

Bijlagen

Bijlage A - Persoonsgegevens	89
A.1 Afstudeercommissie	89
A.2 Afstudeerder	89
Bijlage B - Organisaties	91
B.1 Beschrijving organisaties	93
B.2 Referentieprojecten	97
Bijlage C - BIM-software	99
C.1 Allplan	99
C.2 ArchiCAD	99
C.3 AutoCAD Architecture	99
C.4 Bentley Building	100
C.5 Data Design System	100
C.6 Digital Project	100
C.7 MagiCAD	101
C.8 Revit	102
C.9 Tekla Structures	102
Bijlage D - Interview projectpartners	105
Bijlage E - Tekening overzichtlijst NEN2574	107
Bijlage F - Business Process Modelling Notation	109
Bijlage G - Categorie-indeling installaties	111
Bijlage H - Uitwisseling bouwobjecten	113
Bijlage J - Bouwobjecten in IFC-model	133
J.1 Eigenschappen	134
J.1.1 Positie en oriëntatie	134
J.1.2 Eenheid	135
J.1.3 Materiaal	136
J.2 Ruimte	138
J.3 Kolom en ligger	138
J.4 Wand	140
J.5 Vloer en dak	140
J.6 Opening	141
J.7 Deur en raam	142
J.8 Fundering	143
J.9 Installatie	143
J.10 Stramien	143

Bijlage K - Mapping van Revit naar IFC	145
K.1 Exportopties	145
K.2 Importopties	147
Bijlage L - Selectieblad	149
Bijlage M - Ontwikkelingen	153
M.1 Information Delivery Manual	154
M.1.1 Doel	154
M.1.2 Aanvulling op IFC-model	155
M.1.3 Opbouw	155
M.1.4 Kanttekeningen	157
M.2 International Framework for Dictionaries	157
M.3 Modelserver	159
M.3.1 Fidumo	160
M.3.2 EDMserver	160
M.4 Product Modelling Ontology	162
M.5 Systems Engineering	164

Bijlage A - Persoonsgegevens

A.1 Afstudeercommissie

TU Delft

prof. ir. L.A.G. Wagemans (voorzitter)
Civiele Techniek & Geowetenschappen
Sectie Gebouwen & Civieltechnische Constructies
Stevinweg 1, kamer St. II 1.60
2628 CN DELFT
015-2784752
L.A.G.Wagemans@tudelft.nl

ir. J.L. Coenders
Civiele Techniek & Geowetenschappen
Sectie Gebouwen & Civieltechnische Constructies
Stevinweg 1, kamer St. II 1.60
2628 CN DELFT
015-2785711
J.L.Coenders@tudelft.nl

dr. ir. R.M.F. Stouffs
Bouwkunde
Technische Ontwerp & Informatica
Berlageweg 1, kamer 6.04
2628 CR DELFT
015-2781295
R.M.F.Stouffs@tudelft.nl

Strukton Engineering

ir. R. A. van Rijswijk
Westkanaaldijk 2
3542 DA UTRECHT
030-2486240
rrijswijk@strukton.com

A.2 Afstudeerder

P.J. van Mourik BSc, studienummer 1143352	
C Vonkplantsoen 32	Westkanaaldijk 2
3207 WS SPIJKENISSE	3542 DA UTRECHT
06-16924535	030-2487201
P.J.vanMourik@student.tudelft.nl	pmourik@strukton.com

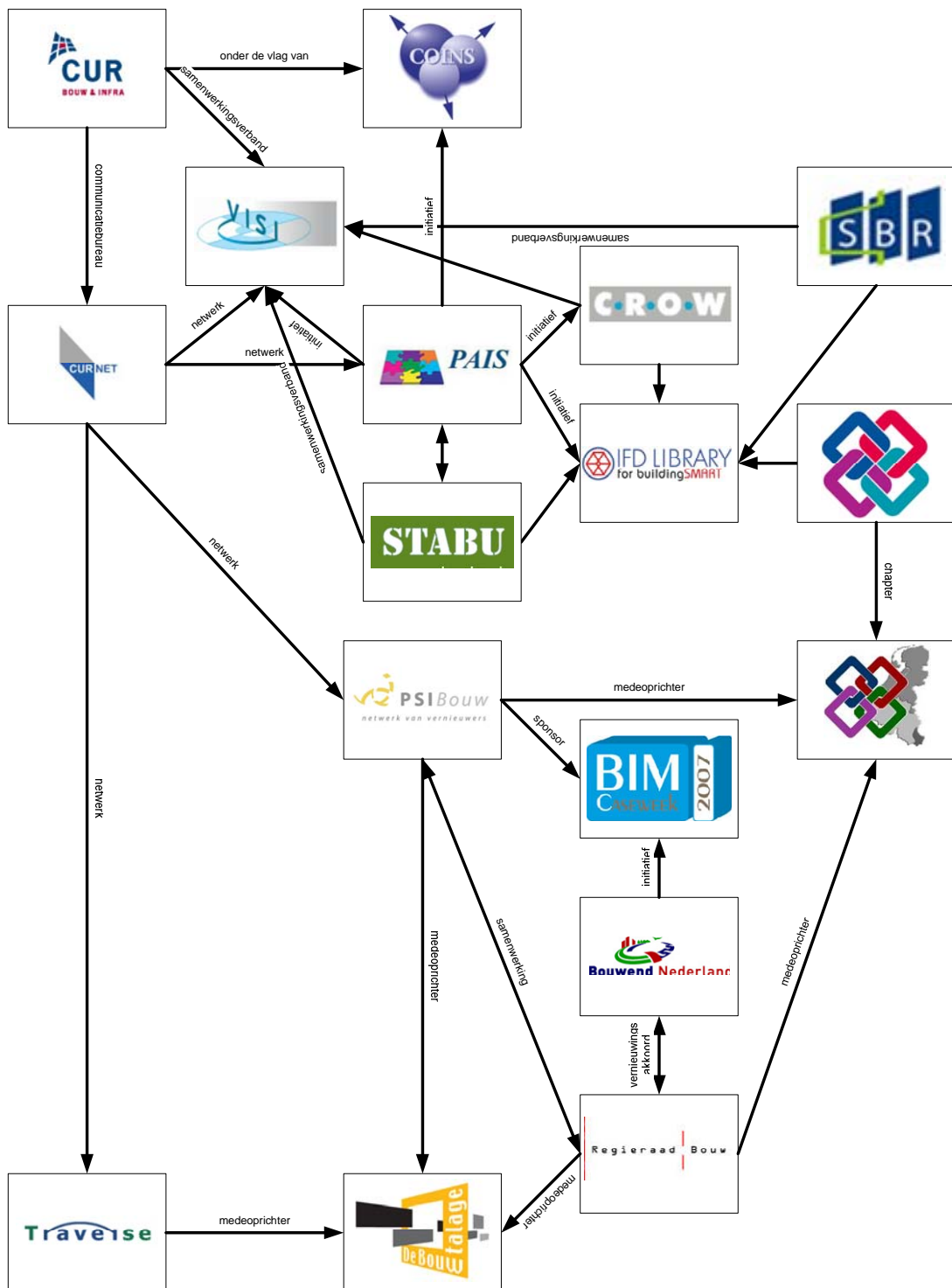
Bijlage B - Organisaties

Meerdere organisaties houden zich bezig met het stimuleren en implementeren van innovaties in de bouw. Veel innovaties hebben betrekking op ICT-toepassingen. De meeste ICT-toepassingen hebben tot doel de communicatie tussen projectpartners te verbeteren. Dit gebeurt onder andere door afsprakenstelsels over bouwobjecten en bouwprocessen.

Organisaties zoals de Regieraad Bouw en PSIBouw onderstrepen het belang van BIM in Nederland. Dit heeft geleid tot de oprichting van een IAI-Chapter voor de Benelux.

Op verschillende manieren houden de organisaties verband met elkaar. Organisaties ondersteunen elkaar en werken samen aan projecten. Een schematische weergave van een aantal verbanden tussen de verschillende organisaties is gegeven in het figuur op de volgende pagina.

Uit het figuur blijkt dat veel organisaties op één of andere manier betrokken zijn bij het stimuleren en implementeren van BIM in Nederland.



Figuur B.1 Schematische weergave verbanden tussen organisaties

B.1 Beschrijving organisaties

- **BIMCaseweek**
De BIMCaseweek 2007 was een initiatief van het Platform Virtueel Bouwen (PVB), een werkgroep van Bouwend Nederland. Het platform zet zich in om BIM verder te implementeren in de Nederlandse bouwsector. Brancheorganisaties, softwareleveranciers en opdrachtgevers hebben het initiatief omarmd en leverden een bijdrage aan deze week.

Tijdens de BIMCaseweek gingen architecten, aannemers, installateurs, toeleveranciers en softwareleveranciers samen met een opdrachtgever een virtueel werk realiseren met behulp van BIM. Strukton Engineering was deelnemer en Strukton sponsor.

Internet: <http://www.bimcaseweek.nl>

- **BouwEtalage**
De BouwEtalage is een website die in 2005 in het leven werd geroepen om innovatieve bouwprojecten in de schijnwerper te zetten. Deze voorbeelden dienen als inspiratiebron voor opdrachtgevers en opdrachtnemers die zelf vernieuwingen willen doorvoeren in hun projecten. De stichting Traverse, de Regieraad Bouw en PSIBouw hebben hiertoe hun krachten gebundeld.

Internet: <http://www.debouwetalage.nl>

- **Bouwend Nederland**
Bouwend Nederland is de vereniging van bouw- en infrabedrijven. De visie van de vereniging op ICT is dat dit een belangrijk hulpmiddel is. Het uitgangspunt is: 'Eerst organiseren, dan automatiseren'. Eén van de actiepunten is de noodzakelijke standaardisatie van gegevensuitwisseling. Het platform voor kennis- en ervaringsuitwisseling op het gebied van ICT is de contactgroep ICT (Cogrit).

Internet: <http://www.bouwendnederland.nl>

Met betrekking tot virtueel bouwen is het platform Virtueel Bouwen (PVB) opgericht. PVB is een werkgroep van Bouwend Nederland en onderdeel van Cogrit. Eén van de doelen van PVB is de voordelen van BIM optimaal te benutten door zowel de faalkosten als de realisatietijd te reduceren. Strukton is één van de leden.

Initiatief van PVB was de BIMCaseweek van 19 t/m 23 november 2007.

- **COINS**
Het COINS-programma streeft naar procesverbetering en gezamenlijk informatiegebruik in de bouwsector. Om dit doel te bereiken ontwikkelt COINS sectorbrede afsprakenstelsels over informatie van 3D-bouwobjecten en afsprakenstelsels over de werkwijze. COINS is aangesloten bij het buildingSMART-programma dat een initiatief is van de International Alliance for Interoperability (IAI). Strukton Engineering is deelnemer.

De onderzoeksfase van het COINS-project is uitgevoerd met steun vanuit SenterNovem en PSIBouw. Een verdere concretisering zal plaatsvinden in een

vervolgfase onder de vlag van de CUR.

Internet: <http://www.coinsweb.nl>

- CROW
CROW wil kennis toepasbaar maken voor de praktijk. Binnen het thema kennisoverdracht zijn onder andere de programma's VISI, GWW-objectenbibliotheek, PAIS en PSIBouw ondergebracht.

De objectenbibliotheek voor de GWW-sector (CROW-OB) biedt ondersteuning om objecten eenduidig te beschrijven en te begrenzen. Het gaat hierbij om de communicatie over de objecten. Met de bibliotheek kan de efficiëntie in de uitwisseling van digitale data-afhandeling toenemen. De CROW-OB is één van de projecten die de basis vormen van PAIS.

Internet: <http://www.crow.nl>

- CUR Bouw & Infra
CUR Bouw & Infra is een netwerk van kennisvragers en kennisaanbieders uit overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen. Het aandachtsgebied is de civiele techniek met aanverwante vakgebieden: materialen en (beton)constructies, geotechniek, waterbouw en het bouwproces. CUR Bouw & Infra heeft tot doel kennis en kunde op het gebied van bouwen en civiele techniek te bevorderen.
Internet: <http://www.cur.nl>

CUR maakt gebruik van het CURNET communicatiebureau.

Producten van CUR zijn onder andere aanbevelingen, rapporten en brochures. CUR publiceert bijvoorbeeld rapporten van COINS.

- CURNET
CURNET is een netwerk van projecten, programma's en andere kennisallianties die zich richten op kennis- en competentieontwikkeling rond ruimte, bouw, bodem, land en water.
Internet: <http://www.curnet.nl>
- IAI-Chapter Benelux of buildingSMART
Dit is een vereniging die de Benelux vertegenwoordigt in de wereldwijde IAI.
Internet: <http://www.buildingsmart.info>
- International Alliance for Interoperability
IAI is een alliantie van organisaties toegewijd om een gecoördineerde verandering te brengen in de verbetering van de productiviteit en efficiëntie in de bouw, beheer en management industrie (Building Smart).
Internet: <http://www.iai-international.org>
- IFD Library
De IFD Library komt voort uit de samenwerking van het Noorse BARBI en de Nederlandse STABU LexiCon gericht op de IAI. Onder de naam IFD Library wordt verder gewerkt aan de internationale standaard. Dit is een belangrijke stap in de

ontwikkeling van onderlinge uitwisselbaarheid van informatie tussen verschillende objectenbibliotheken voor de bouw.

De doelstelling van de IFD Library for buildingSMART is de ontwikkeling en beheer van richtlijnen voor de opbouw van objectenbibliotheken en ontwikkeling, distributie en beheer van een objectenbibliotheek voor de B&U- sector op basis van die richtlijnen.

Internet: <http://www.ifd-library.org>

- PAIS

Binnen de bouwwereld (GWW en B&U) zijn belangrijke initiatieven op het gebied van informatietechnische afsprakenstelsels gebundeld in het Platform Afstemming Informatietechnische Structuur (PAIS in de bouw en infra).

Internet: <http://www.paisbouw.nl>

Volgens PAIS zijn goede afspraken over het proces en de inhoud noodzakelijk in een bouwproject. Het probleem is daarbij drieledig:

1. 14% van de bouwsom bestaat uit onnodige kosten als gevolg van gebrekkige samenwerking en miscommunicatie);
2. Zodra informatie wordt uitgewisseld, is er informatieverlies (vertaalslagen van applicaties, handmatig invoeren van informatie, actualiteit van de projectdocumenten);
3. Onvoldoende benutting (schroom) van de mogelijkheden die ICT biedt.

PAIS heeft onder andere tot doel dat projectpartners met afspraken gestructureerd kunnen samenwerken en informatie uitwisselen.

Vijf overheidsopdrachtgevers hebben aangegeven gevalideerde bouwafsprakenstelsels voor te schrijven in hun projecten. Eén van de voordelen zijn de voorwaarden voor optimaal gebruik van ICT. Eenmaal ingevoerde informatie wordt hergebruikt evenals 'betekenisvolle' uitwisseling en geen informatieverlies.

Volgens PAIS zullen de gebruikers uiteindelijk merken dat de uitwisseling van data tussen verschillende software pakketten steeds beter mogelijk is.

Zie Efficiëntie verbetering in het bouwproces
(<http://www.clearmind.nu/pdfverslag.php?blobid=13>).

Initiatieven van PAIS zijn onder andere COINS, VISI, CROW en IFD Library.

- PSIBouw

PSIBouw (Proces- en SysteemInnovatie in de bouw) is het innovatieprogramma van de bouwsector, waarin opdrachtgevers, bouwbedrijven, adviseurs en wetenschap hun kennis over en ervaring met innovatie samenbrengen.

Internet: <http://www.psibouw.nl>

- **Regieraad Bouw**
De Regieraad Bouw is door de overheid in het leven geroepen om noodzakelijke vernieuwingen in de bouw aan te jagen. Belangrijke pijlers van de gewenste cultuurverandering binnen de sector zijn Transparantie, Innovatie en Kwaliteit/prijsverhouding.
Internet: <http://www.regieraadbouw.nl>
- **SBR**
SBR probeert partijen bij elkaar te brengen, verzamelt vakinformatie en zorgt dat die kennis op de juiste plek terecht komt. Het is een kenniscentrum voor B&U.
Internet: <http://www.sbr.nl>
- **STABU**
STABU is een samenwerkingsverband tussen de partners in de bouwnijverheid. De taak van STABU is het uitgeven en beheren van een bouwbreed informatiesysteem voor de woning- en utiliteitsbouw.
Internet: <http://www.stabu.org>
- **Traverse**
Traverse is een onafhankelijke stichting met als doel het bevorderen van kennisoverdracht. In de praktijk betekent dit dat Traverse een uitwisselingsplatform wil zijn tussen bedrijven, overheden en instituten op het gebied van het inrichten en het beheer van de bebouwde en natuurlijke omgeving van de mens.
Internet: <http://www.traverse.nl>

In opdracht van de Regieraad Bouw heeft Traverse het project de BouwEtalage uitgevoerd.

- **VISI**
VISI staat voor 'Voorwaarden scheppen voor Invoeren van Standaardisatie ICT in de bouw'. Het bouwafsprakenstelsel VISI richt zich onder andere op het structureren van het berichtenverkeer. Afgesproken wordt welke informatie wordt uitgewisseld. Eenvoudig gezegd komt het er op neer dat VISI tot doel heeft eenduidige afspraken te maken over de (digitale) communicatie op raakvlakken tussen partijen in bouwprojecten.

Interessant is dat VISI dezelfde voordelen meent te hebben als BIM. De voordelen van VISI zijn ook minder bouwfouten, minder dubbelwerk, sneller en efficiënter bouwproces en daling kosten.

Internet: <http://www.visi.nl>

VISI is een samenwerkingsverband van CUR, CROW en SBR.

B.2 Referentieprojecten

De organisaties die betrekking hebben op de ontwikkelingen van BIM in Nederland houden zich vooral bezig met de promotie en stimulatie van BIM. Daarnaast is er vooral sprake van het ondersteunen van elkaars initiatieven. Geen van de organisaties heeft concrete pilotprojecten uitgevoerd die ter referentie kunnen dienen.

Het COINS-project heeft een verkennings- en onderzoeksfase doorlopen en bevindt zich nu in de ontwikkel/toepassingsfase. De ontwikkelingen moeten samengaan met praktijkbeproevingen. De praktijkprojecten beperken zich echter tot het genereren van hoeveelheden uit een 3D-model of Systems Engineering met 3D. COINS onderzoekt de uitwisseling van BIM alleen op papier.

Veel projecten die worden uitgevoerd door bijvoorbeeld PAIS hebben betrekking op de communicatie tussen de projectpartners. Het project VISI legt de nadruk op het standaardiseren van het berichtenverkeer. Bij dit soort projecten gaat het meer om de organisatie van de communicatie.

De IFD Library streeft naar de uitwisseling van informatie tussen verschillende objectenbibliotheken voor de bouw. Nationale bibliotheken, zoals de STABU Lexicon in Nederland, worden op elkaar afgestemd. Het gaat dus niet om de uitwisseling van de informatie op zich.

Bij alle organisaties in Nederland gaat het vooral om de intentie om BIM te implementeren en zijn nog geen werkelijke bouwprojecten uitgevoerd. In Nederland zijn (nog) geen projecten uitgevoerd waarbij projectpartners één BIM-model gebruiken. In het buitenland is waarschijnlijk meer ervaring aanwezig. In de Verenigde Staten, Australië en Scandinavische landen is de ontwikkeling van BIM nadrukkelijk aanwezig. Onduidelijk zijn de overeenkomsten met de bouw in Nederland.

Bijlage C - BIM-software

C.1 Allplan

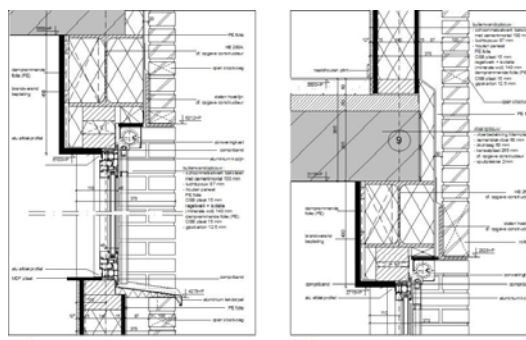
Allplan 3D Architecture is een bouwkundige applicatie die werkt met een 3D digitaal gebouwmodel. Volgens Allplan Nederland (Allplan) zijn en blijven 2D-tekeningen de basis voor de uitvoering in de bouw. Met Allplan kan het BIM-model worden gebruikt voor het genereren van doorsneden, plattegronden, gevels en referentiedetails. Allplan beschikt over een uitgebreide objectgeoriënteerde bouwdeelenbibliotheek. Door de intelligentie van de bouwdeelen wordt er onderscheid gemaakt tussen constructieve en niet-constructieve wanden. Hierdoor doorsnijden constructieve wanden automatisch de niet-constructieve wanden. Omdat architecten, bouwkundig adviseurs en bouwkundig tekenaars verschillende eisen stellen aan een CAD-systeem zijn er drie verschillende delen.

C.2 ArchiCAD

ArchiCAD is een ontwerp- en tekenpakket waarmee binnen één 2D/3D-model van een gebouw wordt gewerkt. Een gebouwmodel wordt opgebouwd met behulp van bouwelementen, zoals ramen, deuren, wanden, vloeren, daken en kolommen. Deze bouwelementen hebben een relatie met de omgeving waar ze in geplaatst zijn. Wijzigingen in het project worden automatisch verwerkt in 2D-views, tekeningen en berekeningen. ArchiCAD wordt ontwikkeld door Graphisoft waar zij de term Virtual Building gebruiken voor BIM (Kubus).



Figuur C.1 3D-model in ArchiCAD



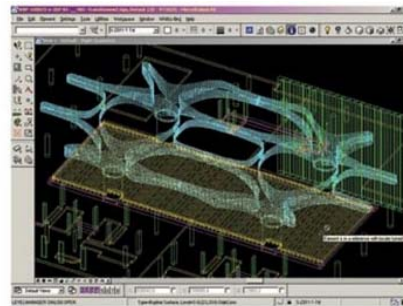
Figuur C.2 2D-detail in ArchiCAD

C.3 AutoCAD Architecture

AutoCAD Architecture was voorheen Architectural Desktop (ADT). Met AutoCAD Architecture kunnen architecten constructiedocumenten opstellen met de op AutoCAD gebaseerde functionaliteiten voor bouwkundig tekenen en ontwerpen. Met de AutoCAD-omgeving zijn traditionele tekenmethoden beschikbaar en met AutoCAD Architecture is het mogelijk sneller documentatie samen te stellen en coördinatietaken te automatiseren. Dit kan met behulp van de intelligente bouwobjecten.

C.4 Bentley Building

Bentley levert oplossingen voor BIM voor verschillende projectpartners. Met deze oplossingen worden alle fasen van een bouwproject ondersteund (Bentley, 2007). De geïntegreerde verzameling BIM-oplossingen bestaat onder andere uit Bentley Architecture, Bentley Structural, Bentley Building Mechanical Systems en Bentley Building Electrical Systems.

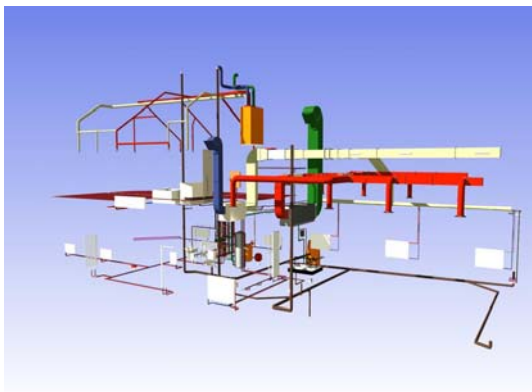


Figuur C.3 Screenshot BBC Broadcasting House - transfer beam Whitbybird (Bentley)

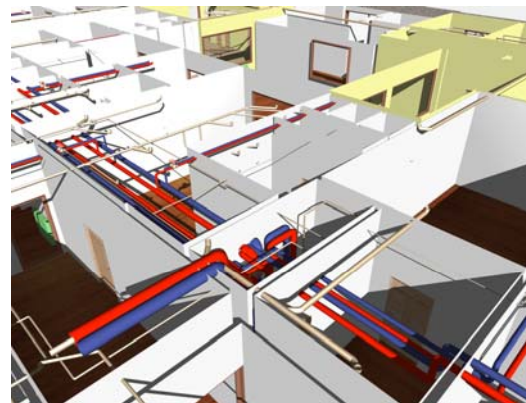
In de beginfasen van een project is associatief parametrisch modelleren mogelijk met GenerativeComponents. Door de geometrische vormen te modelleren en de relaties te bepalen kunnen snel alternatieve ontwerpen worden bekeken.

C.5 Data Design System

Data Design System (DDS) is een 3D CAD- en analyseapplicatie voor de installatietechniek. DDS bestaat uit de delen E-Partner en W-Partner. E-Partner is een geïntegreerd ontwerpsysteem dat gebruikers in staat stelt de productie en documentatie van een elektrische installatie te plannen. W-Partner doet hetzelfde voor water-, verwarming-, sanitair- en ventilatiesystemen. Beide systemen werken objectgeoriënteerd.



Figuur C.4 Visualisatie installaties in DDS



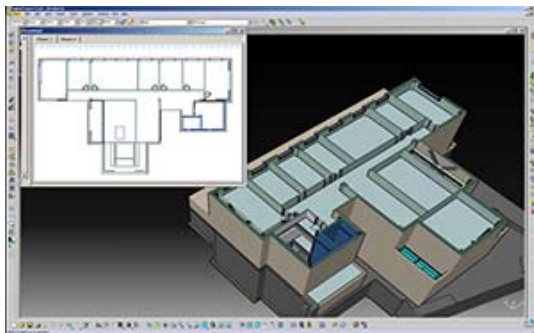
Figuur C.5 Visualisatie installaties in DDS

C.6 Digital Project

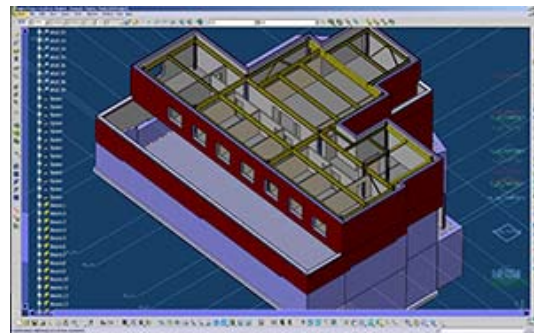
Digital Project (DP) van Gehry Technologies ondersteunt meerdere fasen van een bouwproject in digitale vorm. De applicatie is ontwikkeld op basis van technologieën in de vliegtuig-, automobiel- en productie-industrie. DP is gebaseerd op het CATIA

Dassault platform. Karakteristieken van het CATIA-systeem zijn volledige parametrische definitie, geschikt voor complexe vormen, alternatieve opslagmethoden en interoperabiliteit met subsystemen.

De basisproducten van DP zijn een Viewer, Foundation en Designer. Daarnaast zijn er verschillende Add-Ons, zoals Architecture & Structures. Met DP is het 3D parametrische ontwerpen mogelijk voor BIM. Deze BIM-software is gebaseerd op het functioneel modelleren paradigma en is gebouwd op de IFC-schema's en specificaties (Gehry Technologie 2004).



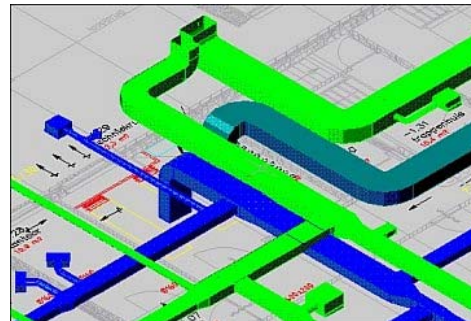
Figuur C.6 Screenshot Foundation



Figuur C.7 Screenshot Designer

C.7 MagiCAD

Met MagiCAD kunnen luchtkanaalsystemen 3D worden getekend of ontworpen in een plattegrondtekening van AutoCAD. Ontwerpen met MagiCAD betekent het plaatsen van roosters en luchtkanalen. Door bij de roosters de gewenste luchthoeveelheid op te geven kan het hele kanaalsysteem automatisch gedimensioneerd worden. Niet alleen worden de kanalen in de tekening volledig automatisch aangepast, maar ook alle bochten, T- stukken en verlopen worden geplaatst (Admea).



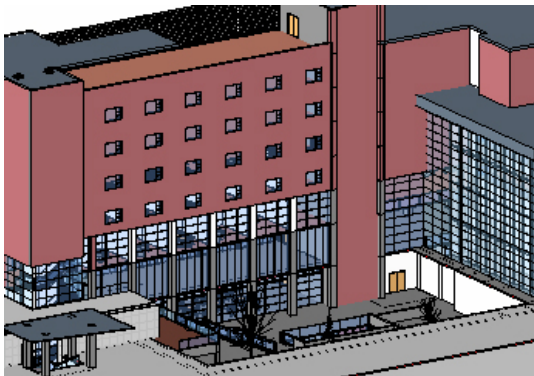
Figuur C.8 Luchtkanalen op 2D tekening

Met de module MagiCAD gebouwmodel kan een 3D-draadmodel worden gemaakt. Behalve de geometrie van het gebouw worden ook eigenschappen als U-waarde en wanddikte vastgelegd. Het 3D-model kan als basis dienen voor meerdere analyses.

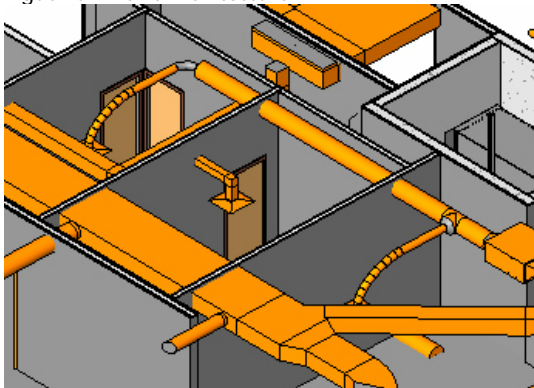
De luchtkanalen en vormstukken die worden getekend zijn zogenaamde AutoCAD RX objecten. Een RX object is meer dan een lijn of block. Het object heeft eigenschappen en een gedrag. Om de extra informatie te bekijken in AutoCAD is de Object Enabler nodig. Op deze manier wordt traditioneel gewerkt binnen een CAD-omgeving, maar waarbij de tekeningen extra informatie bevatten (Admea).

C.8 Revit

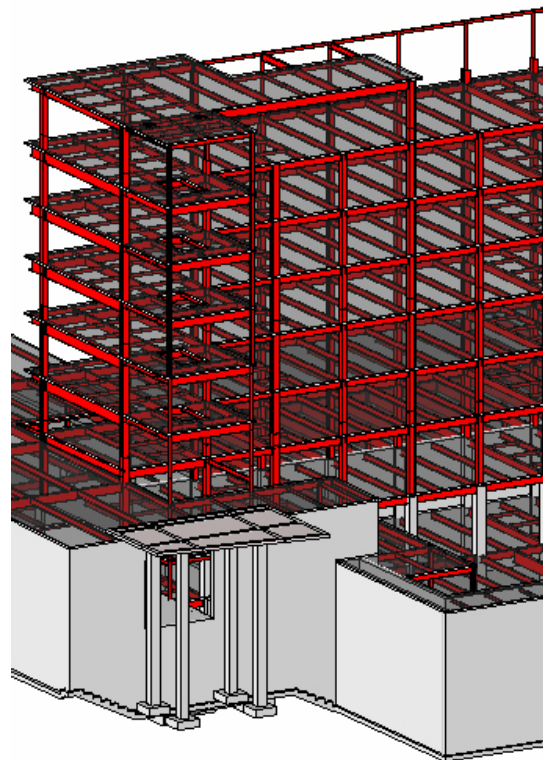
Revit van Autodesk bestaat uit de applicaties Revit Architecture, Revit Structure en Revit MEP. Met deze verdeling bestrijkt Autodesk meerdere disciplines. Met Revit is multidisciplinaire samenwerking mogelijk. Objecten kunnen worden gelinkt naar een ander model. Veranderingen worden gemonitord en verschillen tussen modellen worden gedetecteerd (Knittle, 2007).



Figuur C.9 Revit Architecture



Figuur C.10 Revit MEP



Figuur C.11 Revit Structure

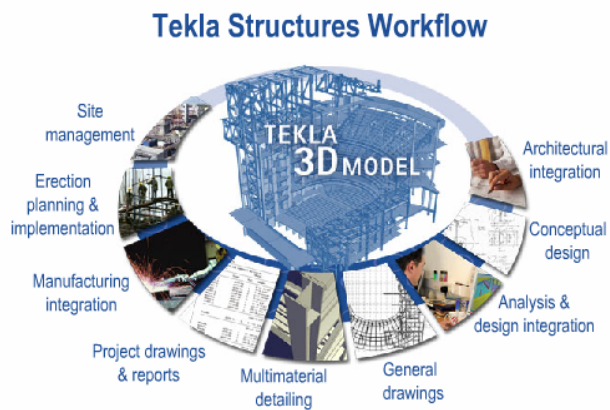
Revit is een ontwerpapplicatie dat uitgaat van een 3D-gebouwmodel, waarmee automatisch afgeleide tekeningen en hoeveelheden te genereren zijn. Vanaf de eerste schetsen tot en met alle benodigde werktekeningen wordt gebruik gemaakt van dezelfde gegevens. Gegevens van objecten worden geïntegreerd opgeslagen. Revit biedt de mogelijkheid beslissingen met ontwerpregels en relaties tussen elementen vast te houden. Met koppelingen en relatieve maatvoering worden deze regels vastgelegd en continue gecontroleerd.

C.9 Tekla Structures

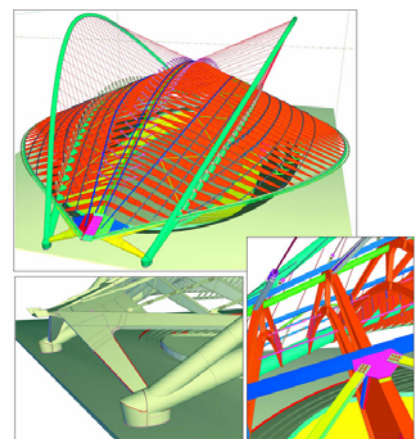
Tekla Structures was vroeger bekend als XSteel. Tekla is een BIM-applicatie met sterk de nadruk op detaillering en fabricage. Net als andere BIM-software maakt ook Tekla een compleet digitaal model van een bouwwerk. De tekeningen die van het model worden afgeleid zijn direct gekoppeld, maar worden alleen aangepast na openen of

printen. De tekeningen zijn opgeslagen in een aparte tekeningenmap in de totale projectmap. Door het efficiënt gestructureerde datamodel zijn de projectbestanden veel kleiner in vergelijking met andere applicaties. Een Tekla-model in de praktijk met meer dan een miljoen objecten is ongeveer 25 MB. Een vergelijkbaar model in Revit kan 200 MB zijn (Lachmi Khemlani, 2007).

De connectiviteit tussen objecten is niet vanzelfsprekend. De modelleur moet zelf de integriteit van het model bewaken. Daarentegen heeft hij meer vrijheid bij het ontwerp. Vrije vormgeving van generieke applicaties kunnen worden gebruikt als referentiemodel. Een voorbeeld is het Velodrome ontworpen door Santiago Calatrava voor de Olympische Spelen in 2004, zie Figuur C.13. Het constructieve ontwerp is gemaakt met behulp van Tekla Structures.



Figuur C.12 Workflow met Tekla-model (TEKLA, 2007)



Figuur C.13 Velodrome project in Athene (Lachmi Khemlani,2007)

Tekla Structures richt zich op het constructief ontwerpen en detailleren. Het maakt geen deel uit van een geïntegreerde BIM-oplossing, zoals Revit en Bentley. Daarom is veel gedaan aan de interoperabiliteit met andere applicaties en derde applicaties voor fabricage en uitvoering (Lachmi Khemlani, 2007).

Bronnen:

Allplan (s.d.). *Allplan Architecture*. [online]. Allplan Nederland. <http://www.allplan.nl> (geraadpleegd op 26.11.2007)

Admea (s.d.). *Admea MagCAD*. [online]. <http://www.magicad.nl> (geraadpleegd op 16.11.2007)

Bentley (2007). *Microstation*. [online]. Bentley Systems <http://www.bentley.com/nl-NL/Products/MicroStation/Index.htm?market=Building> (geraadpleegd op 26.11.2007)

CADVisual Group (s.d.). *EPM TECH ASA – Noorwegen*. [online]. <http://www.cadvisual.nl/24x8x0.xhtml> (geraadpleegd op 17.1.2008)

Gehry Technologies (2004). *GT Solutions: Digital project*. [online]. California: Gehry Technologies. <http://www.gehrytechnologies.com> (geraadpleegd op 2.11.2007)

Knittle, B. (2007). *Multi-Disciplinary Collaboration in Revit*. [online]. AECbytes Tips and

Tricks Issue (31.07.2007). <http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2007/issue20-revit.html> (geraadpleegd op 16.11.2007)

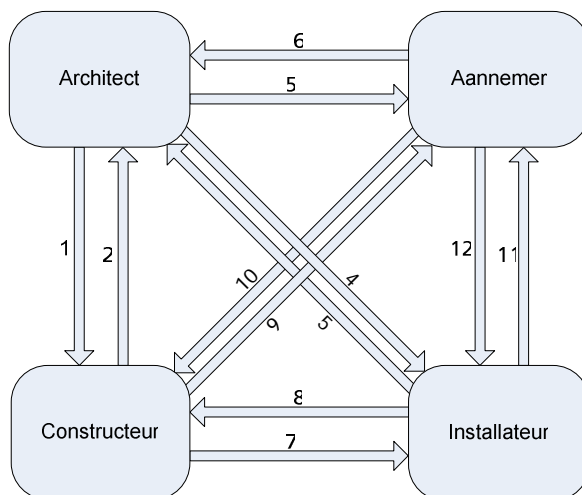
Kubus (s.d.). [online] Kubus architectural solutions. <http://www.kubusinfo.nl> (geraadpleegd op 5.11.2007)

Lachmi Khemlani, AECbytes (2007). *Tekla Structures*. [online]. AECbytes Product Review (14.11.2007). <http://www.aecbytes.com/review/2007/TeklaStructures.html> (geraadpleegd op 16.11.2007)

Tekla (2007). *Tekla Structures was BIM before BIM was invented*. [online]. TEKLA. http://www.tekla.com/user_nf/default.asp?root_id=12624&ala_id=13854&mode=readdoc&r=13854&site=1 (geraadpleegd op 5.11.2007)

Bijlage D - Interview projectpartners

Doel van de interviews is het in kaart brengen van de informatiestromen tussen de projectpartners. Uitgangspunt is dat de projectpartners samenwerken met een geïntegreerd contract. Naar traditionele contracten wordt niet gekeken.



Het eerste deel is een inventarisatie van de taken die een projectpartner uitvoert. Per taak moet worden bepaald wat de informatie-instroom en uitstroom zijn en met welke projectpartners.

Het tweede deel van het interview moet duidelijk maken waar de informatiestromen van afhankelijk zijn. Misschien zijn de informatiestromen afhankelijk van het soort project of in welke fase het project zich bevindt.

De ondervraagden zijn:

Architect: Do Janne Vermeulen, Meyer en van Schooten
Lars Nixdorff, UN Studio
Ramon van der Heijden, UN Studio

Constructeur: Jeroen Coenders, Arup
Linda Bukman, Arup
Rob Massop, Bartels
Rob van der Blonk, Strukton Engineering

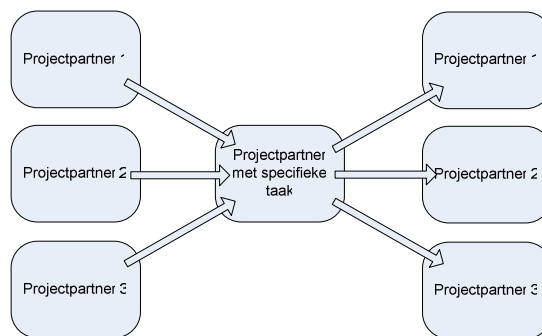
Installateur: Anne van Manen, Strukton WorkSphere

Aannemer: Arjen Adriaanse, Ballast Nedam Infra Consult + Engineering
Paul Dreef, Strukton Bouw & Vastgoed
René Krol, Strukton Engineering
Renzo van Rijswijk, Strukton Engineering

Vragenlijst interview projectpartners

Inventarisatie taken en bijbehorende informatiestromen

1. Welke taken voert u uit bij het ontwerp van een utiliteitsbouwproject met een geïntegreerd contract?
2. Welke informatie heeft u nodig van de andere disciplines?
 - a. Wat hebt u minimaal nodig?
 - b. Wat zou u wenselijk willen dat andere disciplines voor u aanleveren?
3. Welke informatie levert volgens u deze taak op voor de andere disciplines?
 - a. Wat bent u bereid te geven?



Verdeling informatiestromen

4. Verschillen uw taken per project?
 - a. Per type?
 - b. Per omvang?
 - c. Per complexiteit?
5. Verschillen uw taken per fase waarin het project zich bevindt?
 - a. Kunt u aangeven hoe volgens u een utiliteitsbouwproject in een geïntegreerde contractvorm wordt gefaseerd?
 - b. In welke fasen bent u betrokken?
 - c. Kunt u aangeven welke taken u in welke fase uitvoert?

Bijlage E - Tekening overzichtlijst NEN2574

NEN 2574 (Fasering- tekeninglijsten)

Hans Hendriks d.d. 17-09-2007
hhs@deBIMspecialist.nl



Uitwerking:		L Locatietekeningen				
Fase		constructief	bouwkundig	installatie	inrichting	terrein
		(1-)(29)	(3-)(49)	(5-)(69)	(7-)(89)	(90.1/90.9)
programma	1	initiatief				
	2	haalbaarheidsstudie	Vorm en ligging van bouwmassa's bebouwingstudie, massastudie			Ligging van het projectterrein ten opzichte van andere kavels en infrastructuur. kadastrale situatie
	3	projectdefinitie	1:500 / 1:200			1:1000 / 1:500 mogelijke ligging van het project in zijn omgeving stueringsschets 1:500 / 1:200
ontwerp	4	structuurontwerp	varianten van mogelijke gebouwcontour- en op basis van functieclusters functierelatieplan			1:500 / 1:200 mogelijke bouwblokgrenzen binnen de directe omgeving situatieschets 1:500
	5	voorlopig ontwerp	voorlopige hoofdopzet van de constructie draagstructuur 1:200 / 1:100	voorlopige hoofdopzet van het gebouw (deel) en verschijningsvorm voorlopige indeling 1:200 / 1:100	voorlopige hoofdopzet van een installatie koudwatervoorziening centrale verwarming elektrische installatie liften 1:200 / 1:100	voorlopige hoofdopzet van de vaste inrichting en losse inventaris inrichtingstekening 1:200 / 1:100
	6	definitief ontwerp	definitieve en volledige opzet van de constructie draagstructuur fundering schachten daken 1:200 / 1:100	definitieve en volledige bouwkundige indeling en inrichting van de gebouw(en) definitieve indeling 1:200 / 1:100	definitieve en volledige opzet van een installatie koudwatervoorziening centrale verwarming elektrische installatie beveiligingsinstallatie 1:200 / 1:100	definitieve en volledige opzet van de vaste inrichting en losse inventaris inrichtingstekening laboratoriumruimte leeszaal werkplaats operatiekamer 1:200 / 1:100
uitwerking	7	bestek	technische uitwerking van de constructie voor de prijsvorming paleisplan fundering betonskelet stalen spanten trappenhuis 1:100 / 1:50	technische uitwerking van definitieve bouwkundige indeling voor de prijsvorming vloerenplan gevelindeling wandafwerking platfondindeling dak+ dakopbouw 1:100 / 1:50	technische uitwerking van een installatie voor de prijsvorming 1:100 / 1:50	technische uitwerking van de inrichting voor de prijsvorming inrichtingstekening laboratoriumruimte leeszaal werkplaats operatiekamer 1:100 / 1:50
	8	prijsvorming				1:200 / 1:100 technische uitwerking van de terreininrichting voor de prijsvorming terreininrichting ontsluiting situatie bestrating opstellen 1:200 / 1:100
bouw	9	werkvoorbereiding	plaats- en maataanduiding van de constructie voor de uitvoering betonskelet paleisplan fundering kelderplan systeemvloer stalen spanten sparingstekening. 1:50	plaats- en maataanduiding van het gebouw(deel) en bouwkundige elementen daarinnen voor de uitvoering matenplan gevelindeling trappenhuis wandafwerking natuursteenvloer platfonds lufel ingang 1:50 / 1:20	plaats- en maataanduiding van een installatie voor de uitvoering riolering koudwatervoorziening centrale verwarming elektrische installatie liften beveiligingsinstallatie gasaansluitpunten 1:50 / 1:20 / 1:10	plaats- en maataanduiding van de terreininrichting voor de uitvoering terreininrichting bouwput uitzetplan keerwanden bestrating terrassen afstrating 1:200 / 1:100 / 1:50
	10	uitvoering				1:200 / 1:100 laboratoriumruimte leeszaal werkplaats operatiekamer zonwering garderobe 1:20 / 1:10
	11	oplevering	registratie uitgevoerde toestand revisietekening betonskelet 1:50	registratie uitgevoerde toestand revisietekening vloerenplan instructie onderhoud 1:50	registratie uitgevoerde toestand revisietek. Riolering revisietek. Electrach revisietek. C.v. revisietek. Beveiliging instructie bediening instructie onderhoud 1:50	registratie uitgevoerde toestand revisietekening keuken instructie onderhoud 1:200 / 1:100 / 1:50

elichting: Deze tabel is aangemaakt door deBIMspecialist dienende als Cartoon / Tekeninglijst, gebaseerd op NEN 2574. Daarin dient de LACS methode en codering als grondslag. De codes te gebruiken letters L, A, C en S zijn de beginletters van de volgende benamingen:

De cel per fase-uitwerking bestaat uit:	doel
	gebruikelijke tekeningnaam
	tekeningschaal

L:	Locatietekeningen (Deze lijst)
A:	Assemblagetekeningen
C:	Componenttekeningen
S:	Staten (stuk) lijsten

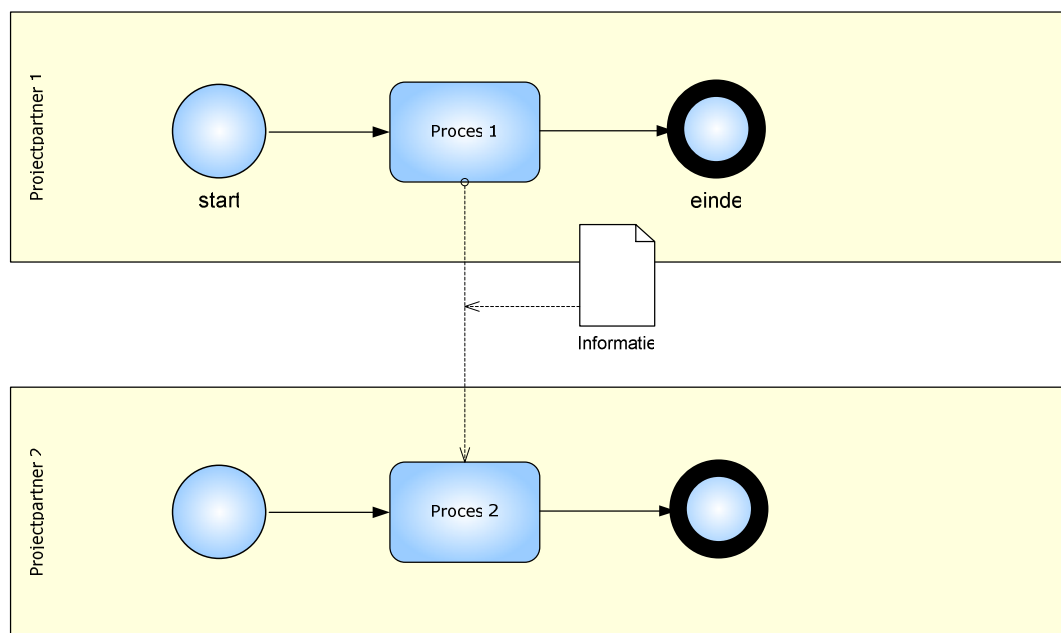
Bron: Hendriks, H. (2007). *NEN 2574 (Fasering- tekeninglijsten)*. Tekeninglijst. deBIMspecialist.

Bijlage F - Business Process Modelling Notation

Processen in de IDM worden beschreven met de Business Process Modelling Notation (BPMN). Een korte uitleg is gegeven in de Quick Guide: Business Process Modeling Notation (BPMN) (zie bron).

Om aansluiting te vinden op de ontwikkeling van de IDM wordt deze notatie ook gebruikt om de informatiestromen tussen de projectpartners te beschrijven. In de IDM ligt de nadruk op de processen zelf. In dit afstudeerproject worden vooral de raakvlakken beschreven.

Iedere projectpartner voert één of meerdere processen uit in 'zijn' Pool. Processen worden achter elkaar uitgevoerd en kunnen niet van projectpartner wisselen. De uitwisseling tussen projectpartners bestaat uit berichten. Berichten kunnen documenten zijn met informatie. Zie Figuur F.1.



Figuur F.1 Uitwisseling in BPMN

Informatie kan bijvoorbeeld een email, 2D-tekeningen of een (gedeeltelijk) BIM-model zijn.

Bron: Wix, J. (2007). *Quick Guide: Business Process Modelling Notation (BPMN)*. Handleiding (pdf-document). IDM Technical Team. buildingSMART Norway. <http://idm.buildingsmart.no/confluence/download/attachments/446/QuickGuideToBPMN.pdf?version=1> (geraadpleegd op 21.1.2008)

Bijlage G - Categorie-indeling installaties

In de ISO 7730 staan comforteisen met betrekking tot de temperatuur in een gebouw. Uit de tabel hieronder kan de categorie A, B of C worden gekozen. Met deze keuze worden de Predicted Percentage Dissatisfied (PPD) en Predicted Mean Vote (PMV) vastgelegd.

Category	Thermal state of the body as a whole		Local discomfort			
	PPD %	PMV	DR %	PD % caused by		
				vertical air temperature difference	warm or cool floor	radiant asymmetry
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Tabel G.1 Categorieën voor thermische omgeving

Afhankelijk van de categorie en type gebouw kunnen ontwerpcriteria worden opgesteld, zie voorbeeld in tabel hieronder.

Type of building/space	Activity W/m ²	Category	Operative temperature °C		Maximum mean air velocity ^a m/s	
			Summer (cooling season)	Winter (heating season)	Summer (cooling season)	Winter (heating season)
Single office	70	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,12	0,10
Landscape office		B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,19	0,16
Conference room		C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,24	0,21 ^b
Auditorium			24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,24	0,21 ^b
Cafeteria/restaurant	81	A	23,5 ± 1,0	20,0 ± 1,0	0,11	0,10 ^b
Classroom		B	23,5 ± 2,0	22,0 ± 2,5	0,18	0,15 ^b
Kindergarten		C	23,5 ± 2,5	22,0 ± 3,5	0,23	0,19 ^b
Department store	93	A	23,0 ± 1,0	19,0 ± 1,5	0,16	0,13 ^b
		B	23,0 ± 2,0	19,0 ± 3,0	0,20	0,15 ^b
		C	23,0 ± 3,0	19,0 ± 4,0	0,23	0,18 ^b

^a The maximum mean air velocity is based on a turbulence intensity of 40 % and air temperature equal to the operative temperature according to 6.2 and Figure A.2. A relative humidity of 60 % and 40 % is used for summer and winter, respectively. For both summer and winter a lower temperature in the range is used to determine the maximum mean air velocity.

^b Below 20 °C limit (see Figure A.2).

Tabel G.2 Voorbeeld ontwerpcriteria voor ruimten in verschillende typen gebouw

Bron: ISO 7730:2005(E)

Bijlage H - Uitwisseling bouwobjecten

1 Van Architect > Naar Constructeur

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Stramien		IfcGridAxis	Grid
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
2 Ruimte		IfcSpace	Room
	positie	IfcLocalPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	vrije hoogte (m)	IfcQuantityLength	Shared Parameter: Vrije Hoogte
3 Kolom	overspanning (m)	IfcProductDefinitionShape	Shared Parameter: Overspanning
		IfcColumn	Column
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints
4 Ligger	materiaal	IfcMaterial	Material
		IfcBeam	Beam
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
5 Wand	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material
		IfcWall	Wall
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints

	dikte (m)	IfcQuantityLength	Width
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
6 Vloer		IfcSlab	Floor
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Thickness
7 Dak		IfcRoof	Roof
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	type	IfcRoofTypeEnum	Geometrie
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
8 Opening		IfcOpeningElement	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	type	IfcRelFillsElement	Door, Window of sparing
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Geometrie

2 Van Constructeur > Naar Architect

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Kolom		IfcColumn	Column
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints
	materiaal dragend (J/N)	IfcMaterial IfcPropertySingleValue	Material -
2 Ligger		IfcBeam	Beam
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material
3 Wand		IfcWall	Wall
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Width
	materiaal dragend (J/N)	IfcMaterialSelect IfcPropertySingleValue	Material Structural Usage
4 Vloer		IfcSlab	Floor
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Thickness
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
5 Dak		IfcRoof	Roof
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	type	IfcRoofTypeEnum	-

	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
6	Opening	IfcOpeningElement	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	type	IfcRelFillsElement	Door, Window of sparing
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Geometrie
7	Diagonaal	IfcStructuralMember	Brace
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material

3 Van Architect > Naar Installateur

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Ruimte	positie	IfcSpace	Room
	oriëntatie (vector)	IfcLocalPlacement	Geometrie
	vorm	IfcDirection	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	functie (tekst)	IfcBuildingStorey	Level
	volume (m3)	IfcLabel	Name
			IfcQuantityVolume
2 Wand	positie	IfcWall	Wall
	oriëntatie (vector)	IfcObjectPlacement	Geometrie
	vorm	IfcDirection	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcBuildingStorey	Level
	dikte (m)	IfcQuantityArea	Area
	materiaal	IfcQuantityLength	Width
	brandwerendheid	IfcMaterialSelect	Material
3 Vloer		IfcLabel	FireRating
	vorm	IfcSlab	Floor
	verdieping (nummer)	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcBuildingStorey	Level
	dikte (m)	IfcQuantityArea	Area
4 Dak		IfcQuantityLength	Thickness
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	positie	IfcRoof	Roof
	type	IfcObjectPlacement	Geometrie
5 Opening	materiaal	IfcRoofTypeEnum	-
	positie	IfcMaterialSelect	Material
	oriëntatie (vector)	IfcOpeningElement	Opening
	vorm	IfcObjectPlacement	Geometrie
		IfcDirection	Geometrie
		IfcProductDefinitionShape	Geometrie

	type	IfcRelFillsElement	Door, Window of sparring
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Geometrie
6	Deur	IfcDoor	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Shared Parameter = Width * Height
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	brandwerendheid	IfcLabel	FireRating
7	Raam	IfcWindow	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Shared Parameter = Width * Height
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	brandwerendheid	IfcLabel	FireRating

4 Van > Naar

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Installatie	positie	IfcDistributionElement	Wires, ducts, pipes
	oriëntatie (vector)	IfcObjectPlacement	Geometrie
	vorm	IfcDirection	Geometrie
	materiaal	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
		IfcMaterial	Material

5 Van > Naar

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Buitenkader	vorm	IfcSite	Site
	oppervlakte (m2)	IfcProductDefinitionShape IfcAreaQuantity	Geometrie Projected Area
2 Kolom	positie	IfcColumn	Column
	oriëntatie (vector)	IfcObjectPlacement	Geometrie
	profiel	IfcDirection	Geometrie
	hoogte (m)	IfcProfileDef	Type
	materiaal	IfcQuantityLength	Constraints
3 Ligger	materiaal	IfcMaterial	Material
	positie	IfcBeam	Beam
	oriëntatie (vector)	IfcObjectPlacement	Geometrie
	profiel	IfcDirection	Geometrie
	lengte (m)	IfcProfileDef	Type
4 Wand	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material
	positie	IfcWall	Wall
	oriëntatie (vector)	IfcObjectPlacement	Geometrie
	vorm	IfcDirection	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
5 Vloer	oppervlakte (m2)	IfcQuantityArea	Area
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Width
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	vorm	IfcSlab	Floor
	verdieping (nummer)	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcBuildingStorey	Level
6 Dak	dikte (m)	IfcQuantityArea	Area
	materiaal	IfcQuantityLength	Thickness
	positie	IfcMaterialSelect	Material
6 Dak	positie	IfcRoof	Roof
		IfcObjectPlacement	Geometrie

	type	IfcRoofTypeEnum	Geometrie
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
7	Opening	IfcOpeningElement	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	type	IfcRelFillsElement	Door, Window of sparring
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Geometrie
8	Deur	IfcDoor	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Shared Parameter = Width * Height
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
9	Raam	IfcWindow	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Shared Parameter = Width * Height
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material

6 Van > Naar

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Kolom	positie	IfcColumn	Column
	oriëntatie (vector)	IfcObjectPlacement	Geometrie
	profiel	IfcDirection	Geometrie
	hoogte (m)	IfcProfileDef	Type
	materiaal	IfcQuantityLength	Constraints
	kosten (€)	IfcMaterial	Material
2 Ligger	positie	IfcCostValue	Cost
	oriëntatie (vector)	IfcBeam	Beam
	profiel	IfcObjectPlacement	Geometrie
	lengte (m)	IfcDirection	Geometrie
	materiaal	IfcProfileDef	Type
	kosten (€)	IfcQuantityLength	Length
3 Wand	positie	IfcMaterial	Material
	oriëntatie (vector)	IfcCostValue	Cost
	vorm	IfcWall	Wall
	oppervlakte (m2)	IfcObjectPlacement	Geometrie
	dikte (m)	IfcDirection	Geometrie
	materiaal	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	kosten (€)	IfcQuantityArea	Area
4 Vloer	oppervlakte (m2)	IfcQuantityLength	Width
	dikte (m)	IfcMaterialSelect	Material
	materiaal	IfcCostValue	Cost
	positie	IfcSlab	Floor
	verdieping (nummer)	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
5 Dak	oppervlakte (m2)	IfcBuildingStorey	Level
	dikte (m)	IfcQuantityArea	Area
	materiaal	IfcQuantityLength	Thickness
	positie	IfcMaterialSelect	Material
		IfcRoof	Roof
	IfcObjectPlacement	Geometrie	

	type	IfcRoofTypeEnum	-
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
6	Opening	IfcOpeningElement	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	type	IfcRelFillsElement	Door, Window of sparring
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Geometrie
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
8	Deur	IfcDoor	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Shared Parameter = Width * Height
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
9	Raam	IfcWindow	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Shared Parameter = Width * Height
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost

7 Van > Naar

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Kolom		IfcColumn	Column
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	profiel	IfcProfileDef	Type
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints
	materiaal	IfcMaterial	Material
2 Ligger		IfcBeam	Beam
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	profiel	IfcProfileDef	Type
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material
3 Wand		IfcWall	Wall
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	oppervlakte (m2)	IfcQuantityArea	Area
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Width
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
4 Vloer		IfcSlab	Floor
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	oppervlakte (m2)	IfcQuantityArea	Area
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Thickness
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
5 Dak		IfcRoof	Roof
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie

	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	type	IfcRoofTypeEnum	-
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
6	Opening	IfcOpeningElement	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	type	IfcRelFillsElement	Door of Window
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Geometrie
7	Diagonaal	IfcStructuralMember	Structural Framing
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material

8

Van	Installateur
-----	--------------

 >

Naar	Constructeur
------	--------------

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Installatie	positie	IfcDistributionElement	
	oriëntatie (vector)	IfcObjectPlacement	Geometrie
	vorm	IfcDirection	Geometrie
	materiaal	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
		IfcMaterial	Material

9 Van > Naar

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Kolom		IfcColumn	Column
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints
	materiaal	IfcMaterial	Material
2 Ligger		IfcBeam	Beam
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material
3 Wand		IfcWall	Wall
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Width
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
4 Vloer		IfcSlab	Floor
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Thickness
		materiaal	IfcMaterialSelect
5 Dak		IfcRoof	Roof
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	type	IfcRoofTypeEnum	-
		materiaal	IfcMaterialSelect
6 Opening		IfcOpeningElement	Opening

	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	type	IfcRelFillsElement	Door, Window of sparing
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Geometrie
7	Diagonaal	IfcStructuralMember	Brace
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material
8	Fundering	IfcBuildingElement	Foundation
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material

10 >

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1 Kolom		IfcColumn	Column
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints
	materiaal	IfcMaterial	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	bouwfase (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created
2 Ligger		IfcBeam	Beam
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	bouwfase (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created
3 Wand		IfcWall	Wall
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	hoogte (m)	IfcQuantityLength	Constraints
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Width
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	bouwfase (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created
4 Vloer		IfcSlab	Floor
	verdieping (nummer)	IfcBuildingStorey	Level
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	dikte (m)	IfcQuantityLength	Thickness

	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	bouwfase (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created
5 Dak		IfcRoof	Roof
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	type	IfcRoofTypeEnum	-
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	bouwfase (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created
6 Opening		IfcOpeningElement	Opening
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	type	IfcRelFillsElement	Door, Window of sparing
	oppervlakte (m2)	IfcAreaQuantity	Geometrie
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	bouwfase (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created
7 Diagonaal		IfcStructuralMember	Brace
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	profiel	IfcProfileDef	Type
	lengte (m)	IfcQuantityLength	Length
	materiaal	IfcMaterial	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	bouwfase (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created
8 Fundering		IfcBuildingElement	Foundation
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	materiaal	IfcMaterialSelect	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	bouwfase (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created

11

Van
Installateur

 >

Naar
Aannemer

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1	Installatie	IfcDistributionElement	Wires, ducts, pipes
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	materiaal	IfcMaterial	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	montagetijd (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created

12

Van
Aannemer

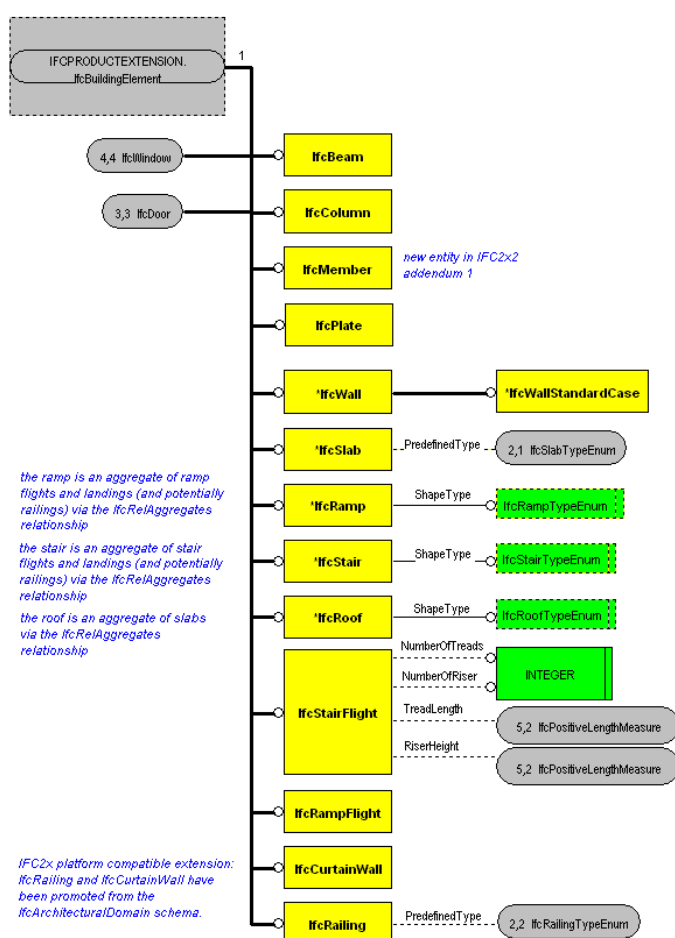
 >

Naar
Installateur

Object	Eigenschap	IFC	Revit
1	Installatie	IfcDistributionElement	Wires, ducts, pipes
	positie	IfcObjectPlacement	Geometrie
	oriëntatie (vector)	IfcDirection	Geometrie
	vorm	IfcProductDefinitionShape	Geometrie
	materiaal	IfcMaterial	Material
	kosten (€)	IfcCostValue	Cost
	planning (tijd)	IfcTimeSeries	Phase Created

Bijlage J - Bouwobjecten in IFC-model

De meeste bouwobjecten die moeten worden uitgewisseld komen uit het IFC-schema Shared Building Elements van de Interoperabiliteitslaag van het IFC-model. In dit schema worden subtypen van de entiteit `IfcBuildingElement` beschreven. Een weergave in EXPRESS-G van het schema is gegeven in het figuur hieronder. Bouwobjecten als kolommen, platen en wanden zijn de hoofdonderdelen van een gebouw en cruciaal voor de uitwisseling van BIM-modellen.



Figuur J.1 Schema Shared Building Elements

De bouwobjecten zijn geïnventariseerd in het IFC-model versie IFC2x3. Deze versie is gepubliceerd door de IAI (IAI International). De IFC-entiteiten worden door de IAI gemodelleerd in EXPRESS, een schematische taal voor de beschrijving van classes. Voor een grafische representatie gebruikt de IAI EXPRESS-G. Een korte handleiding is gepubliceerd door de IAI (IAI International 2).

Bronnen:

IAI International. [online] IAI International. <http://www.iai-international.org> (geraadpleegd op 12.11.2007)

IAI International 2. *Data Modelling Using EXPRESS-G for IFC Development*. Handleiding (pdf-document) http://www.iai-international.org/Model/documentation/Data_Modelling_Using_EXPRESS-G_for_IFC_Development.pdf (geraadpleegd op 19.02.2008)

J.1 Eigenschappen

De diverse bouwobjecten hebben een aantal relevante eigenschappen gemeen. BIM-modellen moeten niet alleen op objectenniveau, maar ook op het niveau van eigenschappen, kunnen worden uitgewisseld.

J.1.1 Positie en oriëntatie

Essentiële eigenschappen voor uitwisseling van bouwobjecten zijn de positie en oriëntatie.

IfcProduct beschrijft alle geometrische en ruimtelijke objecten. Een eigenschap van IfcProduct is ObjectPlacement beschreven door IfcObjectPlacement. IfcObjectPlacement is het abstracte supertype van IfcGridPlacement en IfcLocalPlacement. Met de laatste kan een bouwobject worden geplaatst ten opzichte van een ander object of globaal in een het project.

Cyclische relatieve posities moeten worden voorkomen door de BIM-software, omdat het IFC-model hiervoor geen regels bevat.

De relatieve positie wordt bepaald door IfcAxis2Placement. In 2D en 3D wordt de oriëntatie beschreven door 2 of 3 integers in IfcDirection. De positie ligt vast in IfcCartesianPoint.

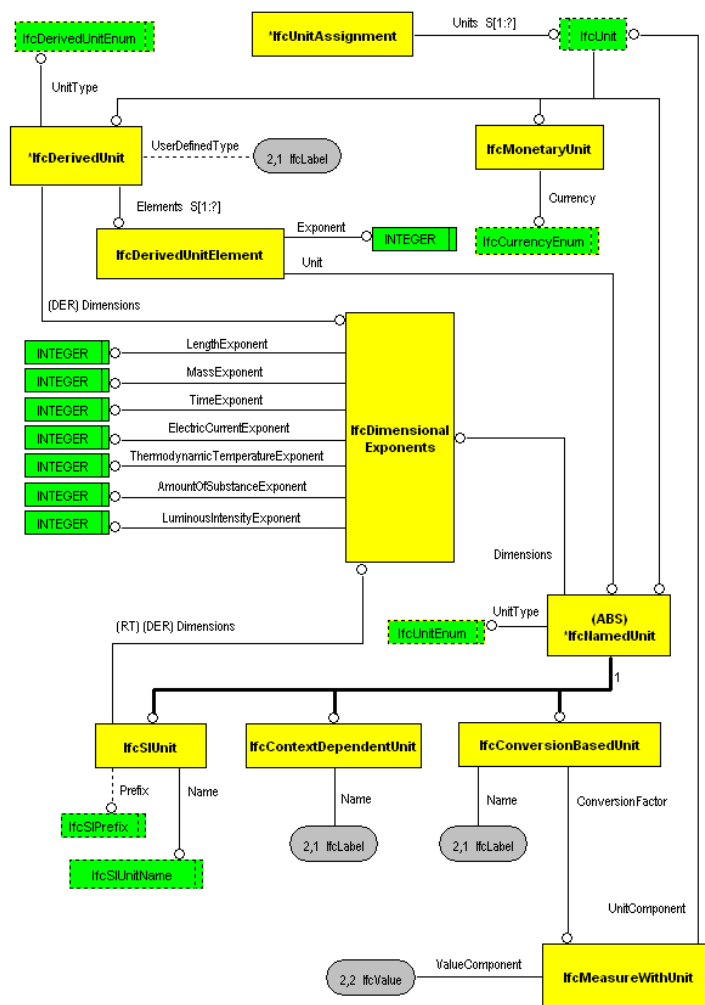
```
#3=IFCWALLSTANDARDCASE('3nKNX7X2zE2fU2SFbITclU',#1,'Basic Wall:Generic -  
200mm_boundary1:231560',$,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:181475',#78,#293,'231560');  
#22=IFCDIRECTION((-0.7649111981170497,0.6441357457827811,0.0));  
#78=IFCLOCALPLACEMENT(#13,#313);  
#152=IFCCARTESIANPOINT((-8042.196749830907,-9555.499272633755,0.0));  
#313=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#152,#2,#22);
```

Figuur J.2 Positie en oriëntatie van muur in IFC-bestand

Figuur J.2 geeft een voorbeeld van een gedeelte van een IFC-bestand. Entiteit 3 is een standaard wand. De plaatsing wordt gegeven door IfcLocalPlacement. IfcLocalPlacement verwijst naar IfcAxis2Placement3D. De eigenschappen van IfcAxis2Placement3D zijn een vector en cartesiaanpunt.

J.1.2 Eenheid

Op projectniveau worden de eenheden vastgesteld in het IFC-model. De entiteit IfcProject heeft als eigenschap de verzameling eenheden IfcUnitAssignment. Een eenheid IfcUnit kan een afgeleide eenheid, valuta of benoemde eenheid zijn. Het type van de benoemde eenheid kan worden geselecteerd met IfcUnitEnum. Voorbeelden van een type eenheid zijn LengthUnit, AreaUnit en MassUnit. Benoemde eenheden zijn onder andere de SI-eenheden. De SI-eenheden bestaan uit een SI-naam en eventueel een voorvoegsel. Een overzicht van de opbouw van eenheden in het IFC-model is hieronder weergegeven.

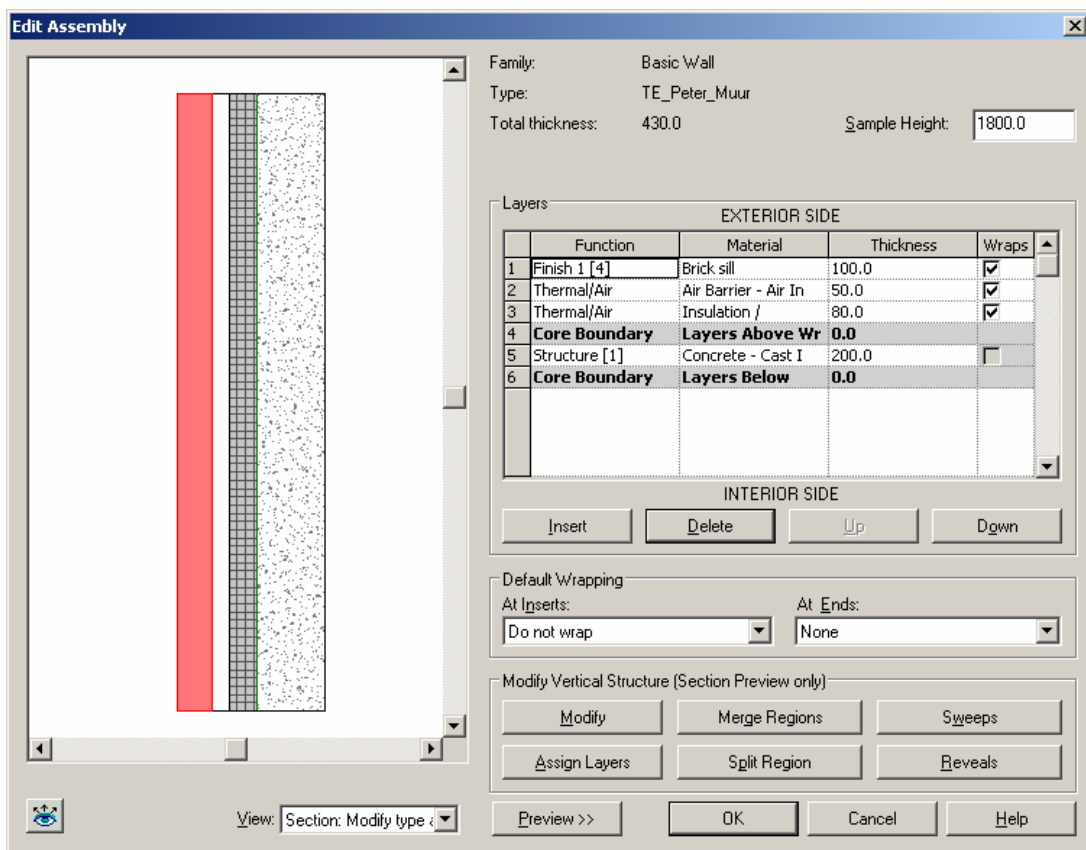


Figuur J.3 Eenheden in IFC-model

J.1.3 Materiaal

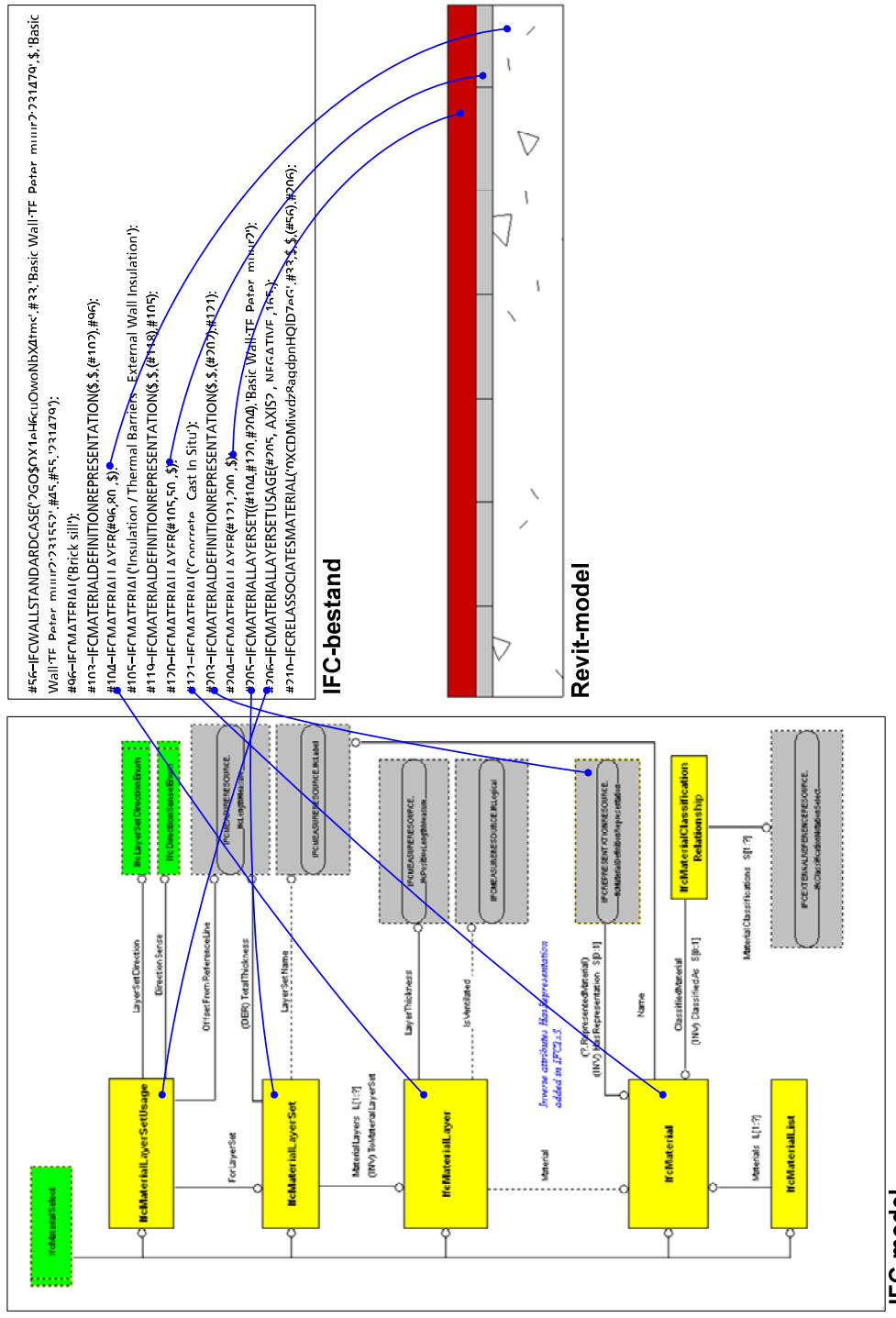
De IFC-entiteit `IfcRelAssociatesMaterial` relateert een object aan `IfcMaterialSelect`. Voor een bouwobject kan een laagopbouw of een enkel materiaal worden gekozen. Een materiaal is gedefinieerd in `IfcMaterial`.

Wanden, vloeren, plafonds en daken bestaan uit parallelle lagen. In Revit kan van deze bouwobjecten de opbouw worden bepaald. Voor iedere laag kan de functie worden aangegeven, zoals constructief of isolerend. Van iedere laag moet ook de dikte en het materiaal worden gegeven. Hierna is een screenshot gegeven van Revit. In het figuur is te zien hoe van een muur de laagopbouw wordt gedefinieerd.



Figuur J.4 Screenshot opbouw wand in Revit

In het figuur op de volgende pagina is een wand gegeven die gemodelleerd is in Revit. De wand bestaat uit drie materiaallagen. Het model is geëxporteerd naar een IFC-bestand. Daarnaast is een vergelijking gemaakt met het IFC-model.

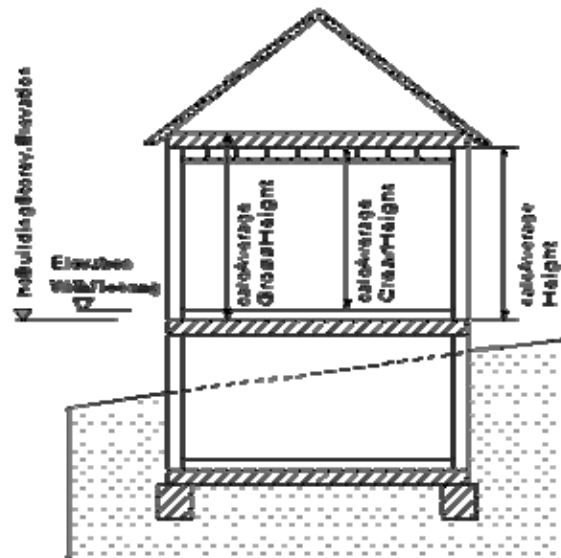


Figuur J.5 Vergelijking IFC-model, IFC-bestand en Revit model

J.2 Ruimte

Een ruimte in het IFC-model wordt beschreven door de entiteit `IfcSpace`. Een ruimte kan een oppervlak of volume zijn. Meerdere ruimten kunnen één ruimte vormen en andersom kan een ruimte een deel van een ruimte zijn.

Verschillende hoeveelheden kunnen aan een ruimte worden gerelateerd om de hoogte te beschrijven. De entiteit `IfcElementQuantity` kan drie verschillende hoogten beschrijven voor een ruimte, zie figuur. De `AverageClearHeight` is de kleinste hoogte, maar inclusief plafondsysteem. De vrije hoogte van een ruimte is dus geen onderdeel van het standaard IFC-model.



Figuur J.6 Drie hoogten van een ruimte

De relatie tussen een ruimte en ruimtescheidende elementen wordt bepaald door de entiteit `IfcRelSpaceBoundary`. In het voorbeeld hieronder is een ruimte gerelateerd aan drie wanden.

```
#63=IFCWALLSTANDARDCASE('3vQHGHafXEav0kNXzDv885',#33,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:232000',$,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:181475',#46,#62,'232000');
#131=IFCWALLSTANDARDCASE('3vQHGHafXEav0kNXzDv88N',#33,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:232018',$,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:181475',#115,#130,'232018');
#166=IFCWALLSTANDARDCASE('3vQHGHafXEav0kNXzDv88s',#33,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:232051',$,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:181475',#151,#165,'232051');
#195=IFCSPACE('3vQHGHafXEav0kNXzDv88y',#33,'FFL 105.58','',$,#184,#194,'Room',.ELEMENT.,.INTERNAL.,$);
#206=IFCRELSPACEBOUNDARY('1eJuGoRzL8exsTM24GJbQd',#33,$,$,#195,#63,#205,.PHYSICAL.,.EXTERNAL.);
#214=IFCRELSPACEBOUNDARY('1j2OnhTob45AVGpJqJKY_O',#33,$,$,#195,#166,#213,.PHYSICAL.,.EXTERNAL.);
#222=IFCRELSPACEBOUNDARY('0N0_PDYJ1F8xyDg0ewaWKc',#33,$,$,#195,#131,#221,.PHYSICAL.,.EXTERNAL.);
;
```

Figuur J.7 Voorbeeld relatie tussen wanden en ruimte

De functie van een ruimte komt overeen de eigenschap `Category` van de property set `Pset_SpaceCommon`. Voor een beschrijving van functies kan naar de bouwregelgeving worden verwezen.

J.3 Kolom en ligger

In het IFC-model wordt onderscheid gemaakt tussen een (bijna) verticaal en (bijna) horizontaal constructief bouwelement. Het element hoeft echter niet noodzakelijk dragend te zijn. Naast `IfcColumn` en `IfcBeam` kan ook gebruik gemaakt worden van de algemene `IfcMember`.

Eigenschappen voor de elementen kunnen gezamenlijk worden toegekend door `IfcPropertySet`. Algemene property sets zijn gedefinieerd in het IFC-model. Bijvoorbeeld de property set voor een kolom `Pset_BeamCommon` bevat de volgende eigenschappen:

- Reference
- Span
- Slope
- IsExternal
- Loadbearing
- FireRating

De algemene property sets `Pset_MemberCommon` en `Pset_ColumnCommon` zijn hetzelfde, behalve dat een kolom de eigenschap `span` mist.

Voor veel voorkomende kolommen en liggers in een BIM-model heeft het IFC-model de entiteiten `IfcColumnType` en `IfcBeamType`, zie voorbeeld. In het voorbeeld zijn drie kolommen gerelateerd aan het type door `IfcRelDefinesByType`.

```
#124=IFCREPRESENTATIONMAP(#123,#122);
#125=IFCCOLUMNTYPE('2cbhpMnTb18RA0ZLNpNLof',#33,'HD260X114',$,$,(#124),'232864','HD260X114',.COLUMN.);
#133=IFCCOLUMN('2cbhpMnTb18RA0ZLNpNL$S',#33,'H-Wide Flange-Column:HD260X114:HD260X114:232864',$,'HD260X114',#132,#129,'232864');
#209=IFCCOLUMN('2cbhpMnTb18RA0ZLNpNL_c',#33,'H-Wide Flange-Column:HD260X114:HD260X114:232922',$,'HD260X114',#208,#205,'232922');
#237=IFCCOLUMN('2cbhpMnTb18RA0ZLNpNLnd',#33,'H-Wide Flange-Column:HD260X114:HD260X114:232987',$,'HD260X114',#236,#233,'232987');
#1008=IFCRELDEFINESBYTYPE('1QsyEpcHL2YRbUQ3dzMdrH',#33,$,$,(#133,#209,#237),#125);
```

Figuur J.8 Voorbeeld `IfcColumnType`

De vorm van het object wordt beschreven door `IfcProductDefinitionShape`. Kolommen en liggers worden beschreven door een extrusie van een oppervlak. Met `IfcProfileDef` kan een standaard of willekeurig profiel worden beschreven.

In het IFC-model zijn de volgende eigenschappen beschreven voor kolommen en liggers:

- NominalLength
- CrossSectionArea
- OuterSurfaceArea
- TotalSurfaceArea
- GrossVolume
- NetVolume
- GrossWeight
- NetWeight

Deze grootheden worden beschreven in de entiteit `IfcElementQuantity`. De `NominalLength` wordt bijvoorbeeld uitgedrukt in `IfcQuantityLength`.

J.4 Wand

Een wand is een ruimtescheidend bouwobject en hoeft niet noodzakelijk dragend te zijn. Het IFC-model onderscheidt twee entiteiten voor een wand:

- `IfcWallStandardCase` met gelijke dikte langs de wand die beschreven kan worden door de material layer set.
- `IfcWall` voor alle andere wanden

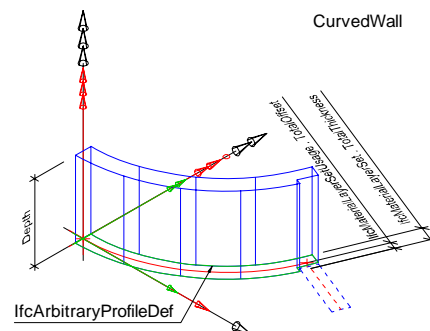
`IfcWall` wordt in het bijzonder gebruikt voor wanden met een ongelijke dikte langs de wand en een niet-rechthoekige doorsnede.

De vorm van een wand wordt weergegeven door de entiteit `IfcProductDefinitionShape`. De volgende representaties worden ondersteund of zijn toegestaan:

- `SweptSolid`, extrusie van profiel
- `Brep`, meerdere vlakken
- `SurfaceModel`, één of meerdere oppervlakken

```
#248=IFCARBITRARYCLOSEDPROFILEDEF(.AREA.,$,#247);
#252=IFCEXTRUDEDAREASOLID(#248,#251,#9,4000.);
#255=IFCSHAPEREPRESENTATION(#27,'Body','SweptSolid',(#252));
#256=IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#241,#255));
#257=IFCWALLSTANDARDCASE('2HKe2do2LCEuGbenHw4a$h',#33,'Basic Wall:Exterior - Brick on Mtl. Stud:231524',$,'Basic Wall:Exterior - Brick on Mtl. Stud:397',#238,#256,'231524');
```

Figuur J.9 Voorbeeld `SweptSolid` representatie voor wand



Figuur J.10 `SweptSolid` representatie

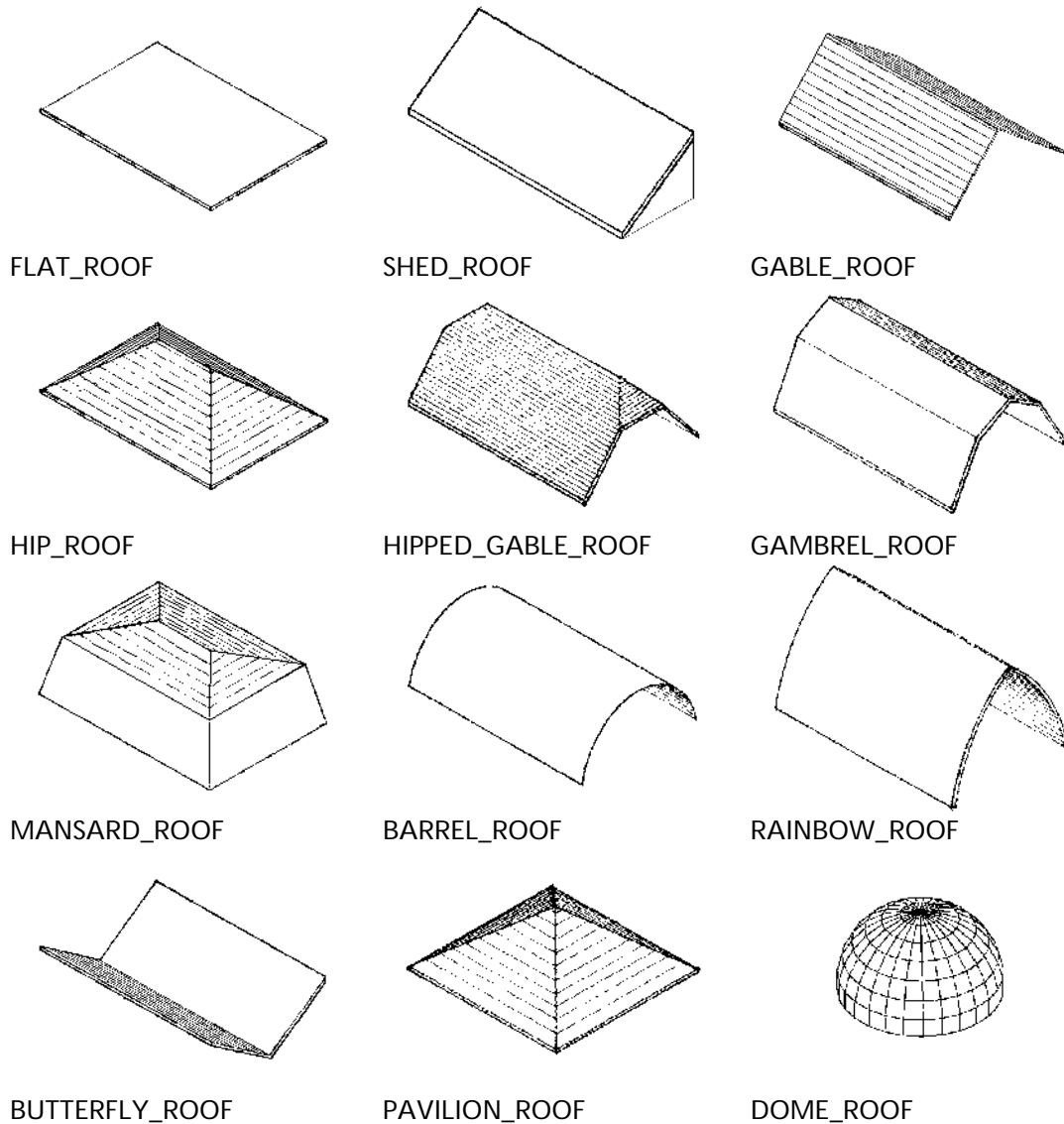
Figuur J.9 geeft van een willekeurig profiel door extrusie een volume. Dit volume dient ter representatie van de standaardwand.

J.5 Vloer en dak

De entiteit in het IFC-model voor vloer is `IfcSlab`. Door middel van de relatie `IfcRelContainedInSpatialStructure` wordt een vloer gerelateerd aan een verdieping. De vorm van de vloer wordt bepaald in `IfcProductDefinitionShape`.

Een dak is de afsluiting aan de bovenkant van een gebouw. In het IFC-model bestaat een dak uit vloeren, spanten, gordingen en andere daken van bijvoorbeeld dakkapellen. De samenstelling wordt voorzien door de relatie beschreven in `IfcRelAggregates`.

Met de eigenschap `IfcRoofTypeEnum` kan een van de volgende daktypen worden gekozen:



Daarnaast kan een vrije vorm of ongedefinieerd type dak worden gekozen.

J.6 Opening

Een opening is in het algemeen een sparing in bijvoorbeeld een wand of vloer. In het IFC-model is de entiteit `IfcOpeningElement` opgenomen om openingen te beschrijven in elementen. Het supertype `IfcFeatureElementSubtraction` heeft een relatie met bouwobjecten als wanden en vloeren.

In het figuur relateert de entiteit `IfcRelVoidsElement` de opening aan de vloer.

```
#56=IFCSLAB('2LTGR2YaH12xze5vc$F6A',#33,'Floor:Generic 100mm:231745',$,'Floor:Generic 100mm',#47,#55,'231745',.FLOOR.);
#71=IFCOPENINGELEMENT('3OGK8vAfDDH9j7Gi$R573I',#33,$,$,'Opening',#70,#69,'231774');
#72=IFCRELVOIDSELEMENT('3NbsQzwZHD2QCWHQBoMrIh',#33,$,$,#56,#71);
```

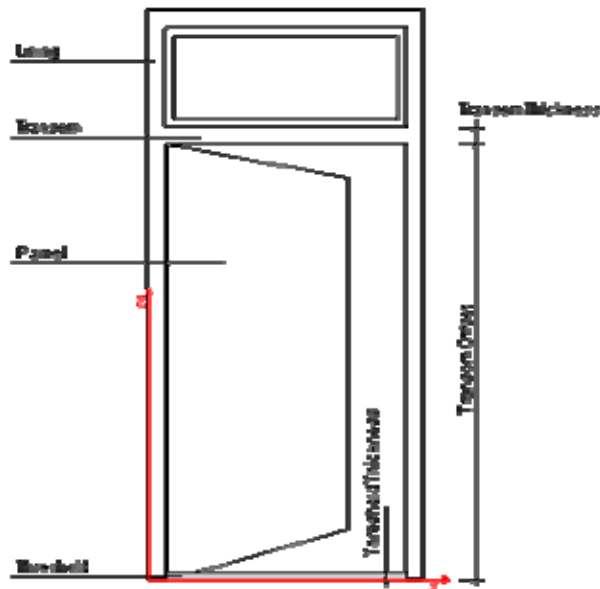
Figuur J.11 Relatie tussen vloer en opening

Een opening kan gebruikt worden voor een deur of raam. De relatie met de opening wordt beschreven in `IfcRelFillsElement`.

J.7 Deur en raam

Een deur bestaat uit een kozijn en vlakken; glazen of platen. De eigenschappen van het kozijn zijn beschreven in `IfcDoorLiningProperties`. Een voorbeeld is gegeven van de tussenregel in het figuur hiernaast. De platen worden beschreven in `IfcDoorPanelProperties`. Behalve de geometrie van de plaat wordt ook de manier van openen beschreven.

`IfcDoor` definieert een specifieke deur in de ruime context van een project. De werkelijke eigenschappen en de vorm worden beschreven in `IfcDoorStyle`.



Figuur J.12 Eigenschappen van tussenregel (transom)

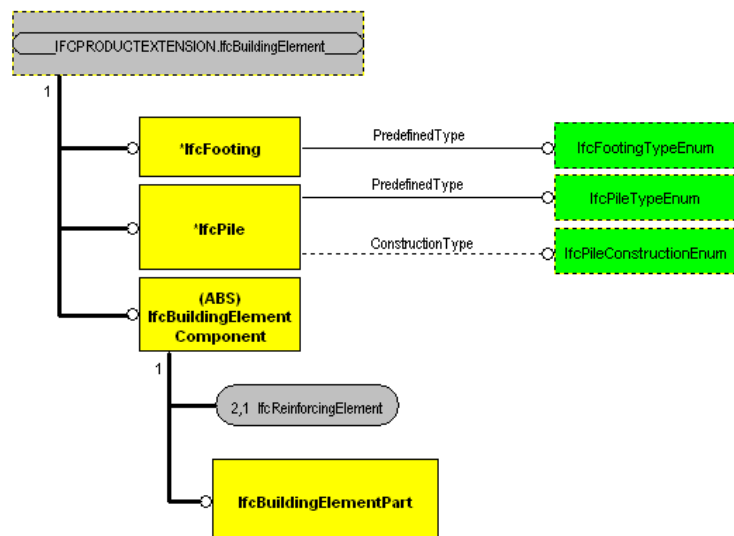
Een raam wordt beschreven in de entiteit `IfcWindow`. Deze entiteit heeft vergelijkbare eigenschappen als `IfcDoor`. Ook voor de werkelijke eigenschappen en vorm van een raam bestaat een `IfcWindowStyle`. In `IfcWindowStyleConstructionEnum` wordt de bouw van een raam beschreven in een materiaal. In het IFC-model is de keuze beperkt tot:

- Aluminium
- Hoge kwaliteitsstaal
- Staal
- Hout
- Aluminium met hout
- Plastic
- Ander materiaal
- Niet gedefinieerd

Bouwfysische eigenschappen moeten dus worden vastgelegd in de property sets Pset_DoorCommon en Pset_WindowCommon en kunnen niet worden afgeleid uit de materialen.

J.8 Fundering

De fundering is een constructief element. In het IFC-model bestaat geen aparte entiteit voor de fundering. In figuur hieronder is het schema Structural Elements Domain weergegeven. De fundering kan worden beschreven met IfcFooting en IfcPile.



Figuur J.13 Categorie Structural Elements Domain

Objecten die worden beschreven met IfcFooting zijn onder andere poeren en funderingsbalken. IfcPile beschrijft verschillende soorten palen.

J.9 Installatie

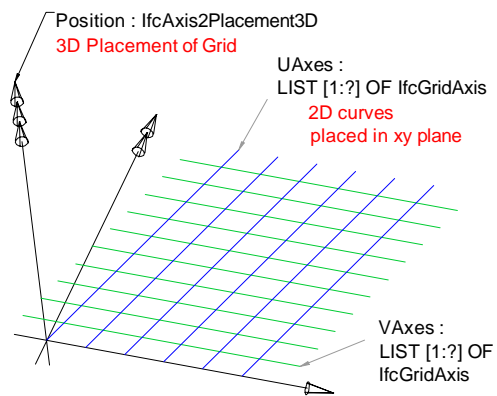
In het IFC-model bestaan vier schema's uit entiteiten met betrekking tot installaties. De installaties die moeten worden uitgewisseld staan in het schema Shared Bldg Services Elements. Het supertype van alle installaties is de entiteit IfcDistributionElement.

J.10 Stramien

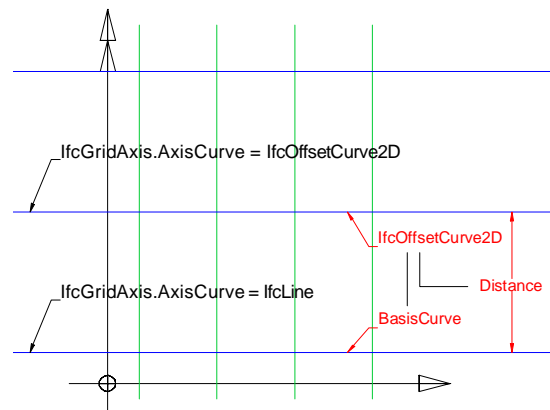
Een stramien is een essentieel onderdeel van de afspraken in een bouwproject. Een van de eerste stappen in een ontwerpproces is het vaststellen van een gezamenlijk stramien.

Een stramien bestaat uit meerdere lijnen. In het IFC-model heeft de entiteit IfcGrid als eigenschappen twee of drie lijsten met lijnen. Deze lijnen worden gedefinieerd door

de entiteit IfcGridAxis. Een eigenschap van IfcGridAxis is AxisCurve. Deze eigenschap kan een eenvoudige IfcLine zijn of een IfcOffsetCurve2D van de lijn. Hiermee is de hart-op-hartafstand bepaald. Met behulp van IfcGridPlacement worden objecten geplaatst op het grid.



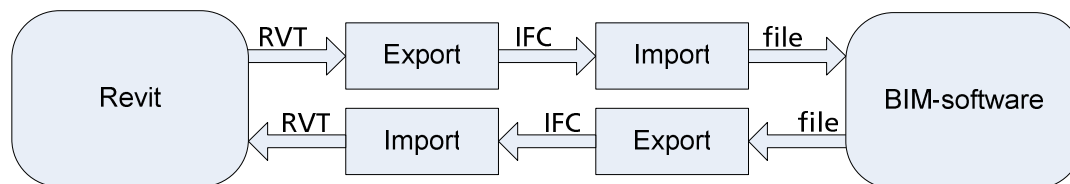
Figuur J.14 Stramien in 2D



Figuur J.15 Basislijn en offsetlijn

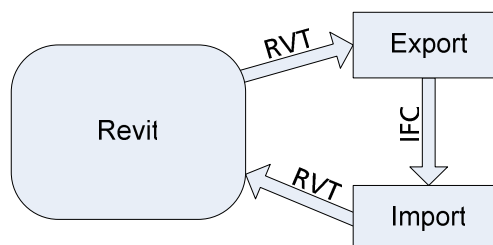
Bijlage K - Mapping van Revit naar IFC

Uitwisseling van een (gedeeltelijk) BIM-model in Revit naar andere BIM-software is beperkt mogelijk via IFC. Het Revit-model wordt geëxporteerd naar IFC en geïmporteerd in de andere BIM-software. Andersom is ook mogelijk.



Figuur K.1 Uitwisseling BIM-model tussen Revit en andere BIM-software

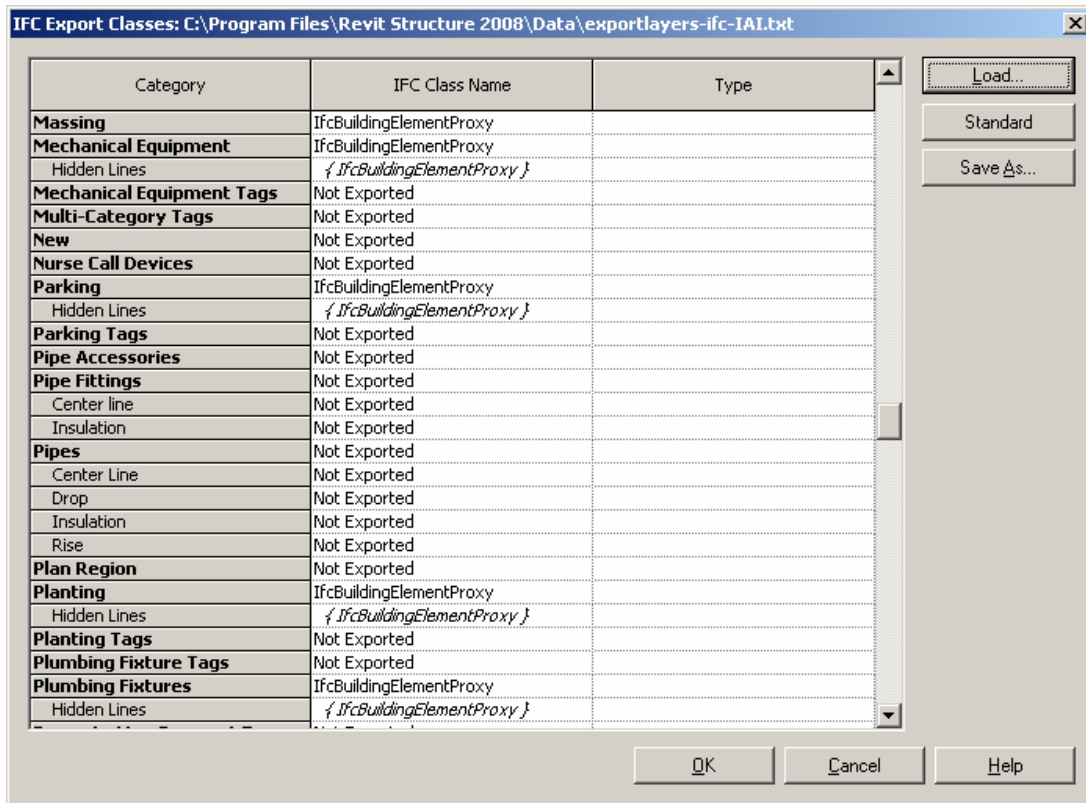
Strukton Engineering maakt gebruik van Revit. Om de mogelijkheden van de uitwisseling met IFC voor specifiek Revit te onderzoeken wordt hetzelfde model vanuit Revit geëxporteerd naar IFC en vervolgens weer geïmporteerd.



Figuur K.2 Export en import 'binnen' Revit

K.1 Exportopties

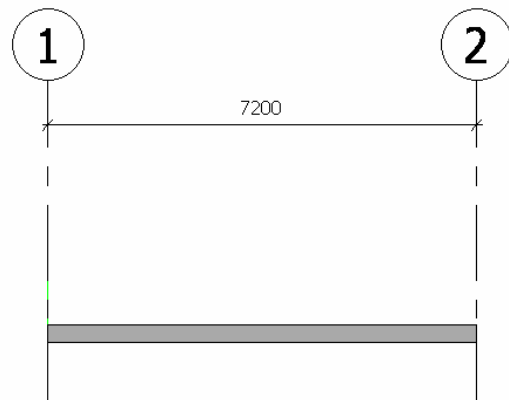
In Revit is het mogelijk per categorie de IFC-entiteit aan te geven waar naar moet worden geëxporteerd. Een screenshot van de exportopties is gegeven in het figuur op de volgende pagina. Standaardopties kunnen als tekstbestand worden geladen. In het figuur zijn de exportinstellingen geladen van de IAI.



Figuur K.3 IFC-exportopties in Revit

Een simpele test wijst uit dat de export niet zo werkt. Als voorbeeld is een standaard wand tussen twee stramienlijnen gemodelleerd in Revit. In de exportopties van de IAI staat de categorie Grids op 'Not exported'. De IFC bevatten de entiteit IfcGrid met als attributen één of meerdere IfcGridAxis. Exporteren van de categorie Grids naar IfcGrid of IfcGridAxis geeft geen IFC-bestand met een stramien.

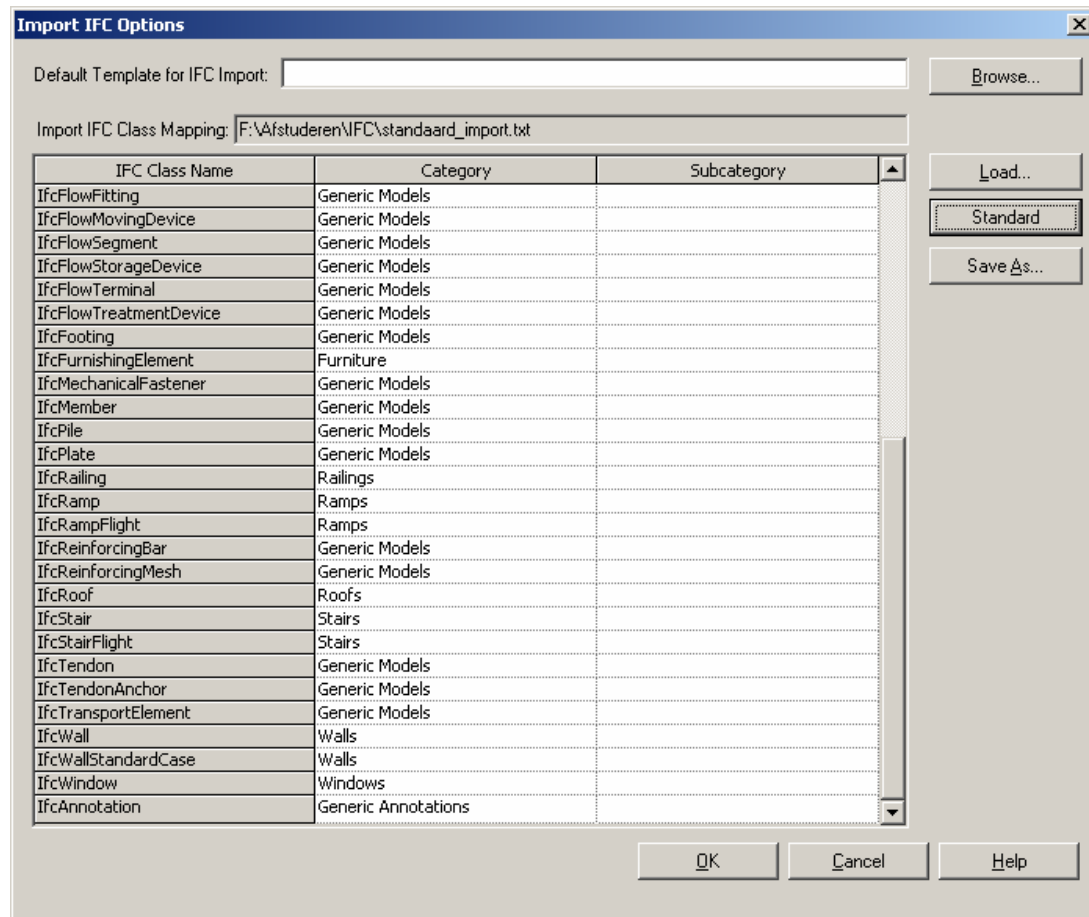
Standaard staat de categorie Rooms op 'Not exported'. Export levert echter wel een IfcSpace. Zelfs als alle categorieën op 'Not exported' worden ingesteld, is het resultaat hetzelfde IFC-bestand.



Figuur K.4 Wand tussen twee gridlijnen

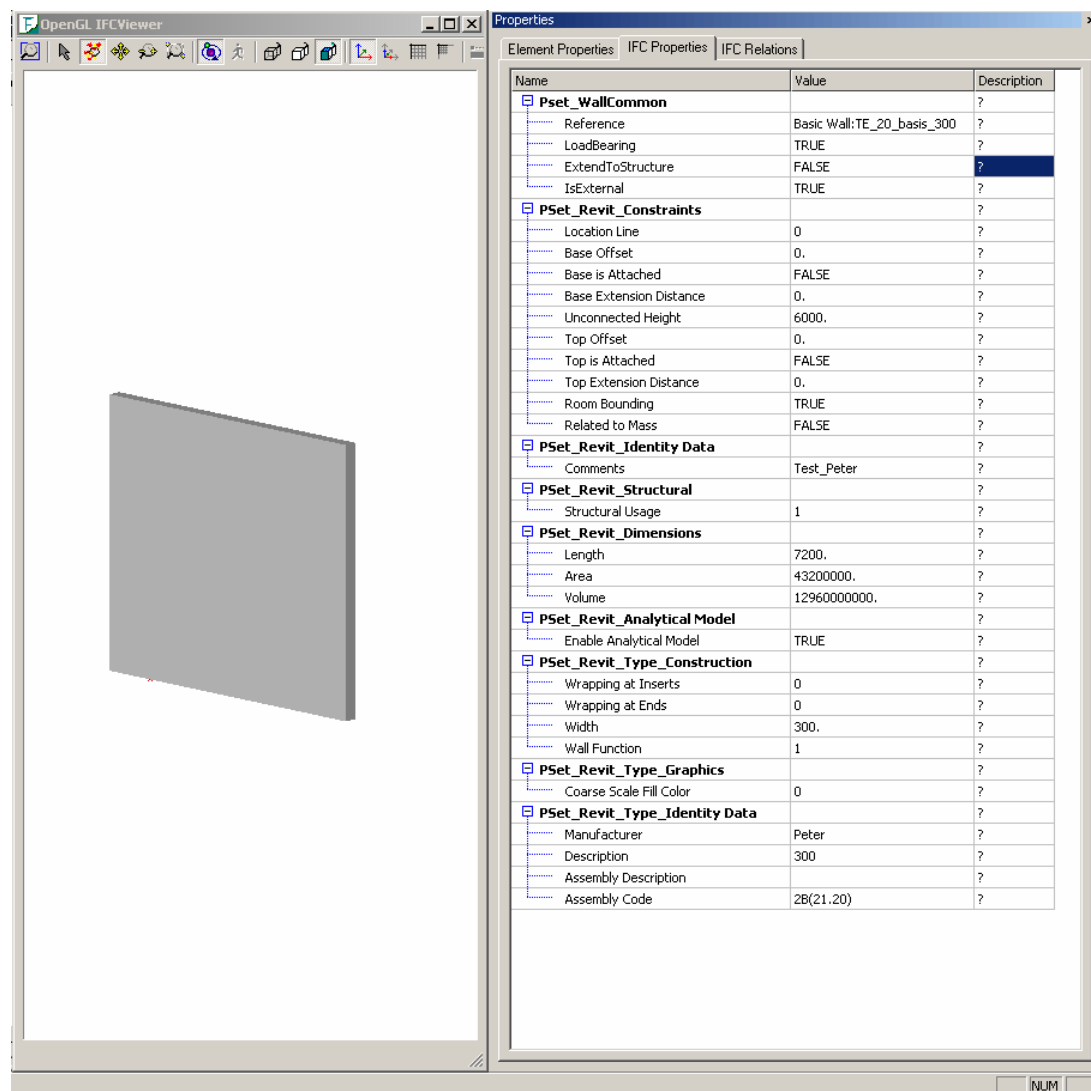
K.2 Importopties

De importopties werken tegengesteld aan de exportopties. De IFC entiteiten worden geïmporteerd naar de verschillende categorieën. De meeste entiteiten worden geïmporteerd als Generic Models.



Figuur K.5 IFC-importopties in Revit

Interessant is de import van property sets. In de IFC worden eigenschappen van entiteiten beschreven door property sets. Een aantal property sets zijn gedefinieerd in het IFC-model. Daarnaast is het mogelijk dat software zelf property sets aanmaakt. In Revit bijvoorbeeld worden de property sets PSet_Revit_Identity_Data en PSet_Revit_Structural geëxporteerd. Echter importeren van deze eigenschappen kan niet. De enige eigenschap die wordt geïmporteerd is de IfcGUID.



Figuur K.6 Property sets in IFC viewer

Eigenschappen van kolommen en liggers, zoals de hoogte en lengte, worden in Revit beschreven door Shared Parameters. In de IFC-bestanden komen deze terug in de property sets van Revit zelf. Opvallend is dat Revit zijn eigen property sets niet importeert, maar wel beweert andere property sets te importeren.

Bijlage L - Selectieblad

Het selectieblad bestaat uit objecten met bijbehorende eigenschappen. De objecten zijn verdeeld in 11 objectgroepen, zie Figuur L.1.

Objectgroep			Fasering										
			Studie			Ontwerp				Bouw			
Code	Object	Eigenschap	Initiatief	Haalbaarheid	Project definitie	Massastudie	Structuurontwerp	Voorontwerp	Definitief ontwerp	Technisch ontwerp	Prijsvorming	Voorbereiding	Uitvoering
R	Ruimtelijke delen		A	A	A	A	A						
1	Bodem- en funderingsvoorzieningen						C	C	C	C	Aa	Aa	Aa
2	Primaire bouwkundige elementen						A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
3	Openingen						A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
4	Afwerkingen			A	A	A	A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
5	Werktuigbouwkundige voorzieningen		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
6	Elektrotechnische voorzieningen		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
7	Vaste overige voorzieningen						A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
8	Losse inventaris						A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
9	Terreinvoorzieningen						A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
0	Projectvoorzieningen		Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa

Figuur L.1 Objectgroepen selectieblad

De objectgroep 2 Primaire bouwkundige elementen bevat bijvoorbeeld het object buitenwanden; constructief. De eigenschappen van dit object en verantwoordelijke projectpartners per fase zijn weergegeven in Figuur L.2.

Projectpartners:			Fasering										
			Studie			Ontwerp				Bouw			
A	=	Architect	Initiatief	Haalbaarheid	Project definitie	Massastudie	Structuurontwerp	Voorontwerp	Definitief ontwerp	Technisch ontwerp	Prijpsvorming	Voorbereiding	Uitvoering
C	=	Constructeur											
I	=	Installateur											
Aa	=	Aannemer											
Objectengroep													
Code	Object												
	Eigenschap	Eenheid											
21.2	buitenwanden; constructief												
	positie						A	C	C	C	Aa	Aa	Aa
	verdieping	nummer					A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
	oriëntatie	vector					A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
	vorm						A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
	hoogte	meter						A	A	A	Aa	Aa	Aa
	lengte	meter						A	A	A	Aa	Aa	Aa
	dikte	millimeter							C	C	C	Aa	Aa
	oppervlakte	m2					A	A	A	A	Aa	Aa	Aa
	materiaal								C	C	C	Aa	Aa
	brandwerendheid	tijd							A	A	A		
	kosten	€							Aa	Aa	Aa	Aa	Aa
	bouwfase	tijd							Aa	Aa	Aa	Aa	Aa

Figuur L.2 Object 21.2 buitenwanden; constructief

Per fase kan een projectpartner zijn bouwobjecten en eigenschappen bepalen. In het figuur hierna is de selectie weergegeven van de objecten en eigenschappen die een constructeur moet modelleren in het voorontwerp.

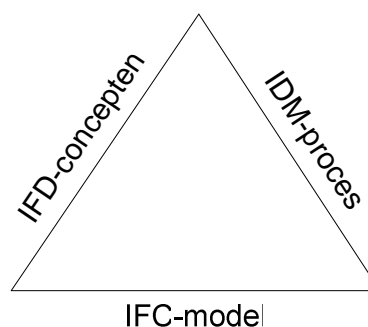
Objectengroep			Voorontwerp
Code	Object		
	Eigenschap	Eenheid	
1	Bodem- en funderingsvoorzieningen		C
11.1	bodemvoorzieningen; grond		C
11.2	bodemvoorzieningen; water		C
13.2	vloeren op grondslag; constructief		C
	dikte	millimeter	C
	oppervlakte	m2	C
	materiaal		C
16.1	funderingsconstructies; voeten en balken		C
	positie		C
	oriëntatie	vector	C
	vorm		C
	materiaal		C
16.2	funderingsconstructies; keerwanden		C
	positie		C
	oriëntatie	vector	C
	vorm		C
	materiaal		C
17.1	paalfunderingen; niet geheid		C
	positie		C
	oriëntatie	vector	C
	vorm		C
	materiaal		C
17.2	paalfunderingen; geheid		C
	positie		C
	oriëntatie	vector	C
	vorm		C
	materiaal		C
21.2	buitenwanden; constructief		C
	dikte	millimeter	C
	materiaal		C
22.2	binnenwanden; constructief		C
	dikte	millimeter	C
	materiaal		C
23.2	vloeren; constructief		C
	dikte	millimeter	C
	oppervlakte	m2	C
	materiaal		C
27.2	daken; constructief		C
	type		C
	materiaal		C
28.1	hoofddraagconstructies; kolommen en liggers		C
	profiel		C
	hoogte	meter	C
	lengte	meter	C
	materiaal		C
28.2	hoofddraagconstructies; wanden en vloeren		C
	dikte	millimeter	C
	materiaal		C
28.3	hoofddraagconstructies; ruimte-eenheden		C
37.1	dakopeningen; niet gevuld		C
37.2	dakopeningen; gevuld		C
	materiaal		C

Figuur L.3 Selectie bouwobjecten constructeur in voorontwerp

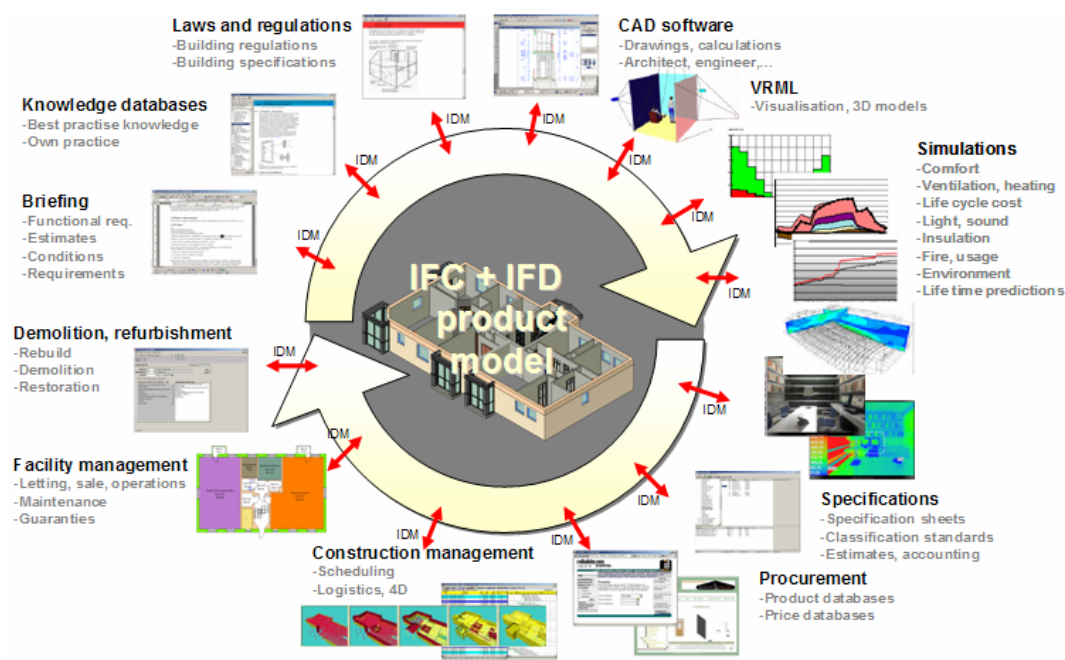
Bijlage M - Ontwikkelingen

De ontwikkelingen rond BIM gaan snel. Een aantal ontwikkelingen is nog niet ver genoeg om invloed te hebben op het resultaat van het afstudeerproject. In de toekomst kunnen de resultaten van deze ontwikkelingen wellicht wel gebruikt worden. In dit hoofdstuk worden vijf ontwikkelingen toegelicht.

De eerste twee ontwikkelingen kunnen worden gezien in relatie met de IFC. De ontwikkeling van de IFC is al ver gevorderd. Een BIM-model kan al redelijk worden beschreven met de IFC. Op objectniveau zijn de meeste bouwobjecten goed te beschrijven met IFC. De vraag blijft welke informatie moet worden uitgewisseld. In de Information Delivery Manual (IDM) worden processen gestandaardiseerd met bijbehorende informatiestromen. Voor de terminologie van de informatie wordt gebruik gemaakt van de International Framework for Dictionaries (IFD).



Figuur M.1 Drietal ontwikkelingen



Illustrations: Lars Bjørkhaug Norwegian Building Research Institute, Olof Granlund, LBNL University of California, Stanford University

Figuur M.2 Combinatie IFC, IDM en IFD (IDM Project)

De derde ontwikkeling moet BIM mogelijk maken met één centraal BIM-model waar alle projectpartners mee werken. In Figuur 4.9 wordt de uitwisseling geschetst van

disciplinemodellen. Deze delen van het BIM-model zouden bij elkaar moeten komen op een modelserver.

Product Modelling Ontology (PMO) is een concept van TNO. PMO moet een aanvulling zijn op BIM en TNO zelf verwacht dat PMO de IFC gaat opvolgen binnen 10 tot 15 jaar.

De laatste ontwikkeling wordt al toegepast in verschillende bouwprojecten. Systems Engineering (SE) wordt echter nog niet gekoppeld met BIM.

De resultaten van deze ontwikkelingen in deze bijlage zijn nog niet duidelijk en kunnen nog niet worden meegenomen in het stappenplan. In toekomstige uitbreidingen van het stappenplan kunnen deze ontwikkelingen wel worden meegenomen.

M.1 Information Delivery Manual

De IAI heeft zich gerealiseerd dat het voor een geïntegreerd bouwproject niet voldoende is om afspraken te maken over informatiemodellen, zoals de IFC. Ook het bouwproces zelf moet worden beschreven (De relatie tussen VISI, IDM en COINS).

De Noorse chapter van de IAI (buildingSmart Norway, 2007) definieert Building Smart als een verbetering van het bouwproces. De gewenste informatie moet aanwezig zijn op het moment dat hierom gevraagd wordt en de kwaliteit van de informatie moet voldoende zijn. Volgens de chapter wordt BIM pas effectief als de kwaliteit van de communicatie tussen projectpartners verbetert.

De Noorse chapter van de IAI heeft daarom het initiatief genomen tot de ontwikkeling van een beschrijving van het bouwproces. De chapter doet dit door het ontwikkelen van de Information Delivery Manual (IDM). Hierin wordt onder andere de informatie beschreven die moet worden uitgewisseld bij verschillende processen.

De ontwikkeling van IDM is nog nieuw. De methodiek is in conceptvorm beschreven en beperkt zich voornamelijk tot de theorie. Enkele onderdelen zijn beschreven, maar deze beperken zich tot de taken van één projectpartner. Juist de informatie-uitwisseling tussen de projectpartners is van belang bij de ontwikkeling van BIM.

M.1.1 Doel

Met de IDM wordt getracht alle bedrijfsprocessen in de bouw te beschrijven. Met de handleiding zouden projectpartners op het juiste moment de juiste informatie moeten hebben. Om dit te realiseren is meer inzicht nodig in de informatiestromen tussen projectpartners.

De IDM beschrijft:

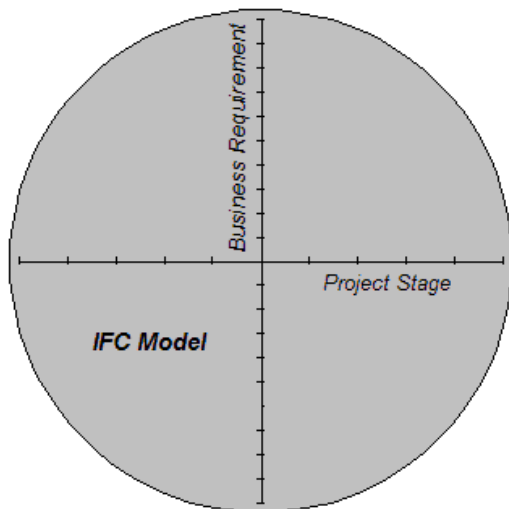
- Waar een proces zich bevindt en waarom het relevant is
- Welke actoren produceren, gebruiken en hebben voordeel van de informatie
- Wat de informatie is die geproduceerd en gebruikt wordt

- Hoe de informatie zou moeten worden ondersteund door software leveranciers

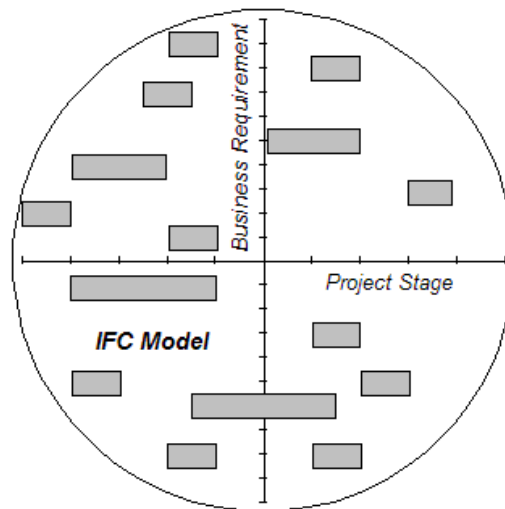
Volgens de IDM zelf versnelt IDM het gebruik van BIM in praktijkprojecten (buildingSmart Norway, 2007).

M.1.2 Aanvulling op IFC-model

Het streven van de IAI is alle bouw informatie gedurende de gehele levenscyclus te kunnen beschrijven met de IFC. In Figuur M.3 is het IFC-model schematisch weergegeven. De IAI tracht alle informatie in een bouwproces in één allesomvattend model te bevatten. Op projectniveau zijn in de verschillende fasen alleen bepaalde delen van het IFC-model nodig, zie Figuur M.4. Processen die worden uitgevoerd in een bouwproject hebben niet het gehele IFC-model nodig. Software die deze processen ondersteunen zijn niet compatibel met het gehele IFC-model. Door de IAI gecertificeerde software is alleen compatibel ten opzichte van een bepaalde view.



Figuur M.3 IFC ondersteunt alle behoeften voor alle projectfasen (buildingSmart Norway, 2007)



Figuur M.4 IDM ondersteunt een behoefte in een projectfase (buildingSmart Norway, 2007)

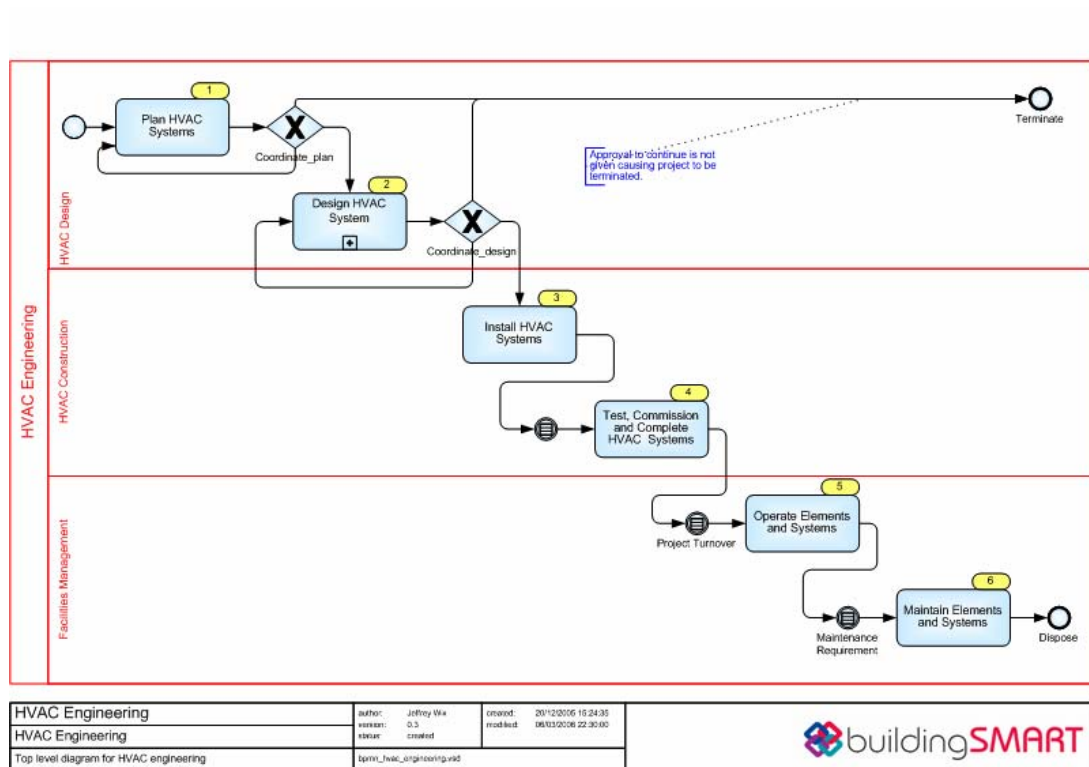
De IDM moet meer duidelijkheid verschaffen welke delen van het IFC-model nodig zijn bij verschillende processen in een bouwproject.

M.1.3 Opbouw

De IDM bestaat uit drie delen:

- Process maps
- Exchange requirements
- Functional parts

Activiteiten in het bouwproces worden beschreven in de process maps. Processen worden in de IDM beschreven met behulp van de Business Process Modelling Notation (BPMN), zie Bijlage F. Een voorbeeld van een process map is gegeven in Figuur M.5.



Figuur M.5 Voorbeeld process map (Wix e.a., 2007)

Van de processen wordt beschreven welke informatiebehoefte en uitwisseling nodig zijn. Een bepaalde behoefte uit Figuur M.4 moet worden voldaan door een softwareoplossing, zie Figuur M.6.

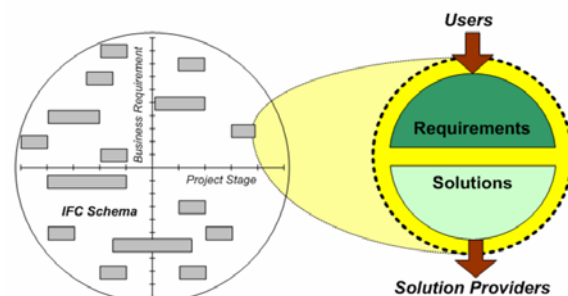
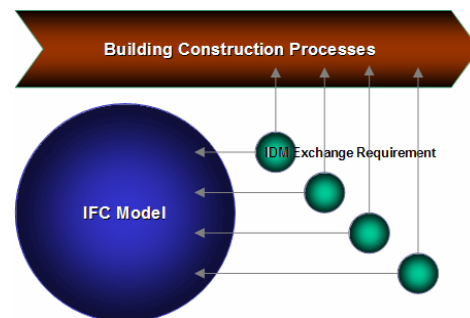


Figure 5: Business process requirements and solutions

Figuur M.6 Behoefte en oplossing (buildingSmart Norway, 2007)



Figuur M.7 Exchange requirements verbinden proces en informatie (buildingSmart Norway, 2007)

De informatie die moet worden uitgewisseld wordt beschreven in exchange requirements. Voor de exchange requirements worden niet-technische termen gebruikt en zijn bedoeld voor de gebruikers. In de process maps worden per proces de bijbehorende exchange requirements benoemt.

Om aan de informatiebehoefte beschreven in een exchange requirement te voldoen zijn functional parts gekoppeld aan de exchange requirements. Functional parts zijn gerelateerd aan het IFC-model die voorzien in een bepaalde informatiebehoefte. In technische termen beschrijven functional parts de delen van het IFC-model die moeten worden uitgewisseld.

M.1.4 Kanttekeningen

De betekenis van de functional parts is niet zo duidelijk als die van de andere twee onderdelen. Functional parts worden beschreven in delen van de IFC en is daarmee afhankelijk van de implementatie van het IFC-model. Volgens Jeffrey Wix, betrokken bij de ontwikkeling van IDM, zijn verschillende software leveranciers intern bezig met de implementatie van de functional parts.

De processen die al beschreven zijn variëren sterk op detailniveau. Met de ontwikkeling van de IDM lopen de installatie technische processen voorop. Processen als Electrical Engineering en HVAC Engineering zijn uitgebreid beschreven terwijl niets bekend is over Structural Engineering. Coördinerende processen tussen projectpartners wordt wel genoemd, maar zijn nog niet zichtbaar.

De IDM streeft ernaar alle processen te beschrijven. Door het brede blikveld is de haalbaarheid twijfelachtig. IDM zal zich moeten ontwikkelen door het uitbreiden van exchange requirements. Gebruikers kunnen gebruik maken van de bestaande exchange requirements. Met de te ontwikkelen business rules kunnen exchange requirements worden aangepast aan locale omstandigheden. Van deze business rules is echter nog niet bekend hoe ze werken.

Bronnen:

buildingSmart Norway (2007). *Information Delivery Manual Guide to Components and Development Methods*. Handleiding (pdf-document).

http://idm.buildingsmart.no/confluence/download/attachments/446/IDM2_Methodology.pdf?version=1 (geraadpleegd op 8.1.2008)

De relatie tussen VISI, IDM en COINS. [online].

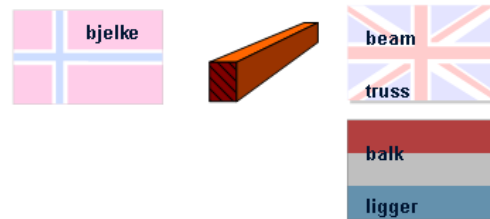
http://www.coinsweb.nl/wiki/index.php/De_relatie_tussen_VISI%2C_IDM_en_COINS (geraadpleegd op 16.1.2008)

M.2 International Framework for Dictionaries

Een aanvulling op de IFC is de IFD. De afkorting IFD staat voor International Framework for Dictionaries. Een korte beschrijving van de IFD is te vinden op de Wiki-website van de IFD (Bjørkhaug, L., Bell, H., 2007).

De Nederlandse LexiCon van STABU is één van de twee eerste implementaties van IFD (STABU, 2005). Het lexicon is gedefinieerd voor een betere communicatie tussen projectpartners en een betere informatieverwerking door computers. De andere implementatie is het Noorse BARBi.

De IFD kan worden toegepast als meertalig woordenboek of verzameling van meerdere woordenboeken. De IFD verzamelt meerdere concepten gescheiden van hun naam. Een concept heeft meerdere vertalingen, zie Figuur M.8. Voor hetzelfde concept komen meerdere vertalingen in aanmerking. Daarnaast kan een vertaling meerdere concepten bedoelen.



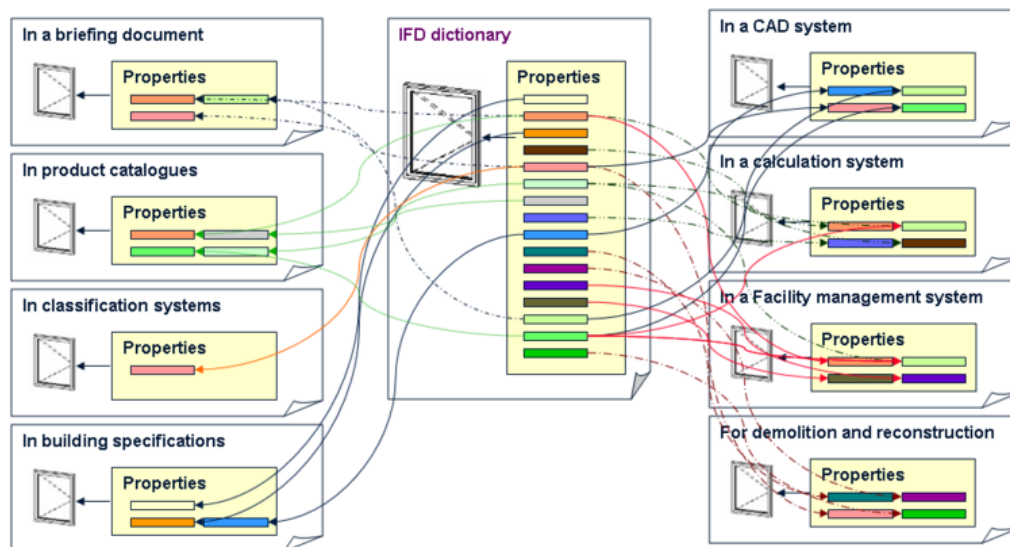
Figuur M.8 Het concept balk/ligger (Bjørkhaug, L., Bell, H., 2007)

Vertalingen in de IFD worden beschreven met een naamlabel. Het concept balk/ligger heeft bijvoorbeeld de naamlabels 'balk' en 'ligger'. Een balk kan gemaakt worden van het materiaal met de label 'hout'. Behalve de naamlabels worden aan concepten ook een Global Unique Identifier (GUID) gekoppeld. Via een standaard algoritme worden GUIDs gegenereerd met een zeer grote onwaarschijnlijkheid op dubbelen. In plaats van uitwisseling op basis van naamlabels kunnen concepten worden uitgewisseld met GUIDs.

In het IFC-model kan een object worden gerelateerd aan een bibliotheek met de entiteit IfcRelAssociatesLibrary. De entiteit IfcLibraryInformation heeft als eigenschap LibraryReference. Een object kan aan een bibliotheek worden gerelateerd met een referentie naar GUIDs.

In Paragraaf 4.6 is de implementatie van het stappenplan beschreven. Bij de opbouw van de database van bouwobjecten kan gebruik worden gemaakt van de IFD. De database bevat nu slechts naamlabels van bouwobjecten en eigenschappen. Als alternatief kunnen de GUIDs worden gebruikt van de IFD. Het voordeel is dat onduidelijkheden over concepten worden voorkomen.

Een voorbeeld van een concept is een raam. Een raam komt in veel verschillende contexten voor. Bij iedere context worden verschillende eigenschappen aan een raam toegekend. De IFD probeert al deze eigenschappen samen te voegen. Door de juiste context te kiezen kunnen relevante eigenschappen worden gebruikt, zie Figuur M.9.



Figuur M.9 Eigenschappen van raam in IFD en verschillende contexten

Met de IFD kunnen dus ook de eigenschappen van de bouwobjecten worden geselecteerd op basis van een context. Door met het stappenplan de fase(n), projectpartners en doelen te kiezen kunnen de relevante eigenschappen van de bouwobjecten bepaald worden.

Bronnen:

Bjørkhaug, L., Bell, H. (2007). Ifc: IFD in a Nutshell. [online]. Oslo, SINTEF Building and infrastructure. http://dev.ifd-library.org/index.php/Ifd:IFD_in_a_Nutshell (geraadpleegd op 16.04.2008)

STABU (2005). STABU LexiCon. [online]. Ede, Stichting STABU. <http://www.stabu-lexicon.nl> (geraadpleegd op 15.04.2008)

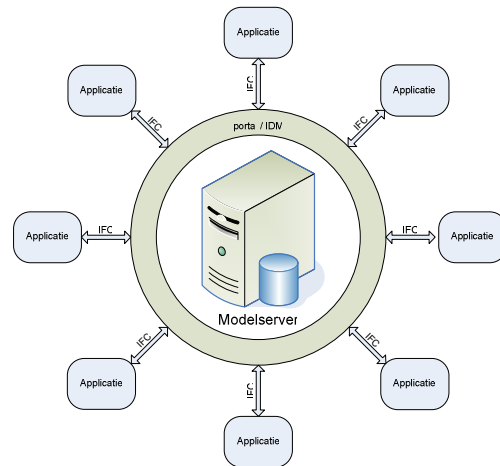
M.3 Modelserver

In de huidige situatie is BIM beperkt tot het uitwisselen van IFC-bestanden. Om echt één centraal model te gebruiken kan een modelserver gebruikt worden. In Nederland is een proef bezig met het gebruik van een modelserver. Hiermee is Nederland het derde land ter wereld, na Noorwegen en Singapore, dat een modelserver gebruikt in de bouw (Belzen, 2007).

De modelserver die gebruikt wordt in de proef is de EDM Model Server die wordt geleverd door het Noorse bedrijf Jotne EPM Technology. Met deze modelserver is ook de Airbus 380 ontwikkeld.

Met een modelserver kunnen projectpartners tegelijkertijd werken aan één project. Een portal naar de server toe zorgt voor de uitwisseling van IFC-bestanden. Op de server wordt de data samengevoegd. Door de portal in te stellen kan ook worden bepaald welke informatie wordt gebruikt. Dit kan bijvoorbeeld door gebruik te maken van de IDM.

Een modelserver kan voornamelijk gebruikt worden om het proces te vereenvoudigen. Op de server worden de versies van de data beheerd, zodat alle projectpartners met de laatste informatie werken.



Figuur M.10 Centrale modelserver

Van belang blijven de informatiestromen van en naar de modelserver. De portals die deze uitwisseling moeten regelen, moeten worden geïmplementeerd in de huidige software. Voor een bouwproject moeten worden vastgelegd welke informatie van het model door iedere projectpartners geleverd, gebruikt en gewijzigd wordt.

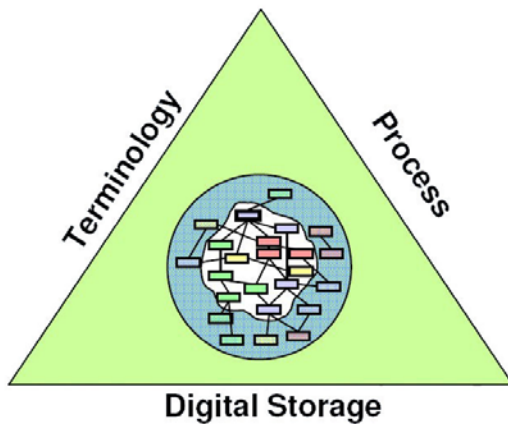
M.3.1 Fidumo

Traverse brengt in de Community of Practise (CoP) Virtueel Bouwen verschillende partijen bij elkaar. Een aantal leden van CoP heeft onder aanvoering van CADVisual en Portiva geïnvesteerd in de eerste Nederlandse modelserver voor BIM. De modelserver wordt daarom de First Dutch Model Server (Fidumo) genoemd. De server bevindt zich in het datacentre van Portiva (Sandt, 2007).

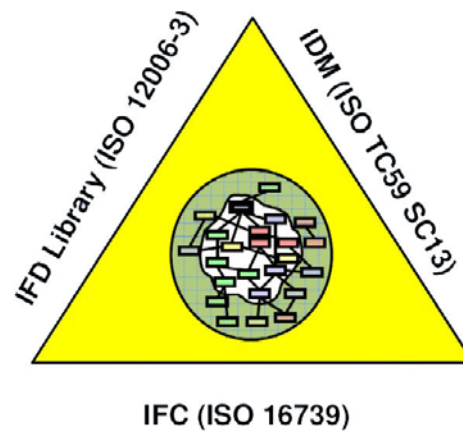
Een andere deelnemer in de CoP is PSIBouw, medeoprichter van de IAI chapter Benelux. Om een inhaalslag te maken in de procesintegratie in de bouw ten opzichte van Scandinavische landen, ziet PSIBouw de noodzaak van een IFC modelserver. De modelserver moet dienen als testomgeving voor de Nederlandse bouwsector. Met Fidumo kunnen Nederlandse bedrijven in de bouw ervaring opdoen met BIM (CoP Virtueel Bouwen).

M.3.2 EDMserver

De EDMserver is ontwikkeld door Jotne EPM Technology. Jotne noemt drie onderdelen die gestandaardiseerd moeten worden in het bouwproces, zie Figuur M.11.



Figuur M.11 Standaardisatie op drie onderdelen (Aas-Jakobsen, 2007)

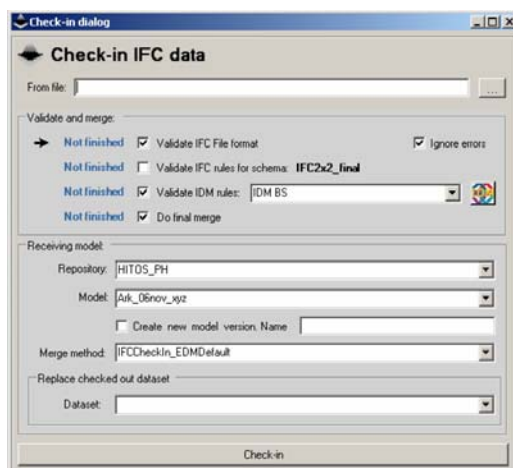


Figuur M.12 Standaardisatie voor het bouwproces (Aas-Jakobsen, 2007)

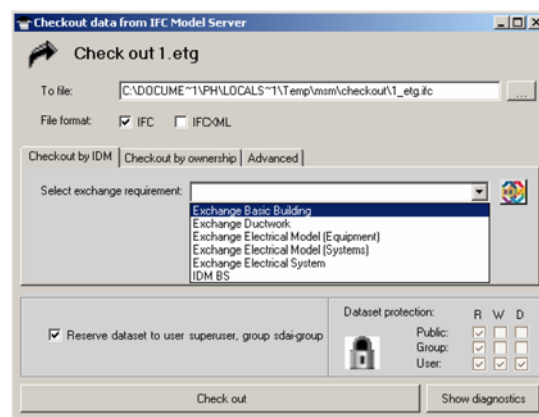
Een modelserver is een opslagmedium voor BIM. Het BIM-model kan worden opgeslagen op een centrale server. Eigenschappen van de modelserver zijn:

- Samenvoegen van IFC-bestanden tot één model ('merging');
- Creëren van een deel van het IFC-model ('extract');
- Versionering op object en eigenschappenniveau;
- Toetsen van het model op basis van gedefinieerde regels ('rule checking').

Projectpartners kunnen gebruik maken van de modelserver door (delen van) IFC-bestanden in en uit te checken, zie Figuur M.13 en Figuur M.14. IFC-bestanden die worden ingecheckt in het centrale model worden samengevoegd. Welke informatie wordt opgeslagen op de server kan worden bepaald aan de hand van de IDM. Bij uitchecken kunnen exchange requirements van de IDM worden geselecteerd, zodat over de juiste informatie kan worden beschikt.



Figuur M.13 Check-in IFC-bestand naar modelserver (Aas-Jakobsen, 2007)



Figuur M.14 Check-out naar software (Aas-Jakobsen, 2007)

In het rapport *Use of IFC Model Servers* (Jørgensen, K. A., Skauge, J., Christiansson, P. , e.a., 2008) wordt gedemonstreerd hoe een modelserver werkt. Voor het experiment is gebruik gemaakt van de EDM Model Server. Met de modelserver zijn verschillende modellen uitgewisseld. De modellen zijn echter alleen toegevoegd aan een hoofdmodel en niet samengevoegd tot één model. Het praktische gebruik van de modelserver is geëvalueerd in het rapport. Een aantal problemen is gevonden die een succesvolle implementatie van de modelserver in bouwprojecten tegenhouden. Met name die im- en export op basis van de IFC door BIM-software werkt belemmerend. Essentieel is een adequate vertaalslag tussen de BIM-software en de modelserver. In het experiment is om die reden alleen gebruik gemaakt van ArchiCAD. De eigenschappen van de objecten zijn opgeslagen in een specifieke property set. Ideaal zou zijn om delen van het BIM-model direct uit te wisselen tussen de BIM-software en de modelserver. In de toekomst moeten softwareleveranciers deze functionaliteit implementeren in hun applicaties.

Bronnen:

Aas-Jakobsen, J. (2007). *Data Modeling*. Presentatie (pdf-document). EPM Technology AS. <http://www.coinsweb.nl/downloads/EPM-COINS.pdf> (geraadpleegd op 31.10.2007)

Belzen, T. van (2007). 'PSIBouw past bouwmethode Airbus 380 toe', *Cobouw*, 26/10/2007. (gelezen op <http://www.portiva.nl/ezines/PSIBouw%20past%20bouwmethode%20Airbus%20380%20toe%20cobouw%2026%20okt.pdf>)

CoP Virtueel Bouwen (2007). Fidumo. Reden, doel en budget. Informatieset (pdf-document). (gelezen op http://www.fidumo.nl/Documenten%20%20presentaties/Fidumo_informatieset.pdf)

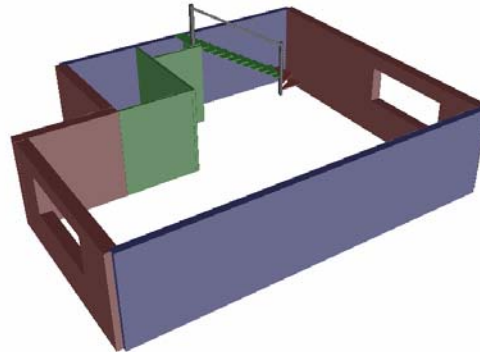
Jørgensen, K. A., Skauge, J., Christiansson, P. , e.a. (2008). *Use of IFC Model Servers. Modelling Collaboration Possibilities in Practice*. Aalborg Denemarken, Aalborg University.

Sandt, T. van de (2007). 'Eerste Nederlandse server voor 3D-bouwmodellen', *Technisch Weekblad*, 01/09/2007: 4.

M.4 Product Modelling Ontology

De uitwisseling van BIM via IFC gaat nog niet perfect. De IFC wordt dan ook nog verder ontwikkeld. Daarnaast werkt TNO aan standaarden om BIM naar een hoger niveau te brengen. Een meer betekenisvol model wordt ook wel Semantisch Model genoemd. Een initiatief om dit te bereiken is Product Modelling Ontology (PMO). PMO wordt ontwikkeld in het kader van het onderzoeksprogramma Semantic Web-based Open engineering Platform (SWOP, 2007). PMO is één van de eerste praktische toepassingen van productmodellering met het Semantic Web, de nieuwe generatie internettoepassingen (TNO, 2007).

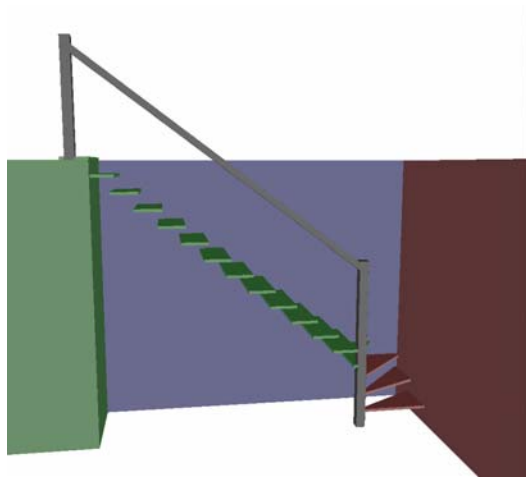
De ontwikkeling van IFC als standaard voor BIM heeft een aantal nadelen. IFC is niet parametrisch en is slechts beperkt semantisch. Om toch betekenisvolle informatie uit te wisselen wordt PMO ontwikkeld. Daarnaast heeft PMO meer voordelen, zoals de indeling en het abstractieniveau. Volgens Peter Bonsma van TNO is PMO binnen 5 tot 10 jaar tot het niveau van de IFC van de afgelopen 2 jaar. Binnen 15 jaar moet PMO ook werkelijk toepasbaar zijn.



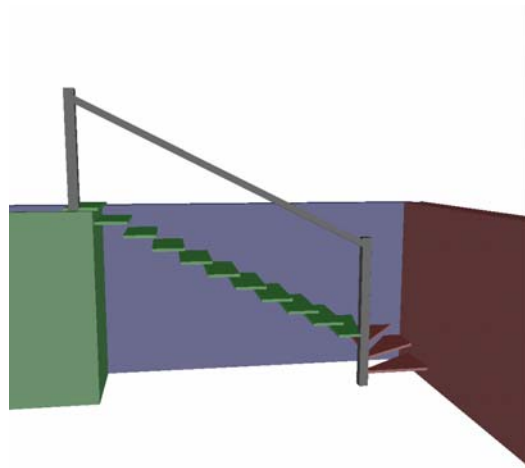
Figuur M.15 PMO-model

Met PMO kunnen de consequenties van aanpassingen in het BIM-model direct door de software verwerkt worden. In de huidige situatie moet een groot deel van de interpretatie door mensen worden gedaan, hetgeen kostbaar is en meer kans op fouten geeft. Met PMO kan de software deze interpretatie overnemen.

In Figuur M.15 is een parametrisch en semantisch model gegeven met een trap. Van de trap zijn de relaties met de wanden en de treehoogte gemodelleerd. Door de dimensies van de wanden aan te passen, verandert de trap mee, zie onderstaande figuren.



Figuur M.16 Trap met 17 treden



Figuur M.17 Trap met 14 treden

Het voorbeeld met de trap kunnen de huidige BIM-software ook. Echter als een BIM-model via IFC wordt uitgewisseld gaat deze informatie verloren. Met PMO kunnen projectpartners hun bouwobjecten modelleren in relatie met de andere objecten. Wijzigingen worden dan automatisch doorgevoerd in alle objecten.

De ontwikkeling van PMO loopt voor op de praktijk. De IFC is nog niet eens uitontwikkeld of zijn opvolger dient zich aan. PMO bevindt zich echter nog in de

onderzoekswereld van TNO en heeft dus tijd nodig om daadwerkelijk te worden toegepast.

Bronnen:

SWOP (2007). *SWOP – Semantic Web-based Open engineering Platform*. [online]. <http://www.swop-project.eu> (geraadpleegd op 17.04.2008)

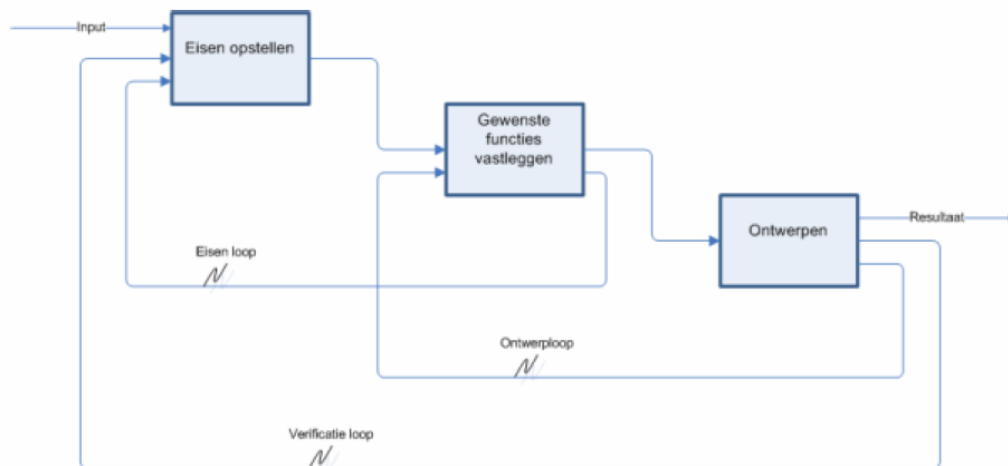
TNO (2007). *Graphisoft implementeert TNO technologie in CAD Software*. Persbericht. http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=persbericht&laag1=37&item_id=200711200065 (geraadpleegd op 17.04.2008)

M.5 Systems Engineering

Een van de vele initiatieven in Bijlage B is COINS dat zich bezig houdt met standaardisering ten behoeve van BIM. De COINS-systematiek is beschreven in een publicatie van de CUR (CUR Bouw & Infra, 2008). De systematiek maakt gebruik van de werkmethode die bekend staat als Systems Engineering (SE).

SE is voortgekomen uit de defensie-industrie en is ontstaan uit de behoefte om het ontwikkelingsproces van complexe producten beter te beheersen (CUR Bouw & Infra, 2008). Sinds een aantal jaren experimenteren Rijkswaterstaat en ProRail met SE. Voor de GWW-sector hebben zij in samenwerking met Bouwend Nederland en het ONRI een leidraad opgesteld (ProRail en Rijkswaterstaat, 2007).

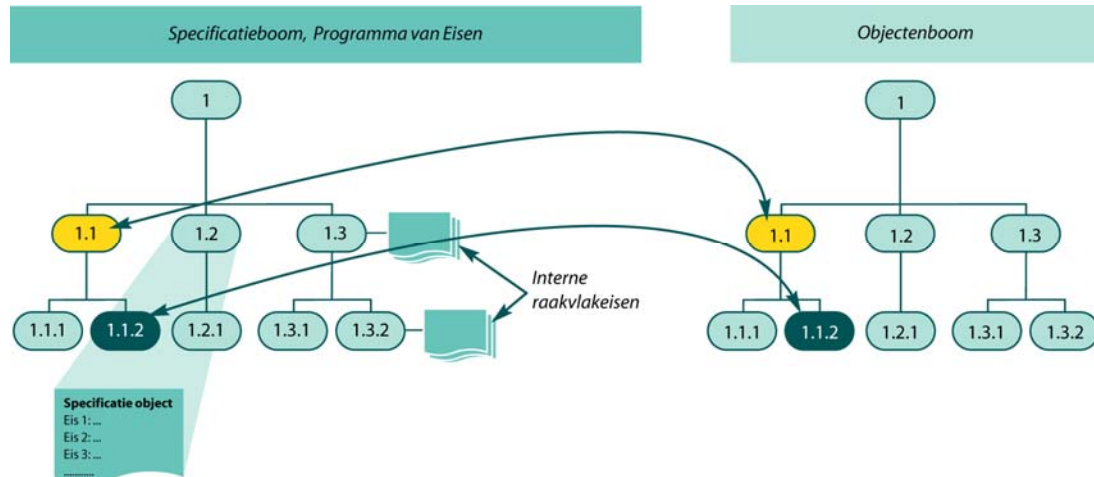
De essentie van het SE proces is geschetst in Figuur M.18. Op een gestructureerde wijze wordt een behoefte gespecificeerd. Bij de behoefte wordt op een gestructureerde wijze een passende oplossing ontworpen.



Figuur M.18 System Engineering Proces (CUR Bouw & Infra, 2008)

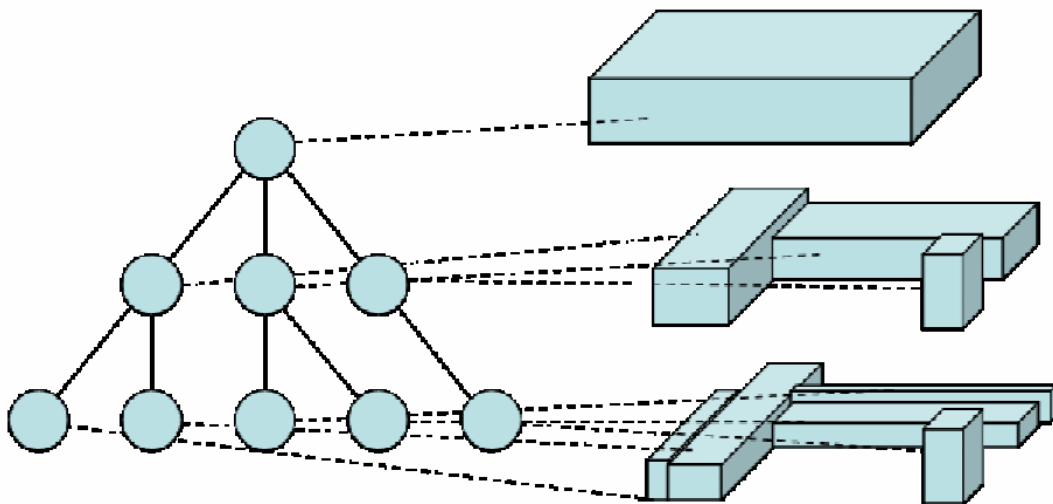
In een bouwproject kan met SE de vraagspecificatie uitgedrukt worden in functies. Voor deze functies zijn oplossingen beschikbaar in de vorm van bouwdelen. Functies moeten gekwantificeerd worden met eisen en bouwdelen met prestaties. In het

ontwerpproces met SE worden één of meerdere eisen gecombineerd met één of meerdere prestaties. Functies kunnen worden weergegeven in een specificatieboom. Parallel daaraan kan de objectenboom worden gegeven, zie Figuur M.19.



Figuur M.19 Relatie specificatie- en objectenboom (ProRail en Rijkswaterstaat, 2007)

BIM is objectgeoriënteerd. Het BIM-model bestaat uit bouwobjecten die overeenkomen met de objecten in een objectenboom, zie Figuur M.20. SE kan gebruikt worden om gestructureerd tot de bouwobjecten van het BIM-model te komen en hierover afspraken vast te leggen.



Figuur M.20 Bouwobjecten in objectenboom en BIM-model (CUR Bouw & Infra, 2008)

SE is een werkmethode om gestructureerd om te gaan met BIM. Aan de bouwobjecten in BIM kunnen functies worden gehangen die de

verantwoordelijkheden van projectpartners beschrijven. SE is een hulpmiddel om afspraken vast te leggen over het gebruik van BIM.

SE wordt steeds meer ingezet bij bouwprojecten. In de GWW-sector wordt in sommige projecten SE voorgeschreven door de opdrachtgever. Een koppeling van de objecten in SE met de bouwdelen van het BIM-model moet nog worden ontwikkeld.

Bronnen:

CUR Bouw & Infra (2008). *De COINS-systematiek*. Concept publicatie. (pdf-document). Gouda, CUR Bouw & Infra.

ProRail en Rijkswaterstaat. (2007). *Leidraad voor Systems Engineering*. ProRail en Rijkswaterstaat. <http://www.leidraadse.nl> (geraadpleegd op 08.04.2008)