bedrijfsprocessen efficiënt te bedienen. Zoals de opbouw van de project-delivery aan de gebruiker. Of in het aanbieden van de laatste actuele gebouwinformatie aan partners. In het volgende hoofdstuk gaan we in op de noodzakelijke informatie in BIM voor efficiënt en effectief beheer van vastgoed.



6 INFORMATIEMANAGEMENT IN HET BEHEER

Voor optimale ketenintegratie is het belangrijk dat de vastgoedbeheerder voorafgaand aan de bouw duidelijk maakt welke informatie hij nodig heeft voor goed vastgoedbeheer na oplevering. De uitvoerende partijen kunnen hier dan rekening mee houden in de bouwfase en de informatie toevoegen aan het bouw informatie-model. In dit hoofdstuk bespreken we welke informatie de vastgoedbeheerder nodig heeft voor efficiënt en effectief beheer en hoe die informatie boven tafel te krijgen is.

6.1. Informatieoverdracht

Iedere partij die meewerkt aan het realiseren, bouwen en onderhouden van een project kent een verschillende informatiebehoefte. Zo ook de eigenaar en beheerder van het gebouw. Maar waar ontwikkeling en beheer van een gebouw vaak nog als twee gescheiden werelden bestaan, is goede informatieoverdracht tussen de verschillende partijen niet vanzelfsprekend. Het is doorgaans een overdracht van een bundeling uiteenlopende documenten verzameld in dossiers, digitale bestanden en uittrekstaten. Documenten als uitvoeringstekeningen, bouwverslagen, bestek informatie, papieren rapportages met diversen kwaliteitsverklaringen, enzovoort. De onderlinge samenhang en afstemming zijn vaak ver te zoeken wat leidt tot informatieverlies en inefficiëntie in het beheer omdat gegevens nogmaals opgemeten of vastgelegd moeten worden. Afbeelding 5.2 uit het vorige hoofdstuk liet schematisch zien op welke momenten sprake is van informatieverlies en gaf ook aan dat dit het grootst is tijdens de oplevering van een gebouw. Het niet tijdig betrekken van de beheerder in het bouwproces is één van de oorzaken van deze inefficiëntie. Waarom het betrekken van de beheerder ook niet in het 'systeem' van het ontwerp- en bouwteam lijkt te zitten, is de vraag.

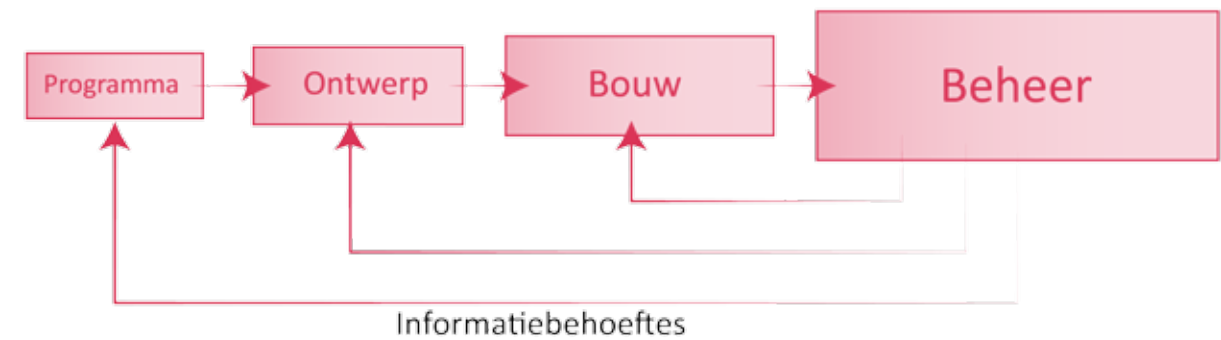
Dat een juiste informatieoverdracht aan de beheerder niet in het systeem zit van het ontwerp- en bouwteam

is op zich toe te schrijven aan de opdrachtgever die dit niet verlangt noch contractueel vastlegt. Bovendien zijn de huidige wet- en regelgeving (STB 2009, standaard taakbeschrijving voor opdrachten) en normen vooral gebaseerd op de realisatie van het bouwwerk (NEN 2574, realisatie bouwproject in 11 fasen) en niet zozeer op de verdere levensfasen van een bouwwerk.

Met de ontwikkeling van BIM en de mogelijkheid om via BIM informatie te delen, wordt het in ieder geval meer uitnodigend om beheerders eerder te betrekken. Waarmee de vraag wordt, wat is zijn informatiebehoefte? En hoe kunnen ontwerpers en bouwers hier tijdens de realisatiefase rekening mee houden?

Er is nog een tweede scenario om tijdig over na te denken. Op het moment dat de vastgoedbeheerder en/of facility manager informatie ontvangt van het ontwerp- en bouwteam, moet al deze informatie vaak nog handmatig ingevoerd worden in een facilitair managementsysteem. Dit is een intensief en foutgevoelig proces. Het risico dat informatie verloren gaat of verkeerd overgenomen wordt, is groot. Om ook dit risico te verkleinen, zou de toekomstige eigenaar van het gebouw eigenlijk bij het verstrekken van de opdracht al een aantal voorwaarden moeten vastleggen voor het verzamelen en verwerken van de informatie.

Welk scenario je ook bekijkt, BIM is dé tool bij uitstek voor het bundelen van alle relevante beheer informatie uit het ontwerp- en realisatieproces. Denk aan informatie als verhuurbare vierkante meters vloeroppervlakte, strekkende meters wand voor schoonmaakcontracten, technische gegevens van installaties of informatie over materialen en andere onderdelen van het gebouw. Van het programma van eisen als start van het informatiemodel tot de bouw, oplevering en lang, lang daarna.



Afbeelding 6.1: Informatiebehoeftes gevraagd vanuit het beheer over het gehele ontwerp- en realisatieproces.

Door te beginnen met te bekijken wat aan het einde van een levenscyclus nodig is, ontstaat er een digitaal prototype van het gebouw dat is ontstaan door reverse engineering (zie figuur 6.1). Ontwerppartijen zien helaas niet altijd het nut in van het in een vroeg stadium meenemen van bepaalde informatie. Als reden geven ze op dat het ontwerp gedurende het proces regelmatig wijzigt. Eerder toegevoegde informatie is dan mogelijk niet meer van toepassing. Om dergelijke situaties te voorkomen, is het zaak te bepalen wie, wanneer, welke zaken toevoegt. Omdat de opdrachtgever verantwoordelijk is voor het uiteindelijke beheer van het gebouw, zou hij het initiatief moeten nemen om hierover afspraken te maken, om zo kosten te besparen.

Vastgoedbeheerder: "Bij een tender voor schoonmaakcontracten krijgen wij van schoonmaakbedrijven verschillende hoeveelheden vierkante en strekkende meters met uiteenlopende bedragen voorgeschoteld. Eigenlijk zouden wij deze hoeveelheden vanuit het facilitair informatiemodel moeten kunnen genereren. Om te besparen op inmeetkosten, maar ook om eenduidig vergelijkingen van offertes te kunnen maken".

6.2. Informatiebehoeftes

Gebouwbeheer is globaal op te delen in technisch beheer, vastgoedbeheer en facilitair beheer. Technisch beheer focust zich op de bouwkundige en installatietechnische onderdelen van het bouwwerk. Denk aan brandpreventie, gepland en correctief onderhoud, inspecties en het monitoren van het gebouw. Vastgoedbeheer richt zich onder meer op huur en verhuur van ruimtes en locaties, en gebouwmutaties. De dienstverlening binnen het gebouw valt onder het facilitair beheer. Voor een goed ingerichte informatie-stroom is tijdige afstemming met de beheerders van deze verschillende onderdelen dan ook een must.

Welke informatie heeft een gebouwbeheerder nodig? Om dat boven water te krijgen, hebben we gesprekken gevoerd met verschillende gebouwbeheerders. Van de antwoorden hebben we een overzicht samengesteld met de informatiebehoeftes voor gebouwbeheer (zie bijlage 1). Omdat elk bouwproject zijn eigen insteek en informatiebehoeftes heeft, moet het vaststellen van de informatiebehoeftes voor het beheer altijd een vast onderdeel van een project zijn.

Om de informatie, bedoeld voor beheer en onderhoud, correct te koppelen aan het bouw-informatiemodel dient dit te geschieden op het juiste object- of schaal-niveau. Het informatiemodel bevat de volgende objectniveaus:

- 1 De omgeving van het project
- 2 Het gebouw
- 3 De bouwverdieping
- 4 Het element of de ruimte

De verschillende softwarepakketten in de bouw werken met deze opbouw van objecten. Elk object-niveau bevat verder specifieke informatie, ook wel attributen genoemd. De objectniveaus hebben ook een relatie met elkaar: een gebouw bevindt zich in de omgeving van het project, een verdieping in een gebouw en een ruimte op een verdieping. Op zijn beurt kan een element op elk objectniveau een directe relatie hebben. Zo kan een element meerdere verdiepingen beslaan, bijvoorbeeld een wand tussen de begane grond en de eerste verdieping.

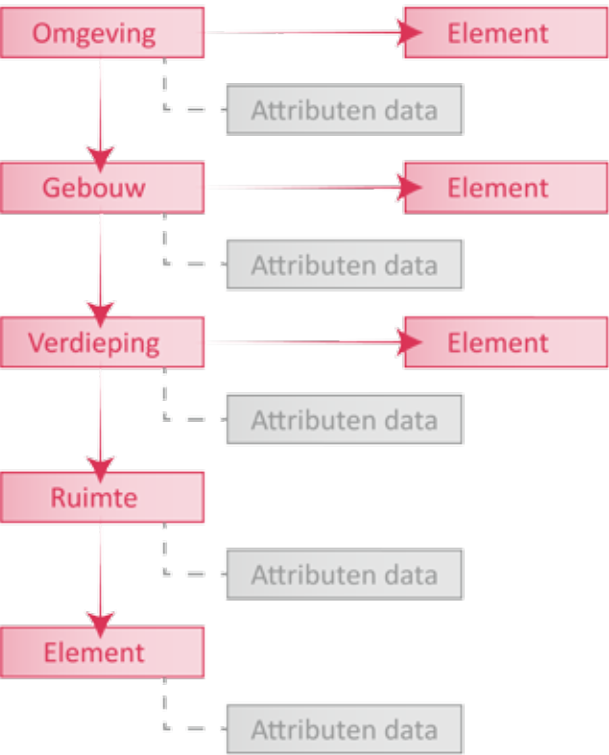
NL-SfB-codering

Attribuutdata bestaan uit parameters die informatie geven over een element, al dan niet met hyperlinks naar externe documenten, zoals handleidingen en kwaliteitsverklaringen. Waarbij elk objectniveau ook weer een onderverdeling in verschillende categorieën heeft. Voor het op deze wijze classificeren van gebouwdelen wordt de NL-SfB-codering gehanteerd. De Nederlandse versie van de NL-SfB staat ook wel bekend als de elementenmethode 1991.

Elk gebouwonderdeel, zoals een binnenkozijn, vloerconstructie, afwerking of verlichting, krijgt, conform de elementenmethode, een uniek label. Het gebruik van deze classificatie sluit aan op de informatiebehoefte van gebouwbeheer. Beheer en onderhoud werken namelijk met cartotheken die deze classificatie gebruiken. Het gebruik van de NL-SfB geeft, behalve structuur in het ontwerp, daarom direct een gebruikersvoordeel voor de beheerfase; het gebruik van de NL-SfB is levensloopbestendig.

Een informatiemodel moet correct worden opgebouwd en de gemodelleerde elementen dienen onder de bedoelde categorieën te hangen. Het stroomlijnen van de categorieën is daarom de eerste stap, het correct toekennen van de categorieën de tweede. Aandachtspunt bij het gebruik van deze standaardisatie zijn de verschillen tussen de NL-SfB-codering en de beschikbare categorieën in een informatiemodel.

Nast het gebruik van de NL-SfB-codering zijn er meer classificatiemethodes van toepassing. De beheerders van gebouwen hebben in de regel namelijk een bedrijfsspecifiek FM-systeem ingericht. Waarbij het uitvoeren van een conditiemeting binnen een gebouw voor planmatig onderhoud bijvoorbeeld is vastgelegd in de werkmethode van de NEN 2767-1.



Afbeelding 6.2: Opbouw objecten van een bouw-informatiemodel (Bron: Teicholz, 2013)

Vanuit deze norm en diversen andere (NEN-)normeringen is het zaak eenduidig te kunnen verwijzen naar de classificatie van de NL-SfB-codering.

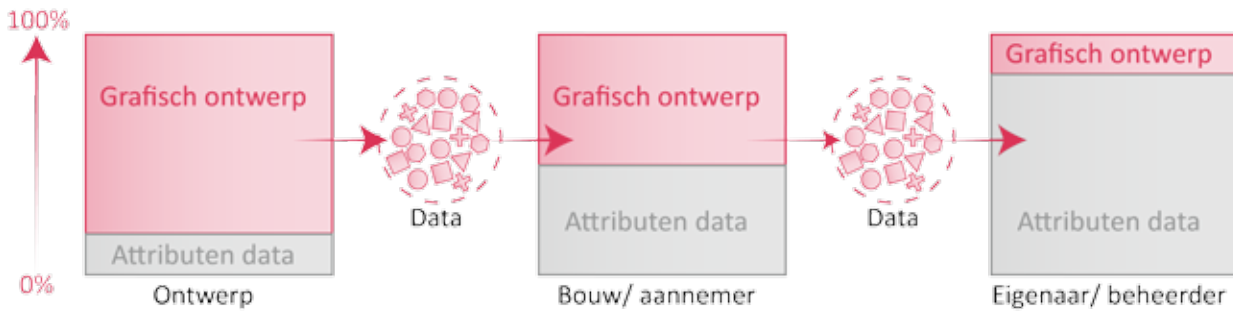
De deelnemende partijen zouden het categoriseren van informatie in alle gevallen bij voorkeur zo vroeg mogelijk moeten bespreken om de uiteindelijke structuur te bepalen. Inclusief een set heldere afspraken over het gebruik van het informatiemodel en het beheren van de objecten.

6.3. Informatiemanagement

Het verzamelen van de meest gedetailleerde informatie gebeurt gedurende de werkvoorbereiding en uitvoering. Hierin worden exacte specificaties van gebouwonderdelen bekend. In de ontwerpfasen wordt aansluitend de basis gelegd voor het koppelen van informatie aan de objecten in het bouw-informatiemodel. Op het moment dat één van de betrokken partijen het bouw-informatiemodel verrijkt, moet voor de andere partijen duidelijk zijn wie, welke informatie toevoegt en op welk afgesproken detailniveau in het ontwerp- en realisatieproces dat gebeurt.

Tijdens het ontwerpproces voegen meerdere partijen informatie toe aan het bouw-informatiemodel. Zo voegt een architect al in een vroeg stadium van het ontwerpproces de geometrische contouren toe vanuit een uitgewerkt programma van ruimtelijke eisen. Door het toevoegen van specialistische ontwerpen voor constructie, installatie en bijvoorbeeld brandveiligheid voorziet de architect het model van generieke objecten. Denk aan installatiecomponenten, raamkozijnen en verlichtingsarmaturen. De objecten worden tegelijkertijd voorzien van randvoorwaarden en technische specificaties, zoals serienummer, installatiedatum en garantietermijn.

Uiteindelijk zal tijdens de bouw de meest waardevolle informatie worden ingevoerd in het bouw-informatiemodel. De 'as-built'-situatie die als gevolg ontstaat, dient daarna als informatiebron voor het beheer en onderhoud. In afbeelding 6.3 is weergegeven hoe groot het belang van data is tijdens het beheer voor een eigenaar. In dit hoofdstuk willen we duidelijk maken dat zonder deze data een gebouw niet goed beheerd kan worden.



Afbeelding 6.3: Het belang, de verhouding en de overdracht van data per fase (Bron: naar Teicholz, 2013)

Voor het beheer van informatie tijdens de levenscyclus van vastgoed moeten keuzes gemaakt worden over welke processen binnen de organisatie plaatsvinden en welke worden uitbesteed. En uitbesteden stelt andere eisen aan de benodigde soft- en hardware dan het in eigen beheer BIMmen.

6.4. Databeheer en informatie-stromen

Met de implementatie van een informatiemodel vervalt veel papierwerk. Daartegenover staat dat voor de verwerking van alle digitale informatie stevige computers en servers nodig zijn. Ook doet BIM een beroep op de internetverbinding, bandbreedte, beveiliging en serverlicenties.

Om BIM effectief toe te passen binnen de organisatie is het creëren van een centrale opslagplaats voor alle data, waar iedereen de voor hem benodigde informatie kan benaderen, geboden. Op een eigen server of in de 'cloud'. Door alle gebouwgebonden data op één centrale plek op te slaan, blijven koppelingen tussen modellen, documenten en spreadsheets in stand bij mutaties van het databeheer. Een wenselijke waarborg gedurende de levenscyclus.

Om een gebouw tijdens de levenscyclus goed te beheren, is het nodig om de informatie uit BIM zo geruisloos mogelijk te koppelen aan een facility managementsysteem (FMIS). Maar ondanks de snelle ontwikkeling van softwarepakketten, zijn koppelingen tussen deze twee digitale omgevingen niet vanzelfsprekend. Open standaarden zoals IFC (zie hoofdstuk 4) en COBie (zie verder) zouden de virtuele brug kunnen vormen tussen de modelleersoftwarepakketten en facilitair managementsystemen.

6.5. Open standaard in het beheer

Als gezegd verloopt de overdracht van informatie van het ontwerp- en bouwteam naar de beheerder over het algemeen moeizaam. In de gevallen dat de bouwers de informatie niet gestructureerd aanleveren, moet de facilitair manager vaak nog zelf achter alle informatie aan. Dit vertraagt en belemmert uiteraard het facilitair managementproces. Zelfs als het nieuwe gebouw vóór realisatie wel netjes is opgebouwd in het

bouw-informatiemodel, is de informatie per definitie niet bruikbaar voor facilitair managers. De noodzakelijke data voor gebouwbeheer worden dan nog vaak separaat vervaardigd met behulp van spreadsheets en tekstbestanden. Waardoor een risico ontstaat dat de informatie verouderd is of onjuist wordt overgenomen. De grote diversiteit aan systemen met afzonderlijke toepassingen, gegevens en standaarden leidt tot onjuiste, dubbele en overbodige informatie. Het is tegen die achtergrond dat IFC en COBie zich inzetten om het uitwisselen van gebouw-informatie beter interoperabel te krijgen.

Voornaamste voordelen open standaard:

- De informatie is te lezen en bewerken door compatible software van meerdere leveranciers.
- De gebruiker kan informatie koppelen aan zijn werkprocessen en specifieke software.
- Bredere selectie van leveranciers voor het digitaal uitwisselen van informatie.
- De informatie is uniform te archiveren.
- De kwaliteit van data wordt sterker door het kunnen aanbieden van een gecentraliseerd verzamelpunt.

Verdieping over IFC en COBie in het beheer is te vinden in de rapportage 'BIM in Beheer Biedt Kansen' op de website van het onderzoeksprogramma.

COBie

Vanuit de ontwerp- en realisatiefase ligt de focus op integrale samenwerking (ketenintegratie) en informatie halen en delen uit BIM-, CAD- & GIS-softwaretools. Tijdens de levenscyclus van een gebouw zijn er meerdere momenten van informatieoverdracht. De overdracht van oplevering naar het beheren van het gebouw is, afhankelijk van gemaakte afspraken, één van de voornaamste overdrachtsmomenten. Gericht op de daaropvolgende realisatie- en beheerfase zijn een aantal interessante innovaties gaande op technologisch vlak die de moeite waard zijn om hier te behandelen.

COBie

COBie is ontwikkeld door Bill East van de United States Army Corps of Engineers. Het is een open standaard voor BIM in beheer en onderhoud. Een informatie-uitwisselingspecificatie voor het vastleggen en opnemen van data over onder meer hoeveelheden, productdata, garanties en ruimtes. Essentiële informatie voor een beheerder of facilitair manager. Omdat COBie geschreven wordt in XML, is het eenvoudig te openen als spreadsheet in bijvoorbeeld MS Excel. Hierdoor is het ook geschikt voor bestaande managementsystemen. Momenteel test de buildingSMART Alliance (VS) de compleetheid en accuraatheid van systemen die COBie kunnen lezen en schrijven.

Om de COBie-spreadsheets overzichtelijker te maken zijn de kolommen opgedeeld in kleuren. De geelgekleurde kolommen zijn bedoeld als tekstvelden. De oranje kolommen vragen om waardes uit andere tabbladen van het COBie-bestand. Zo is de oranje kolom CreatedBy te herleiden naar het tabblad Contact. In de groene velden bevindt zich specifieke informatie ter aanvulling van de informatiebehoefte. En de informatie in de paarse velden is gegenereerd door het originele bestand waarvan het COBie-bestand is gemaakt. De tabbladen van het werkblad zijn, tot besluit, in een aantal kleuren opgedeeld, waarbij de gele tabbladen verplicht zijn, de groene als gespecificeerd en de zwarte niet in gebruik.

In 2011 heeft de regering van Groot-Brittannië bekendgemaakt dat in 2016 alle publieke bouwprojecten in BIM moeten worden uitgevoerd. Aan het begin van het vijf jaar durende programma om dit te bewerkstelligen moet van elk bouwproject een spreadsheet opgesteld worden waarin zoveel mogelijk gebouwgerelateerde informatie gebundeld is. Een COBie-spreadsheet leent zich hier uitstekend voor.¹²

12. British Institute of Facilities Management, 2012.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Room	CreatedBy	CreatedOn	Category	RoomName	Building	BuildingType	BuildingUse	BuildingType	BuildingUse	BuildingType	BuildingUse
1	1	2013-06-08T11:00:00	n/a	001	001	001	001	001	001	001	001	001
2	2	2013-06-08T11:00:00	n/a	002	002	002	002	002	002	002	002	002
3	3	2013-06-08T11:00:00	n/a	003	003	003	003	003	003	003	003	003
4	4	2013-06-08T11:00:00	n/a	004	004	004	004	004	004	004	004	004
5	5	2013-06-08T11:00:00	n/a	005	005	005	005	005	005	005	005	005
6	6	2013-06-08T11:00:00	n/a	006	006	006	006	006	006	006	006	006
7	7	2013-06-08T11:00:00	n/a	007	007	007	007	007	007	007	007	007
8	8	2013-06-08T11:00:00	n/a	008	008	008	008	008	008	008	008	008
9	9	2013-06-08T11:00:00	n/a	009	009	009	009	009	009	009	009	009
10	10	2013-06-08T11:00:00	n/a	010	010	010	010	010	010	010	010	010
11	11	2013-06-08T11:00:00	n/a	011	011	011	011	011	011	011	011	011
12	12	2013-06-08T11:00:00	n/a	012	012	012	012	012	012	012	012	012
13	13	2013-06-08T11:00:00	n/a	013	013	013	013	013	013	013	013	013
14	14	2013-06-08T11:00:00	n/a	014	014	014	014	014	014	014	014	014
15	15	2013-06-08T11:00:00	n/a	015	015	015	015	015	015	015	015	015
16	16	2013-06-08T11:00:00	n/a	016	016	016	016	016	016	016	016	016
17	17	2013-06-08T11:00:00	n/a	017	017	017	017	017	017	017	017	017
18	18	2013-06-08T11:00:00	n/a	018	018	018	018	018	018	018	018	018
19	19	2013-06-08T11:00:00	n/a	019	019	019	019	019	019	019	019	019
20	20	2013-06-08T11:00:00	n/a	020	020	020	020	020	020	020	020	020

Afbeelding 6.4: Opbouw van een COBie-spreadsheet

De (papieren) documenten die standaard worden overgedragen tijdens de oplevering bestaan onder meer uit:

- Uittrekselen van materialen
- Overzichten van productinformatie
- Garantieverklaringen
- Preventieve onderhoudsschema's
- 'As-built'-bouwtekeningen
- Technische specificaties

Het verzamelen van informatie blijkt in de praktijk voor de beherende partij een uitdagende klus te zijn, omdat tijdens de ontwikkeling van het gebouw veel informatie verloren gaat. Terwijl de ontwerpers van de CAD- of BIM-software met COBie de uitwisseling van ruimte-functiegegevens en omgevingsberekeningen enorm kunnen bespoedigen. Een COBie-spreadsheet leent zich uitstekend voor het verzamelen van de gegevens die boven tafel komen tijdens de ontwerp-, bouw- en opleveringsfase. En met behulp van de datavelden in het COBie-bestand bespaart een beheerder of facilitair manager bij het verwerken ervan nog eens honderden uren door zijn systemen automatisch te vullen in plaats van handmatig.

Meer over COBie is te vinden in de rapportage 'BIM in Beheer Biedt Kansen' op de website van het onderzoeksprogramma.

6.6. Stappenplan

In de rapportage 'BIM in Beheer Biedt Kansen' is een stappenplan opgenomen waarin uiteen is gezet hoe informatie – bedoeld voor de facility- en vastgoedmanager – inzichtelijk te maken is. Er is gekeken naar open standaarden IFC en COBie en naar gesloten systemen. Het stappenplan laat een algemeen overzicht zien van de te nemen stappen. Er zijn eveneens drie informatiebehoefte uitgewerkt voor het Rhijnspoorgebouw, te weten: ruimtebeheer, een CV-installatie en verlichting. Hierbij is inzichtelijk gemaakt hoe gebouwbeheerders de verlangde informatie kunnen verkrijgen uit het bouw-informatiemodel.



7 NIEUWE ONTWIKKELINGEN EN SMART CITIES

7.1. Nieuwe rollen: De architect van de 21^e eeuw.

In het verleden waren de klassieke rollen in het bouwproces sterk gefragmenteerd en gescheiden. De ontwerpopgaven van de architect (vertaling van het Programma van Eisen in een massastudie, vormgeving, esthetisch ontwerp en de materialisatie) waren een gegeven voor de ingenieur en de constructeur. Zij moesten hierop hun eigen ontwerp afstemmen. En vervolgens ontworpen de installateur en de aannemer hun eigen uitvoeringsorganisaties. Logisch dat de afstemmingsproblemen in dit proces stevast groot waren en tot veel tijdsverlies en vooral ook hoge kosten leidden. Met de introductie van BIM en ketenintegratie komt daar verandering in.

Door samenwerking in BIM veranderen de posities en rollen van de architect, de bouwmanager en de constructeur. De seriële faseringen SO (schetsontwerp), VO (voorlopig ontwerp) en DO (definitief ontwerp) uit de 'oude wereld' zijn in BIM zoveel mogelijk geïntegreerd.

Door de verandering van serieel en gefragmenteerd naar integraal en parallel ontstaan nieuwe rollen in het proces:

- Regisseren
- Modelleren
- Simuleren ten einde te optimaliseren
- Excelleren in uitvoering

Gedreven door rendementsoptimalisatie zien we in de praktijk al veel bedrijven solliciteren naar een andere positie in de bouwketen. Aannemers pakken ontwikkelaarsrollen. Ontwikkelaars worden regisseurs en schakelen de aannemers uit. En architecten, ingenieurs en vastgoedbeheerders maken de overstap naar Managing Agents die risicodragende processen aansturen (zie partijen als Bechtel/John Laine).

Er is vooralsnog geen uniek ontwikkelingspad voor de architect van de 21^e eeuw. Het hangt van de competenties en de ambities af die de moderne architect nastreeft. Sommige – gerenommeerde – architecten houden sterk vast aan de oude rol; passie voor het ambacht staat bij hen centraal. Anderen zien het bouw-informatiemodel als de nieuwe norm en gaan massaal over op BIM. Ook omdat de nieuwe generatie jonge architecten niet anders meer kan én wil.

En er zijn nog meer ontwikkelingen gaande die architecten dwingen zich verder te ontwikkelen en te professionaliseren.

Projecten worden omvangrijker en complexer. In meerdere dimensies kunnen ontwerpen, is daarmee een vereiste geworden. In High Rise-omgevingen als Dubai en Singapore is de derde dimensie inmiddels de meest cruciale. Maar ook gevelvertandingen, installaties en liftechnologieën vragen om 3D-benaderingen.

De vraag naar duurzaamheid maakt de lifecycle-benadering onvermijdelijk. De complexiteit hiervan, zeker in een gebiedscontext, vraagt om een geheel andere benadering van de ontwerp-opgave.

- Nieuwe contractvormen vragen nieuwe competenties van de architect 'nieuwe stijl', zoals value engineering. Ontwikkelen we bij een nieuw stadsdeel als Nobelhorst in Almere ook een smart grid met gedecentraliseerde energieopwekking? Of hoe ontwikkelen we voor het immense Hart voor Zuid-project in Rotterdam nieuwe ruimte-verdienmodellen? Architecten kunnen op basis van system engineering meer en meer de basis leggen voor waardecreaties in een gebied.
- In een wereld die vraagt om 'value for money' is functionaliteit het kernbegrip. Hoe maken we een optimaal FO, of vanaf nu Functioneel Model, voor een geslaagde businesscase?
- De mondigere burger vraagt steeds explicieter om een geheel andere visualisatie van ruimtelijke plannen.

- Bouw en Infra groeien meer naar elkaar toe. Dat is goed terug te zien bij projecten als de geleidsschermen langs de A2 en de A4. Die ontwerpogaven zijn daarmee ook meer multidisciplinair geworden. De logische volgende stap is de verbintenis met de wereld van de industrieel ontwerpers.
- De legalisering van de bouw (met dank aan Hennes de Ridder voor de term) lijkt onafwendbaar. Productie gaat meer en meer off-site dan on-site plaatsvinden. Ook 'mass customization' wint terrein. De vraag is: hoe ontwikkelen architecten volgens die lijn?

Al met al is de conclusie dat de architect op meerdere fronten volop toekomstkansen heeft door een sterker regisserende rol te pakken.

7.2. Inleiding

De introductie van ICT in de gebouwde omgeving heeft een golf van nieuwe innovaties opgeleverd. Bouwwerken en de gebouwde omgeving worden intelligenter. Beheer is een innovatief vakgebied geworden, een hernieuwde professie die beheerkosten flink doet afnemen.

ICT in de gebouwde omgeving biedt ook veel mogelijkheden om, onder andere via koppelingen met sociale media, meer intelligentie in gebieden te brengen. Het Smart City-concept krijgt steeds zo meer lading. In dit hoofdstuk kijken we vooruit naar dergelijke nieuwe concepten en kansen.

7.3. VDC

Een van de meest toonaangevende partijen binnen het onderzoek naar de mogelijkheden van BIM in de bouwketen is het Stanfords Centre for Integrated Facility Engineering (CIFE). De afgelopen jaren is duidelijk geworden dat BIM architecten, ingenieurs en constructeurs betere prestaties laat leveren tegen lagere kosten en in kortere periodes. Daarnaast is BIM in staat om de communicatie tussen de verschillende disciplines te faciliteren. Voor een volgende stap richt CIFE zich nu op de mogelijkheden van het verbeteren van het bouwproces met 'Virtual Design and Construction' (VDC).

Verschillende modellen en dimensies als ontwerp, constructie, installatie, budget, planning en bouwlogistiek maken deel uit van het VDC-bouwmodel. Doordat al deze zaken virtueel te modelleren en te simuleren zijn, zijn de verschillende processen beter op elkaar af te stemmen. Dit versoepelt het bouwproces in de praktijk, zowel in bouw als in organisatie.

VDC biedt ook een goede basis voor het inrichten van een (virtuele) digitale ruimte die de opdrachtgever, opdrachtnemer en andere stakeholders kunnen gebruiken. Een ruimte waarin, in de realisatie van het bouwwerk, het virtuele ontwerp realtime te volgen is. Betrokkenen kunnen er continu de genomen beslissingen volgen en keuzes traceren. In onderling overleg is het dan relatief eenvoudig om bij te sturen. Uitstekende condities voor een optimaal leer- en ontwikkelproces.

De afgelopen tijd is CIFE bezig geweest met een verdere uitwerking van VDC om het BIM-model verder te optimaliseren. Met het zogenoemde BIM+ maakt de organisatie een koppeling tussen parametrisch ontwerpen (zie volgende paragraaf) en cloud computing.

De combinatie van BIM en modelleren gaat zichzelf direct terugverdienen als de bouw het informatiemodel gebruikt voor geautomatiseerde analyse: het doorrekenen van ontwerpvarianten en parameters. Waar men in het verleden slechts enkele varianten handmatig traag kon doorrekenen, is het met BIM+ mogelijk om een groot aantal ontwerpvarianten snel door te rekenen.

Met de mogelijkheid voor computers om aanpassingen aan het model te maken en deze ook meteen door te rekenen, hebben de verantwoordelijken van het model meer tijd om zich te focussen op de uitkomst van de berekeningen en de vraag wat dit betekent voor het project. De combinatie van rekenkracht van de computer die al doende de creatieve en procesmatige insteek van mensen ondersteunt, zorgt voor een efficiënter en effectiever bouwproces. Een bouwproces waarbij betrokken partijen weloverwogen keuzes maken en beslissingen nemen dankzij een goede argumentatie, onderbouwd door solide berekeningen.

7.4. Prestatiegericht ontwerpen

Een traditioneel ontwerpproces begint doorgaans met een verzameling ontwerpisen die het te ontwerpen gebouw definiëren. In het creatieve proces veranderen deze ontwerpisen vaak. Simpelweg omdat de abstracte definitie van het te ontwerpen object tijdens het project moet worden omgezet naar meetbare criteria. Hiervoor moeten vaak compromissen gesloten worden over het ontwerp, waardoor het definitieve ontwerp uiteindelijk maar aan een selectie van de eisen voldoet. Voornamelijk aan de functionele en esthetische.

Met prestatiegericht ontwerpen (de trend in de architectuur) wordt de invloed van interdisciplinariteit en complexiteit groter. Uitgangspunt voor deze manier van werken is het samensmelten van de verschillende disciplines zoals sociale, financiële, artistieke en technische om zo tot een ontwerp te komen dat beter presteert, omdat het voldoet aan alle eisen van de verschillende disciplines.

Binnen prestatiegericht ontwerpen, draagt parametrisch ontwerpen bij aan een efficiënt ontwerpproces. Aangezien BIM een informatiesysteem is waarbij alle informatie van verschillende disciplines in één model zijn geïntegreerd, leent het zich bij uitstek voor parametrisch ontwerpen. Van de parametrische koppeling van informatie aan gebouwonderdelen is het ten slotte een kleine stap naar het koppelen van geometrische relaties aan en tussen de objecten.

7.5. Cloud Computing

Met cloud computing heeft de eindgebruiker toegang tot alle op het netwerk opgeslagen faciliteiten (zoals BIM-data en hard- en software) waarop hij is aangesloten. En dat met de mogelijkheid deze te gebruiken zonder hier daadwerkelijk eigenaar van te zijn. Tegen een vergoeding kan hij gebruikmaken van de online diensten die de cloud levert.

Grofweg is cloud computing onder te verdelen in drie opeenvolgende lagen. Ten eerste is er *Software as a Service* (SaaS) dat software-applicaties online aanbiedt. Hierop volgt *Platform as a Service* (PaaS) dat ook een online platform aanbiedt waar gebruikers zelf het beheer van kunnen oppakken. De derde laag is

Infrastructure as a Service (IaaS) waarbij de gebruiker ook de infrastructuur kan beheren. Dit houdt in dat ook de hardware deel uitmaakt van het dienstenpakket.

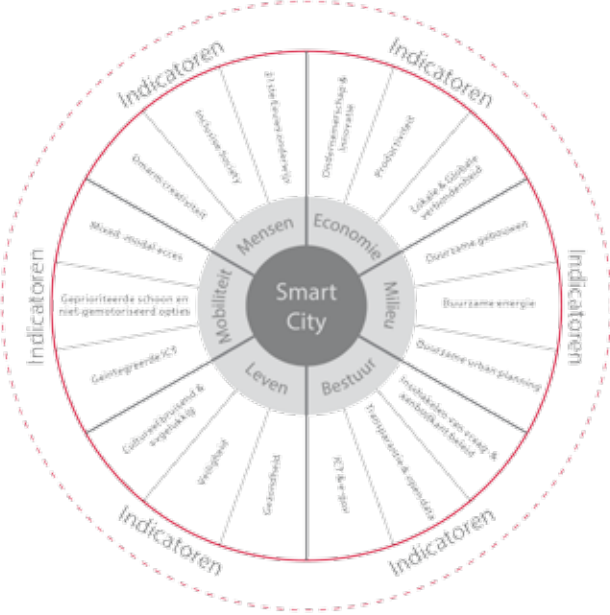
7.6. Smart City en nieuwe technologie

Dé trend in de gebouwde omgeving is het verleggen van de focus op de bouw naar het (duurzaam) beheren van vastgoed. Voor beheer was tot op heden weinig interesse. Merkwaardig omdat de beheerkosten vrijwel altijd een veelvoud zijn van de ontwikkelingskosten van een gebouw. Nog merkwaardiger is dat de gebouwde omgeving vandaag de dag nog steeds beheerd wordt alsof er geen ICT-technologie bestaat. Databases zijn uitermate gebrekkig, losstaand en een heleboel van de benodigde input is vaak nog niet gedigitaliseerd.

Nieuwe technologieën als BIM, VDC, 3D-printing en parametrisch ontwerpen zullen, mede onder druk van de economische crisis, versneld worden ingevoerd. Dit vraagt meer multidisciplinaire samenwerking, andere competenties maar ook andere culturen en structuren.

In de literatuur wordt veel gesproken over de netwerkstad. Met locaties die niet op zichzelf staan, maar onderdeel zijn van diverse netwerken. Dat kunnen netwerken van steden zijn, of netwerken van systemen in de sfeer van mobiliteit, recreatie of nutsvoorzieningen, als knooppunten van infrastructuur en functies. Knooppunten bijvoorbeeld voor het accommoderen van mobiliteit, medische en recreatieve voorzieningen of van expertise. De netwerkstad verbindt activiteiten als wonen, werken en leven met deze systemen. Kern van de concepten is de steden te beschouwen als een 'system of systems of systems'. Voorbeelden van deelsystemen zijn distributie, energie, waterhuishouding, mobiliteit en transport, gezondheidszorg en openbare veiligheid. Binnen deze systemen wordt veel informatie verzameld. Wat echter tot op heden ontbrak is een goede integratie van de verschillende systemen.

Door de trek naar de steden neemt de druk op de stedelijke infrastructuur toe en daarmee ook de roep om intelligente systemen om de stad beter te faciliteren en te accommoderen. Vanuit die pull ontwikkelen grote ICT-bedrijven als Siemens, IBM en Cisco in dit tijdsgewricht nieuwe concepten en platforms om steden intelligenter te maken.



Afbeelding 7.1: Deelsystemen van een Smart City en haar indicatoren

Door slimme interfaces, zo is het idee, verbetert de informatie en is die sneller en gemakkelijker uit te wisselen. Waardoor instanties sneller kunnen reageren op evenementen, incidenten of calamiteiten, en problemen beter te voorzien zijn. Door interventies op het openbaar vervoerssysteem en de verkeerslichten om de hulpverlening ruim baan te geven bij ongelukken en rampen, om maar eens een dwarsstraat te noemen. Slimme interfaces minimaliseren zo de impact en verstoringen voor burgers. Terwijl ze de stad slimmer te besturen maken.

Of, om met Anne Altman, general manager IBM Global Public Sector, verantwoordelijk voor het Intelligent Operations Center for Smarter Cities, te spreken:

“Alle steden bestaan uit een complex systeem van systemen die allemaal onlosmakelijk met elkaar zijn verbonden. Het Intelligent Operations Center for Smarter Cities doorziet het gedrag van de stad als geheel en maakt daardoor beter gecoördineerde en snellere besluitvorming mogelijk, op basis van diep inzicht in de manier waarop elk stedelijk systeem zal reageren op een bepaalde situatie.”

In zijn proefschrift 'De stad als interface. Digitale media en stedelijke openbaarheid' beschrijft Martijn de Waal hoe de opkomst van de smartphone en andere 'urban media' zoals sensors, chipkaarten, camera's en wifi-netwerken de stad veranderen (de Waal, 2013). Via een smartphone hebben mensen altijd, overal toegang tot alles en iedereen. Dat verandert de manier waarop mensen zich sociaal-ruimtelijk organiseren en waarop mensen de stedelijke omgeving beleven. Stedelingen kunnen in die wereld urban media gebruiken om de stad op nieuwe manieren te 'programmeren' en te beleven.

Nieuwe media kunnen stadbewoners ook een instrument geven om problemen in hun fysieke omgeving aan de orde te stellen. In Amerika bijvoorbeeld gebruiken fietsers apps en fora om klachten te verzamelen over gevaarlijke plekken en slechte fietspaden. Ook zijn er voorbeelden waarbij mensen via nieuwe media ervaringen en kennis over bepaalde stadsdelen met elkaar delen. Bijvoorbeeld Ilovenoord.nl, een site met 'alles over Amsterdam Noord waar je blij van wordt'.

Nieuwe media veranderen effectief de relaties tussen 'ruimteprofessionals' en burgers. In Amsterdam is in 2012 het project Amsterdam Wasteland geïntroduceerd, een interactieve digitale kaart van lege plekken in Amsterdam, Diemen en Zaandam.¹³ Bezoekers die de site raadplegen, vinden een overzicht van alle braakliggende terreinen in de regio Amsterdam die tijdelijk herbestemd worden, inclusief naam, e-mailadres en telefoonnummer van de betrokken ambtenaar. Eén van de initiatiefnemers is Jurgen Hoogendoorn van het Ontwikkelingsbedrijf Gemeente Amsterdam (OGA). In De Groene Amsterdammer van 21 februari 2013 zegt hij er het volgende over: "Het is een interactief proces van stadsontwikkeling nieuwe stijl waarbij de samenleving en de overheid coproductoren zijn."



13. http://maps.amsterdam.nl/braakliggende_terreinen/

Ruimte en complexiteit

Binnen de gebouwde omgeving zijn systemen en deelsystemen met elkaar verbonden. In beginsel kunnen die onderverdeeld worden in economische, sociale en ecologische systemen. Door de gebouwde omgeving, inclusief de deelsystemen, te modelleren, met name infrastructuur en steden, is het mogelijk de efficiëntie van de toekomstige gebouwde omgeving te vergroten.

Het idee van 'slim' – vaak ondersteund door ICT – ontwikkelen en beheren van de gebouwde omgeving staat ook wel bekend onder de naam 'Smart City': Een model dat de verschillende aspecten van de stad integraal benadert. Daarbij kan het gaan om de verschillende deelsystemen van de stad (vervoer, energie, water) maar ook over besluitvormingssysteem voor stedelijke vraagstukken. Complexiteit die alleen maar toeneemt doordat er een kentering is in (opvattingen over) functies van een stad. In de afgelopen decennia waren functies vaak gescheiden: denk aan winkels in het centrum en kantoren in de periferie. Tegenwoordig willen we functies bundelen en gebieden multifunctioneel ontwikkelen: binnensteden verdichten en de levendigheid waarborgen.

En multifunctioneel (binnenstedelijk) gebieden ontwikkelen is moeilijk. Tal van aspecten spelen een rol en komen samen: bestaande en nieuwbouw, bereikbaarheid en stedelijke doorstroming, huidige omwonenden en nieuwe bewoners, groene netwerken en waterhuishouding, noem maar op. Het meenemen van alle aspecten in een ontwikkelingsproces is een enorme opgave. Maar door de stad te benaderen vanuit deelsystemen in plaats van de stedelijke complexiteit integraal te willen begrijpen, komt binnenstedelijke en multifunctionele gebiedsontwikkeling binnen handbereik.

Er zijn in de loop der jaren de nodige systemen in de gebouwde omgeving gemodelleerd. Door gebruik te maken van geografische informatiesystemen (GIS) laten die modellen zich nu vlot koppelen aan geografische locaties en is per locatie te zien welke deelsystemen aanwezig zijn en welke informatie beschikbaar is. Het is de opmaat naar een stedelijk analyseplatform.

Een volgende stap in het creëren van een stedelijk analyseplatform is door de verschillende deelsystemen ook onderling te combineren. Tussen de vele systeemmodellen komen meerdere parameters overeen die in te zetten zijn om de verschillende deelsystemen met elkaar te verbinden. Een voorbeeld van een dergelijke parameter is groenvoorziening. Als parameter is groenvoorziening van belang voor het groene netwerk van de stad, voor het klimaat in de stad en voor de beleving van de stad. Veranderingen in groenoppervlakte hebben gevolgen voor al die deelsystemen.

Het koppelen van informatie en deelsystemen aan specifieke locaties of elementen ligt in het verlengde van het bouw-informatiemodel (BIM) voor gebouwen. In plaats van over BIM spreken we dan over GIM. Een gebiedsinformatiemodel (GIM) dat de verschillende elementen in het gebied koppelt aan relevante data.

Net zoals bij BIM is de input van data in een GIM een heet hangijzer. Waar bij een gebouw de data doorgaans aanwezig is maar de structuur ontbreekt, kan het bij gebieden voorkomen dat de gegevens überhaupt niet aanwezig zijn. Of verspreid over meerdere partijen. Het verzamelen en structureren van data uit de gebouwde omgeving (zoals gebruikersdata, milieukwaliteit en onderhoudsstaten) is dan ook de uitdaging voor het goed functioneren van GIM.

Stip op de horizon? We voorzien een volledig digitaal systeem van de stad dat in deelsystemen te ontrafelen is en waarin met system engineering de stad te optimaliseren is. Met realtime informatie over de prestaties van de stad waardoor het mogelijk is sneller en adequater te reageren op bijvoorbeeld calamiteiten. Nu zijn dergelijke modellen nog toekomstmuziek, maar de mogelijkheden zijn steeds duidelijker en het aantal experts en instituten dat hieraan werkt, neemt snel toe.

Informatiebehoeftes voor het beheer en onderhoud

Onderdeel	Attributen/ subonderdeel	Gebruik van BIM
Gebouw beheer	Gebouw (code)	Specificeren
	Vergunningen (document)	Koppelen
	Verordeningen (document)	Koppelen
	Flora en faunabeheer	Koppelen
	Specifieke gebouwelementen in 3D installaties)	Automatisch
	Doorsneden, leidingverloop	Automatisch
	Contactenlijst	Specificeren/ Koppelen
	Contractenlijst	Koppelen
	Logboek actiepunten, aansturing	Specificeren/ Koppelen
	Energieprestatieberekeningen	Automatisch
	Koellast- en transmissieberekeningen	Automatisch
	Elementendatabase (bibliotheek)	Automatisch
	Materiaaldatabase	Automatisch
Onderdeel	Attributen/ subonderdeel	Gebruik van BIM
Ruimtebeheer/ spacemanagement	Gebouw (code)	Specificeren
	Verdieping	Automatisch
	Ruimtenummer	Automatisch
	Ruimtenaam	Specificeren
	Ruimtegebruik	Specificeren
	Ruimtesoort	Specificeren
	Instantie/afdeling	Specificeren
	Domein	Specificeren
	Oppervlakten (GO, BVO, NVO, VVO, TO(m2))	Automatisch
	Oppervlakten daglichttoetreding	Automatisch
	Vrije hoogtes	Automatisch
	Nominale hoogtes (verdiepingshoogtes)	Automatisch
	Volumes (m3)	Automatisch
	Perimeters (mm1)	Automatisch
	Aantal gebruikers	Specificeren/ Automatisch
	Inventarislijst	Automatisch
PvE	Type vloerafwerking	Specificeren

Onderdeel	Attributen/ subonderdeel	Gebruik van BIM
PvE	Type wandafwerking	Specificeren
PvE	Type plafondafwerking	Specificeren
	Vloermateriaal	Specificeren/ Automatisch
	Wandmateriaal	Specificeren/ Automatisch
	Plafondmateriaal	Specificeren/ Automatisch
	Losse aansluitpunten (230V, krachtstroom, gas, vacuüm, drinkwater, bedrijfswater, data, telefoon)	Automatisch
	Toegang (bevoegdheid)	Specificeren/ Automatisch
	Regelbaarheid van installaties	Specificeren
PvE	Benodigde ventilatievoud	Specificeren
PvE	Benodigde Lux	Specificeren
PvE	Benodigde klimaateisen	Specificeren
PvE	Prestatie-eisen	Specificeren/ Automatisch
PvE	Benodigde vloeroppervlaktes	Specificeren
Bouwbesluit	Gebruiksfunctie	Specificeren
Bouwbesluit	Gebruiksoppervlakte	Automatisch
Bouwbesluit	Verblijfsgebied	Automatisch
Bouwbesluit	Verblijfsruimte	Automatisch
Bouwbesluit	Gezondheidseisen (ventilatie, daglicht)	Specificeren/ Automatisch
Onderdeel	Attributen/ subonderdeel	Gebruik van BIM
Zone beheer/ spacemanagement	Gebouw (code)	Specificeren
	Verdieping	Automatisch
	Oppervlakte (m2)	Automatisch
	Brandcompartimentering (m2)	Automatisch
	Brandcompartimentering	Specificeren
	Vluchtwegen	Specificeren/ Automatisch
	Installatiezones (m2)	Automatisch
	Installatiezones	Specificeren
Onderdeel	Attributen/ subonderdeel	Gebruik van BIM
Beheer van gebouw(deel) elementen	Gebouw(deel) element naam	Specificeren/ Automatisch
	Element type	Specificeren
	NL-SfB codering	Specificeren/ Automatisch

Begrippen in de woordenlijst zijn tot stand gekomen door gebruik te maken van termen uit het onderzoek en uit de publicaties Nieuw Krachtenveld Nieuwe Paradigma's (Verbaan, 2012) en Samen Sneller Slimmer (Blauwhof, Spiering en Verbaan, 2013). Voor een uitgebreid overzicht van de terminologie van BIM zie: <http://wiki.ibim.nl/> Onderstaande woordenlijst geeft u een inzicht in termen en definities die de afgelopen jaren hun intrede hebben gedaan in de sector.

Aanbodspecificatie	Aanbiedingsdocument dat de geboden oplossing met de oplossingsmarge en bijbehorende eisen vastlegt.
Asset Management	De activiteiten waarmee een organisatie uitvoering geeft aan het optimaal beheren van de assets en de daarmee verbonden prestaties, risico's en investeringen gedurende de gehele levenscyclus, met als doel het realiseren van het strategische bedrijfsplan en de doelstellingen van de organisatie. [PAS 55 – British Standards Institution (BSI)]
Beheer	Het gepland en financieel verantwoord treffen van maatregelen en activiteiten waarmee de functie van een systeem beschikbaar blijft.
Beheerparadox	Het fenomeen waarbij de kosten en inspanningen van het beheer hoger zijn dan de bouw.
BIM	BIM is een instrument voor de sector om door middel van ICT de keten van bouwen tot beheren te integreren. Het staat voor bouwinformatiemodel of bouwinformatiemanagement en kan beschreven worden als het proces van het genereren en beheren van informatie over een gebouw tijdens de gehele levenscyclus. De basisgedachte is dat gegevens over een gebouw worden ingevoerd en vervolgens aan alle partijen in de keten, van ontwerpen tot bouwen en beheren, centraal ter beschikking staan. BIM is ook een model, een informatiesysteem en een proces. BIM is géén software en is meer dan een 3D- representatie: ook 4D (tijd) en 5D (kosten) zijn mogelijk. Een BIM heeft 'smart objects' die veel informatie dragen. Het is mogelijk om informatie te linken aan het model zoals belangrijke documenten. BIM is daarmee een gedeelde kennisbron voor informatie over een bouwproject en vormt een betrouwbare basis voor de besluitvorming tijdens de levenscyclus. Een uitgangspunt van BIM is de samenwerking van verschillende belanghebbenden in de verschillende fasen van de levenscyclus van een bouwproject, waarbij elke stakeholder de mogelijkheid heeft om informatie toe te voegen, weg te halen, bij te werken of te wijzigen.
Cloud computing	Cloud computing betekent applicaties en diensten die niet meer aan de eigen server en pc verbonden zijn maar op elk moment op elke plaats toegankelijk zijn.
Cocreatie	Een situatie waarbij een organisatie waardecreatie laat plaatsvinden door samenwerking aan te gaan met consumenten, eindgebruikers of andere belanghebbenden.
Competitive dialogue	Een procedure waarbij een geselecteerd aantal aanbieders een gescheiden dialoog aangaat met de opdrachtgever teneinde een oplossing te vinden voor de behoeften van de aanbestedende dienst.
Considered Construction	Aandachtig kijken naar de manier waarop er wordt gebouwd met een focus op bouwlogistiek om dit proces te optimaliseren.

CPO	CPO staat voor Collectief Particulier Opdrachtgeverschap. Dit is een vorm van woningbouwontwikkeling waarbij de particuliere kopers zich verenigen in een collectief en zelf hun grondkavel kopen of pachten en een architect kiezen om zo met maximale invloed hun woning te realiseren.
Cradle-to-cradle	De kern van Cradle-to-Cradle principe ligt in het concept dat alle gebruikte materialen na hun leven in het ene product, nuttig kunnen worden ingezet in een ander product. Hierbij zou geen kwaliteitsverlies mogen zijn en alle restproducten moeten hergebruikt kunnen worden of milieuneutraal zijn. Deze kringloop is dan compleet en 'afval is voedsel'.
DBFM(O) contracten	DBMF staat voor Design (ontwerpen), Build (bouwen), Finance (financieren), Maintain (onderhouden) en Operate (exploiteren) Een DBFM-contract komt tot stand doordat een groep private partijen zich organiseert in een consortium dat speciaal is opgericht voor één project of in samenwerking met de overheid. In het contract worden de onderlinge afspraken beschreven.
Engineering , Procurement, Contracting (EPC)	Term uit de DBFM(O)-contracten waarmee men het bouw-, inkoop- en engineeringsgedeelte bedoelt.
Exploitiatiewinst	Het resultaat van de eigenlijke bedrijfsuitoefening, specifiek bij het uitbaten van bezittingen zoals grond of vastgoed.
Faalkosten	Alle kosten veroorzaakt doordat het bouwproces onnodig inefficiënt is verlopen, of het eindproduct niet aan de afgesproken kwaliteitseisen voldeed of omdat zaken die gebrekkig waren of tekortschoten moesten worden hersteld of vervangen.
Full service providers	Dienstverschaffende instanties die zoveel mogelijk diensten verschaffen als redelijkerwijs mogelijk is.
Gebiedsconfigurator	Een systeem dat de onderlinge verhouding of gesteldheid van zaken of toestanden in termen van rood (bebouwing), zwart (infra), groen (natuur) en blauw (water) binnen een gebied in kaart brengt.
Gebruiksfase	Tijdsbestek tussen oplevering en sloop waarin een systeem zijn functie vervult.
GIM	Staat voor Gebiedsinformatiemodel.
GWW-sector	GWW is een afkorting voor Grond-, Weg- en Waterbouw. Ook wel Grondwerk, Wegenbouw en Waterbouw, het werkgebied van de civiele techniek.
Identity data	Specifieke informatie die is gekoppeld aan een fysiek onderdeel in het model.
Integraal Project Management	Projectmanagementmodel dat de besturing van processen binnen een project beschrijft, de samenhang daartussen en de relaties met de projectomgeving.
Integraliteit	Het proces waarbij verschillende disciplines met elkaar werken aan samenhangende problemen door middel van elkaar versterkende fysieke, economisch en sociale maatregelen.
Intelligent Operations Center	Software die het managen van een gebied (stad) ondersteunt, haar bedrijfsvoering verbetert met technologieën om informatie over de gebeurtenis te verwerken in een samenhangende manier. Waarbij presentatie van de stakeholders op adequate wijze wordt gepresenteerd. Voorbeeld : Stoplichten worden rood bij het uitrijden van de brandweer.

Interface	Een interface is het raakvlak tussen mens en computer (de gebruikersinter- face) of de koppeling tussen componenten (zowel software als hardware) in computersystemen. Via een interface worden in twee richtingen gegevens uitgewisseld.
Just-in-time	Methode voor voorraadbeheer die erin bestaat de voorraden tot het strikte minimum te beperken en de bevoorrading van een fabriek te verzekeren op het moment waarop deze fabriek goederen nodig heeft. Net op tijd.
Kennisinfrastructuur	Samenwerkingsverbanden tussen expertisecentra, overheid, bedrijfsleven en/ of onderwijsinstellingen gericht op kennisontwikkeling en kennisoverdracht op een bepaald terrein waarbij er interactie is tussen onderzoek, beleid en praktijk.
Ketenintegratie	Samenwerking binnen en tussen de opeenvolgende schakels binnen een organisatie- of bedrijfskolom. Alle organisaties en afdelingen in de keten die achtereenvolgens een rol spelen in het bouwproductie- of dienstverlenings- proces werken zo met elkaar samen.
Ketenregie	Het managen van een keten door onafhankelijke klanten en leveranciers te verbinden als ware het een enkele entiteit.
LEAN	Term afkomstig uit de automotive wereld. Productieprocessen die verlopen volgens een managementfilosofie die erop gericht is om verspillingen en zaken die geen toegevoegde waarde leveren, te elimineren. Door de 'slanke produc- tie' gaat de kwaliteit van het product omhoog en de kosten omlaag , wat leidt tot een verbetering van het bedrijfsresultaat.
Legalisering	Innovatieve stroming in de bouwwereld waarbij er uitgegaan wordt gegaan van het creëren van losse onderdelen die op locatie in elkaar kunnen worden gezet en ook weer makkelijk kunnen worden hergebruikt.
Levensduurdenken	Een productie- en/of consumptiestrategie die zich richt op het rekening hou- den met alle effecten (ecologische, economische en sociale) die een product of dienst zal hebben gedurende de gehele levenscyclus, 'van de wieg tot het graf'.
Levensduurkosten	
Life cycle costs	Een methodiek die financiële afwegingen gedurende de levenscyclus mogelijk maakt.
Living building concept	Het living building concept is gebaseerd op het idee dat gebouwen niet star zijn maar moeten meegroeien met de veranderende wensen van de gebruiker. Een revolutionaire manier van anders bouwen; door omkering van de bouw- keten en sturing op waarde voor de gebruiker. De gehele keten van vragers en aanbieders (opdrachtgever en opdrachtnemer en aannemer, aannemer en onderaannemer, onderaannemers en leveranciers) wordt niet meer top-down responsief, maar bottom-up proactief. Dit zorgt voor flexibiliteit ten aanzien van functiewijzigingen.
Meerjarenonderhoudsplan- ning (MOP)	MOP is een langetermijnplan voor het uitvoeren van noodzakelijk onderhoud aan gebouwen, terreinen en installaties.
Megacities	Een stad met meer dan 10 miljoen inwoners is een megacity.
Onderhoud	Activiteiten die worden uitgevoerd met het doel de functies van een systeem gedurende de gebruiksduur op het vereiste kwaliteitsniveau in stand te houden.

Onderhoudbaarheid	Onderhoudbaarheid beschrijft de waarschijnlijkheid dat de activiteiten voor actief onderhoud kunnen worden uitgevoerd binnen de hiervoor vastgestelde tijden onder gegeven omstandigheden teneinde de vereiste functie te kunnen (blijven) uitvoeren.
Open source	De praktijk in productie en ontwikkeling die vrije toegang geeft tot de bron- materialen van het eindproduct. Hierdoor worden nieuwe technologieën vaak sneller verspreid en verbeterd.
Operational excellence	Operational Excellence is een filosofie van leiderschap, teamwork en het op- lossen van problemen die leidt tot een continue verbetering in de hele organi- satie door te focussen op de behoeften van de klant.
Paradigma	Een zienswijze, grondhouding, wereldbeeld. Het begrip werd door de na- tuurfilosoof Thomas Kuhn geïntroduceerd. Onder paradigma verstaat Kuhn eigenlijk een stelsel van afspraken die wetenschappers hanteren.
Parametrisch ontwerpen	Parametrisch ontwerpen gaat over het gebruik van variabelen en algoritmen met een hiërarchie van wiskundige en geometrische relaties die het toelaten om een bepaald ontwerp te genereren, die tegelijkertijd het hele scala van mo- gelijke oplossingen en de variabiliteit van de initiële parameters te verkennen.
Partnering	Het oprichten van een lange termijn win-winrelatie op basis van wederzijds vertrouwen en teamwork, door zowel het verdelen van de risico's als voor- delen. Partnering kan worden opgericht tussen werknemers en werkgevers, ondergeschikten en de uitvoerende machten of leveranciers en klanten.
Proces-based	Een organisatievorm waar het beheren van activiteiten voorop staat, in lijn met, en ondersteund door de visie, missie en waarden van de organisatie.
Product Life Cycle Manage- ment	Het proces van het beheer van de volledige levenscyclus van een product van de conceptie, via ontwerp en fabricage, tot dienstverlening en verwijdering.
Projectmanagement	Het op zo'n manier organiseren en managen van middelen dat een project wordt voltooid binnen de gedefinieerde scope en afgesproken planning en budget.
Property Management	Het beheer, de controle en het toezicht van onroerend goed, in de meest brede zin.
Publiek-Private Samenwer- king (PPS)	Een vorm van samenwerking waarbij overheid en bedrijfsleven, met behoud van eigen identiteit en verantwoordelijkheid, gezamenlijk een project realise- ren.
Renderen	Renderen is het genereren van een digitale afbeelding uit een driedimensi- onaal model met behulp van de computer. Het model is een beschrijving van objecten en de eigenschappen daarvan in een strikt gedefinieerde taal of data- structuur. Het bevat informatie over de geometrie, de belichting, de schaduw en de eigenschappen van de objecten.
Risicomanagement	Een systematisch continu proces dat ten aanzien van de doelstelling risico's identificeert en beoordeelt.
Service Level Agreements (SLA)	Een overeenkomst tussen opdrachtgever en opdrachtnemer waarin de af- spraken en de voorwaarden over het dienstverleningsniveau zijn vastgelegd.
Smart Cities	Slimme steden die informatie- en communicatietechnologie (ICT) gebruiken om intelligenter en efficiënter in het gebruik van middelen te zijn.

Smart Grids	Term uit de energiewereld. Een elektriciteitsnetwerk waarbij in theorie alle gebruikers van elektriciteit ook elektriciteit aan het netwerk kunnen leveren, mogelijk gemaakt door intelligentie in het netwerk. Past in de meer algemene megatrend van decentralisatie en autarkie.
Social City	Een stad waarbij het gebruik van informatie- en communicatietechnologie (ICT) vanuit de burgers wordt georganiseerd om deze intelligenter en efficiënter te maken. Door middel van bottom-up initiatieven ontstaan hierdoor besparingen op allerlei vlakken.
SPV (Special Purpose Vehicle)	Een vennootschap die wordt ingericht om de activiteiten binnen een DBFM-contract uit te voeren.
Supply chain management	Management, gericht op het beheersen en optimaliseren van de goederen-, informatie- en geldstromen binnen en tussen de opeenvolgende schakels in de keten van leveranciers tot aan de klant.
Sustaining innovations	Innovatie die alleen het bestaande evolueert waardoor de bedrijven tegen elkaar en elkaars verbeteringen moeten concurreren.
Systeemdenken	Een wetenschappelijke benadering die tracht overzicht van het geheel te behouden, in plaats van zich te concentreren op afzonderlijke onderdelen zonder te overwegen welke rol deze delen in het groter geheel spelen.
Systeemverandering	Een verandering in een sociaal, sociaal-technisch en/of technisch systeem, dat ervaren wordt als een sprongsgewijze stap. Het systeem kan een product zijn, een techniek of technologie, een organisatie of zelfs de samenleving.
Systems Engineering	Een interdisciplinaire techniek die zich richt op het ontwerpen en managen van complexe technische projecten gedurende hun levenscyclus met betrekking tot werkprocessen, optimalisatiemethoden en instrumenten voor risicobeheer.
Tendering	Een procedure waarbij door middel van inschrijving getracht wordt een bepaalde dienst of product te verkrijgen, die op basis van factorenafweging wordt verleend of verstrekt. Factoren zijn onder meer prijs en/of kwaliteit.
Total Costs of Ownership	Een totaal van de directe en indirecte kosten van een project, product of systeem toegepast op de beoogde levensduur.
Transactiekosten	Kosten die gemaakt worden om de fricties tussen de schakels in de keten op te heffen.
TVO (Total Values of Ownership)	Een financiële raming van de directe en indirecte waarde van een project, product of systeem toegepast op de beoogde levensduur.
Uniforme Administratieve Voorwaarden (UAV)	Als het resultaat van samenwerking tussen de bouwsector en de overheid is de UAV uitgegroeid tot een standaardregeling die bij projecten van de overheid en bij projecten in de private sector wordt toegepast.
VDC (Virtual Design & Construction)	Het beheer van geïntegreerde multidisciplinaire prestatie modellen van ontwerp-bouw-projecten. Term is nauw gerelateerd aan BIM.



Literatuurlijst

- AIA (2008). *AIA E202 – 2008 BIM Protocol Exhibit*. Vinddatum juni 2013: <http://www.aia.org/contractdocs/training/BIM/aia078742>)
- BAM (2008). *SE–Wijzer. Handleiding Systems Engineering voor BAM Infra*. Bunnink: Koninklijke BAM groep N.V.
- BIM Equity (2013). *BIM and FM: Ensuring Management Commitment*. Vinddatum: 14 mei 2013: <http://www.BIMhow.com/>
- Blauwhof, G. & Verbaan, W. (2009). *Wolk777: Over crisis, krimp en duurzaamheid*. Wageningen: Blauwdruk.
- Blauwhof, G. Spiering, B. en Verbaan, W. (2013). *Samen Sneller Slimmer, Innoveren in de bouw*. Wageningen: Blauwdruk.
- Blauwhof, G., van der Voet, L. en Verbaan, W. (ter perse). *Saving billions as a result of digitizing the existing built environment*. Konstanz: University of Konstanz.
- BNA, ONRI (2006). *DNR–STB 2009 Toelichting en takenoverzicht*. Amsterdam: IMAGO Printing.
- British Institute of Facilities Management (2012). *BIM and FM: Bridging the gap for success*. Hertfordshire, UK: British Institute of Facilities Management. Vinddatum: 24 april 2013: <http://www.bifm.org.uk/bifm/filegrab/3BIM-fm-report-bridgingthegapforsuccess.pdf?type=documents&ref=4752>.
- CIC Research Group, Department of Architectural Engineering (2010). *BIM Project Execution Planning Guide*. University Park, PA: The Pennsylvania State University
- CIWAZ (2012). *Medische Ruimten en Apparatuur*. WIBAZ. Vinddatum: 11 juli 2013: http://www.wibaz.nl/media/download_gallery/W2012-720%20CIWAZ%203e%20editie.pdf
- Computer Integrated Construction Research Program (2013). *BIM Planning Guide for Facility Owners*. University Park, PA: The Pennsylvania State University
- de Waal, M. (2013). *De Stad als Interface*. Rotterdam: Nai010 uitgevers.
- Di Iorio, C. (2013). *BIM to FM – Realities, Goals, Challenges & Future*. Vinddatum: 11 september 2013: http://www.BIMmepaus.com.au/libraries/resources/Forum%202013/BIM%20mep%20aus%202013%20BIM%20to%20fm_v2.pdf
- Eastman, C., Techolz, P., Sacks, R. en Liston, K. (2011). *BIM Handbook, A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New York: John Wiley.
- Eastman, C.M. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons
- ERDC (2013). *COBie Toolkit User Guide*. Vinddatum: 15 mei 2013: http://www.nibs.org/?page=bsa_commonBIMfiles

- Feiner, S., Webster, A., MacIntyre, B., and Höllerer, T. (1999). *Augmented Reality for Construction*. [online] Beschikbaar op: <<http://monet.cs.columbia.edu/projects/arc/arc.html>> [Geraadpleegd op: 23 september 2013].
- Gallagher, M.P., O'Connor, A.C., Dettbarn, J.L. & Gilday, L.T. (2004). *National Institute of Standards and Technology. Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*. Vinddatum: 15 april 2013: <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build04/PDF/b04022.pdf>
- General Services Administration (2011). *GSA Building Information Modeling Guide Series. 08 – GSA BIM Guide for Facility Management*. Vinddatum 11 juli 2013: http://www.gsa.gov/graphics/pbs/BIM_Guide_Series_Facility_Management.pdf
- Hoof, D. (2011). *How to adopt the desires and requirements from the Facility Management in the design process with help of BIM*. Göteborg, Zweden: Chalmers University of Technology
- Lievendag, T. en Stropak, P. (2012). *Laserscannen in de bouw. Cement, Kennisplatform betonconstructies*. Vol 7. november. pp. 50–52.
- Malleson, A., Mordue, S., Hamil, S., Jellings, D. & Chapman, I. (2012). *The IFC/ COBie Report 2012*. Vinddatum: 29 augustus 2013: http://www.thenbs.com/pdfs/IFC_COBie-Report-2012.pdf
- McGraw Hill Construction (2012). *The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007–2012)*. Bedford, MA: McGraw Hill Construction. Vinddatum: 17 juli 2013: http://images.autodesk.com/adsk/files/mhc_business_value_of_BIM_in_north_america_2007-2012_smr.pdf
- NEN (1993). NEN 2574:1993 nl. *Tekeningen in de bouw – Indeling van gegevens op tekeningen voor gebouwen*. NEN
- NEN (2011). NEN 2767–1:2011 nl. *Conditiemeting – Deel 1: Methodiek*. NEN
- Noordhuis, M. en Vrijhoef, R. (2011). *Ketensamenwerking in de bouw*. Zoetermeer: Bouwend Nederland & Stichting Research Rationalisatie Bouw.
- Rijksoverheid (2013). *Bouwbesluit 2012*. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden
- RWS, Prorail, NL ingenieurs, Bouwend Nederland en Vereniging van Waterbouwers (2009). *Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector*. Den Haag: Rijkswaterstaat, Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu.
- Sabol, L. (2008). *Building Information Modeling & Facility Management*. Washington, DC: Design + Construction Strategies
- Shadbolt, N., O'Hara, K., Berners-Lee, T., Gibbins, N., Glaser, H., Hall, W. and Schraefel, M. (2012). Linked open government data: lessons from Data.gov.uk. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 27(3). pp. 16–24.
- Straatman, J., Pel, W. en Hendriks, H. (2012). *RRBouwrapport 144: Aan de slag met BIM; gewoon doen!* Zoetermeer: Stichting Research Rationalisatie Bouw.

Teicholz, P. (2013). IFMA Foundation. *BIM for facility managers*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

Teicholz, P. (ed.) (2013). *BIM for Facility Managers*. New York: Wiley.

Townsend, A. (2013). *Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia*. New York: WW Norton & Company.

Turrin, M., von Buelow, P., en Stouffs, R. (2011). Design explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric modeling and genetic algorithms. *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 25(4). pp. 656–675.

van Rillaer, D., Burger, J. & Mitossi, V. (2013). *Rgd BIM norm*. Rijksgebouwendienst Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Verbaan, W. (2012). *Nieuw krachtenveld, nieuwe paradigma's Trendverkenning Nederlandse bouwsector*. Wageningen: Blauwdruk.

Ware, J.P. & Carder, P. (2012). *Raising the Bar: Enhancing the Strategic Role of Facilities Management*. London, U.K.: RICS. Vinddatum: 21 maart 2013: <http://www.rics.org/io/knowledge/research/research-reports/raising-the-bar-enhancing-the-strategic-role-of-facilities-management/>

