



BIM?

LITERATUURSTUDIE

PIM JACOBS;PATRICK VAN DER POL

Document

Versie: 1.1
Status: Definitief
Datum: 30 mei 2017



BIM?

LITERATUURSTUDIE

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen

Faculteit techniek en life sciences
Instituut built environment
Civiele techniek
Ruitenberglaan 26
6826 CC Arnhem
Postbus 2217
6802 CE Arnhem

Studenten

Patrick van der Pol

Wethouder Noijhof 19
5121 TS Rijen
+31 (0)6 2936 5459
pvdpol@vodafonehuis.nl
Studentnummer: 541218

Pim Jacobs

Hoogveldseweg 12
5451 AB Mill
+31 (0)6 1212 2116
pim-jacobs@live.nl
Studentnummer: 463348

Van Boekel Zeeland BV

Voederheil 3
5411 RJ Zeeland
Postbus 3
5410 AA Zeeland
Tel +31 (0)486 45 90 00
Fax +31 (0)486 45 90 99
info@vanboekel.com

Begeleiders vanuit de HAN

1^e begeleider:
Jaap Kerstma
j.kerstma@han.nl
+31(0)6 55 20 63 14
2^e begeleider
Jorg Janssen
j.janssen@han.nl

Begeleider vanuit Van Boekel Zeeland BV

Peter Kempen
Directeur civiel
p.kempen@vanboekel.com
+31 (0)6 51 45 49 68



Inhoudsopgave

1. INLEIDING	3
2. WAT IS BIM?	4
2.1. BIM LEVELS	4
3. WAAROM BIM?	6
4. BIM IN DE MARKT	7
4.1. OPDRACHTNEMERS EN BIM	7
4.2. OPDRACHTGEVERS EN BIM	7
4.2.1. <i>Landelijke opdrachtgevers</i>	7
4.2.2. <i>Provincies</i>	7
4.2.3. <i>Gemeenten</i>	10
5. ONDERDELEN VAN BIM	12
5.1. STANDAARDEN	12
5.1.1. <i>CB-NL</i>	13
5.1.2. <i>CityGML</i>	14
5.1.3. <i>COINS</i>	14
5.1.4. <i>ETIM</i>	15
5.1.5. <i>GB-Cas</i>	16
5.1.6. <i>IFC</i>	16
5.1.7. <i>IMGeo</i>	16
5.1.8. <i>NLCS</i>	16
5.1.9. <i>NL-SfB</i>	17
5.1.10. <i>Sales</i>	17
5.1.11. <i>VISI</i>	17
5.1.12. <i>Protocollen en uitvoeringsplannen</i>	17
5.2. SOFTWARE	18
6. XD BIM	21
6.1. 4D BIM	21
6.2. 5D BIM	21
6.3. 6D BIM	21
6.4. 7D BIM	21
6.5. XD BIM	22
7. BIM EN LEAN	23
7.1.1. <i>Voordelen BIM</i>	23
7.1.2. <i>Definities</i>	23
7.2. ONTSTAAN VAN SIX SIGMA EN LEAN	23
7.2.1. <i>Six Sigma</i>	23
7.2.2. <i>Lean</i>	23
7.2.3. <i>Lean Six Sigma</i>	23
7.2.4. <i>Stem van de klant</i>	24
7.3. PROCES ANALYSES	24

7.3.1.	<i>Activiteiten die waarde toevoegen</i>	25
7.3.2.	<i>Reduceren van complexiteit</i>	26
7.4.	LEAN SIX SIGMA VOOR ARCHITECTEN, INGENIEURS, EN AANNEMERS	27
7.5.	VOORDELEN VAN LEAN SIX SIGMA IN HET ONTWERP PROCES	27
7.5.1.	<i>Bedrijfsorganisatie</i>	27
7.5.2.	<i>Ontwerpproces</i>	28
7.5.3.	<i>Uitvoeringsproces</i>	28
8.	BIBLIOGRAFIE	29

1. **INLEIDING**

Voor ons afstudeeronderzoek was het eerst belangrijk om te weten wat we nu precies gaan onderzoeken. BIM is namelijk een breed begrip en omvat heel veel. We wilden dus eerst gaan kijken wat BIM nu precies is, wat er al bestaat, hoe de markt er mee omgaat, wat de mogelijkheden zijn en hoe het zich verhoudt met bijvoorbeeld de lean methodiek. Om hier een goed beeld van te krijgen hebben we een literatuurstudie uitgevoerd. Deze literatuurstudie gaat over de verschillende definities van BIM en legt uit wat BIM is, welke protocollen er bestaan, waarom men BIM zou willen gebruiken, hoe de markt met BIM omgaat, wat er mogelijk is en wat de ontwikkelingen zijn mbt BIM en wat lean en BIM met elkaar te maken hebben.

2. WAT IS BIM?

Dit hoofdstuk is gebaseerd op kenniskaart 0, *Wat is BIM?*, van de Bouw informatie raad (BIR). (Bouw informatie raad, 2015)

BIM wordt in veel gevallen gezien als een 3D tekening van een object. Een model waar alles in staat. Maar is dat wel wat BIM is? BIM wordt vaak gebruikt als afkorting voor Bouw Informatie Model maar het kan ook gebruikt worden als afkorting voor Bouwwerk Informatie Modelleren of Bouwwerk Informatie Management. Eigenlijk is BIM alle drie.

In de eerste betekenis, 'Bouw Informatie Model', is BIM een visuele weergave van een object. Hierin staan niet alleen de geometrische vormen maar ook de niet geometrische informatie als materiaal en eigenschappen van het element. Dit kan zijn van een object wat nog gebouwd moet worden of van een object wat al gebouwd is. Als het bouwwerk af is kan men in de beheerfase namelijk het model gebruiken om informatie over verborgen elementen te verkrijgen. Om bijvoorbeeld installaties boven een plafond te bekijken moesten eerst de plafondplaten verwijderd worden, nu kan men in een 3D model kijken.

In de tweede betekenis, 'Bouwwerk Informatie Modelleren', gaat het meer om het samenwerken tussen verschillende disciplines en het uitwisselen van informatie met behulp van informatiemodellen. Begrippen die hier bij horen zijn integraal ontwerpen en concurrent engineering. Integraal ontwerpen wil zeggen dat men al in een vroeg stadium de samenwerking zoekt met partners om zo latere frustraties van het steeds maar aanpassen van tekeningen en het ontdekken van fouten te voorkomen. Concurrent engineering staat voor het parallel ontwikkelen van een product. Zo kan men elkaar ondersteunen waardoor het ontwikkelingsproces wordt versneld, de kwaliteit wordt verbeterd en de ontwikkelingskosten worden verlaagd. Tevens wordt hierbij al rekening gehouden met de productlevenscyclus.

De derde betekenis van BIM, 'Bouwwerk Informatie Management', staat voor het uitwisselen en hergebruiken van informatie. Het één keer verzamelen van informatie die dan steeds hergebruikt wordt in plaats van het steeds opnieuw verzamelen van informatie. Zo kan deze de hele levenscyclus van het object gebruikt worden.

Voorlopers van BIM hadden vaak de beperking dat de database niet de juiste functionaliteiten hadden. Er kon niet alle informatie ingezet worden voor de gehele levenscyclus van het object. Het gaat bij BIM dan ook niet meer om de uitwisseling van modellen maar om de uitwisseling en het beschikbaar stellen van data. Hieruit ontstaat dan een database en vanuit deze database kunnen verschillende software programma's worden 'gevoed' met data. Een voorbeeld hiervan is dan het 3D model. Dat model is dan in principe niets meer dan een visualisatie van een selectie van de beschikbare data.

2.1. BIM Levels

Om aan te geven hoe ver het groeiproces van BIM is gevorderd wordt gebruik gemaakt van zogenaamde BIM levels. Hoe verder men is hoe hoger het BIM level. Op dit moment onderscheiden we 4 BIM levels. Deze zijn te zien in Figuur 1: Nederlandse BIM levels (BouwinformatieRaad).

Level 0: document georiënteerd

In level 0 doet men eigenlijk nog niets met BIM. Iedereen werkt met teksten, lijnen, bogen etc. Deze worden digitaal verwerkt op document niveau, bijvoorbeeld tekeningen in CADprogrammatuur of calculaties in Excel. Het betreft 'niet-intelligente' informatie, er worden geen digitale objecten

toegepast. Op het formele overdrachtsmoment vindt vooral uitwisseling van papieren tekeningen en documenten plaats.

Level 1: object georiënteerd

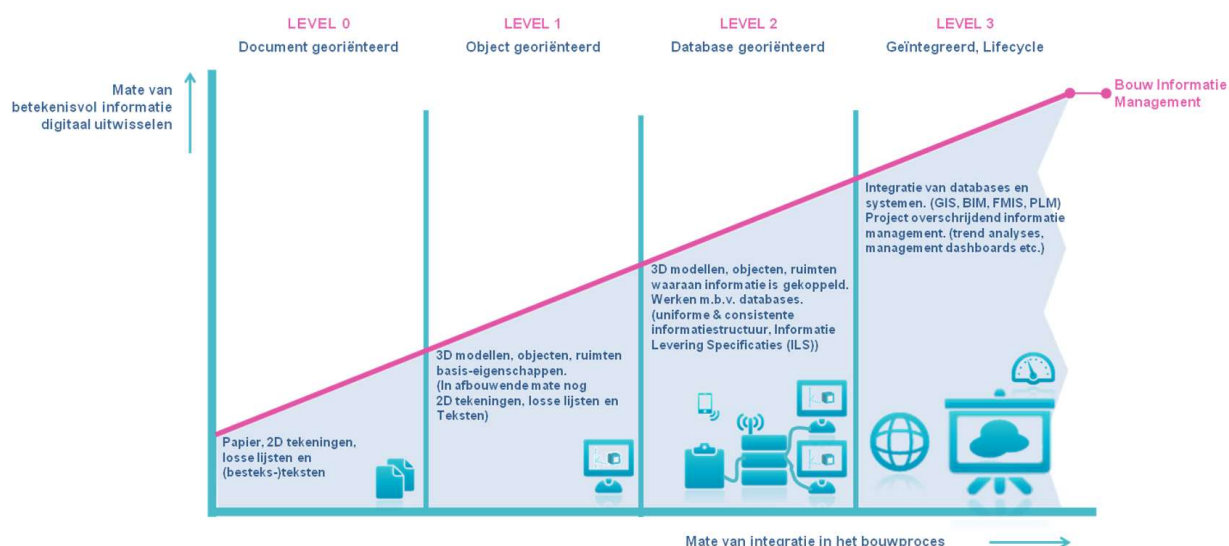
De eerste stap in de implementatie van BIM is het werken met objecten. Dit wordt vaak geassocieerd met het werken met 3D-objecten die in een ontwerpprogramma in een virtuele omgeving worden geplaatst. 3D is echter geen uitgangspunt. Ook 2D-objecten zijn mogelijk en zelfs objecten zonder enkele geometrische beschrijving. Kenmerkend voor dit level is de toepassing van eenduidige objecten waaraan informatie (intelligentie) is te koppelen. Er is in dit level geen sprake van integratie tussen verschillende disciplines of aspecten. Dus nog geen koppeling van het 3D-model met bijvoorbeeld financiële calculatie of planningssoftware.

Level 2: samenwerking

Op dit level is het mogelijk om de in level 1 opgebouwde objectmodellen te delen. Er wordt samengewerkt op basis van een federatie (verzameling autonome) databases: ieder heeft zijn eigen model; al deze modellen worden gecombineerd in één view model om file based samen te werken aan een project. Ook toepassingen als planning (4D) en kostencalculaties (5D) zijn aan het model te koppelen. Dit level wordt ook wel little BIM genoemd. De partijen die de informatie delen bevinden zich veelal binnen één controleer- of beheersbare organisatie-eenheid.

Level 3: geïntegreerd, lifecycle

Dit is het BIM-level waarbij informatie tussen verschillende (on)bekende partijen – dus niet alleen binnen één organisatie-eenheid – wordt gedeeld via inter-operabele Open BIM-standaarden. Dit kan bijvoorbeeld in een geïntegreerde webservicesomgeving. Er wordt niet meer file based uitgewisseld, maar object based. Het bouwproces is volledig geïntegreerd in de keten. Dit level staat ook bekend als Big BIM. Aan het eind van level 3 wordt informatie gedeeld over de lifecycle in de geïntegreerde omgeving. Hierbij is er een sterke relatie met facility management en asset management. (Bouwinformatieraad, 2014)



Figuur 1: Nederlandse BIM levels (BouwinformatieRaad)

3. **WAAROM BIM?**

BIM wordt gebruikt voor het optimaliseren van processen. Het maakt bouwen virtueel en informatie toegankelijk voor iedereen die met het project te maken heeft. Hierdoor wordt niet alleen tijd bespaart maar ook geld.

Fouten in een 3D model worden vaak al in een vroege fase ontdekt en kunnen meteen geminimaliseerd of vermeden worden. De verschillende aanzichten, plattegronden en doorsneden zijn namelijk met elkaar verbonden. Als men dus één tekening wijzigt, veranderen alle tekeningen automatisch mee. Zo vervalt het risico dat wijzigingen niet worden doorgevoerd op alle tekeningen of foutief worden doorgevoerd.

Ontwerpconflicten worden ontdekt voordat de bouw begint. Alle partijen werken met hetzelfde model waardoor men meteen van elkaar kan zien als er iets niet klopt of als 2 disciplines met elkaar clashen. Een goed voorbeeld hiervan is leidingwerk, men kan bij het intekenen van leidingwerk direct zien waar die wel of niet kunnen lopen.

Communicatie tussen de verschillende partij kan verder geoptimaliseerd worden. Er is niet meer de noodzaak om na elke wijziging iedereen up-to-date te houden, men kan namelijk zelf in het model de wijzigingen zien omdat men met één gemeenschappelijk model werkt. Het risico dat iemand iets vergeet of dat er een miscommunicatie plaatsvindt wordt zo verminderd.

In de BIM database worden alle eigenschappen van alle gebruikte materialen opgeslagen. Zo ontstaat er een bron van gegevens waarmee heel makkelijk hoeveelheden uitgetrokken kunnen worden. Ook kan er op die manier makkelijk gegevens van een element opgezocht worden, als men bijvoorbeeld moet weten hoe zwaar iets is voor transport.

Het 3D model van het object kan tevens gebruikt worden als visualisatiemiddel voor (potentiële) klanten. Het model kan namelijk gerenderd¹ worden waardoor het er levensecht uit komt te zien. Op die manier wordt het voor klanten heel duidelijk hoe het object er uit komt te zien. Omdat het in een BIM 3D model ook heel makkelijk is om wijzigingen aan te brengen, kan men ook snel alternatieven opstellen en deze aan de klant laten zien.

Met het maken van een 3D model kan ook efficiënter ontworpen worden. Men kan meteen allerlei analyses uitvoeren op het ontwerp zoals een zonneanalyse. Ook het bouwproces kan efficiënter verlopen. Er kan namelijk ook nog een 4^e en 5^e dimensie worden toegevoegd aan de database. Met de vierde dimensie wordt de tijd bedoeld. Er kunnen tijdsfactoren aan alle elementen worden gekoppeld zodat er een visualisatie van de bouw ontstaat. Er kan zo letterlijk digitaal worden gebouwd. De vijfde dimensie is kosten. Zo kan de kostensamenstelling van een object gevisualiseerd worden en kan er een nauwkeurige kostenraming gemaakt worden. Hiervoor moet het model echter wel zeer gedetailleerd zijn uitgewerkt (hoog LOD²-niveau).

Steeds meer opdrachtgevers gaan BIM gebruiken en zelfs verplicht stellen. Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 4.2 Opdrachtgevers en BIM.

1 Het in een grafisch programma inkleuren en arceren (het voorzien van textuur) van een draadmodel tot een rekel overkomend grafisch object (dat het er massief en echt uit ziet) ontstaat (Encyclo).

2 LOD: Level Of Detail. Er kunnen afspraken gemaakt worden tussen de partijen over hoe gedetailleerd een model moet worden. Minder detail is minder werk maar onnauwkeuriger.

4. BIM IN DE MARKT

4.1. Opdrachtnemers en BIM

Er zijn ondertussen al heel veel opdrachtnemers die werken met BIM. Een aantal marktpartijen heeft het initiatief genomen om onder de noemer BIM basis ILS een basis informatie uitwisseling in de bouw overeen te komen. Deze afspraken hebben betrekking op een aantal verschillende onderdelen zoals het uitwisselformaat, de te hanteren basisstructuur en het borgen van de objectinformatie. Uit de praktijk is naar voren gekomen dat het werken met open BIM het enige echte antwoord is op integraal samenwerken in de keten. Hiervoor is het spreken van de zelfde taal essentieel en kan er efficiënter gewerkt worden, en verspillende taken uitbannen en voorkomen. De efficiëntie volgt nu uit het feit dat iedereen weet waar de betreffende informatie te vinden is en hoe deze aangeleverd dient te worden. De eenvoudigheid en de beperkte hoeveelheid afspraken moeten gaan leiden tot een brede toepassing en draagvlak bij iedere schakel die in de keten voorkomt, van de opdrachtgever en opdrachtnemer tot aan de onderhoudsmonteur. Sinds december 2016 zijn er ondertussen al 100 verschillende partijen aangesloten bij het BIM loket voor het ILS. Echter zit er nog wel een wezenlijk verschil de grote van het gebruik van BIM binnen de verschillende partijen. Een aantal grote partijen die al ver zijn met BIM zijn bijvoorbeeld Heijmans, BAM en Dura Vermeer.

4.2. Opdrachtgevers en BIM

Een belangrijke reden om BIM te gaan gebruiken kunnen eisen van opdrachtgevers zijn. Als zij BIM als eis stellen bij een aanbesteding moeten opdrachtnemers wel mee met de ontwikkelingen om nog werk aan te kunnen nemen. De verschillende opdrachtgevers in Nederland hebben een zeer divers beleid ten opzichte van BIM.

4.2.1. Landelijke opdrachtgevers

Rijkswaterstaat stelt het gebruik van BIM bij nieuwe DBFM³ contracten al verplicht en is het gebruik van BIM bij prestatiecontracten aan het voorbereiden (Rijkswaterstaat, sd). Van de ongeveer 400 projecten die men bij Rijkswaterstaat jaarlijks uitvoert worden er op het moment 10 met BIM uitgevoerd. Verder zijn er nog 18 projecten in voorbereiding waarbij ook BIM toegepast gaat worden. Dit is dus maar 7% van het totaal aantal projecten wat men uitvoert. Echter is wel het doel van Rijkswaterstaat om alle projecten in BIM uit te gaan voeren. Op welke termijn dit daadwerkelijk gaat gebeuren is nog niet bekend. Op het moment zijn ze nog een nieuw beheerprogramma aan het ontwikkelen waarmee men ook iets kan doen met de verkregen BIM data. Met de huidige beheerssoftware kan men bij Rijkswaterstaat nog niets doen met alle data. De verwachting is dat het nieuwe systeem in 2020 in gebruik kan worden genomen. Tot die tijd zal alle informatie zowel op papier als volgens de BIM methodiek worden opgeleverd. (Meyer, 2017) Ook het Rijksvastgoedbedrijf heeft BIM voor een deel al verplicht gesteld. Bij DBFMO⁴ contracten is het al verplicht en bij DBM en bij integrale beheercontracten zijn zij het van plan om te gaan doen (Rijksvastgoedbedrijf). ProRail is al een stap verder met BIM en wil vanaf 2018 al haar infraprojecten uitvoeren aan de hand van de BIM-systematiek (Prorail, sd).

4.2.2. Provincies

Bij de provincies is men echter nog niet zo ver met de ontwikkeling. Voor dit literatuuronderzoek is informatie opgevraagd bij alle provincies over hun beleid met betrekking tot BIM. Veel geven aan dat het wel gebruikt wordt bij projecten maar dan vooral door opdrachtnemers. Zelf maken ze er nog geen

³ DBFM: Design Build Finance and Maintain. De opdrachtnemers is verantwoordelijk voor het ontwerp, de realisatie, financiering en onderhoud van een object.

⁴ DBFMO: de O staat voor operate, de opdrachtnemer moet het object ook beheren.

gebruik van en stellen het dan ook niet verplicht bij contracten. Sommigen maken wel gebruik van asset management om data te beheren. hieronder staat per provincie het beleid van desbetreffende provincie beschreven.

Provincie Drenthe:

Bij de provincie Drenthe kregen we geen duidelijk antwoord op onze vraag. We kregen de indruk dat ze er niets mee doen en zelfs maar amper kennen. Er is dan ook geen beleid mbt BIM.

Provincie Flevoland

De provincie Flevoland geeft in een korte reactie aan geen gebruik te maken van BIM.

Provincie Friesland:

“We hebben hier geen beleid voor en voor zover ik kan achterhalen, maken wij geen gebruik van BIM (in ieder geval niet op grote schaal).” (H. Dijkstra, e-mailbericht, 9 Maart 2017)

Provincie Gelderland:

Provincie Gelderland heeft op het moment één project in uitvoering waarbij BIM wordt gebruikt. Bij het voorbereiden en bouwen van de traverse in Dieren wordt er gebruik gemaakt van BIM. Tijdens de voorbereiding is er een objectenbibliotheek en een concept objectenboom opgesteld. De opdrachtnemer vult deze objectenboom verder aan met informatie. Alle informatie die hieruit komt kan nog niet 1 op 1 in het beheersysteem worden ingebracht, daar wordt nog aan gewerkt. Tevens wil de provincie BIM ook toe gaan passen bij de projecten rondweg Voorthuizen en rondweg Lochem. Tevens bekijken ze de mogelijkheden om het toe te passen bij onderhoudsprojecten. (N. Reyngoud, telefoongesprek, 8 Maart 2017)

Provincie Groningen:

“We hebben (nog) geen beleid met betrekking van het gebruik van BIM. Hier wordt, mede in het licht van de omgevingswet, wel aan gewerkt, maar dit zal niet voor 2018 gereed zijn.” (E. Rijnveld, e-mailbericht, 28 Februari 2017)

Provincie Limburg:

“Er is nog geen beleid ten aanzien van BIM daar is het nog te prematuur voor, binnen de provincie is wel gestart met asset management. Belangrijk onderdeel daarvan is data up-to-date en compleet houden. Nu wordt er binnen de civiele techniek nog gebruik gemaakt van diverse systemen. Maar we zijn bezig met iets wat op BIM lijkt, we gebruiken bij een project samen met de aannemer 1 systeem waar alle informatie in staat. Dit was geen harde eis tijdens de aanbesteding maar de aannemer is daar zelf mee gekomen nav de eisen. Informatie wordt dus gedeeld door verschillende partijen.” (J. Reijnders, telefoongesprek, 8 Maart 2017)

Provincie Noord-Brabant:

“Provincie Noord-Brabant is op het moment (Februari 2017) aan het nadenken over hoe ze BIM in gaan vullen bij hun projecten. Er zijn intern werkgroepen bezig met dit uit te werken maar op het moment is er nog niets concreets. Wel wordt BIM al gebruikt bij enkele projecten.” (M. Visser, telefoongesprek, 24 Februari 2017)

Provincie Overijssel:

“Wij hebben nog geen beleid t.a.v. BIM voor Civiele projecten. Wel zijn we ons aan het oriënteren en bezoeken bijeenkomsten erover die voor ons van belang zijn. Vooreerst zijn we bezig met Assetmanagement en brengen onze data daarvoor op orde.

Voor de ontwikkeling van Civiele projecten ligt onze nadruk qua informatie vooreerst nog op het goed kunnen doorlopen van het ontwerpproces. De informatie en de workflow daarvoor wordt vastgelegd in een TDM-systeem(Autodesk Vault).

De communicatie-uitwisseling met de uitvoeringspartners vindt plaats middels VISI.” (G. van Huffelen, e-mailbericht, 6 Maart 2017)

Provincie Utrecht:

“Wij hebben hier niet specifiek een beleid voor.

De meeste werken zetten wij met een UAV-GC contract in de markt. Hierbij leveren wij zelf vaak een schetsontwerp of referentieontwerp. Je ziet dan vaak dat de Opdrachtnemers zelf een 3D model gaat maken van het ontwerp en hieraan alles ophangt middels system engineering.

Dus wij schrijven niets voor, de contractvorm sluit wel aan bij wat wij van de markt verlangen.” (E. Koevoets, e-mailbericht, 13 Maart 2017)

Provincie Zeeland:

“Voor zover bij mij bekend is er bij de Provincie Zeeland geen beleid voor het wel of niet werken met BIM. Voor de verdubbeling van de Tractaatweg is een D&C contract opgesteld, maar daarin is het toepassen van BIM niet als eis opgenomen. Voor zover ik weet ook niet bij het D&C contract van de Sluiskiltunnel.” (M. Kroes, e-mailbericht, 8 Maart 2017)

Provincie Zuid-Holland:

“Momenteel wordt er bij PZH slechts bij één project met BIM gewerkt en dat is de RijnlandRoute. Dat komt omdat de RijnlandRoute een samenwerkingsproject tussen PZH en Rijkswaterstaat is. Rijkswaterstaat heeft intern de afspraak dat bij alle DBFM-projecten BIM wordt toegepast. Hoewel de RijnlandRoute een DBM-contract is, heeft Rijkswaterstaat besloten dat ook op de RijnlandRoute BIM moeten worden toegepast. De RijnlandRoute wordt ondersteund door het BIM-programmateam van Rijkswaterstaat.

Daardoor werken we volledig volgens de BIM-regels van Rijkswaterstaat en volgens de object type bibliotheek (OTL) van Rijkswaterstaat. De opdrachtnemer moet om de 3 maanden een BIM-levering doen. Dat gebeurt alleen voor de delen die in de toekomst in beheer komen bij Rijkswaterstaat. Voor de delen die in beheer komen bij PZH wordt de as-built informatie op een traditionele manier aangeleverd.

(tekening en excel-bestanden). Hiervoor zijn aparte eisen opgenomen in het contract.

Binnen PZH wordt er momenteel voorzichtig verkend of we provinciebreed wat met BIM moeten gaan doen. Bij PZH hebben we een aparte afdeling voor realisatie van projecten (Projecten & Programma's) en een aparte afdeling voor beheer (Dienst Beheer Infrastructuur). De komende tijd trekken deze twee afdelingen samen op om te bepalen of implementatie van BIM zinvol is en meerwaarde heeft. Er zal daarbij ook gekeken worden hoe andere provincies daarmee omgaan." (W. Koning, e-mailbericht, 15 Maart 2017)

4.2.3. Gemeenten

Om een duidelijk beeld te krijgen van hoe de grootste gemeenten van Nederland over BIM denken en hoever zij zijn. Zijn de 10 grootste gemeenten van Nederland aangeschreven om erachter te komen hoe ver zij zijn met het gebruik van BIM. Echter hebben maar 6 gemeenten reactie gegeven op onze vragen. Hieronder is te zien wat deze reacties zijn of hebben wij informatie van de site kunnen halen.

Gemeente Amsterdam:

"Het ingenieursbureau wil het gebruik van BIM structureel gaan invoeren. Dat betekent dat wij naast de bekende 2D-tekeningen ook steeds meer producten als BIM-model gaan aanbieden. In contractvormen waarbij het ontwerp wordt uitbesteed, kan dit betekenen dat wij vragen een BIM-model op te stellen" (Gemeente Amsterdam, sd).

Gemeente Breda:

"We volgen de ontwikkelingen binnen het vakgebied maar zijn hier, vanuit de Bredase organisatie binnen de civiele techniek niet expliciet mee bezig." (J. Mooij, e-mailbericht, 1 Maart 2017)

Gemeente Eindhoven:

"De gemeente Eindhoven is regelmatig opdrachtgever voor het (ver)bouwen van onderwijsinstellingen, eigen huisvesting, cultuurinstanties en civieltechnische bouwwerken maar heeft ten aanzien van de ontwerp en bouwmethodode (nog) geen beleid met betrekking tot BIM. Het is aan de aannemer het bouwwerk al dan niet te ontwerpen met een BIM.

Echter, momenteel onderzoekt de gem Eindhoven bij de MJOP / levenscyclus van onderwijsinstellingen, eigen huisvesting, cultuurinstanties de mogelijkheid om gebruik te maken van BIM modellen. Na dit onderzoek zal het huidige beleid ten opzichte van BIM modellen wellicht worden herzien. [...]" (M. Stals, e-mailbericht, 28 Februari 2017)

Gemeente Rotterdam:

"De gemeente Rotterdam is al enkele jaren bezig met BIM. We zijn als opdrachtgever betrokken bij de Bouwinformatieraad, een groep van koplopers in Nederland, waarin de diverse branches en de opdrachtgevers in de bouwsector zijn

vertegenwoordigd. Er is een stimuleringsprogramma gericht op mensen en processen, en op het ontwikkelen van standaarden (afspraken) in de bouwsector. [...] Op dit moment hebben we een programma Digitaal Beheren en Bouwen, dat is bedoeld om de volgende stap te maken met de invoering van BIM. [...]" (H. Stolwijk, e-mailbericht, 2 Maart 2017)

Gemeente Tilburg:

"De gemeente heeft het niet in het beleid opgenomen om toe te passen bij het bouwen en ontwikkelen.

Doordat bouwprojecten soms door ontwikkelaars worden gerealiseerd, komt het wel voor dat architecten BIM toepassen. De gemeente (projectleiders, stedenbouwers) heeft er dus wel eens mee te maken maar het is niet voorgeschreven en we passen het zelf ook niet toe." (C. van Uffelen namens afdeling ruimtelijke uitvoering, e-mailbericht, 2 Maart 2017)

Gemeente Nijmegen:

Van de gemeente Nijmegen kregen we het bericht dat ze er nog niets mee doen en zelfs maar amper kennen.

5. ONDERDELEN VAN BIM

BIM bestaat uit veel verschillende onderdelen. Alle betrokken partijen werken namelijk met hun eigen systeem die voor hun eigen discipline het beste werkt. Om al de partijen goed samen te laten werken volgens dezelfde methodes, zijn er onder andere protocollen en standaarden ontwikkeld die dit mogelijk maken.

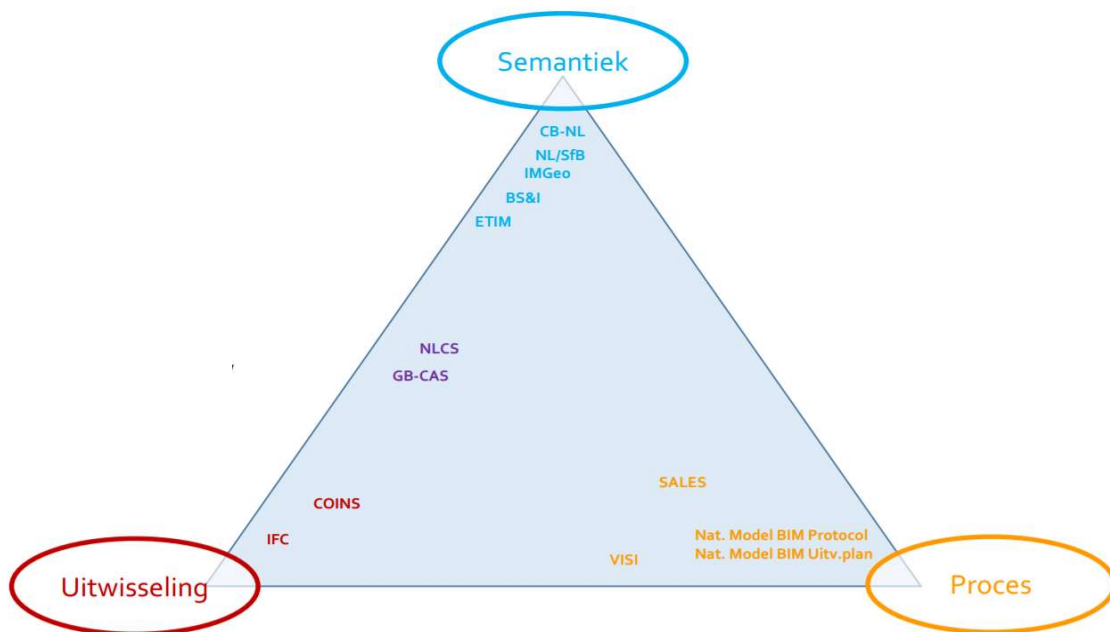
5.1. Standaarden

BIM is samenwerken in een digitale omgeving. Het delen van informatie tussen de verschillende partijen in het bouwproces. BIM binnen projecten is data zoveel mogelijk eenmalig invoeren en meervoudig (her-) gebruiken door verschillende partijen. Om dit te kunnen doen, zijn goede afspraken mogelijk. Afspraken over de structuur van data, afspraken over hoe je dingen noemt, classificaties en coderingen, afspraken over uitwisselingsformaten, afspraken over wie wanneer welke gegevens moet leveren en op welk detailniveau, afspraken over hoe je technische producten specificeert, enz. Om die afspraken niet voor ieder project weer opnieuw te moeten maken, standaardiseren we ze. Zo zijn er in Nederland, maar ook internationaal, in de loop van de jaren diverse standaarden ontstaan, die er allemaal in meer of mindere mate toe bijdragen dat we in projecten kunnen 'BIMmen', ofwel kunnen samenwerken in een digitale wereld. Als de standaarden in principe voor iedereen vrij te gebruiken zijn, spreken we over 'open standaarden' (vrij te gebruiken betekent niet altijd gratis).

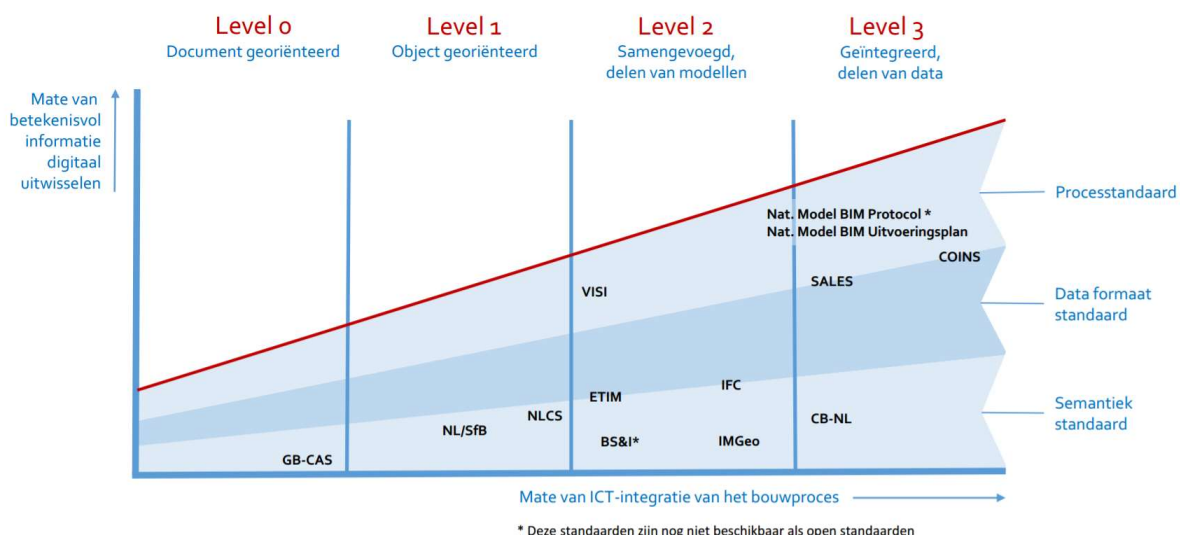
De Nederlandse open BIM standaarden zijn op initiatief van verschillende organisaties en belangengroepen ontwikkeld, in verschillende periodes en voor verschillende doeleinden. Er is daardoor versnippering ontstaan. Om dit tegen te gaan is in 2015 de stichting BIM Loket opgericht. Het BIM Loket streeft naar een realisatie van een algemeen geaccepteerd, samenhangend stelsel van BIM-standaarden dat breed wordt toegepast.

Alle standaarden hebben een eigen historie en achtergrond waardoor volledige openheid nog niet haalbaar is. Het BIM Loket wil naar volledige openheid van alle standaarden toe werken. Binnen het BIM Loket werken dan ook alle beheerders van de standaarden samen om kennis uit te wisselen en zo standaarden beter op elkaar af te stemmen. Sommige standaarden worden door het BIM Loket zelf beheerd, zoals NLCS, COINS, CB-NL, VISI, NL/SfB en GB-CAS. Andere standaarden worden beheerd door andere organisaties, zoals STABU (BS&I), Stichting Ketenstandaard Bouw en Installatie (ETIM en SALES), Geonovum (IMGeo) en buildingSMART International (IFC). De Samenwerking binnen het BIM Loket moet er voor zorgen dat het een samenhangend geheel moet gaan worden. (BIM Loket)

Binnen de verschillende standaarden kunnen drie typen of soorten onderscheiden worden, de semantische standaarden, de processtandaarden en uitwisselingsstandaarden. Iedere standaard heeft namelijk een eigen doel en is daarmee in te delen in een van deze drie types. In Figuur 2 staan alle Nederlands standaarden ingedeeld naar type. Tevens kunnen alle standaarden ook ingedeeld worden in de BIM level indeling. Hierin staan de standaarden ingedeeld naar type en naar in welk level ze noodzakelijk zijn. Ze zijn altijd toepasbaar op lagere levels. Deze indeling is te vinden in Figuur 3.



Figuur 2: Standaarden ingedeeld per type (Atlas van open BIM standaarden)



Figuur 3: Standaarden ingedeeld per type en level (Atlas van open BIM standaarden)

5.1.1. CB-NL

Het uitwisselen van data tussen alle verschillende partijen gaat pas goed als alle partijen dezelfde definities en interpretaties van begrippen hanteert. Deze zijn aan mensen nog wel uit te leggen, echter niet aan software. Data is dus geautomatiseerd niet efficiënt herbruikbaar. Om dit wel mogelijk te maken is de CB-NL bedacht. Deze richt zich op het eenduidig beschrijven van concepten in de gebouwde omgeving. Niet alleen fysieke objecten maar ook beschrijving van ruimtelijke objecten. De CB-NL moet zo een woordenboek worden voor zowel de B&U⁵ als GWW⁶ en ruimtelijke (geo)omgeving. Het CB-NL moet zo een conceptenbibliotheek worden die fungeert als een verbindend

⁵ Bouw & Utiliteitsbouw

⁶ Grond Weg- en Waterbouw

element tussen verschillende bibliotheken. De CB-NL is door de eenvoudige presentatie, en omdat het gratis is, voor iedereen toegankelijk.

5.1.2. CityGML

CityGML (City Geography Markup Language) is een internationale open GIS-standaard voor de weergave van stedelijke objecten in 3D. Het definieert de klassen en relaties voor de meest relevante topografische objecten in steden en regionale modellen over hun eigenschappen, zoals uiterlijk, ruimtelijke afmetingen en onderlinge samenhang.

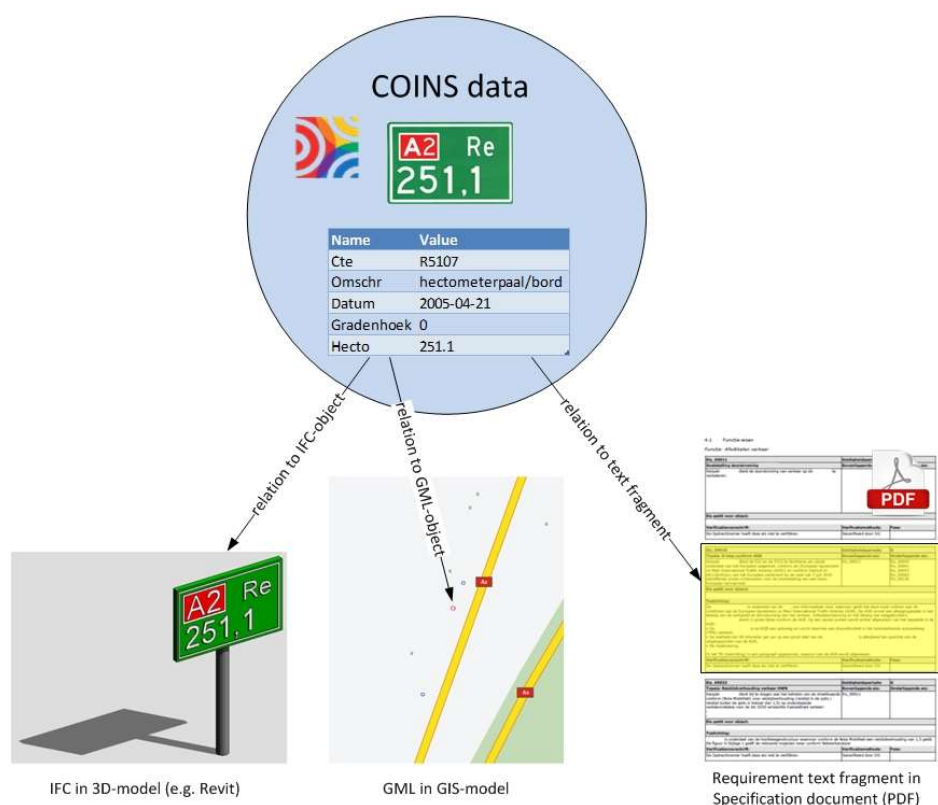
Het is de open en officiële taal voor het weergeven van steden in drie dimensies. CityGML kent, net als BIM, 5 levels of detail (LODs). Ook bij CityGML kunnen objecten als geheel worden hergebruikt door automatisering van gegevens: in de geowereld zijn het geen bouwelementen maar objecten als bijvoorbeeld straatverlichting, bomen en straatborden.

CityGML functioneert vanwege de 3D-informatie het beste vanaf het moment dat er in een bouwproces zowel met documenten als objecten wordt gewerkt. Met name in binnenstedelijke herontwikkelingsprojecten bewijst CityGML zijn diensten. (BIM loket, sd)

5.1.3. COINS

COINS (Constructieve Objecten en de Integratie van Processen en Systemen) is een formele manier om informatie te structureren en uit te wisselen met andere organisaties. Als men data wil gaan uitwisselen moet er eerst overeen gekomen worden welke data er uitgewisseld gaat worden. Deze overeenkomst wordt gedefinieerd in een neutraal model. Vervolgens kun je een eigen mappenstructuur ontwerpen op basis van het neutrale model. COINS is ontwikkeld volgens deze simpele opzet en gebruikt het COINS core model dit wordt gedefinieerd als een helder en eenduidig systeem.

COINS is een standaard die het mogelijk maakt om informatie op een gestructureerde manier uit te wisselen. Daarnaast behoudt COINS de relatie tussen andere standaarden, documenten en modellen tijdens de volledige levensduur van een object. Deze data bevat informatie en referenties naar documenten, modellen en objecttype libraries die een relatie met elkaar hebben. Deze data bestaat uit BIM-data, GIS-data, Systems Engineering data en respecteert daarbij andere standaarden (GML, CityGML, IFC, etc...) en andere bestandsformaten (DWG, DXF, RVT, etc...). Bijvoorbeeld, je hebt een hectometer paaltje geselecteerd binnen COINS. Het bevat waarden die dit object beschrijven binnen COINS. COINS weet wat dit object is in GML (de rode stip), IFC (het 3D object in bijv. Revit) en welke delen tekst gerelateerd zijn aan het object binnen het document met de eisenspecificatie. COINS brengt al deze informatie samen en onderhoudt deze ook tijdens alle fasen binnen een project. (Essentials, 2016)



Figuur 4: visualisatie van de structuur van COINS (Rijswijk, 2016)

5.1.4. ETIM

ETIM staat voor Europees Technisch Informatie Model en wordt internationaal toegepast. Dit is een standaard artikelclassificatie voor de installatiesector, de bouwsector en de maritieme sector.

ETIM artikelclassificatie is een logische en eenduidige rubricering van handelsproducten in verschillende artikelklassen, daarbij worden de selectieve producteigenschappen in de klasse vastgelegd. Dit is mogelijk door gebruik te maken van artikelklassen, kenmerken, eenheden en grenswaardes die op een standaard manier zijn beschreven. Elke klasse kent diverse synoniemen. Hierdoor wordt zoeken van het juiste product voor gebruikers veel eenvoudiger

Een kenmerk beschrijft een eigenschap van een product, zoals het soort materiaal waarvan het is gemaakt, de afmetingen of de kleur van een product. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen alfanumerieke, numerieke en logische kenmerken. Bij alfanumerieke kenmerken is er de keuze tussen een vaste rij mogelijke waarden (bijvoorbeeld kleur = groen, geel, rood, enz.), numerieke kenmerken vragen naar een getalswaarde met een bepaalde eenheid (zoals lengte = ..mm) en een logisch kenmerk geeft alleen de keuze ja/nee. In 2016 is ETIM voor Nederland uitgebreid met kenmerken waarmee een 3D-representatie van een product gemaakt kan worden.

De artikelclassificatie voorkomt zo spraakverwarringen en vergissingen, en maakt het mogelijk om op een standaard manier de product- en handelsgegevens te identificeren en elektronisch uit te wisselen tussen de diverse partijen.

5.1.5. GB-Cas

Het Geïntegreerd Bouwen CAD-Afsprakenstelsel (GB-CAS) is primair bedoeld voor gestructureerd tekenwerk van 2D CAD-tekeningen en informatie-uitwisseling voor de B&U-sector. De eerste versie verscheen in 1992, en is in de loop van de jaren uitgegroeid tot een de facto standaard voor 2D-CAD-toepassingen in de bouw in Nederland. GB-CAS is een algemeen geldend CAD-afsprakenstelsel, maar wordt door de opkomst van BIM nog slechts beperkt toegepast. Tevens wordt de GB-CAS niet meer onderhouden sinds 2010. (BIM Locket)

Met GB-CAS kan er goede informatie-uitwisseling tussen verschillende bouwpartners plaatsvinden op het gebied van tekenen. Het verlies van informatie wordt zo beperkt, zo mogelijk uitgesloten, bij informatie-overdracht. Ook voor CAD applicatie-ontwikkelaars is GB-CAS een leidraad voor de ontwikkeling van software waarmee CAD-gebruikers automatisch op basis van GB-CAS kunnen werken. (BIM Locket, sd)

5.1.6. IFC

De Industry Foundation Classes (IFC) is een neutraal en open bestandsformaat voor het uitwisselen en delen van specifieke BIM-informatie (modelobjecten en hun eigenschappen) tussen de verschillende software-applicaties van partijen in het bouwproces. IFC is onafhankelijk waardoor niemand is gebonden is aan softwarepakketten. Met IFC kan de hele bouwkolom, van architect tot aannemer en vastgoedbeheerder, communiceren met dezelfde intelligente data.

In theorie verloopt deze communicatie zonder gegevensverlies, afhankelijk van de mate van ondersteuning door het gebruikte softwarepakket. Softwareleveranciers kiezen zelf ervoor of hun pakketten IFC-gebaseerd zijn en in welke mate. De standaard is beschikbaar voor de B&U-sector, voor infra is een uitbreiding in ontwikkeling bij de beheerder buildingSMART. (BIM Locket, sd)

5.1.7. IMGeo

IMGeo (InformatieModel Geografie) is geschikt voor uitwisseling van 3D geo-informatie. Het bevat afspraken over uitwisseling van zogenaamde plus- en beheertopografie. Dit betreft onder andere afspraken voor de wettelijk verplichte Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT). De BGT is een digitale basiskaart, opgebouwd uit objecten als wegen, water, groen en spoor die in veel werkprocessen van de overheid nodig zijn.

Naast het verplichte BGT-deel, bevat IMGeo standaarden waarmee gedetailleerde kenmerken van een object gestandaardiseerd zijn uit te wisselen. Deze details zijn onder meer van belang bij het beheer van de openbare ruimte. IMGeo is afgestemd met CROW voor de groenbeheersystematiek die zij ontwikkelen en met het Informatiemodel Landelijk Gebied. Afstemming met de bouwwereld is er via de Nederlandse CAD standaard (NLCS) en CB-NL. (BIM Locket, sd)

5.1.8. NLCS

NLCS staat voor Nederlandse CAD Standaard voor de GWW-sector. Het is dé standaard voor uitwisseling van informatie in 2D CAD-tekeningen voor de GWW-sector. De NLCS bevat basisafspraken over het omgaan met metadata, digitaal tekenen, het uiterlijk van de tekening en – vooral – de bestandsopbouw van 2D-tekenwerk. Deze afspraken zijn onafhankelijk van de CAD-platforms die geleverd worden door softwareleveranciers.

NLCS heeft meerdere doelen: het vermijden van dubbel werk, het voorkomen van misverstanden, efficiëntere communicatie en effectievere project- en bedrijfsvoering met minder kosten.

Rijkswaterstaat, Dienst Vastgoed Defensie en Gemeentewerken Rotterdam schrijven sinds 1 maart 2012 de NLCS voor, net als veel gemeenten en provincies. (BIM Loket, sd)

5.1.9. NL-SfB

NL/SfB is een classificatie van bouwdelen en installaties ('elementen' genoemd). Het is een standaard voor de bouw- en installatiebranche en wordt veel gebruikt bij het ontwerpen, realiseren en beheren van gebouwen. NL/SfB wordt onder andere gebruikt om lagen en objecten te coderen in BIM en CAD-systemen en om informatie van leveranciers van bouwproducten te ordenen. De standaard wordt ook toegepast in (NEN-)normen voor onder andere bouwkostenbegrotingen en conditiemeting van gebouwen en installaties. De methode omvat ook (minder gebruikte) tabellen voor Ruimtelijke voorzieningen, Constructiemethoden, Activiteiten, kenmerken en eigenschappen.

Deze semantische standaard is gericht op ordening van en documentatie over bouw- en installatiedelen. NL/SfB wordt al tientallen jaren gebruikt: de mate van ICT-integratie in het bouwproces is weinig relevant voor het functioneren van deze standaard. Hoewel de classificatie in de praktijk veelvuldig en breed wordt toegepast in BIM-projecten, is de NL/SfB niet echt toegesneden op de BIM-werkwijze.

NL/SfB kent een lange historie en heeft zijn wortels in het analoge tijdperk. Een officiële digitale versie bestond tot voor kort niet. Wel waren door de jaren heen veel variaties ontstaan op de officiële basislijst van de NL/SfB-codering. Om de verwarring weg te nemen heeft het BIM-loket daarom samen met STABU en BNA een volledige lijst digitaal gepubliceerd, die volledig is afgestemd op de gedrukte uitgave. (BIM Loket, sd)

5.1.10. Sales

SALES is de onafhankelijke berichtenstandaard (XML-standaard) voor elektronische communicatie tussen ketenpartijen in de bouw- en installatiesector. Door gebruik te maken van de softwareonafhankelijke berichtenstandaard kunnen bedrijven efficiënt en foutloos berichten uitwisselen tussen hun computersystemen. De standaard bevat berichten voor product- en artikelgegevens, condities, orders, opdrachten, orderbevestigingen, pakbonnen of facturen. (BIM Loket, sd)

5.1.11. VISI

VISI vormt de basis voor communicatie en informatieoverdracht in organisaties en (bouw)projecten en zorgt voor een goede verdeling van de verantwoordelijkheden in een project. Met deze algemeen geaccepteerde en sectorbrede open processtandaard kunnen bouwpartijen hun communicatieafspraken structureren, bewaken en bewaren.

Omdat opdrachtgever en opdrachtnemer samenwerken aan één transparant digitaal communicatiedossier, is er altijd duidelijkheid over de rolverdeling en worden procedures sneller doorlopen. De projectdossiers zijn actueel en compleet en rapportages zijn snel beschikbaar. VISI geeft zo de mogelijkheid om snel en flexibel samenwerkingsverbanden aan te gaan. Internationaal is VISI door ISO overgenomen als part 2 – 'Interaction Framework', van de ISO-standaard 'Building information Models – Information Delivery Manual'. (BIM Loket, sd)

5.1.12. Protocollen en uitvoeringsplannen

Voor de toepassing van BIM in een bouwproject zijn goede werkafspraken onontbeerlijk. Dergelijke afspraken worden doorgaans vastgelegd in BIM Protocollen of BIM Uitvoeringsplannen. In de praktijk ontstaan er daardoor veel verschillende protocollen en plannen. Deze termen worden vaak door elkaar

gebruikt en er is veel onduidelijkheid over wat er nu eigenlijk in moet staan. Om deze documenten eenduidig te krijgen heeft de bouwinformatierraad (BIR) het 'nationaal BIM uitvoeringsplan' opgesteld. Projectteams kunnen het Model gebruiken als onderlegger voor het vastleggen van hun project specifieke BIM-afspraken. Tevens biedt het Model een eenduidig begrippenkader, dat aansluit op ontwikkelingen in landen om ons heen en is voorbereid op toekomstige Europese BIM-normering.

Het Nationaal Model BIM Uitvoeringsplan staat niet op zichzelf. De Werkgroep BIM Protocol werkt nog aan het "Nationaal Model BIM Protocol". Dit wordt een template voor het vastleggen van de contractuele afspraken tussen Opdrachtgever en Opdrachtnemer(s) over BIM.

De BIR wil met de Nationale Modellen meer duidelijkheid scheppen in de gebruikte terminologie. In de praktijk blijken verschillende organisaties de term 'BIM Protocol' bijvoorbeeld in verschillende betekenissen te gebruiken. De gegroeide praktijk is dat een 'BIM Protocol' in de meeste gevallen wordt opgesteld nadat de contracten tussen opdrachtgever en opdrachtnemer(s) al zijn getekend. Betrokken partijen kunnen dan tot de ontdekking komen dat een aantal afspraken die ze vastleggen, eigenlijk al contractueel geregeld hadden moeten zijn. Ook kan het voorkomen dat afspraken in een BIM Protocol strijdig zijn met contractbepalingen. De BIR wil een einde maken aan deze situatie door de contractuele bepalingen en de samenwerkingsafspraken rond de toepassing van BIM uit elkaar te halen. De BIR wil de contractuele BIM-bepalingen op te nemen in een 'BIM Protocol' (een contractstuk) en de BIM-samenwerkingsafspraken die bouwpartners onderling maken in een 'BIM Uitvoeringsplan'.

5.2. Software

Voor het modelleren van een BIM model is software nodig waarin men kan modelleren. In 'traditionele' software zoals bijvoorbeeld AutoCAD, modelleert men niet maar word getekend. Het verschil hiertussen is dat de computer bij een model begrijpt wat er getekend wordt. Bij 'traditioneel' tekenen begrijpt een computer dit niet. Hij ziet hierin enkel lijnen en geen objecten. Het voordeel hiervan is dat er veel meer geautomatiseerd kan worden. Zo kunnen er uit een model bijvoorbeeld automatisch hoeveelhedenstaten worden gegenereerd. Dit kan handig zijn voor 4, 5 & 6D BIM toepassingen (zie ook Tabel 1: greep uit de verschillende softwarepakketten

XD BIM). Er zijn talloze softwarepakketten op de markt waarmee men kan modelleren, engineeren, calculeren en plannen. Omdat het onmogelijk is om deze allemaal te beschrijven staat in Tabel 1 een greep uit de softwarepakketten die beschikbaar zijn. Tevens hebben organisaties ook nog zelf software (laten) ontwikkel(d)(en) waardoor de lijst eindeloos lang wordt.

Naam	Ontwikkelaar	Doel	Extra
Allplan	Nemetschek	Modelleren, engineeren, facility management	
ArchiCAD	Graphisoft	Modelleren	
ArchiCAD MEP	Graphisoft	Modelleren installaties	
ArchiCAD STAR(T) Edition	Graphisoft	Uitgeklede ArchiCAD versie	
Arkey-Adomi ASD	De twee snoeken software	Modelleren	Modules voor toetsingen, begrotingen e.d.
Artra Field BIM & Asset Artra		Facility management	
Autodesk Civil 3D	Autodesk	Modelleren, engineeren	

Bentley MXROAD V8i	Bentley	Modelleren, engineeren	
Bentley Navigator	Bentley	Model viewer	
Bentley ProConcrete	Bentley	Modelleren beton/wapening	
Bentley ProjectWise	Bentley	Informatiemanagement	
Bentley ProSteel V8i	Bentley	Modelleren staalwerk	
Bentley Prostructures	Bentley	Modelleren constructies, combinatie van ProConcrete en ProSteel	
Bentley RAM V8i	Bentley	Modelleren, engineeren	
Bentley View V8i	Bentley	Model- en CAD viewer	
BIM 360 Glue	Autodesk	BIM informatie management	
Diamonds	Buildsoft	Engineeren constructies	
EcoDesigner	Graphisoft	Engineeren energieverbruik	plug-in voor ArchiCAD
Ecotect	Autodesk	Engineeren gebouwprestaties	Niet meer los verkrijgbaar, geïntegreerd in Revit
EliteCAD	Messerli Informatik GMBH	Modelleren, renderen	
Generative Components V8i	Bentley	Uitbreiding op ProStructures	Relaties aanbrengen, snel alternatieven genereren
IBIS4BIM	Brink Groep Automatisering	Calculatie	
Kubus Spexx	Kubus	STABU Bestek	
liNear Analyse	LiNear	MEP Analyses	
liNear Building	LiNear	Engineeren luchtbehandeling	
liNear Design	LiNear	Modelleren MEP	
liNear Desktop	LiNear	2&3D tekenen MEP	
MagiCAD	Progman	Modelleren MEP	
MatrixFrame	Matrix software	Engineeren constructies	
Microstation	Bentley	Modelleren	
Navisworks	Autodesk	Renderen, clashcontrol	
NewForma	Newforma	Planning, informatiemanagement	
Relatics online		Informatiemanagement	
Revit 3B Werkmethodek	ICN-Solutions	Modelleerhulpmiddel	
Revit Architecture	Autodesk	Modelleren	
Revit MEP/Flexline	Autodesk	Modelleren MEP	
Revit Smartrevit	Itannex	Modelleerhulpmiddel	
Revit Structure	Autodesk	Modelleren, engineeren	
Revit TheModus	Cadac group	Modelleerhulpmiddel	

RFEM	Msc engineering	Engineeren constructies
Robot	Autodesk	Analyseren constructies
Solibri	Nemetschek	Controleren model
Solibri IFC viewer	Nemetschek	Model viewer
Stabicad 10	Stabiplan	Modelleren MEP
Tekla BIMsight	Trimble	BIM informatie management
Tekla Structures	Trimble	Modelleren, engineeren constructies
Tekla Civil	Trimble	Modelleren
Ticon	van Meijel	Calculatie, planning
Vectorworks	Nemetschek	Modelleren
Vico	Construsoft	Calculatie, planning
Virtual Building Explorer	Graphisoft	3D model viewer

Tabel 1: greep uit de verschillende softwarepakketten

6. XD BIM

Een BIM kan heel veel informatie bevatten. Een algemeen bekend BIM model bestaat uit 3D dimensies, de geometrie met daaraan informatie over de verschillende objecten. BIM kan echter nog veel verder gaan. Er bestaan al 4, 5 & 6D BIM toepassingen binnen (vooral) de bouw & utiliteitsbouw. Tevens zullen er in de toekomst waarschijnlijk nog meer toepassingen bij komen waardoor er nog meer dimensies aan een BIM model toegevoegd kunnen worden.

6.1. 4D BIM

Onder 4D BIM wordt verstaan het toevoegen van de factor tijd aan een 3D model. In feite wordt er een planning toegevoegd aan elk onderdeel in het model. Zo kan het object stap voor stap digitaal worden opgebouwd. Een aannemer kan daarmee zien of zijn planning functioneert en of er nog verbeterpunten zijn in zijn planning. Ook kan hij de bouwplaats efficiënter inrichten. Een project is op deze manier ook beter te begrijpen voor de verschillende stakeholders van dat project. Zij kunnen zien hoe het gebouw per fase wordt opgebouwd en veranderd. (The B1M, sd)

6.2. 5D BIM

Bij een 5D BIM model worden er nog kosten het object toegevoegd. Deze kunnen bestaan uit:

- Aanschaffkosten
- Exploitatiekosten
- Vernieuwingskosten

Omdat er in een BIM snel wijzigingen aangebracht kunnen worden kan men dus heel snel zien wat de goedkoopste optie is. Niet alleen voor de bouw maar voor de gehele levensduur van een object. Op deze manier kunnen alternatieven makkelijk worden vergeleken en kan er een accurate kostenraming worden gemaakt. Als het model zeer uitgebreid is uitgewerkt (een hoog LOD) dan zou een aannemer zelfs op basis van het model een calculatie kunnen maken. Echter staan in een model vaak geen hulpconstructies en andere dingen die men tijdens de bouw nodig heeft. De data die men hiervoor nodig heeft moet ook tot in de allerkleinste details worden uitgewerkt en volledig accuraat zijn. (The B1M, sd)

6.3. 6D BIM

Duurzaamheid is tegenwoordig een 'hot' item. Er wordt geprobeerd energie neutrale gebouwen te bouwen en zoveel mogelijk te recyclen. BIM kan hierin een belangrijke rol spelen. Bij het gebruik van 6D wordt de factor duurzaamheid aan het 3D model toegevoegd. Bij duurzaamheid draait alles om het bouwen vanuit milieuoogpunt en het verantwoordelijk omgaan met alle natuurlijke hulpbronnen tijdens de totale levenscyclus van het bouwwerk. Met het toevoegen van duurzaamheid aan het BIM model kunnen er simulaties gemaakt worden op het gebied van energie, klimaatcomfort, windgedrag en daglichtgedragingen. Door in de ontwerpfase al hierover na te denken kan de totale energie van het bouwwerk ver gereduceerd worden. (Kamphuis)

Opmerking: Er is veel discussie gaande in Nederland dat 6D beheer en onderhoud is. Kijkende naar het buitenland staat 6D voor duurzaamheid.

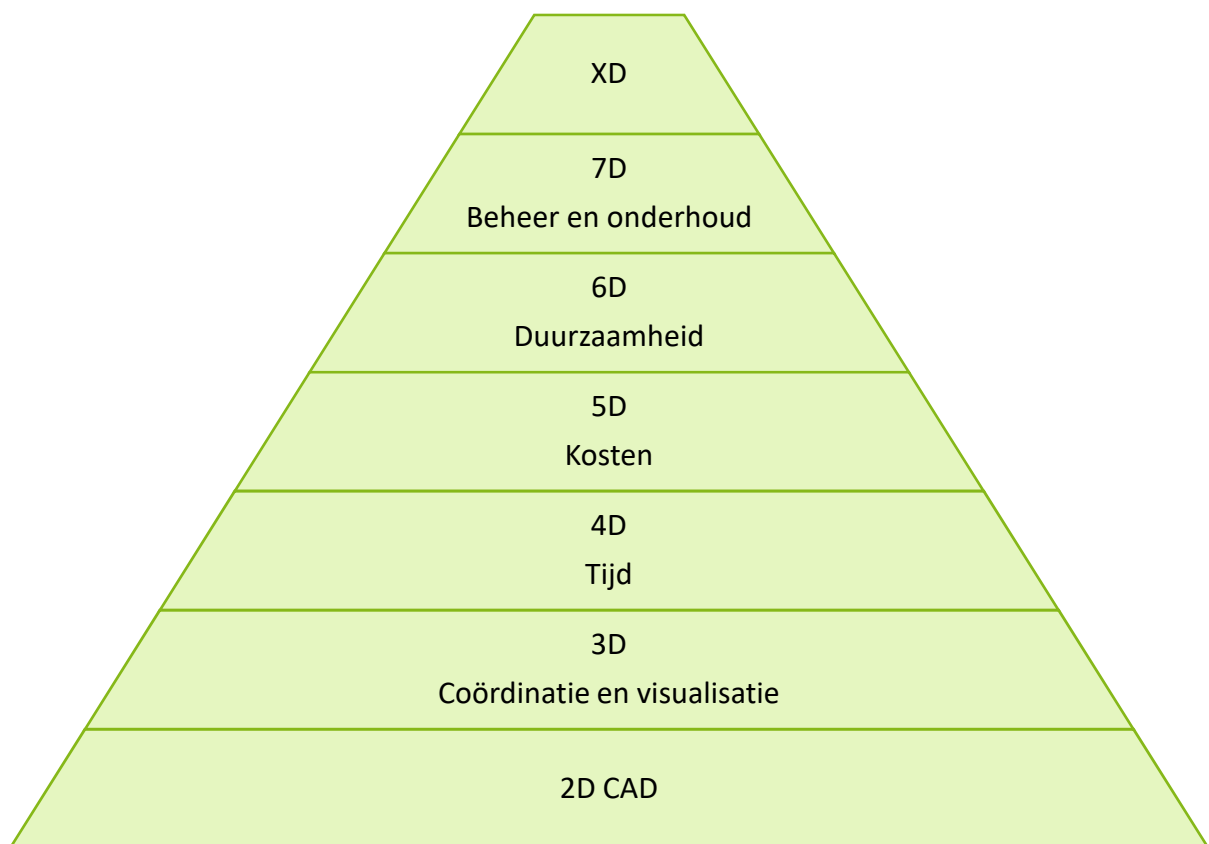
6.4. 7D BIM

Om nog een stap verder te gaan als 4, 5 & 6D BIM kan men 7D BIM gaan gebruiken. Met 7D BIM wordt ook de operationele fase ondersteunt door informatie over het object. Zo kan er bijvoorbeeld informatie worden toegevoegd over de fabrikant, de installatie/bouw datum, onderhoudsvoorschriften en schema's, kwaliteit, optimale exploitatie omstandigheden en levensduur.

Zo kunnen er tijdens de ontwerpfase al beslissingen worden genomen over de operationele fase. Tijdens de oplevering kan er op deze manier een complete set data aan de beheerder worden overgedragen die veel praktischer gebruikt kan worden als alle losse data van een object. Op deze manier kunnen facility managers verder vooruitplannen en anticiperen op kosten die in de toekomst gaan voorkomen. Er zullen op deze manier minder onverwachte kosten opduiken. (The B1M, sd)

6.5. XD BIM

Waar het ooit ophoudt met het toevoegen van dimensies is niet bekend. Er kunnen eigenlijk onbeperkt dimensies toe worden gevoegd want de ontwikkeling zal nog wel even door blijven gaan. In Figuur 5 staat een overzicht van alle dimensies echter is de top nog niet zichtbaar omdat er nog dimensies bij kunnen komen. (Kamphuis)



Figuur 5: piramide met BIM dimensies (gebaseerd op: (BIM piramide))

7. BIM EN LEAN

Dit hoofdstuk is gebaseerd op: *Adopting Lean Processes in BIM* (Haynes), *Big BIM* (Post, 2014) & *Wat is lean-six sigma* (sixsigma.nl, sd).

Building Information Modeling (BIM) heeft architecten, ingenieurs en aannemers nieuwe “tools” en een vernieuwd workflow proces gegeven, wat zich moet vertalen in hogere winst marges. Echter is er veel verschil in de realisatie en bewustzijn in de voordelen van BIM. Het toepassen van BIM en Lean is waardevol voor Building Information Management (niet Modeling ofwel 3D ontwerpen). BIM heeft veel veranderingen gebracht in de bouw wereld, maar heeft het nu ook echt de revolutie gebracht? De gehele industrie is hier verdeeld over.

7.1.1. Voordelen BIM

De voordelen die vandaag de dag zijn gebracht door het toepassen van BIM binnen de ontwerpsector:

- Gecoördineerde document beheer/management.
- Digitaal ontworpen projecten (3D), met de mogelijkheid om problemen sneller te detecteren
- Verhoging van 20% - 30% in productiviteit, dit is geclaimd door verschillende bedrijven maar een verhoging tot 10% is zeker realistisch

7.1.2. Definities

Dit zijn de definities van de onderdelen die we behandelen in deze studie:

- Lean – is een business management strategie die de proces snelheid vergroot en verbeterd.
- Six Sigma – is een business management strategie die de proces kwaliteit vergroot en verbeterd.

7.2. Ontstaan van Six Sigma en Lean

7.2.1. Six Sigma

Six Sigma is in dezelfde tijd ontwikkeld als Lean en is meer gebaseerd op data. De methodiek is ontwikkeld door Motorola en breed en zeer succesvol toegepast door General Electric. De gestructureerde projectaanpak DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve en Control) zorgt ervoor dat eerst de grondoorzaak van een probleem wordt gevonden voor een oplossing wordt doorgevoerd.

7.2.2. Lean

De oorsprong van Lean is te herleiden naar het Toyota Production Systems (TPS). Taiichi Ohno is de grondlegger en baseerde zich op de ontwikkelingen uit de innovaties van bijvoorbeeld Henry Ford en methodieken als Business Proces Redesign (Bedrijfsproces verbeter techniek). Lean start met het bepalen van de toegevoegde waarde voor de klant, vervolgens wordt het proces in kaart gebracht dat deze waarde levert, de zogenaamde waarde stroom. Door het uitvoeren van deze exercitie wordt duidelijk gemaakt waar de verspillingen zitten en kan het proces verbeterd worden. Deze verspillingen worden inzichtelijk door het verzamelen van gegevens, en samen met de mensen uit het proces wordt het proces stap voor stap beter. Mensen binnen de organisatie gaan zien waar verbeteringen kunnen worden gerealiseerd en werken aan hun eigen verbeteringen. Op deze manier ontstaat een organisatie waarin proces breed wordt gedacht en alles in het teken staat om slim, effectief en efficiënt te doen wat de klant vraagt.

7.2.3. Lean Six Sigma

Een methode genaamd Lean Six Sigma combineert de kwaliteit 's verbeteringen van Six Sigma met Lean's verhoging in productie snelheid en efficiëntie. Deze proces strategie neemt het beste van Six Sigma (proces kwaliteit) samen met Lean (proces snelheid). Een aantal voordelen zijn:

- Concentreert zich op wat een klant wil en voor wil betalen
- Concentreert op proces analyse
- Concentreert zich op activiteiten die waarde toevoegen (Value-Add)

Lean six sigma is een wereldwijd bewezen methodiek voor het duurzaam en aantoonbaar verbeteren van processen en organisaties. Het maakt gebruik van een aanpak waarmee organisaties op gestructureerde wijze (Define, Measure, Analyze, Improve en Control ofwel DMAIC) concrete resultaten kunnen boeken doormiddel van continu verbeteren. Het uitgangspunt is de focus op wat klanten echt belangrijk vinden en dit te realiseren in processen. Door gebruik te maken van deze benadering worden de kosten gereduceerd, klant tevredenheid verhoogd en doorlooptijden verkort. De kracht in deze aanpak is dat er gebruik gemaakt wordt van de bestaande kennis en ervaring van mensen binnen de processen.

7.2.4. Stem van de klant

Het lijkt logisch en elke bedrijf zegt dat ze naar hun klanten luisteren. Maar zoals het gedefinieerd wordt in Lean Six Sigma: alleen de klant kan kwaliteit en waarde bepalen. Luisteren naar de klant is kritische voor het verbeteren van de kwaliteit. Welke services worden aangeboden die niet nodig zijn of ongewenst voor de klant? Begin met het verwijderen van “dit doen we altijd zo” .

Een deel van de klantgerichtheid is het uitvoeren van klantonderzoek:

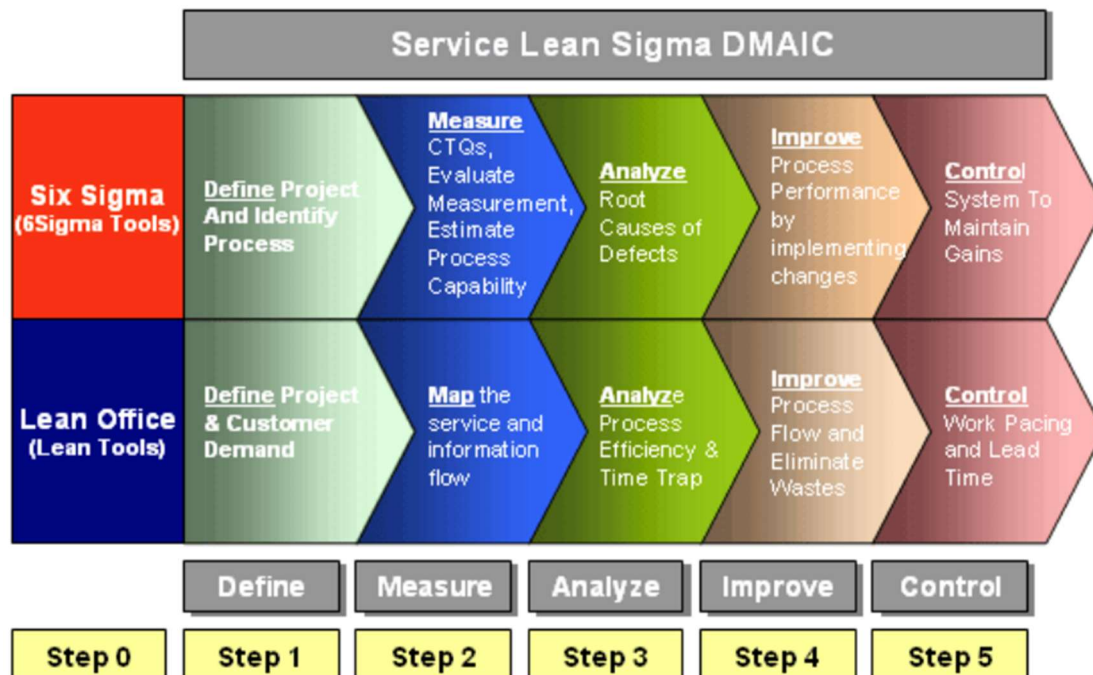
- Waar vond de klant waarde in onze services?
- Waar wenste ze dat we meer waarde toevoegde?
- Waar zoeken ze naar en zijn ze bereid voor te betalen?

Wat deze klant analyse brengt is een goede kennis van wat de klant wil, en waar je als bedrijf in voorziet waar de klant geen waarde aan hecht.

7.3. Proces analyses

Na het uitvoeren van het klantonderzoek wordt de informatie verwerkt. Dit helpt het definiëren van knelpunten, en waar in het proces nog zogenaamde “waste” optreedt.

Een grondig proces analyse (hoe het service proces werkt) wordt verbeterd door de DMAIC analyse (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). DMAIC verzorgt een overzichtelijke map voor proces verbeteringen. In het figuur is aangegeven waar per stap naar gekeken moet worden. Dit is uiteraard gebaseerd op de stappen uit een productie bedrijf, en zullen aangepast moeten worden voor aannemers en ingenieursbureaus.



Figuur 6: Het proces van een DMAIC analyse (Haynes)

Als bedrijf moet een proces analyse uitgevoerd worden over werken waar momenteel BIM wordt gebruikt. Waar moet je naar op zoek in een proces analyse?

- Waar veel activiteiten samen komen bij één persoon, zij het voor de functie of in een bepaald proces activiteit.
- Waar treden er vertragingen op? Werknemers moeten wachten tot bepaalde werken klaar zijn om verder te kunnen gaan, het her-starten van werk is een groot nadeel in het proces.

De voordelen van het uitvoeren van een dergelijke proces analyse is:

- Het verwijderen van stappen die geen waarde hebben of toevoegen.
- Het optimaliseren van het gehele proces.

7.3.1. Activiteiten die waarde toevoegen

Door enkel te focussen op activiteiten die waarde toevoegen in het ontwerpproces is het makkelijker om aan de klanteisen te voldoen, een hogere klantwaarde te genereren en een hogere winst te behalen. Er zijn drie waarde toevoegende activiteiten:

- Value-Add (waarde toevoegend)
- Business Non Value Add, waarbij de vraag is 'loop het proces stuk als het verwijderd wordt'
- Non Value Add, klant wil er niet voor betalen, her starten van werk, wachttijden en creëren van complexiteit.

In een Lean proces maakt het verwijderen van drie processen het verschil:

- Verwijderen van fouten, of herstellen zodat het werkt.
- Verwijderen van vertragingen of knelpunten. Uit studies blijkt dat 20% van de activiteiten voor 80% van vertragingen zorgt (Law of Focus genoemd in de 5 wetten van Lean Six Sigma).
- Verwijderen van de Non Value Add activiteiten.

Wat betekenen die Non Value Add activiteiten voor een ingenieurs bedrijf ?

- Herstellen van een ontwerp niet gebaseerd op de wensen van de klant.
- Behoeftte aan een projectmanager die moet nakijken of het ontwerp voldoet aan het ‘zo doen we het altijd’ .

7.3.2. Reduceren van complexiteit

Over het algemeen wordt ervan uitgegaan dat erbij complexiteit veel sprake is van veel afzonderlijke componenten in een systeem, met vele vormen van interactie. Of iets eenvoudig of complex is kan niet objectief worden aangeduid, dit verandert bovendien ook constant. Complexiteit is niet het zelfde als een mooi en groot portfolio hebben als bedrijf. Het is een systematische effect dat zich ophoopt met de tijd. Vragen die je als bedrijf jezelf kan stellen is:

- Voegt deze taak/service/ontwerp waarde toe aan het project?
- Die standaard details, zijn ze echt zo standaard? Voegen ze waarde in de communicatie met bijvoorbeeld een constructeur?
- Maken we meer tekeningen om het makkelijk en overzichtelijk is, of zien we door de bomen het bos niet meer.

Er zijn een aantal elementen die complexiteit reduceren.

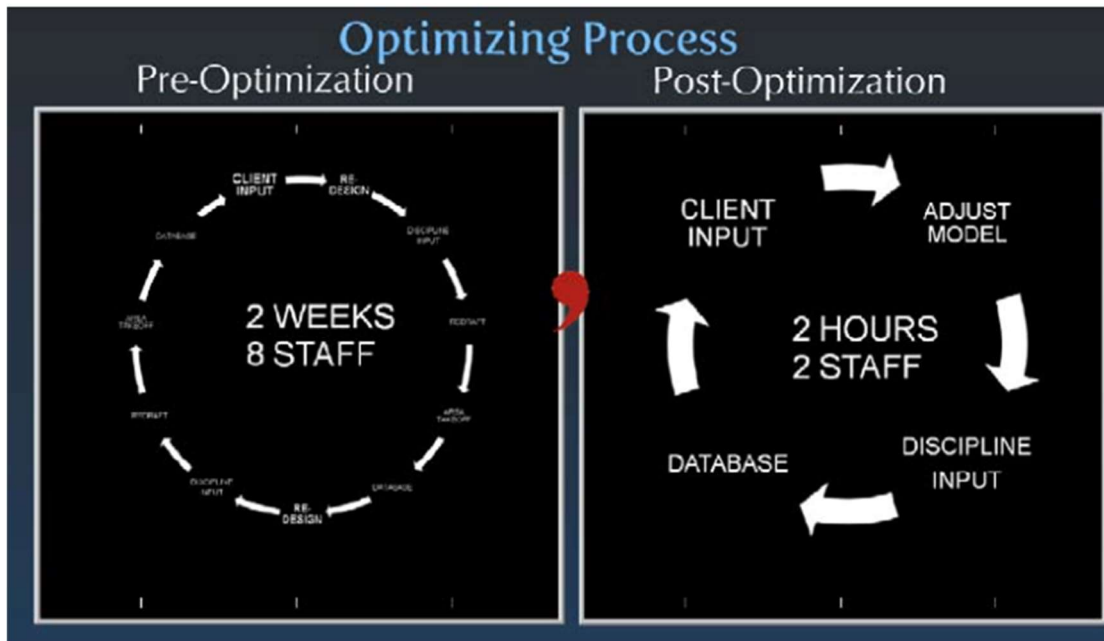
Standaardisatie – standaarden en moduleren van de interne taken en componenten:

- Vind je steeds opnieuw het wiel uit?
- Standaardisatie van subcomponenten (en het proces dat gebruikt wordt om ze af te leveren).

Optimalisatie – zodra de informatie is gedefinieerd, hoeft dit niet steeds opnieuw gedaan te worden.

- Worden er verschillende software programma's gebruikt om het zelfde te doen?
- Worden tekeningen constant herzien en bewerkt alleen omdat het kan?

Het doel moet zijn het aantal taken te reduceren en de tijd die elke taak kost. In onderstaand figuur staat een voorbeeld van een proces optimalisatie, in minder tijd met minder mensen het zelfde werk kunnen doen.



Figuur 7: performance based design (Haynes)

7.4. Lean Six Sigma voor Architecten, ingenieurs, en aannemers

Welke onderdelen van Lean Six Sigma zijn bruikbaar voor Architecten en Ingenieurs, en hoe wordt de implementatie hiervan bereikt in deze bedrijven?

Eerst is het belangrijk om te weten dat er aannemers zijn die al Lean werken, die al werken met processen zoals Last Planner (dit focust op afleveren op de afgesproken tijd) en zo de wachttijden te elimineren. Ook het gebruik van zogenaamd Target Value Design, dit is een proces waar samenwerking in teams en project design gebaseerd is op gedetailleerde schattingen met verklaringen om zo een verbeterde budget schatting te maken.

Vervolg stappen die genomen kunnen worden:

- Bekijk wat de klant echt wil tegen over wat de bureaus aanbieden. Luister naar de stem van de klant. Oude gebruiken en services kunnen vervangen worden door nieuwe verbeterde.
- Zorg voor een gedetailleerde Proces Analyse, en zoek naar de knelpunten, kijk waar werk zich ophoopt voor één persoon of activiteit. Of punten waar het werk stil ligt voor een persoon omdat er gewacht wordt op afronding van een onderdeel. Dit kost tijd en moeite want je moet serieus naar elke stap in het proces kijken.
- Herzie de activiteiten en bekijk of ze daadwerkelijk waarde toevoegen.
- Standaardiseer en optimaliseer.

7.5. Voordelen van Lean Six Sigma in het ontwerp proces

Dit wordt georganiseerd rond traditionele stappen in het ontwerp proces. Hierbij is ook de bedrijfsorganisatie toegevoegd.

7.5.1. Bedrijfsorganisatie

Hierin vind de meest cruciale fase plaats, waar gekeken moet worden naar overzien/verbeteren/analyseren. Hier worden de meeste verbeteringen gemaakt, en dit zijn een aantal vragen die gesteld moeten worden en de voordelen die behaald kunnen worden.

- Doen we een klantgericht/tevredenheid onderzoek? Dit om de stem van de klant beter te horen.
- Begrijpen we goed waar de klant voor wil betalen? Nieuwe services waar klanten graag voor betalen zoals bijvoorbeeld: BIM Model management, Navisworks model coordination tijdens de uitvoering, BIM faciliteit management.
- Maak een proces analyse, waar zitten de knelpunten.

7.5.2. Ontwerpproces

De meest dure fouten worden gemaakt bij het begin van elke taak. Ontwerpen is hierin niet anders, dit zijn enkele Lean verbeteringen:

- Bekijk de ontwerp opties vroeg, later in het proces levert het tijdverlies op.
- Onderzoeken we ontwerp opties waar de klant niet omgevraagd heeft of voor wil betalen?
- Gebruiken we verschillende software pakketten? Staten met BIM is altijd meer Lean.
- Gebruik maken van Target Value Design (TVD) om de kosten van het ontwerpen beter te begrijpen.

7.5.3. Uitvoeringsproces

Hierin komt Lean tot zijn recht, en zorgt voor een snellere project uitvoering en minder fouten (Lean Six Sigma).

- Is het ontwerp echt af?
- Maak je te veel schema's met informatie waar de andere partijen makkelijk aan kunnen komen, als het nodig is kan hij dit uit het BIM model halen.
- Zijn de ontwerpen te complex? Geeft het gevoel dat de service die je levert de hoeveelheid inkt is en de hoeveelheid aan tekeningen.
- Maak je gebruik van signalering systeem binnen BIM, wat aangeeft wanneer een werk klaar is en opnieuw je prioriteiten kan stellen.

Winst kan verloren gaan in de administratie en wordt nooit terug verworven. Veel telefoon gesprekken en vergaderingen om bepaalde onderdelen te beoordelen die ook ingezien kan worden via andere bronnen.

- Deel je het BIM model met de andere partijen?
- Is je data en gegevens duidelijk of verberg je bepaalde gegevens voor de overige partijen.
- Is er goede communicatie met het bouwteam van de opdrachtgever.
- Maak je team deel uit van de planning sessies met de verschillende partijen?

8. BIBLIOGRAFIE

- (sd). *Atlas van open BIM standaarden*. BIM Locket. Opgeroepen op Maart 14, 2017, van <http://www.bimloket.nl/upload/documents/downloads/Standaarden/Atlas%20Open%20BIM%20Standaarden%20v1.3.pdf>
- BIM Locket. (sd). *Atlas van open BIM standaarden*. Opgeroepen op Maart 10, 2017, van BIM Locket: <http://www.bimloket.nl/upload/documents/downloads/Standaarden/Atlas%20Open%20BIM%20Standaarden%20v1.3%20Bijlage.pdf>
- BIM loket. (sd). *CityGML*. Opgeroepen op Maart 10, 2017, van BIM loket: <http://www.bimloket.nl/CityGML>
- BIM Locket. (sd). *GB-CAS*. Opgeroepen op Maart 10, 2017, van BIM Locket: <http://www.bimloket.nl/GB-CAS>
- BIM Locket. (sd). *IFC*. Opgeroepen op Maart 10, 2017, van BIM Locket: <http://www.bimloket.nl/IFC>
- BIM Locket. (sd). *IMGeo*. Opgeroepen op Maart 10, 2017, van BIM Locket: <http://www.bimloket.nl/IMGeo>
- BIM Locket. (sd). *NL/SfB*. Opgeroepen op Maart 14, 2017, van BIM Locket: <http://www.bimloket.nl/NL-SfB>
- BIM Locket. (sd). *NLCS*. Opgeroepen op Maart 14, 2017, van BIM Locket: <http://www.bimloket.nl/NLCS>
- BIM Locket. (sd). *SALES*. Opgeroepen op Maart 14, 2017, van BIM Locket: <http://www.bimloket.nl/SALES>
- BIM Locket. (sd). *VISI*. Opgeroepen op Maart 14, 2017, van BIM Locket: <http://www.bimloket.nl/VISI>
- (sd). *BIM piramide*. Opgehaald van <http://kritiektopad.blogspot.nl/2014/03/bim-van-3d-naar-dubbeldd.html>
- Bouw informatie raad. (2015, September). *BIR kenniskaart 0, Wat is BIM?* Opgeroepen op Februari 23, 2017, van <http://www.bouwinformatieraad.nl/wp-content/uploads/2014/10/Kenniskaart-0-Wat-is-BIM.pdf>
- Bouwinformatieraad. (2014, April). *Kenniskaart 1, Nederlandse BIM levels*. Opgeroepen op Maart 15, 2017, van Bouwinformatieraad: <http://www.bouwinformatieraad.nl/wp-content/uploads/2014/10/Kenniskaart-1-Nederlandse-BIM-Levels.pdf>
- CB-NL. (sd). *Samen-werken aan één taal in de gebouwde omgeving*. Opgeroepen op Februari 24, 2017, van <http://public.cbnl.org/>: http://public.cbnl.org/upload/documents/2014/cb_nl_def.pdf
- Dam, F. v. (2014, December 03). *BIM bij RWS*. Opgeroepen op Februari 15, 2017, van Slideshare: <http://www.slideshare.net/Stumico/bi-mbi-rwsbs2014>
- Encyclo. (sd). *Encyclo*. Opgeroepen op Februari 23, 2017, van <http://www.encyclo.nl/begrip/renderen>
- Essentials*. (2016, Juli 11). Opgeroepen op Maart 10, 2017, van Coinsweb.nl: <http://www.coinsweb.nl/wiki2/index.php/Essentials>

- Fikkers, I. H., Nieuwenhuizen, I. L., Nijssen, D. J., & Schaap, I. H. (2012, April). *Bouwinformatie raad*. Opgeroepen op Februari 13, 2017, van <http://www.bouwinformatieraad.nl/wp-content/uploads/2014/04/Werkdocument-Leidraad-Op-weg-naar-werken-met-BIM.pdf>
- Gemeente Amsterdam. (sd). *BIM, virtueel bouwen*. Opgeroepen op Februari 23, 2017, van <https://www.amsterdam.nl/ingenieursbureau/manieren-van-werken/bim-virtueel-bouwen/#he5ec427c-f725-446e-90f7-38739d2aaf45>
- Haynes, D. (sd). *Adopting Lean Processes in BIM*. Opgehaald van http://aucache.autodesk.com/au2011/sessions/2507/class_handouts/v2_BO2507_Haynes.pdf
- Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. (2017). Opgeroepen op 02 10, 2017, van HAN insite: <https://specials.han.nl/sites/studiecentra/auteursrechten/bronnen-vermelden/>
- IDCM. (sd). *Ontdek de kracht van BIM*. Opgeroepen op Februari 23, 2017, van <http://www.idcm.info/nl/ontdek-de-kracht-van-bim>
- Kamphuis, B. (sd). BIM: van 3D naar dubbel DD. Opgeroepen op Maart 23, 2017, van <http://kritiektopad.blogspot.nl/2014/03/bim-van-3d-naar-dubbel-dd.html>
- Meyer, B. (2017, Maart 20). BIM-beheerder. (P. Jacobs, & P. v. Pol, Interviewers) Harlingen, Friesland.
- Nationaal BIM handboek. (sd). *Het nationaal BIM handboek*. Opgeroepen op Februari 17, 2017, van <http://nationaalbimhandboek.nl/>
- Post, J. F. (2014). *Bigger BIM*. Opgehaald van http://www.hetnationaalbimplatform.nl/files/pages/bigger-bim_afstudeerrapport_jfpostv2.pdf
- Prorail. (sd). *Objecttype bibliotheek spoor, een taal spreken*. Opgeroepen op Februari 23, 2017, van Spoordata: <http://www.spoordata.nl/project/objecttype-bibliotheek-spoor-%C3%A9%C3%A9n-taal-spreken>
- Rijksvastgoedbedrijf. (sd). *Toepassing RVB BIM Norm bij geïntegreerde contracten*. Opgeroepen op Februari 23, 2017, van <https://www.rijksvastgoedbedrijf.nl/expertise-en-diensten/b/building-information-modelling/inhoud/toepassing-rvb-bim-norm-bij-geintegreerde-contracten>
- Rijkswaterstaat. (sd). *Rijkswaterstaat.nl*. Opgeroepen op Februari 15, 2017, van <http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/efficienter-werken/bouwwerk-informatie-model/index.aspx>
- Rijswijk, R. v. (2016). *IFC-GML-PDF_and_COINS*. Opgeroepen op Maart 10, 2017, van http://www.coinsweb.nl/wiki2/images/e/e7/IFC-GML-PDF_and_COINS.jpg
- sixsigma.nl. (sd). *Wat is lean-six sigma*. Opgeroepen op Maart 2017, van Sixsigma.nl: <https://www.sixsigma.nl/wat-is-lean-six-sigma>
- The B1M. (sd). *What is 4D BIM?* Opgeroepen op Maart 23, 2017, van The B1M: <http://www.theb1m.com/video/what-is-4d-bim>

The B1M. (sd). *What is 5D BIM?* Opgeroepen op Maart 23, 2017, van The B1M:
<http://www.theb1m.com/video/what-is-5d-bim>

The B1M. (sd). *What is 6D BIM?* Opgeroepen op Maart 23, 2017, van The B1M:
<http://www.theb1m.com/video/what-is-6d-bim>

Walther, A. (2013, Maart 4). *Autodesk User Group International*. Opgeroepen op Februari 9, 2017, van
<https://www.augi.com/articles/detail/bim-and-civil-3d-fact-or-fiction>

-