



DE TOEKOMST VAN (BLENDER)BIM

09/06/2024

Ingenieursbureau 3BM
Hogeschool Rotterdam

W.J. Roodhorst | 1005169



Bedrijfsbegeleider: M.D. Vroegindeweij
Docentbegeleider: R. Jansen

VOORWOORD

Dit onderzoek heb ik uitgevoerd naar aanleiding van een suggestie van mijn bedrijfsbegeleider bij Ingenieursbureau 3BM, M.D. Vroegindeweij. Het richt zich op het onderzoeken van BlenderBIM als een alternatief voor gangbare modelleerprogramma's in de bouwsector, zoals Autodesk Revit en ArchiCAD.

Tijdens mijn bouwkundige opleiding aan de Hogeschool Rotterdam heb ik ervaring opgedaan met Autodesk Revit, en vanuit mijn bijbaan als bouwkundig modelleur werk ik met ArchiCAD. Mijn bouwkundige achtergrond, de ervaring met verschillende gangbare programma's, interesse voor design en nieuwsgierigheid naar nieuwe programma's hebben mij ertoe gebracht om Blender en BlenderBIM te verkennen. Dit onderzoek bood mij de mogelijkheid om bij te dragen aan de toekomst van de bouwsector en tegelijkertijd mijn persoonlijke interesse in Blender te combineren.

De doelgroep voor deze scriptie bestaat uit professionals in de bouwsector die op zoek zijn naar een betaalbaar alternatief voor de gangbare, vaak dure 3D-modelleringsprogramma's. Ervaring met deze programma's en inhoudelijke kennis is een groot voordeel, omdat de informatie anders mogelijk niet volledig begrepen wordt en de beschreven overwegingen minder goed op waarde kunnen worden geschat.

Hoewel het in het begin lastig was om te leren werken met BlenderBIM, mede door de toen voor mij onverklaarbare bugs en crashes, ben ik uiteindelijk zeer tevreden met de resultaten. Het leerproces was vaak moeizaam maar enorm leerzaam en ik heb dingen geleerd die ik voordat ik aan de opleiding bouwkunde begon nooit had bedacht.

Ik wil ten eerste mijn bedrijfsbegeleider M.D. Vroegindeweij bedanken, die mij steeds stimuleerde om dieper in de materie te duiken. Daarnaast wil ik hem bedanken voor de kans om naar de BILT Europe in Letland te gaan, waar ik een deel van een presentatie over BlenderBIM mocht geven. Tevens wil ik R. Jansen en mijn medestudenten bedanken voor hun waardevolle feedback tijdens de afstudeerateliers. Als laatste wil ik C.C.J. Claus bedanken voor zijn kritische blik, validatie en waardevolle verbeteringen.

~ W.J. Roodhorst, 10/06/2024 te Krimpen aan den IJssel

De afbeelding van het voorblad is overgenomen van de officiële releasenotes van BlenderBIM v0.0.240402 door Moult, 2024. (<https://community.osarch.org/discussion/26/blenderbim-add-on-new-release/p12>)

SAMENVATTING

In dit onderzoek wordt onderzocht of BlenderBIM in 2024 een geschikt alternatief is voor programma's als Autodesk Revit en ArchiCAD. Autodesk Revit is marktleider geworden in de bouwsector als 3D-modelleringsprogramma, maar de afgelopen jaren is veel ontevredenheid over onder andere kosten, ontwikkeling, interoperabiliteit en transparantie geuit. Men is op zoek naar een alternatief. BlenderBIM is een geavanceerde add-on voor het bekende 3D-modellerings- en visualisatieprogramma Blender. Het werkt direct in het IFC-bestandsformaat en wordt gebruikt voor het bekijken, aanpassen en creëren van IFC-bestanden. Dit onderscheidt het van andere BIM-software. BlenderBIM maakt het mogelijk om vrijwel alle 3D-modellen en bouwkundige tekeningen te maken zoals vereist in de Nederlandse bouwpraktijk, binnen het IFC-bestandsformaat zelf.

Een van de grootste voordelen van BlenderBIM is de interoperabiliteit. Het IFC bestandsformaat wordt beschouwd als een van de meest geschikte bestandsformaten voor BIM in de bouwsector, aangezien het is ontworpen met interoperabiliteit als hoofddoel. Daarnaast biedt BlenderBIM op het moment van schrijven al betrouwbare mogelijkheden voor het bekijken en aanpassen van IFC-bestanden. Er zijn echter ook nadelen aan het gebruik van BlenderBIM. Achter de User Interface van Blender schuilt een andere gedachte dan achter die van een programma als Revit, waardoor het voor professionals zonder ervaring in Blender in het begin een lastige overstap kan zijn. Zeker in combinatie met het gebrek aan goede en up-to-date documentatie van BlenderBIM. Parametrisch ontwerp is mogelijk met BlenderBIM, maar het vraagt nog om verbeteringen voordat het gebruikt kan worden zoals gewenst. Het modelleren van bijvoorbeeld kozijnen kan zeer nauwkeurig, maar het proces is nog niet optimaal. Daarnaast zijn verschillende processen, waaronder het aanpassen van geplaatste elementen, nog tijdrovend en niet altijd even gebruiksvriendelijk of werken bepaalde onderdelen schijnbaar onverklaarbaar niet zoals verwacht.

Hoewel verschillende functionaliteiten nog in de alpha-fase zijn en het programma daardoor niet stabiel genoeg is voor modelleren voor productie, is de ontwikkelsnelheid van BlenderBIM zeer hoog. Dit geeft aan dat de software voortdurend verbeterd wordt en dat mogelijk in de nabije toekomst de tekortkomingen verholpen zijn, zeker wanneer er meer geld beschikbaar zou komen. Naast het vooruitzicht op een verbeterde integratie in Blender, zijn er ook plannen voor een IFC Graph Database bestandsformaat in tegenstelling tot het platte tekstformaat, wat de snelheid en daarmee de potentie van BlenderBIM weer aanzienlijk zou verhogen.

De conclusie van dit onderzoek is dat BlenderBIM de potentie heeft voor een veelbelovende toekomst voor BIM-software, maar dat het op dit moment nog niet geschikt is voor het productieproces en daarmee nog geen volwaardig alternatief is voor programma's als Autodesk Revit en ArchiCAD. Het is het echter zeker waard om de ontwikkelingen te volgen. Daarnaast helpen projecten als deze de ontwikkelaars om het product aan te passen aan de gebruiker, waardoor het gebruiken van BlenderBIM voor pilot projecten aan te raden is wanneer men van plan is om in de nabije toekomst over te stappen. Op het moment van schrijven biedt BlenderBIM al betrouwbare mogelijkheden voor het bekijken en aanpassen van IFC bestanden.

Gedurende het afstudeerproject zijn er verschillende beroepsproducten opgeleverd en acties ondernomen die reeds impact gehad hebben op de industrie:

- Een proof-of-concept model in BlenderBIM met bouwkundige tekeningen volgens de geldende tekennormen en gewoontes in Nederland.
- Een proof-of-concept van een bouwkundig IFC-template voor de Nederlandse markt, binnenkort vrij beschikbaar.

- Een presentatie op de BILT Europe conferentie in Riga, Letland, waar deelnemers uit heel Europa kennis hebben gemaakt met BlenderBIM door middel van een tutorial.
- Deelname aan belangrijke overleggen met leiders uit de bouwsector in Nederland, wat positief is ontvangen. Het lijkt erop dat dit onderzoek voorop loopt in Nederland.
- Actieve deelname aan de open-source community (OSArch), met in totaal 40 bijdragen in de vorm van discussions en comments. Verschillende problemen of bugs beschreven zijn, zijn in latere versies opgelost en een aantal daarvan meegenomen in de officiële releasesnotes.
- Bijdragen aan het IfcOpenShell-project op GitHub, met drie ingediende issues waarvan één is verwerkt en geïmplementeerd in de daaropvolgende versie van BlenderBIM.

Deze acties en producten benadrukken de sterke punten en het groeipotentieel van BlenderBIM in de BIM-softwaremarkt, ondanks de huidige beperkingen en uitdagingen. Dit onderzoek en de eindproducten hopen hier ook verder aan bij te dragen.

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doelstelling	6
1.3 Afkadering	6
1.4 Leeswijzer	7
2 Begrippenlijst	8
3 Onderzoeksmethodologie	11
3.1 Beschrijvend onderzoek	11
3.2 Exploratief & toegepast onderzoek	11
4 Probleemveld en Achtergrond	12
4.1 Situatie van de markt	12
4.2 Interoperabiliteit	14
4.3 Deelconclusie	15
4.4 Validatie	16
5 Oplossing	17
5.1 Industry foundation classifications (IFC)	17
5.2 Open-source	20
5.3 Blender	21
5.4 Blenderbim	24
5.5 Deelconclusie	28
5.6 Validatie	28
6 Functionaliteit en Kwaliteit	29
6.1 Inkadering	29
6.2 Indicatie functionaliteit en kwaliteit	29
6.3 Deelconclusie	29
6.4 Validatie	30
7 Modelleren	31
7.1 Impressie BlenderBIM	31
7.2 Voorbereiding	33
7.3 Starten	35
7.4 Custom deuren en ramen	36
7.5 Parametrische elementen	38
7.6 Deelconclusie	41
7.7 Validatie	41
8 Documentatie	42
8.1 IFC documentatie	42
8.2 Opmak	42
8.3 Vergelijking	45
8.4 Deelconclusie	46
8.5 Validatie	46

9 Geschiktheid fasen	47
9.1 Interoperabiliteit	47
9.2 Aanpasbaarheid	47
9.3 Inzichtelijkheid	48
9.4 Controleerbaarheid	48
9.5 Deelconclusie	49
9.6 Validatie	50
10 Toekomst	51
10.1 Ontwikkelsnelheid	51
10.2 Toekomstplannen	52
10.3 Deelconclusie	53
11 Algemene Conclusie	55
12 Discussie	56
12.1 Bronnen	56
12.2 Tabel functionaliteit en kwaliteit	56
12.3 Modelleren	56
12.4 Afkadering	56
12.5 Validatie	56
13 Aanbevelingen	57
13.1 Verkenning functionaliteiten	57
13.2 Uitbreiding template eindproduct	57
13.3 Ultwerken elementen	57
13.4 Indiening verbeteringen	57
14 Literatuurlijst	58
15 Bijlagen	72
15.1 Revit prijsstijging	72
15.2 The Nordic Letter	73
15.3 Tabel functionaliteit en kwaliteit	78
15.4 Tekeningen voorbeeldproject	82
15.5 Eindproducten op tekening	86
15.6 Post Custom Kozijnen	93
15.7 Mailcontact over BlenderBIM funding	100
15.8 Mailcontact en verslag gesprek toekomst van Blender en de AEC	105
15.9 Validatie C.C.J. Claus	108
15.10 Validatie T. Van der Haven	128
15.11 Validatie M.D. Vroegindeweij	132
15.12 Naamsbekendheid BlenderBIM	136
15.13 Plan van Aanpak	137
15.14 Procesverslag totstandkoming Eindproducten	142
15.15 Presentatie BILT Europe	144

1. INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Gedurende de afgelopen twee decennia wordt in de bouwsector gebruikgemaakt van 3D-BIM modelleerprogramma's zoals Autodesk Revit, ArchiCAD en Tekla. Dit zijn betaalde programma's die closed-source zijn en een gesloten dataformaat hanteren (Pouchnikov, 2021). Uitwisseling van data tussen deze programma's is mogelijk via onder andere IFC, hoewel de implementatie hiervan te wensen overlaat, zie hoofdstuk 4.2.1 (Autodesk, z.d.-a). Bovendien zijn de kosten van deze programma's aanzienlijk gestegen, met een toename van 240% of meer in de periode van 2013-2024 volgens M.D. Vroegindeweij, zie Bijlage 15.1. Tegelijkertijd is er een ontwikkeling gaande richting open-source software. Een voorbeeld hiervan is IfcOpenShell, dat zowel in FreeCAD als BlenderBIM wordt gebruikt en de basis vormt voor een alternatief voor programma's als Autodesk Revit. Ingenieursbureau 3BM gebruikt als hoofdsoftware al jarenlang Autodesk Revit, maar is ook ontevreden over een aantal punten. Daarnaast heeft het bedrijf de intentie in de komende jaren volledig over te stappen op open-source software.

Om deze redenen zijn verschillende alternatieven geëvalueerd, zoals bijvoorbeeld FreeCAD, maar inmiddels ligt de focus op BlenderBIM: een open-source add-on voor het open-source 3D programma Blender (*BlenderBIM Add-on - Wiki.OSArch*, z.d.). De vraag die naar dit onderzoek geleid heeft is als volgt: "In welke mate is BlenderBIM in 2024 een bruikbaar en interessant alternatief voor bouwkundige modelleurs in de verschillende fasen van het bouwproces binnen Ingenieursbureau 3BM?"

1.2 DOELSTELLING

Het doel van dit onderzoek is om een antwoord te formuleren op de bovenstaande onderzoeksraag, onder andere door middel van een beroepsproduct te creëren waaruit blijkt of een middelklein project volledig in BlenderBIM uitwerken mogelijk is. Dit beroepsproduct dient als een proof-of-concept ter onderbouwing van de conclusies en het onderzoek zelf. Door een gedeeltelijke reconstructie van een voorbeeldproject, eerder door Ingenieursbureau 3BM in Revit uitgewerkt, wordt aangetoond dat hetzelfde project ook in BlenderBIM kan worden uitgevoerd, zij het met wat handmatig werk. Onderzoek en beroepsproduct zijn dus nauw met elkaar verweven om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. Daarnaast is het doel om de gemaakte elementen binnen BlenderBIM te verzamelen en te structureren, zodat dit gebruikt kan worden in een volgend project. De beroepsproducten zullen daarom binnen dit onderzoek zelf worden besproken om de bevindingen te onderbouwen.

1.3 AFKADERING

Het onderzoek is als volgt ingekaderd:

- BlenderBIM wordt als het enige alternatief ten opzichte van modelleringsprogramma's zoals Revit of ArchiCAD onderzocht, aangezien het bedrijf zelf al de keuze hiervoor heeft gemaakt om dit programma te laten onderzoeken.
- Een deel van een eerder uitgewerkt project van Ingenieursbureau 3BM wordt gereproduceerd in BlenderBIM.
- Dit na te maken gedeelte omvat de volgende onderdelen: plattegrond, doorsnede, aanzicht, detail, vloeren, wanden, kolommen, trappen, ruimtes, deuren, ramen, 2D annotaties, materialisatie en een parametrisch component.

1.4 LEESWIJZER

Het eerste deel van dit onderzoek gaat in op de probleemstelling en de achtergrondinformatie van IFC, Blender en BlenderBIM. Het tweede deel behandelt de specifieke functies en de kwaliteit daarvan van de meest recente stabiele release van BlenderBIM, versie 0.0.240402. Het derde gedeelte gaat in op het modelleren van het beroepsproduct waarbij huidige toppunten, verbeterpunten en hiaten worden beschreven. Het vierde gedeelte gaat in op de mogelijkheden van documentatie binnen BlenderBIM. Het vijfde gedeelte gaat over de toekomstverwachting van BlenderBIM waarna in het laatste deel de conclusies getrokken worden.

De eindproducten zijn naast dat ze besproken worden in dit document en de tekeningen in Bijlage 15.5.2 en 15.2.3 inzichtelijk zijn, geüpload op praktijklink. Dit omvat de SVG en IFC bestanden.

2 BEGRIPPENLIJST

Begrip	Toelichting
API (<i>Application Programming Interface</i>)	"Een API maakt het mogelijk om andere systemen en software een 'ingang' tot het systeem te bieden. Met deze ingang kunnen verschillende systemen met elkaar communiceren en gegevens uitwisselen" (/ <i>W3S_Digital</i> , z.d.).
BIM (<i>Building Information Modelling</i>)	Een werkmethode waarbij alle benodigde bouwinformatie digitaal wordt gegenereerd, opgeslagen en beheerd via een 3D-gebouwmodel gedurende de hele levenscyclus (SRO, z.d.).
Blender (<i>software</i>)	Open-source software voor het maken van complexe 3D modellen, animaties en de visualisaties ervan (Blender Foundation, z.d.-a).
BlenderBIM	Een open-source add-on voor Blender, waarmee het controleren en maken van IFC modellen mogelijk wordt via IfcOpenShell (<i>BlenderBIM Add-on - Wiki.OSArch</i> , z.d.).
Boolean Operations (<i>modellerings context</i>)	Wiskundige bewerkingen binnen 3D-modellering die twee objecten combineren of manipuleren door middel van union, difference en intersect, om complexe geometrische vormen te creëren (Pixcap, z.d.).
Brep (<i>Boundary representation</i>)	Een Solid Modelling techniek die objecten beschrijft door hun hoekpunten, randen en oppervlakken te definiëren, waardoor complexe vormen nauwkeurig kunnen worden gemodelleerd (<i>What Are BREP And CSG Difference Between BREP And CSG</i> , 2023).
bSDD (<i>buildingSMART Data Dictionary</i>)	Een verzameling van onderling verbonden 'data woordenboeken' met definities voor de gebouwde omgeving (<i>BuildingSMART Data Dictionary</i> , z.d.).
Bug (<i>software</i>)	Een softwarebug is een onverwachte fout of defect in een computerprogramma (https://www.tuple.nl , 2023).
BuildingSMART International	Een organisatie die digitale transformatie bevordert door middel van BIM-standaarden voor betere samenwerking en workflows. De drie belangrijkste taken zijn het beheren en ontwikkelen van IFC, IDM & bSDD (<i>What We Do</i> , 2023).
CSG (<i>Constructive Solid Geometry</i>)	Een Solid Modelling techniek die complexe objecten opbouwt door basisvormen of primitieven als kubussen en cilinders te combineren via Boolean Operations zoals union, difference en intersect (<i>What Are BREP And CSG Difference Between BREP And CSG</i> , 2023).
CSS (<i>Cascading Style Sheets</i>)	Een stijlblad wat de opmaak van HTML elementen beschrijft (<i>CSS Introduction</i> , z.d.).
Geometry nodes (<i>Blender</i>)	Een hulpmiddel dat verder bouwt op de Blender Modifiers en deze uitbreidt met ongelimiteerde potentiële toepassingen voor (zeer) complexe geometrie, door middel van een dynamische node-based workflow (Blender Studio, z.d.).

Git	Een gedecentraliseerd of verdeeld Version Control systeem waarbij de volledige codegeschiedenis beschikbaar is op elke computer (Kinsta, 2023).
GitHub	Een platform voor cloud-based Git-hosting, waardoor het gebruik van Git, Version Control en samenwerking eenvoudiger worden, zelfs voor beginners (Kinsta, 2023).
IDM (Information Delivery Manual)	Een gestandaardiseerde methode voor het vastleggen van processen en informatiestromen in de bouwsector, waardoor de uitwisseling van informatie tussen verschillende partijen effectiever kan worden gestructureerd en gespecificeerd (Information Delivery Manual (IDM), z.d.).
IDS (Information Delivery Specification)	Een standaard die informatievereisten definieert, zowel leesbaar voor mensen als te interpreteren door computers. IDS helpt bij het nauwkeurig specificeren van alle vereiste data, zonder geometrie, en biedt duidelijkheid voor alle belanghebbenden (Van Berlo et al., z.d.).
IFC (Industry Foundation Classes)	Een algemeen bestandsformaat voor het delen van BIM-informatie tussen verschillende software-applicaties van partijen in het bouwproces (IFC / Forum Standaardisatie, z.d.).
IfcOpenShell	Een open-source softwarebibliotheek die ontwikkelaars helpt bij het manipuleren, analyseren, visualiseren en genereren van gegevens in het IFC-formaat (IFCOpenShell - Wiki.OSArch, z.d.).
IFC Schema	De IFC-schema specificatie, ontwikkeld door buildingSMART, is een gestandaardiseerd datamodel dat de identiteit, eigenschappen en relaties van objecten, processen en personen in de bouwsector vastlegt (BuildingSMART International, z.d.).
Interoperabiliteit	“Interoperabiliteit is het vermogen van organisaties (en hun processen en systemen) om effectief en efficiënt informatie te delen met hun omgeving” (Interoperabiliteit - NORA Online, z.d.).
Kernel (geometrische context)	De kerncomponent van 3D-modelleringssoftware (zoals CAD) die complexe wiskundige formules omzet in visuele vormen. Het voert essentiële bewerkingen uit, zoals bijvoorbeeld het maken van gebogen randen of een perforatie, en is dus de kern voor alle 3D bewerkingen (Corp, z.d.).
Kernel (IFC context)	Verwijst naar de kernlaag die essentiële gegevensstructuren en relaties definieert en de basis vormt voor objecten, eigenschappen en relaties binnen BIM (5.1 IFCKernel - IFC4.3.2.0 Documentation, z.d.).
Mesh	Een 3D representatie van een object die de werkelijkheid benaderd, opgebouwd uit vertices, edges en faces. De

Modifier (Blender)

faces bestaan uit polygons, meestal drie- of vierhoeken (*Faceted Modelling And NURBS*, 2023).

Automatische handelingen in Blender die niet-destructieve bewerkingen op geometrie uitvoeren zonder de basisgeometrie aan te passen (*Modifiers Introduction - Blender 4.1 Manual*, z.d.).

NURBS beschrijving (Non-Uniform Rational Basis Spline)

Beschrijft curves en faces met wiskundige formules. Dit biedt veel flexibiliteit en de mogelijkheid voor nauwkeurige en vloeiende modellen (*Faceted Modelling And NURBS*, 2023).

OpenBIM

Een methode waarbij het ontwerp, de bouw en functionaliteit van gebouwen universeel benadert op basis van open standaarden (*BIMcollab*, 2024).

OCCT (Open CASCADE Technology)

De enige open-source 3D-geometriebibliotheek op volledige schaal, gebruikt in engineering voor 3D-modellering, productie, simulatie en kwaliteitscontrole (*Open CASCADE Technology | Collaborative Development Portal*, z.d.).

OCCT3D (Open CASCADE Technology 3D)

Een bekende open-source 3D-modellerings kernel die een gratis alternatief is om 3D CAD data te verwerken en bewerken. Deze gebruikt de OCCT bibliotheek en functies (*OCCT3D Technology - Open Cascade*, 2023).

Open-source

Verwijst naar software die vrij toegankelijk, aanpasbaar en deelbaar is, waarbij de broncode publiek beschikbaar is (*Opensource.com*, z.d.).

Python

Een high-level, objectgeoriënteerde programmeertaal die veel gebruikt wordt voor snelle applicatieontwikkeling, scripting en software-integratie (*What Is Python? Executive Summary*, z.d.).

Semantiek (programmeren)

Het verwijst naar de interpretatie van geschreven code en de bijbehorende uitgevoerde handelingen (*Cheung, 2021*).

Solid Modelling

Solid Modelling stelt 3D-objecten als vaste volumes voor en biedt hoog detailniveau en nauwkeurigheid. Het is essentieel voor precieze calculaties, analyses en materiaaleigenschappen, en geeft informatie over volume, gewicht en massamiddelpunt (*Stanton, 2023*).

Sverchok

Een Blender-add-on die ontwerpers wiskundige parametrische tools biedt om geometrische objecten te creëren zonder programmeerkennis (*Sverchok - Wiki.OSArch*, z.d.).

SVG (Scalable Vector Graphics)

Een bestandsformaat wat statische en dynamische 2D vectorelementen bevat.

UI (User Interface)

Het grafisch vormgegeven beeld wat interactie tussen gebruiker en computer of software mogelijk maakt.

Version Control

Dit concept helpt ontwikkelaars en programmeurs om wijzigingen in de code te bekijken en te beheren (*Kinsta, 2023*).

3 ONDERZOEKSMETHODOLOGIE

Dit onderzoek bestaat uit verschillende onderdelen, die elk met een specifieke onderzoeks methode zijn benaderd. De gekozen methodologieën omvatten beschrijvend, exploratief en toegepast onderzoek, waarbij de laatste twee nauw met elkaar verbonden zijn.

3.1 BESCHRIJVEND ONDERZOEK

Het eerste deel van dit onderzoek betreft beschrijvend onderzoek, wat voornamelijk wordt gebruikt in hoofdstukken 4 en 5. In dit deel wordt de huidige situatie gedetailleerd beschreven, evenals de context en omstandigheden waarbinnen het onderzoek plaatsvindt. Door de huidige stand van zaken en de achtergrond te schetsen wordt er een duidelijk beeld gevormd van de oorsprong van de onderzoeks vrag. Daarnaast wordt hierin de technische achtergrond van de in latere hoofdstukken besproken uiteengezet, zodat hiermee een basiskennis voor de overige informatie wordt vastgesteld. Deze methode komt in mindere mate ook aan bod in de andere hoofdstukken.

3.2 EXPLORATIEF & TOEGEPAST ONDERZOEK

Daarnaast maakt dit onderzoek gebruik van exploratieve en toegepaste onderzoeks methoden. Aangezien BlenderBIM een innovatief onderwerp is en het programma aan snelle verandering onderhevig is, is er beperkte wetenschappelijke literatuur beschikbaar. Daarom is de potentie van BlenderBIM als alternatief verkend door praktijk voorbeelden te analyseren en het eindmodel als proof-of-concept in te zetten. Deze exploratieve fase leverde belangrijke inzichten op en identificeerde specifieke problemen die verder onderzoek rechtvaardigen.

Na de exploratieve fase zijn er toegepaste onderzoeks methoden ingezet om de haalbaarheid en bruikbaarheid van BlenderBIM in verschillende fasen van het bouwproces te beoordelen. Dit omvatte het bestuderen van het werk van andere professionals, raadpleging van experts via het online OSArch forum en het uitvoeren van oplossingsgerichte experimenten. De focus lag hierbij op het ontwikkelen van concrete aanbevelingen en richtlijnen voor de implementatie van BlenderBIM binnen Ingenieursbureau 3BM en het ontdekken van eventuele tekortkomingen binnen het programma. Deze aanpak resulteerde in praktische en direct toepasbare resultaten. De resultaten zijn grotendeels gevalideerd om er een verifieerbaar waardeoordeel aan te geven.

4 PROBLEEMVELD EN ACHTERGROND

De onderliggende problematiek, de huidige situatie en andere gerelateerde onderwerpen van dit onderzoek zijn achterhaald. Het begrijpen van de achtergrond van dit onderzoek is van groot belang om een antwoord te kunnen vormen op de onderzoeksraag en helpt in de latere stadia van het onderzoek om een waardeoordeel te kunnen vormen.

4.1 SITUATIE VAN DE MARKT

4.1.1 REVIT ALS MARKTLEIDER

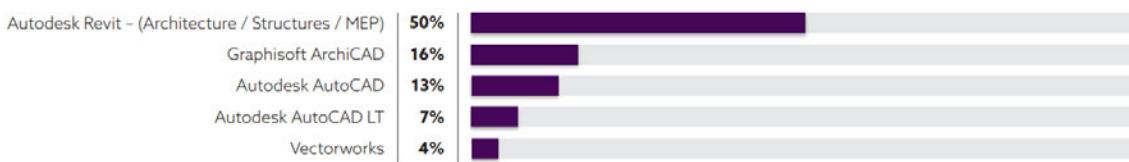
De architectuur-, engineering- en constructiesector (AEC) heeft de afgelopen decennia aanzienlijke veranderingen ondergaan. In het verleden werden de meeste gebouwen ontworpen met behulp van 2D-tekeningen. Deze aanpak vereiste dat informatie tussen verschillende partijen werd uitgewisseld door middel van digitale of fysieke verzending van tekeningen. Bij elke wijziging moesten tekeningen opnieuw worden uitgewisseld, wat resulteerde in het gebruik van meerdere versies van documenten. Dit vergrootte de kans op fouten (Van de Ven, 2017).

Een groot deel van de sector heeft zich mede daardoor ontwikkeld tot het gebruik van de BIM (Building Information Modelling) werkmethode. Deze werkmethode bevat elke vorm van gebouwinformatie en stelt deze beschikbaar in een 3D-omgeving (Van de Ven, 2017). Er is in deze periode veel verschillende software ontwikkeld, waarbij voor velen zowel nationaal als internationaal Autodesk Revit de voorkeur heeft gekregen. Revit bevat een ongeëvenaarde hoeveelheid functies waardoor het programma geschikt is voor architectonische, mechanische, elektronische, sanitaire, en constructieve projecten, maar ook voor bouwcoördinatie en documentatie (Onur & Nouban, 2019). Het kan dus ook wel gezegd worden dat Revit de marktleider op het gebied van BIM-software is. Hoewel er niet veel officiële gebruiksstatistieken bekend zijn, geeft een jaarlijkse enquête van de National Building Specification (NBS) onder professionals in het Verenigd Koninkrijk hier wel een beeld van, zie Figuur 1 (2020). Hiervan is helaas geen vergelijkbare grafiek van een recenter jaar beschikbaar. Autodesk Revit heeft de eerste plek, waarna ArchiCAD komt. Daarna staat Autodesk AutoCAD als hoogste op de lijst, wat weer onderdeel van het Autodesk softwarepakket is. Andere bronnen geven vergelijkbare ranglijsten (PA Editorial team, 2023). Het kan dus gezegd worden dat Autodesk bijna een monopolie op BIM-software heeft en Autodesk Revit de marktleider is. Aangezien Autodesk Revit marktleider en de gebruikte hoofdsoftware van Ingenieursbureau 3BM is, zal in het vervolg vooral Revit besproken worden.

Figuur 1

Percentage meest gebruikte software door deelnemers

*Which of the following do you use as your primary design tool? **



* The five most used design tools

Overgenomen uit een rapport van de NBS, 2020. (<https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2020>). Copyright z.d., The NBS.

4.1.2 ONTEVREDENHEID

Er is de afgelopen jaren een toenemende ontevredenheid over het programma Autodesk. In 2015 is Autodesk voor nieuwe gebruikers volledig overgegaan op een abonnementenstelsel, waarbij bestaande gebruikers steeds meer gestimuleerd daarnaar over te stappen.

Elk jaar dat men hiermee wachtte, werd de prijs 5% duurder (Alba, 2018). Hierover ontstond onvrede, aangezien ook de bedrijven die voor een levenslange licentie betaald hebben indirect zijn geforceerd over te stappen. Men kan de licentiecode 10 jaar na aankoop namelijk niet meer activeren in het geval van een herinstallatie (*Killing Perpetual May 7 2020*, 2020).

De European Construction Industry Federation (FIEC) publiceerde in februari 2020 een position paper waarin het gebrek aan concurrentie in de software-industrie en de stijgende kosten voor klanten werden bekritiseerd (European Construction Industry Federation [FIEC], 2020). In juli 2020 stuurde een gemeenschap van Britse en internationale ontwerppraktijken de “Letter to Autodesk”, waarin zorgen werden geuit over onder andere het gebrek aan ontwikkeling van de hoofdsoftware, de toenemende kosten en het gebrek aan databaseveiliging. Hieronder hebben bureaus zoals Zaha Hadid Architects en MVRDV hun handtekening gezet (“Letter To Autodesk”, 2020). De kosten stegen in de periode 2013-2025 met wel 240%, exclusief inflatie, volgens M.D. Vroegindeweij, zie Bijlage 15.1. Volgens RIBA (Royal Institute of British Architects) zagen praktijken in de periode 2015-2019 een stijging van 70% en daarboven (“Letter To Autodesk”, 2020). Vervolgens onderschreef de Architects’ Council of Europe (ACE) in juni 2021 deze zorgen in samenwerking met de European Federation of Engineering Consultancy Associations (EFCA) (European Federation of Engineering Consultancy Associations [EFCA] & Architects’ Council of Europe [ACE], 2021). In september 2021 stuurde de Noorse Vereniging van Raadgevende Ingenieurs (RIF) een open brief aan alle ontwerpsoftware ontwikkelaars, waarbij de eerdergenoemde initiatieven met hun punten gesteund werden (The Association of Consulting Engineers in Norway [RIF], 2021). Recent hebben vier professionele organisaties in 2022 die samen meer dan 14.000 architecten vertegenwoordigen uit Denemarken, Finland, IJsland en Noorwegen hun krachten gebundeld om een open brief aan Autodesk te sturen, waarin zij hun frustratie uitten over de trage softwareontwikkeling en de beperkte respons van Autodesk op de eerdere brieven en papers (*OPEN LETTER TO AUTODESK*, 2022). Deze brieven en position papers benadrukken de groeiende bezorgdheid en ontevredenheid binnen de bouwsector over de praktijken van Autodesk.

Een kort overzicht van de belangrijkste punten uit deze brieven, met de voorgestelde oplossingen die schrijvers erbij hebben beschreven. Zie Bijlagen 15.2 voor de meest recente brief, The Nordic letter, waarvan alleen de zeer uitgebreide lijst met ondertekenden is weggelaten.

- Visie en strategie: Ontwikkel een vervanging voor Revit en verbeter communicatie over toekomstige veranderingen.
- Technologie gebruik: Optimaliseer gebruik van moderne hardware en data management, inclusief real-time visualisatie en naleving van internationale normen.
- Platform en Data: Bouw een modern platform met open datastandaarden en betrouwbare cloudservices, waarbij de data veilig is.
- Productverbeteringen: Verbeter ondersteuning voor internationale standaarden, zoals IFC, en zorg voor regelmatige updates en foutoplossingen.
- Tools en Automatisering: Verbeter modelleringshulpmiddelen en investeer in onderzoek en ontwikkeling.
- Licenties en Kosten: Bied flexibele licenties, betaalmodellen gebaseerd op gebruik, flexibele bundels en wees open over te verwachten kostenverhogingen.
- Samenwerking: bouw partnerschappen met klanten, gebaseerd op vertrouwen en respect.

4.1.3 HET ANTWOORD

Autodesk heeft hierop uiteraard reactie gegeven. Zo zijn er enkele publieke verklaringen van A. Bunzel (2020), toenmalig senior vice president van Design & Creation, en de CEO van Autodesk, A. Aganost (2021). Hierin erkennen ze dat de ontwikkeling van Revit is vertraagd en beloven meer te investeren in de ontwikkeling. Intussen was er volgens hen meer geïnvesteerd in onderdelen voor de MEP en constructieve engineering (Aganost, 2021). Ze benadrukken ook hun inzet voor veilige en schaalbare cloudoplossingen, met initiatieven zoals BIM 360 Design en een nieuw datacenter in Europa. Daarnaast blijven ze zich richten op het verbeteren van de prestaties en de interoperabiliteit tussen hun eigen producten (Bunzel, 2020). Ze hebben plannen voor een toekomst waarin data beter stroomt tussen Autodesk- en niet-Autodesk-producten en uiteindelijk alles via de cloud. Ondanks de uitdagingen en bezwaren van de overstap naar een abonnementsmodel, blijft Autodesk geloven dat dit model klanten beter zal bedienen en biedt hulpmiddelen om investeringen te optimaliseren (Bunzel, 2020). Daarnaast zijn de kosten van het model niet zo significant gestegen ten opzichte van het vorige model als de brieven suggereren. De kosten van Autodesk-software zijn volgens hen slechts een zeer klein percentage van de inkomsten van architectenbureaus (Aganost, 2021). Autodesk belooft echter dat hun licentiehandhaving in de toekomst op een respectvolle manier zal gebeuren. Ze blijven zich inzetten voor een eerlijke return on investment voor klanten en zullen luisteren en reageren op feedback om hun producten en diensten te verbeteren. Autodesk waardeert open dialoog met klanten en betrekt hen actief bij de ontwikkeling van hun producten. Ze beloven voortaan meer te investeren in Revit Architecture (Aganost, 2021).

Daarnaast zijn er een aantal direct merkbare reacties gekomen zoals bijvoorbeeld een luistersessie, de beëindiging van de netwerklicenties die vertraagd is en het aantal verouderde versies dat een bedrijf toegestaan is te gebruiken dat is verhoogd. Zo is ook een roadmap van Revit gepubliceerd en zijn er meer vacatures en meer geld voor Revit te zijn toegewezen (Day & The open letter group, 2022).

Twee jaar later lijkt er volgens The open letter group, bestaand uit partijen die The Open Letter To Autodesk ondertekend hebben, echter niet veel veranderd te zijn (Day & The open letter group, 2022). Men lijkt tegen dezelfde problemen aan te lopen. Men is wel bezig met veranderingen, maar deze zullen niet een enorme impact hebben en komen te langzaam. Een Revit 2.0, een complete herschrijving van Revit met up-to-date code en mogelijkheden, lijkt met enige zekerheid nooit te komen (Day & The open letter group, 2022). De ontwikkelingen die wel impact gaan maken lijken nog vele jaren te duren, terwijl in die tijd ook ander BIM tools verder ontwikkelen. The open letter group geeft aan dat er verandering moet komen, maar dat men voordat alles opgelost is mogelijk naar andere software over is gestapt (Day & The open letter group, 2022). Het lijkt er sterk op dat deze nog niet gevonden is, anders was men bijvoorbeeld al naar ArchiCAD als alternatief veelgebruikt programma overgestapt. ArchiCAD heeft voordelen ten opzichte van Revit, maar is in de basis beter geschikt voor architectonische ontwerpen dan voor het engineeringsgedeelte (Ocean, 2024a). Dit is wel een van de belangrijkste redenen waarvoor men voor Revit kiest, aangezien hierin dit allemaal mogelijk is.

4.2 INTEROPERABILITEIT

4.2.1 SAMENWERKING

Interoperabiliteit gaat in feite over samenwerken. De definitie is als volgt: "Interoperabiliteit is het vermogen van organisaties (en hun processen en systemen) om effectief en efficiënt informatie te delen met hun omgeving" (*Interoperabiliteit - NORA Online*, z.d.). In de BIM wereld is dit niet anders: verschillende partijen werken samen aan een project en moeten daarom informatie met elkaar delen. Wanneer de manier waarop de informatie gedeeld wordt niet is vastgelegd, is dit echter een inefficiënt proces waarbij de partijen gekregen informatie niet of nauwelijks kunnen verwerken. Dit zorgt dus

ook voor een lage mate van interoperabiliteit. Hiervoor zijn er verschillende afspraken gemaakt om zo de overlevering van data enigszins te stroomlijnen, zoals bijvoorbeeld de BIM Basis-ILS (digiGO, 2023). Het IFC bestandsformaat is voor de bouwsector een open bestandsformaat en is voor dit specifieke vraagstuk ontwikkeld. Een van de problemen uit de eerder genoemde brieven is dat Autodesk onder andere hier niet actief meer op inzet (*OPEN LETTER TO AUTODESK*, 2022). Autodesk biedt een pakket aan en programma's binnen dit pakket kunnen uitstekend met elkaar samenwerken. Echter gebruikt men ook programma's buiten het Autodesk softwarepakket en de mate van interoperabiliteit hiervoor is laag, zoals uit de eerder genoemde brieven blijkt. Dit is nu juist wel de bedoeling van interoperabiliteit en de wens van gebruikers in het professionele werkveld. Zo is het in Revit 2025 nog niet mogelijk om een IFC model met IFC4 of hoger te openen (Autodesk, z.d.-a), terwijl deze al in 2013 uitgekomen is (*History And Versions Of IFC – BIM Supporters*, z.d.). De IFC functionaliteit van Revit is ook niet ontworpen om informatie te exporteren en na wijzigingen weer te importeren (Autodesk, z.d.-e). In ArchiCAD is deze functionaliteit uitgebreider en is de import van IFC4 wel mogelijk (Graphisoft, z.d.).

4.2.2 OPENBIM

Dit gebrek aan ondersteuning voor internationale standaarden belemmert de efficiëntie en samenwerking tussen verschillende partijen in de bouwsector. Aangezien projecten vaak gebruik maken van een verscheidenheid aan software van verschillende leveranciers, is het cruciaal dat data naadloos en betrouwbaar uitgewisseld kan worden. Bedrijven en instanties hebben daarom steeds meer behoefte aan oplossingen die deze interoperabiliteit bevorderen en ervoor zorgen dat informatie ongehinderd tussen systemen kan uitgewisseld worden, wat ook blijkt uit de verschillende eerder genoemde brieven. Deze werkwijze is nauw verbonden met de zogenoemde OpenBIM benadering of werkwijze ("The Power Of openBIM: Enhancing Collaboration And Efficiency", 2024). Dit zou niet alleen de samenwerking verbeteren, maar ook de algehele projectprestaties verhogen, fouten verminderen en een beter project management mogelijk maken (Ocean, 2024).

Om interoperabiliteit te waarborgen is er dus een behoefte aan (internationale) open standaarden. Een ander voordeel van deze standaarden is dat bestanden in de lange termijn altijd geopend kunnen worden, want de basis blijft namelijk altijd hetzelfde ("The Power Of openBIM: Enhancing Collaboration And Efficiency", 2024). In Revit is het zo dat wanneer een bestand van een oudere Revit versie geopend wordt, deze moet worden geüpgraded. Dit kan veel tijd kosten, maar wanneer er veel jaar tussen de versies zit, is het soms zelfs onmogelijk om te upgraden (Autodesk, z.d.-d). Daarnaast worden alleen de laatste vier versies van Revit actief ondersteund (Autodesk, z.d.-f). Bij een renovatie waar 20 jaar overheen zal men hier dus tegenaan lopen. Een open bestandsformaat zorgt dus voor een hogere mate van consistentie ("The Power Of openBIM: Enhancing Collaboration And Efficiency", 2024). Inmiddels is het IFC open bestandsformaat uitgegroeid tot een van de, zo niet het beste open formaat van deze tijd om BIM modellen en informatie te delen. Het wordt ook al door veel software ondersteund, zij het niet altijd even goed.

4.3 DEELCONCLUSIE

De bouwsector is geëvolueerd van 2D-tekeningen naar Building Information Modelling (BIM), waarbij Autodesk Revit zich als marktleider heeft gevestigd. Er zijn echter veel klachten geuit over het gebrek aan concurrentie, trage ontwikkeling, stijgende kosten en gebrekkige databeveiliging bij Revit, zoals verwoord in internationale open brieven. Ondanks beloften van verbetering en investeringen in Revit Architecture en cloudoplossingen door Autodesk, blijft de ontevredenheid onder gebruikers aanhouden. Het gebrek aan ondersteuning voor internationale standaarden zoals IFC 4.0 in Revit belemmert de samenwerking en efficiëntie, in tegenstelling tot open standaarden zoals IFC, die

samenwerking bevorderen en projectprestaties verbeteren. Dit benadrukt de dringende behoefte aan verandering en het belang van het overwegen van alternatieve softwareoplossingen.

4.4 VALIDATIE

C.C.J. Claus heeft als extern expert een groot gedeelte van dit onderzoek gevalideerd, zie hiervoor Voor dit onderdeel was het met name van belang dat er nog een aspect van de ontevredenheid toegevoegd moest worden, bepaalde onderdelen het beste opnieuw gestructureerd konden worden en dat er eigenlijk meer onderzoek naar andere BIM programma's zou moeten komen, aangezien het nu veelal over Autodesk Revit gaat en het daarmee niet representatief voor elk programma is.

De eerste twee opmerkingen heb ik verwerkt, maar het laatste niet helemaal. Hoewel het een terechte opmerking is, is het voor dit onderzoek minder relevant. Ik heb duidelijker vastgesteld dat Revit de marktleider is en dat er voor de industrie nog niet een gelijkwaardig product is dat wel volledig aan de wensen en eisen van de ontevreden gebruikers voldoet, waardoor het voor dit onderzoek afdoende is om vooral op Revit in te gaan.

5 OPLOSSING

Nu het probleemveld en de achtergrondssituatie helder is, is het belangrijk om naar de mogelijke oplossingen te kijken. Hiervoor kijk ik naar IFC, de open-source visie, Blender en uiteindelijk BlenderBIM als een mogelijke oplossing voor de eerder genoemde problemen.

5.1 INDUSTRY FOUNDATION CLASSIFICATIONS (IFC)

5.1.1 GESCHIEDENIS

Zoals vermeld is het IFC bestandsformaat ontwikkeld is om de stroom van informatie tussen verschillende software mogelijk te maken. Het IFC bestandsformaat is daar echter niet de eerste van. De eerste generatie van vastgelegde data-uitwisselingsmethoden, van de jaren 50 tot de jaren 70, beperkten zich tot binnen de bedrijven zelf en dezelfde software. De tweede generatie die eind 1970 tot halverwege 1980 duurde werd de eerste vorm van open standaarden (Laakso & Kiviniemi, 2012). In 1984 gaf het ISO (International Standards Organization) aan dat geen enkel bestaand formaat geschikt was als open standaard voor verschillende productie- en industriesectoren. Dit markeerde het begin van de derde generatie van standaarden in de data uitwisseling. Hierna is de zogenoemde STEP (Standard for the Exchange of Product Data) standaard ontwikkeld, met het oog op open standaarden en data uitwisselbaarheid in meerdere sectoren. Deze is ook wel bekend als ISO 10303 (*What Is STEP?*, z.d.). De focus ligt hierbij op het uitwisselen van CAD data in bijvoorbeeld de lucht- en ruimtevaart, automotive en zware industrie (Laakso & Kiviniemi, 2012). In 1994 is de ontwikkeling van IFC officieel gestart met het oog op een internationale open standaard voor data uitwisseling, specifiek voor de bouwsector (Laakso & Kiviniemi, 2012). Dit was vanaf 1995 onder toezicht van de IAI (International Alliance for Interoperability), later BuildingSMART geworden, en in 1996 kwam IFC 1.0 uit (Cruz & Nicolle, 2009).

De methodologie van IFC is gebaseerd op het STEP-formaat, waardoor ze qua structuur op elkaar lijken. Dit komt ook tot uiting in de verschillende formaten waarin IFC kan worden opgeslagen. De meest gebruikte vorm is de STEP Physical File (SPF), die de bekende .ifc extensie heeft (IFC Formats - BuildingSMART Technical, z.d.). IFC gebruikt dus het formaat en de structuur van STEP, inclusief de opbouw van de tekst en leesbaarheid, maar gaat verder dan dat. Zoals eerder beschreven, is STEP ontwikkeld voor diverse industrieën, terwijl IFC specifiek is ontwikkeld voor de bouwsector en Building Information Modelling (BIM).

In STEP wordt geometrie opgeslagen met een beperkte hoeveelheid data, terwijl in software zoals Revit veel meer data aan een object wordt toegevoegd en verwerkt (Larin, 2021). IFC is juist ontworpen om deze uitgebreide dataset in zijn geheel over te kunnen dragen naar andere software en kan dus ook meer gerelateerde data opslaan (IFC Formats - BuildingSMART Technical, z.d.). Opmerkelijk is dat verschillende grote organisaties, waaronder Autodesk, het initiatief hebben genomen voor de ontwikkeling van deze open standaarden (Laakso & Kiviniemi, 2012). Hoewel Autodesk eerder betrokken was, lijkt het erop dat zij niet langer actief de ontwikkelingen op dit gebied ondersteunen wanneer men de IFC implementatie mogelijkheden bekijkt binnen Revit 2025, zie ook hoofdstuk 4.2.1.

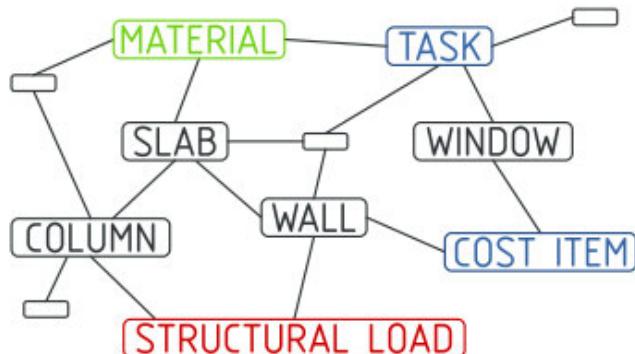
5.1.2 IFC SCHEMA

IFC is kort gezegd een gestandaardiseerde, digitale beschrijving van de gebouwde omgeving. Het is een open, internationale standaard (*ISO 16739-1:2024*, z.d.) en is bedoeld om leveranciersonafhankelijk te zijn en kan gebruikt worden op een breed scala aan hardware-apparaten, softwareplatforms en interfaces voor diverse toepassingen. Hiervoor wordt het IFC Schema gebruikt: het belangrijkste technische product van BuildingSMART (*Industry Foundation Classes (IFC) - BuildingSMART Technical*, z.d.). In dit schema worden op een logische manier de identiteit & semantiek, de eigenschappen of attributen en relaties van objecten, abstracte concepten, processen & mensen vastgelegd of gecodeerd (*Industry Foundation Classes (IFC) - BuildingSMART Technical*, z.d.).

De data binnen het schema hebben veel relaties met elkaar en deze zijn vastgelegd in het IFC Schema, zie Figuur 2 (*Introduction To IFC - IfcOpenShell 0.7.0 Documentation*, z.d.). Hierdoor krijgt de data zijn betekenis die ook leesbaar is voor een computer. Dit wordt semantiek genoemd (Cheung, 2021).

Figuur 2

Elementen en hun relaties binnen het IFC Schema



Overgenomen van een webpagina van IfcOpenShell, z.d. (https://docs.ifcopenshell.org/introduction/introduction_to_ifc.html). Copyright 2011-2024, IfcOpenShell Contributors.

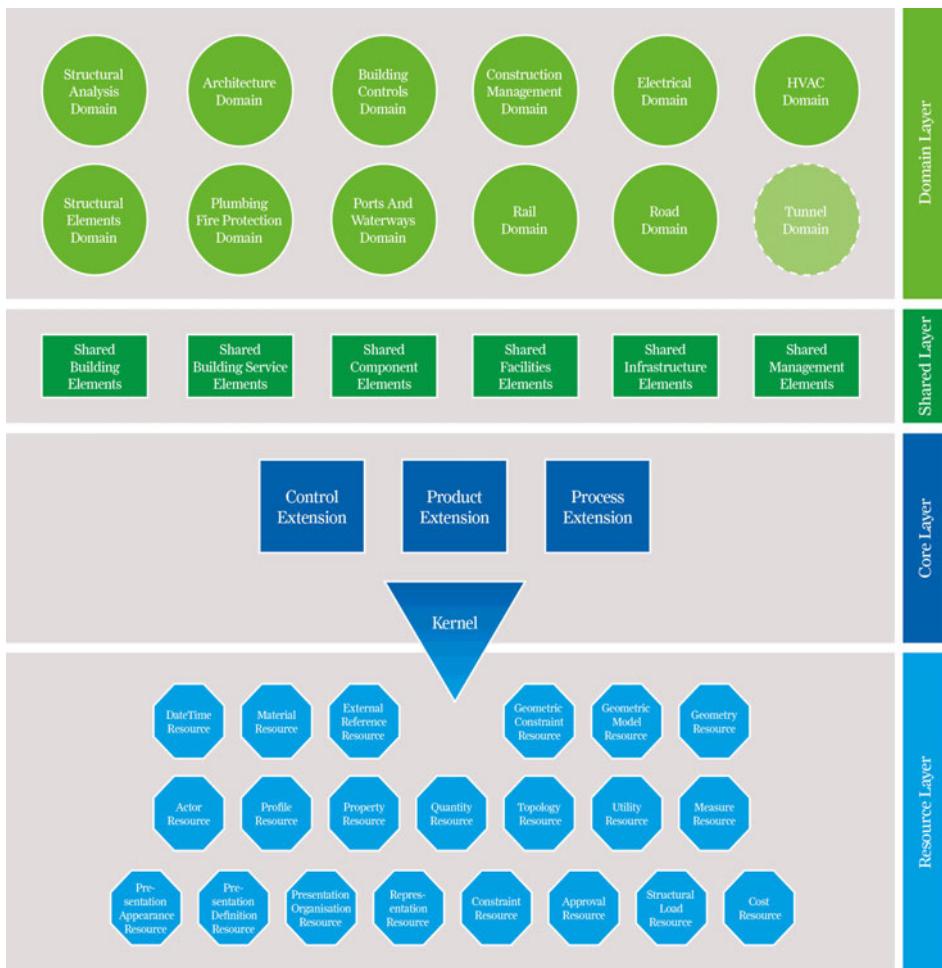
Onderdeel	Voorbeelden
Identiteit & semantiek	Naam, identificatiecode leesbaar voor machines, object type of functie
Kenmerken of attributen	Materiaal, kleur of thermische eigenschappen
Relaties	Locaties, connecties en eigendom
Objecten	Kolommen, vloeren, wanden
Abstracte concepten	Prestaties, begroting
Processen	Installaties, werkzaamheden
Mensen	Eigenaars, ontwerpers, aannemers, leveranciers

De gegevens uit bovenstaande lijst komen uit de IFC documentatie (*Introduction To IFC - IfcOpenShell 0.7.0 Documentation*, z.d.).

Er is echter nog veel meer mogelijk in het IFC bestandsformaat (*Industry Foundation Classes (IFC) - BuildingSMART Technical*, z.d.). De laatste versie van het schema is op dit moment 4X3. Het schema is opgebouwd uit verschillende lagen die op elkaar bouwen, zie Figuur 3. Hierin is te zien dat het van beneden naar boven respectievelijk van algemeen naar specifieke onderdelen gaat (Davies, 2022)

Figuur 3

De lagen van het IFC 4 Schema



Overgenomen van een webpagina door T. Davies, 2023.
(<https://aecmag.com/collaboration/breaking-down-the-ifc-4-3-schema/>). Copyright 2022, onbekend.

De onderste laag, de Resource Layer, is opgebouwd uit basiseenheden en vormt daarmee de basis voor alle mogelijke beschrijvingen. Voorbeelden hiervan zijn de gekozen eenheden, de datum, valuta, vorm of geometrie en soorten of typen eigenschappen. Deze zijn dus ook niet gerelateerd aan de bouwsector zelf, maar zouden ook voor andere industrieën ingezet kunnen worden (Davies, 2022).

De tweede laag is de zogenoemde Core Layer. Ook hier wordt het algemeen gehouden. Hier zijn basisobjecten, property sets en verschillende soorten relaties. Ook deze zijn niet sectorspecifiek (*IFC Schema Introduction*, z.d.). In deze laag doet ook de kernel zijn werk. De IFC-kernel fungeert als de schakel tussen de basiselementen van de Resource Layer en de rest van het model, en speelt daarmee een cruciale rol (5.1 IFCKernel - IFC4.3.2.0 Documentation, z.d.). De kernel zorgt ervoor dat informatie op een betekenisvolle manier kan worden opgesplitst in de basiselementen van de Resource Layer. Omgekeerd zorgt de kernel er ook voor dat informatie uit de Resource Layer correct wordt gekoppeld aan het overkoepelende product. De IFC-kernel definieert de fundamentele structuren en relaties binnen het model, wat consistentie, interoperabiliteit en uitbreidbaarheid mogelijk maakt (5.1

IFCKernel - IFC4.3.2.0 Documentation, z.d.). De eerste en deze tweede laag vormen samen de digitale kern of fundering van elk project dat gebruikt maakt van van IFC in deze industrie (Davies, 2022).

De derde laag is de Shared Layer, waarin de fysieke elementen als wanden, trappen, ramen en bevestigingsmiddelen gevonden worden. Daarnaast zijn er ook bredere elementen als vergunningen, kostenoverzichten, meubilair en bewoners. Deze laag is dus al specifiek voor de bouwsector (Davies, 2022). De vierde en laatste laag is de Domain Layer, waarin de verschillende discipline specifieke elementen zijn geplaatst. Deze disciplines zijn als volgt (*IFC Schema Introduction*, z.d.):

- Architectuur
- Gebouw beheersystemen
- Bouwmanagement
- Elektriciteit
- Verwarming, ventilatie en airconditioning
- Sanitair
- Havens en waterwegen
- Spoorwegen
- Wegen
- Constructief
- Tunnel (in ontwikkeling)

5.2 OPEN-SOURCE

5.2.1 VOORDELEN

Open-source software is software waarbij de broncode waaruit het programma is opgebouwd vrij toegankelijk is voor iedereen om in te zien, te gebruiken, aan te passen en te verspreiden (Opensource.com, z.d.). Een gevolg en ook de kracht hiervan is dat de gebruikers eigen versies kunnen bouwen, om zo het programma compleet naar eigen wens in te vullen, maar ook verbeteringen of toevoegingen voor het bestaande programma kunnen maken. Daarnaast is er vaak ook het achterliggende idee dat data privé is en dat gebruikers zelf kunnen kiezen wat ze daarmee doen (Opensource.com, z.d.). Dit is een filosofie of concept wat achter verschillende andere open-source programma's zit. Vaak zijn dit alternatieven voor closed-source programma's, die dus hun achterliggende code niet openstellen, een hogere prijs voor het programma vragen, minder tot niet transparant zijn in het verzamelen en verwerken van gegevens van gebruikers enzovoorts (Jena, z.d.) Enkele voorbeelden van open-source software en hun closed-source variant: Mozilla Firefox vs Google Chrome, LibreOffice vs Microsoft Excel, Linux vs Microsoft Windows en Inkscape vs Adobe Illustrator (Ganguly, z.d.). Zie Tabel 1 voor een overzicht van de verschillen tussen closed-source en open-source software.

Tabel 1

Closed-source in vergelijking met open-source

<i>Open-source</i>	<i>Closed -source</i>
De broncode is open, wat betekent dat het grote publiek er toegang toe heeft en het kan gebruiken, aanpassen of verspreiden.	De broncode is gesloten, wat betekent dat het publiek geen toegang heeft tot de broncode. Hierdoor kunnen gebruikers privacy zorgen hebben.
Open Source Software wordt ook wel OSS genoemd, de gratis of Free OSS ook wel FOSS.	Closed Source Software wordt ook wel CSS genoemd.
De code kan door andere gebruikers en organisaties worden aangepast.	Alleen de persoon of organisatie die de software heeft gemaakt, kan de code aanpassen.

De prijs van open-source software is erg laag of gratis.	De prijs van closed-source software is hoog.
Er zijn niet veel beperkingen voor gebruikers met betrekking tot het gebruik en de aanpassing van de software.	Er zijn veel beperkingen voor gebruikers met betrekking tot het gebruik en de aanpassing van de software.
Programmeurs kunnen gratis verbeteringen aanbieden voor erkenning als hun verbetering wordt geaccepteerd.	Programmeurs worden ingehuurd door het softwarebedrijf/organisatie om de software te verbeteren.
Als het programma populair is, kunnen er zeer veel programmeurs aan het project werken.	Er is een beperking op het aantal programmeurs of het team dat aan het project zal werken.
Het wordt gekocht met de broncode.	Het wordt niet gekocht met de broncode.
Open software kan op elke computer worden geïnstalleerd.	Closed software moet een geldige licentie hebben voordat het op een computer kan worden geïnstalleerd.
Open-source software faalt snel, maar wordt ook snel gerepareerd.	Closed-source software heeft geen ruimte voor falen en is dus vaak stabiever.
Bij open-source software is niemand verantwoordelijk voor de software.	Bij closed-source software is de verkoper verantwoordelijk als er iets met de software gebeurt.
Het installeren en gebruiken van OSS is vaak ingewikkeld voor een niet-programmeur.	Installatie en gebruik is vaak voor gebruikers met verschillende kennisniveaus geoptimaliseerd.

De gegevens van deze tabel zijn overgenomen van een webpagina van GeeksforGeeks.com door S. Jena, z.d. (<https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-open-source-software-and-closed-source-software/>). Copyright z.d., S. Jena.

5.2.2 NADELEN

Er zijn zoals in Tabel 1 te zien ook nadelen aan open-source software verbonden. Aangezien de programma's vaak gratis of een lage prijs hebben, is er meestal geen geld om een team programmeurs fulltime op de software te zetten en is de ontwikkeling deels afhankelijk van de wereldwijde verbeteringen van programmeurs (Jena, z.d.) Dit heeft enkele gevolgen: hoewel er vaak een grote (online) community is van programmeurs die willen helpen, is er geen garantie voor professionele technische hulp van de software zelf. Ook heeft niemand de verantwoordelijkheid voor de software en is er een grote kans op bugs (Jena, z.d.) Dit zijn fouten in de software die door bepaalde acties tevoorschijn komen waardoor het programma anders functioneert dan bedoeld (<https://www.tuple.nl>, 2023). Het voordeel is echter weer dat bugs snel opgepakt en opgelost worden, aangezien iedereen hieraan mee kan helpen (Jena, z.d.).

5.3 BLENDER

Blender is een gratis en open-source 3D-creatie programma, dat over de hele wereld miljoenen geschatte gebruikers heeft (Blender Foundation, z.d.-a). Men kan dus ook de broncode vrij inzien, aanpassen en verspreiden. Inmiddels zijn de Blender Foundation en Blender Institute opgericht, die zich respectievelijk bezighouden met de ontwikkeling van Blender (Blender Foundation, z.d.-c) en het navolgen van de missie van Blender, maar ook bijvoorbeeld het geven van trainingen en het uitvoeren van onderzoek (Blender Foundation, z.d.-d).

5.3.1 GESCHIEDENIS

In 1988 richtte Ton Roosendaal, oprichter van NeoGeo, een animatiestudio op. NeoGeo gebruikte hun eigen 'Traces' software als basis, die snel uitgroeide tot het grootste 3D-animatiebedrijf in Nederland

(Ilyasovich, 2023). In 1995 besloot T. Roosendaal dat Traces verouderd was en begon hij vanuit het niets een nieuw programma te ontwikkelen, wat uiteindelijk de eerste versie van Blender werd (Blender Foundation, z.d.-e).

In 1998 richtte T. Roosendaal een nieuw bedrijf op genaamd Not a Number (NaN), met als doel om van Blender een gratis, compacte, multi-platform 3D-applicatie te maken, wat destijds revolutionair was (Blender Foundation, z.d.-g). Naast het gratis programma was er de mogelijkheid om een betaald abonnement te nemen voor geavanceerde functies. Dit concept trok 5,5 miljoen dollar aan investeringen aan, maar NaN ging in 2002 failliet vanwege economische problemen, uitgaven en conflicten met investeerders (Blender Foundation, z.d.-e).

Kort daarna richtte T. Roosendaal de non-profit Blender Foundation op en startte hij een crowdfundingscampagne die 100.000 euro in 7 weken ophaalde, waarmee hij de rechten van Blender terugkocht (Blender Foundation, z.d.-e). Dit markeerde het begin van Blender als open-source software onder de GNU GPL licentie, wat een van de meest strikte open-source licenties is (Blender Foundation, z.d.-i). Deze licentie garandeert gebruikers vrijheid: zij mogen de software gebruiken, aanpassen en delen, waarbij aangepaste versies onder dezelfde licentie moeten worden vrijgegeven. De broncode moet beschikbaar zijn voor eindgebruikers zonder extra restricties (Free Software Foundation FSF, z.d.).

5.3.2 FUNCTIES

Blender is inmiddels uitgegroeid tot een krachtig open-source 3D programma. Qua functionaliteit is het echter niet gelimiteerd tot enkel modelleren. Direct na installatie zijn de volgende functies beschikbaar of handelingen mogelijk (Blender Foundation, z.d.-b):

- Modelleren: het modelleren van 3D geometrie is de basis voor bijna elk project;
- Sculpting: het ‘beeldhouwen’ van gemaakte geometrie voor een flexibele vormgeving;
- Renderen: het maken van afbeeldingen, bijvoorbeeld fotorealistische architectuur, zowel real-time als offline. Dit houdt in dat men kan kiezen om tijdens de werkzaamheden te renderen om snel een preview te krijgen of achteraf als alles klaar is;
- Animatie & rigging: een 3D-model een digitaal skelet geven en deze animeren voor bijvoorbeeld games of een film;
- Story Art: combineer zowel 2D als 3D, in bijvoorbeeld een tekening;
- VFX: men kan digitale effecten toevoegen aan zojuist gecreëerde renders voor een visuele impact;
- Simulatie: natuurkundige principes kunnen nauwkeurig gesimuleerd worden, zoals vloeistoffen, kleding enzovoorts;
- Video Editor: de gemaakte video of animatie kan aangepast worden door een selectie van basis- maar wel efficiënte tools;
- Scripten: elke tool is beschikbaar via Python en deze scripts kunnen direct vanuit Blender gerund worden.

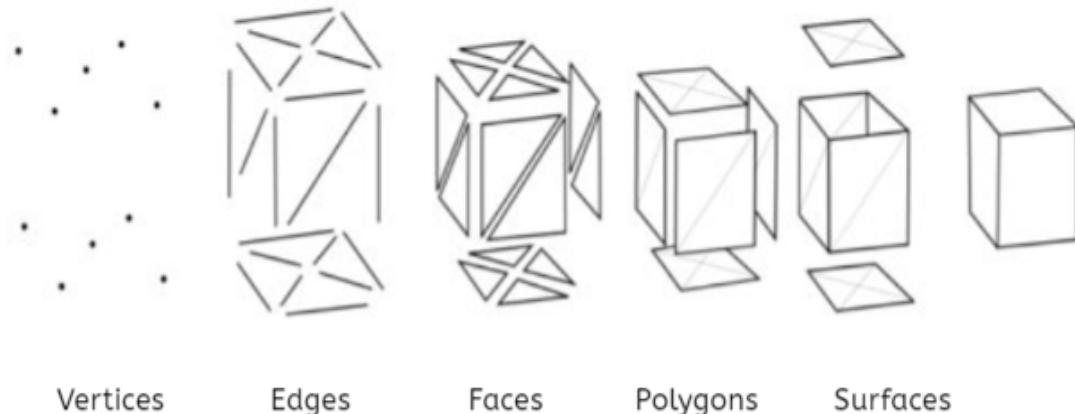
Deze functies of tools worden wereldwijd door de miljoenen Blender gebruikers gebruikt. Voornamelijk in de gamedesign en kunstwereld, maar de laatste tijd ook steeds meer in de Automotive en raketindustrie, zie Bijlage 15.8.

5.3.3 GEOMETRIE

Zoals hiervoor genoemd werkt Blender met geometrie om de 3D modellen te kunnen maken. Blender werkt met in de basis twee verschillende soorten objecten: meshes en curves (Blender Foundation, z.d.-j).

Figuur 4

Het verschil tussen vertices, edges, faces, polygons en surfaces



Overgenomen van een thesis van Y.A. Sheiblik, 2023.
(https://www.researchgate.net/publication/371755826_3D_RECONSTRUCTION_OF_2D_IMAGES_USING_DEEP_LEARNING). Copyright 2023, onbekend.

De laatste is onderverdeeld in een Bézier Curve en een NURBS (Non-uniform Rational Basis Spline). Meshes zijn vormen die door middel van punten (vertices), randen (edges) en oppervlaktes (faces) opgebouwd zijn, zie Figuur 4. Kenmerkend is dat een mesh geen echt vloeiende of organische vormen kan maken. Wanneer men een bocht wil maken, wordt die verdeeld in kleinere segmenten in de vorm van driehoeken of vierhoeken (*Hexahedral Mesh Vs. Tetrahedral: Comparing High-Quality Meshing*, z.d.).

Het verschijnsel waarbij een mesh uit vlakken bestaat wordt ook wel tessellation genoemd (*About Tessellation*, z.d.). Blender kan zowel driehoeken (triangulations) als vierhoeken (quads) gebruiken (Blender Foundation, z.d.-l). Meestal werkt men echter met triangulations aangezien de meeste render engines, de programma's die geometrie omzetten in de uiteindelijke afbeelding, triangulated meshes gebruiken om te renderen (Zikei, 2023). Dit zijn namelijk simpelere vormen om te berekenen en daarom op dit moment het snelst om te renderen. Om toch een vloeiende vorm te benaderen is het mogelijk om de vlakken van een mesh onder te verdelen in verschillende kleinere vlakken: subdivision surface (Zikei, 2023).

Het grootste verschil tussen meshes en NURBS geometrieën is dat de laatste niet door punten gedefinieerd worden, maar door formules: curves (*Faceted Modelling And NURBS*, 2023). Dit heeft als gevolg dat men vloeiente vormen kan maken en ook dat deze tot in het oneindige kunnen vergroot worden, aangezien de geometrie bij het afdrukken opnieuw wordt gecalculeerd (Rack, 2021), zie Figuur 5. Daarnaast geeft modelleren met NURBS een heel nauwkeurig eindresultaat, waardoor acties als elementen samenvoegen, uitrekken, uitsnijden en voornamelijk ook analyseren heel geschikt hiervoor zijn (*NURBS-curven En -oppervlakken*, 2021). Het verschil tussen meshes en curves is dus hetzelfde als het verschil tussen respectievelijk pixels en vectoren. Ze hebben beiden hun voor- en nadelen en kunnen beiden in de gewenste situatie gebruikt worden. De verschillende typen geometrieën kunnen daarnaast ook nog omgezet worden in de andere types in de meeste gevallen (Blender Foundation, z.d.-f).

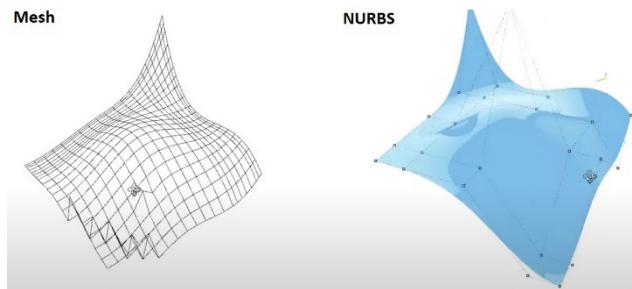
5.4 BLENDERBIM

5.4.1 ADD-ON

BlenderBIM is in basis een add-on voor het zojuist besproken programma Blender. Het is dus geen onafhankelijke software, maar de functionaliteiten van BlenderBIM worden aan Blender toegevoegd. BlenderBIM is echter in vergelijking met vele andere mogelijke add-ons een vrij uitgebreide toevoeging. Waar veel plug-ins alleen functies toevoegen, zoals bijvoorbeeld de "Precision Drawing Tools (PDT)" die onder andere een knop voor een isometrische view toevoegt (*Precision Drawing Tools (PDT) - Blender 4.1 Manual*, z.d.), verandert BlenderBIM ook een aantal standaard Blender functies naar een IFC versie. De standaard Blender functies zijn dan niet verwijderd, maar de sneltoetsen of plek waar deze functies normaal zouden staan wel. Een voorbeeld is het opslaan van bestanden: de sneltoets 'ctrl+S' slaat normaliter het Blender bestand op, maar na het activeren van de BlenderBIM add-on slaat deze actie het IFC bestand op (*BlenderBIM Add-on/Shortcuts - Wiki.OSArch*, z.d.). Voor een Blender gebruiker die overstapt naar BlenderBIM kan dit verwarrend zijn.

Figuur 5

Meshes vs NURBS



Overgenomen van een webpagina van Wiki.OSArch, z.d. (https://wiki.OSArch.org/index.php/BlenderBIM_Add-on). Copyright z.d., onbekend.

Een ander kenmerk van BlenderBIM of add-ons in het algemeen is dat elke add-on verplicht is onder een GNU GPL compatibele licentie uitgebracht dient te worden. Dit betekent echter niet dat men geen geld voor een add-on mag vragen, maar wanneer deze eenmaal aangekocht is heeft de gebruiker toegang tot de code en de andere vrijheden die Blender ook heeft (Blender Foundation, z.d.-i). In de basis is het complete pakket dus open-source en zo ook BlenderBIM. BlenderBIM zelf is daarnaast volledig gratis te gebruiken.

5.4.2 GESCHIEDENIS

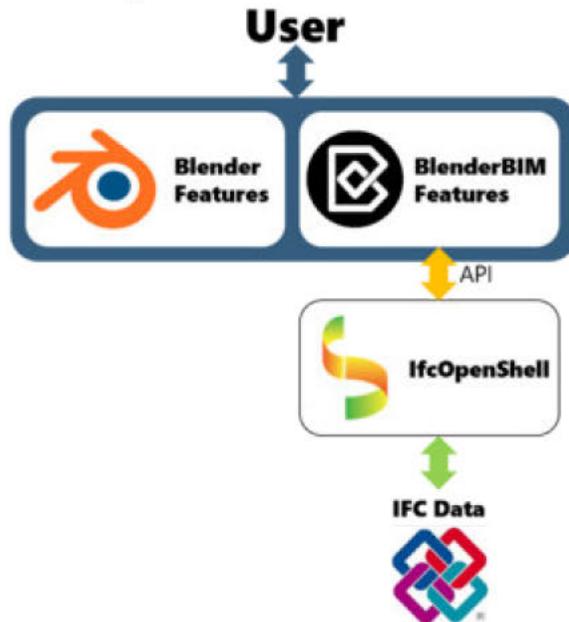
Voordat BlenderBIM kon ontstaan, was de ontwikkeling van IfcOpenShell noodzakelijk. IfcOpenShell is een open-source softwarebibliotheek en -applicatie die is ontworpen om het IFC bestandsformaat te ondersteunen en te bewerken (*IFCOpenShell - Wiki.OSArch*, z.d.). De ontwikkeling begon in 2011, toen T. Krijnen de behoefte zag voor een open-source tool die het mogelijk zou maken om IFC-bestanden te lezen en te bewerken, aangezien hij sterk geloofde in de toekomst van interoperabiliteit en IFC (Prokoudine & Krijnen, 2011). Gedurende de eerste jaren lag de focus op het creëren van een stabiele basis voor de bibliotheek, met de nadruk op lees- en visualisatiefuncties. Hij vond als architect zijnde dat volledige ondersteuning van de geometrie in IFC het belangrijkste was (Prokoudine & Krijnen, 2011). Hiervoor heeft hij gekozen om verder te bouwen op Open CASCADE, een software ontwikkelingsplatform voor Surface en Solid Modelling (*Open CASCADE Technology / Collaborative Development Portal*, z.d.).

Hiermee kon T. Krijnen gemakkelijk IFC geometrie visualiseren, aangezien deze al ondersteuning voor de STEP standaard had. Zoals ook eerder beschreven was dat de basis voor het IFC bestandsformaat (Prokoudine & Krijnen, 2011).

De eerste versie van BlenderBIM werd uitgebracht in 2019 en is gebaseerd op IfcOpenShell, zie Figuur 6. BlenderBIM maakte het mogelijk om gedetailleerde bouwmodellen te beheren en controleren zonder afhankelijk te zijn van dure, commerciële en closed-source software. Figuur 7 laat de verdere ontwikkeling van BlenderBIM tot de vorige stabiele versie die in november 2023 uitkwam toe.

Figuur 6

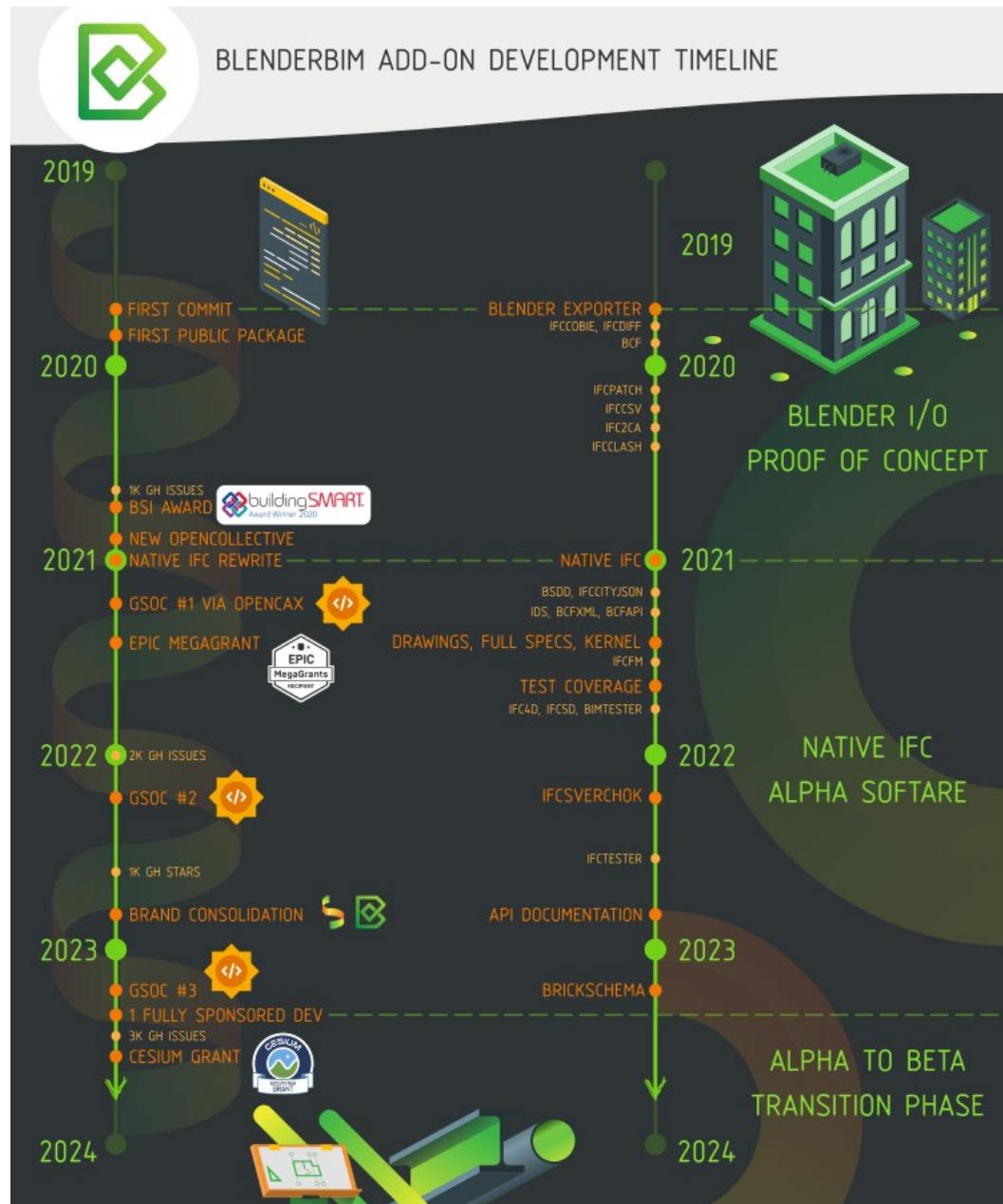
De werking van BlenderBIM



Overgenomen van een webpagina van *Wiki.OSArch*, z.d. (https://wiki.OSArch.org/index.php/BlenderBIM_Add-on). Copyright z.d., onbekend.

Figuur 7

BlenderBIM tijdlijn van de ontwikkeling



Overgenomen van een forumpost door D. Moult, 2023.

(<https://community.OSArch.org/discussion/1652/happy-4th-birthday-blenderbim-add-on-by-the-numbers>). Copyright 2023, onbekend.

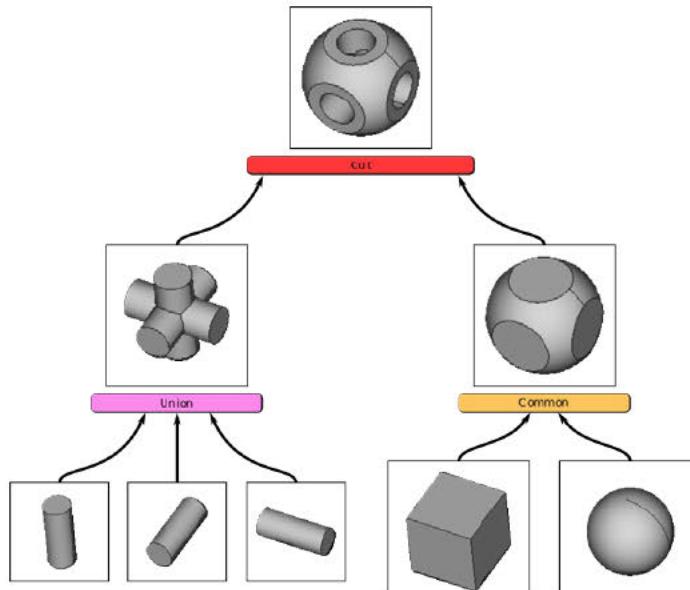
5.4.3 GEOMETRIE

De geometrie van BlenderBIM werkt anders dan in Blender. Zoals eerder beschreven werkt Blender met Meshes en Curves, maar programma's als Revit werken vaak met andere typen geometriëen. Voorbeelden hiervan zijn Solids en Breps, maar voor sommige onderdelen met complexe vormen ook met meshes (Autodesk, z.d.-c). In IFC zijn deze types als een IfcShapeRepresentation te definiëren en kunnen ze dus ook opgeslagen worden (*8.18.3.17 IFCShapeRepresentation - IFC 4.3.2 Documentation*, z.d.). Solid Modelling wordt in Blender niet ondersteund, maar wordt in de industrie wel veel gebruikt, onder andere vanwege de nauwkeurige calculatiemogelijkheden. Solids hebben zo meer betekenis in

bijvoorbeeld constructieve analyses dan meshes, aangezien dat alleen een verzameling van punten, lijnen en oppervlaktes is zonder verdere analytische betekenis, terwijl Solids een binnen- en buitenkant, een volume, een massa et cetera hebben (Stanton, 2023). Binnen IFC kunnen Solids op verschillende manieren opgebouwd worden, waarbij gebruik gemaakt kan worden van Curves als Breps, maar ook andere manieren (*Shape Representation in IFC File Format (Fact Sheet)*, z.d.). Bijvoorbeeld door CSG (Constructive Solid Geometry), waarbij door middel van Boolean Operations als Union, Difference of Intersect tussen twee basisvormen objecten in allerlei verschillende en herleidbare vormen te maken zijn (*What Are BREP And CSG / Difference Between BREP And CSG*, 2023). Zie hiervoor Figuur 8.

Figuur 8

Constructive Solid Geometry (CSG)



Overgenomen van een webpagina van [wiki.freecad.org](https://wiki.freecad.org/Constructive_solid_geometry), 2020.

(https://wiki.freecad.org/Constructive_solid_geometry). Copyright 2020, FreeCAD,

Zoals in Figuur 6 te zien is, maakt BlenderBIM gebruik van IfcOpenShell om IFC data in te zien en te manipuleren. Om de eerder genoemde Solids en geometrieën te creëren maakt IfcOpenShell weer gebruik van de open-source Open CASCADE geometrische kernel (*IFCOpenShell - Wiki.OSArch*, z.d.). Deze kernel, ook wel het hart genoemd, zorgt voor de benodigde calculaties waardoor de Solids gevormd kunnen worden (*Open CASCADE Technology / Collaborative Development Portal*, z.d.). Hiermee is de dit de eigenlijke kern van het 3D-modelleren binnen BlenderBIM. De Open CASCADE kernel wordt ook in andere modelleerprogramma's gebruikt waaronder een bekend open-source programma genaamd FreeCAD (*OpenCASCADE - FreeCAD Documentation*, z.d.).

Om een object wat geen mesh is weer te geven in een 3D programma wordt er vaak een mesh representatie of tessellation gemaakt (*About Tessellation*, z.d.). Dit is om dezelfde reden als bij hoofdstuk 5.3.3, waar uitgelegd wordt dat render engines ook bijna altijd met triangulated meshes werken. Zo is dat ook in IfcOpenShell en dus BlenderBIM (*IFCOpenShell - Wiki.OSArch*, z.d.). Deze mesh representatie kan apart van de onderliggende Solid aangepast worden.

BlenderBIM biedt hiermee een veelzijdige benadering van geometrie, waarbij de voordelen van zowel meshes als Solids worden benut. Dit maakt het mogelijk om de flexibiliteit van Blender te combineren met de precisie en analytische kracht die vereist zijn voor BIM-werkzaamheden, wat essentieel is voor een ingenieursbureau zoals 3BM dat werkt in verschillende fasen van het ontwerpproces.

5.4.4 PYTHON

Aangezien BlenderBIM gebaseerd is op IfcOpenShell, is in theorie alles wat in het IFC Schema gedefinieerd is en in IfcOpenShell ondersteund is mogelijk in BlenderBIM. In de UI (User Interface) zijn echter nog niet alle opties geïntegreerd, aangezien het programma nog in ontwikkeling is. Wanneer men verstand heeft van IfcOpenShell en de programmeertaal Python kan men echter direct vanuit Blender via de Python omgeving IfcOpenShell bedienen, zonder tussenkomst van BlenderBIM.

(Mathib, 2021). Of juist vanuit een BlenderBIM project als aanvulling op de alreeds geïntegreerde opties.

5.5 DEELCONCLUSIE

IFC, een essentiële open standaard voor de bouwsector, verbetert de interoperabiliteit door de gestandaardiseerde uitwisseling van semantisch rijke data tussen diverse software mogelijk te maken. Het IFC-schema, gebaseerd op de STEP-structuur, biedt lagen voor basiselementen en specifieke bouwinformatie, gekoppeld door een kernel voor consistentie en nauwkeurigheid. Een goed opgebouwd IFC-model biedt hoogwaardig, relationeel rijke informatie.

Blender, een open-source 3D-programma, biedt aanzienlijke flexibiliteit en aanpasbaarheid. Dit stimuleert innovatie doordat gebruikers de broncode kunnen inzien en aanpassen. Ondanks zijn veelzijdigheid voor visualisaties is Blender zonder aanpassingen nog niet geschikt voor technische toepassingen in de AEC-industrie. Voordelen van open-source software zoals Blender zijn onder andere lage kosten, aanpasbaarheid en gemeenschapsgerichte ontwikkeling, terwijl nadelen onder andere het gebrek aan gegarandeerde ondersteuning en mogelijke instabiliteit zijn.

BlenderBIM, dat Blender uitbreidt met de ondersteuning voor het IFC-bestandsformaat en IfcOpenShell, biedt een potentieel alternatief voor traditionele BIM-software. Het combineert de flexibiliteit en snelheid van Blender met de datarijkdom en structuur van IFC. Een goed begrip van Blender, IFC en BlenderBIM is noodzakelijk om deze combinatie optimaal te benutten en problemen effectief op te lossen.

5.6 VALIDATIE

C.C.J. Claus heeft dit onderdeel als extern expert gevalideerd, zie hiervoor Bijlage 15.9.1. Hij heeft naast kennis van IFC ook veel kennis van BlenderBIM en IfcOpenShell, dus ook hoe het achter de schermen werkt. Hij heeft namelijk meerdere bijdragen aan de ontwikkeling BlenderBIM en IfcOpenShell geleverd en heeft zelfs add-ons voor BlenderBIM gemaakt (*C-Claus - Overview*, z.d.). Hiernaast is hij ook nog nummer 6 van meest actieve personen op het OSArch forum. Hier heeft hij 67 Discussions en 1.100 Comments geplaatst (*Coen, 2021*).

Uit zijn validatie kwamen een aantal suggesties, zoals het opnieuw structureren van dit hoofdstuk, wat eerst bij hoofdstuk 4 inbegrepen was. De expert beschikt over meer dan voldoende kennis om dit onderwerp te beoordelen, maar heeft verder over de inhoud van de tekst geen opmerking geplaatst. Behalve dat ik erg de diepte inga, maar dat vat ik op als een compliment. Hiermee concludeer ik dat er geen onjuiste informatie in staat, aangezien hij het anders vermeld had, net zoals hij dat bij andere onjuistheden doet.

6 FUNCTIONALITEIT EN KWALITEIT

Ingenieursbureau 3BM heeft aangegeven dat het bedrijf in bijna alle fasen van het ontwerpproces werkt, behalve het ontwerp zelf. Dus van de voorlopig ontwerpfase tot uitvoeringsfase. Hierbij gebruikt het bedrijf bijna alle functies en mogelijkheden in Revit. Om deze reden is ook voor Revit als modelleerprogramma gekozen: er is geen ander programma waarin zoveel mogelijk is binnen het programma (M.D. Vroegindeweij). Om de hoofdvraag te beantwoorden is het daarom belangrijk om de functionaliteit van Revit te inventariseren en deze te vergelijken met de huidige functionaliteit in BlenderBIM. Daarnaast zal ArchiCAD vergeleken worden, aangezien Revit niet het enige BIM modelleringsprogramma in omloop is en dus ook niet het enige uitgangspunt kan zijn.

6.1 INKADERING

Voor een goede vergelijking is het belangrijk om als uitgangspunt een versie te nemen en deze zo te beoordelen. BlenderBIM wordt namelijk ook iedere dag, met uitzondering van het weekend, geüpdatet (IfcOpenShell, z.d.).

Voor deze vergelijking zijn de volgende versies gebruikt:

- Revit 2025
- ArchiCAD 26
- Blender 4.1
- BlenderBIM versie 0.0.240402

Ingenieursbureau 3BM is actief in bijna alle fasen van het ontwerpproces, met uitzondering van de schetsontwerpfase. De gekozen software moet dus kunnen voldoen aan de vereisten van de voorlopige ontwerpfase tot en met de uitvoeringsfase. Autodesk Revit is door 3BM gekozen vanwege de uitgebreide functionaliteiten die het in de fasen biedt. Het programma staat bekend om zijn brede scala aan functies die vrijwel alle aspecten van de BIM-werkwijze ondersteunen, waardoor het een populaire keuze is binnen de industrie (Onur & Nouban, 2019). Zie hiervoor ook hoofdstuk 4.1.

6.2 INDICATIE FUNCTIONALITEIT EN KWALITEIT

De vergelijking richt zich op de categorieën architectonisch ontwerp, constructieve engineering, MEP-engineering (Mechanical, Electrical, Plumbing), documentatie, analyse en management, samenwerking en overige functies. De tabel in Bijlage 15.3 geeft naast de beschikbaarheid ook een indicatie van de kwaliteit van de functionaliteiten.

De analyse is gebaseerd op een inventarisatie van de functionaliteiten van elk programma, gevolgd door validatie door verschillende professionals. Hoewel deze vergelijking een indicatie geeft van de mogelijkheden van elk programma, moet benadrukt worden dat dit ook echt slechts een indicatie is. Verschillende gebruikers hebben verschillende toepassingen en lopen tegen verschillende problemen aan. Het doel is om een algemene indicatie te geven van de functionaliteiten van BlenderBIM ten opzichte van Revit en ArchiCAD, waardoor een globaal overzicht voldoet. Uit de tabel kan zo een beeld geschetst worden waardoor de functionaliteiten en kwaliteiten van BlenderBIM ten opzichte van de gangbare modelleerprogramma's Revit en ArchiCAD geplaatst kunnen worden.

6.3 DEELCONCLUSIE

In Bijlage 15.3.2 worden de resultaten van de indicatieve tabel geanalyseerd en is te zien dat BlenderBIM achterblijft op verschillende gebieden, met gemiddeld een 29.7% lagere score dan Revit en ArchiCAD. BlenderBIM biedt wel voordelen zoals betere rendermogelijkheden, betere IFC-implementatie, snellere programmasnelheid, kleinere bestandsgroottes, aanpasbaarheid van de API,

vrijwel geen geometrische beperkingen en twee snelle grafische programmeeromgevingen waarmee onder andere automatiseren en parametrisch ontwerpen gerealiseerd kan worden. Echter, het ontbreekt nog aan ontwikkelde functionaliteiten op het gebied van analyse & management en MEP-engineering. Voor projecten die een hoger detailniveau vereisen, blijven Revit en ArchiCAD momenteel betere keuzes vanwege hun uitgebreidere functies en betere ondersteuning in ontwerp- en uitvoeringsfasen. Toch is BlenderBIM interessant voor toepassingen zoals renderen en werken met IFC-bestanden, zeker wanneer men meeneemt wat nu al mogelijk is binnen BlenderBIM en de ontwikkelsnelheid meerekent.

6.4 VALIDATIE

De scores voor Revit zijn gevalideerd door M.D. Vroegindeweij, constructeur, bouwkundig tekenaar, Revit-expert en mede-eigenaar van Ingenieursbureau 3BM. Hij heeft uitgebreide ervaring met de mogelijkheden en uitdagingen binnen Revit, waardoor het niet nodig was om een externe expert in te schakelen.

Voor ArchiCAD werd T. van der Haven geraadpleegd, een architect, bouwkundig tekenaar en mede-eigenaar van HVN2, Bouwtkening Expert en Roan Bouwvergunningen. Qua werkzaamheden voert hij vergelijkbare projecten uit, variërend van kleine aanbouwen tot een groot hoofdkantoor van een vliegveld in het buitenland. Hoewel HVN2 ook de schetsfase verzorgt voor klanten, gaan hun projecten technisch niet zo diep als die van Ingenieursbureau 3BM.

Voor BlenderBIM zijn de waarden gebaseerd op persoonlijke ervaringen en observaties van anderen, gevalideerd door C.C.J. Claus. Naar zijn inzicht zouden de samenwerkingsaspecten een waardering van drie moeten krijgen. Het gebruik van deze functies is echter tamelijk complex en niet erg toegankelijk voor gebruikers zonder programmeerkennis, zoals te zien is in de video van Bruno Postle (2023b), waarin deze functies werden gedemonstreerd en besproken. Desondanks bleken de functies aanzienlijke toegevoegde waarde te bieden, wat de basis vormde voor scores van ten minste twee op deze aspecten. De korte demonstratie in een andere video geeft ook aan dat wanneer men bekend is met het proces, het een zeer waardevolle tool kan zijn (Bruno Postle, 2023b).

De waardes voor BlenderBIM komen ook globaal overeen met wat D. Moult als hoofdontwikkelaar van BlenderBIM in een post op het OSArch forum heeft gezegd (RaphaëlVouilloz, 2023). Deze post is echter uit mei 2023 en sinds dien zijn er inclusief versie 0.0.240402 al twee officiële releases vrijgekomen, waardoor de informatie al verouderd kan zijn.

7 MODELLEREN

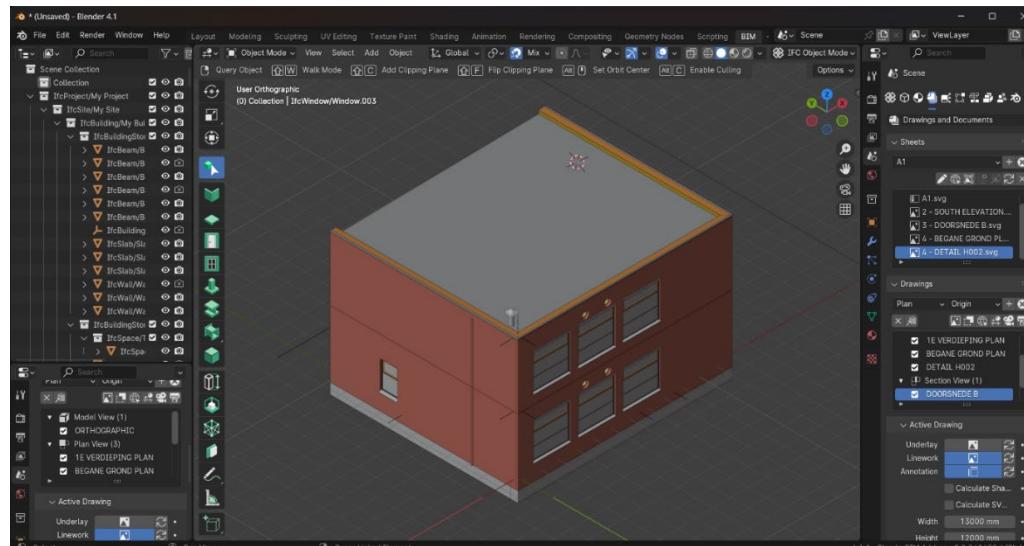
Dit gedeelte biedt een beschrijving van het proces van het modelleren binnen de context van BlenderBIM. Hierin worden alle essentiële facetten belicht, inclusief de diverse overwegingen en handelingen die verbonden zijn aan dit proces. De presentatie voor de BILT Europe in Bijlage 15.15 geeft veel grafische voorbeelden voor handelingen die in dit hoofdstuk besproken worden.

7.1 IMPRESSIE BLENDERBIM

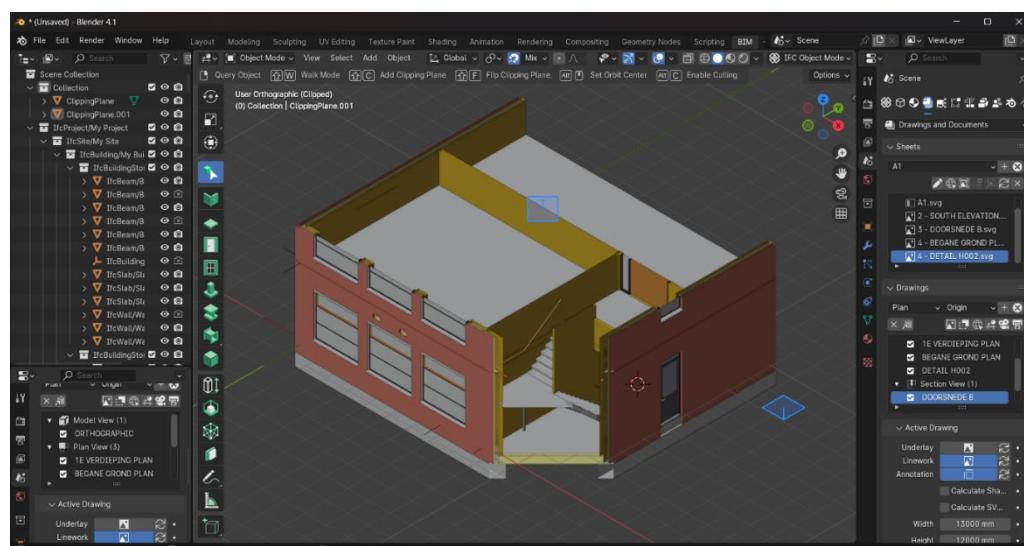
Aangezien Blender van origine vooral voor de 3D kunstwereld gemaakt is en niet voor de technischere sectoren, is de workflow van de meeste gebruikers ook verschillend van de workflow van de meer technischere professionals. Hoe men in BlenderBIM werkt is hier een duidelijk voorbeeld van. In Figuur 9 zijn afbeeldingen te zien van de interface in BlenderBIM, terwijl het eindmodel geopend is, om een impressie te geven hoe het is om in BlenderBIM te werken.

Figuur 9

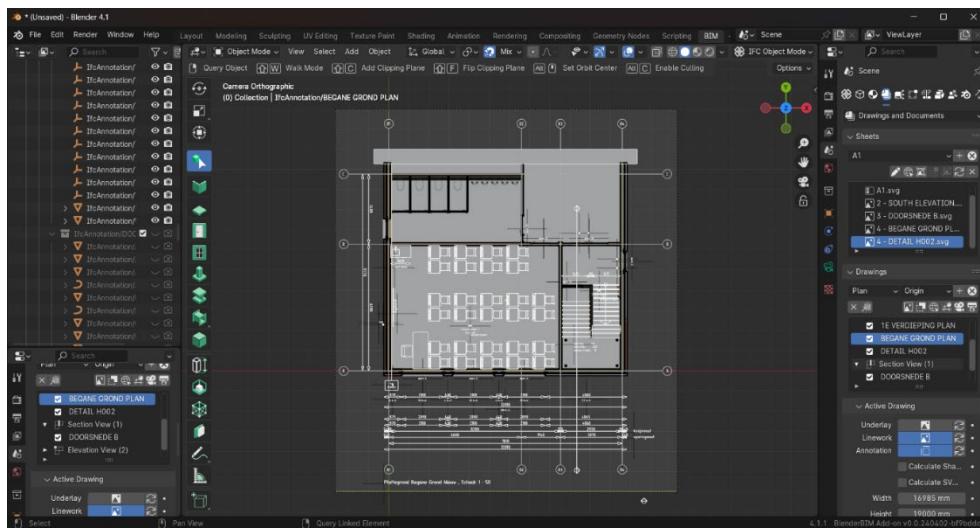
Het eindmodel geopend in BlenderBIM



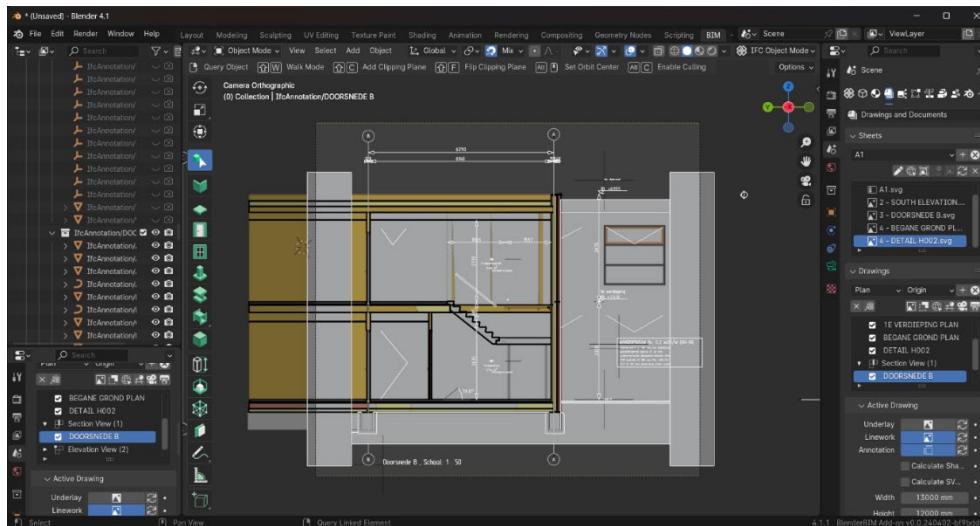
a) 3D isometrische View



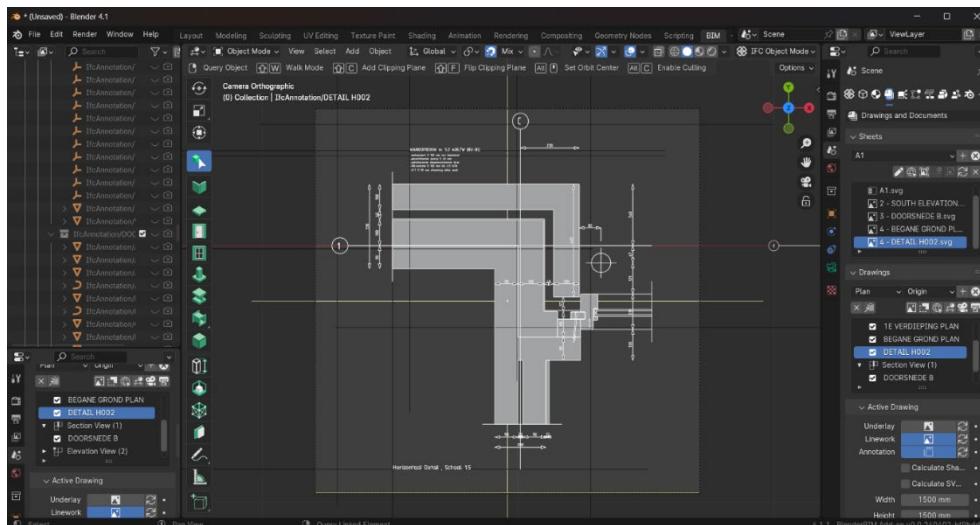
b) 3D View met Clipping Planes



c) Plattegrond View



d) Doorsnede View



e) Detail View

7.2 VOORBEREIDING

7.2.1 UITGANGSPUNten EN INSTALLATIES

Om een reproduceerbaar beeld te creëren is het wenselijk om een aantal uitgangspunten op te stellen:

- Blender versie 4.1
- BlenderBIM versie 0.0.240402

Om BlenderBIM te installeren is het aan te raden de laatste stable release te downloaden vanaf de officiële BlenderBIM website. Op het moment van schrijven is dat de bovengenoemde versie (*Download - Install The BlenderBIM Add-on For Windows, Mac, And Linux*, z.d.). Hierna moet men in Blender via “Edit>Preferences>Add-ons>Install...” navigeren naar het zojuist gedownloade .zip bestand, deze selecteren en daarna op “Install Add-on” klikken. Dit proces kan even duren. Daarna moet men in Blender bij de Add-ons BlenderBIM nog activeren. Hierna is het aan te raden Blender te herstarten om de wijzigingen goed op te laten slaan.

Om het model werkbaar te houden zijn er een aantal instellingen die voor de geoefende Revit tekenaar aanbevolen zijn om aan te passen. Zo is de eerste en wellicht de meest belangrijke de omwisseling van ‘orbit’ en ‘pan’ shortcuts van respectievelijk ‘MMB’ en ‘Shift + MMB’ naar ‘Shift + MMB’ en ‘MMB’. Deze handeling zorgt ervoor dat navigatie direct vertrouwelijk aanvoelt, aangezien dit in de meeste modelleerprogramma’s op deze wijze is geregeld. Dit was ook merkbaar tijdens de BILT, waarbij men tijdens de tutorial pas goed mee kon komen nadat deze optie veranderd was.

Er zijn ook verschillende plug-ins die het werken met modellen vergemakkelijken of de beschikbare bewerkingen uitbreiden, die tevens regelmatig nodig zullen zijn. Deze zijn als volgt:

- 3D View: Precision Drawing Tools (PDT)

Deze plugin zorgt ervoor dat de 3D view preciezer ingesteld kan worden. Dit heeft voornamelijk waarde om isometrische views te maken (*Precision Drawing Tools (PDT) - Blender 4.1 Manual*, z.d.).

- Add Curve: Simplify Curves+

Deze plugin zorgt ervoor dat men Bézier points kan samenvoegen. Dit is onder andere van toepassing bij het toevoegen van maatvoering annotaties (*Simplify Curves - Blender 4.1 Manual*, z.d.).

7.2.2 SHORTCUTS

Het is sterk aan te raden om de standaard Blender startup configuratie aan te passen, aangezien opties zoals gewenste snapping en het inschakelen van de verplaatsing gizmo niet worden opgeslagen in het .ifc-bestand. Dit kan worden gedaan door een nieuw Blender-bestand te openen, de instellingen aan te passen en vervolgens "File > Defaults > Save Startup File" te selecteren. Hierdoor worden de aangepaste instellingen automatisch toegepast bij het openen van nieuwe bestanden. Het is echter belangrijk om op te merken dat deze actie niet gemakkelijk ongedaan kan worden gemaakt, dus enige oplettendheid is vereist.

Om goed voorbereid te beginnen, is het nodig om na het openen van Blender een nieuw project te starten, waarbij de gebruikte eenheden worden ingesteld en wordt bepaald of een template of een schoon project gewenst is. In de template zijn al types, vergelijkbaar met Revit Families, ingeladen. Wanneer een nieuw project is gestart, worden de meeste BlenderBIM-opties vrijgegeven, maar pas wanneer het IFC-project is opgeslagen, worden alle opties vrijgegeven. Dit kan worden gedaan door middel van "Ctrl+S" of door "File > Save IFC Project". Dit is in een Blender bestand normaliter de

shortcut om het Blender bestand op te slaan. Het feit dat verschillende Blender-shortcuts zijn vervangen voor BlenderBIM-shortcuts kan wennen zijn voor ervaren Blender-gebruikers.

Er zijn daarnaast ook veel verschillende shortcuts die erg handig zijn om te gebruiken tijdens het modelleren, aangezien deze de workflow en efficiëntie aanzienlijk verbeteren. Zie hiervoor de onderstaande Tabel 2.

Tabel 2

Veelgebruikte shortcuts die tijdens het leren modelleren van grote waarde zijn geweest

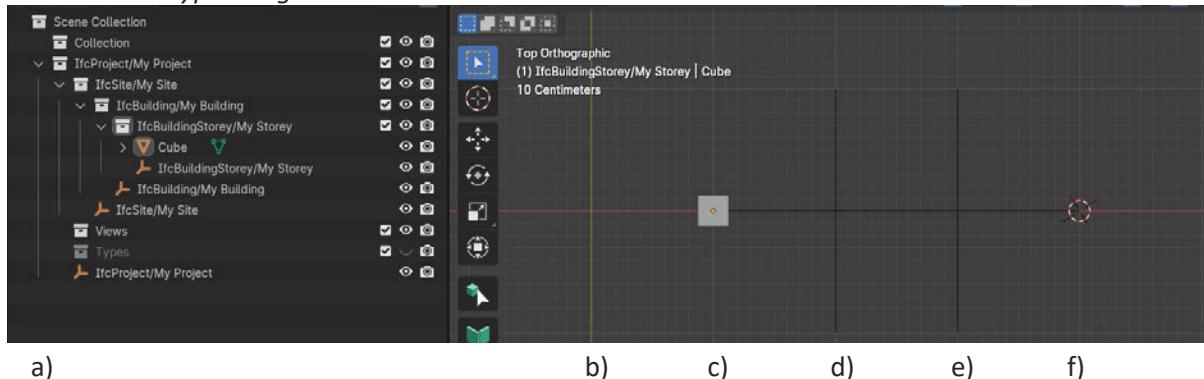
Beschrijving	Modus	Shortcuts
'Move', verplaatsen	Alle	'G'
'Move on axis', verplaatsen op een as	Alle	'G+X/Y/Z'
'Pan', beeld verplaatsen	Alle	'MMB'
'Orbit', beeld wentelen	Alle	'Shift+MMB'
'Snap cursor or selection', verplaats 3D-cursor of selectie	Alle	'Shift+S'
'Shading', viewport representatie modus	Alle	'Z'
'Extrude', een vertex, edge of face extruden	Edit mode	'E'
'Vertex select', selecteer en bewerk vertices	Edit mode	'1'
'Edge select', selecteer en bewerk edges	Edit mode	'2'
'Face select', selecteer en bewerk faces	Edit mode	'3'
'Create edge', selecteer vertices en creëer een edge	Vertex select	'F'
'Create face', selecteer edges en creëer een face	Edge select	'F'
'Center view', centreer de view op een nieuw punt	Alle	'Alt+MMB'
'Set base snap point', aangeven waar vanuit transformatie plaatsvindt	Tijdens transformatie	'B'
'Pannen/Orbit', beeld verplaatsen tijdens transformatie, bijvoorbeeld tijdens een vertex verplaatsen	Tijdens transformatie	'Alt+pan/orbit'
'Pivot point', verander de plaatsing van de pivot point, bijvoorbeeld om de rotatie vanuit een bepaald punt te doen i.p.v. het midden	Alle	:
'Change 3D-cursor position', de 3D-cursor verplaatsen.	Alle	'Alt+RMB drag'

7.2.3 REFERENTIEPUNTEN

Voorafgaand aan het modelleren in Blender is het belangrijk om bekend te zijn met de referentiepunten. Blender maakt gebruik van drie essentiële concepten: de World Origin, Object Origin en 3D-cursor (Blender Foundation, z.d.-k). De World Origin is het absolute nulpunt (0,0,0) in de XYZ-coördinaten van Blender en dient als universeel referentiepunt voor alle objecten in de scène. Elk object heeft zijn eigen Object Origin, dat functioneert als lokaal referentiepunt voor transformaties zoals verplaatsing, rotatie en schaling, zie Figuur 10. Standaard bevindt de Object Origin zich in het midden van het object, maar dit kan worden aangepast, bijvoorbeeld voor rotaties rond een specifiek punt (Blender Foundation, z.d.-k). De 3D-cursor is een uniek hulpmiddel in Blender waarmee een tijdelijk referentiepunt kan worden geplaatst door deze te verplaatsen. Dit kan door te klikken met de 3D-cursor tool geactiveerd, exacte coördinaten in te voeren of door te verslepen met 'Shift+RMB'. Het is een zeer handig hulpmiddel voor nauwkeurige modellering en transformaties en het verplaatsen van Object Origins. Deze concepten werken samen om een efficiënte workflow mogelijk te maken voor ervaren Blender-gebruikers. Nieuwe objecten worden standaard geplaatst op de locatie van de 3D-cursor, wat vooraf bepalen waar objecten moeten worden geplaatst mogelijk maakt. De 3D-cursor kan ook dienen als pivot point voor transformaties.

Figuur 10

Verschillende typen origins binnen Blender en BlenderBIM



Van a tot en met f ziet men respectievelijk de hiërarchische IFC projectopbouw, de World Origin, een Object Origin, de Site Origin, de Building Origin en de 3D cursor.

Een IFC bestand is opgebouwd uit hiërarchische ruimtes of locaties. Zo is er in elk project een Site, daarna een Building en daarna weer een BuildingStory enzovoorts. Deze krijgen elk een eigen origin, ook elementen als een IfcElementAssembly, zie Figuur 10. Het is belangrijk om deze concepten te begrijpen tijdens het modelleren om de best passende oplossing voor een vraagstuk te kunnen bedenken.

7.3 STARTEN

7.3.1 LAYOUT

Het opzetten van een model in BlenderBIM volgt hetzelfde principe als in andere modelleerprogramma's. De basisgereedschappen, zoals wanden, vloeren, deuren en ramen, zijn te vinden als groene iconen aan de linkerhelft van het viewport. Bij het selecteren van een van deze gereedschappen verschijnt aan de bovenrand een extra tabblad met specifieke actiemogelijkheden, waarbij ook de shortcuts worden weergegeven. De User Interface (UI) van Blender verschilt van bijvoorbeeld Revit. Voor gebruikers die nog niet met Blender hebben gewerkt, kan het wennen aan de interface uitdagend zijn. De Revit-interface is ontworpen om de workflow te vereenvoudigen en efficiënt te maken (User Interface Tools, z.d.). De tools zijn allemaal verzameld aan de bovenkant van het scherm en instellingen zijn direct vindbaar (User Interface Tools, z.d.).

Blender daarentegen is ontworpen om intuïtief te zijn voor verschillende 3D workflow doeleinden, waarbij het meer om de vrijheid van mesh modelling gaat (Joe, 2024). Terwijl Revit specifiek is voor de bouwsector en de tools daarop zijn afgestemd, biedt Blender ondersteuning voor een breder scala aan gebruikers, wat de leercurve voor nieuwe gebruikers kan vergroten. Zo zijn er een groot aantal discussies waarbij gebruikers moeite hebben met de Blender UI, maar regelmatig na de eerste uitdagingen de Blender UI prefereren (Blender's UI Drives Me Crazy, 2021). De interface van Blender kan echter aangepast worden aan persoonlijke voorkeuren en volledig opgeslagen worden via Python-scripts (Blender Foundation, z.d.-h). Een voordeel van de Blender UI is de flexibiliteit om verschillende 3D viewports, property browsers en editors zoals de Geometry Node of Sverchok Node in één scherm te plaatsen naar eigen voorkeur (RenderGuide.com, 2020). Deze layouts kunnen worden opgeslagen en met één klik worden gewisseld naar andere werkruimtes, zoals die voor renderen of animatie (RenderGuide.com, 2020).

In Figuur 9 is echter te zien dat het standaardbeeld van BlenderBIM niet erg overzichtelijk is. Kleuren staan door elkaar heen en de annotaties komen niet overeen met de eindtekeningen. Dit maakt het modelleren ook lastiger.

7.3.2 LEREN WERKEN MET BLENDER

Halverwege mei 2024 vond in Letland de BILT Europe conferentie plaats, een jaarlijks evenement dat zich richt op de digitale vooruitgang binnen de BIM-wereld en het delen van kennis hierover. Open-source software is dan ook een veelvoudig voorkomend onderwerp. M.D. Vroegindeweij heeft hier al meerdere keren als spreker opgetreden, waaronder ook dit jaar. Het onderwerp van zijn presentatie zou over BlenderBIM gaan, waardoor de tussentijdse resultaten van dit afstudeeronderzoek zeer relevant waren. Vanwege mijn bijdrage aan de presentatie werd mij gevraagd om mee te gaan naar de conferentie. Een groot deel van de presentatie heb ik zelf gemaakt in de vorm van een tutorial, waarbij stapsgewijs kennis werd gemaakt met de werkwijze van Blender. Dit gedeelte heb ik ook zelfstandig gepresenteerd ondersteund uiteindelijk mijn beroepsproducten, zie Bijlage 15.15 en Figuur 11. Onder het publiek bevonden zich professionals uit heel Europa.

Figuur 11

Presenteren op de BILT Europe in Letland



Voor een gedetailleerde beschrijving van bijvoorbeeld het plaatsen van wanden en vloeren, het aanpassen van eigenschappen of materialen, het genereren van tekeningen en het maken en inladen van een bibliotheek, verwijss ik naar Bijlage 15.15. Eenmaal gewend aan het werken met Blender is het eenvoudig om elementen te plaatsen, bijvoorbeeld in het geval van een wand. Wanneer een template is geladen, kan men direct een type uit de lijst kiezen die zichtbaar wordt wanneer de 'Wall Tool' van BlenderBIM is geselecteerd. Door op 'Shift+A' te drukken of door op de knop 'Add' te klikken, kan het geselecteerde type worden toegevoegd op de plaats van de 3D-cursor. Tijdens het modelleren is de locatie van de 3D-cursor dus van essentieel belang, zoals besproken in hoofdstuk 7.2.3.

7.3.3 STRAMIENEN

Grids of stramienen zijn in BlenderBIM nog niet zoals het hoort. Deze blijven om een bepaalde in het proof-of-concept model op de verkeerde plek staan, waarbij het niet uitmaakt of ze verwijderd of verplaatst worden. Na heropening van het model staan ze exact op dezelfde plek als voorheen. Zie hiervoor ook vraag 3 en het antwoord daarop van de validatie van C.C.J. Claus in Bijlage 15.9.2

7.4 CUSTOM DEUREN EN RAMEN

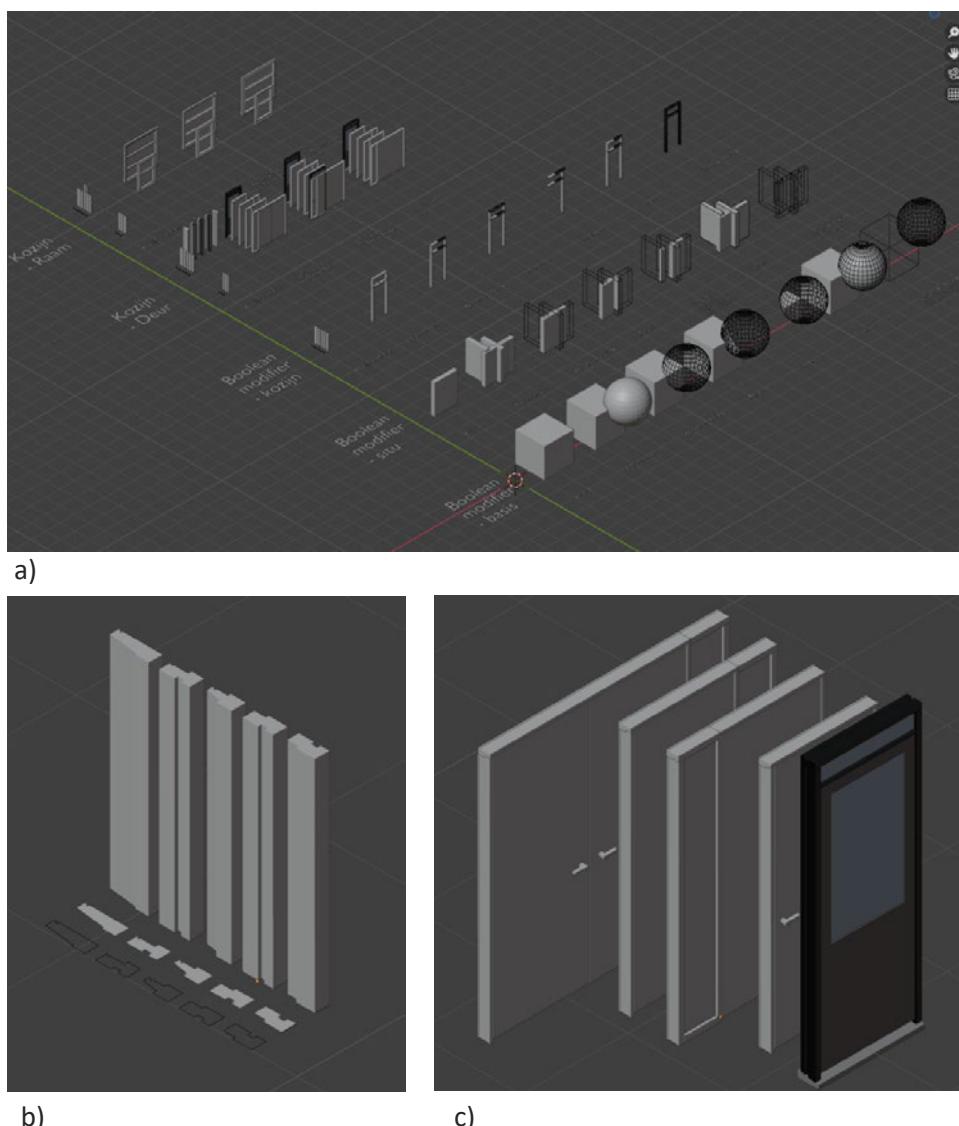
Tijdens het modelleren was het maken van eigen deuren en ramen een van de grootste uitdagingen, gezien veelal de belangrijke processen die ook van toepassing zijn op andere typen objecten tegelijkertijd geleerd moesten worden. Het is daarom cruciaal dat dit proces goed wordt uitgevoerd.

Er zijn verschillende methoden bedacht en uitgewerkt:

- **Eerste methode:** Volgens een tutorial van IfcArchitect (2022) wordt een vlak verschaald en geëxtrudeerd om de basisvorm te creëren, wat lastig en tijdrovend is voor ingewikkeldere profielen.
- **Tweede methode:** Door gebruik te maken van profielen in BlenderBIM Profiles, tekent men aparte profielen voor stijlen, regels en dorpels. Na het correct positioneren van de delen wordt een opening handmatig toegevoegd, maar dit leidt tot verlies van intelligentie bij herclassificatie.
- **Derde methode:** Deze methode omvat het tekenen van een 2D representatie van het profiel en het omzetten in een curve, gevuld door uitvoering langs een andere curve in Blender om het gewenste effect te bereiken.
- **Vierde methode:** Een combinatie van de eerste en derde methode, waarbij profielen als een normaal vlak (mesh) worden getekend en handmatig verlengd worden. Hierdoor kunnen connecties precies zoals gewenst worden gemodelleerd, gevuld door samenvoeging en classificatie als IfcDoorType.

Figuur 12

Onderzocht proces voor het maken van kozijnen



Bijlage 15.6 laat dit proces en de overwegingen zien in de vorm van een post die op het OSArch forum geplaatst is (Roodhorst, 2023). Daarnaast laat Figuur 12 zien wat het tussenproduct van de vierde methode is.

Bij het afdrukken van plattegronden of aanzichten heeft het gecreëerde object nog geen 2D openingslijn. Dit kan worden opgelost door deze zelf toe te voegen in de 'Representations' sectie van BlenderBIM. Het voltooide IfcDoorType wordt opgeslagen in het IFC-bestand en kan vervolgens worden geladen in het project via 'Project Library' in een ander IFC-project, zie Bijlage 15.15 voor de BILT Tutorial.

7.5 PARAMETRISCHE ELEMENTEN

In de hedendaagse architectuurs- en bouwkundige engineeringswereld zijn parametrische elementen cruciaal voor het modelleren met data, ontwerpflexibiliteit en aanpasbaarheid (TrueCADD, z.d.). Parametrische elementen variëren bijvoorbeeld in breedte, dikte, hoogte, en wijzigingen worden automatisch aangepast op elke tekening in het project, wat een fundamenteel verschil vormt met AutoCAD, waar dergelijke wijzigingen handmatig moeten worden doorgevoerd (TrueCADD, z.d.). In BlenderBIM is deze functionaliteit deels beschikbaar, bijvoorbeeld voor het aanpassen van de dimensies van een wand of het plaatsen van een standaard deur. Deze laatste heeft een heel simpel rechthoekig profiel en specifieke vormen zijn hierin nog niet mogelijk, maar wellicht wordt deze functie in de toekomst toegankelijker.

Het is echter essentieel om complexere componenten zoals deuren en ramen ook parametrisch te kunnen maken, gezien zulke elementen specifieke profielen hebben en handmatig modelleren voor elke afmeting inefficiënt is, zie hoofdstuk 7.4. Belangrijk is dat deze parametrische componenten aanpasbaar blijven bij plaatsing, wat van toepassing is in diverse scenario's.

In Blender is dit mogelijk via twee grafische programmeeromgevingen: Geometry Nodes en Sverchok. Er zijn er meer, maar dit zijn de meest gebruikte tools en de anderen worden in het kader van het onderzoek buiten beschouwing gelaten. Sverchok en de voor IFC projecten bijbehorende IfcSverchok moeten apart worden gedownload en geïnstalleerd, aangezien ze niet standaard worden meegeleverd. Hierdoor lopen ze soms achter op Blender-updates en kampt met bugs, zoals het ontbreken van visuele feedback voor veelgebruikte nodes in Blender 4.0 (Blender Foundation, z.d.-b).

Tabel 3 biedt een overzicht van een korte vergelijking tussen Geometry Nodes en Sverchok. Aangezien beide tools uitgebreide mogelijkheden bieden, wordt aanbevolen om in toekomstige situaties een keuze te maken op basis van de specifieke context. Het is ook denkbaar dat beide tools in combinatie worden gebruikt om de gewenste resultaten te bereiken.

Tabel 3

Vergelijking van de meest voorkomende grafische programmeeromgevingen in Blender

Tools	Voordelen	Nadelen
<i>Geometry Nodes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Veel documentatie beschikbaar • Standaard mee geïnstalleerd bij Blender • Intuitief voor nieuwe gebruiker • Zeer capabel • Snel • Steeds betere integratie met Blender 	<ul style="list-style-type: none"> • Wordt alleen in .blend opgeslagen • Zelf nodes maken met Python is nog niet mogelijk • Korter in ontwikkeling
<i>Sverchok</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Eenvoudig te importeren in IFC • Werkt met Python • Mogelijk om zelf nodes te bouwen met Python • Wiskundig zeer capabel en nauwkeurig • Langer in ontwikkeling 	<ul style="list-style-type: none"> • Werkt (nog) niet volledig in Blender 4.1 • Extra functies installeren gaat niet zonder problemen • Niet veel en soms verouderde documentatie • Wordt alleen in .blend opgeslagen • Ingewikkeld
<i>IfcSverchok</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Eenvoudig te importeren in IFC • De manier om van Blender objecten IFC objecten te maken • Werkt hetzelfde als Sverchok 	<ul style="list-style-type: none"> • Is nog sterk in ontwikkeling • Werking en benodigdheden van nodes onduidelijk • Sommige nodes werken compleet niet • Missende documentatie • Wordt alleen in .blend opgeslagen

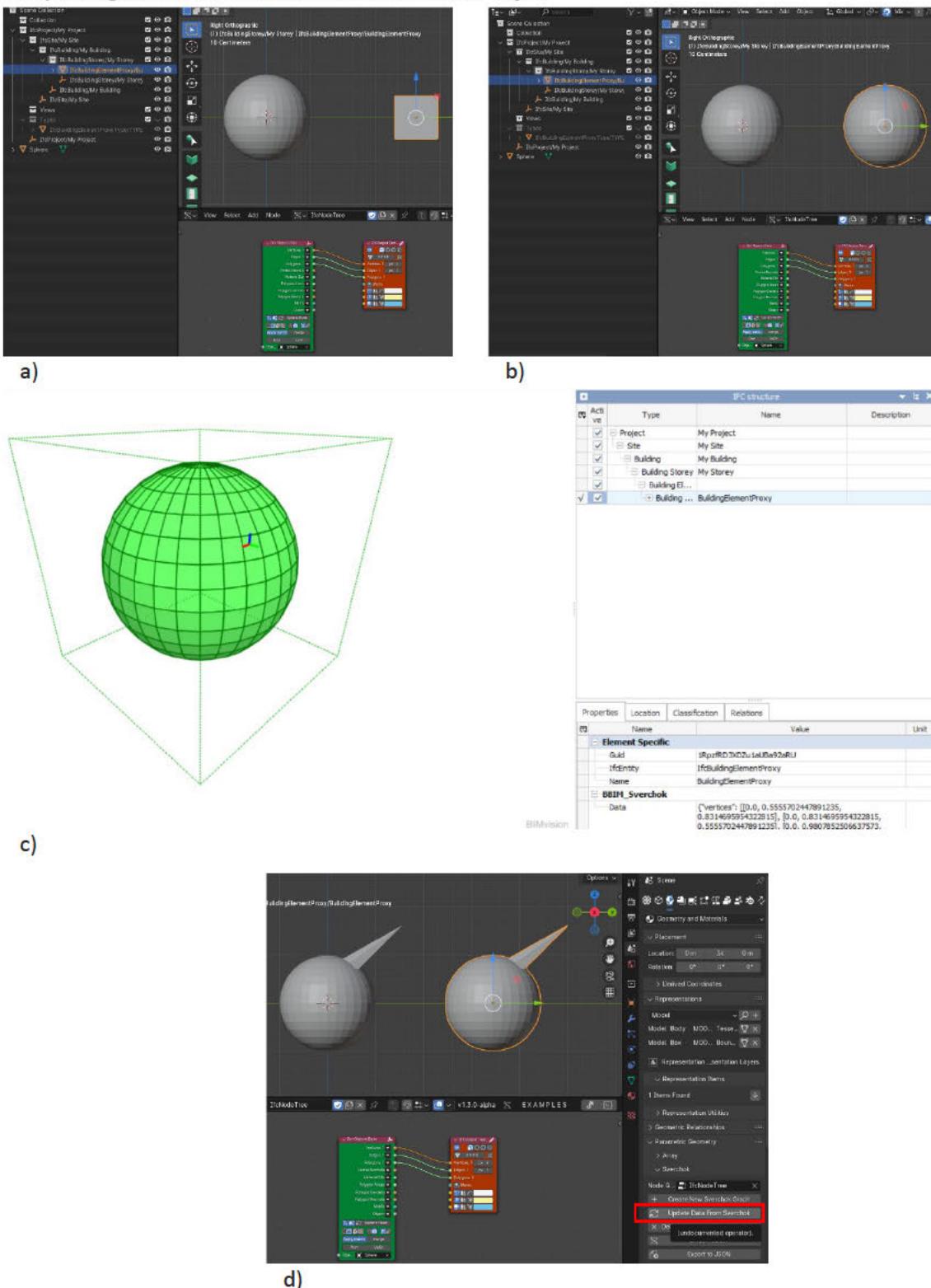
Gegevens voor de tabel zijn overgenomen uit een discussie door zowel Sverchok als Geometry Nodes gebruikers, gestart door csimeon, 2023. (<https://blenderartists.org/t/parametric-3d-constructs-for-architectural-design-geometry-nodes-vs-sverchok-vs-sorcar/1461505>). Copyright 2023, onbekend.

Recentelijk, in mei 2024, is Sverchok echter geüpdatet en weer bruikbaar met Blender 4.0 en hoger (Ciuntuc, 2024). IfcSverchok biedt de mogelijkheid om Blender- en Sverchok-geometrie te converteren naar IFC en BlenderBIM-geometrie (IfcOpenShell, z.d.-a). Het kan functioneren als de schakel tussen parametrische elementen in Blender, zoals via Geometry Nodes of Sverchok, en BlenderBIM. Figuur 13 toont hoe een IfcBuildingProxyElement (kubus) de representatie van een Blender-object (bol) kan krijgen via twee Sverchok nodes. Het IFC-element wordt vervolgens in een andere viewer geopend, waar het nu de bolvormige representatie heeft. Wanneer de originele Blender-bol wordt aangepast, kan de representatie met één klik op de knop worden bijgewerkt, Figuur 13d, waardoor ook het IFC-element wordt aangepast.

Belangrijk hierbij is dat het te veranderen IFC element niet door een IFC definitie gelimiteerd wordt hoe deze eruit kan zien. Wanneer men bijvoorbeeld dezelfde handeling met een IfcWall met het Type Template "Vertical Layers" zou proberen, zal dit niet werken. In het Type Template is namelijk gedefinieerd dat het enkel verticale lagen zijn met een bepaalde dikte. In BlenderBIM zal deze de nieuwe vorm wel te zien zijn, maar na het herladen van het IFC bestand of het inladen in een andere viewer is deze weer vervangen voor de standaard verticale wand.

Figuur 13

Aanpassing van een IFC element aan een Blender object



7.6 DEELCONCLUSIE

Binnen BlenderBIM is het mogelijk om alle benodigde onderdelen voor een klein project te modelleren. Het eindmodel is daar het bewijs van. Het leerproces kan erg moeizaam aanvoelen door de regelmatig voorkomende bugs en crashes, de afwijkende layout van Revit en de afwezigheid van goede documentatie of up-to-date tutorials. Hoewel het een zoektocht is kan men daarna wel de meeste gewenste resultaten verwezenlijken. De optimale werkwijzen is echter in veel gevallen nog niet mogelijk of bedacht, wat terug te zien is in de zoektocht naar de ideale kozijnen bibliotheek en de beste manier om parametrische elementen te maken. Deze onderwerpen vereisen dat er in de toekomst verder mee gewerkt wordt om de processen te verbeteren en daarmee te optimaliseren, voordat ze daadwerkelijk in een productieomgeving toegepast kunnen worden.

7.7 VALIDATIE

C.C.J. Claus heeft dit gedeelte doorgelezen en de eindmodellen uitgebreid doorgenomen, waarbij hij een dertiental aan vragen heeft gesteld. Regelmatig zette hij vraagtekens bij gemaakte keuzes en deze heb ik grotendeels naar tevredenheid van Claus beantwoord. Zie hiervoor Bijlage 15.9.2. Andere opmerkingen heb ik verwerkt, zoals het verwijderen van de dubbele IfcSites in het project. Sommige heb ik helaas niet kunnen verwerken, zoals bijvoorbeeld de stramienen naar de juiste plek verplaatsen of de naamgeving van elementen in de browser veranderen. Dit had namelijk voor aanvang van het project ingesteld moeten zijn, wat nu niet meer mogelijk blijkt te zijn.

In Bijlage 15.6 is te zien hoe ik het probleem van zelfgemaakte deuren en ramen uitgewerkt en gepost heb op het OSArch forum, waarbij de bedoeling was dat men hiervan kan leren en eventueel suggesties voor verbeteringen kan opperen. Hoewel dit laatste helaas niet het geval is geweest tot nu toe, is er wel blijk van waardering geweest door middel van de reacties. Dit geeft ook aan dat meerdere gebruikers met dit probleem bezig zijn geweest en dat het proces in de toekomst wellicht nog meer mensen kan helpen. C.C.J. Claus heeft bij deze kozijnen de vraag gesteld of het niet beter is om deze als een IfcElementAssembly toe te voegen. Met deze methode is het wel mogelijk om verschillende materiaalceringen in één Assembly te genereren, maar verliest men de IfcDoor of IfcWindow opties. Daarnaast is dat geen correcte oplossing volgens het IFC Schema. Het is het echter waard te onderzoeken of in het geval van een deur de IfcDoor niet samengevoegd kan worden met een IfcElementAssembly, waardoor eventueel een hybride oplossing zou kunnen ontstaan. Hier is echter vervolgonderzoek voor nodig.

8 DOCUMENTATIE

Dit segment richt zich op het proces van het genereren van tekeningen, waarbij specifieke aandacht wordt besteed of het mogelijk is om aan de richtlijnen zoals vastgelegd in de NEN 47 te voldoen. Dit vormt een belangrijke prioriteit vanuit het perspectief van het bedrijf als opdrachtgever. Hiervoor vergelijk ik de tekening van het voorbeeldproject met de geprinte tekeningen uit het BlenderBIM model. Wanneer deze exact overeenkomen betekent dit dat de mogelijkheid er inderdaad is.

8.1 IFC DOCUMENTATIE

In BlenderBIM is de manier van documentatie aanmaken en visualiseren iets anders geregeld dan in de eerder vergeleken programma's Revit en ArchiCAD. Een tweetal belangrijke verschillen:

- Via BlenderBIM wordt documentatie in IFC opgeslagen.
- De opmaak van tekeningen wordt niet volledig binnen de applicatie, in dit geval BlenderBIM, geregeld.

Dit betekent dat de views en dergelijke ook meegenomen worden wanneer het .ifc bestand in een ander programma wordt ingeladen. Dit vereist echter wel dat de andere programma's een goede IFC importeermogelijkheid hebben, wat meestal niet het geval is, zie hoofdstuk 4.2.1.

8.2 OPMAAK

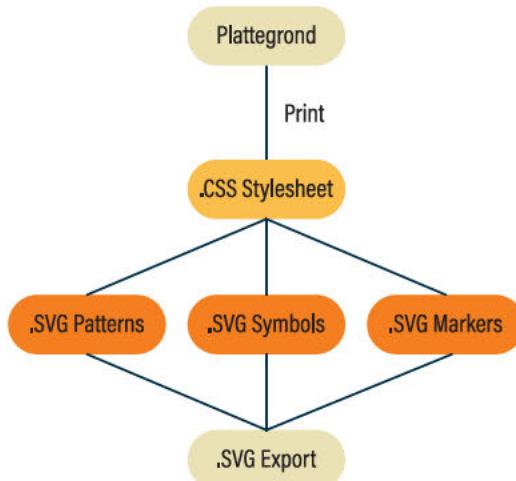
8.2.1 AANSTURING

De BlenderBIM plug-in maakt gebruik van CSS en SVG voor het opmaken van elementen wanneer de functie 'print drawing' wordt gebruikt. Elementen worden vormgegeven aan de hand van de opgegeven CSS stylesheet, SVG markers, SVG symbols en SVG patterns. De CSS stylesheet speelt hierbij een centrale rol, zoals geïllustreerd in Figuur 14.

De materialisatie van elementen wordt op twee verschillende manieren geregeld. Allereerst is er het tabblad 'Materials', waar beide benaderingen samenkommen. In Figuur 6a wordt bijvoorbeeld de gewenste arcering van een voorbeeld weergegeven: rode baksteen. Figuur 15b toont de eigenschappen van de view, waarbij de paden worden ingevuld door te verwijzen naar de stylesheet, markers, symbols en patterns. In Figuur 15c wordt een materiaal uit deze bestanden toegewezen aan een element, zoals een wand met metselwerkbaksteenrood. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze informatie tweemaal moet worden ingevoerd: de eerste keer voor de arcering en de tweede keer voor schedules en andere toepassingen, waarbij deze niet hetzelfde hoeven te zijn. Figuur 15d illustreert een verwijzing naar een pattern in de stylesheet, zoals beschreven in Figuur 15e. Na het afdrukken van de tekening worden de afbeelding en arcering van Figuur 15a gegenereerd. Dit proces geeft een voorbeeld van hoe dit systeem werkt voor vrijwel elk element op een tekening.

Figuur 14

Proces voor het creëren van een tekening



8.2.2 SCHAAL

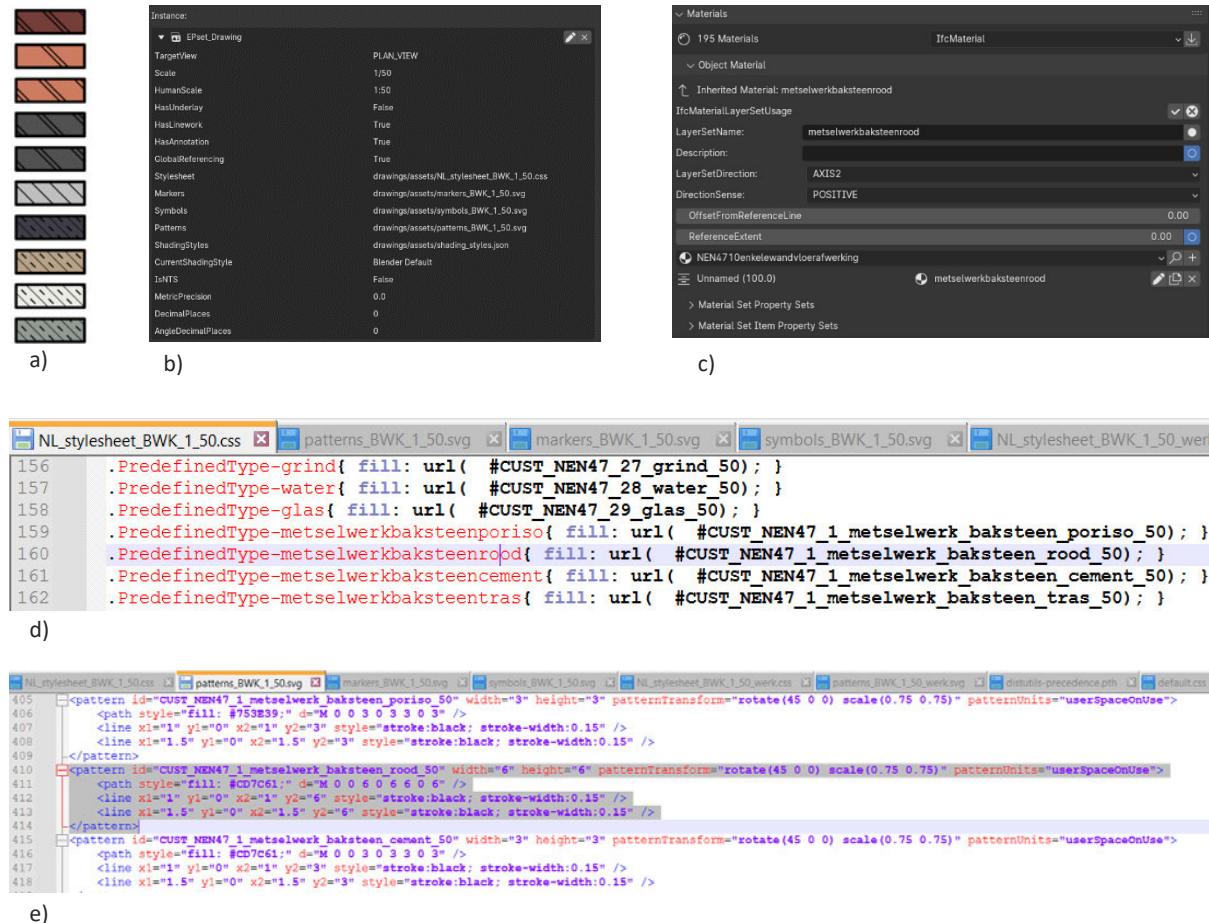
Tijdens het onderzoek zijn twee methoden bedacht voor het beheren van schaal en arceringen in BlenderBIM. De eerste methode omvat het aanmaken van verschillende bestanden voor stylesheets, markers, symbolen en patronen per gewenste schaal. Ingenieursbureau 3BM heeft een Python-script ontwikkeld om dit te vereenvoudigen, zodat arceringen slechts eenmaal correct ingesteld hoeven te worden voor één schaal en automatisch naar elke benodigde schaal kunnen worden getransformeerd. Het toewijzen van deze schalen aan verschillende views is wel een inefficiënt proces.

De tweede methode is om verschillende schalen in één stylesheet te plaatsen, maar deze vereist aanpassingen aan de materialen van de elementen bij elke schaalverandering. Deze methode is echter toepasbaar binnen dit experimentele onderzoek met kleine projecten, waar alle tekeningen zijn gegenereerd op een schaal van 1:50. Voor detailtekeningen met een andere schaal kan een filled region met de gewenste schaal worden toegevoegd.

De eerste methode is gebruikt in het gemaakte model en wordt beschouwd als de meest bruikbare methode voor de toekomst. BlenderBIM komt ook met standaarden voor deze stylesheets en SVG-bestanden geïnstalleerd, wat suggereert dat dit vraagstuk waarschijnlijk in de toekomst zal worden geoptimaliseerd.

Figuur 15

Benodigheden voor de juiste arcering

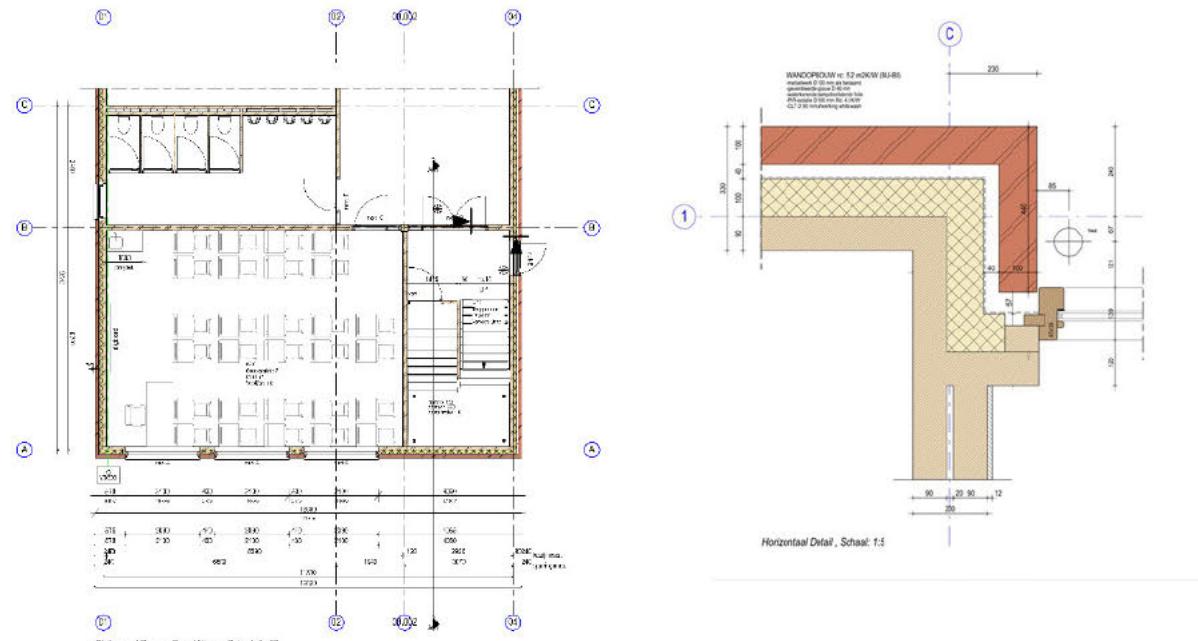


Hoewel het op dit moment zeker niet perfect en efficiënt werkt, uit eigen ervaring is het zelfs een moeizaam proces, is het wel degelijk mogelijk om tekeningen te genereren, zie Figuren 16 en 17 of Bijlage 15.5.2 voor een compleet en groter overzicht van de tekeningen. Het voordeel van de methode

met CSS en SVG bestanden is dat wanneer tekeningen van een andere instantie worden ontvangen, deze alleen hoeven te worden overgezet naar de eigen bestanden. Hierdoor kan men direct een tekening in eigen stijl inzien. Het is echter wel noodzakelijk dat de naamgeving van materialen exact hetzelfde is, waardoor er een algemeen naamgevingssysteem of standaard moet worden toegepast.

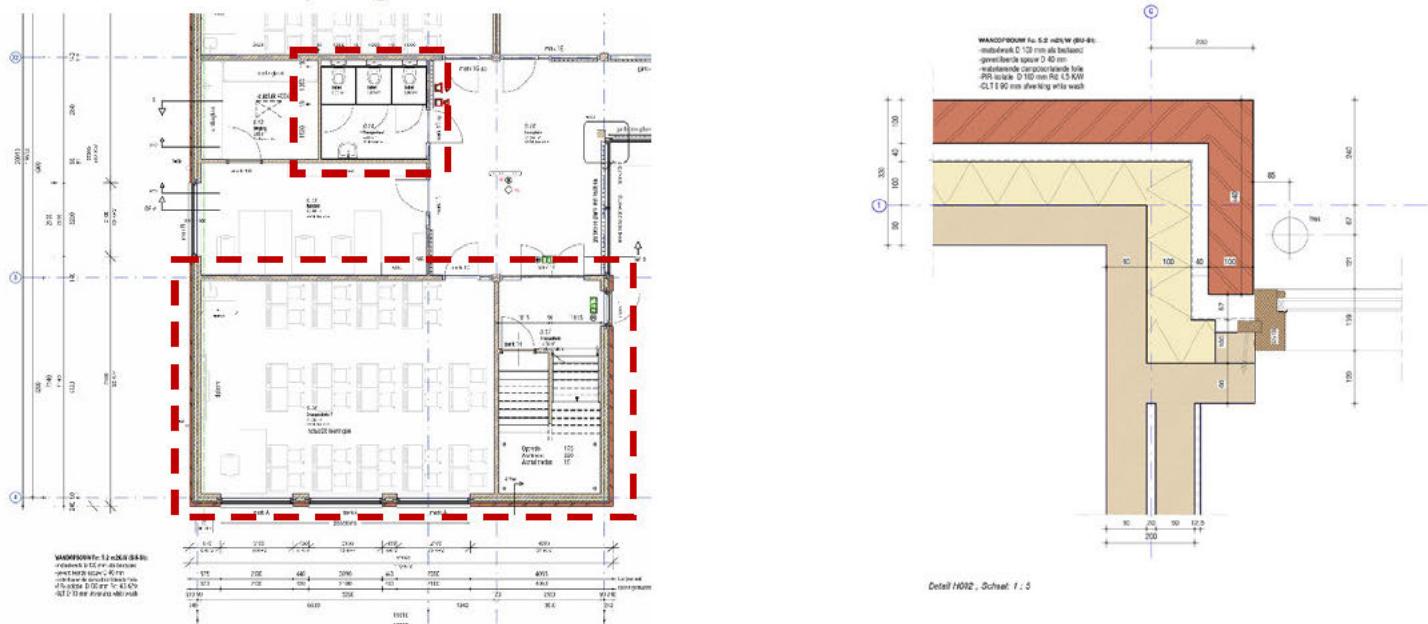
Figuur 16

De geëxporteerde plattegrond en het detail



Figuur 17

De voorbeeld plattegrond en het detail



Overgenomen van een interne bron van Ingenieursbureau 3BM. Copyright 2023, Ingenieursbureau 3BM.

8.2.3 SHEETS

Het creëren van sheets in BlenderBIM is mogelijk, maar vereist extra software, zoals het gratis en open-source programma Inkscape, voor het gewenste resultaat. BlenderBIM plaatst alle tekeningen vanuit hetzelfde punt op de sheet, wat leidt tot tekeningen die over elkaar heen staan. In Inkscape kan de layout handmatig worden bepaald, inclusief het toevoegen van renvooi en extra informatie. Mijn ervaring is dat dit proces niet altijd probleemloos verloopt. Soms werden de tekeningen niet correct weergegeven in de browser of in Inkscape. Tijdens het maken van de sheet zelf worden de SVG's omgezet in afbeeldingen, wat resulteert in kwaliteitsverlies. De originele SVG's hebben problemen bij het openen in Inkscape of Illustrator, wat waarschijnlijk de oorzaak is. Dit vereist echter verder onderzoek om het op te lossen. De eindtekening in Bijlage 15.5.3, waarbij de SVG's handmatig zijn gelinkt en geïmporteerd als afbeeldingen met een hoge DPI, is buiten de standaard sheet-functionaliteit van BlenderBIM om gemaakt en verschilt verder niet met de SVG. Een uitzondering was echter het symbool van de nooduitgang, dat verkeerd wordt weergegeven als een zwarte driehoek met een streep.

8.3 VERGELIJKING

Bij het vergelijken van de tekeningen uit BlenderBIM met die van het voorbeeldproject zijn er opvallende verschillen en overeenkomsten. Figuren 16 en 17 en de tekeningen uit Bijlage 15.5.1 en 15.5.2 zijn hiervoor meegenomen.

- **Algemene uitstraling:** De meeste tekeningen komen voldoende overeen wat betreft algemene uitstraling. Alle essentiële onderdelen zoals wanden, arceringen, annotaties, maatvoeringen, ruimte tags, en symbolen zijn aanwezig. Een uitzondering vormt de weergave van materialen in aanzichten; de kleuren en texturen behouden tijdens het exporteren bleken voor dit project nog niet haalbaar, zoals te zien in het gevelaanzicht van Bijlage 15.4. De mogelijkheid is er echter wel, zoals in de releasenotes te zien is (Moult, 2024).
- **Exportvolgorde van elementen:** Een belangrijke tekortkoming is de automatische exportvolgorde van elementen, die niet altijd correct is en momenteel niet handmatig kan worden aangepast. De volgorde is afhankelijk van het type element, ongeacht de afstand tot de camera (Moult, 2023b). Dit leidt soms tot ongewenste resultaten, bijvoorbeeld bij Figuur 16b waar schroeven en maatvoering soms niet correct worden weergegeven.
- **2D elementen:** Hoewel arceringen, fills, en andere 2D-elementen grotendeels correct worden weergegeven, blijven er problemen met kleine details. Zo kan bijvoorbeeld de positie van maatvoeringstekst niet vanuit BlenderBIM worden bepaald en de precieze weergave van 2D-elementen kan niet volledig vanuit CSS of SVG-bestanden worden aangepast. Zo blijven er bijvoorbeeld bij section markers twee streepjes over waar tekst zou moeten staan, wat niet te verwijderen is via CSS of SVG-bestanden. Ook is het nog niet mogelijk om arceringen op de oriëntatie van het element te plaatsen. Hiervoor is nog geen oplossing (Roodhorst, 2024b).
- **3D elementen:** De weergave van 3D-elementen in 2D is niet altijd accuraat. Bijvoorbeeld, bij de raamkozijnen aan de zuidgevel zijn in de plattegrond onjuiste driehoekige doorsneden zichtbaar. Bovendien vertoont de daktrim in de doorsnede een onjuiste projectie naar boven.
- **Materialen toewijzen:** Het is nog niet mogelijk om verschillende materialen aan één element toe te wijzen, zoals bijvoorbeeld het kozijn en het glas van een deur, om verschillende arceringen te exporteren. Het is echter wel mogelijk om een kleur toe te voegen aan onderdelen via de normale Blender-manier, maar dit resulteert niet in gearceerde tekeningen.
- **NEN 47 arceringen:** Het is mogelijk om arceringen volgens NEN 47 te maken in BlenderBIM, zie hiervoor de proof-of-concept template in Bijlage 15.5.2. Hierin zijn ter illustratie een aantal van deze arceringen nagemaakt.

- **Element naamgeving:** In BlenderBIM krijgen elementen snel dubbele namen, waardoor er een X.001 versie ontstaat. In de Project Browser is dat erg onoverzichtelijk, maar dat komt ook naar voren op de tekening. Zo heeft grid 3 ook een .001 achtervoegsel tijdens de export gekregen. Het element verwijderen en opnieuw toevoegen verhelpt het probleem niet.

8.4 DEELCONCLUSIE

Het genereren van tekeningen met BlenderBIM is mogelijk, maar kent uitdagingen en beperkingen die aandacht vereisen om aan de NEN 47 richtlijnen te voldoen. BlenderBIM slaat documentatie op in het IFC-formaat. De opmaak van tekeningen in BlenderBIM gebeurt via CSS en SVG bestanden. Hoewel dit flexibiliteit biedt, zijn er op dit moment beperkingen zoals niet-automatische schaalveranderingen en de afwezigheid van de correcte visuele representatie in de Blender UI. Handmatige aanpassingen zijn vaak nodig, hoewel een Python-script dit kan vereenvoudigen. Voor het maken van sheets is aanvullende software zoals Inkscape nodig om de layout te optimaliseren. Dit proces is niet altijd betrouwbaar en kan leiden tot kwaliteitsproblemen bij het exporteren van de SVG's. Bij vergelijking met een voorbeeldproject bleek dat BlenderBIM voldoende presteert qua algemene uitstraling en essentiële onderdelen. Problemen blijven bestaan bij de weergave van materialen in aanzichten, de exportvolgorde van elementen, en de nauwkeurigheid van 2D en 3D weergaven. Samengevat kan BlenderBIM tekeningen genereren die grotendeels aan de NEN 47 richtlijnen voldoen, maar voor het totaalbeeld is verdere optimalisatie nodig voor een efficiënter en nauwkeuriger proces.

8.5 VALIDATIE

C.C.J. Claus merkte op dat de property browser in BlenderBIM onoverzichtelijk was door de geduplicateerde naamgevingen met .00X achtervoegsels. Hij stelde voor dat dit probleem kan worden opgelost via een instelling bij het aanmaken van een nieuw project. Dit is waardevolle feedback voor toekomstige projecten om dergelijke fouten te voorkomen. Tijdens een vergadering met D. Moult, de ontwikkelaar van BlenderBIM, werd duidelijk dat hij niet op de hoogte was dat dergelijke tekeningen gemaakt konden worden met het programma. Dit suggereert dat het project op de goede weg is, maar ook de uitdaging benadrukt om feedback te verzamelen over de manier waarop tekeningen worden gemaakt, gezien het beperkte gebruik van het programma op deze manier.

Halverwege de afstudeerperiode deelde 3BM Labs, een zusterbedrijf van Ingenieursbureau 3BM, een aantal tussentijdse tekeningen op LinkedIn. De reacties hierop waren positief, waarbij een Senior CAD Technician uit Denemarken opmerkte dat het indrukwekkend was dat deze tekeningen in Blender waren gemaakt. Daarnaast fungeert de vergelijking van de eindtekeningen met de voorbeeldtekeningen in Bijlagen 15.X op zichzelf als validatie, aangezien de resultaten hiervan inzichtelijk zijn.

9 GESCHIKTHEID FASEN

Zoals eerder vermeld, wordt een modelleerprogramma in de sector gebruikt door verschillende partijen die niet allemaal in dezelfde fase werken. Het model wordt verder ontwikkeld gedurende de bouw van het gebouw of bouwwerk. We onderscheiden over het algemeen de fasen Schetsontwerp, Voorlopig Ontwerp, Definitief Ontwerp, Technisch Ontwerp, Bestek- en Uitvoeringsfase. De onderwerpen waar ik mij in dit onderzoek specifiek op richt, zijn interoperabiliteit, aanpasbaarheid, controleerbaarheid en inzichtelijkheid. Wanneer deze begrippen van toepassing zijn op BlenderBIM, betekent dit dat het programma geschikt is voor gebruik in verschillende fasen van het ontwerpproces.

9.1 INTEROPERABILITEIT

In BlenderBIM speelt interoperabiliteit een grote rol. Zoals eerder beschreven, werkt BlenderBIM direct met het IFC-bestandsformaat, dat specifiek is ontwikkeld om interoperabiliteit in de bouwsector te bevorderen, zie hoofdstuk 5.1.1. In tegenstelling tot veel andere programma's die hun eigen bestandsformaten hebben, bieden deze programma's vaak wel de mogelijkheid om IFC-bestanden te linken, importeren of exporteren. Het linken van een IFC-bestand is vaak voldoende om het te bekijken, maar voor aanpassingen moet het IFC-bestand geïmporteerd worden. Tijdens deze conversie kan dataverlies optreden, aangezien het IFC-bestand wordt omgezet naar het bestandsformaat van het desbetreffende programma.

BlenderBIM heeft diverse mogelijkheden op dit gebied. Zo konden bijvoorbeeld 16 opgeschoonde IFC-modellen met een totale grootte van 2,3 GB in slechts 26 seconden aan het project worden gelinkt, wat aanzienlijk snel is (Conduraru, 2024). Andere mogelijkheden zijn onder meer clashdetectie, een IDS-tester functie voor het controleren van data-afspraken en online samenwerken via IfcGit. Deze laatste functie biedt veel mogelijkheden voor samenwerking en interoperabiliteit, zie hoofdstuk 9.4.2.

Het IFC-bestandsformaat blijft een cruciale rol spelen als open bestandsformaat voor het delen van BIM-modellen en informatie. Hoewel het door veel software wordt ondersteund, is de mate van ondersteuning niet altijd consistent. Een open bestandsformaat zoals IFC biedt echter een hogere mate van consistentie en maakt het mogelijk om bestanden op lange termijn te openen zonder dat ze geüpgraded hoeven te worden naar nieuwe versies, zoals vaak het geval is bij gesloten formaten zoals die van Revit (Autodesk, z.d.-d) .

9.2 AANPASBAARHEID

Aangezien BlenderBIM direct in IFC werkt, is het mogelijk om elk bestand aan te passen. Hierbij kunnen de hiërarchie, de plaatsing, de vorm, de eigenschappen enzovoorts worden gewijzigd. Ook is het uiteraard mogelijk om nieuwe informatie of elementen toe te voegen. Het aanpassen van bestaande elementen kan echter moeilijkheden met zich meebrengen. Enkele praktische voorbeelden zijn:

- Wanneer een IfcDoorType binnen een bestand wordt aangepast, kan men eenvoudigweg het type selecteren en bijvoorbeeld de vorm wijzigen om alle geplaatste elementen bij te werken. Dit is echter lastiger bij types uit een bibliotheek. Na wijziging in het bibliotheekbestand en herladen via BlenderBIM, herkent het programma de wijziging niet en biedt geen update-optie. De mogelijkheden zijn dan om het bestaande type te verwijderen en het nieuwe type in te laden, waardoor alle geplaatste elementen verdwijnen, of om het type onder een nieuwe naam op te slaan, wat resulteert in verschillende versies met verschillende namen. Beide methoden zijn niet optimaal, maar wanneer de types uit de bibliotheek perfect zijn, zal deze situatie minder vaak voorkomen.

- Het aanpassen van voids of openingen vereist veel handmatig werk vanwege de keuze om deze per laag van de wandopbouw apart toe te voegen. De openingen zijn namelijk niet exact hetzelfde voor elke laag. Bijvoorbeeld, de opening in de isolatie is groter, aangezien hierin ook nog een stelkozijn wordt geplaatst. Hoewel deze methode nauwkeurig is, kost plaatsing en aanpassing veel tijd.
- Het is niet mogelijk om meerdere wanden tegelijkertijd naar een bepaald punt, zoals de 3D-cursor, te verlengen. Wanneer twee elementen zijn geselecteerd, probeert BlenderBIM deze naar elkaar toe te verlengen zonder onderscheid te maken tussen parallelle of haakse wanden.

Dit zijn specifieke voorbeelden voor dit project, waarvan de eerste twee vooral door eigen keuzes veroorzaakt zijn. Soortgelijke situaties zullen echter in een ander project in dit stadium van BlenderBIM ook voorkomen en het geeft aan dat het proces niet altijd soepel verloopt.

9.3 INZICHTELIJKHEID

In BlenderBIM en IFC is het goed mogelijk om inzicht te krijgen in een model. Men kan elementen groeperen, filteren en opslaan, zodat ze later snel kunnen worden opgeroepen. Deze opgeslagen filters kunnen ook aan een weergave worden toegewezen om alleen specifieke elementen af te drukken op tekeningen. Het bedienen van dit filtersysteem is echter nog niet intuïtief. Het kan lastig zijn om direct te vinden wat men zoekt als men hier nog geen ervaring mee heeft. De zoekmethoden zijn de afgelopen jaren ook onderhevig geweest aan veranderingen, waarbij geprobeerd is om ze duidelijker te maken voor niet-programmeurs. Desondanks ontbreken er nog documentatie over bepaalde regels, waardoor een zoekopdracht mogelijk niets oplevert of een foutmelding veroorzaakt.

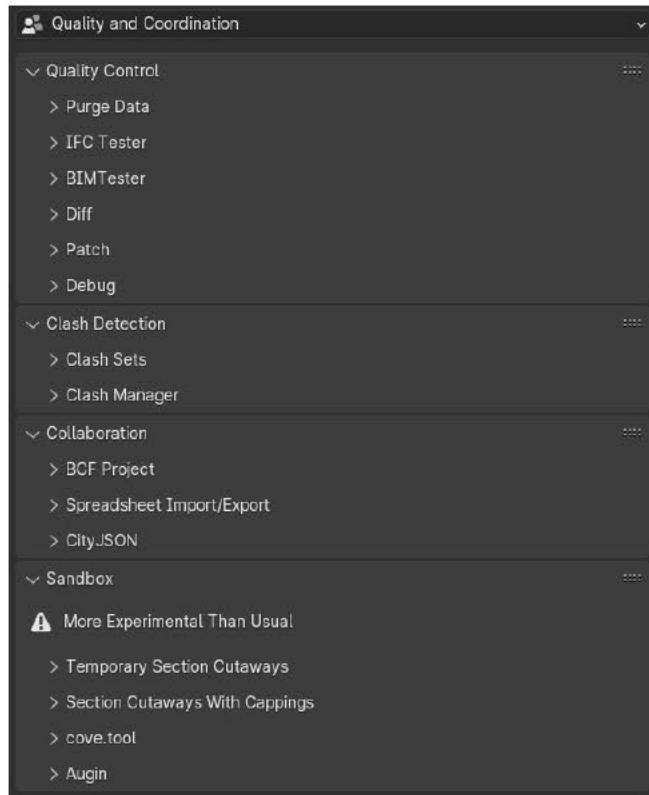
9.4 CONTROLEERBAARHEID

9.4.1 QUALITY CONTROL

Binnen BlenderBIM is het goed mogelijk om een gekregen IFC-model te controleren. Zie Figuur 18 voor de algemene opties. Met deze tools is het mogelijk om het geopende IFC-bestand te testen op verschillende aspecten. Zo kan bijvoorbeeld een clash test worden uitgevoerd met verschillende gelinkte IFC-bestanden. Deze tools zijn van grote waarde, omdat ze het model voor een groot deel inzichtelijk en controleerbaar maken. Het is echter belangrijk op te merken dat deze tools nog niet onfeilbaar zijn, wat ook blijkt uit de melding dat de onderste opties *meer experimenteel* zijn dan normaal. De meeste van deze opties zijn niet specifiek zijn getest voor dit onderzoek, maar het samenvoegen van twee IFC projecten is wel gelukt. Deze behoort samen met vele andere opties onder ‘Patch’. Hiernaast zijn opties als begrotingen, planningen en constructieve analyses mogelijk, maar vereisen nader onderzoek om de kwaliteiten in te zien.

Figuur 18

De Quality and Coordination opties in BlenderBIM



9.4.2 IFCGIT

Een andere krachtige toevoeging is de IfcGit functionaliteit. IfcGit maakt het mogelijk om versies van een IFC-model terug te zien, wijzigingen samen te voegen, voort te bouwen op wijzigingen van anderen zonder het IFC-model te overschrijven (door het maken van branches), en versies lokaal en op een remote server te beheren. Met IfcGit kunnen gebruikers wijzigingen delen, beoordelen en integreren, vergelijkbaar met hoe softwareontwikkelaars samenwerken aan codeprojecten met behulp van Git.

IfcGit maakt gebruik van de open source aard van IFC, IfcOpenShell en BlenderBIM, waardoor het IFC-model, dat in essentie een tekstbestand is, gemakkelijk kan worden geüpload naar een Git-server en wijzigingen lokaal kunnen worden bijgehouden. Deze functionaliteit biedt modelleurs de mogelijkheid om complexe samenwerkingsprocessen te beheren en te versterken, vergelijkbaar met hoe versiebeheer in de softwareontwikkeling wordt toegepast.

IfcGit biedt functionaliteiten die het mogelijk maken voor niet-softwareontwikkelaars om efficiënt samen te werken aan IFC-modellen, vergelijkbaar met hoe softwareontwikkelaars samenwerken aan codeprojecten. Zoals gedemonstreerd in een video en gesprek van Bruno Postle volgt hieronder een uitleg van de belangrijkste functies, (2023b):

1. **Versiebeheer (Commit History):** Met IfcGit kun je de geschiedenis van het IFC-model bekijken, inclusief wie wat heeft gewijzigd en wanneer dit is gebeurd. Dit wordt mogelijk gemaakt door de commit history, waarin alle wijzigingen worden bijgehouden.
2. **Wijzigingen samenvoegen (Merge):** Wanneer meerdere mensen tegelijkertijd aan hetzelfde IFC-model werken, kunnen hun wijzigingen samengevoegd worden. Dit voorkomt conflicten en zorgt ervoor dat alle aanpassingen op een gestructureerde manier worden geïntegreerd.
3. **Werken aan wijzigingen zonder overschrijven (Branching):** Met IfcGit kun je een nieuwe tak (branch) maken van het IFC-model. Dit stelt je in staat om onafhankelijk te werken aan specifieke wijzigingen, zonder de kans te lopen dat je het oorspronkelijke model overschrijft. Nadat de wijzigingen zijn getest en goedgekeurd, kunnen ze worden samengevoegd met de hoofdtak (main branch).
4. **Lokale en externe opslag van versies:** Wijzigingen kunnen lokaal worden opgeslagen op je eigen computer en worden geüpload naar een externe server (push). Andere teamleden kunnen deze wijzigingen vervolgens ophalen vanaf de server (pull), waardoor een gedistribueerd samenwerkingsmodel ontstaat.
5. **Pull Request (Verzoek tot goedkeuring):** Binnen Git platforms zoals GitHub kun je een Pull Request indienen. Hiermee kunnen teamleden wijzigingen bekijken, beoordelen en goedkeuren voordat ze worden samengevoegd met de hoofdtak van het model. Dit proces zorgt voor een gecontroleerde en gevalideerde bijdrage aan het project.

Deze functionaliteiten maken het mogelijk om op een gestructureerde en georganiseerde manier samen te werken aan IFC-modellen. Daarnaast maakt dit het mogelijk om web-based modellen te maken, dus effectief een eigen beheerde cloud. Hierop kunnen weer allerlei passieve automatiseringen bedacht worden, de mogelijkheden zijn eindeloos (Bruno Postle, 2023b).

9.5 DEELCONCLUSIE

Dit onderzoek naar BlenderBIM heeft waardevolle inzichten opgeleverd over interoperabiliteit, aanpasbaarheid, controleerbaarheid en inzichtelijkheid. BlenderBIM biedt uitgebreide

aanpasbaarheid, hoewel het bijwerken van bibliotheektypes soms uitdagend kan zijn vanwege de noodzaak om geplaatste elementen handmatig aan te passen na een wijziging.

Inzichtelijkheid wordt gefaciliteerd door functies zoals groeperen, filteren en het opslaan van weergaven, hoewel de gebruiksvriendelijkheid van de zoek- en filterfuncties verbeterd kan worden. Controleerbaarheid van modellen wordt ondersteund door geavanceerde tools zoals IFC Clash Sets, IFC Tester en BIMTester, die waardevol zijn voor het testen op botsingen en kwaliteitscontrole, maar nog verdere verbetering en testen behoeven. Voor implementatie is training essentieel om de volledige potentie van BlenderBIM te benutten en eventuele obstakels te overwinnen.

Concluderend biedt BlenderBIM een krachtige oplossing voor het werken met IFC-bestanden in de bouwsector, met sterke punten op het gebied van interoperabiliteit, aanpasbaarheid, controleerbaarheid en inzichtelijkheid. Met de juiste training en ondersteuning kan BlenderBIM een waardevol hulpmiddel zijn voor architecten en bouwprofessionals die werken aan complexe bouwprojecten.

9.6 VALIDATIE

Dit onderdeel is ook door C.C.J. Claus gevalideerd, zie Bijlage 15.9.1. Hieruit kwamen suggesties voor het toevoegen van informatie, aangezien hier het onderdeel IfcGit van uiterst belang is. Dit had ik daarvoor nog niet op die manier begrepen en daarna heb ik informatie toegevoegd en benadrukt. Hoewel hij in de validatie benadrukt dat deze functionaliteiten al de waardering van het cijfer drie in de tabel zouden moeten krijgen, wordt uit de verwezen video en uit eigen ervaring juist duidelijk dat de functionaliteiten voor leken nog niet toegankelijk zijn.

10 TOEKOMST

Om een onderbouwd oordeel te kunnen vellen is het belangrijk om ook naar de toekomst te kijken. Hoewel niet alle functies op een bruikbaar niveau in BlenderBIM aanwezig zijn, kan dit in de nabije toekomst veranderen.

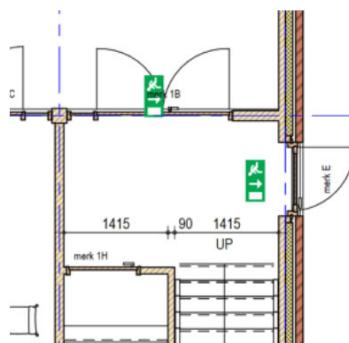
10.1 ONTWIKKELSNELHEID

BlenderBIM is een programma dat voortdurend evolueert en verbetert. Zoals eerder besproken, wordt er dagelijks een update geüpload, voornamelijk getest door ontwikkelaars (IfcOpenShell, z.d.-b). Wanneer er feedback binnentkomt over bugs of verzoeken voor nieuwe functies, via het OSArch forum of GitHub, wordt dit opgemerkt en in de wachtrij gezet. Volgens D. Moult krijgen deze kwesties, afhankelijk van hun complexiteit en belang, aandacht van de ontwikkelaars, zie Bijlage 15.7. Ze zijn zeer actief. De laatste twee stable releases, beide uitgekomen tijdens het afstudeertraject, hebben in totaal 1391 nieuwe functies en bugfixes geïntroduceerd (Moult, 2024). Als praktisch voorbeeld werd op 13 april een bericht geplaatst op het forum over de rotatie van zelfgemaakte symbolen. Een ontwikkelaar gaf aan niet op de hoogte te zijn van deze specifieke symboolfunctionaliteit in BlenderBIM. Op 14 april was het probleem al opgelost (Roodhorst, 2024a). Een afbeelding bij dit bericht werd later opgenomen in de officiële releasenotes van BlenderBIM versie 0.0.240402, zie Figuur 19.

Figuur 19

Onderdeel van de officiële releasenotes

You can now manage and generate drawings from detached windows. Blender lets you create and split new windows, so this is useful especially for users with multi-monitor setups. Activating drawings now also works when you have objects isolated. Text symbols and multi symbol objects can be rotated in the viewport too. Multisymbol annotations are also now decorated to make it easier to see.



A small but significant usability improvement is that you can now select elements in any order when assigning an annotation to a product for smart annotations instead of the eyedropper. Also built-in text annotation assets can now be used in any view, not just plan view. Angles now display using the degrees symbol, a small but significant change in documentation quality. Drawing include / exclude filters now have a new friendly UI which also lets you use saved searches.

Overgenomen van de releasenotes voor BlenderBIM versie 0.0.240402 door D. Moult, 2024. (https://community.osarch.org/discussion/comment/19977/#Comment_19977). Copyright 2024, Roodhorst.

Dit voorbeeld illustreert hoe actief het forum, de gebruikers en de ontwikkelaars zijn in het verbeteren van BlenderBIM en het oplossen van problemen. Sinds 2022, het jaar waarin de meeste tutorials van IfcArchitect zijn uitgebracht, is BlenderBIM op verschillende punten aanzienlijk veranderd, waarbij deze interacties een belangrijke rol hebben gespeeld.

10.2 TOEKOMSTPLANNEN

10.2.1 BLENDER

Op 29 april 2024 vond een gesprek plaats tussen M.D. Vroegindeweij en T. Roosendaal, de oprichter van Blender, waarbij interessante plannen voor de toekomst werden besproken. Het verslag hiervan is te vinden in Bijlage 15.8. Deze plannen hebben directe impact op de samenwerking tussen Blender en BlenderBIM. Blender breidt uit naar de Automotive en ruimtevaartindustrieën en er wordt overwogen om de bouwsector hieraan toe te voegen. Er is recentelijk een AEC-productmanager aangesteld binnen Blender en er zal gewerkt worden aan verschillende nieuwe functionaliteiten, waaronder een CSG (Constructive Solid Geometry) modeller. Deze zou dienen als alternatief voor IfcOpenShell, wat zou kunnen leiden tot een betere integratie van Blender-functionaliteiten in IFC-formaten.

Daarnaast zullen constraints of beperkingen worden toegevoegd, waardoor afhankelijkheden tussen elementen kunnen worden gedefinieerd. Dit is nuttig voor het creëren van parametrische elementen. Bovendien worden verbeterde documentatiemogelijkheden en een SVG-editor in Blender geïntroduceerd. Deze toevoegingen hebben het potentieel om huidige tekortkomingen binnen BlenderBIM op te lossen. De ontwikkeling van documentatiemogelijkheden en de SVG-editor door Blender geeft het kleinere BlenderBIM team de ruimte om zich op andere zaken te richten. Hoewel deze plannen nog niet officieel zijn gepubliceerd, tonen ze de bereidheid van Blender om zich verder te ontwikkelen binnen de bouwsector en de potentie die dit met zich meebrengt.

10.2.2 BLENDERBIM

Er is geen duidelijk en kort overzicht is van aan welke onderdelen er actief gewerkt wordt en voor welke datum deze gepland staan. De eerder getoonde tijdlijn heeft een bereik tot eind 2023 en er is helaas geen tijdlijn in hetzelfde format voor de huidige tijdsperiode te vinden, zie Figuur 7. Volgens deze tijdlijn zou BlenderBIM op dit moment in de Beta fase moeten zijn aangekomen, maar hier is geen officiële aankondiging van, behalve dat D. Moult in een comment op het OSArch uitlegt dat BlenderBIM voor sommige onderdelen al in de Beta fase aan is gekomen (RaphaëlVouilloz, 2023). Tegelijkertijd vermeld hij dat een Beta fase moeilijk te definiëren is en uiteindelijk de gebruikers dat beslissen. Er zijn echter wel verschillende andere aanwijzingen voor toekomstplannen. Zo is er op GitHub op het moment van schrijven een lange lijst van 726 openstaande en 2885 afgesloten issues (IfcOpenShell, z.d.-b). Iedereen kan een Issue aanmaken en zo is het mogelijk om de ontwikkeling van BlenderBIM te sturen, zie Bijlage 15.7. Het is gebleken dat het verhelpen van bugs zeer snel kan gaan en dat met elke stable release weer veel problemen opgelost zijn en functionaliteiten toegevoegd zijn. Gedurende dit afstudeertraject is zowel versie 0.0.240402 als versie 0.0.240602 uitgekomen met in totaal 1391 nieuwe functionaliteiten en oplossingen voor bugs (Moult, 2024). Deze hoge ontwikkelingsnelheid biedt een toekomstperspectief waarin fouten snel opgelost worden. Het is echter niet duidelijk wanneer BlenderBIM in zijn geheel zich in de Beta fase zal bevinden. Men zal de ontwikkeling in de gaten moeten blijven houden om een oordeel te vellen voor wanneer het programma geschikt genoeg is om de projecten erin uit te voeren.

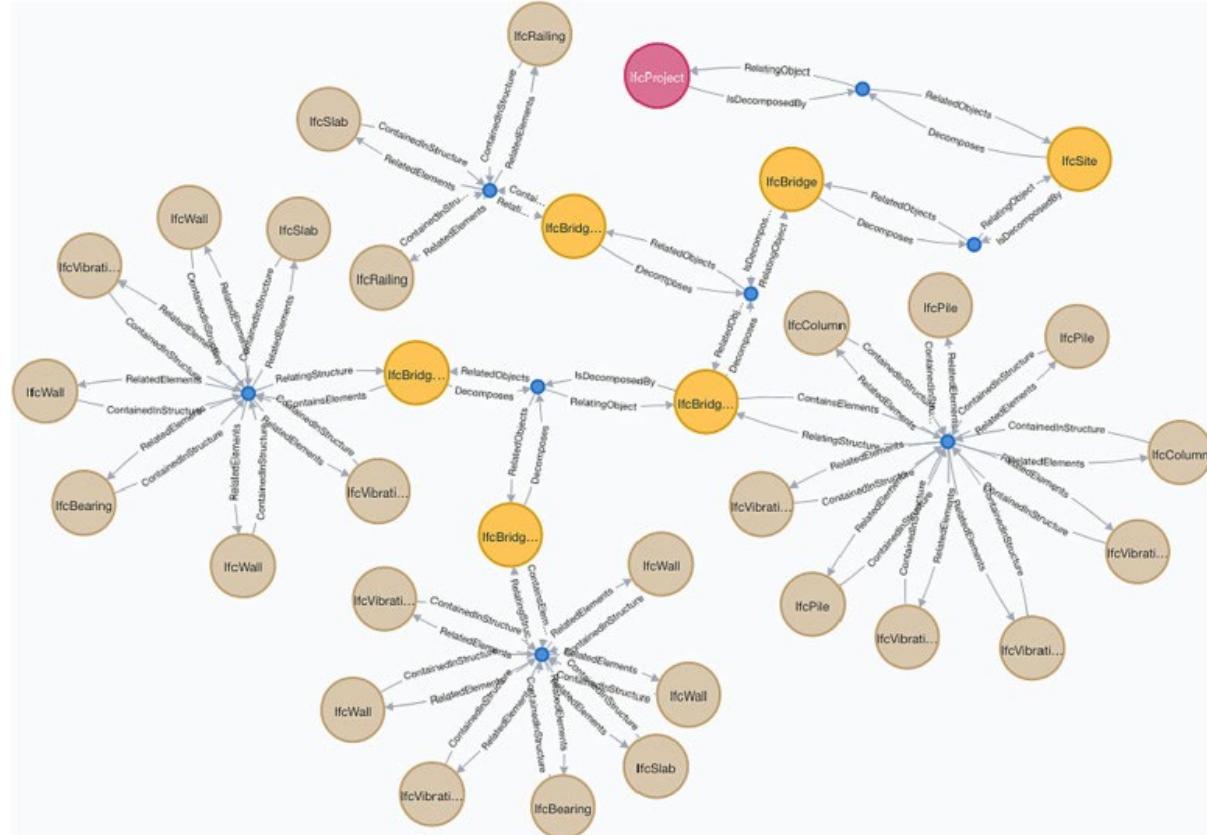
10.2.3 IFC

Recentelijk zijn er diverse ontwikkelingen gaande binnen het IFC-bestandsformaat. Het IFC 5.0 schema wordt momenteel ontwikkeld met verschillende aanpassingen ten opzichte van IFC 4.0 en hoger, om zo de toekomstbestendigheid van IFC te waarborgen (Van Berlo et al., 2021). Daarnaast wordt onderzocht hoe IFC kan worden geïmplementeerd binnen een Graph Database. Door de gedefinieerde relaties is IFC compatibel met een Graph Database, waarin de relaties tussen elementen en de eigenschappen van elementen visueel worden opgeslagen, zie Figuur 20 (Zhu et al., 2023). In een plat IFC-tekstbestand zijn niet alle relaties tussen elementen direct zichtbaar, waardoor aanpassingen aan

een IFC-bestand foutgevoelig kunnen zijn (Zhu et al., 2023). Daarom kan een IFC Graph Database zorgen voor snellere en verbeterde informatieverwerking door gegevens te extraheren die anders verborgen zouden blijven in een conventioneel bestand (Ismail et al., 2017).

Figuur 20

De ruimtelijke structuur van een *Graph Database* voor IFC



Overgenomen van een onderzoek van Zhu et al., 2023.

(<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104778>). Copyright 2023, Zhu et al.

10.2.4 FUNDING

Deze vooruitgang is mogelijk gemaakt door de inspanningen van D. Moult, samen met vrijwillige bijdragen en incidenteel freelance ontwikkelaars. Onlangs is een tweede vaste ontwikkelaar aangesteld. BlenderBIM ontvangt momenteel ongeveer \$2.500 per maand aan donaties, wat relatief laag is vergeleken met FreeCAD (\$8.000) en Blender (\$160.000), zoals te zien in Bijlage 15.7. Er wordt zowel nationaal als internationaal gewerkt aan het vergroten van de bekendheid van BlenderBIM, waarbij M.D. Vroegindeweij ook actief betrokken is door het geven van presentaties met afbeeldingen uit het beroepsproduct, zie Bijlage 15.12. Een toename in financiering zou waarschijnlijk de ontwikkeling van BlenderBIM aanzienlijk kunnen versnellen.

10.3 DEELCONCLUSIE

BlenderBIM, ontwikkeld door D. Moult en ondersteund door vrijwillige bijdragen, toont een aanzienlijke groei en ontwikkeling in de recente jaren. De software evolueert snel, met dagelijkse updates die gericht zijn op het verhelpen van bugs en het toevoegen van nieuwe functies, zoals gedocumenteerd in de recente stable releases. Ondanks de beperkte financiële ondersteuning in vergelijking met andere open-source software, zoals FreeCAD en Blender, wordt er actief gewerkt aan het vergroten van de bekendheid van BlenderBIM op zowel nationaal als internationaal niveau.

De toekomst van BlenderBIM ziet er veelbelovend uit, met plannen voor verdere integratie met Blender en verbeteringen in functionaliteit, zoals de mogelijke introductie van een CSG modeller en verbeterde documentatiemogelijkheden. Ook wordt de ontwikkeling van het IFC-bestandsformaat nauwlettend gevolgd, met inspanningen om deze te implementeren in een Graph Database voor verbeterde gegevensverwerking en visualisatie.

Hoewel er momenteel geen duidelijke tijdlijn is voor de Beta-fase van BlenderBIM, blijft de hoge ontwikkelsnelheid hoopvol voor toekomstige verbeteringen. Een verhoogde financiële steun zou naar verwachting de ontwikkeling van BlenderBIM aanzienlijk versnellen, waardoor het programma geschikter wordt voor breed gebruik binnen de AEC-industrie.

11 ALGEMENE CONCLUSIE

Na alle voorgaande onderwerpen besproken te hebben, is het tijd om conclusies te trekken die samen de hoofdvraag '*In welke mate is BlenderBIM in 2024 een bruikbaar en interessant alternatief voor bouwkundige modelleurs in de verschillende fasen van het bouwproces*' kunnen beantwoorden.

Dit onderzoek biedt een diepgaand overzicht van BlenderBIM als potentieel gratis alternatief voor gevestigde BIM-software zoals Revit en ArchiCAD. BlenderBIM, ontwikkeld op basis van Blender, benadrukt zijn sterke punten in flexibiliteit, ontwikkelsnelheid en interoperabiliteit met het IFC-bestandsformaat. Ondanks uitdagingen zoals bugs, een onduidelijk beeld binnen het programma en tekortkomingen in 2D/3D weergaven, evolueert de software snel dankzij actieve ontwikkeling en gemeenschapsbijdragen. Deze eigenschappen bieden perspectief voor ontevreden gebruikers van Autodesk Revit, aangezien BlenderBIM in de basis aansluit bij hun visie op de toekomst van BIM-software.

BlenderBIM maakt het mogelijk om tekeningen te produceren die sterk lijken op voorbeeldtekeningen uit Revit, wat aantoont dat BlenderBIM potentieel heeft voor professioneel gebruik na het verhelpen van genoemde problemen. Het open-source karakter van BlenderBIM stimuleert innovatie en transparantie, wat resulteert in een flexibel 3D-programma met potentieel voor brede toepassing in de bouwsector. Verdere optimalisatie en ontwikkeling zijn echter noodzakelijk om de software competitiever te maken met gevestigde namen, met name op het gebied van gebruikersinterface, stabiliteit en documentatie.

De toekomst van BlenderBIM ziet er veelbelovend uit, met geplande integraties met Blender en verbeteringen in functionaliteit zoals de mogelijke introductie van een CSG-modeller en verbeterde documentatiemogelijkheden. Verdere ontwikkeling en grotere financiële steun zijn essentieel om BlenderBIM te laten uitgroeien tot een robuust alternatief dat breed gebruikt kan worden in de AEC-industrie. Kortom, met de juiste training en ondersteuning kan BlenderBIM een waardevol hulpmiddel worden voor architecten en bouwprofessionals die in 2024 projecten op kleine schaal en in de toekomst complexe bouwprojecten uitvoeren.

12 DISCUSSIE

Hoewel het eindresultaat van het onderzoek en de beroepsproducten naar eigen tevredenheid zijn afgerond, zijn er aspecten waarin verbetering mogelijk was. In dit hoofdstuk wordt kritisch gekeken naar wat beter had kunnen gaan en waarom.

12.1 BRONNEN

Gezien de innovatieve aard van dit onderwerp, is er weinig informatie beschikbaar over verschillende aspecten binnen dit specifieke gebied. Veel van de gebruikte bronnen zijn afkomstig van de officiële documentatie van IFC, verstrekt door BuildingSMART International, en van Blender zelf. Het is uitdagend om valide bronnen vanuit diverse objectieve perspectieven te vinden, aangezien de informatie vaak direct betrekking heeft op de specifieke materie.

12.2 TABEL FUNCTIONALITEIT EN KWALITEIT

De tabel die de functionaliteit en kwaliteit van BlenderBIM vergelijkt met ArchiCAD en Revit is gevalideerd op basis van persoonlijke ervaringen. Hoewel aangenomen kan worden dat M.D. Vroegindeweij het beste weet hoe Revit voor zijn bedrijf functioneert en waar BlenderBIM aan moet voldoen, zouden meerdere experts een beter onderbouwd beeld hebben kunnen geven. Dit geldt ook voor de functionaliteiten van ArchiCAD. Voor BlenderBIM is relatief meer validatie beschikbaar, aangezien het aantal gebruikers aanzienlijk kleiner is. De ervaring met het programma en de validatie door een van de weinige experts heeft daarom meer waarde. Uiteindelijk was het doel van deze vergelijking om een indicatie te geven, wat als positief kan worden beschouwd.

12.3 MODELLEREN

Voor het modelleren heb ik keuzes gemaakt die anderen bij een ander bedrijf wellicht anders zouden hebben benaderd. In overleg met mijn bedrijfsbegeleider als opdrachtgever heb ik zo ervoor gekozen om voids voor kozijnen afzonderlijk per laag toe te voegen. Dit resulteert in dubbel werk per wandlaag en maakt aanpassingen een inefficiënt proces, zoals beschreven in hoofdstuk 7.4. Een alternatieve benadering zou zijn om met een samengestelde wand of een enkele complete void te werken, wat zou resulteren in een andere beoordeling van dit proces en de bijbehorende nadelen. Daarom kunnen andere personen en bedrijven met verschillende werkwijzen tot andere conclusies komen, hoewel de basis waarschijnlijk hetzelfde zou zijn.

12.4 AFKADERING

Het kader waarin dit onderzoek is geplaatst, heeft bepaald dat er geen alternatieven onderzocht worden. Het kan echter voor andere professionals waardevol zijn om deze alternatieve benaderingen te verkennen.

12.5 VALIDATIE

Hoewel voor de validatie verschillende personen zijn geraadpleegd en het moeilijk is om binnen Nederland experts te vinden, zou het beter zijn geweest om bepaalde onderdelen ook internationaal door een deskundige te laten beoordelen. Achteraf gezien had ik bijvoorbeeld R. Schultz, een professional die projecten uitvoert in BlenderBIM, kunnen vragen om de tekeningen te valideren. Hiervoor was C.C.J. Claus benaderd, maar hij gaf in een laat stadium aan dat hij nog geen tekening had gemaakt. Vervolgens had ik R. Schultz kunnen benaderen voor verdere validatie, maar daar was helaas geen tijd meer voor.

13 AANBEVELINGEN

Alhoewel het onderzoek en de daarbij horende eindproducten mogelijk een innovatief begin van een nieuw tijdperk zonder Revit duiden, is het nog niet zo ver. Er is nog veel werk te doen voordat BlenderBIM een compleet pakket is dat op alle fronten op hetzelfde niveau is als Autodesk Revit. In het kader van dit onderzoek, de eindproducten en het directe vervolg ervan, zijn er een aantal aanbevelingen voor vervolgstappen.

13.1 VERKENNING FUNCTIONALITEITEN

Binnen de kaders van het onderzoek zijn niet alle functionaliteiten van BlenderBIM onderzocht en getest. Het is sterk aan te bevelen om ook deze functionaliteiten, zoals bijvoorbeeld begrotingen en planningen, te onderzoeken. Zo ontstaat een volledig beeld van alle mogelijkheden binnen BlenderBIM en de toegevoegde waarde die deze opties kunnen hebben voor het bedrijf. Het verkennen van deze functionaliteiten biedt de mogelijkheid om de volledige capaciteiten van BlenderBIM te begrijpen en te beoordelen hoe deze kunnen bijdragen aan de operationele efficiëntie, productiviteit en de algehele prestaties van het bedrijf.

13.2 UITBREIDING TEMPLATE EINDPRODUCT

Het eindproduct, onder andere gepresenteerd in de vorm van een template voor een nieuw project waarin alle elementen van het proof-of-concept eindmodel overzichtelijk zijn opgenomen, kan vanzelfsprekend worden uitgebreid. Het is daarom raadzaam om deze template gedurende verdere projecten aan te vullen met de ontwikkelde elementen, zodat uiteindelijk een volledige open-source bibliotheek ontstaat. Door deze template te vertalen naar het Engels zou het een internationale standaard kunnen worden die mogelijk wordt opgenomen in de installatie van BlenderBIM. Hiervoor is het echter wel noodzakelijk om de schalen van de arceringen te herzien en goed na te denken over een systematische naamgeving, aangezien dit zou zorgen voor inwisselbare templates zoals beschreven in hoofdstuk 8.2.2. Dit zal gebruikers helpen om vertrouwd te raken met BlenderBIM, wat uiteindelijk de ontwikkeling van het programma kan versnellen. C.C.J. Claus benadrukt dit ook in de validatie van Bijlage 15.9.2.

13.3 UITWERKEN ELEMENTEN

Het is ook aan te bevelen om de elementen en bijbehorende processen die zijn getoond in het eindproduct en beschreven zijn in dit onderzoek verder te optimaliseren. Voor dit onderzoek was het niet mogelijk om alle mogelijkheden voor elk probleem te onderzoeken, en bovendien zijn er inmiddels nieuwe updates vrijgegeven die mogelijk nieuwe processen mogelijk maken. Aangezien de gebruikte processen niet zijn geoptimaliseerd, is het de moeite waard om verdere ontwikkelingen te volgen en de impact van deze ontwikkelingen op specifieke werkmethoden te beoordelen.

13.4 INDIENING VERBETERINGEN

Tijdens het leerproces werden diverse uitdagingen ervaren die verbeterd kunnen worden. Zo zou het samenvoegen van materialen en hun arceringen tot één eigenschap dubbel werk bij aanpassingen voorkomen, terwijl de mogelijkheid om een afwijkende afwerking toe te passen behouden kan blijven. Daarnaast zou recentere en uitgebreidere documentatie het leerproces aanzienlijk verbeteren. De implementatie van gevelmaterialen die direct vanuit de tekening kunnen worden geëxporteerd, zou eveneens waardevol zijn. Verder zouden parametrische elementen toegankelijker moeten worden gemaakt, bijvoorbeeld door middel van aanpasbare IFC-voorbeelden. Ook zou het koppelen van maatvoering aan elementen een verbetering zijn, aangezien deze nu statisch zijn. Hoewel er nog andere verbeteringen mogelijk zijn, zou toekomstig onderzoek en gebruik hier veel van kunnen profiteren.

14 LITERATUURLIJST

/ W3S_Digital. (z.d.). Geraadpleegd op 15 maart 2024, van <https://w3s.nl/updates/alles-wat-je-moet-weten-over-apis/>

3BM Labs. (2024, 6 april). *3BM Labs on LinkedIn: Jesse Roodhorst is bezig met zijn HBO-afstudeerstage bij 3BM! Onderwerp is. . .* Geraadpleegd op 27 mei 2024, van https://www.linkedin.com/posts/3bm-labs_jesse-roodhorst-is-bezig-met-zijn-hbo-afstudeerstage-activity-7182275782239469569-KfJJ/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

5.1 IFCKernel - IFC4.3.2.0 documentation. (z.d.). Geraadpleegd op 11 maart 2024, van https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_3/HTML/ifckernel/content.html

8.18.3.17 IFCShapeRepresentation - IFC 4.3.2 documentation. (z.d.). Geraadpleegd op 29 april 2024, van <https://docs.standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4x3/HTML/lexical/IfcShapeRepresentation.htm>

About tessellation. (z.d.). Pixyz Studio 2022.1 Documentation. Geraadpleegd op 29 april 2024, van <https://www.pixyz-software.com/documentations/html/2022.1/studio/AboutTessellation.html>

Ace. (2023, 25 januari). *BlenderBim Tutorial - Custom Lineweights & more - Discussion Thread.* OSArch. Geraadpleegd op 1 mei 2024, van <https://community.osarch.org/discussion/1326/blenderbim-tutorial-custom-lineweights-more-discussion-thread>

Aganost, A. (2021, 17 maart). *Autodesk and the Architecture Industry | Autodesk News.* Autodesk News. Geraadpleegd op 23 maart 2024, van <https://adsnews.autodesk.com/en/views/autodesk-and-the-architecture-industry/>

Alba, M. (2018, 5 maart). *Autodesk's licensing transition. Who knew it would be so hard?* Engineering.com. Geraadpleegd op 9 mei 2024, van <https://www.engineering.com/story/autodesks-licensing-transition-who-knew-it-would-be-so-hard>

Autodesk. (z.d.-a). *About Revit and IFC*. help.autodesk.com. Geraadpleegd op 18 april 2024, van <https://help.autodesk.com/view/RVT/2025/ENU/?guid=GUID-6708CFD6-0AD7-461F-ADE8-6527423EC895>

Autodesk. (z.d.-b). *Autodesk Revit / Get prices & Buy Official Revit Software*. Geraadpleegd op 8 maart 2024, van <https://www.autodesk.eu/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

Autodesk. (z.d.-c). *GeometryObject Class*. help.autodesk.com. Geraadpleegd op 12 mei 2024, van https://help.autodesk.com/view/RVT/2025/ENU/?guid=Revit_API_Revit_API_Developers_Guide_Revit_Geometric_Elements_Geometry_GeometryObject_Class_html

Autodesk. (z.d.-d). *Project will not upgrade in Revit*. autodesk.com. Geraadpleegd op 25 maart 2024, van <https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/sfdarticles/sfdarticles/Revit-Project-will-not-upgrade.html>

Autodesk. (z.d.-e). *Revit to IFC and back to Revit*. autodesk.com. Geraadpleegd op 13 mei 2024, van <https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/sfdarticles/sfdarticles/Revit-to-IFC-and-back-to-Revit.html>

Autodesk. (z.d.-f). *Which are the officially supported product versions of Revit?* autodesk.com. Geraadpleegd op 3 mei 2024, van <https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/sfdarticles/sfdarticles/Which-are-the-officially-supported-product-versions-of-Revit.html>

BIMcollab. (2024, 4 januari). *Wat is OpenBIM? - BIMCollab*. Geraadpleegd op 8 april 2024, van <https://www.bimcollab.com/nl/resources/openbim/>

Blender Foundation. (z.d.-a). *About — Blender.org*. blender.org. Geraadpleegd op 15 maart 2024, van <https://www.blender.org/about/>

Blender Foundation. (z.d.-b). *Blender 4.0 Release Notes*. developer.blender.org. Geraadpleegd op 13 mei 2024, van https://developer.blender.org/docs/release_notes/4.0/

Blender Foundation. (z.d.-c). *Blender Foundation — Blender.org*. blender.org. Geraadpleegd op 1 april 2024, van <https://www.blender.org/about/foundation/>

Blender Foundation. (z.d.-d). *Blender Institute — Blender.org*. blender.org. Geraadpleegd op 1 april 2024, van <https://www.blender.org/about/institute/>

Blender Foundation. (z.d.-e). *Blender's History — Blender Manual*. Geraadpleegd op 15 mei 2024, van http://builder.openhmd.net/blender-hmd-viewport-temp/getting_started/about/history.html

Blender Foundation. (z.d.-f). *Convert - Blender 4.1 Manual*. Geraadpleegd op 20 mei 2024, van https://docs.blender.org/manual/en/latest/scene_layout/object/editing/convert.html

Blender Foundation. (z.d.-g). *History — Blender.org*. blender.org. Geraadpleegd op 15 mei 2024, van <https://www.blender.org/about/history/>

Blender Foundation. (z.d.-h). *Interface — Blender.org*. blender.org.
<https://www.blender.org/features/interface>

Blender Foundation. (z.d.-i). *License — Blender.org*. blender.org. Geraadpleegd op 15 mei 2024, van <https://www.blender.org/about/license/>

Blender Foundation. (z.d.-j). *Modeling - Blender 4.1 Manual*. docs.blender.org. Geraadpleegd op 15 mei 2024, van <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/index.html>

Blender Foundation. (z.d.-k). *Object Origin - Blender 4.1 Manual*. Geraadpleegd op 18 maart 2024, van https://docs.blender.org/manual/en/latest/scene_layout/object/origin.html

Blender Foundation. (z.d.-l). *Triangles to Quads - Blender 4.1 Manual*. Geraadpleegd op 13 mei 2024, van

https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/editing/face/triangles_quads.html

Blender Studio. (z.d.). *Geometry Nodes from Scratch - Blender Studio*. Geraadpleegd op 6 april 2024, van <https://studio.blender.org/training/geometry-nodes-from-scratch/>

BlenderBIM Add-on - Wiki.OSArCH. (z.d.). Geraadpleegd op 1 maart 2024, van https://wiki.osarch.org/index.php/BlenderBIM_Add-on

BlenderBIM Add-on/Shortcuts - Wiki.OSArCh. (z.d.). Geraadpleegd op 15 april 2024, van https://wiki.osarch.org/index.php?title=BlenderBIM_Add-on/Shortcuts

Blender's UI drives me crazy. (2021, 20 september). Blender Artists Community. Geraadpleegd op 30 mei 2024, van <https://blenderartists.org/t/blenders-ui-drives-me-crazy/1328853>

Bruno Postle. (2023a, maart 12). *BlenderBIM experimental IFC Git add-on demo* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-Y5-LR4oik8>

Bruno Postle. (2023b, juni 28). *BlenderBIM IFC Git collaboration* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=cJZhSCSSWdA>

BuildingSMART Data Dictionary. (z.d.). buildingSMART International. Geraadpleegd op 14 maart 2024, van <https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/>

BuildingSMART International. (z.d.). *Industry Foundation Classes (IFC) - BuildingSMART Technical.* buildingSMART Technical. Geraadpleegd op 17 maart 2024, van <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>

Bunszel, A. (2020, 28 augustus). *A reply to our customers' open letter on Autodesk Revit / Autodesk News.* Autodesk News. Geraadpleegd op 25 maart 2024, van <https://adsknews.autodesk.com/en/views/reply-to-open-letter-on-revit/>

C-Claus - overview. (z.d.). GitHub. Geraadpleegd op 24 mei 2024, van <https://github.com/C-Claus>

Cheung, B. (2021, 5 april). *Syntax vs. semantics in programming - Star Gazers - Medium.* Medium. Geraadpleegd op 14 maart 2024, van <https://medium.com/star-gazers/syntax-vs-semantics-in-programming-38e028488b7e>

Ciuntuc, I. (2024, 23 mei). *Ionut Ciuntuc on LinkedIn: Sverchok update to Blender 4.x - multiple ifc Columns with IfcOpenShell. . .* https://www.linkedin.com/posts/ionut-ciuntuc-18bbaa77_sverchok-update-to-blender-4x-multiple-activity-7199257738122510337-YEhQ?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

Claus, C. C. J., & Schuller, K. (2015, 31 oktober). *Industry Foundation Classes data model based lighting analyses building information modeling workflow optimization*. Eindhoven University Of Technology Research Portal. <https://research.tue.nl/en/studentTheses/industry-foundation-classes-data-model-based-lighting-analyses-bu>

Coen: About. (2021, 1 juli). OSArch. Geraadpleegd op 8 maart 2024, van <https://community.osarch.org/profile/Coen>

Conduraru, P. (2024, 24 april). *Petru Conduraru on LinkedIn: The process of linking IFC models in BlenderBIM used to be manual and... / 10 comments* [Video].

https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7188824775278944256?updateEntityUrn=urn%3Ali%3Afs_feedUpdate%3A%28V2%2Curn%3Ali%3Aactivity%3A7188824775278944256%29

Constructive solid geometry - FreeCAD Documentation. (2020, 9 april). wiki.freecad.org/Constructive_solid_geometry
Geraadpleegd op 19 april 2024, van https://wiki.freecad.org/Constructive_solid_geometry

Corp, S. (z.d.). *Glossary / Geometric Modeling Kernel*. Geraadpleegd op 6 april 2024, van <https://www.spatial.com/resources/glossary/geometric-modeling-kernel>

Cruz, C., & Nicolle, C. (2009). CAD Software and Interoperability. In *IGI Global eBooks* (pp. 495–501). <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-026-4.ch082>

csimeon. (2023, 24 april). *Parametric 3D Constructs for Architectural Design : Geometry Nodes vs Sverchok vs Sorcar*. Blender Artists Community. Geraadpleegd op 15 mei 2024, van <https://blenderartists.org/t/parametric-3d-constructs-for-architectural-design-geometry-nodes-vs-sverchok-vs-sorcar/1461505>

CSS Introduction. (z.d.). Geraadpleegd op 10 februari 2024, van https://www.w3schools.com/css/css_intro.asp

Davies, T. (2022, 23 september). *Breaking down the IFC 4.3 schema*. AEC Magazine.
Geraadpleegd op 16 mei 2024, van <https://aecmag.com/collaboration/breaking-down-the-ifc-4-3-schema/>

Day, M. & The open letter group. (2022, 12 september). *The Open Letter to Autodesk: two years on*. AEC Magazine. Geraadpleegd op 23 april 2024, van <https://aecmag.com/bim/the-open-letter-two-years-on/>

digiGO. (2023). *BIM basis ILS - digiGO*. Geraadpleegd op 7 april 2024, van <https://www.digigo.nu/ilsen-en-richtlijnen/bim-basis-ils>

Download - install the BlenderBIM Add-on for Windows, Mac, and Linux. (z.d.). [blenderbim.org](https://blenderbim.org/download.html). Geraadpleegd op 10 april 2024, van <https://blenderbim.org/download.html>

European Construction Industry Federation [FIEC]. (2020). FIEC position paper on the relationship between users and software companies/editors/service providers. In www.fiec.eu. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://www.fiec.eu/fiec-opinions/position-papers-pl/fiec-position-paper-relationship-between-users-and-software-companieseditorsservice-providers>

European Federation of Engineering Consultancy Associations [EFCA] & Architects' Council of Europe [ACE]. (2021). EFCA – ACE Position Paper. In www.efcanet.org. EFCA. Geraadpleegd op 9 april 2024, van https://www.efcanet.org/sites/default/files/2021-07/EFCA-ACE%20Position%20Paper_June%202021.pdf

Faceted Modeling and NURBS. (2023, 27 november). Prescient Technologies. Geraadpleegd op 20 april 2024, van <https://www.pre-scient.com/knowledge-center/geometric-modelling/faceted-modelling-and-nurbs/>

Free Software Foundation FSF. (z.d.). *The GNU General Public License v3.0 - GNU Project - Free Software Foundation*. Geraadpleegd op 15 mei 2024, van <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0>

Ganguly, S. (z.d.). *Open Source Software Examples*. Geraadpleegd op 12 maart 2024, van <https://www.designrush.com/agency/software-development/trends/open-source-software-examples>

GeeksforGeeks. (2023, 21 april). *Kernel in operating system*. GeeksforGeeks. Geraadpleegd op 6 mei 2024, van <https://www.geeksforgeeks.org/kernel-in-operating-system/>

GeeksforGeeks. (2024, 5 februari). *What is Proof of Concept (POC) in Software Development?*

GeeksforGeeks. Geraadpleegd op 21 april 2024, van <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-proof-of-concept-poc-in-software-development/>

Geometry Nodes Introduction - Blender 4.1 Manual. (z.d.). Geraadpleegd op 6 april 2024, van <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/introduction.html>

Graphisoft. (z.d.). *Import IFC model to ARCHICAD.* helpcenter.graphisoft.com. Geraadpleegd op 7 mei 2024, van <https://helpcenter.graphisoft.com/user-guide/137854/>

Help. (z.d.). Autodesk. Geraadpleegd op 15 februari 2024, van <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/ENU/>

Hexahedral Mesh vs. Tetrahedral: Comparing High-Quality Meshing. (z.d.). System Analysis Blog | Cadence. Geraadpleegd op 20 april 2024, van <https://resources.system-analysis.cadence.com/blog/msa2022-hexahedral-mesh-vs-tetrahedral-comparing-high-quality-meshing>

History and versions of IFC – BIM Supporters. (z.d.). Geraadpleegd op 8 mei 2024, van <https://app.bimsupporters.com/courses/ifc/lessons/history-and-versions-of-ifc/>

[https://www\(tuple.nl](https://www(tuple.nl). (2023, 23 juni). *Bug.* Tuple. Geraadpleegd op 20 februari 2024, van [https://www\(tuple.nl/knowledge-base/bug-software-bug](https://www(tuple.nl/knowledge-base/bug-software-bug)

IFC / Forum Standaardisatie. (z.d.). Geraadpleegd op 14 maart 2024, van <https://www.forumstandaardisatie.nl/open-standaarden/ifc>

Ifc Architect. (2022, 20 oktober). *BlenderBim - Custom Window in 10mins [Video].* YouTube. Geraadpleegd op 24 februari 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=0wR5uAUwn8Y>

IFC Formats - BuildingSMART Technical. (z.d.). buildingSMART Technical. Geraadpleegd op 12 mei 2024, van <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-formats/>

IFC Schema Introduction. (z.d.). standards.buildingsmart.org. Geraadpleegd op 19 april 2024, van https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_2/FINAL/HTML/link/introduction.htm

IfcOpenShell. (z.d.-a). *IfcOpenShell/src/ifcverchok at v0.7.0 · IfcOpenShell/IfcOpenShell*.

GitHub. Geraadpleegd op 14 april 2024, van

<https://github.com/IfcOpenShell/IfcOpenShell/tree/v0.7.0/src/ifcverchok>

IfcOpenShell. (z.d.-b). *Issues · IFCOpenShell/IfcOpenShell*. GitHub. Geraadpleegd op 8 juni

2024, van <https://github.com/IfcOpenShell/IfcOpenShell/issues>

IfcOpenShell. (z.d.-c). *Releases · IFCOpenShell/IFCOpenShell*. GitHub. Geraadpleegd op 2 maart

2024, van <https://github.com/IfcOpenShell/IfcOpenShell/releases>

IFCOpenShell - Wiki.OSArCh. (z.d.). Geraadpleegd op 9 maart 2024, van

<https://wiki.osarch.org/index.php?title=IfcOpenShell>

Ilyasovich, D. I. (2023). *UNDERSTANDING OF BLENDER SOFTWARE*.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10361844>

Information Delivery Manual (IDM). (z.d.). buildingSMART Technical. Geraadpleegd op 6 april

2024, van <https://technical.buildingsmart.org/standards/information-delivery-manual/>

Interoperabiliteit - NORA online. (z.d.). <https://www.noraonline.nl/wiki/Interoperabiliteit>

Introduction to IFC - IfcOpenShell 0.7.0 documentation. (z.d.). Geraadpleegd op 25 april 2024,

van https://docs.ifcopenshell.org/introduction/introduction_to_ifc.html

Ismail, A., Nahar, A., & Scherer, R. (2017). Application of graph databases and graph theory concepts for advanced analysing of BIM models based on IFC. . . *ResearchGate*.

https://www.researchgate.net/publication/318600860_Application_of_graph_databases_and_graph_theory_concepts_for_advanced_analysing_of_BIM_models_based_on_IFC_standard

ISO - about ISO. (z.d.). ISO. Geraadpleegd op 11 april 2024, van <https://www.iso.org/about-us.html>

ISO 16739-1:2024. (z.d.). ISO. Geraadpleegd op 7 april 2024, van

<https://www.iso.org/standard/84123.html>

Jena, S. (z.d.). *Difference between Open Source Software and Closed Source Software*.

GeeksforGeeks. Geraadpleegd op 19 april 2024, van <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-open-source-software-and-closed-source-software/>

Joe. (2024, 11 februari). *Blender's UI: A Visual Enhancement Guide*. Blender Glossary.

Geraadpleegd op 28 mei 2024, van <https://blenderglossary.com/blender-s-ui-a-visual-enhancement-guide/>

Joselaks. (2020, 5 april). *A medium-term Revit replacement*. OSArch. Geraadpleegd op 11 maart 2024, van https://community.osarch.org/discussion/comment/274/#Comment_274

Killing perpetual May 7 2020. (2020, 7 mei). Autodesk Community. Geraadpleegd op 4 april 2024, van <https://forums.autodesk.com/t5/subscription-changes/killing-perpetual-may-7-2020/td-p/9361450/page/2>

Kinsta. (2023, 17 november). *What Is GitHub? A Beginner's Introduction to GitHub*. Kinsta®.

Geraadpleegd op 6 april 2024, van <https://kinsta.com/knowledgebase/what-is-github/>

KUBUS BV. (2024, 12 januari). *Archicad KeyMember Editie: dit zijn de voordelen* | KUBUS.

KUBUS. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van

<https://www.kubusinfo.nl/producten/archicad/keymember/>

Laakso, M., & Kiviniemi, A. (2012, 30 mei). *THE IFC STANDARD - A REVIEW OF HISTORY, DEVELOPMENT, AND STANDARDIZATION*. <https://www.itcon.org/2012/9>

Larin, A. (2021, 14 september). *3D formats overview: IFC*. CAD Exchanger. Geraadpleegd op 8 mei 2024, van <https://cadexchanger.com/blog/3d-formats-overview-ifc/>

Letter to Autodesk: An open letter that reflects customer perspectives on Autodesk in 2020. (2020). In *letters-to-autodesk.com*. <https://letters-to-autodesk.com/letter-to-autodesk.pdf>

Letters to Autodesk. (2020). In *letters-to-autodesk.com*. Geraadpleegd op 8 februari 2024, van <https://letters-to-autodesk.com/letter-to-autodesk.pdf>

Mathib. (2021, 27 maart). *ifcopenshell scripting on IFC file loaded in BlenderBIM*. OSArch. <https://community.osarch.org/discussion/504/ifcopenshell-scripting-on-ifc-file-loaded-in-blenderbim>

Modifiers Introduction - Blender 4.1 Manual. (z.d.). Geraadpleegd op 6 april 2024, van <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/introduction.html>

Moult. (2023a, augustus 29). *Happy 4th birthday, BlenderBIM Add-on! (by the numbers).* OSArch. Geraadpleegd op 25 maart 2024, van <https://community.osarch.org/discussion/1652/happy-4th-birthday-blenderbim-add-on-by-the-numbers>

Moult. (2024, 2 april). *BlenderBIM Add-on new release!* OSArch. Geraadpleegd op 6 april 2024, van <https://community.osarch.org/discussion/26/blenderbim-add-on-new-release/p12>

Moult, D. (2023b, april 22). *Imbue svg projection paths/etc with metadata classes as well.* · Issue #3002 · IfcOpenShell/IfcOpenShell. GitHub. Geraadpleegd op 11 mei 2024, van <https://github.com/IfcOpenShell/IfcOpenShell/issues/3002#issuecomment-1518668495>

National Building Specification [NBS]. (2020). 10th Annual BIM Report. In *thenbs.com*. <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2020>

NTI CAD & Company B.V. (2022, 21 april). *BIM (Bouw Informatie Model).* <https://cadcompany.nl/kennisbank/bim/>

NURBS-curven en -oppervlakken. (2021). Geraadpleegd op 13 mei 2024, van https://help2021.designexpress.eu/vwhelp/2021/NL/VW2021_Guide/Shapes2/Concept_NURBS-curven_en_-oppervlakken.htm

OCCT3D Technology - Open Cascade. (2023, 12 juli). opencascade.com. Geraadpleegd op 7 april 2024, van <https://www.opencascade.com/occt3d-technology/>

Ocean, J. (2024a, maart 28). *ArchiCAD vs. Revit.* Revizto. Geraadpleegd op 5 mei 2024, van <https://revizto.com/en/archicad-vs-revit/>

Ocean, J. (2024b, mei 6). *What is interoperability in BIM? BIM Interoperability Tools.* Revizto. Geraadpleegd op 30 mei 2024, van <https://revizto.com/en/what-is-interoperability-in-bim/>

Onur, Z., & Nouban, F. (2019). BIM software in architectural modelling. *International Journal Of Innovative Technology And Exploring Engineering*, 8(11), 2089–2093. <https://doi.org/10.35940/ijitee.k1968.0981119>

Open CASCADE Technology | Collaborative development portal. (z.d.). Geraadpleegd op 22 april 2024, van <https://dev.opencascade.org/>

OPEN LETTER TO AUTODESK. (2022, september). The Nordic Letter. Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://the-nordic-letter.com/#>

OpenCASCADE - FreeCAD Documentation. (z.d.). Geraadpleegd op 30 maart 2024, van <https://wiki.freecad.org/OpenCASCADE>

Opensource.com. (z.d.). *What is open source?* <https://opensource.com/resources/what-open-source>

Over ons — HVN2. (z.d.). HVN2. Geraadpleegd op 12 mei 2024, van <https://www.hvn2.nl/over-ons>

PA Editorial team. (2023, 6 april). *Editor's Pick: 10 best Building Information Modeling (BIM) tools and workflows.* [parametric-architecture.com](https://parametric-architecture.com/10-best-building-information-modeling-bim-tools-and-workflows/). Geraadpleegd op 9 maart 2024, van <https://parametric-architecture.com/10-best-building-information-modeling-bim-tools-and-workflows/>

Pixcap. (z.d.). *Definition of Boolean Operations in Modeling - Pixcap.* [Pixcap.com](https://pixcap.com/glossary/boolean-operations-in-modeling). Geraadpleegd op 24 april 2024, van <https://pixcap.com/glossary/boolean-operations-in-modeling>

Pouchnikov, D. (2021, 8 februari). *The need for an open source BIM Platform — UH Studio.* [UH Studio](https://uhstudio.com/posts/open-source-bim-platform-for-design). Geraadpleegd op 13 maart 2024, van <https://uhstudio.com/posts/open-source-bim-platform-for-design>

Precision Drawing Tools (PDT) - Blender 4.1 Manual. (z.d.). https://docs.blender.org/manual/en/latest/addons/3d_view/precision_drawing_tools/index.html

Prokoudine, A., & Krijnen, T. (2011, 1 september). Thomas Krijnen on IfcOpenShell, Blender, and architecture. *Libre Arts.* Geraadpleegd op 28 maart 2024, van <https://librearts.org/2011/09/thomas-krijnen-on-ifcopenshell-blender-and-architecture/>

Rack, S. (2021, 11 oktober). *What is the difference between NURBs model and a mesh?*

Holocreators. Geraadpleegd op 20 mei 2024, van <https://holocreators.com/blog/what-is-the-difference-between-a-nurbs-model-and-a-polygon-mesh/>

RaphaëlVouilloz. (2023, 8 mei). *Is there a roadmap for BlenderBIM / IfcOpenShell development to present to not yet involved actors?* OSArch. Geraadpleegd op 16 mei 2024, van <https://community.osarch.org/discussion/1472/is-there-a-roadmap-for-blenderbim-ifcopenshell-development-to-present-to-not-yet-involved-actors>

RenderGuide.com. (2020, 5 oktober). *Blender Interface Tutorial for Beginners*. Geraadpleegd op 30 mei 2024, van <https://renderguide.com/blender-interface-tutorial-for-beginners/>

Revit setup for OpenBIM/Revit and IFC Geometry - Wiki.OSArch. (z.d.). [wiki.osarch.com](https://wiki.osarch.org/index.php?title=Revit_setup_for_OpenBIM/Revit_and_IFC_Geometry).
https://wiki.osarch.org/index.php?title=Revit_setup_for_OpenBIM/Revit_and_IFC_Geometry

Roodhorst, W. J. [jes_r]. (2023, maart). *[Blender BIM] Modeling custom windows and doors - with arches* (Door Elo_Elle). OSArch. Geraadpleegd op 22 mei 2024, van https://community.osarch.org/discussion/comment/19734#Comment_19734

Roodhorst, W. J. [jes_r]. (2024a, maart 13). *BBIM - Rotation of IfcSymbol*. OSArch.
<https://community.osarch.org/discussion/2027/bbim-rotation-of-ifcsymbol>

Roodhorst, W. J. [jes_r]. (2024b, april 4). *BBIM - export order and editing text (annotation)*. OSArch. Geraadpleegd op 23 mei 2024, van <https://community.osarch.org/discussion/comment/20579>

Semantic interoperability. (z.d.). Joinup. <https://joinup.ec.europa.eu/collection/nifo-national-interoperability-framework-observatory/glossary/term/semantic-interoperability>

Shape Representation in IFC File Format (Fact sheet). (z.d.). SCIA. Geraadpleegd op 29 april 2024, van <https://www.scia.net/en/scia-engineer/fact-sheets/interoperability-bim/shape-representation-ifc-file-format>

Sheiblik, Y. A. (2023). *3D RECONSTRUCTION OF 2D IMAGES USING DEEP LEARNING* [Master of Science, University of Colorado Colorado Springs]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33309.69607>

Simplify Curves - Blender 4.1 Manual. (z.d.).

https://docs.blender.org/manual/en/latest addons/add_curve/simplify_curves.html

SRO, B. T. (z.d.). *BIM Technology / What is BIM and its benefits.* Geraadpleegd op 6 februari 2024, van <https://bimtech.eu/bim/>

Stanton, A. (2023, 21 november). Exploring the World of 3D Modeling: Solid vs. Mesh Modeling. *Helpful Guides.* Geraadpleegd op 14 maart 2024, van <https://cadmore.com/blog/solid-vs-mesh-modeling-differences>

Sverchok - Wiki.OSArCH. (z.d.). OSArCH. Geraadpleegd op 25 april 2024, van <https://wiki.osarch.org/index.php?title=Sverchok>

The Association of Consulting Engineers in Norway [RIF]. (2021). Open letter from RIF, The Association of Consulting Engineers in Norway to design software developers and users, governmental entities and trade organisations. In *rif.no.* Geraadpleegd op 9 april 2024, van <https://rif.no/wp-content/uploads/2021/10/Open-letter-to-software-developers-for-the-consultant-engineering-industry.pdf>

The CG Essentials. (2020, 28 juli). *Extruding PROFILES ALONG PATHS in blender!* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=31rhH3FM9-c>

The Power of openBIM: Enhancing Collaboration and Efficiency. (2024, januari). *LeapThought.* Geraadpleegd op 5 april 2024, van <https://www.leapthought.com/news/open-bim-open-standards-open-interoperability>

TrueCADD. (z.d.). *From AutoCAD to Revit: 5 reasons why AEC firms should make the switch.* TrueCADD. Geraadpleegd op 28 april 2024, van <https://www.truecadd.com/news/autocad-vs-revit-for-aec-firms>

User interface tools. (z.d.). Geraadpleegd op 27 mei 2024, van

<https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/tsarticles/ts/2QfTIs55JLfC2kgpbyueFK.htm>

|

Van Berlo, L., Drogemuller, R., & Omrani, S. (z.d.). What is Information Delivery Specification (IDS). *buildingSMART International*. Geraadpleegd op 24 mei 2024, van <https://www.buildingsmart.org/what-is-information-delivery-specification-ids/>

Van Berlo, L., Krijnen, T., Tauscher, H., Lieblich, T., Van Kranenburg, A., & Paasiala, P. (2021). Future of the Industry Foundation Classes: towards IFC 5. In *Buildingsmart.org*.
https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2021/06/IFC_5.pdf

Van de Ven, N. A. M. (2017). *Mutation management in BIM models during Operations & Maintenance* [Masterscriptie, Technische Universiteit Eindhoven].
https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/72497082/Ven_vd_0772961.pdf

What are BREP and CSG / Difference between BREP and CSG. (2023, 13 december). Prescient Technologies. Geraadpleegd op 18 april 2024, van <https://www.pre-scient.com/knowledge-center/geometric-modelling/brep-csg/>

What is Python? Executive Summary. (z.d.). Python.org. Geraadpleegd op 14 maart 2024, van <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>

What is STEP? (z.d.). Geraadpleegd op 17 mei 2024, van https://www.step-tools.com/stds/step/step_1.html

What we do. (2023, 19 augustus). *buildingSMART International*. Geraadpleegd op 20 februari 2024, van <https://www.buildingsmart.org/about/what-we-do/>

Zhu, J., Wu, P., & Lei, X. (2023). IFC-graph for facilitating building information access and query. *Automation in Construction*, 148, 104778. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104778>

Zikei, M. (2023, 28 december). Quads Versus Tris in 3D Modeling: Differences and Similarities. *SelfCAD*. Geraadpleegd op 15 mei 2024, van <https://www.selfcad.com/blog/quads-versus-tris-in-3d-modeling-differences-and-similarities>

15 BIJLAGEN

15.1 REVIT PRIJSSTIJGING

Om de ontevredenheid te begrijpen waar prijs een grote rol speelt, is het van belang om de prijsstijging van Revit te bekijken. Uit onderstaand uitgavenoverzicht van M.D. Vroegindeweij is te zien dat in 2013 €1.090 aan een Revit licentie is besteed. Inmiddels is de prijs voor een jaar Revit 2025 €3.358 (Autodesk, z.d.-b). Dit betekent dat er een enorme prijsstijging van afgerond 308% heeft opgetreden in 11 jaar. Dit is gemiddeld een verdubbeling van de prijs per 3-4 jaar. Wanneer men de inflatie meeneemt zou dit uitkomen op €1.399 in 2013 en dus een daadwerkelijke prijsverhoging van wel 240%.

Figuur 1

Uitgaven aan Revit licentie in 2013

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
144	71 454	Simpel	DRIEBRUGGEN	134-	71	21-mei-13	20284067	Telefoonkosten	€ 23,62	4	21,00%	4,96
145	70 457	Kadaster		134-	70	20-mei-13	9006562694	Klief levering	€ 21,50	1	0,00%	0
146	69 473	Viking	VENLO	134-	69	17-mei-13	2841136		€ 22,98	2	6,00%	1,38
147	69 473	Viking	VENLO	134-	69	17-mei-13	2841136		€ 82,98	4	21,00%	17,43
148	68 213	MOS Grondmechanica	RHOOL	134-	68	16-mei-13	V1106346		€ 1.050,00	4	21,00%	220,5
149	67 476	Gemeente Utrecht	UTRECHT	134-	67	08-mei-13		Inzage bouwleges	€ 9,25	1	0,00%	0
150	66 307	Your Connection	BERKEL EN	134-	66	01-mei-13	2520082	Telefoonkosten	€ 17,50	4	21,00%	3,68
151	65 464	i4IP	ALMERE	134-	65	01-mei-13	120006609	Telefoonkosten	€ 66,53	3	19,00%	12,64
152	64 457	Kadaster		134-	64	29-apr-13	9006550048	Producten en diensten Kadaster	€ 21,45	1	0,00%	0
153	64 457	Kadaster	Gemeente Amsterdam Stadsdeel	134-	64	29-apr-13	9006550048	Producten en diensten Kadaster	€ 2,25	1	0,00%	0
154	63 473	Centrum	AMSTERDAM	134-	63	24-apr-13		Kopie tekeningen	€ 39,40	1	0,00%	0
155	62 474	Architectura & Natura	AMSTERDAM	134-	62	24-apr-13		Boek	€ 32,97	2	6,00%	1,98
156	61 216	BouniConnect		134-	61	23-apr-13	421471388	Onderhoud BouwiConnect	€ 60,00	4	21,00%	12,6
157	60 455	Solcon	DRONTEN	134-	60	19-apr-13	16180380	Telefoonkosten	-€ 7,32	4	21,00%	-1,54
158	59 454	Simpel	DRIEBRUGGEN	134-	59	17-apr-13	20067875	Telefoonkosten	€ 20,41	4	21,00%	4,29
159	58 27	CADAC	VIANEN UT	134-	58	17-apr-13	44130770	onderhoud Revit	€ 1.090,00	4	21,00%	228,9
160	57 473	Viking	VENLO	134-	57	12-apr-13	2809400		€ 29,97	2	6,00%	1,8
161	57 473	Viking	VENLO	134-	57	12-apr-13	2809400		€ 49,90	4	21,00%	10,48
162	56 472	A02 Advies Ontwerp Ontwikkeling	LISSEBROEK	134-	56	12-apr-13	01078	Advieskosten	€ 190,00	4	21,00%	39,9
163	55 303	3BM Architectuur	ZWIJNDRECHT	134-	55	11-apr-13	131211		€ 590,16	4	21,00%	123,93
164	54 464	i4IP	ALMERE	134-	54	09-apr-13	120005378	Telefoonkosten	-€ 185,00	4	21,00%	-38,85
165	53 453	Leys	DORDRECHT	134-	53	09-apr-13	VF795116	Gereedschap	€ 65,24	4	21,00%	13,7
166	52 471	Rabobank Drechtsteden	DORDRECHT	134-	52	04-apr-13		Bankkosten	€ 49,32	1	0,00%	0
167	51 470	P-Check	KATWIJK ZH	134-	51	04-apr-13	7168-2013-3445	Verwerking loonadministratie stagiair	€ 61,00	4	21,00%	12,81
168	50 451	Van Eenennaam Beheer B.V.	ZWIJNDRECHT	134-	50	02-apr-13	2013109		€ 764,25	4	21,00%	160,49
169	50 451	Van Eenennaam Beheer B.V.	ZWIJNDRECHT	134-	50	02-apr-13	2013109		€ 75,00	4	21,00%	15,75
170	49 307	Your Connection	BERKEL EN	134-	49	01-apr-13	2519622	Telefoonkosten	€ 17,50	4	21,00%	3,68
171	48 464	i4IP	ALMERE	134-	48	01-apr-13	120005148	Telefoonkosten	€ 61,81	4	21,00%	12,98
172	47 453	Leys	DORDRECHT	134-	47	31-mrt-13	VF788809	Gereedschap	€ 324,45	4	21,00%	68,13
173	46 464	i4IP	ALMERE	134-	46	28-mrt-13	120004022	Telefoonkosten	€ 100,87	4	21,00%	21,18
174	45 457	Kadaster		134-	45	25-mrt-13	9006515216	Producten/diensten Kadastef	€ 3,20	1	0,00%	0
175	45 457	Kadaster		134-	45	25-mrt-13	9006515216	Producten/diensten Kadastef	€ 2,25	1	0,00%	0
176	44 216	BouniConnect		134-	44	25-mrt-13	421452742	Onderhoud BouwiConnect	€ 60,00	4	21,00%	12,6
177	43 464	i4IP	ALMERE	134-	43	24-mrt-13	120003960	Telefoonkosten	€ 118,51	4	21,00%	24,89
178	42 34	Technisoft	DEVENTER	134-	42	22-mrt-13	13601093	Naamswijziging uitvoer	€ 75,00	4	21,00%	15,75

Overgenomen van een uitgavenoverzicht van M.D. Vroegindeweij. Copyright z.d., M.D.

Vroegindeweij

15.2 THE NORDIC LETTER

Dit is de meest recente brief aan Autodesk weergegeven. Deze wordt "The Nordic Letter" genoemd (*OPEN LETTER TO AUTODESK*, 2022). De brief is gericht aan Autodesk CEO Andrew Anagnost en is in 2022 geschreven door de Association of Consulting Architects in Norway (AiN), de Association of Finnish Architects' Offices (ATL), de Association of Architectural Firms in Iceland (SAMARK), en de Danish Association of Architectural Firms. Dit zijn elk de grootste professionele architectenorganisaties in hun land en zij vertegenwoordigen samen meer dan 15.000 architecten (*OPEN LETTER TO AUTODESK*, 2022). Opvallend is dat de wensenlijst vrijwel identiek is met de wensenlijsten van eerdere jaren, zie hiervoor hoofdstuk 4.1.2. De enorme lijst met ondertekeningen zal ik niet opnemen, zie hiervoor The Nordic Letter (*OPEN LETTER TO AUTODESK*, 2022).

[Home](#)

[Links to feedback on the letter](#)

[News & Status](#)

OPEN LETTER TO AUTODESK

**To Andrew Anagnost, President and Chief Executive Officer,
Autodesk**

In the last couple of years there have been several initiatives raising concerns on the state of the software market in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry:

In February 2020 the European Construction Industry Federation (FIEC) released a position paper on the lack of competition in the software industry, with customers facing rising costs, limited licensing options from a small number of competing developers.

In July 2020 a community of British and international design practices sent an 'Open Letter to Autodesk', raising concerns about lack of development of core design software, year-on-year escalating costs, lack of protection of intellectual property, aggressive non-compliance policies against customers and a lack of transparency on the future of their software products.

In June 2021 Architects' Council of Europe (ACE) and the European Federation of Engineering Consultancy Associations (EFCA) released a position paper fully endorsing the FIEC initiative and proposals.

In September 2021, RIF, The Association of Consulting Engineers in Norway, sent an open letter to all design software developers, governmental entities and trade organisations, supporting all of the above positions and letters.

Today four professional bodies representing professional architects in Denmark, Finland, Iceland and Norway are adding their combined voices to write an open letter to Autodesk. Having seen Autodesk's limited response, we realize that its top management has spent the more than two years after the first open letters doing nothing substantial about the issues raised. They have failed to recognize and address the frustration behind years of widespread, public, industry concerns. Through its slow software development and the business models forced on customers, it's clear that the actions to date have not been anywhere near enough.

The four professional bodies behind this Open Letter are:



- AiN, Association of Consulting Architects in Norway
- ATL – The Association of Finnish Architects' Offices, Finland
- Danish Association of Architectural firms, Denmark
- SAMARK - The Association of Architectural Firms in Iceland

The voices of the combined architectural industry bodies now join this momentum. Together we voice our concerns, on behalf of all architectural practices in our Nordic countries. We represent more than 14,000 architects, with a turnover of several billions of dollars, with many large and internationally active architectural practices. The majority of architects in these countries use Autodesk AEC products.

Background

The design and construction industry in the Nordic region is amongst the most digitised in the world and most architects and engineers use many different digital design tools in a typical workday. We observe that our ability to implement the latest tools brings the digitalisation of the whole construction industry forward. It is therefore essential that the design teams and software developers cooperate to achieve faster and more efficient digital production capabilities. Unfortunately, we are not able to reach our potential in providing digital services supporting an entire building's life cycle, much due to the lack of sufficient development and support of our digital tools.

We also see practice revenues increasingly eaten up by rising software costs, for little serious development or regeneration.

Computing context

We face and struggle with the very same issues as described in the British open letter:

Every day digital design leaders around the world wrestle with software, which at its core is twenty years old and incapable of the potential of multi-core computing and graphics power designed to process within today's real and virtual workstations. Project productivity in architectural and engineering practices is hit daily because of the lack of scalability and product performance, which then requires sophisticated and practice specific 'work arounds'.

Almost two years on from the first Open Letter, we see no substantial progress or development of Autodesk's core products. The updates that have been delivered have not been deep or consequential. Even decades old requests for simple fixes remain unsolved. Autodesk's policy seems to be providing basic tools and let third party developers supplement needed functionality through add-ins. This creates a highly fragmented software landscape with a lot of overlapping functionality and multiple approaches to licensing, making software administration unnecessarily complex.

The interoperability and compatibility of programs within the Autodesk family should be a prerequisite and is of utmost importance

to ensure a rational, efficient, and dynamic workflow within multidisciplinary projects and practices. This is especially the case where, for example, the architect uses Revit, and the landscape architect uses Civil 3D. The experience, however, is that interoperability and subsequent workflow between these two Autodesk owned programs is poor to say the least, requiring several workarounds just to be able to exchange vital project data. Autodesk Docs does not resolve this issue sufficiently.

Due to Revit's and Civil 3D's ongoing inability to support multi-core processors for most of their functions, users are forced to invest in high-end, expensive workstations with high CPU clock speed, in order to compensate for this inadequacy, thereby incurring a significant indirect cost to already high-priced products.

Licensing context

Where Revit software development has been sluggish and focused on adding minuscule improvements in each release, licensing costs have soared. These costs are not backed by real innovation or productivity gains.

License policies have been constantly changing to the advantage of Autodesk, not its customers. Floating multi-user licenses to single and named users has contributed to both increasing license costs and administrative costs. Many Design IT directors are wasting their work hours managing licences, with the fear of non-compliance audits and fines, instead of getting on with their day-to-day work of improving productivity, enabling collaborative working. Many Design IT Managers are also still expected to work on building projects.

Essential software is increasingly sold as bundles/packages containing many different applications not relevant for all users. Companies are forced to buy ever larger packages of software they don't necessarily need. Autodesk's bundles and packages don't share the same UI or even easily work together. The UK Open Letter identified only 10% of the Autodesk Collection as ever being installed.

Software costs are rising annually at a vastly higher rate than general industry price indexes. We have examples of Autodesk hiking up prices by 30% annually with only a few months warning. This makes financial predictability very hard, which is key to the construction industry, where fees often are fixed for long periods and only minor adjustments are possible.

The way forward

There is widespread frustration over Autodesk's lacking development of their core BIM design software and pursuing of user requests. We need to see real action and progress in the immediate future from Autodesk. We need tools that much more efficiently adapt to the industry's constantly evolving digital workflows.

We would like to repeat the needs described in previous open letters to the software developers, in addition to specific action:

- A vision – a roadmap and investment strategy that targets adding value and performance for design-based organisations that prioritises the replacement of Revit from the ground up to reflect the functionality needed for a 21st century digital industry.

We need to secure a common understanding for the needs that our design software can efficiently utilise modern hardware resources, dramatically improve data management and handling to comply with diverse international requirements, as well as better design tools.

- A platform built on modern code, capable of smooth model performance regardless of project complexity
- Improved support for open data standards, allowing for free collaboration and data referencing, also across non-Autodesk platforms and services for all industry stakeholders.
- Advanced computer learning capabilities to improve modelling tools and automation of repetitive tasks
- Integrated real-time, high-quality visualization, fully utilizing modern hardware resources
- We propose a series of in-person development workshops with a small task force of industry experts appointed by the Nordic architectural associations together with Autodesk product managers and developers. The workshop must have mandate to map out and solve easily obtained product improvements and bug fixes, for immediate release as product updates for Autodesk core products.
- A heightened commitment for continuously improving application, and industry interoperability as well as expanding geometry support and alignment to international data standards. We see immediate need for improvement in both IFC and BCF support and functionality, but what would really make a difference is an AEC industry version of Pixar's open USD-format. Any progress on this can only be judged by functionality implemented in Autodesk future products and version upgrades.
- Engagement to build a cultural partnership with all customers based on trust, empathy and respect
- Research and development commitment that is, focused on the needs of the global design community
- We propose an agreement for cost stability and harmonised licensing costs between EU and US Autodesk applications. We want more flexible user licenses and more efficient license management and support
- More payment models related to use, not tied to users
- Collections mean we pay for the majority of tools we don't want or use. Make application bundles more flexible.

We welcome additional input from all AEC industry stakeholders. We also very much look forward to Autodesk's response. We know you have spent a lot of time listening the last few years, now is the time to take action and show some real progress!

15.3 TABEL FUNCTIONALITEIT EN KWALITEIT

Hieronder is na kort marktonderzoek en validatie van professionals een indicatie van de functionaliteit en kwaliteit van BlenderBIM ten opzichte van marktleider Revit en ArchiCAD. Zoals in het onderzoek vermeld is dit slechts een indicatie, aangezien iedereen een andere ervaring heeft. De opsomming van de getallen is de basisopsomming, maar na het toevoegen van de weegfactor voor de verschillende onderdelen kan er wat anders uitkomen. Nu is alles met factor 1 geteld.

15.3.1 TABEL

Beoordeling	
0	Kan niet
1	Is mogelijk, maar voor veel gevallen onbruikbaar
2	Is bruikbaar, maar laat op verschillende punten wat te wensen over
3	Werkt (bijna) perfect en er zijn geen wezenlijke op- of aanmerkingen

Categorie	Functionaliteit	Verduidelijking	Revit	ArchiCAD	B-BIM
Architectonisch ontwerp					
	Massa studies		3	3	2
	Wanden		3	3	2
	Deuren		2	3	1
	Ramen		2	3	1
	Parametrische Componenten		3	2	1
	Kolommen		3	3	2
	Daken		2,5	3	2
	Plafonds		2	3	2
	Vloeren		2	3	3
	Hekwerken		2	3	2
	Vliesgevels		3	3	0
	Trappen		2	3	1,5
	3D tekst		3	3	3
	3D lijnen		2	3	3
	Ruimtes		3	3	1
	Oppervlaktes		2	3	1
	Openingen		3	3	2
	Totaal		42,5	50	29,5
Constructie					
	Constructieve kolommen		3	3	2
	Balken		3	3	2
	Balken systemen		2	3	2
	Verbindingen		2,5	1	2
	Staal aansluitingen		2	1	1

	Vakwerkliggers		2	1,5	1,5
	Schoren		2	1,5	2
	Constructieve wanden		3	3	2
	Fundering		3	3	2
	Constructieve vloeren		3	3	2
	Palen		3	3	2
	Wapening		1,5	1	1,5
	Totaal		31	27	22

MEP-engineering

	Mechanische systemen		3	2*	1
	Elektrische systemen		3	2*	1
	Leidingsystemen		3	2*	1
	View voor MEP elementen		3	3	1
	Ruimtes	Interactief met MEP systeem analyses	3	3	0
	Zones	Interactief met MEP systeem analyses	3	3	0
	Totaal		18	15	4

Documentatie

	Views		3	3	2
	Schema's		3	3	2
	Sheets		3	2,5	1
	Fasering		3	3	2
	Annotaties		2	3	1,5
	Detailleringen		3	3	2
	Constructieve views		3	3	2
	Kleurenschema's		3	3	2
	Renderen		1,5	2	3
	Walkthroughs		3	3	3
	Exporteren		2,5	3	2
	Printen		3	2,5	2
	Totaal		33	34	25,5

Analyse & management

	Gebiedsanalyse		3	3	0
	Route analyse		3	2	0
	MEP-systeemanalyse		3	2	1
	Energieanalyse		2	3*	1
	Verwarmings- en koelingsanalyse		3	3	1
	Elektrische analyse		3	1,5	1

	Constructieve analyse		2	2	2
	Zonnestudies		3	2	3
	Totaal		22	15,5	9
Samenwerking					
	Modellen linken	Snelheid - nauwkeurigheid	2	3	3
	Multi-disciplinaire samenwerking		3	2	2
	Samenwerken in één model		2,5	3	2
	Via het internet		2,5	3	2
	Totaal		10	11	12
Overig					
	IFC-implementatie	Import-export-versie	2	2	3
	Snelheid		1	2	3
	Bestandsgrootte		2	2	3
	API	Aanpasbaarheid	2	2	3
	Geometrische beperkingen		1	2	3
	Grafische programmeeromgeving		2	2	3
	Groeperingen		2	2,5	2
	Totaal		12	14,5	20
Som totaal			168,5	167	118

* Mits men de extra keymember versie heeft, waardoor de Basisbibliotheek en MEP bibliotheek beschikbaar worden (KUBUS BV, 2024).

15.3.2 RESULTATEN

De verschillende onderdelen in de tabel zijn ieder met een wegingsfactor van 1 bepaald, wat betekent dat elk onderdeel even zwaar meetelt in de beoordeling. De totaalscores van Autodesk Revit, ArchiCAD en BlenderBIM zijn respectievelijk 168,5, 167 en 118. Opvallend is dat Revit en ArchiCAD zeer dicht bij elkaar liggen in de score. Hierbij moet echter weer worden opgemerkt dat de tabel slechts een indicatie biedt en dat de eisen van een ArchiCAD-gebruiker kunnen verschillen van die van een Revit-gebruiker. Ingenieursbureau 3BM werkt bijvoorbeeld projecten uit in een hoger detailniveau, terwijl ArchiCAD meer voor ontwerp wordt gebruikt. Momenteel wordt de wegingsfactor niet meegenomen in de beoordeling. Om de resultaten voor verschillende gebruikers en fasen consistent te houden, heb ik deze factor niet aangepast.

Uit de tabel kunnen we concluderen dat BlenderBIM gemiddeld 29,7% minder punten scoort en dus nog aanzienlijk achterloopt op de alternatieven. De achterstand is vooral merkbaar in de categorieën analyse & management en MEP-engineering. Dit resultaat is te verwachten, aangezien de ontwikkeling van nieuwe software zich eerst richt op het implementeren van basisfunctionaliteiten als proof-of-concept (GeeksforGeeks, 2024).

Daarnaast is te concluderen dat veel functionaliteiten er wel al zijn, maar nog niet op hetzelfde niveau als die in Revit of ArchiCAD. De mogelijkheden tot samenwerking zijn vergelijkbaar met de andere

programma's. Hierover is in hoofdstuk 9.2 meer beschreven. Als laatste is te concluderen dat BlenderBIM op een aantal onderdelen hoger scoort dan Revit en ArchiCAD, wat uiteraard erg interessant is. Zo is het renderen beter, wat wel binnen de verwachting is aangezien Blender al decennia voor renderen gebruikt wordt. Ook de IFC implementatie, de snelheid van het programma, de bestandsgrootte, de aanpasbaarheid van de API, eventueel geometrische beperkingen en de grafische programmeeromgeving scoren beter.

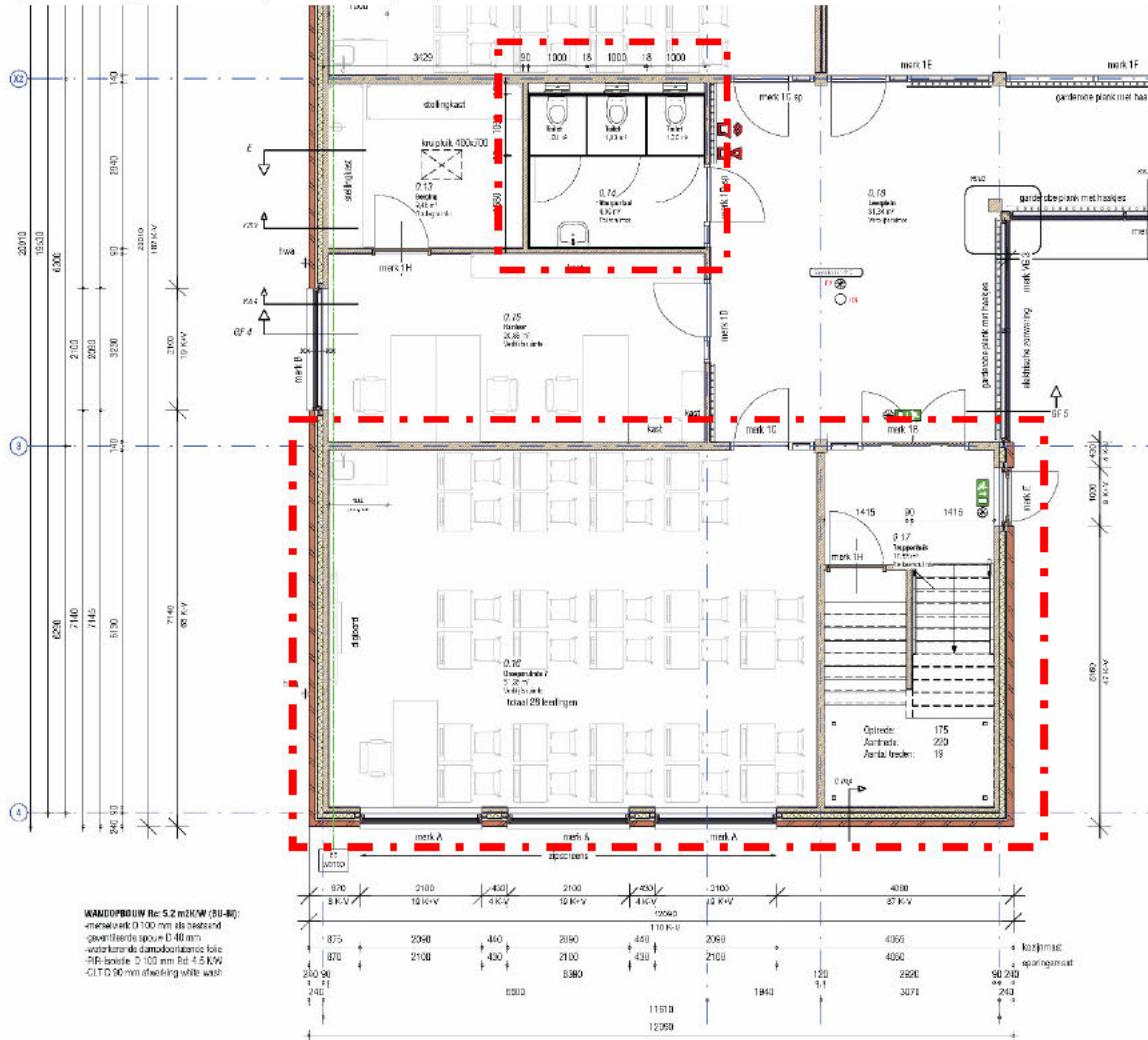
- **IFC implementatie:** BlenderBIM werkt in IFC zelf. Een geproduceerd model is dan vanzelfsprekend een beter IFC model dan een geconverteerde export uit een ander programma met een gesloten bestandsformaat;
- **Programmasnelheid:** De geometrische kernels van zowel Blender als BlenderBIM zijn uitzonderlijk snel, aangezien Blender is geoptimaliseerd voor 3D-geometrie en IFC een efficiënt formaat is. Recent onderzoek heeft de snelheid van BlenderBIM aangetoond.
- **De bestandsgrootte:** De IFC bestanden die door BlenderBIM geproduceerd worden zijn extreem klein. Zo is het bestand van het proof-of-concept eindmodel van dit onderzoek minder dan 3,1 MB en inclusief de SVG tekeningen en andere benodigde bestanden nog geen 7,8 MB. Een ander voorbeeld: een IFC-bestand geproduceerd uit Revit van een enkel object resulteerde in een bestandsgrootte van 15,7 MB. Hetzelfde object, opnieuw geëxporteerd naar IFC4 met behulp van de BlenderBIM werd gereduceerd tot 4,4 MB zonder verlies van geometrisch detail (*Revit Setup For OpenBIM/Revit And IFC Geometry - Wiki.OSArch*, z.d.).
- **Aanpasbaarheid van de API:** Blender en BlenderBIM zijn beide open-source programma's. De broncode is beschikbaar en kan dus volledig aangepast worden.
- **Geometrische beperkingen:** Binnen Blender zijn er praktisch geen geometrische beperkingen; vrijwel elk object kan worden gemodelleerd. Dit geldt eveneens voor BlenderBIM. Omdat IFC uitgebreid ondersteuning biedt voor meshes (*8.18.3.17 IFCShapeRepresentation - IFC 4.3.2 Documentation*, z.d.), kan alles wat in Blender wordt gemaakt ook in BlenderBIM worden gerealiseerd. Dit zorgt voor een naadloze integratie en toepassing van complexe geometrische modellen binnen een BIM-context.
- **Grafische programmeeromgeving:** Blender biedt niet één, maar twee snelle grafische programmeeromgevingen die continu en real-time kunnen worden uitgevoerd. Dit heeft onder andere potentie voor geavanceerde automatisering en parametrisch ontwerpen binnen het BIM-proces, zie hoofdstuk 7.5.

15.4 TEKENINGEN VOORBEELDPROJECT

Hieronder zijn de tekeningen van het voorbeeldproject toegevoegd. Het project is niet openbaar beschikbaar maar het betreft een aanbouw voor een school. Voor dit onderzoek gaat het om het rood omcirkelde gedeelte op de plattegrond. Wanneer een deel mogelijk is om na te maken, is het namelijk voor een groter gedeelte ook mogelijk. Dit deel heb ik uit de originele grotere tekeningen gehaald, zodat het makkelijker vergelijken is en om de projectgegevens anoniem te houden.

Figuur 1

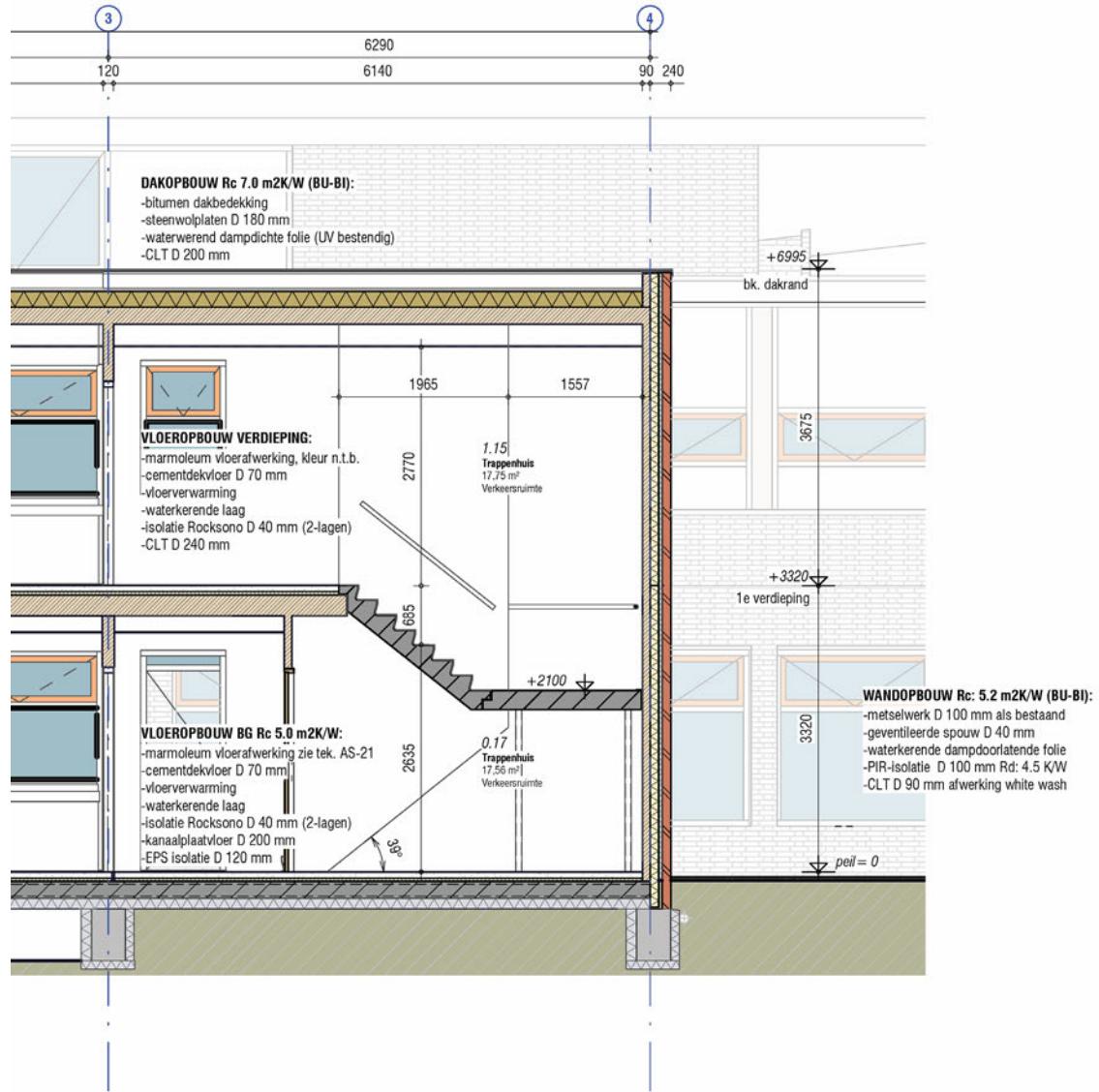
Plattegrond Begane Grond, BP-21, 13/12/23.



Rode randen toegevoegd en overgenomen van een interne bron van Ingenieursbureau 3BM, 2023.
Copyright 2023, Ingenieursbureau 3BM.

Figuur 2

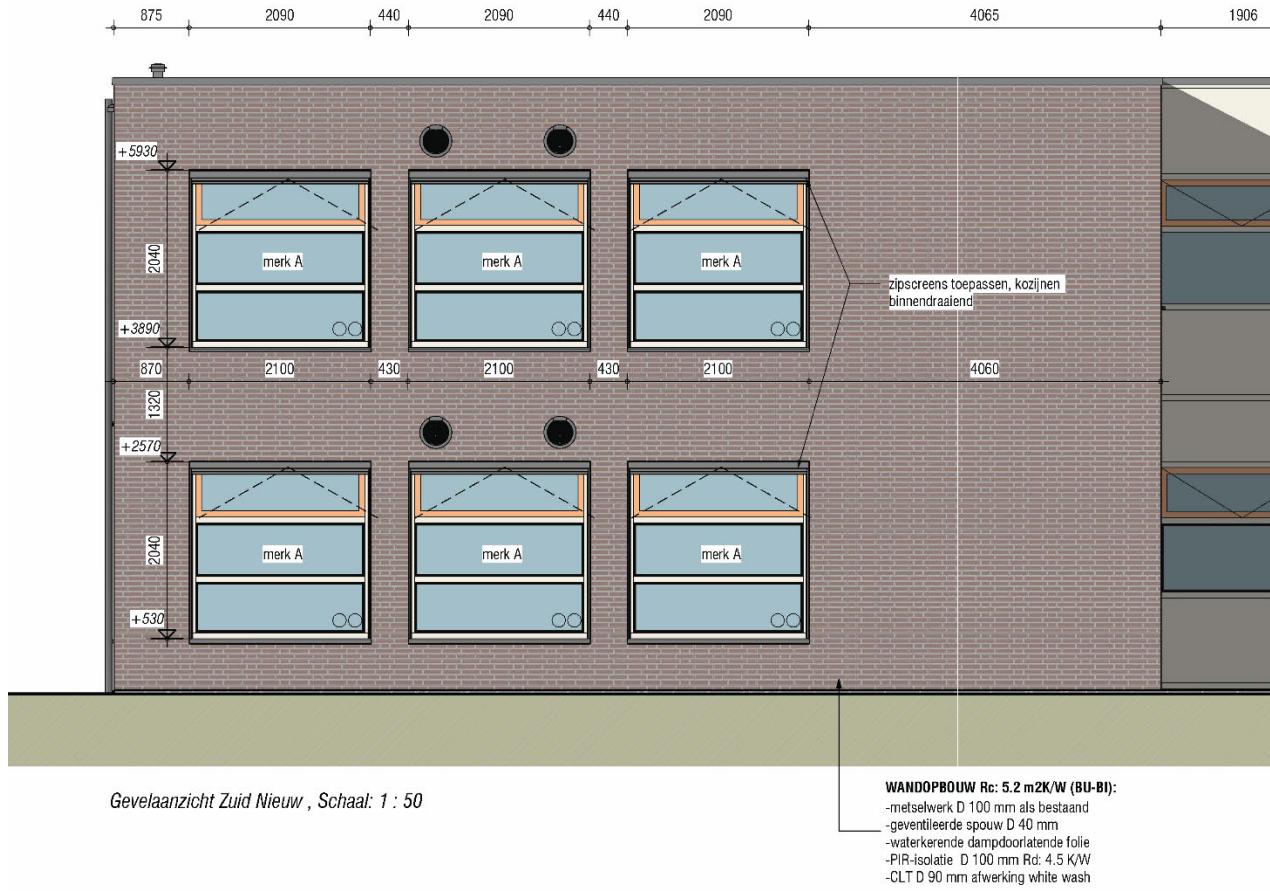
Doorsnede B, BDS-21, 13/12/23.



Overgenomen van een interne bron van Ingenieursbureau 3BM, 2023. Copyright 2023, Ingenieursbureau 3BM.

Figuur 3

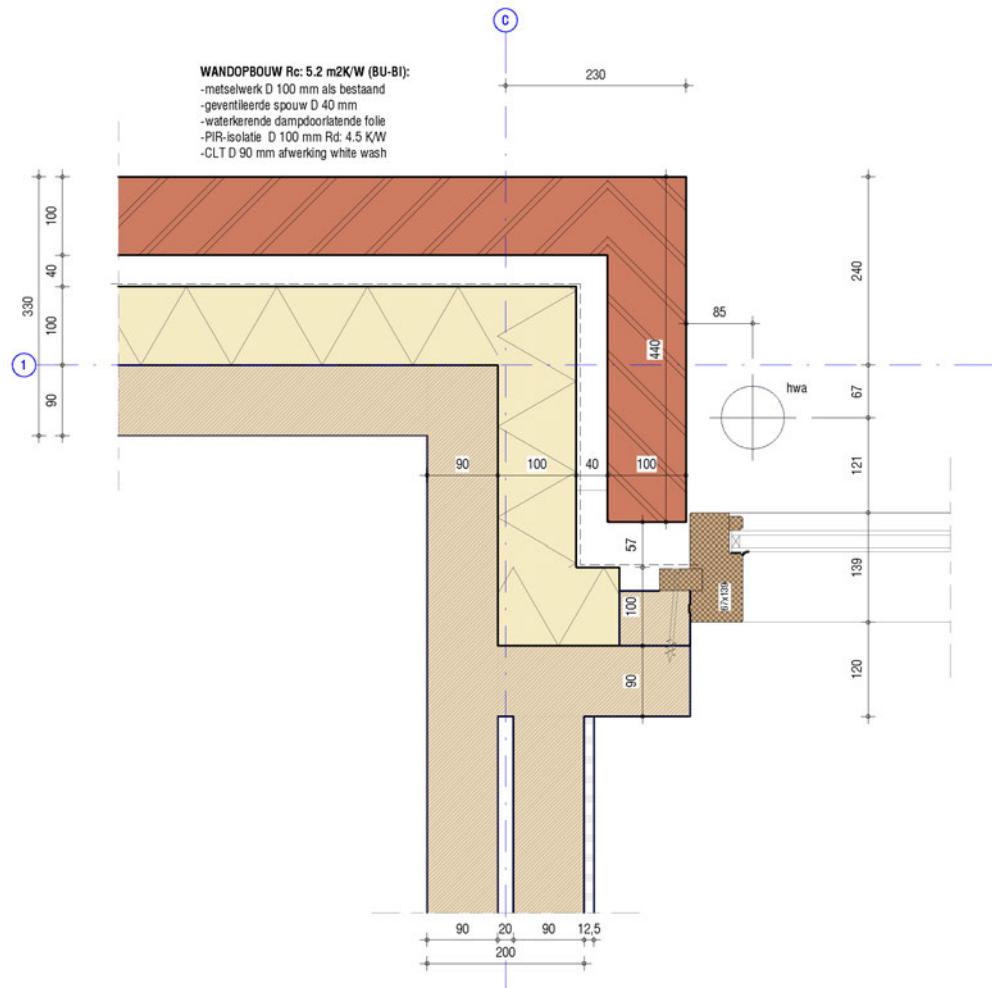
Gevelaanzicht Zuid Nieuw, BG-21, 13/12/23.



Overgenomen van een interne bron van Ingenieursbureau 3BM, 2023. Copyright 2023,
Ingenieursbureau 3BM.

Figuur 4

Detail H002, BDT-23, 13/12/23.



Detail H002, Schaal: 1 : 5

Overgenomen van een interne bron van Ingenieursbureau 3BM, 2023. Copyright 2023,
Ingenieursbureau 3BM.

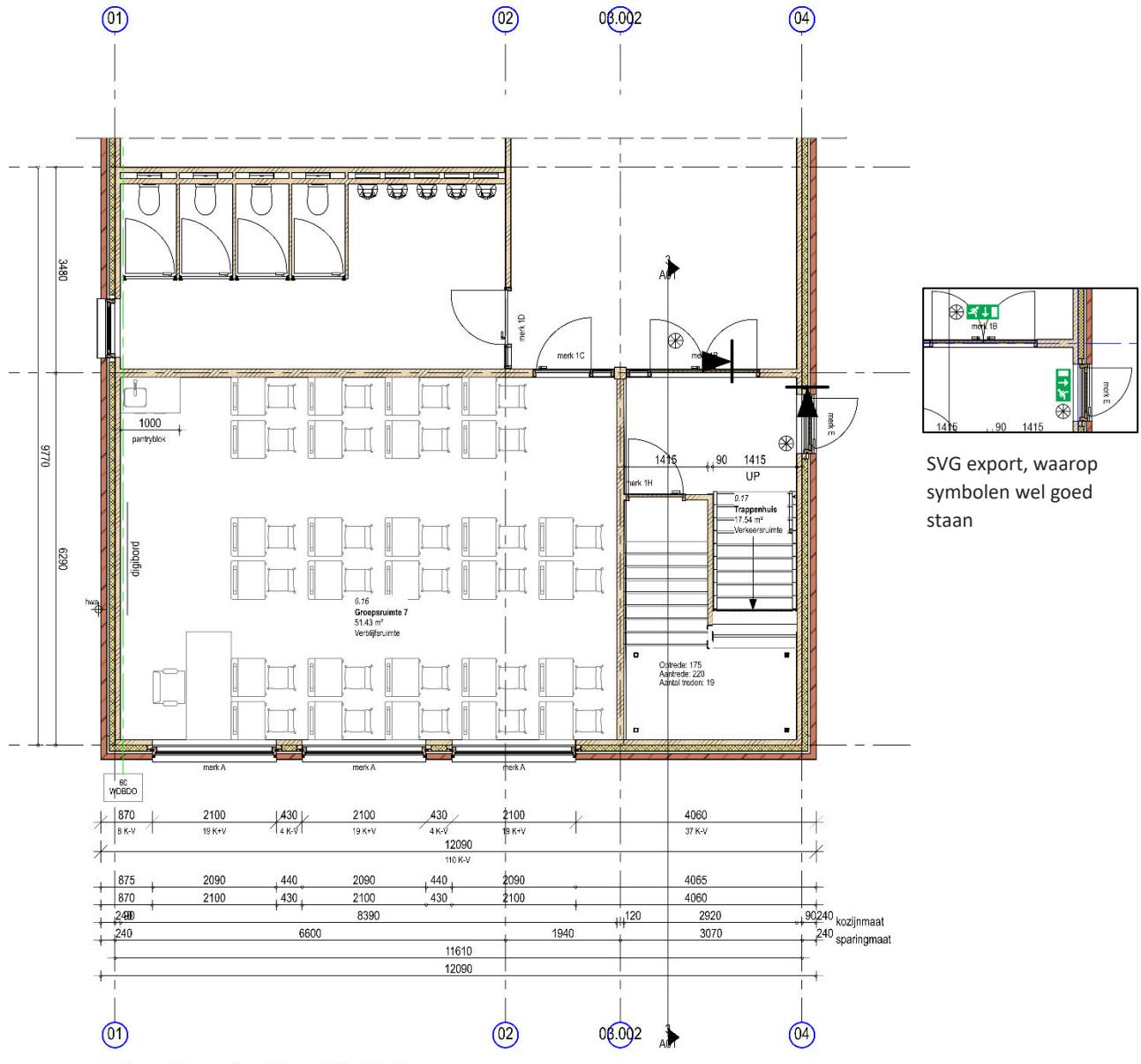
15.5 EINDPRODUCTEN OP TEKENING

15.5.1 NA TE MAKEN TEKENINGEN VANUIT BLENDERBIM

Hieronder dezelfde tekeningen als in de vorige Bijlage, maar ditmaal vanuit BlenderBIM geëxporteerd. De schaal is niet meer juist, zie voor het complete overzicht op schaal het aparte bestand onder ‘Eindproduct’ op Praktijklink.

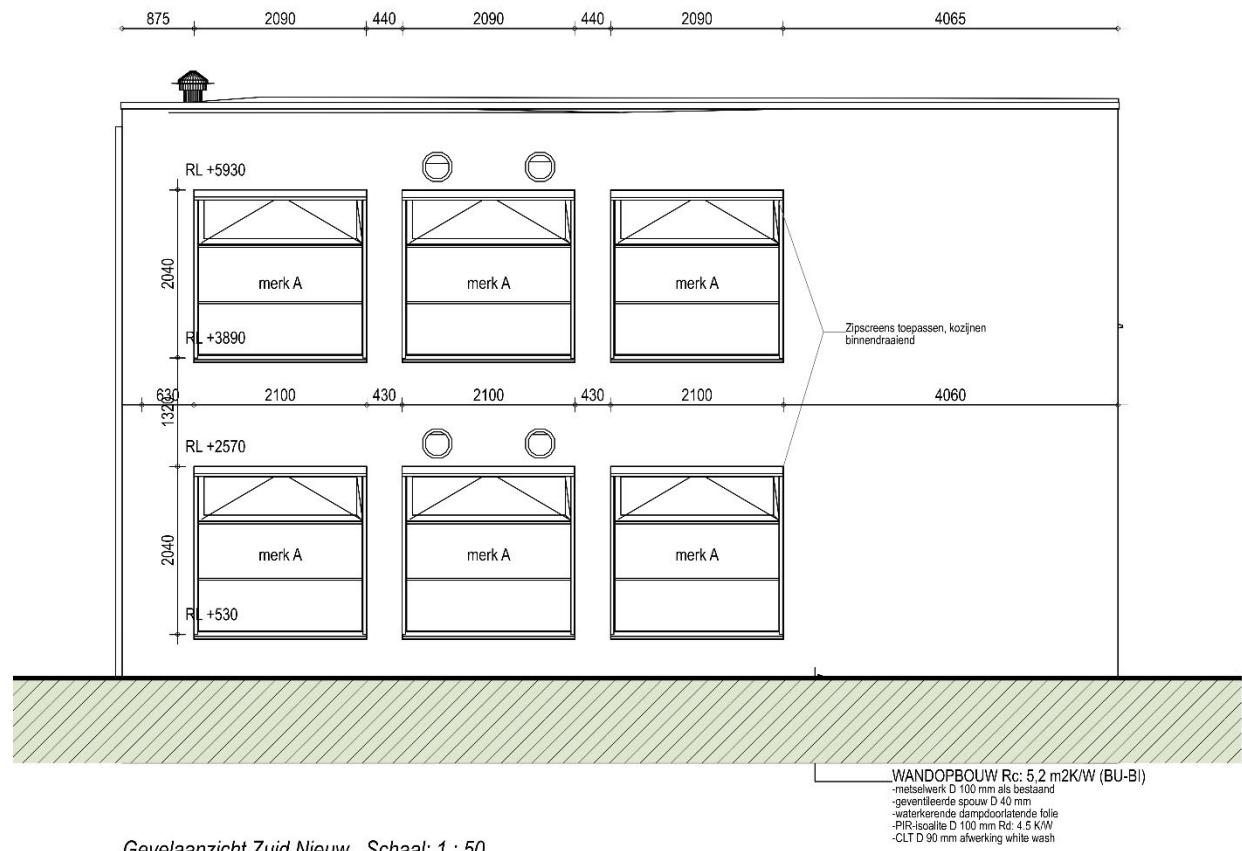
Figuur 1

Plattegrond



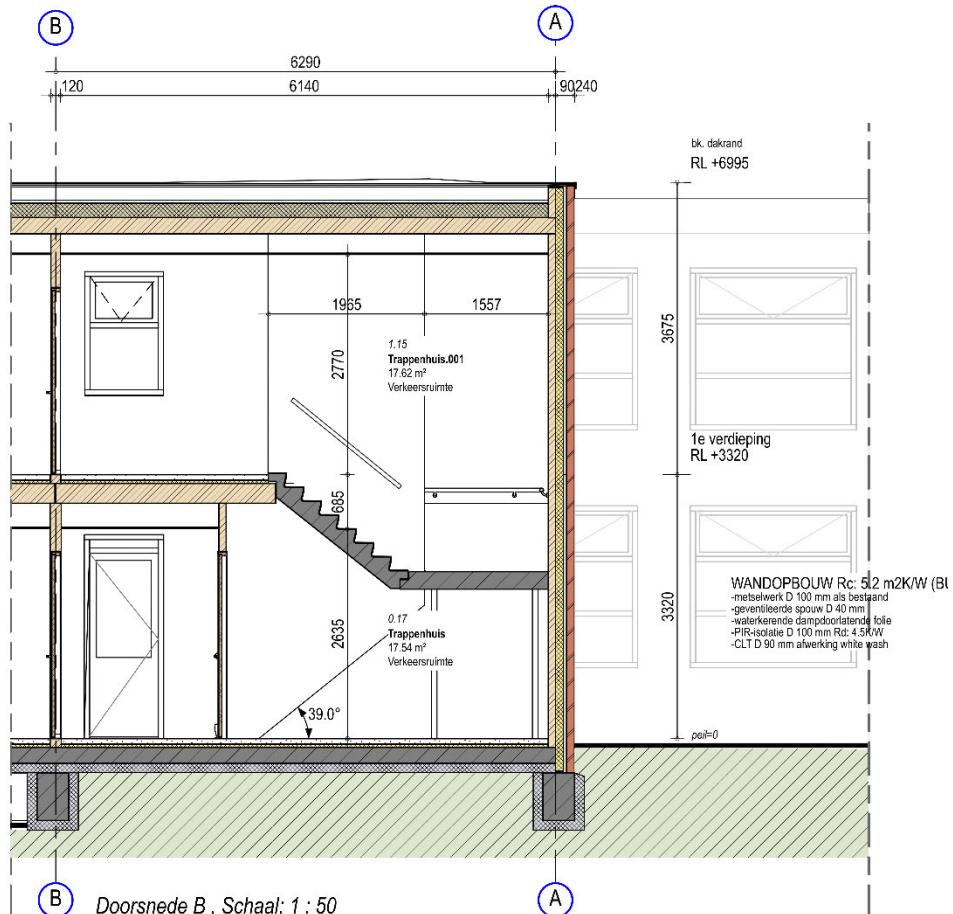
Figuur 2

Gevelaanzicht



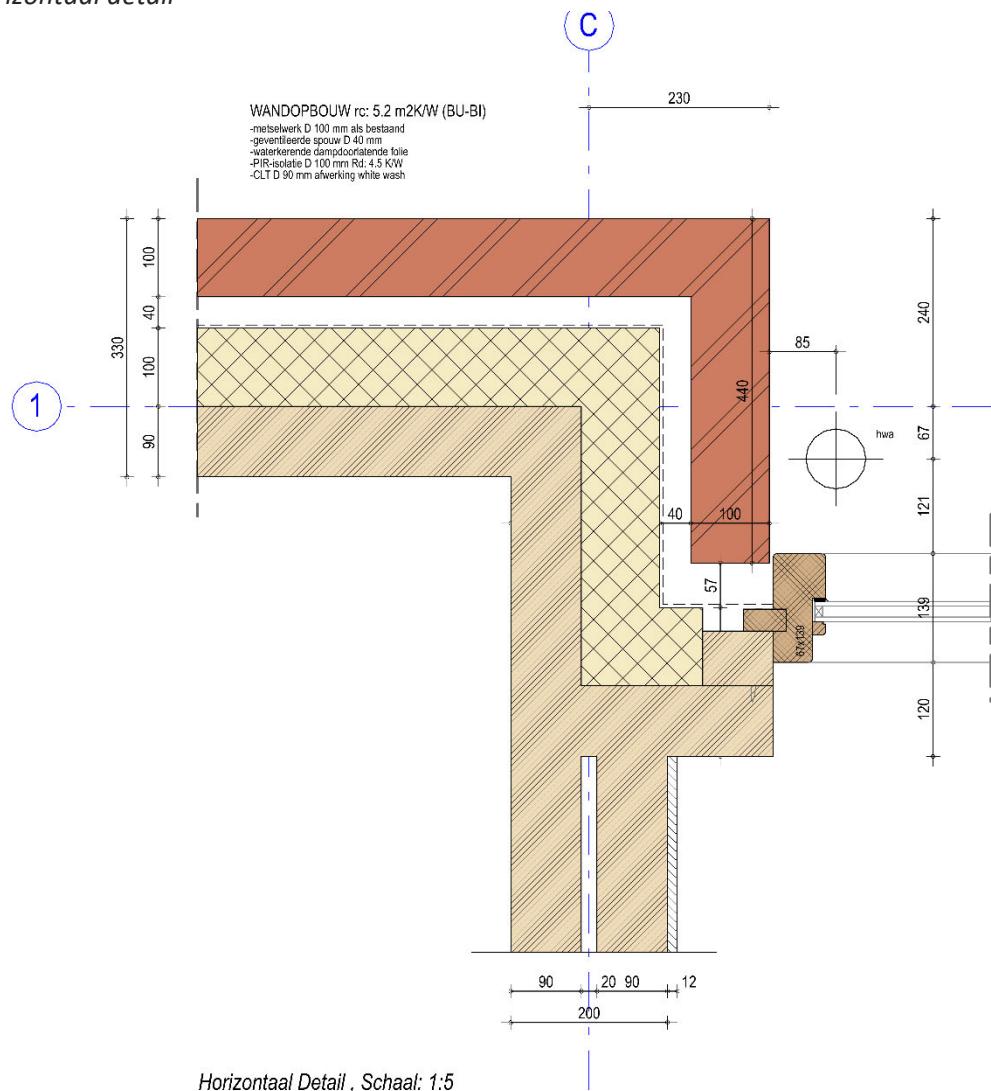
Figuur 3

Doorsnede



Figuur 4

Horizontaal detail



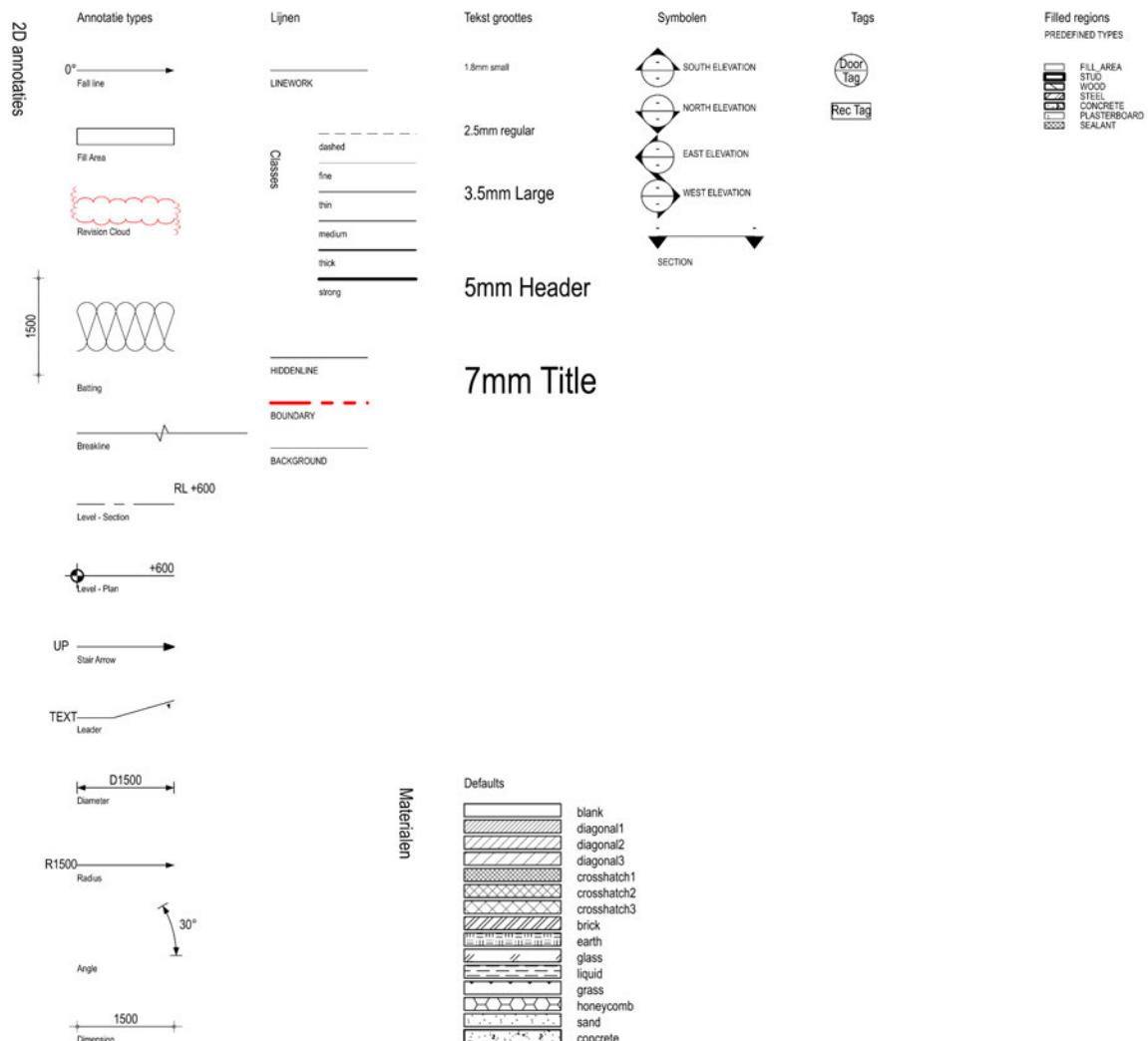
15.5.2 TEKENING VAN DE GEMAAKTE TEMPLATE

Om BlenderBIM toegankelijker te maken voor nieuwe gebruikers of nieuwe projecten en om mijn werk inzichtelijk te maken hebben we besloten dat het waardevol is om het begin van een template te maken. Hierin zijn dan de standaard elementen die bij BlenderBIM inbegrepen zijn visueel weergegeven. Dit is een verbouwing van het gemaakte overzicht van de IfcArchitect (Ace, 2023). Daarnaast is er het overzicht van al de materialen, annotaties en types die ik voor het model gemaakt heb. Hierin zijn de materialen ook al toegevoegd in het project zelf en kan men hieruit kiezen wanneer een nieuw element gemaakt wordt. Een volgend project kan hier dan mee beginnen en er uiteindelijk op verder bouwen, waardoor er een goede basisbibliotheek kan ontstaan, eventueel de Nederlandse standaard.

Deze overzichten zijn erg waardevol, aangezien de mogelijke materialen etc. op dit moment niet visueel in te zien zijn voor een nieuwe gebruiker. Dit is allemaal in de achterliggende .css en .SVG bestandjes vastgelegd.

Figuur 5

Standaarden van BlenderBIM gevisualiseerd



Default onderdelen bij BlenderBIM inbegrepen

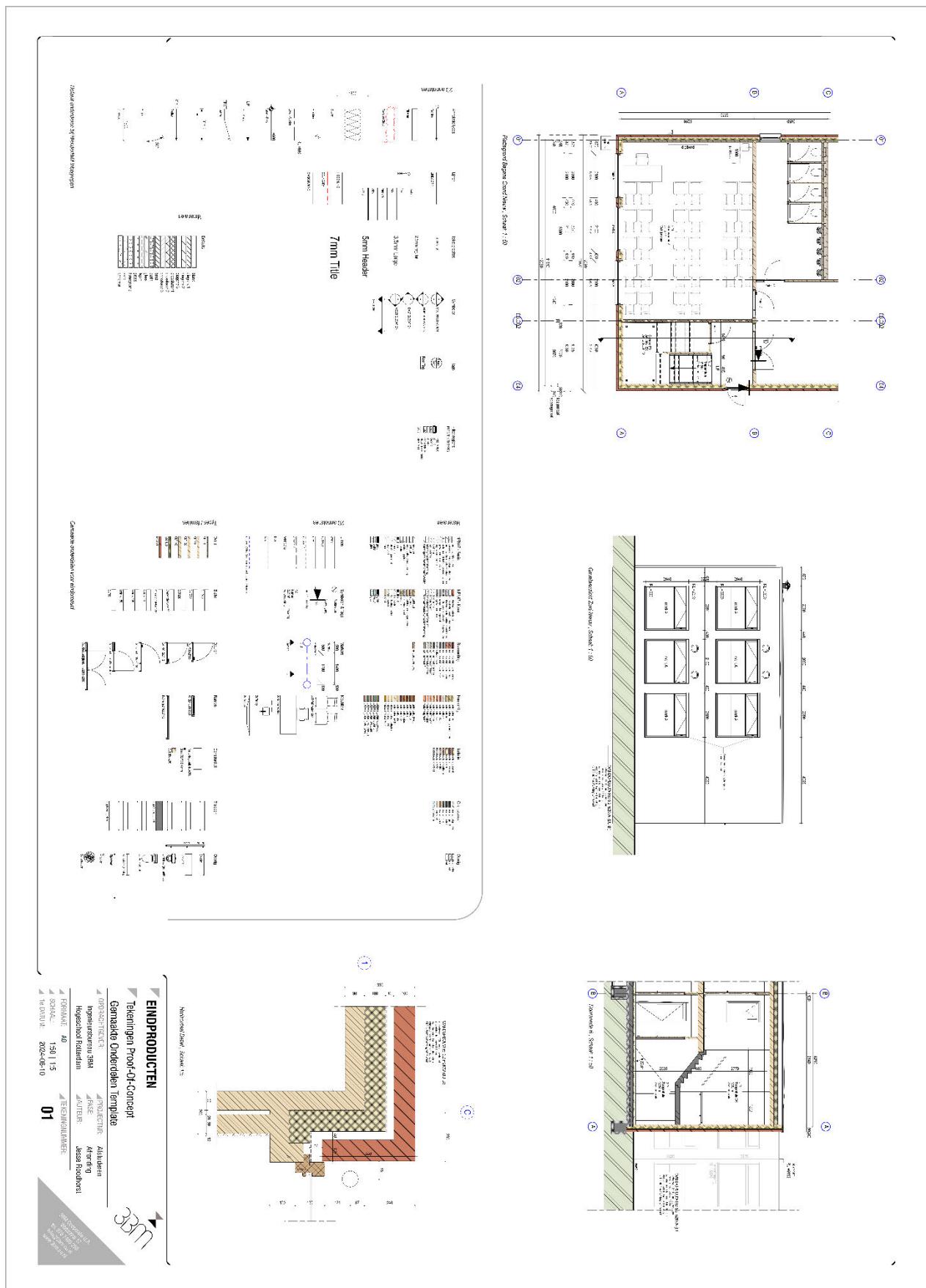
Figuur 6

Gemaakte elementen voor het eindmodel gevisualiseerd, begin van een template



Gemaakte onderdelen voor eindproduct

15.5.3 TOTAALOVERZIHT SHEET EXPORT



Voor een hogere kwaliteit weergave, zie het eindproduct ingeleverd op Praktijklink.

15.6 POST CUSTOM KOZIJNEN

Op 12 maart 2024 heb ik in een post mijn proces voor het maken van gedetailleerde kozijnen geplaatst. Ik had vragen opgesteld om het proces te verbeteren, maar deze zijn helaas uitgebleven. Er kwamen echter wel positieve reacties op. Het bronbestand van deze methodes is als Roodhorst_1005169_Bijlage.blend opgenomen in de speciale inleverknop op Praktijklink.



jes_r

March 11 edited March 12 Flag

Hi,

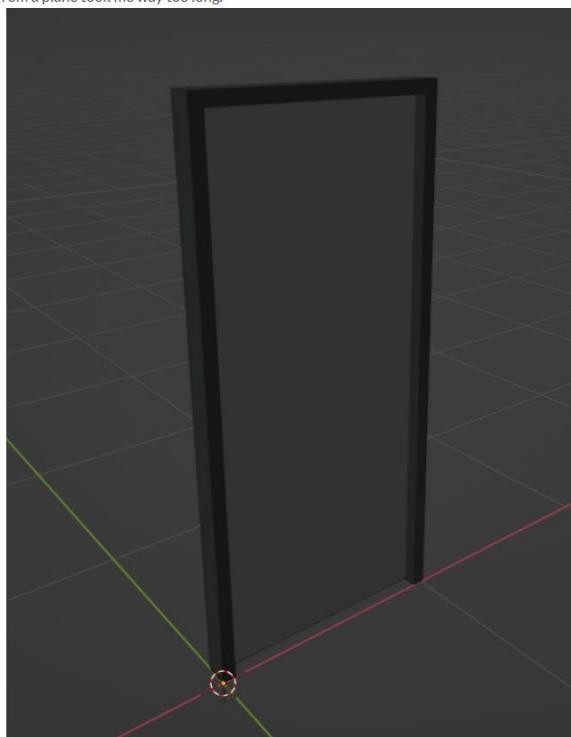
I tried to make a custom IfcDoorType and tried multiple methods. Thought I'd share it so someone might know a better way or might learn something from this! And it's somewhat related to this thread ;)

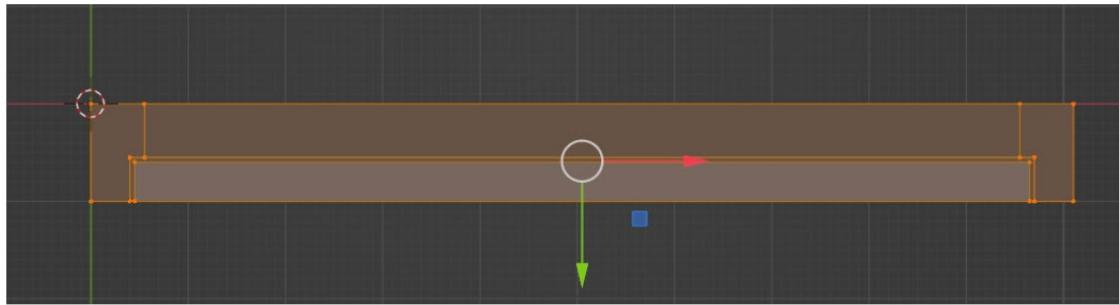
I started to model the door by following Ace's steps in this very helpful tutorial:



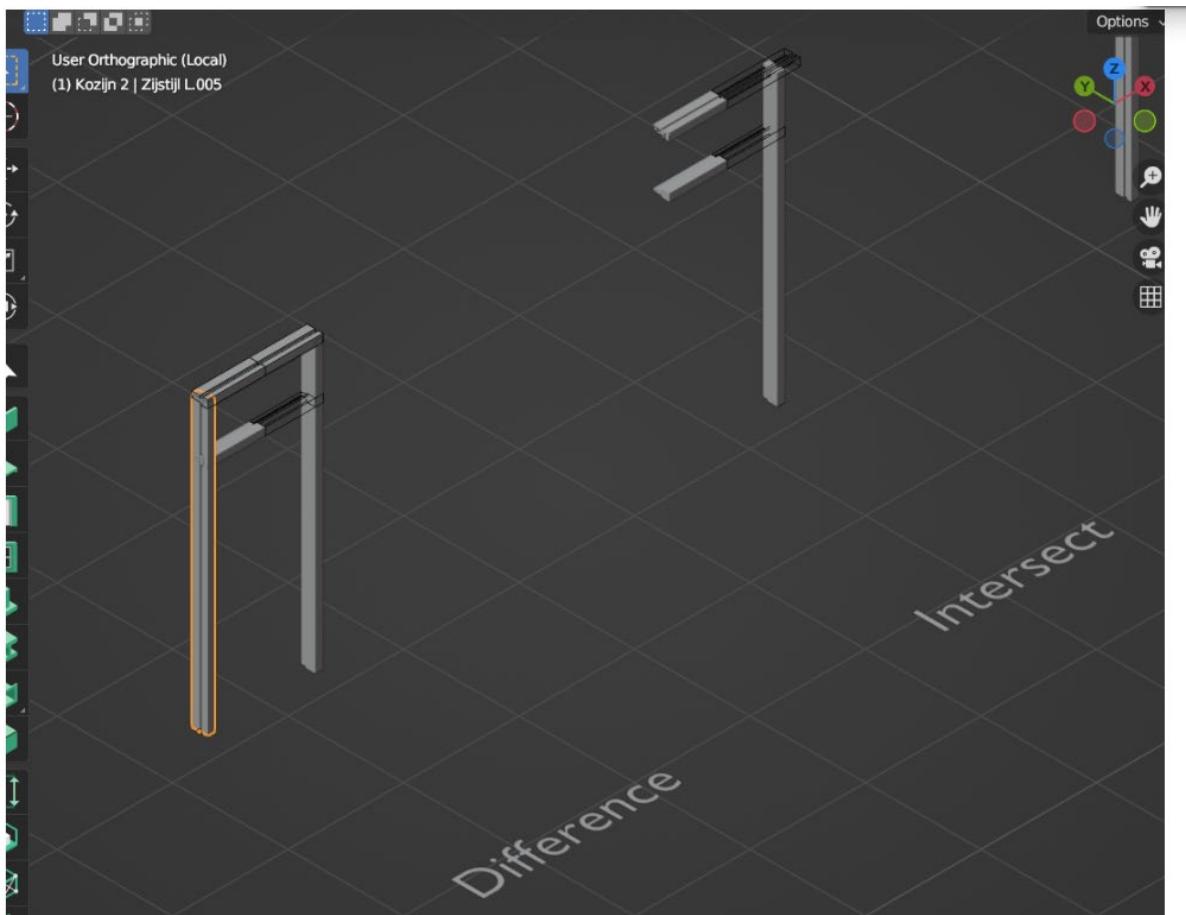
I had a hard time modelling custom profiles by just adding extra vertices and loop cuts etc. to the plane this way and extruding these faces, as I had different profiles for different parts. Of course partly because I don't have any previous blender modelling experience, but I figure there are more people who want to use bbim but have never used blender either.

Modelling this simple profile from a plane took me way too long.

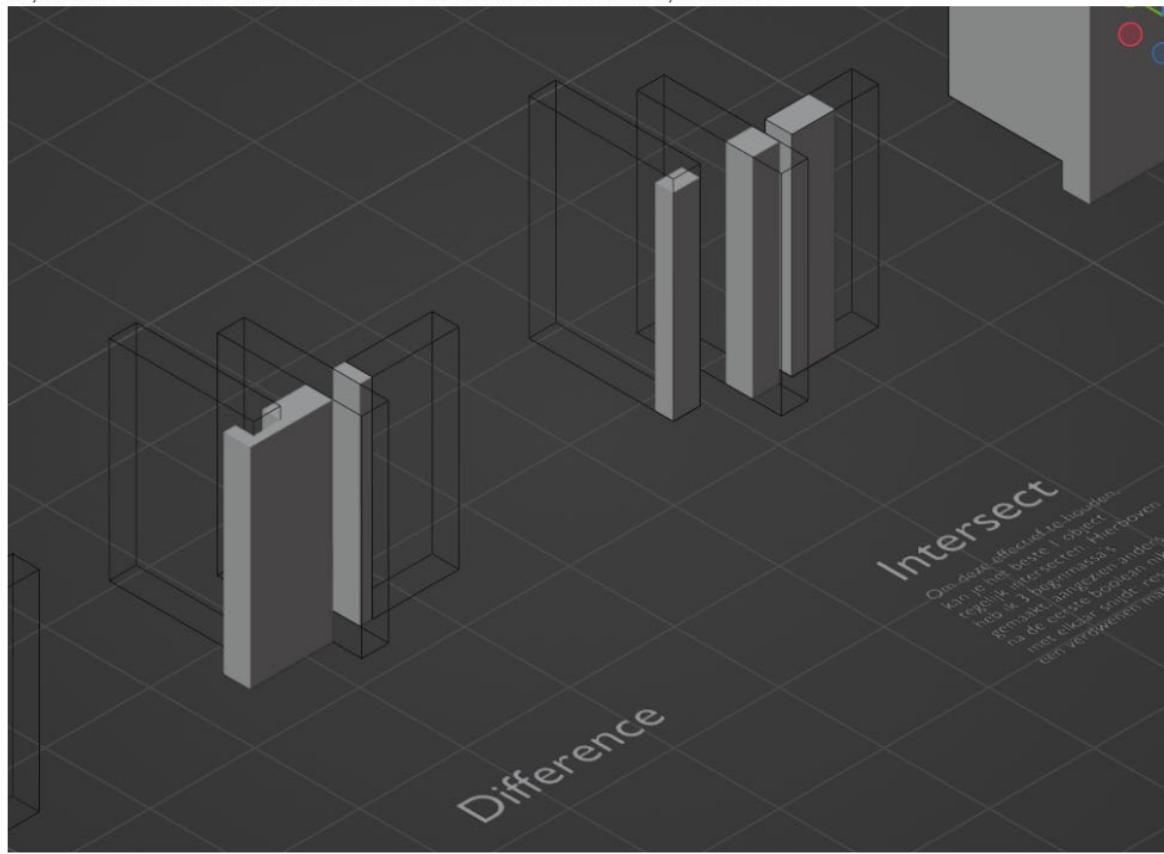




Next I tried to make the profiles by making a custom arbitrary profile and extruding it along a path. This works fine, but if I want them in a DoorType I have to unlink Ifc object and reclassify them together as a DoorType (or is it possible to use these directly in a DoorType?). Not very efficient and theunlinking and reclassifying might give some errors or transform the mesh in an unexpected way. The boolean modifier can be used to connect the profiles. More complex profiles might not work however:

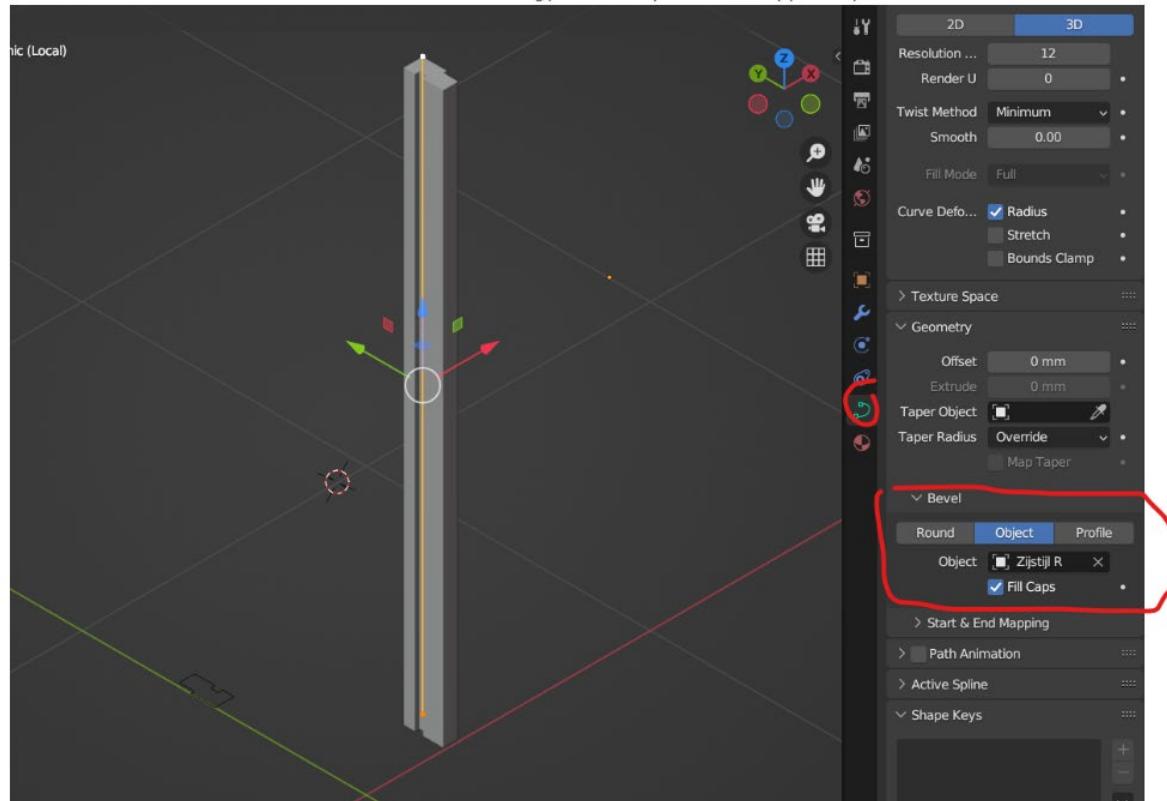


As you can see the difference and intersect boolean modifier don't work there as they should here:



The objects sometimes completely disappear or do not cut at all.

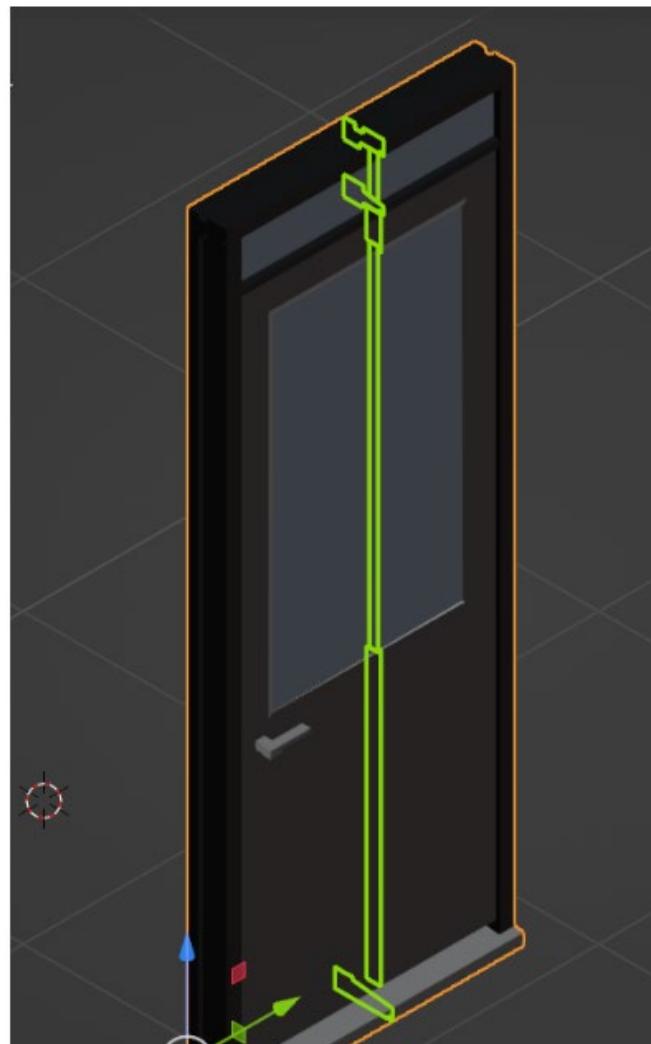
Note: these booleans are used with the bezier curve and bevel along path tool. Maybe the arbitrary profiles perform better now.

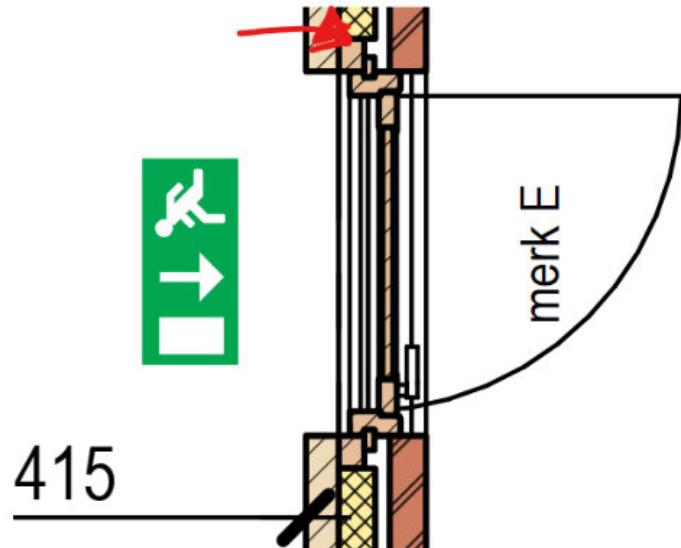


Ultimately I chose this method:

1. add a plane
2. edit it into the profile you want
3. extrude them
4. manually connect the profiles as you want
5. join everything together
6. move object to world origin if not already there
7. apply all transforms!!
8. set origin to 3d cursor (which should be at world origin, otherwise shift+s and then cursor to world origin)
9. classify as IfcDoorType
10. add 2d rep with door swing in this case
11. load it in project (preferably if everything is exactly as you want, as reloading a type has it's own inconvenient issues)
12. give the door a material
13. change void if needed

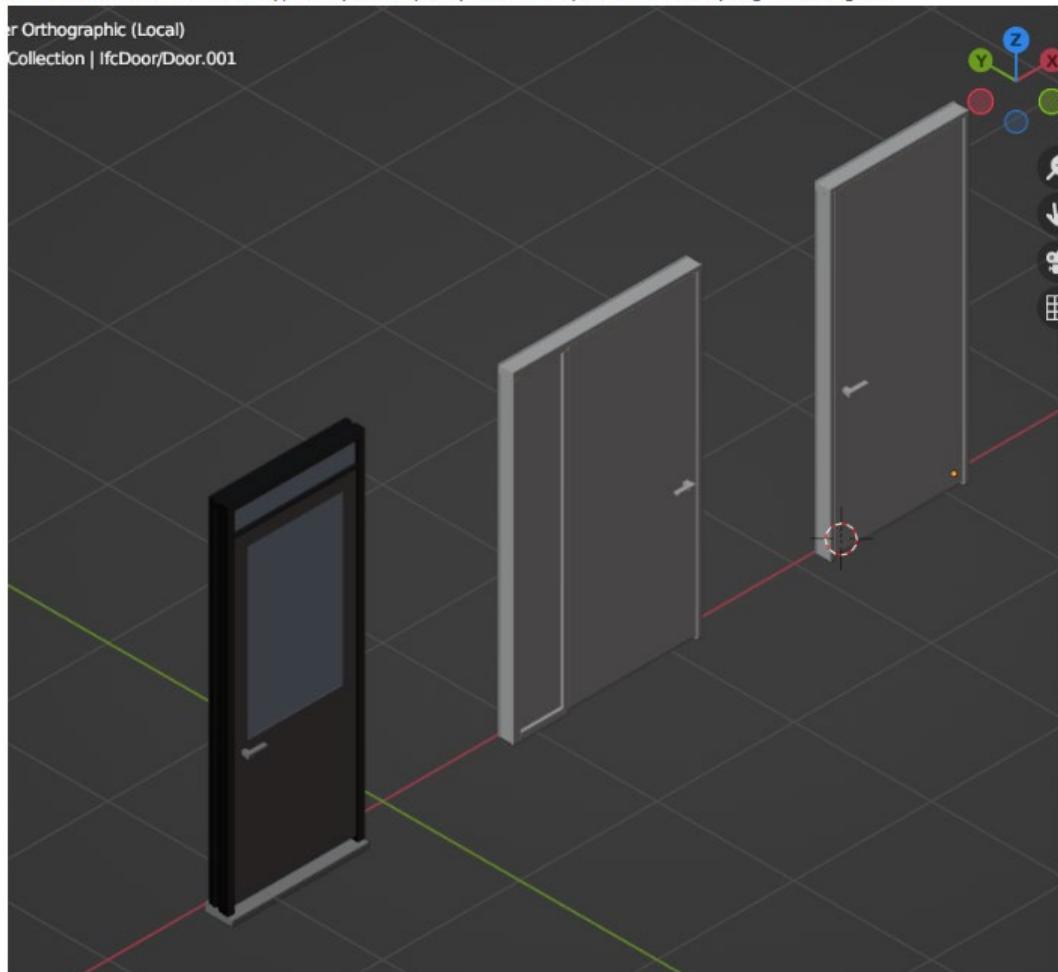
Result:



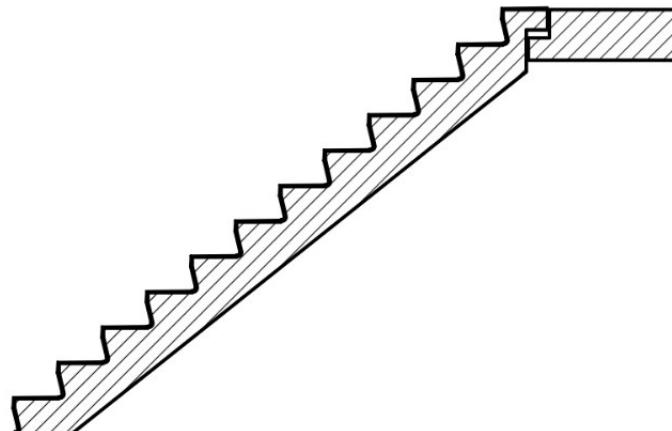
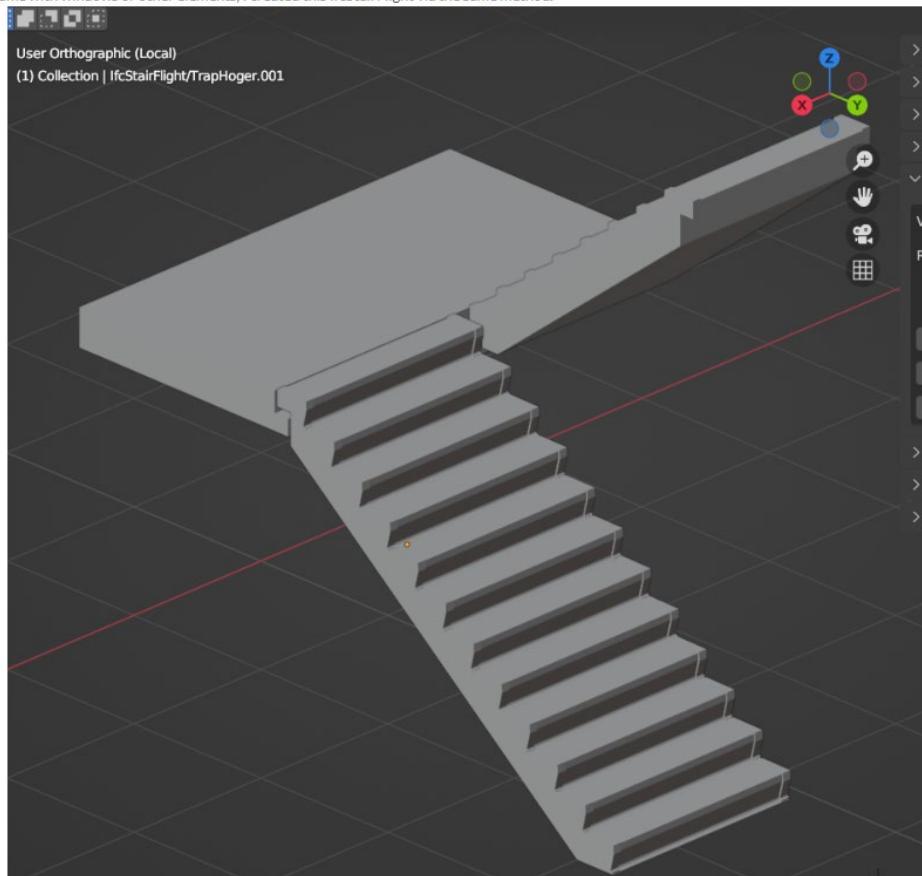


The red casement frame (stelkozijn & spouwlat) are a separate instance classified as IfcBuildingElementPart, with a different bigger void for the insulation layer.

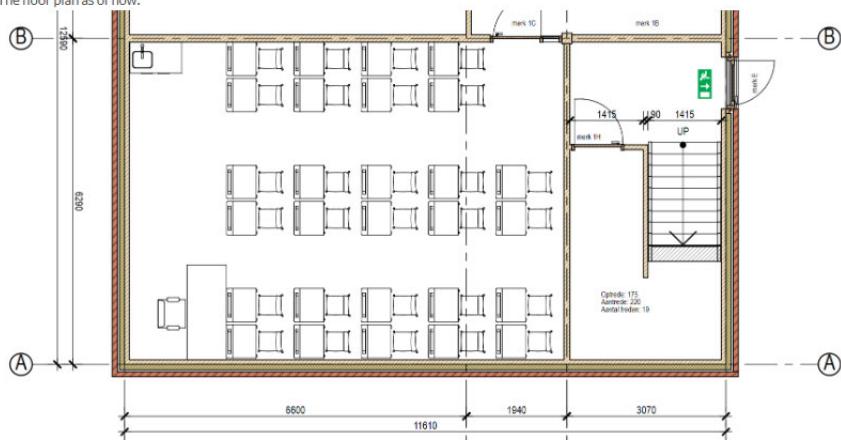
As you can see this creates a nice IfcDoorType and you can quickly create multiple versions once you get the hang of it.



Same with windows or other elements, I created this IfcStairFlight via the same method.

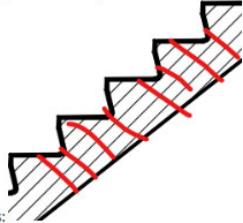


The floor plan as of now:



Couple of questions:

- How to assign multiple materials to different parts of an element type? For example how to give the glass of the door another material when the plan view is exported? Giving the different elements a different color before joining as @Ace does in his tutorial doesn't work for this of course.
- Is it possible to set hatching orientation aligned to element or change the orientation manually? E.g. the last picture where the concrete hatching



might be preferred like this:

- If there is a better or other way to do this I'd love to know!
- Does anyone know why the booleans don't work as expected on semi complex profiles?
- Anyone know how to make these custom doors/windows/anything parametric eventually? What is the next step? I'm not a programmer, but I'd expect it would be possible with sverchok and/or python.

The file where I tested booleans and ultimately made my doortypes, so anyone can try it out or see how I did it is attached!

Thanks for reading!!



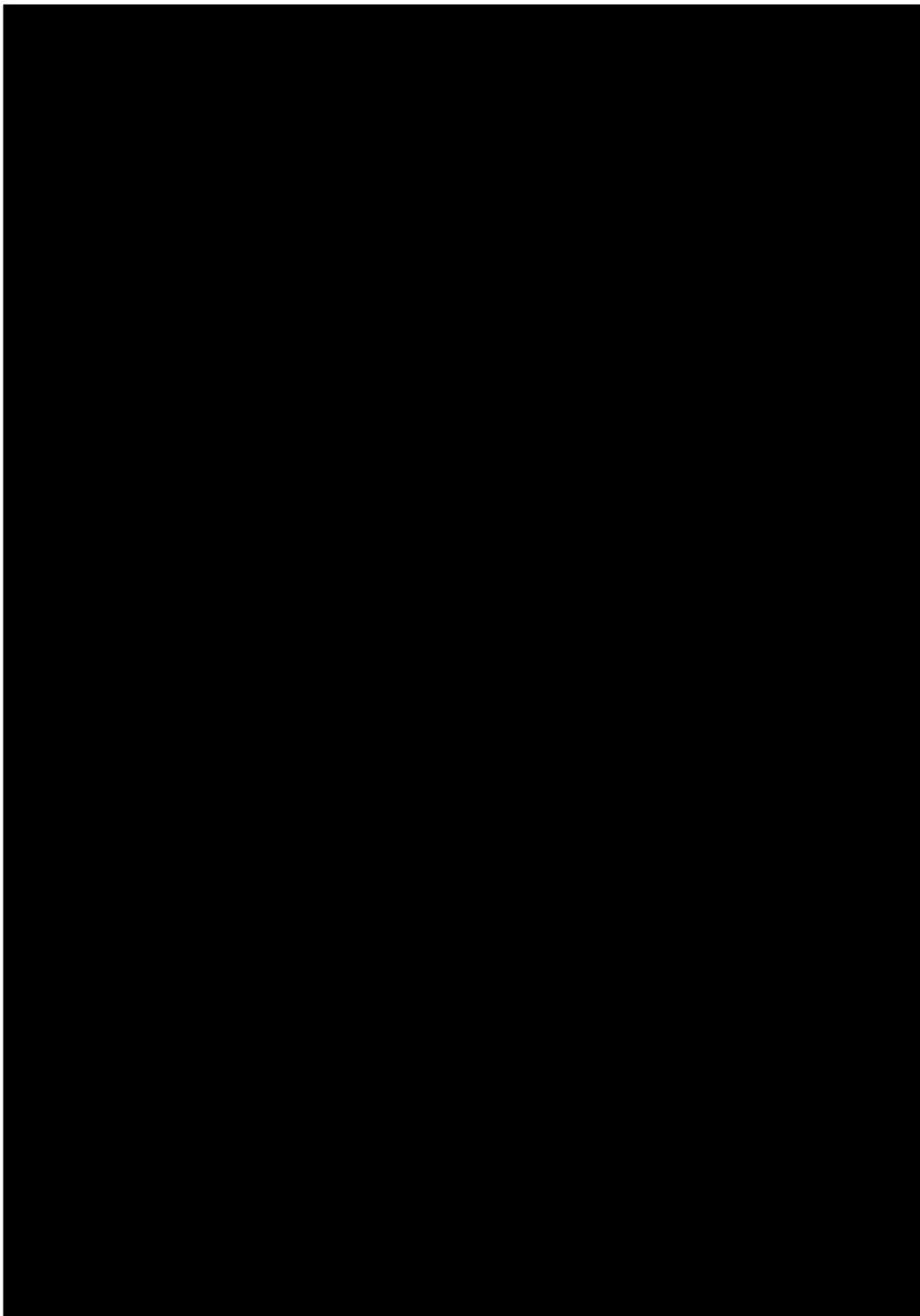
 Coen
March 12 Flag

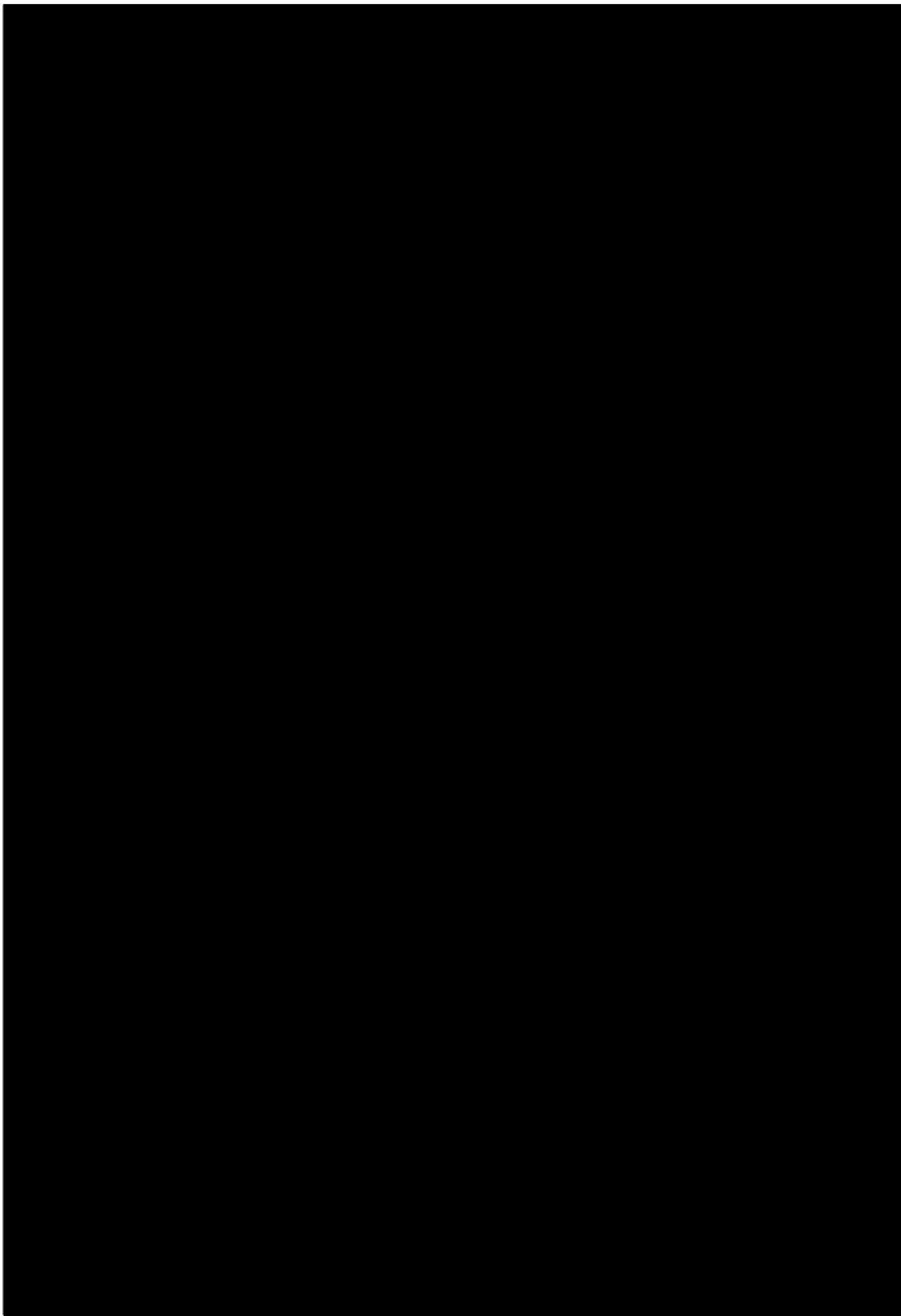
@jes_r

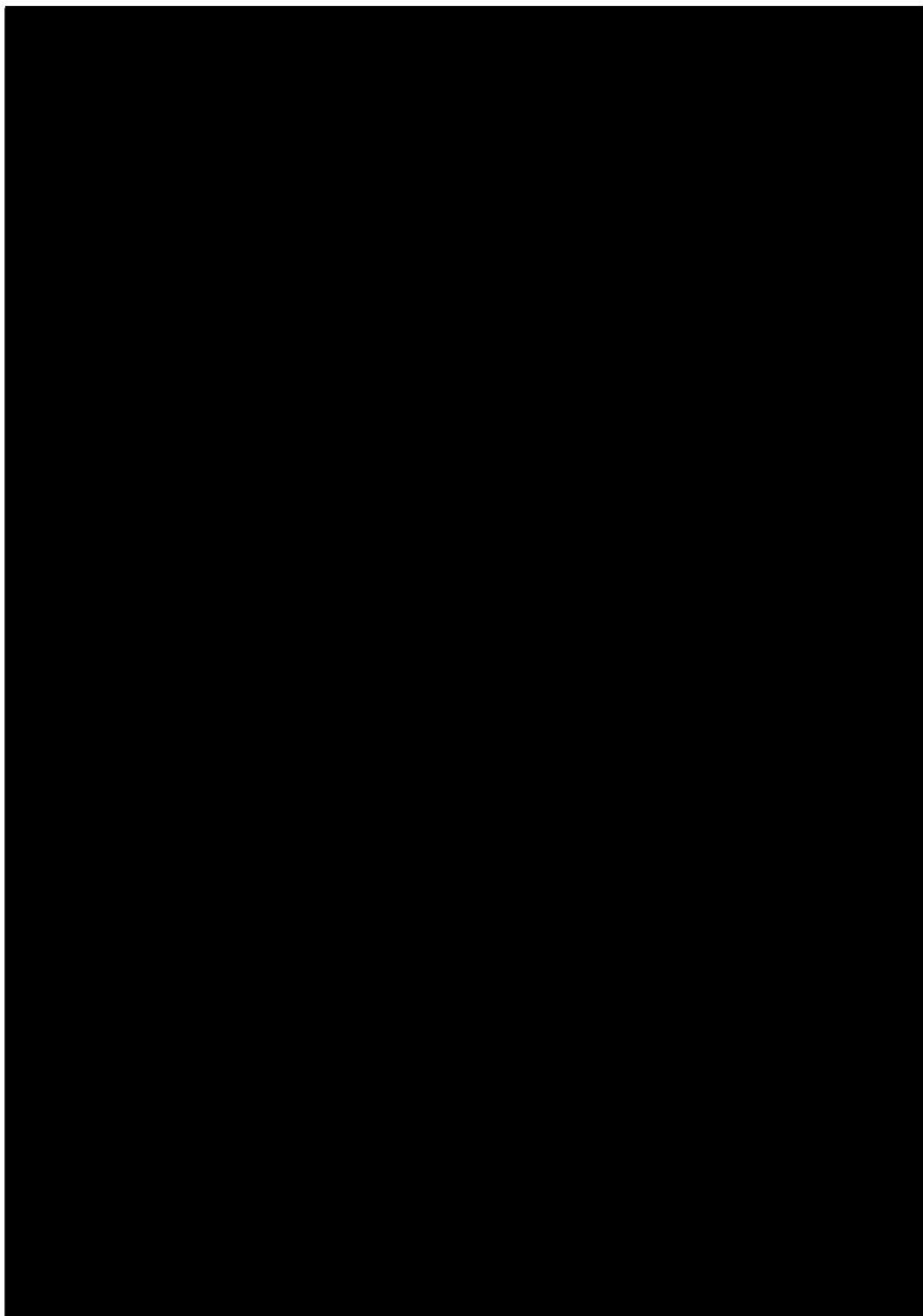
Great work! Do you have experience when you edit an IfcDoorType, and already have several instances of that IfcDoor in place? How do you 'renew' the IfcDoorType instances in your project? Do you open another Blender session?

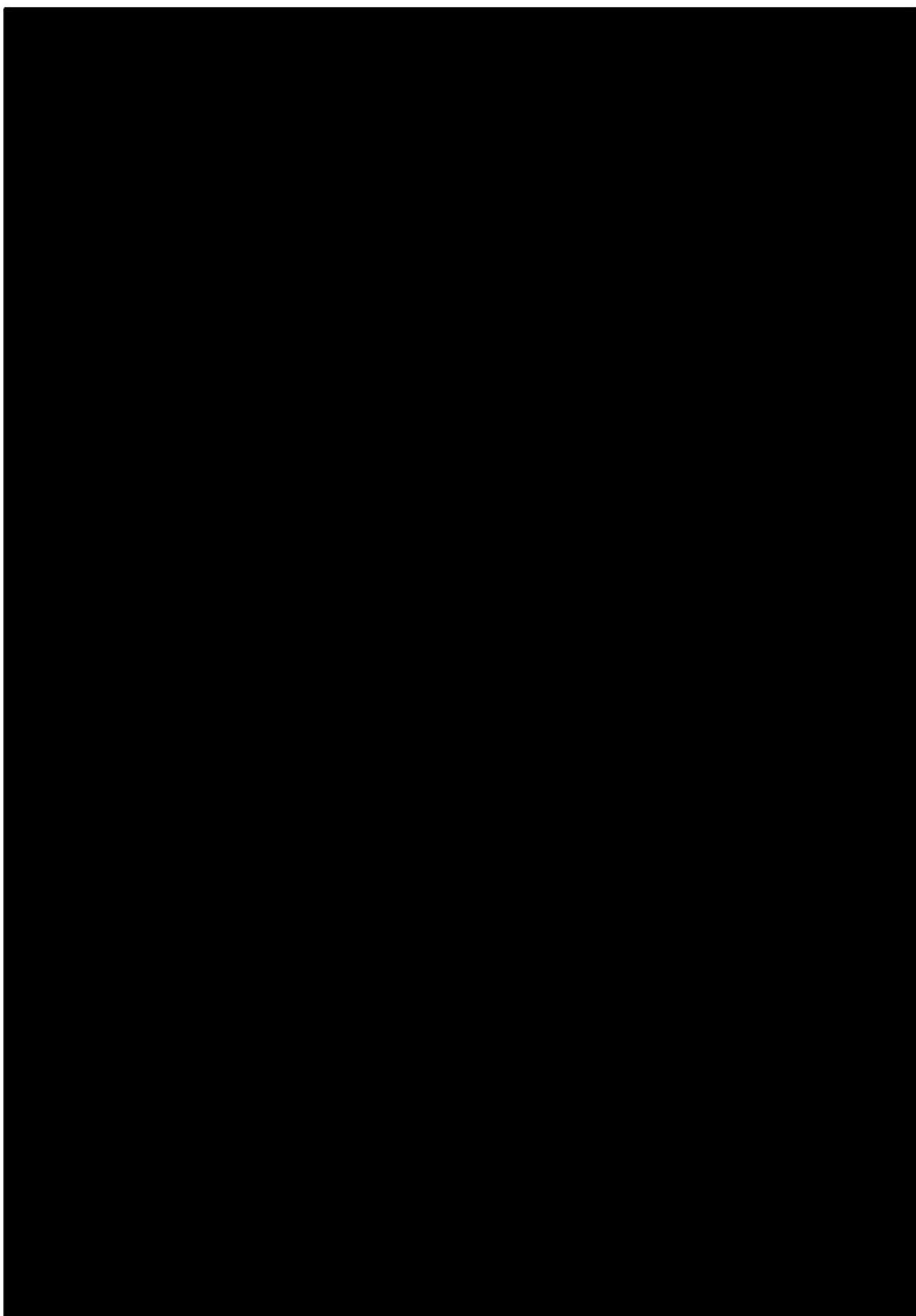
15.7 MAILCONTACT OVER BLENDERBIM FUNDING

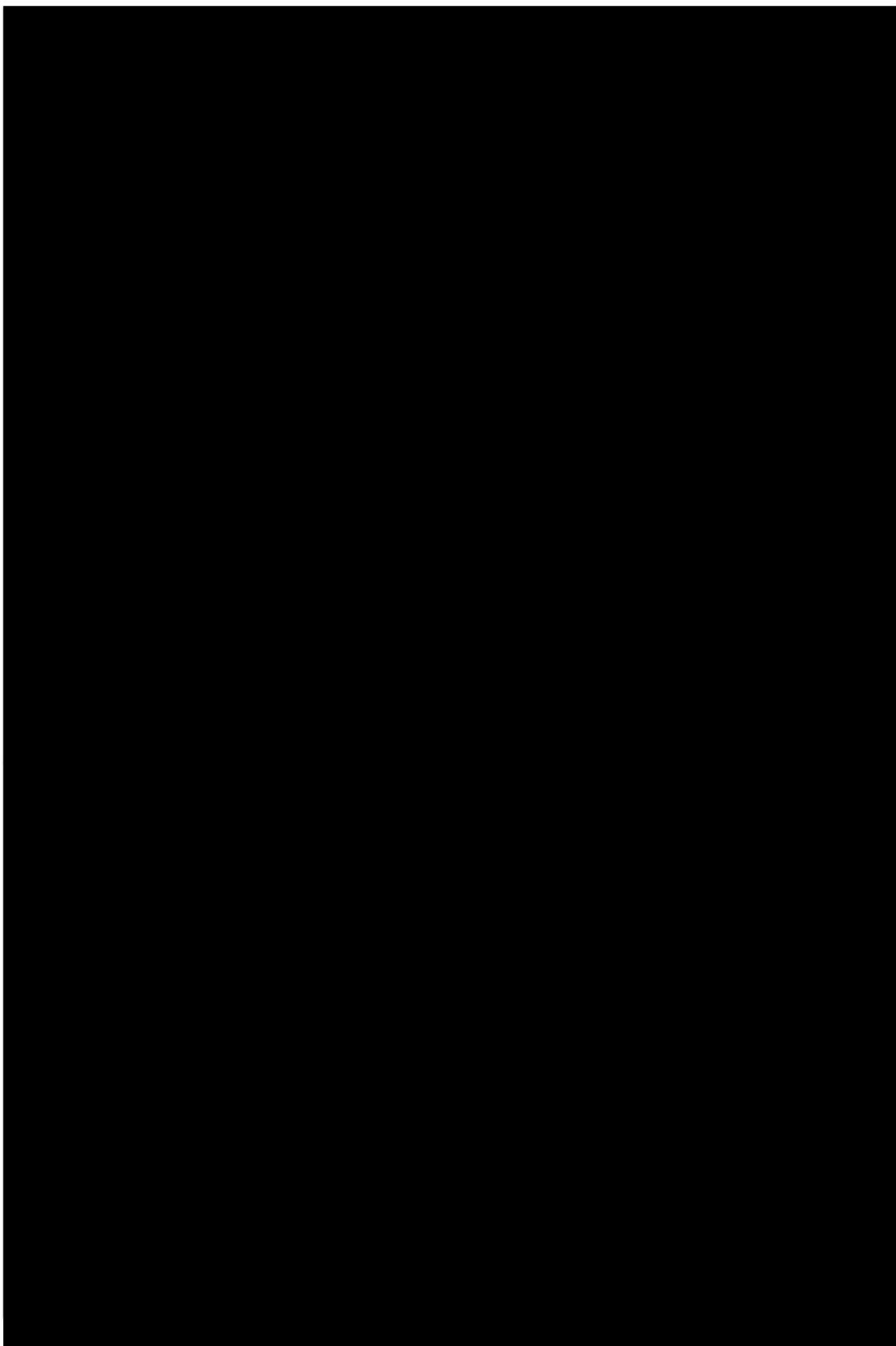
Hieronder is het mailcontact opgenomen tussen M.D. Vroegindeweij en D. Moult, waarbij onder andere de besteding van een theoretische donatie van 100.000 dollar besproken wordt.





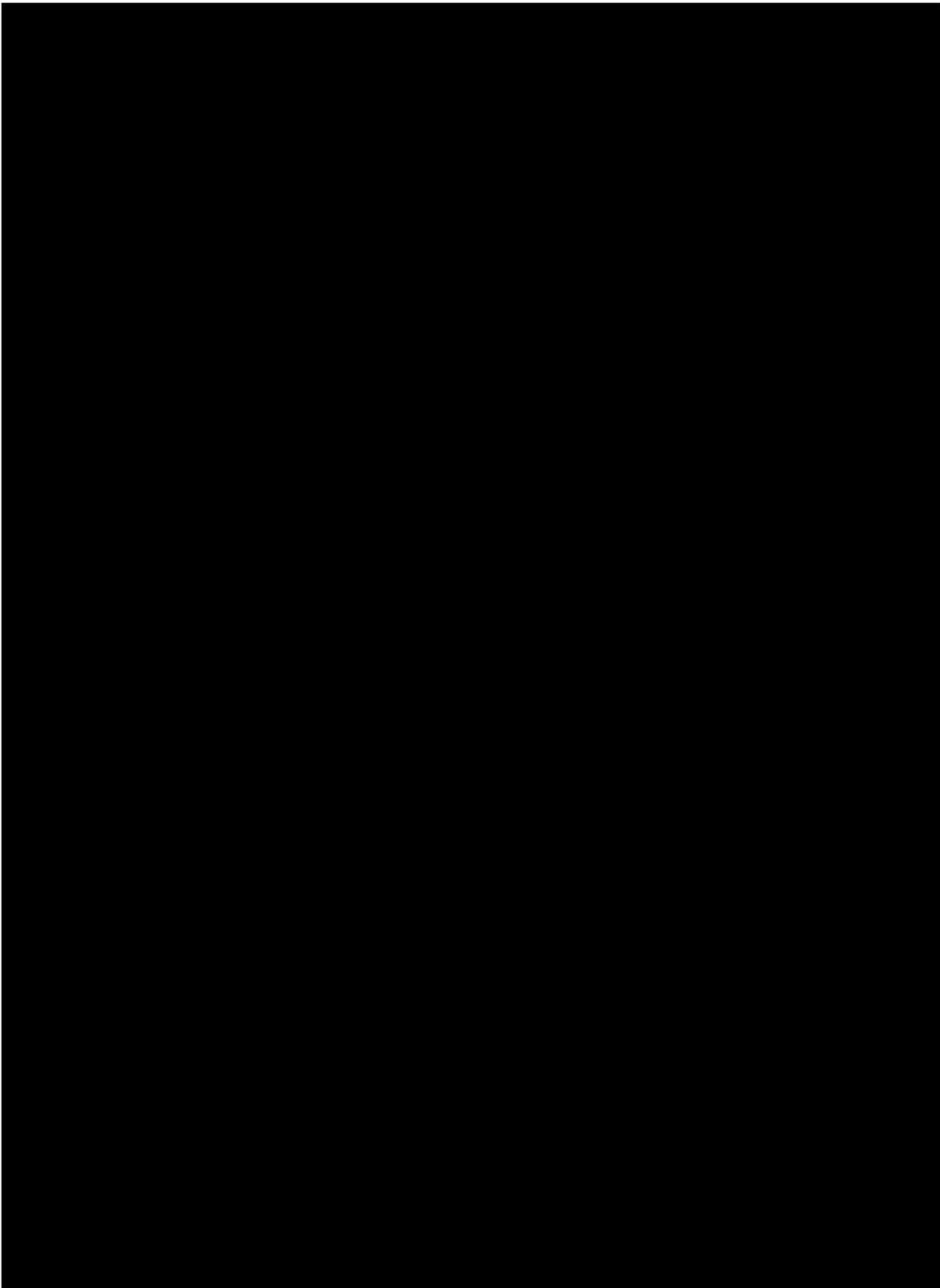


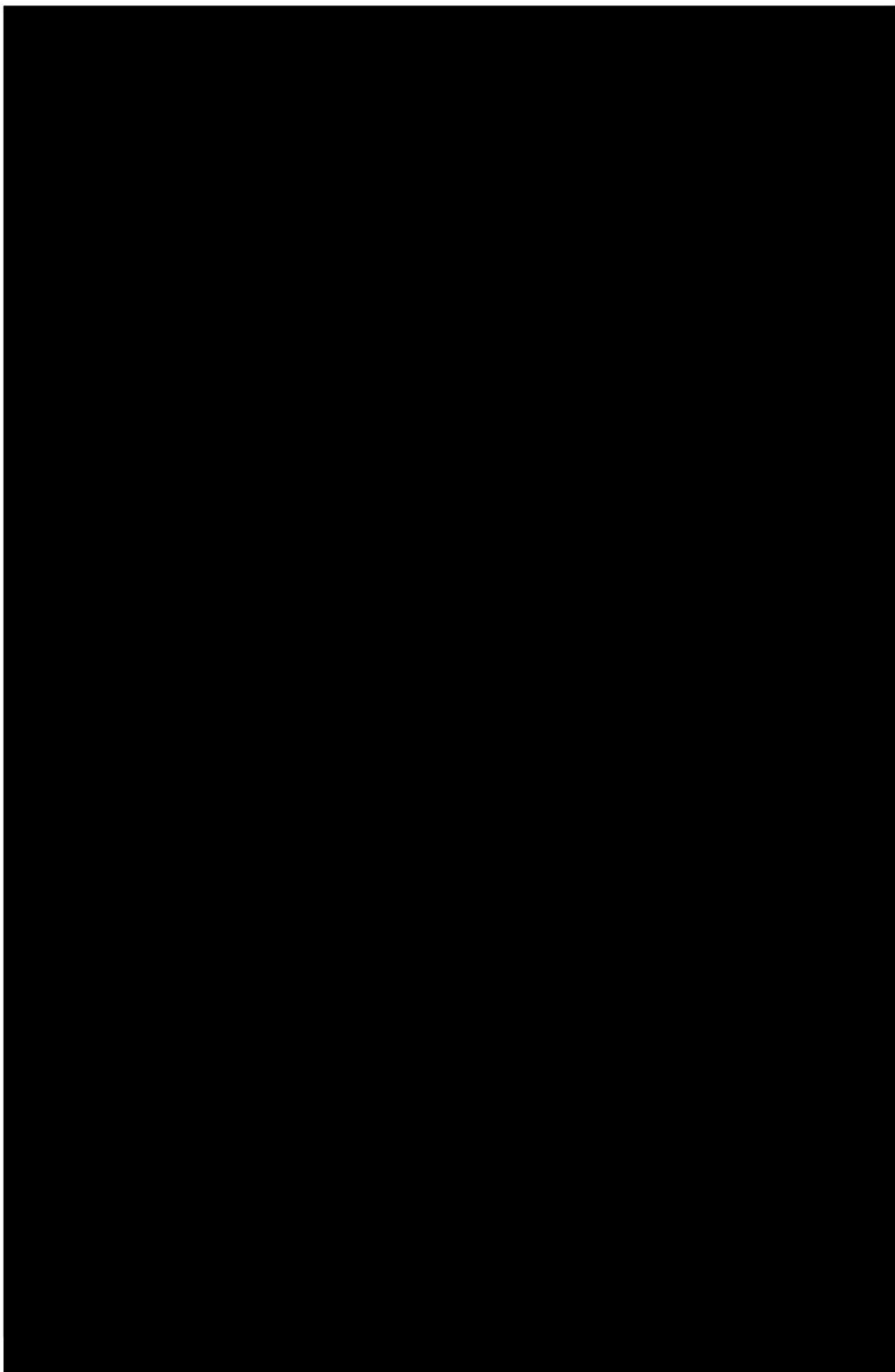


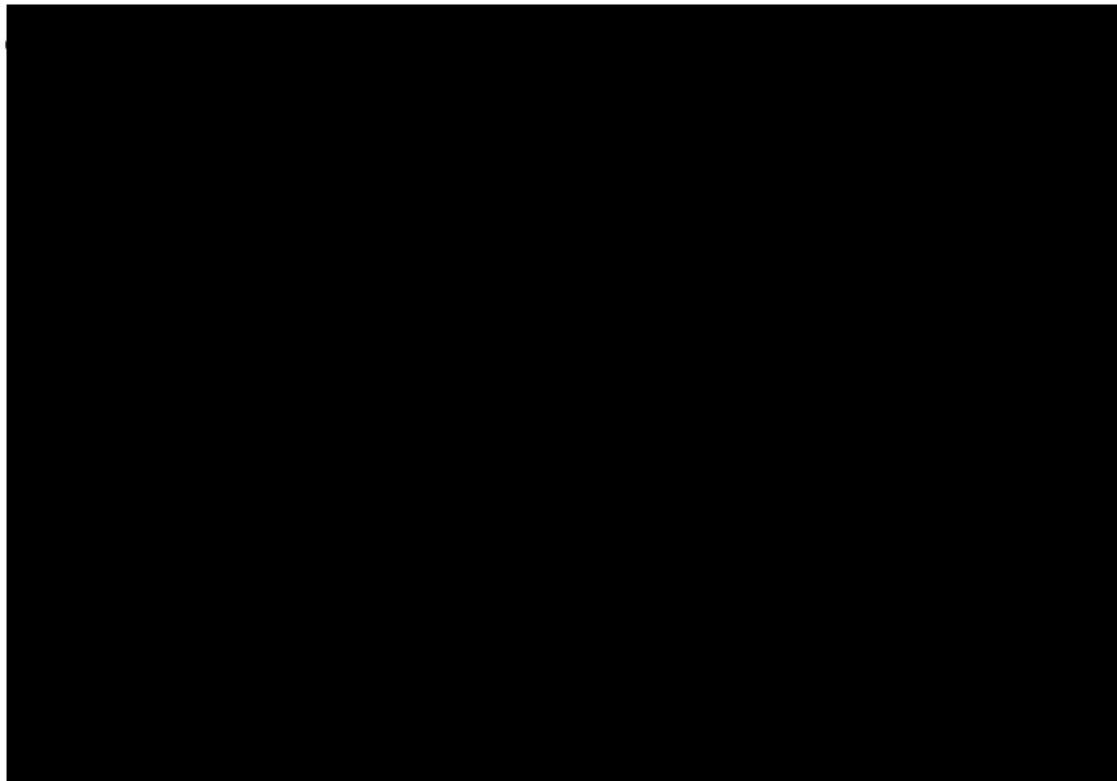


15.8 MAILCONTACT EN VERSLAG GESPREK TOEKOMST VAN BLENDER EN DE AEC

M.D. Vroegindeweij is op bezoek geweest bij het hoofdkantoor van Blender, waar de toekomst van Blender in combinatie met de AEC industrie is besproken. Dit is een verslag wat weer naar D. Moult gestuurd is.







<https://outlook.office.com/mail/id/AQQkAGM4YzkwMAitOWEyNS05MWNhLTAwAi0wMAoAEAAUFABIA%2Fd4T1C5RoL5z2PM9Q%3D%3D?nati...> 3/3

15.9 VALIDATIE C.C.J. CLAUS

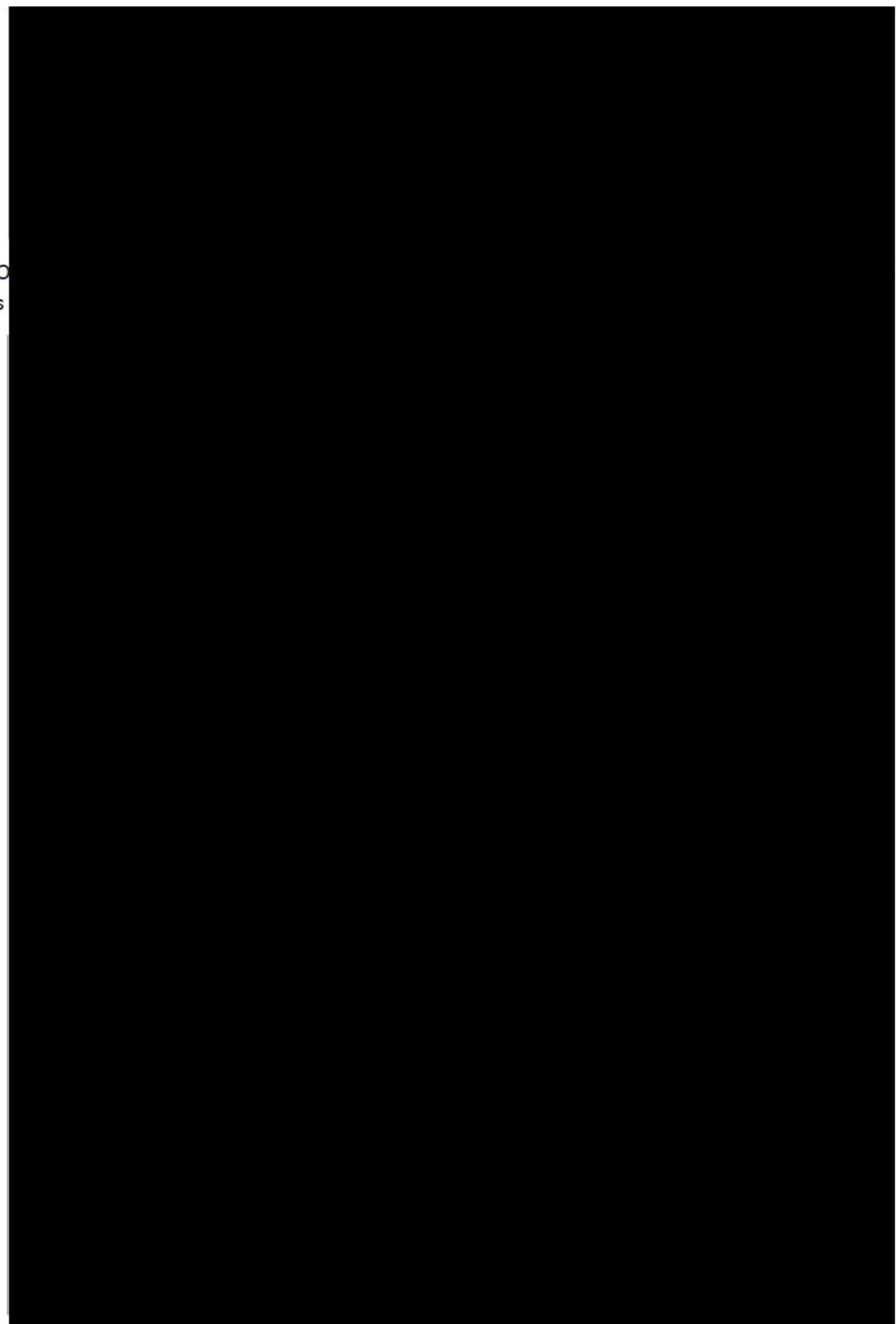
C.C.J. Claus is een extern expert op het gebied van BlenderBIM, een van de zeer weinige of wellicht de enige van Nederland. De community is klein, maar hij zit in de top 6 van meest actieve gebruikers op het OSArch forum, waar de meeste gebruikers actief op zijn. Hier heeft hij 67 Discussions en 1.100 Comments geplaatst (Coen, 2021). Daarnaast heeft hij via GitHub verschillende add-ons gemaakt voor BlenderBIM en bijdragen aan zowel BlenderBIM als IfcOpenShell geleverd. Deze bijdragen zijn soms ook gemerged, wat inhoudt dat deze toevoegingen bijvoorbeeld opgenomen zijn in de officiële code van BlenderBIM (*C-Claus - Overview*, z.d.). Hij is werkzaam in software development, maar is ook afgestudeerd aan de Technische Universiteit Eindhoven voor Building Technology, waar hij over de mogelijkheden van IFC in combinatie met lichtanalyses onderzocht (Claus & Schuller, 2015). Hij bezit dus voldoende expertise om dit onderzoek te valideren.

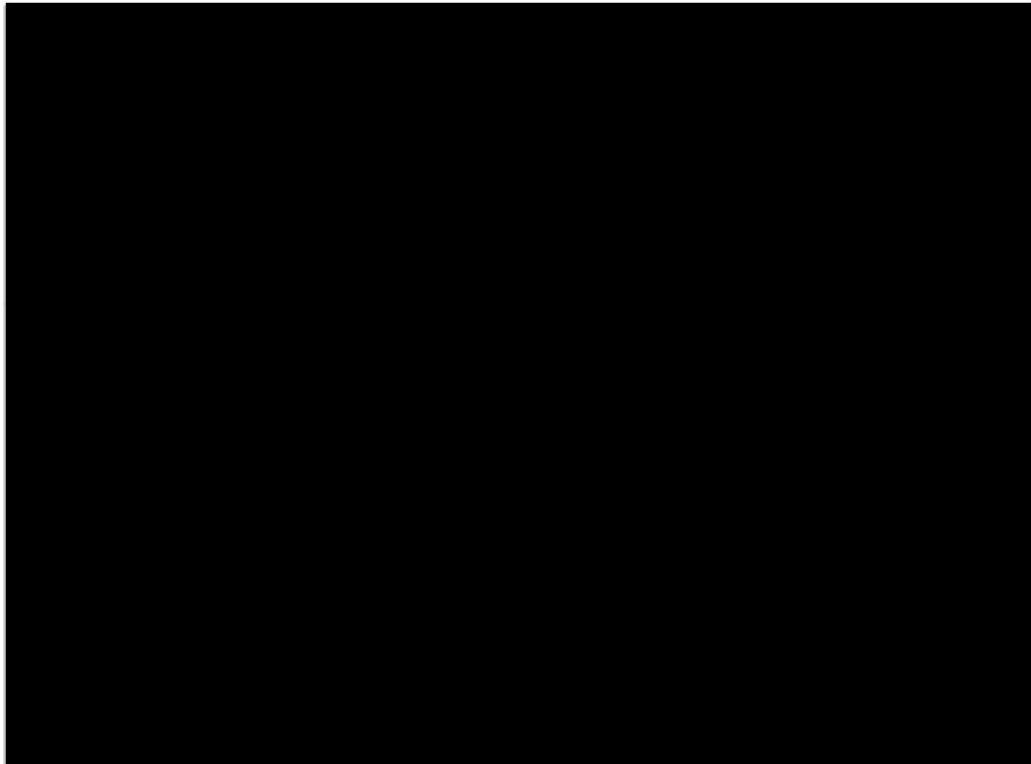
15.9.1 EERSTE VALIDATIE ACHTERGRONDINFORMATIE & TABEL

6/5/24, 11:31 AM

E-mail - J Roodhorst - Outlook





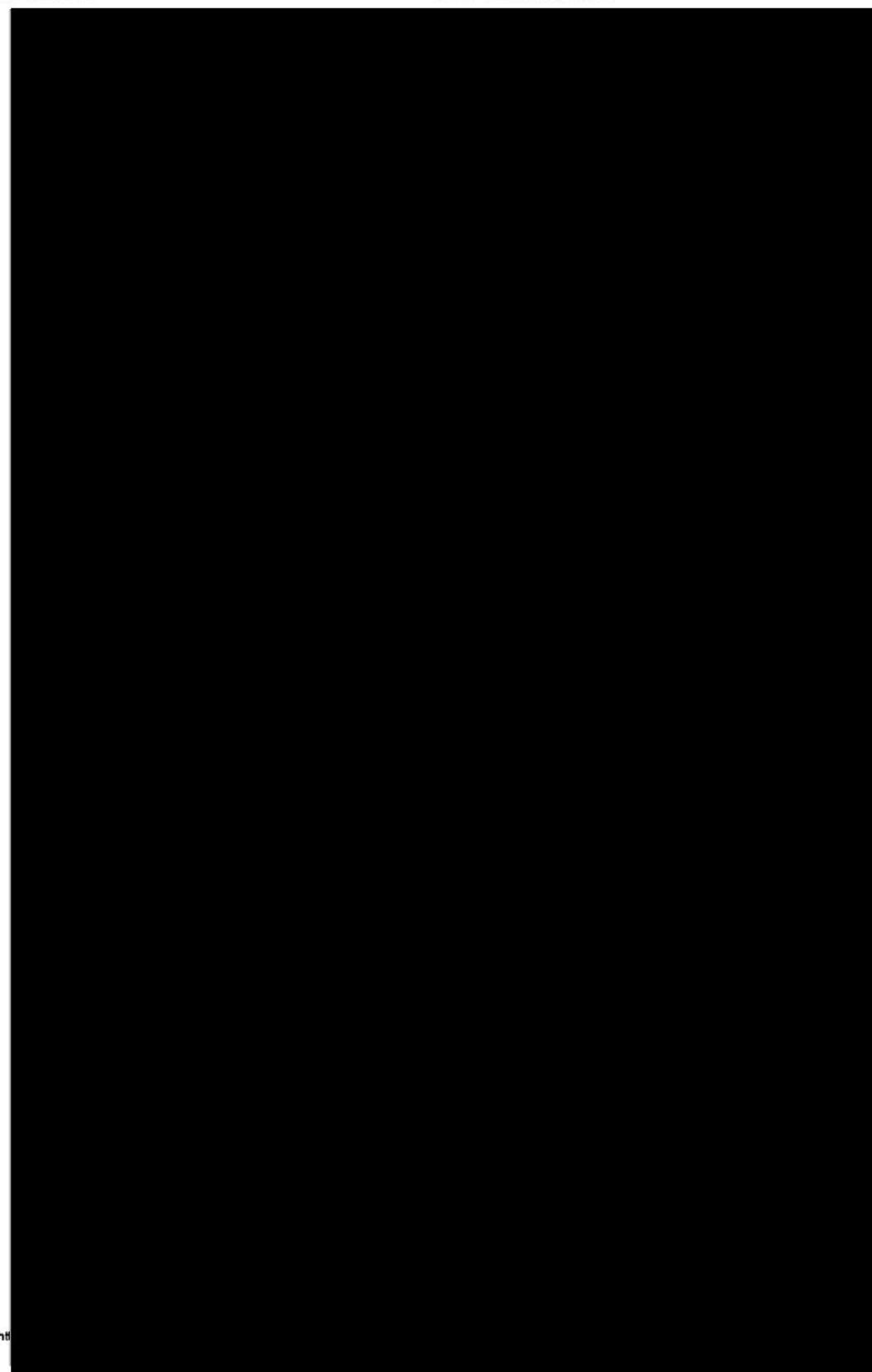


15.9.2 TWEEDE VALIDATIE BEROEPSPRODUCTEN

Na de hierboven staande validatie heb ik gevraagd naar een specifieker validatie voor hoofdstuk 7 in combinatie met de beroepsproducten. Claus heeft hierop geantwoord door de modellen door te lopen en bij opmerkzame stukken een vraag te stellen, waarbij sommige overeenkwamen met wat ik in het verslag had beschreven. Hierop heb ik weer geantwoord, waardoor ik ofwel de info meeneem, ofwel de opmerkingen in het model verwerk ofwel aangeef dat ik er al aan heb gedacht, maar om een specifieke reden de keuze heb gemaakt.

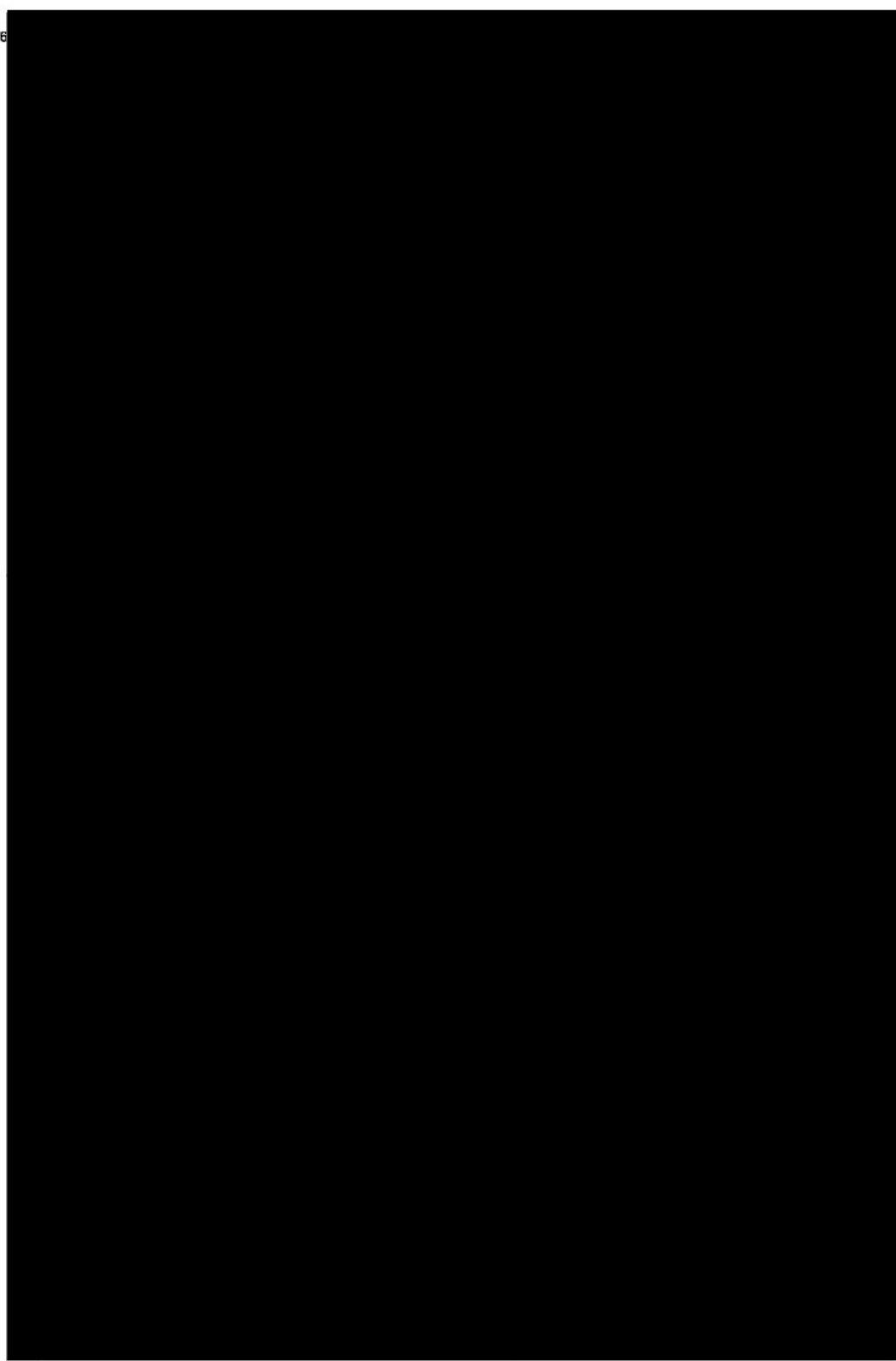
6/6/24, 3:31 PM

E-mail - J Roodhorst - Outlook



1/10

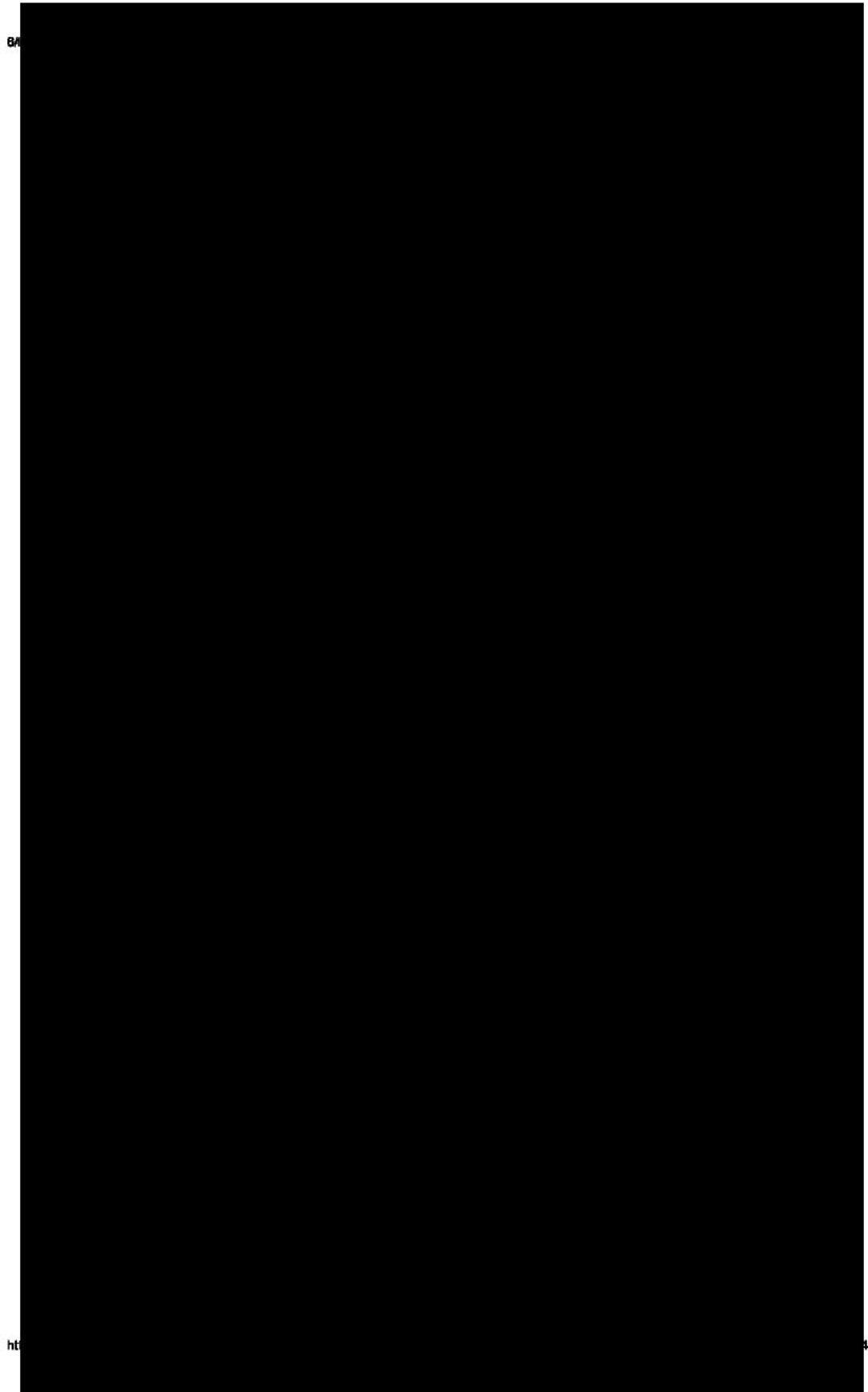
6/6

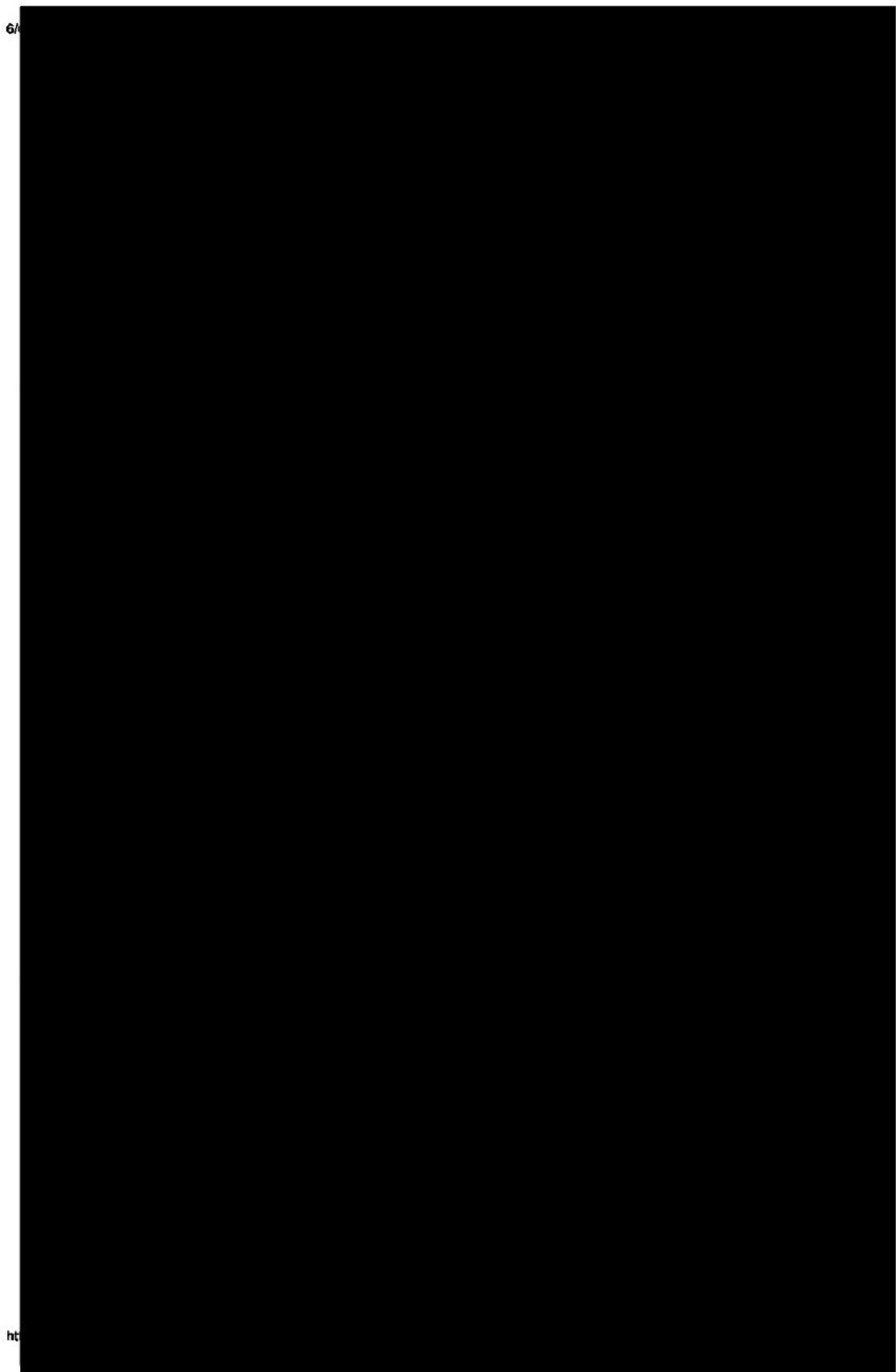


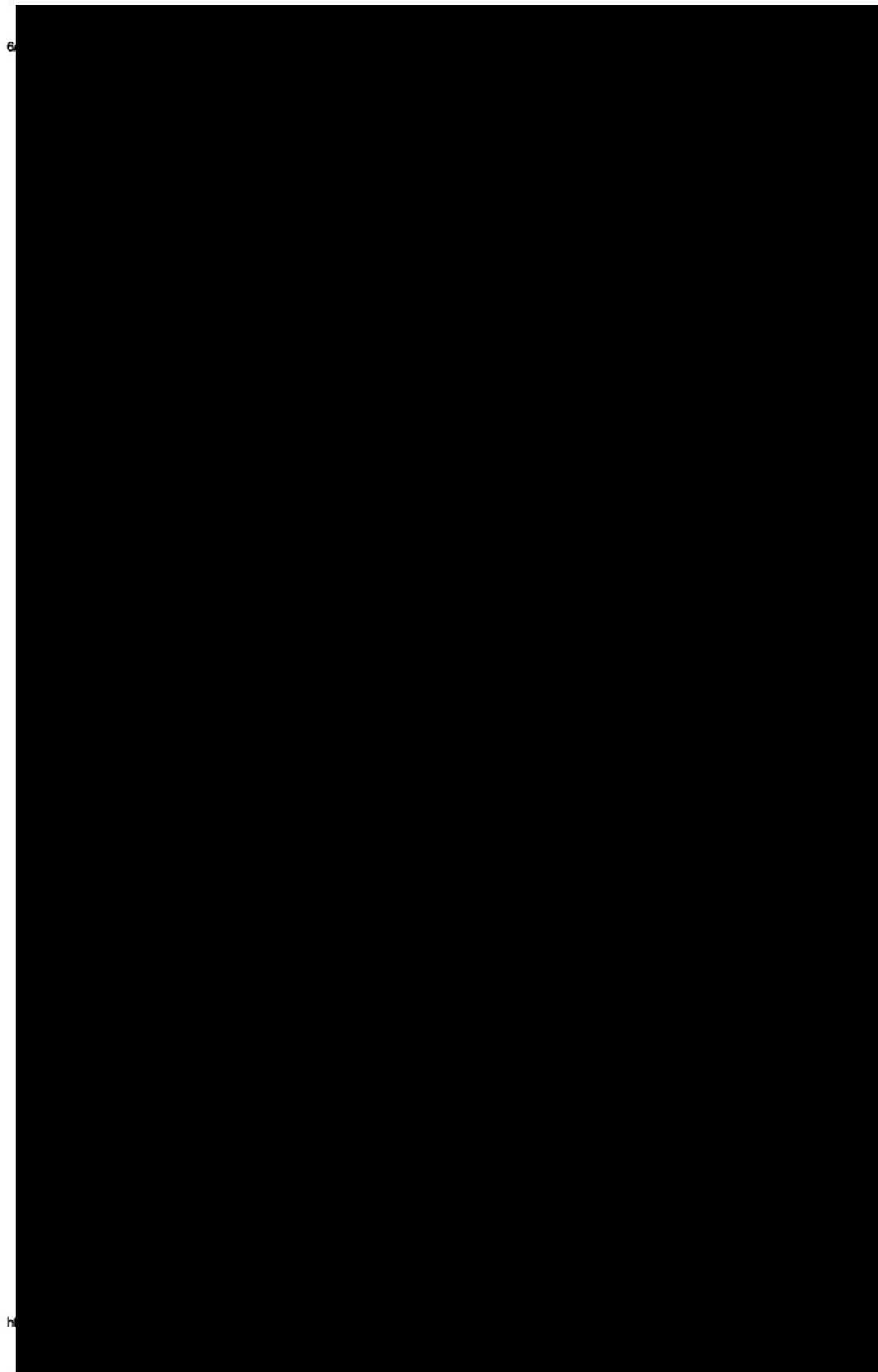
<https://outlook.office.com/mail/inbox/id/AQQkAGM4YzkwMAitOWEyNS05MWNhLTAwAi0wMAoAEAAoNaF1u6a3T4t4mkW8YBF?nativeVersio...> 2/10

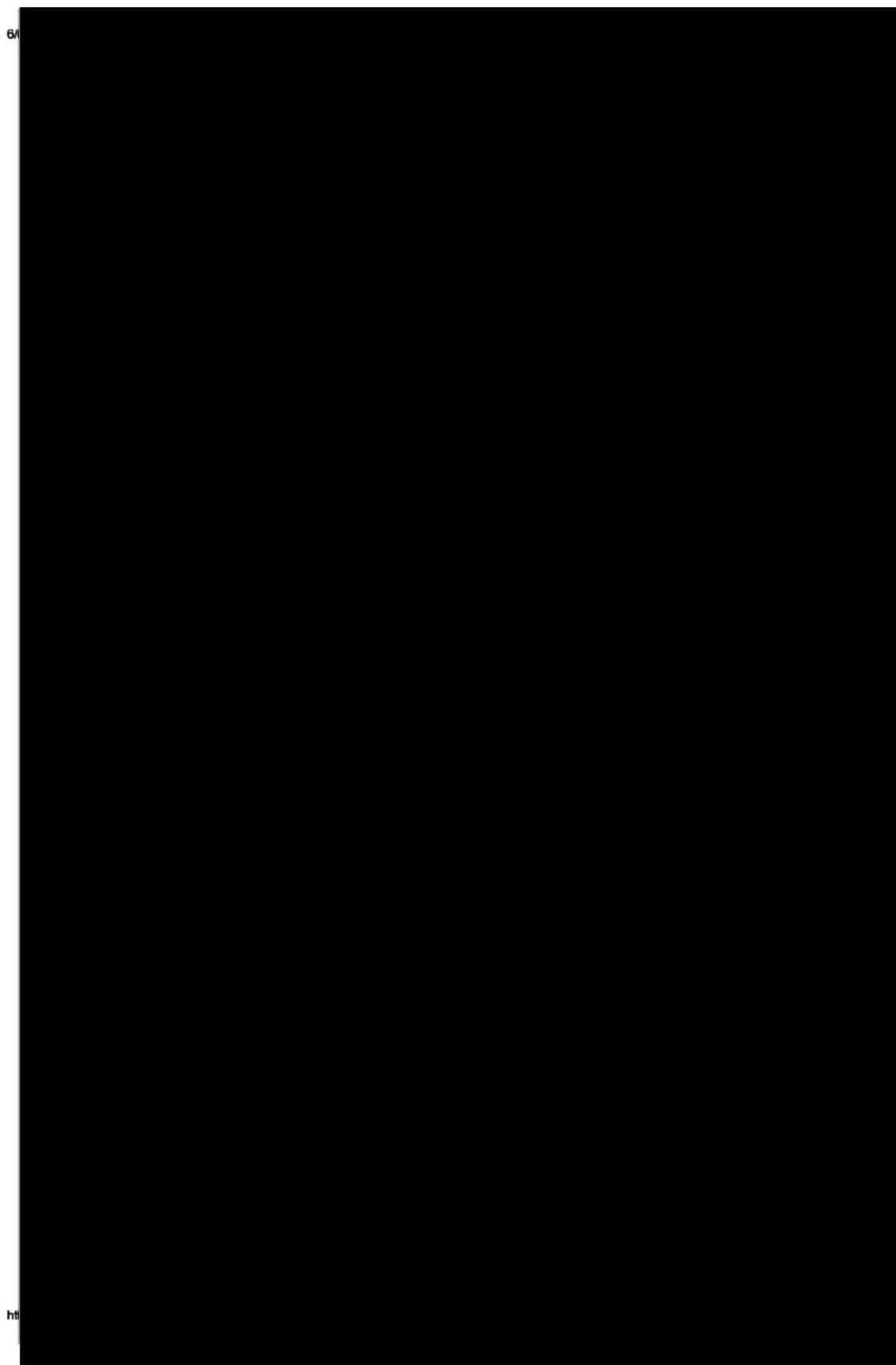
6/62

<https://www.hogeschoolrotterdam.nl>

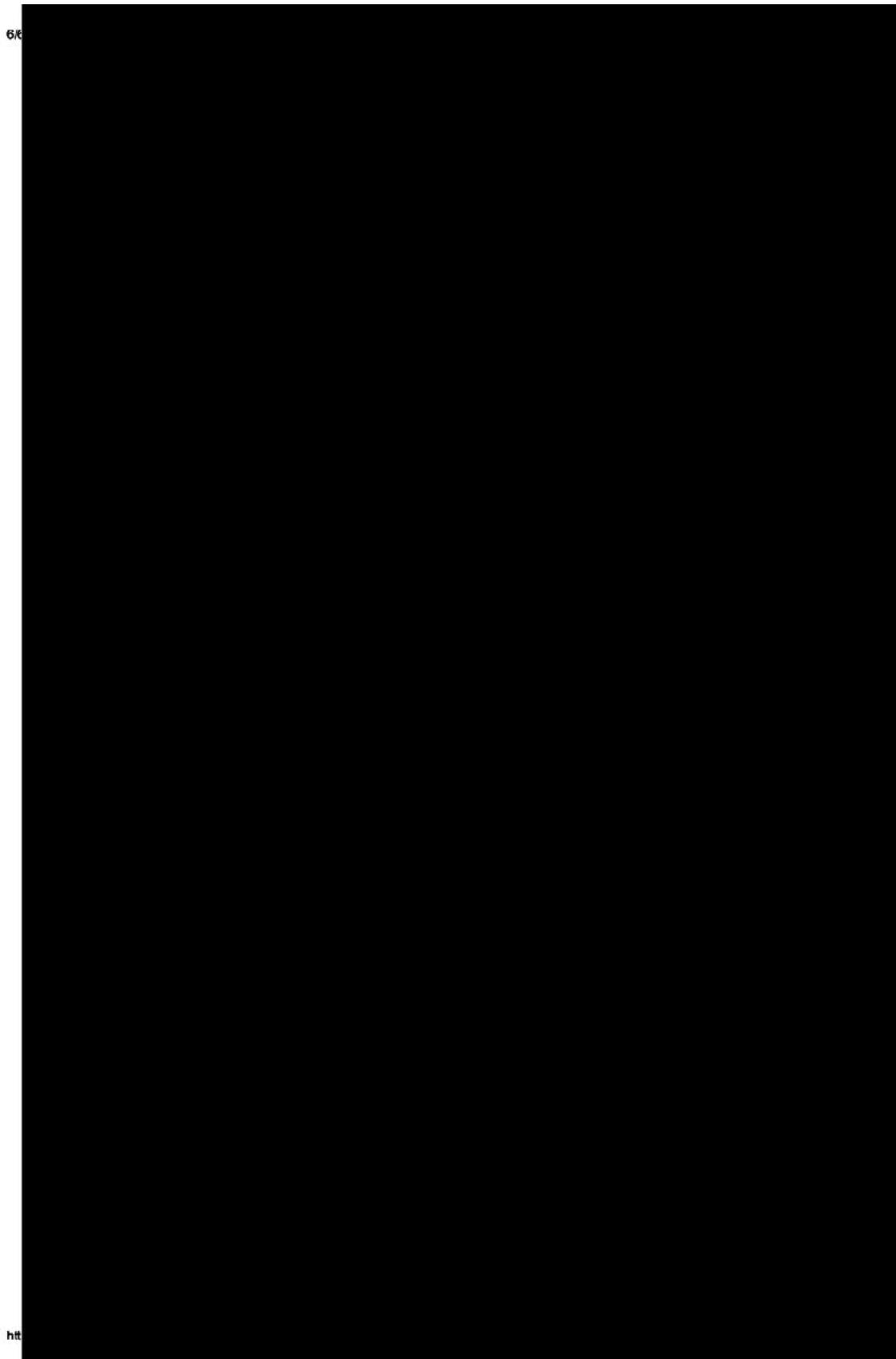


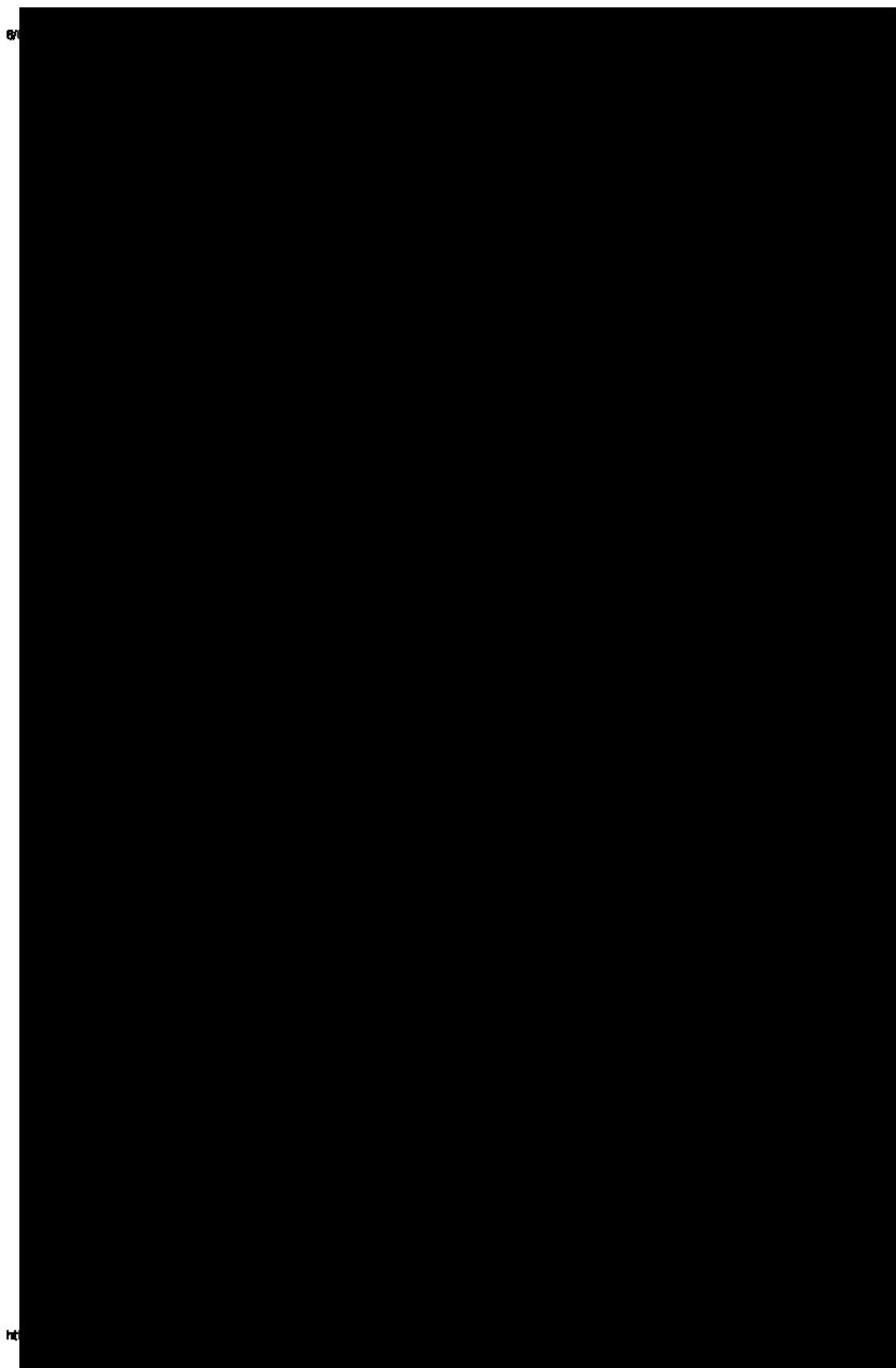


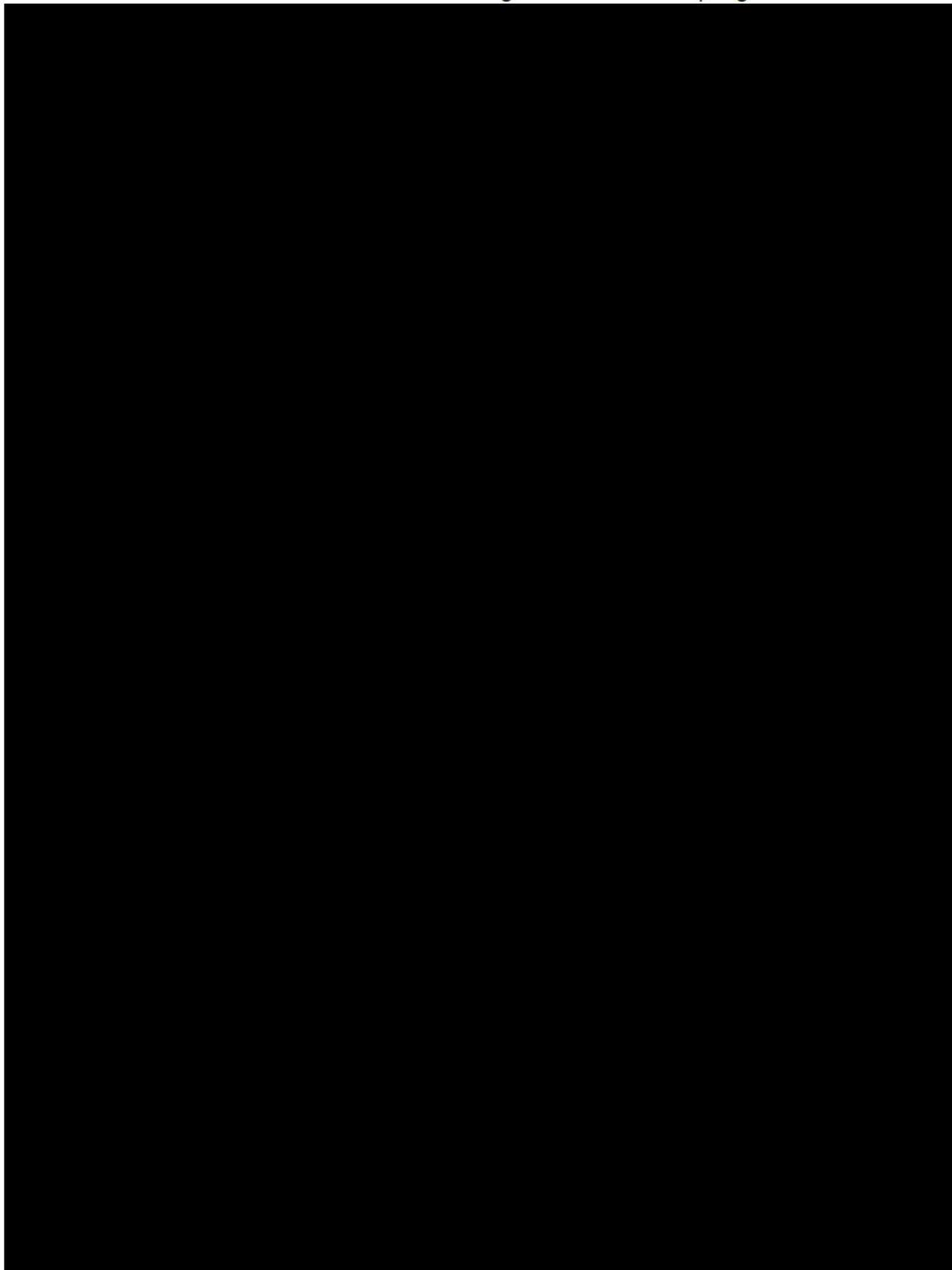


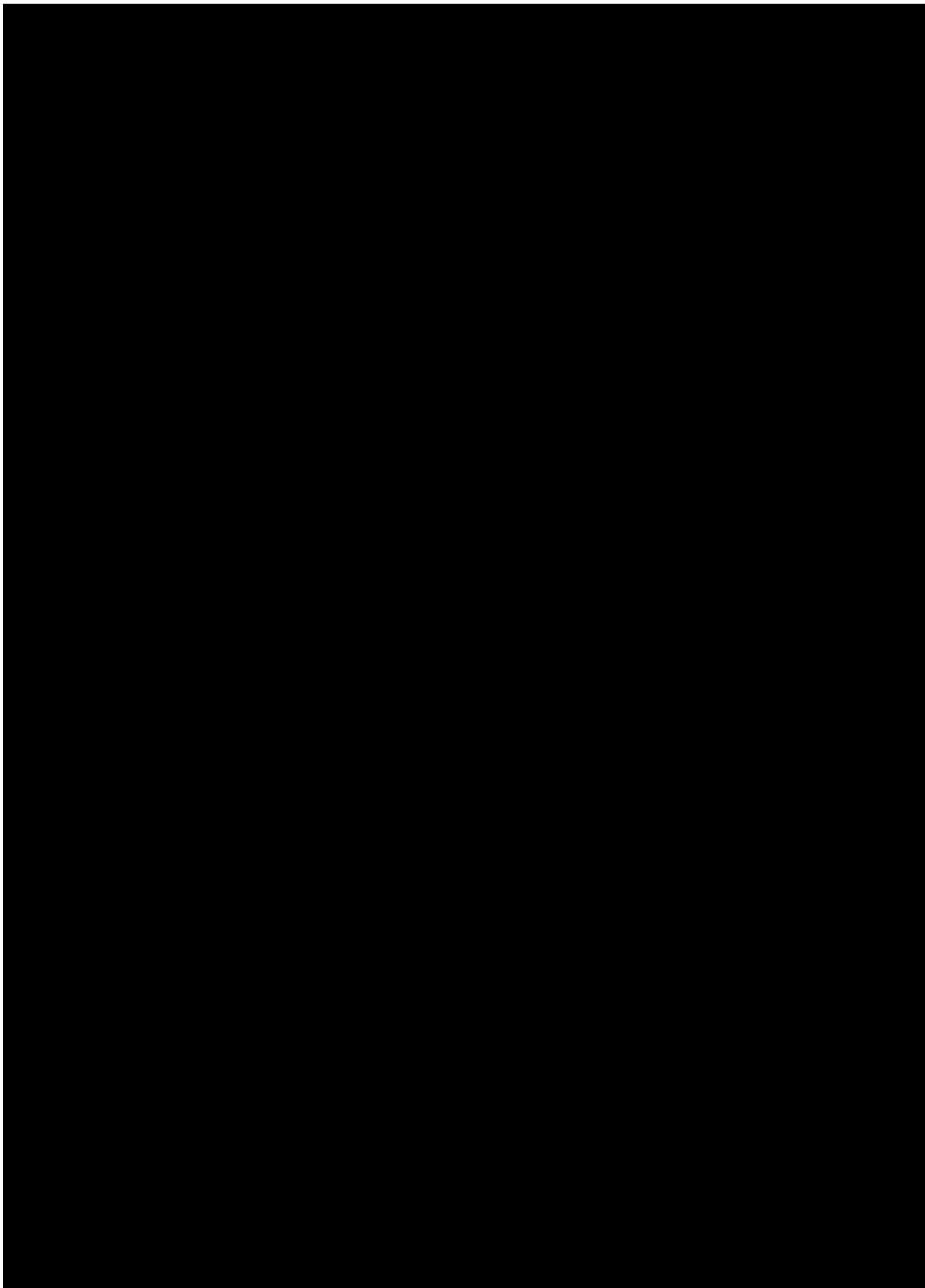


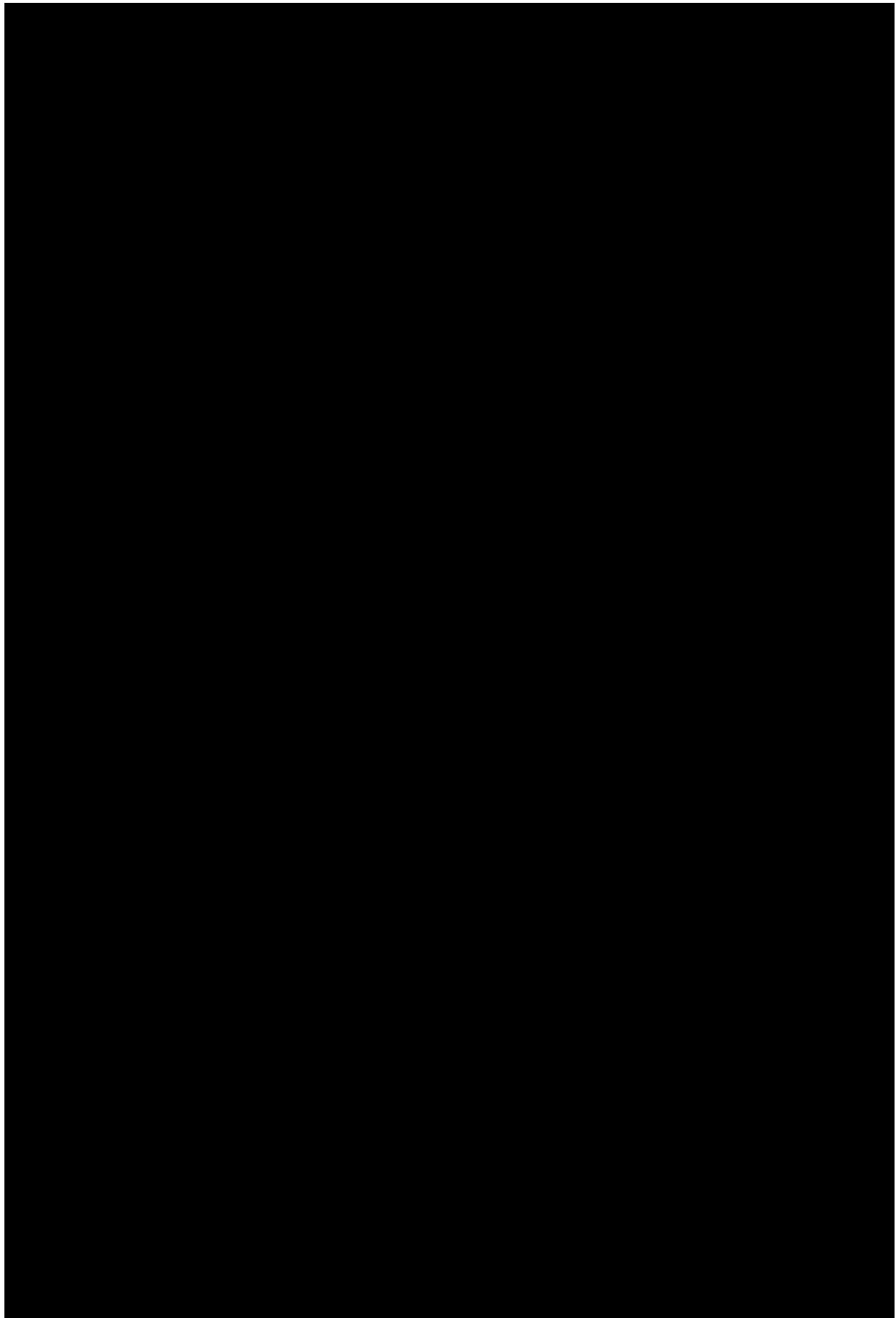


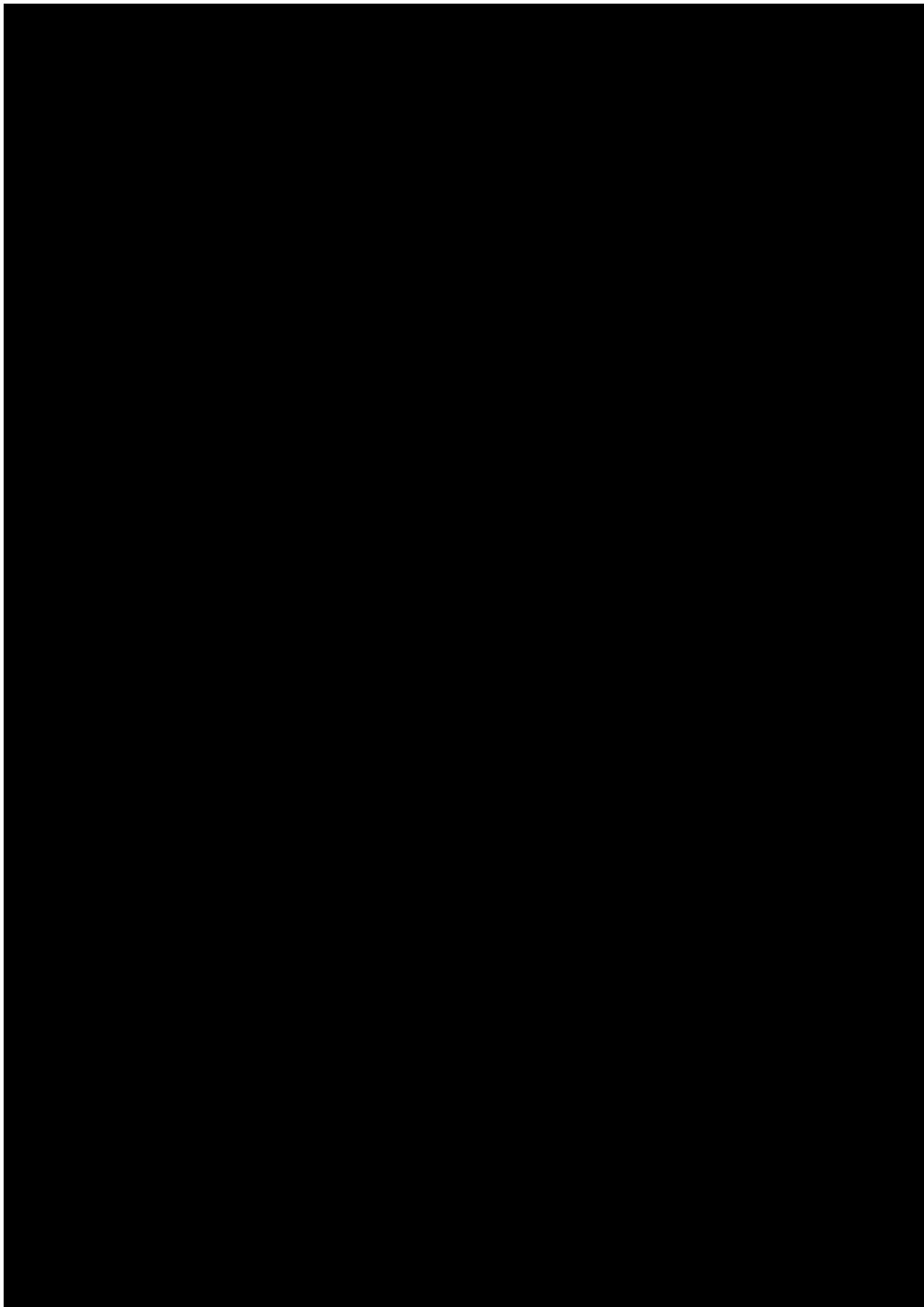


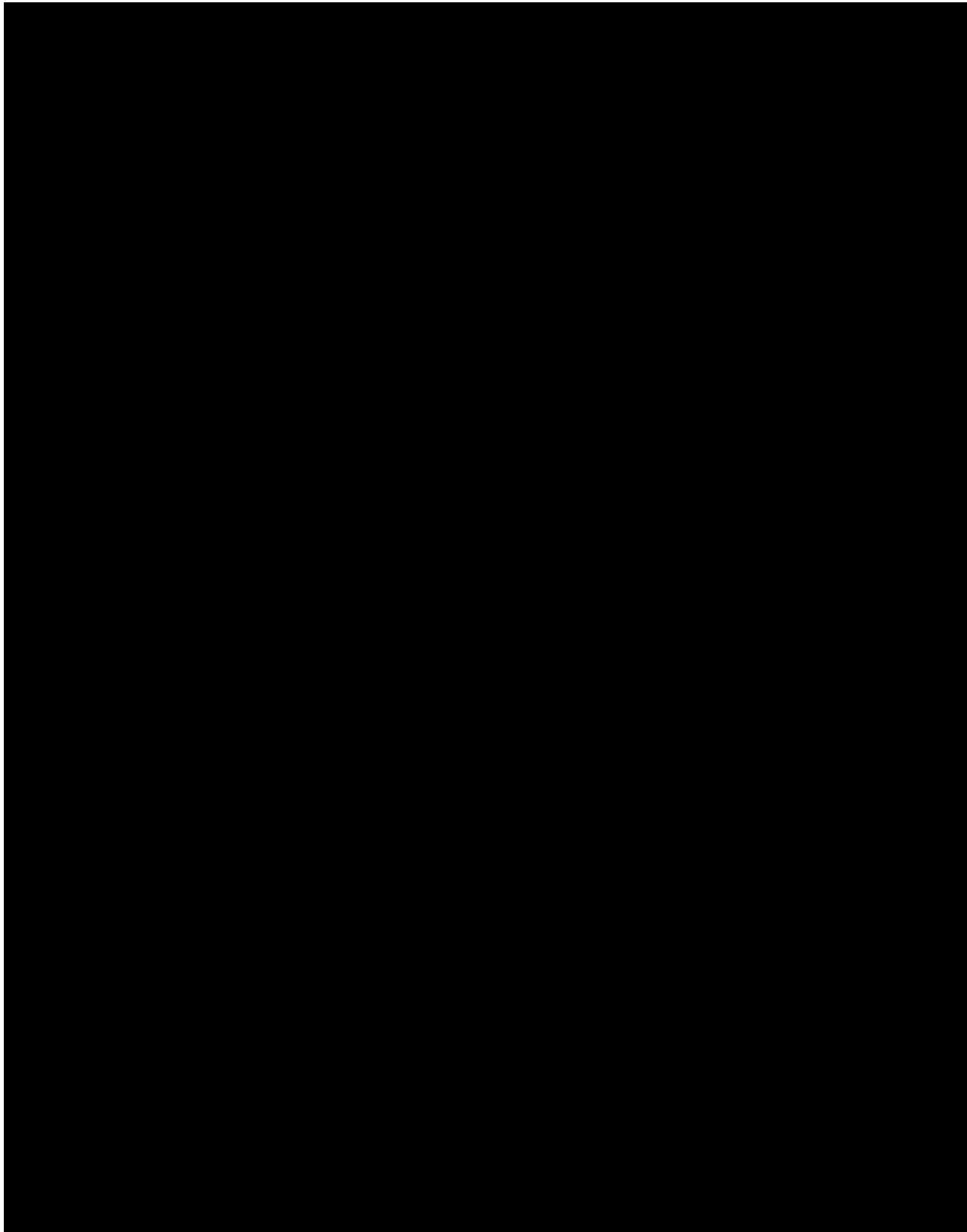


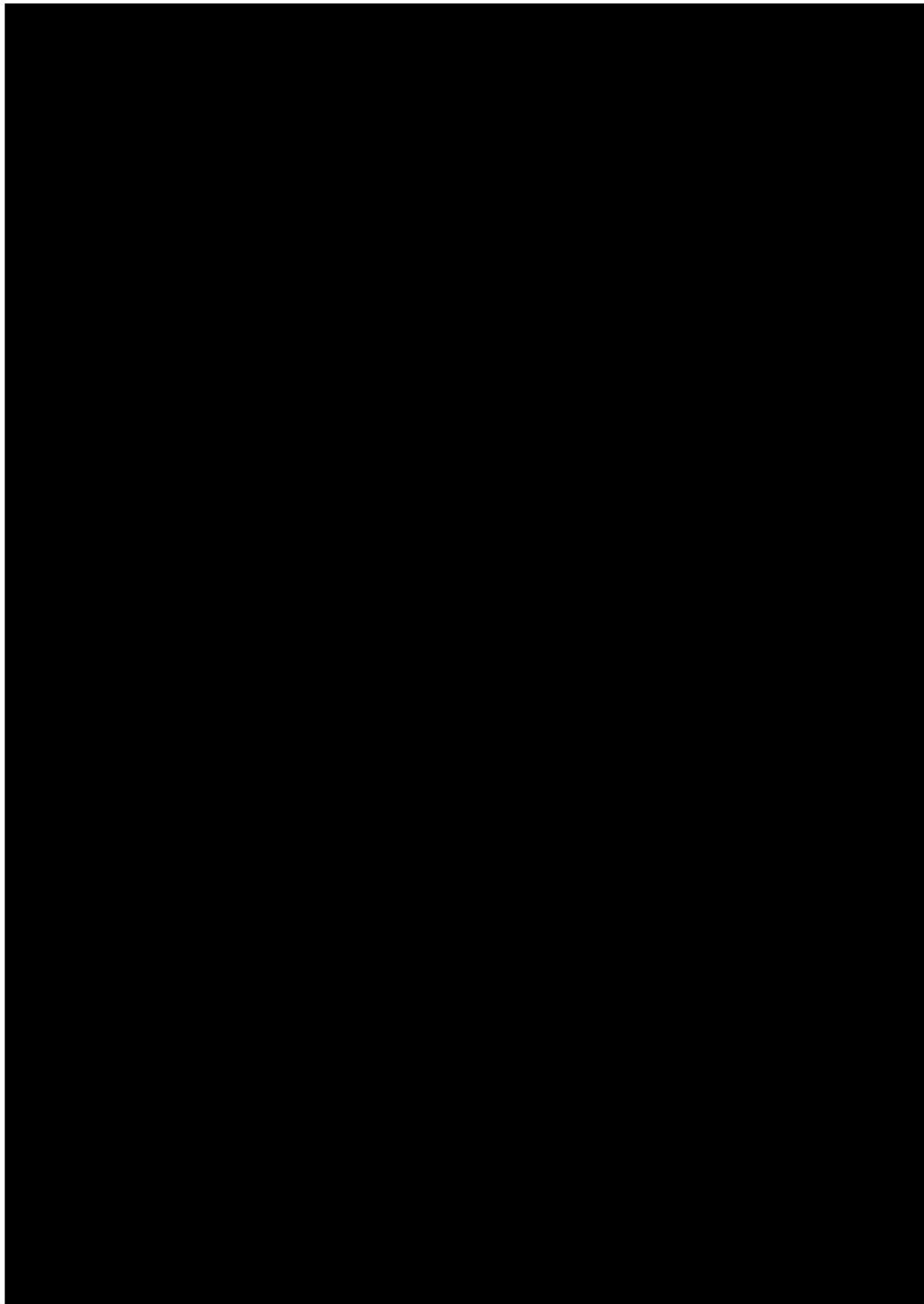


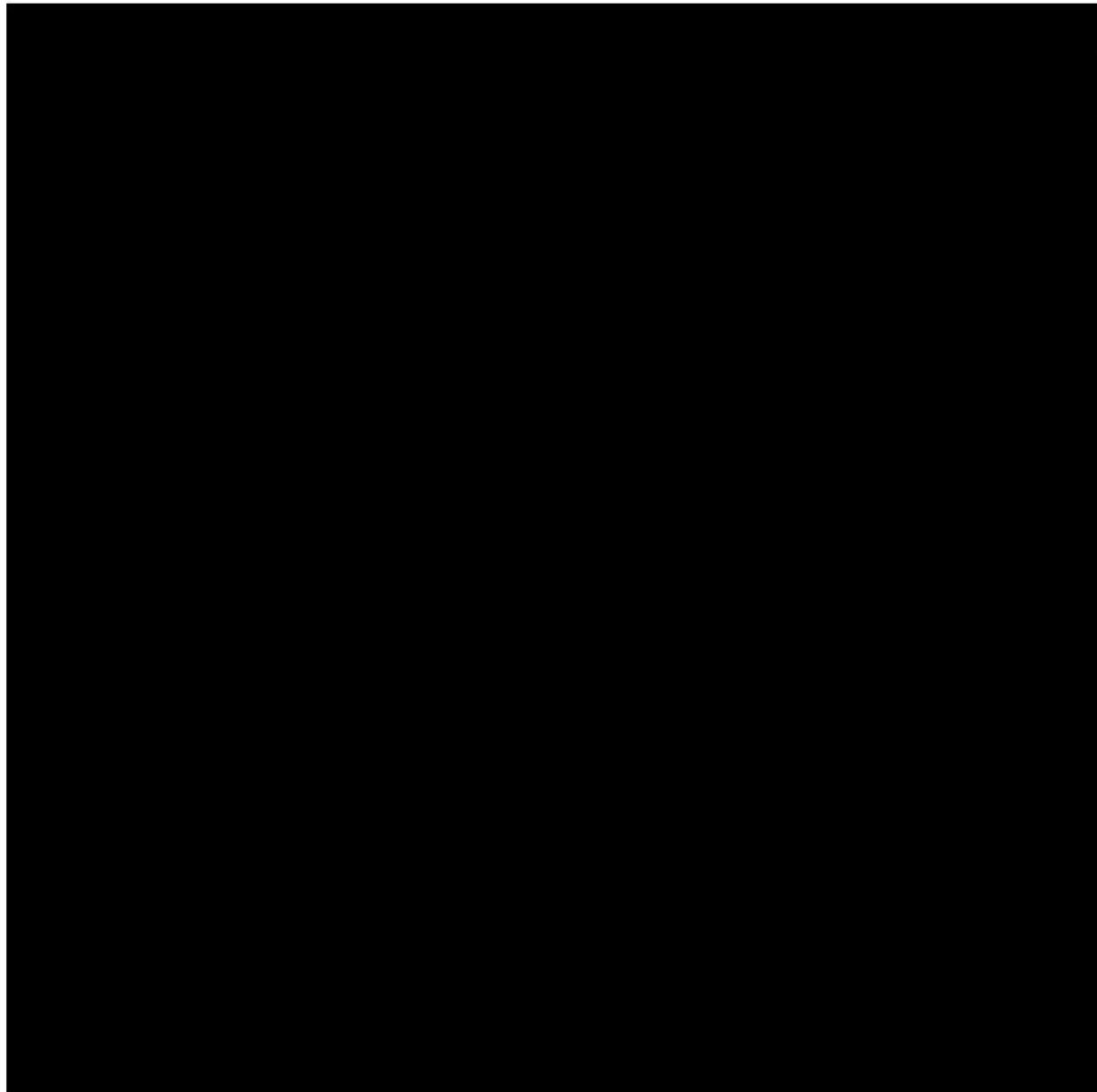






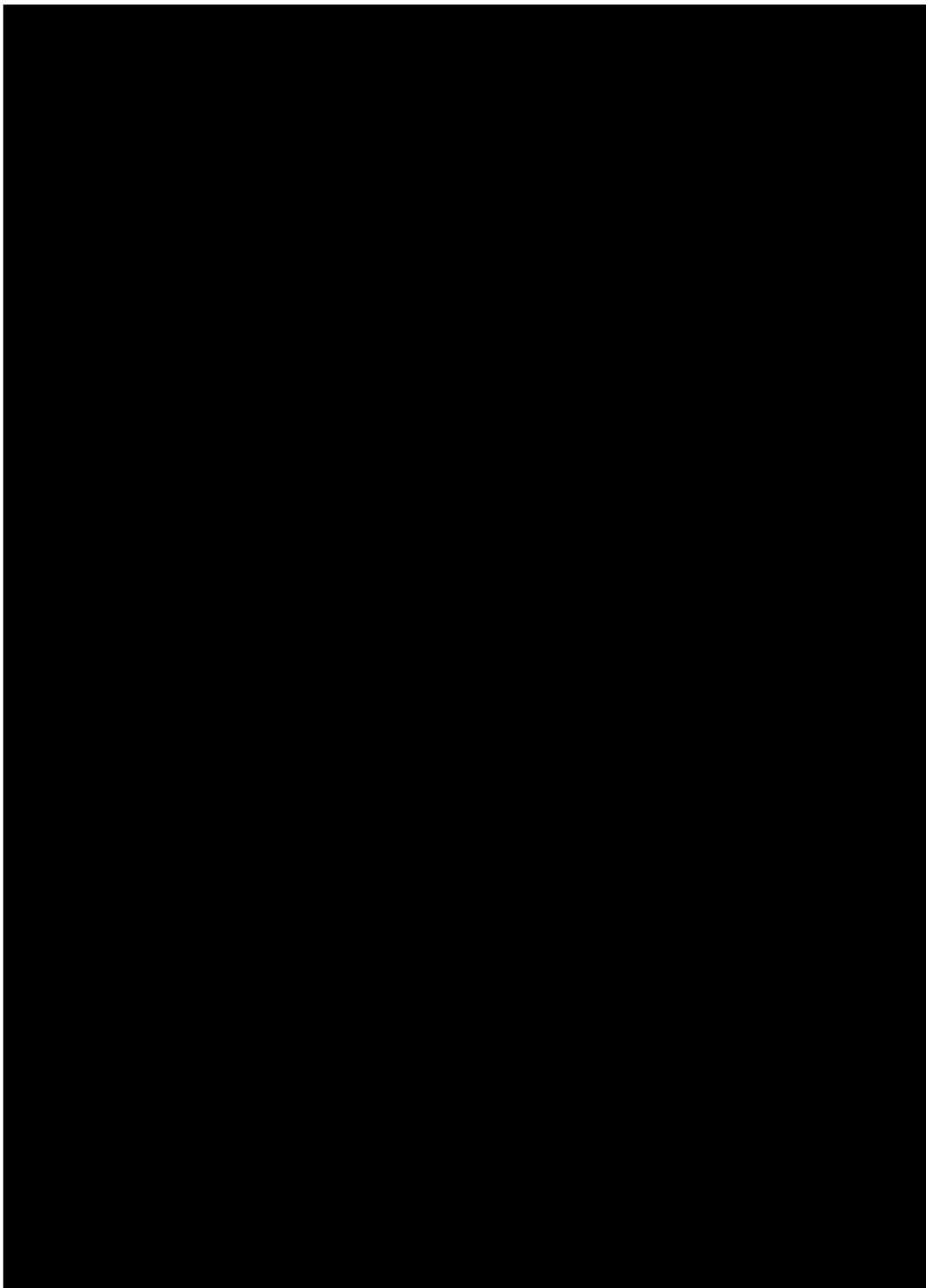


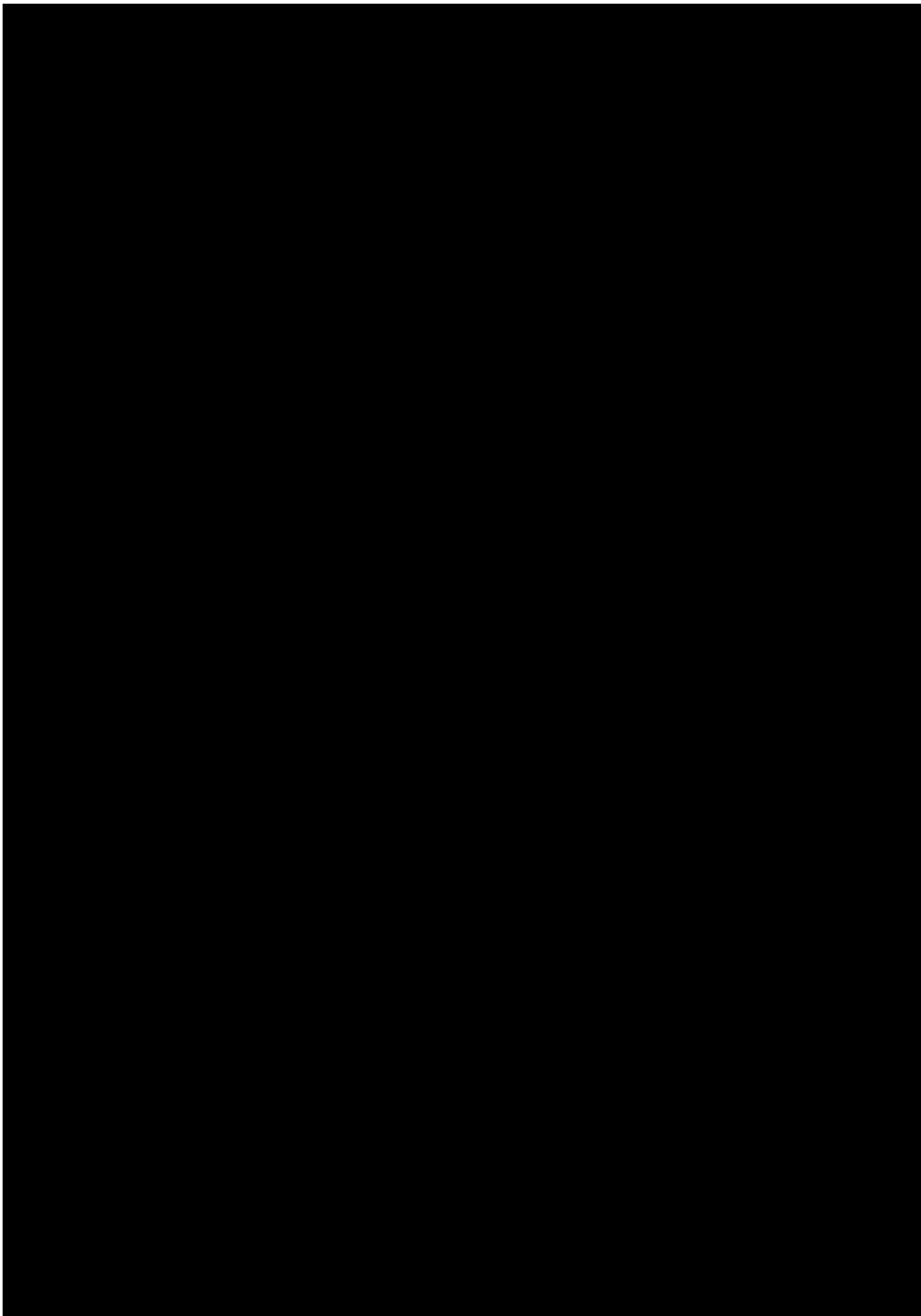


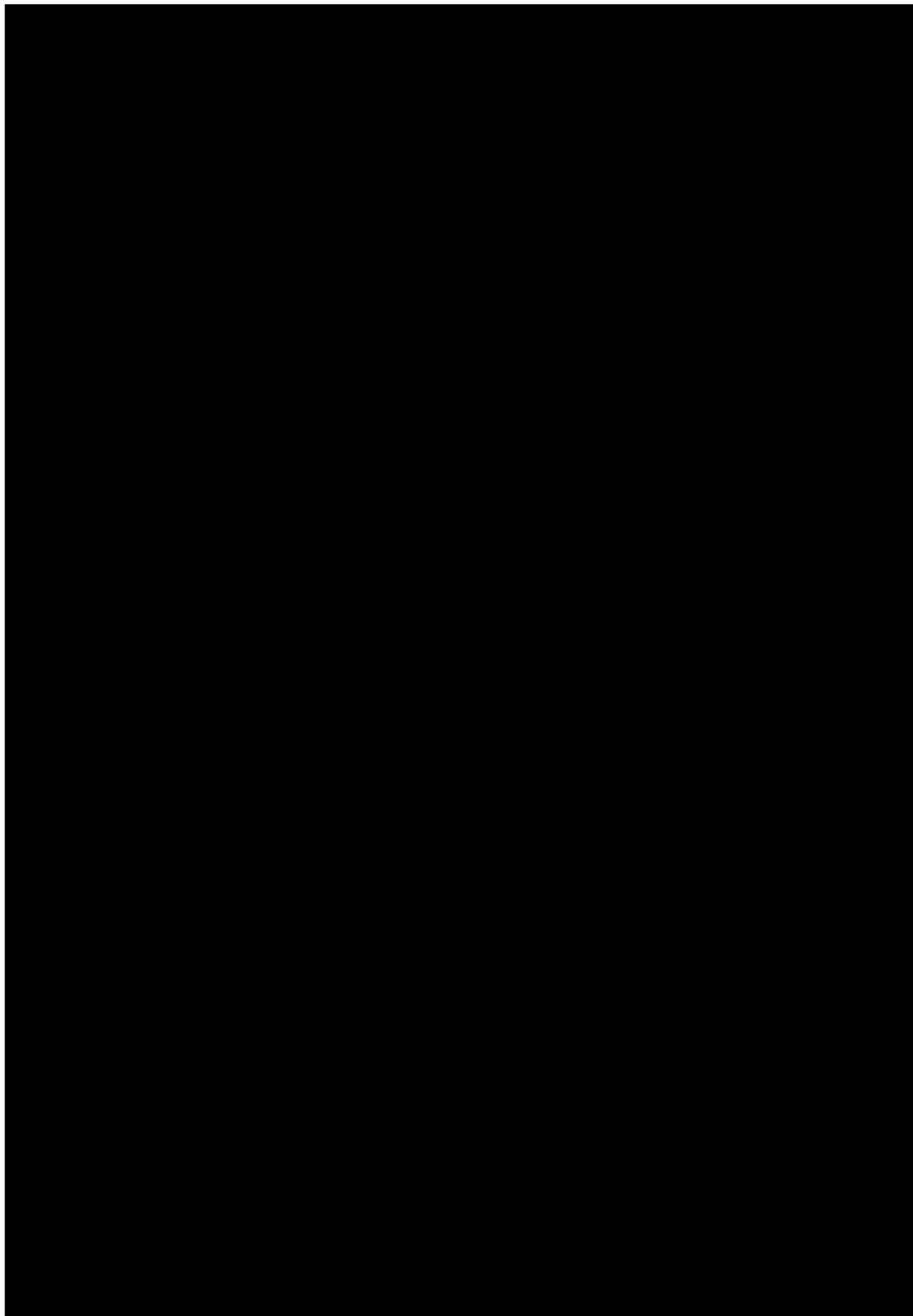


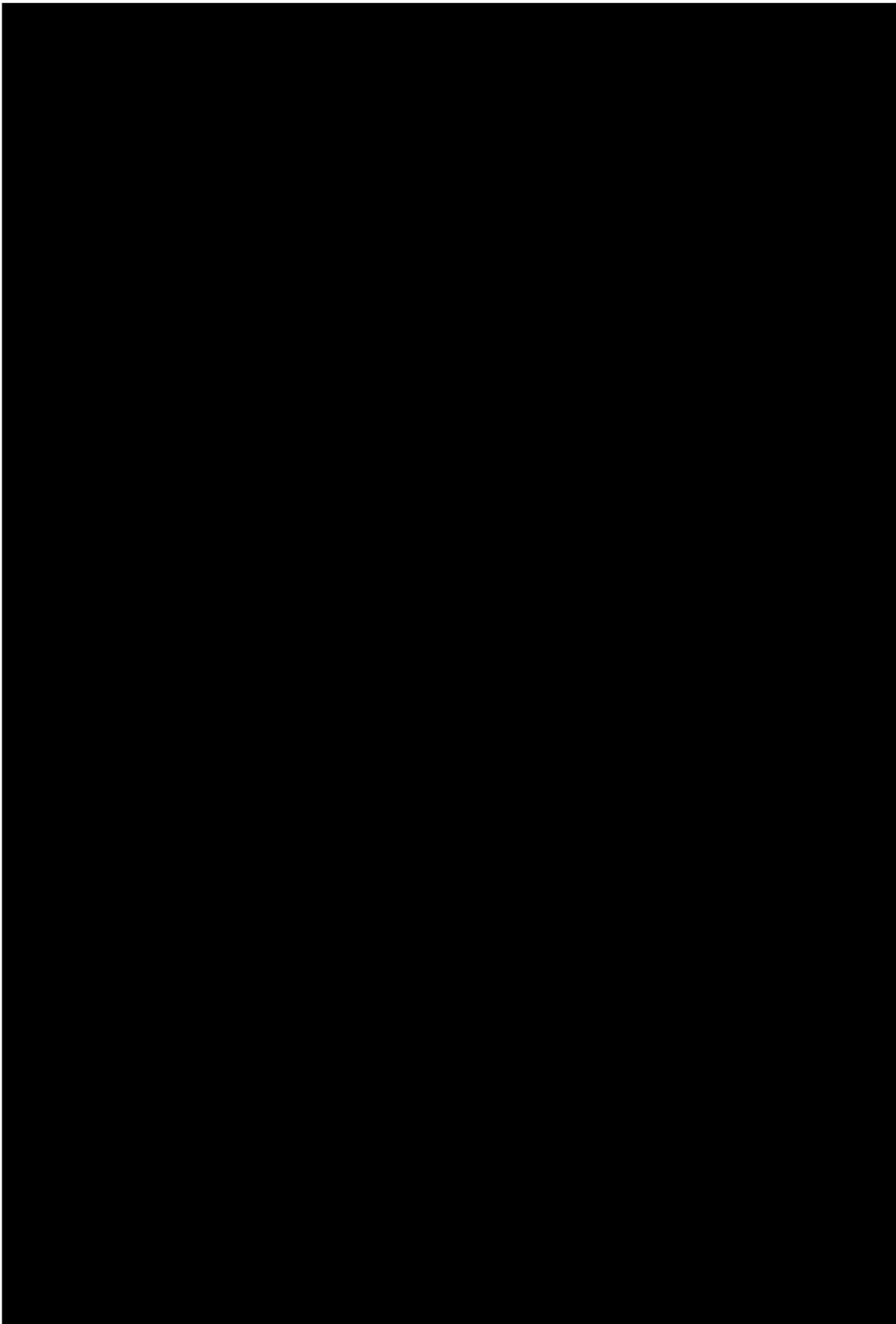
15.10 VALIDATIE T. VAN DER HAVEN

Hieronder is het e-mail contact over de validatie van de ArchiCAD gegevens in de tabel, zie Bijlage 15.3, geplaatst. T. van der Haven is architect, bouwkundig tekenaar en mede-eigenaar van HVN2, Roan Bouwvergunningen en Bouwtekening Expert (*Over Ons — HVN2*, z.d.). Hij werkt met projecten van verschillende groottes, van aanbouwtjes tot het kantoor van een groot vliegveld in het buitenland. Men werkt van de schetsfase tot Technisch Ontwerp. Hiermee beschikt deze extern over genoeg expertise om over de tabel een oordeel over te vormen.



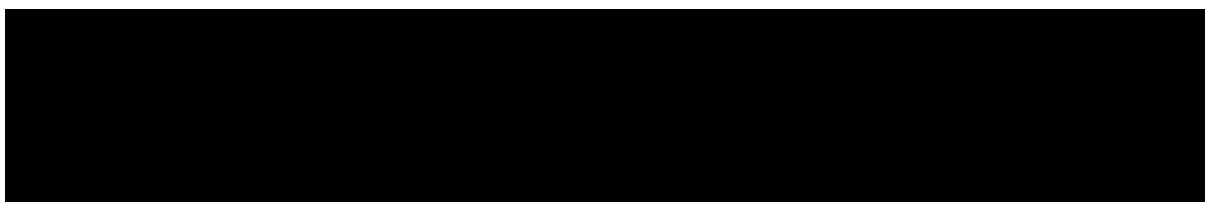
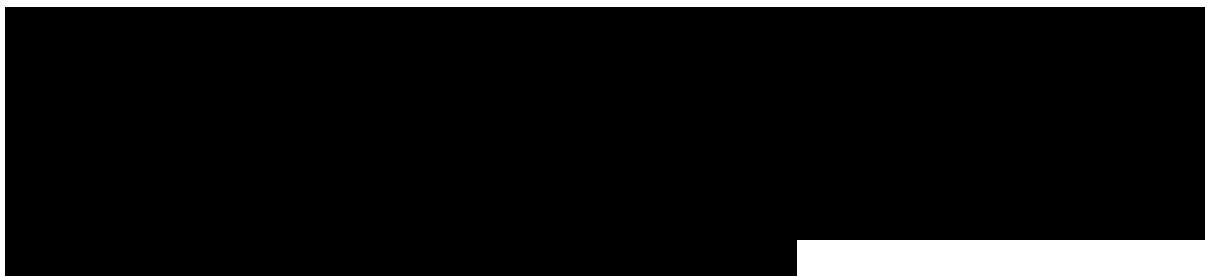


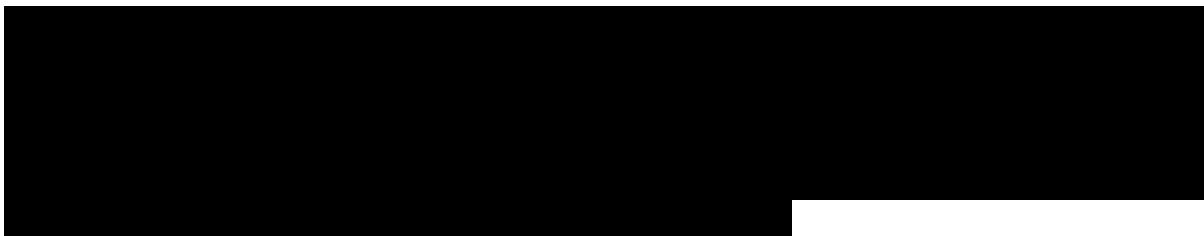




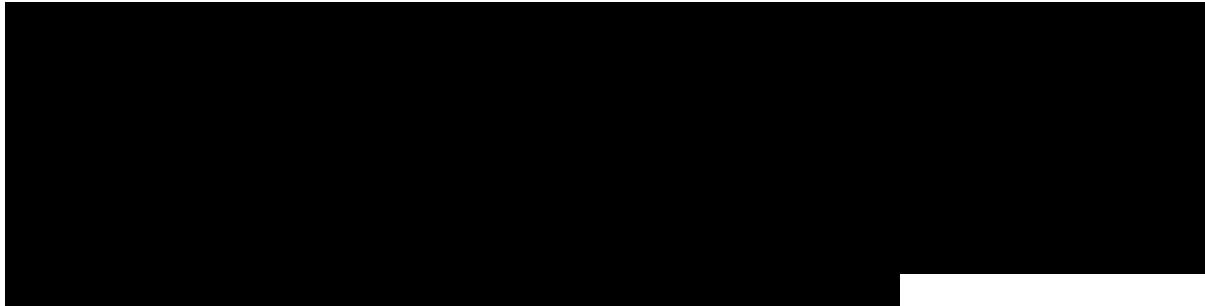
15.11 VALIDATIE M.D. VROEGINDEWEIJ

Hieronder is de validatie van de Tabel van Bijlage 15.3 door M.D. Vroegindeweij, opgenomen en getranscribeerd op 22 mei 2024. Hier is enkel M. Vroegindeweij aan het woord, dus er zijn geen persoonsaanduidingen.



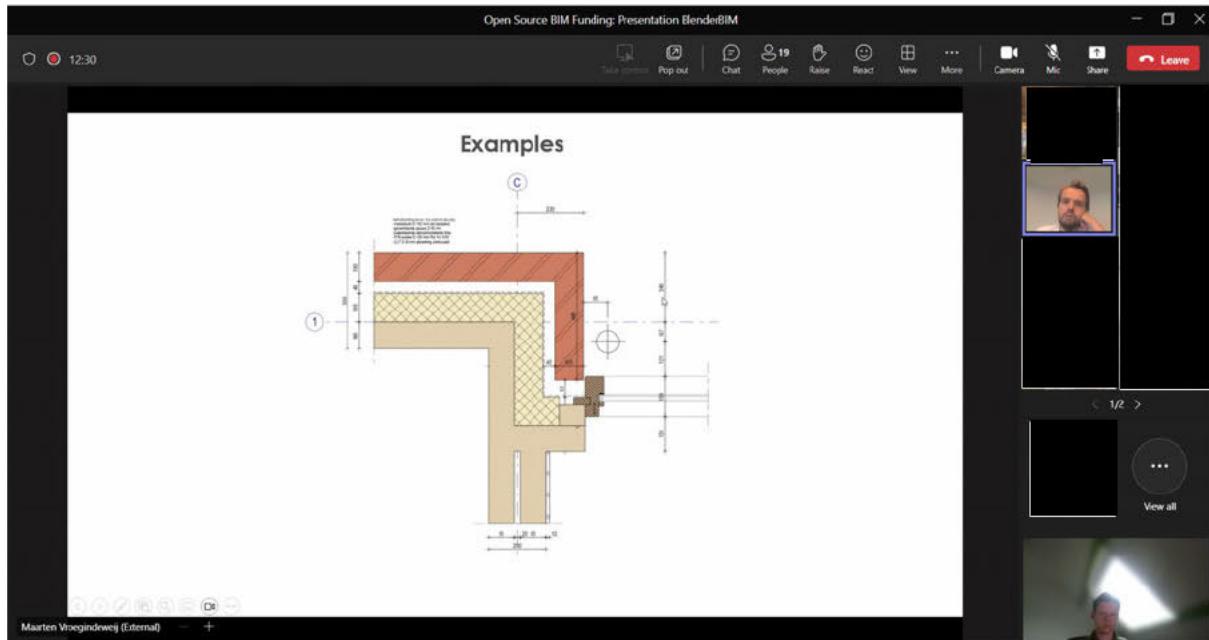






15.12 NAAMSBEKENDHEID BLENDERBIM

Tijdens de afstudeerperiode zijn verschillende internationale overleggen geweest. Een aantal daarvan heb ik bijgewoond, waarbij ook mijn tekeningen voorbij zijn gekomen. Onder de internationale deelnemers zijn ook vertegenwoordigers van grote architectenbureaus met sommige rond de 1000 medewerkers aanwezig geweest.



15.13 PLAN VAN AANPAK

19-02-2024



DE TOEKOMST VAN (BLENDER)BIM

Plan van Aanpak
Jesse Roodhorst | 1005169

M.D. Vroegindeweij
R. Jansen

3BM// LABS 

Inleiding

Aanleiding

Gedurende de afgelopen twee decennia wordt in de bouwsector gebruikgemaakt van 3D-BIM modelleerprogramma's zoals Autodesk Revit, ArchiCAD en Tekla. Dit zijn betaalde programma's die closed-source zijn en een gesloten dataformaat hanteren (Pouchnikov, 2021). Uitwisseling van data tussen deze programma's is mogelijk via onder andere IFC, hoewel de implementatie hiervan te wensen overlaat, zie hoofdstuk 4.2.1 (Autodesk, z.d.-a). Bovendien zijn de kosten van deze programma's aanzienlijk gestegen, met een toename van 240% of meer in de periode van 2013-2024 volgens M.D. Vroegindeweij, zie Bijlage 15.1. Tegelijkertijd is er een ontwikkeling gaande richting open-source software. Een voorbeeld hiervan is IfcOpenShell, dat zowel in FreeCAD als BlenderBIM wordt gebruikt en de basis vormt voor een alternatief voor programma's als Autodesk Revit. Ingenieursbureau 3BM gebruikt als hoofdsoftware al jarenlang Autodesk Revit, maar is ook ontvreden over een aantal punten. Daarnaast heeft het bedrijf de intentie in de komende jaren volledig over te stappen op open-source software.

Om deze redenen zijn verschillende alternatieven geëvalueerd, zoals bijvoorbeeld FreeCAD, maar inmiddels ligt de focus op BlenderBIM: een open-source add-on voor het open-source 3D programma Blender (*BlenderBIM Add-on - Wiki.OSArch*, z.d.). De vraag die naar dit onderzoek geleid heeft is als volgt: "In welke mate is BlenderBIM in 2024 een bruikbaar en interessant alternatief voor bouwkundige modellieurs in de verschillende fasen van het bouwproces binnen Ingenieursbureau 3BM?"

Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om een antwoord te formuleren op de bovenstaande onderzoeksraag, onder andere door middel van een beroepsproduct te creëren waaruit blijkt of een middelklein project volledig in BlenderBIM uitwerken mogelijk is. Dit beroepsproduct dient als een proof-of-concept ter onderbouwing van de conclusies en het onderzoek zelf. Door een gedeeltelijke reconstructie van een voorbeeldproject, eerder door Ingenieursbureau 3BM in Revit uitgewerkt, wordt aangetoond dat hetzelfde project ook in BlenderBIM kan worden uitgevoerd, zij het met wat handmatig werk. Onderzoek en beroepsproduct zijn dus nauw met elkaar verweven om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. Daarnaast is het doel om de gemaakte elementen binnen BlenderBIM te verzamelen en te structureren, zodat dit gebruikt kan worden in een volgend project. De beroepsproducten zullen daarom binnen dit onderzoek zelf worden besproken om de bevindingen te onderbouwen.

Afkadering

Het onderzoek is als volgt ingekaderd:

- BlenderBIM wordt als het enige alternatief ten opzichte van modelleringsprogramma's zoals Revit of ArchiCAD onderzocht, aangezien het bedrijf zelf al de keuze hiervoor heeft gemaakt om dit programma te laten onderzoeken.
- Een deel van een eerder uitgewerkt project van Ingenieursbureau 3BM wordt gereproduceerd in BlenderBIM.
- Dit na te maken gedeelte omvat de volgende onderdelen: plattegrond, doorsnede, aanzicht, detail, vloeren, wanden, kolommen, trappen, ruimtes, deuren, ramen, 2D annotaties, materialisatie en een parametrisch component.

Inhoud

Inleiding.....	1
Aanleiding	1
Doelstelling	1
Afkadering.....	1
Probleem.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Aanleiding	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Probleemstelling	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Doelstelling	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
Hoofdvraag en deelvragen.....	3
Onderzoeks methode & bronnen	3
Beroepsproduct.....	4
Tijdsplanning	4
Literatuurlijst.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Hoofdvraag en deelvragen

De eerder benoemde situatie heeft geleid tot de volgende hoofdvraag en de daarbijhorende

deelvragen (licht gewijzigd ten opzichte van het afstudeerplan):

"In welke mate is BlenderBIM in 2024 een bruikbaar en interessant alternatief voor bouwkundige modelleurs in de verschillende fasen van het bouwproces binnen Ingenieursbureau 3BM?"

1. Wat is het probleemveld en de achtergrond daarvan?
2. Hoe en in hoeverre verhoudt BlenderBIM zich tot de functionaliteiten van marktleiders Revit en Archicad?
3. Hoe wordt in BlenderBIM een model opgezet en op welke wijze verschilt deze werkwijze van Revit?
4. In hoeverre kan het BlenderBIM-model voldoen aan de NEN 47 richtlijnen met betrekking tot het genereren van tekeningen?
5. Op welke wijze is BlenderBIM voor bouwkundige modelleurs uit de verschillende fasen van het bouwproces geschikt?
6. In hoeverre is BlenderBIM toekomstbestendig?

Onderzoeks methode

- Deelvraag 1: In kaart brengen van de zorgen en wensen die in de Nordic Letter geuit zijn en kijken naar de achtergrond daarvan en van IFC, Blender en BlenderBIM.
- Deelvraag 2: Belangrijke functies inventariseren en vergelijken op basis van mogelijkheid en kwaliteit.
- Deelvraag 3: Bij het maken van een vergelijkingsmodel met het voorbeeldproject wordt gekeken naar de uitdagingen die optreden, wat al mogelijk is, wat nog niet werkt en wat er nodig is om een replica te kunnen maken.
- Deelvraag 4: Tekeningen genereren en vergelijken met voorbeeldmodel. Wanneer deze overeenkomen zijn tekeningen volgens NEN 47 ook mogelijk, aangezien de originele tekeningen deze normen ook (deels) gevuld hebben.
- Deelvraag 5: Bepalen wat de mate van interoperabiliteit, aanpasbaarheid, controleerbaarheid en inzichtelijkheid van een model is. Hierdoor kan men namelijk samenwerken in verschillende fasen.
- Deelvraag 6: Onderzoeken welke mogelijkheden er zijn om in de toekomst toe te voegen, onderzoeken welke mogelijkheden in de toekomst van BIM belangrijk zullen worden.
Toekomstverwachting beschrijven aan de hand van tijdlijn.



W.J Roodhorst (1005169)
19-02-2024

Beroepsproduct

Het beroepsproduct omvat het namaken van het voorbeeldproject in Blender, verrijkt met zorgvuldig samengestelde tekeningen uit het BlenderBIM-programma als proof-of-concept model. Het is ontworpen om een gestandaardiseerde en efficiënte werkomgeving te bieden aan modelleurs. Het eindmodel kan eventueel worden aangevuld met een bibliotheek of tutorial als er tijd over is.

Uiteindelijk heb ik zowel het model als een soort template/bibliotheek gemaakt, met daarnaast een presentatie voor BILT Europe die als tutorial kan functioneren.

Tijdsplanning

Hieronder de uitgebreidere planning, die gedurende het traject ook een aantal keer is bijgewerkt. Deze was helaas niet netjes te exporteren.

The image consists of two vertically stacked screenshots of a project management application's timeline view. Both screenshots show a dark-themed interface with a horizontal timeline at the top and a detailed task list below. A vertical red line marks the current date, which is June 10th in both cases.

PvA Planning (Top Screenshot):

- Timeline shows months from February 2024 to July.
- Tasks listed under 'Onderzoek' and 'Beleerder tutorial IFC Architect' category:

 - School atelier 1
 - Python tutorial
 - PvA maken
 - BlenderBIM webinar #Architect
 - Deelvraag 1
 - BlenderBIM webinar parametric
 - Contact #Architect
 - BlenderBIM
 - Deelvraag 2
 - Revit webinar IFC Export
 - Werkblad APA
 - Vergadering BIMlunder
 - Contact C.C.J. Claus
 - Deelvraag 3
 - Revit IFC schema beginner
 - Parametrisch component
 - Validatie intern
 - School atelier 2
 - Webinar IFC schema beginner
 - Parametrisch component
 - Validatie intern
 - School atelier 3
 - Presentatie BILT maken
 - BILT Europe

BILT maken (Bottom Screenshot):

- Timeline shows months from May to July.
- Tasks listed under 'BILT maken' category:

 - BILT Europe
 - School atelier 4
 - Deelvraag 4
 - Deelvraag 5
 - Template maken
 - Validatie Revit Tabel
 - Validatie C.C.J. Claus
 - Validatie ArchiCAD Tabel
 - School atelier 5
 - Eindtekeningen exporteren
 - Concept versie
 - Validatie en feedback verwerken
 - Inleveren eind
 - School atelier 6
 - Besloten zitting
 - Voorbereiding presentatie
 - Eindpresentatie

15.14 PROCESVERSLAG TOTSTANDKOMING EINDPRODUCTEN

Gedurende mijn stageperiode, die begon op 5 februari 2024 en 18 weken duurde, heb ik me onder andere beziggehouden met het ontwikkelen van een proof-of-concept model in BlenderBIM en het ontwerpen van een bouwkundig IFC-template voor de Nederlandse markt. Hieronder beschrijf ik de voortgang, activiteiten, en resultaten van mijn werk, georganiseerd naar het proces van concept tot eindproduct.

CONCEPTVORMING EN PLANNING

In de eerste weken van mijn stage lag de nadruk op het begrijpen van de vereisten voor het proof-of-concept model en het IFC-template. Samen met mijn stagebegeleider heb ik de scope van het project vastgesteld en de doelen gedefinieerd. Daarnaast ben ik begonnen met het leren van BlenderBIM door middel van verschillende tutorials..

ONTWIKKELING VAN HET PROOF-OF-CONCEPT MODEL

Na de conceptvorming en het afronden van de tutorials, wat me totaal rond de 3 weken kostte, begon ik met de ontwikkeling van het proof-of-concept model. Dit omvatte het modelleren van het gebouwgedeelte en alles wat daarbij hoorde. Tijdens dit proces heb ik verschillende technische uitdagingen overwonnen en een aantal daarvan gepost op het OSArch forum.

ONDERZOEK

Parallel aan de ontwikkeling van het model werd het onderzoek uitgevoerd, waarbij de technische achtergrond grondig werd onderzocht. Dit verdiept inzicht in de modelleerprocessen hielp bij het oplossen van bepaalde problemen. Daarnaast werden verschillende vergaderingen over dit onderwerp en de financiering van BlenderBIM bijgewoond, waardoor de context na verloop van tijd duidelijker werd. Zonder werkervaring en de bijbehorende praktijkproblemen, stonden deze aspecten echter wat verder van mij af.

TECHNISCHE UITDAGINGEN EN OPLOSSINGEN

Gedurende het project ben ik verschillende technische uitdagingen tegengekomen. Ik heb deze uitdagingen aangepakt door verdiepend onderzoek te doen, hulpbronnen zoals het OSArch forum en video's te raadplegen en de benodigde aanpassingen in het ontwerp door te voeren. Dit hield in dat ik verschillende methodes experimenteel getest heb, waarbij telkens een oplossing gekozen is. Hiervoor heb ik veel verschillende manieren getest en bedacht, wat veel moeite kostte. De oorzaak van sommige problemen ligt namelijk niet altijd voor de hand.

TESTEN EN VALIDEREN

Tijdens de BILT Europe, waarvoor ik de presentatie in Bijlage 15.15 grotendeels heb voorbereid, heb ik het tutorialgedeelte gepresenteerd. Ik realiseerde mij dat, hoewel de getoonde producten nog lang niet af waren en er nog veel verbeterd kon worden, er zelfs onder de top weinig bekendheid met het programma was. Deze ervaring was zeer waardevol, omdat het mij de zekerheid gaf dat ik op de goede weg was. Door de onbekendheid verliep de overdracht van informatie echter niet bij iedereen even soepel. Dit inzicht leidde tot de verdere ontwikkeling van een aanpak om de informatie beter over te brengen, wat uiteindelijk resulteerde in het idee voor een Nederlandse template of bibliotheek.

HOOGTEPUNTEN

Het model heeft op verschillende punten aanzienlijke vooruitgang geboekt. Het ontdekken hoe materialen aan elementen konden worden toegewezen en welke eigenschap daarvoor moest worden aangepast, zorgde voor significante vooruitgang. Het creëren van eigen symbolen was cruciaal voor het begrijpen van hoe tekeningen precies worden gegenereerd, wat zeer waardevol bleek voor de eindtekeningen. Tijdens het modelleren van de trap leerde ik hoe ik complexe elementen kon maken

in Blender, wat vervolgens van invloed was op de manier waarop de kozijnen zijn gemaakt, aangezien het proces vergelijkbaar is. Het toewijzen van kleuren aan IfcMaterials via de gebruikelijke Blender-manier maakte het model overzichtelijker, hoewel het nog steeds voor verbetering vatbaar is. Ten slotte was het ontwikkelen en ontdekken van de beste manier om een parametrisch element te maken een grote doorbraak. Hiermee kunnen alle gewenste objecten worden gecreëerd. Ondanks dat het veel tijd en moeite kostte om tot deze oplossing te komen, bleek de uiteindelijke oplossing achteraf relatief eenvoudig. Ten slotte bleek de overstap van Blender 3.6.8 naar Blender 4.1 een van de meest significante verbeteringen. Deze upgrade loste veel van de navigatieproblemen op die zich tijdens het modelleren constant voordeden

DOCUMENTATIE EN RAPPORTAGE

Gedurende de stageperiode heb ik nauwgezet documentatie bijgehouden van mijn werkzaamheden, inclusief problemen, oplossingen, en de rationale achter designkeuzes. Deze documentatie vormt de basis voor dit procesverslag.

EVALUATIE EN REFLECTIE

Hoewel het proces soms moeizaam aanvoelde door de bugs, problemen en het gebrek aan documentatie, ben ik van mening dat het eindproduct uiteindelijk goed is geslaagd. Eerder was het plan om alleen een eindmodel met tekeningen te maken, maar de toevoeging van de bibliotheek bleek een zeer waardevolle aanvulling. Hierdoor kan het werk beter worden gepresenteerd en wordt de overgang naar het gebruik van BlenderBIM vergemakkelijkt.

CONCLUSIE

Mijn stage bij Ingenieursbureau 3BM was een waardevolle ervaring waarbij ik niet alleen mijn technische vaardigheden in BlenderBIM en Blender heb kunnen ontwikkelen, maar ook heb geleerd over de praktische toepassing van bouwkundige modellen in de Nederlandse markt. Door te werken aan het proof-of-concept model en het bouwkundig IFC-template, heb ik waardevolle ervaring opgedaan die me zal helpen in mijn verdere carrière in de bouw- en IT-sector.

15.15 PRESENTATIE BILT EUROPE

Hieronder is de presentatie geplaatst die ikzelf ook deels gehouden heb op BILT Europe 2024, met het thema BlenderBIM. Dit is een grote conferentie waar de tech top in dit vakgebied samenkomt om kennis op te doen en te delen. Ik heb de presentatie grotendeels gemaakt, waaronder heel het praktische gedeelte met de ‘tutorial’. Dit had de bedoeling om de deelnemers wegwijs te maken met BlenderBIM, om zo uiteindelijk bekendheid en support te vergaren. Hierin komen veel onderdelen terug die ook zeer relevant zijn voor dit onderzoek, vooral voor hoofdstuk 7 Modelleren. Ik zie deze tutorial dan ook als een hulpmiddel bij de beroepsproducten. Per pagina zijn telkens twee slides weergegeven.

3.1 BlenderBIM



Maarten Vroegindeweij

3BM Engineering

RADISSON BLU
LATVIA
07 – 09 May 2024

Agenda

1. Welcome and introduction(5 min)
2. About Blender
3. About BlenderBIM
4. Ifc Viewing & Editing
5. Example projects made using BlenderBIM
6. Start of the lab
7. Ifc, IfcOpenShell and Python
8. Future of Blender & BlenderBIM
9. Questions

RADISSON BLU
LATVIA
07 – 09 May 2024



Requirements for the lab

<https://blenderbim.org/docs/users/installation.html>

- **Download Blender 4.1**
<https://www.blender.org/download/releases/4-1/>
- **Download BlenderBIM v 0.0.240402**
<https://blenderbim.org/download.html>
- Dataset:
<https://github.com/DutchSailor/BILTEUR2024/archive/refs/heads/main.zip>



About the speaker



Ingenieursbureau 3BM
Co-founder, Structural Engineer, Programmer



Domera
Founder



Struct4U
Shareholder, PR



DORDRECHT ACADEMY

BBE: Maths, Mechanics

Maarten Vroegindeweij

<https://www.linkedin.com/in/maarten-vroegindeweij-652ab418a/>



About the co-speaker



Ingenieursbureau 3BM
Graduation intern



RoAn Bouwvergunningen
Architectural Draughtsman/Modeller

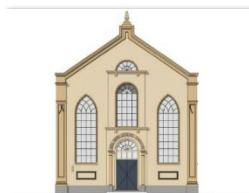


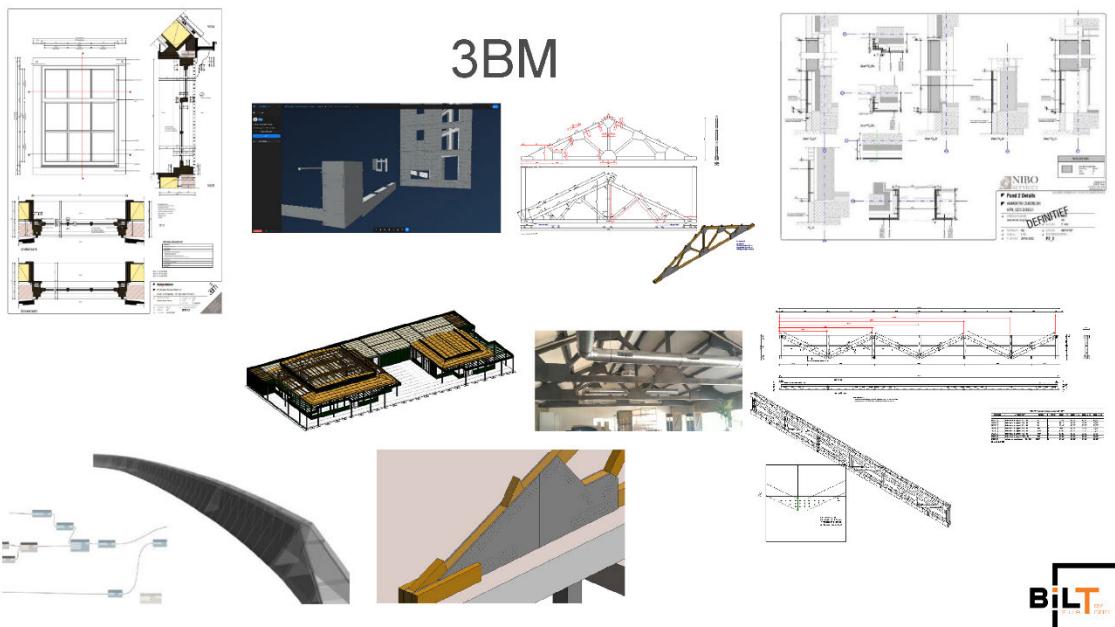
Jesse Roodhorst

<https://www.linkedin.com/in/jesseroodhorst/>



3BM Consulting Engineers





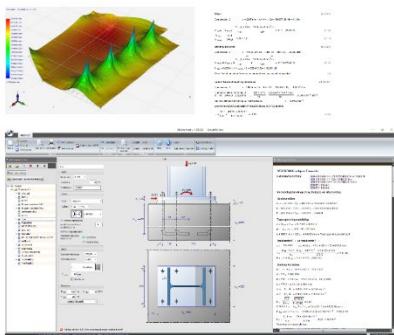
Domera



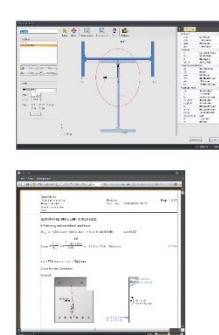
Struct4U



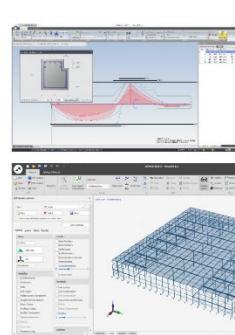
FEM software for 3D frames
and plates



Powerful software for 2D
frames



Beam calculation in steel,
concrete and timber



Modern calculation toolbox
for the engineer



3BM Labs



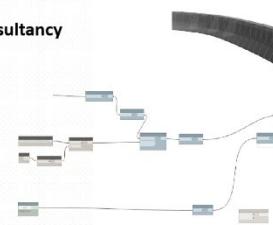
3D Web



2D/3D GIS&BIM data Consultancy



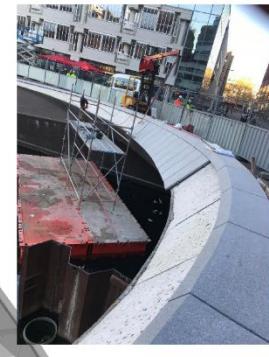
Computational Design



Software Development



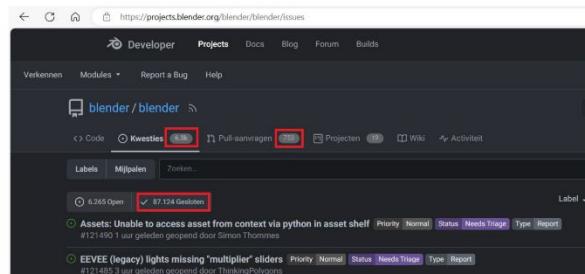
Digital Fabrication



Blender: Open Source

Open Source since 2002:
Founded by Ton Roosendaal:
Cross-platform
30 years old this year

<https://github.com/blender/blender>
<https://twitter.com/tonroosendaal>



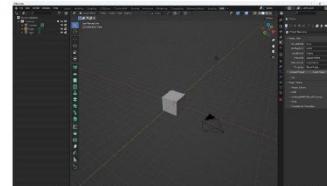
The screenshot shows the GitHub repository for Blender. It displays a list of issues with two specific ones highlighted with red boxes: "Assets: Unable to access asset from context via python in asset shelf" and "EEVEE (legacy) lights missing "multiplier" sliders". The interface includes tabs for Code, Kwesties (Issues), Pull-requests, Projects, Wiki, and Activity.



Blender

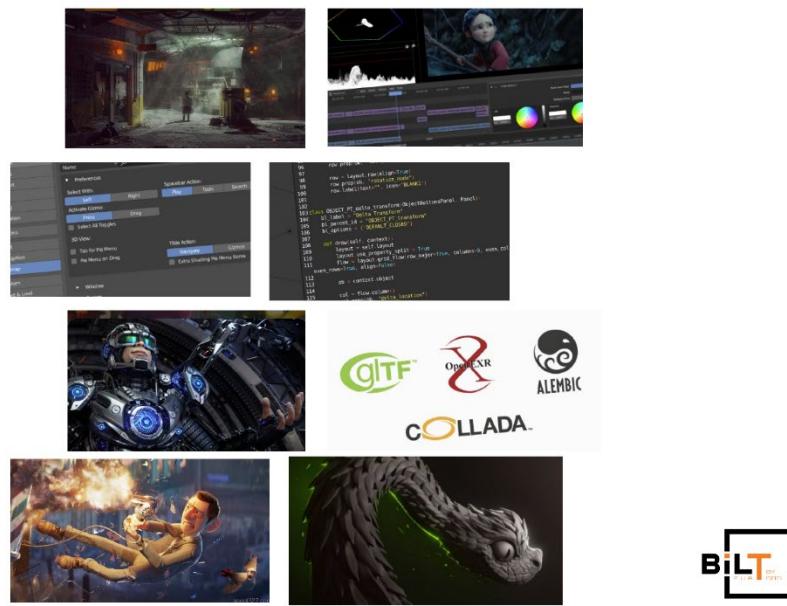


Julian Eisel	Blender Developer
Marike Kiverlaan	Frontend Developer
Pablo Vazquez	Design and Compositor
Sergey Sharybin	Principal Engineer
Ton Roosendaal	CEO
Julien Kasper	3D Artist - Blender Studio
Nathan Veglahn	Artist - Blender Studio
Rik Schutte	Lead Animator - Blender Studio
Simon Thiemens	3D Artist - Blender Studio
Vivien Lalkowski	Concept Artist - Blender Studio
Lukas Tönne	Blender Developer
Pablo Fournier	Blender Developer
Sébastien Parberg	Blender Developer
Sylvain Brûlé	Blender Developer
Weichen Huang	Blender Developer



Blender

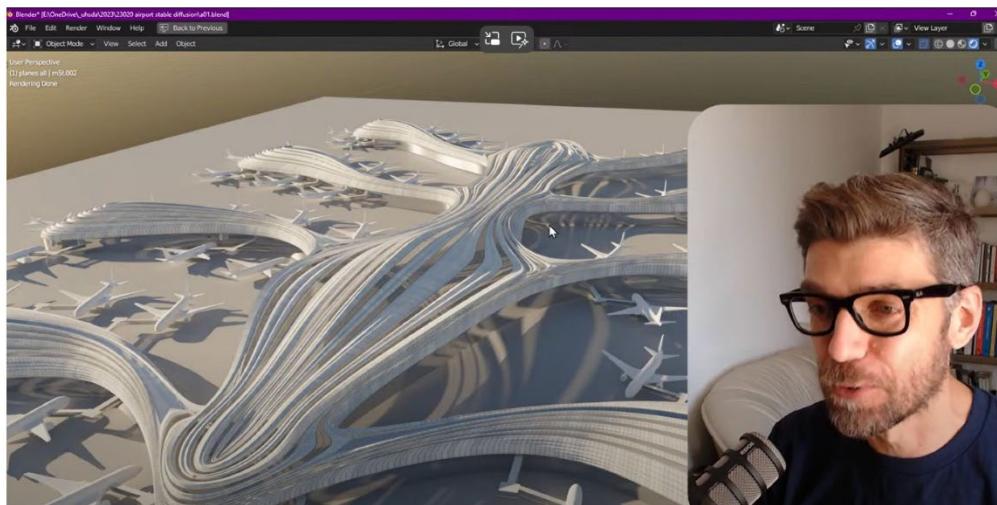
- Rendering
- Modelling
- Sculpting
- Animation & Rigging
- Story Artist
- VFX
- Simulation
- Pipeline
- Video Editing
- Scripting: Python API
- Interface fully customizable



Blender for Architecture



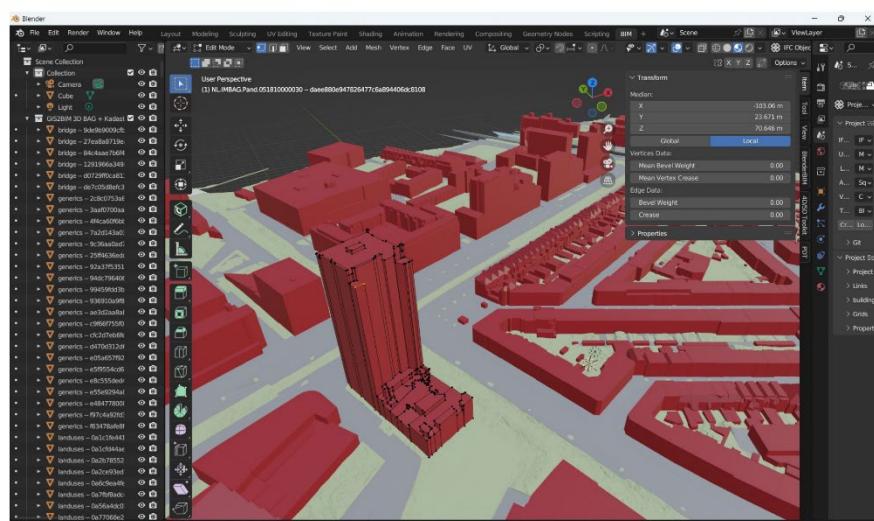
Blender for Architecture



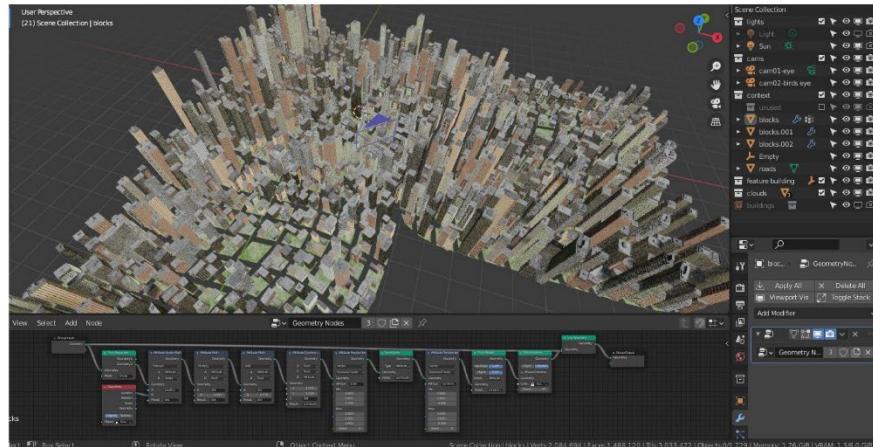
Dimitar Pouchnikov



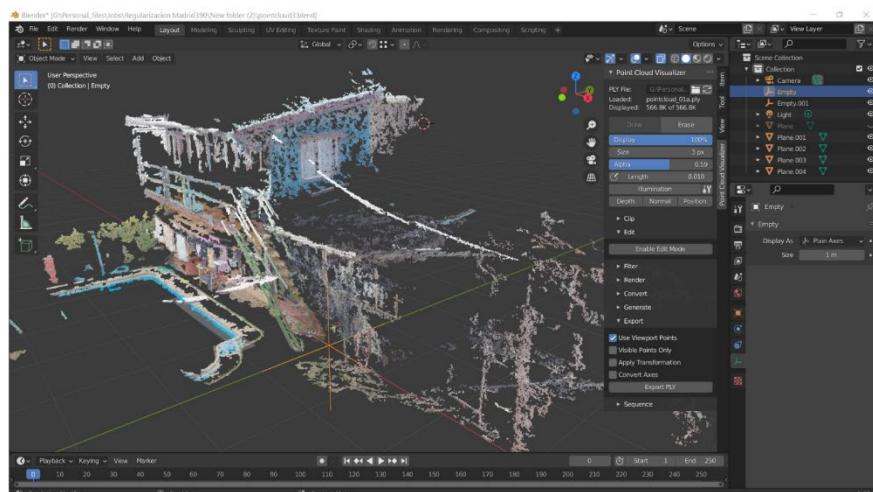
Demo blender mesh-editing



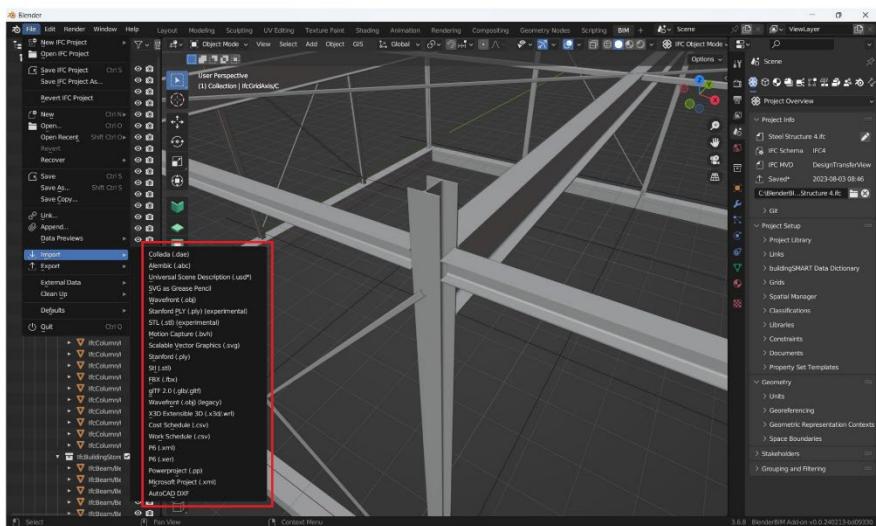
Blender Geometry Nodes



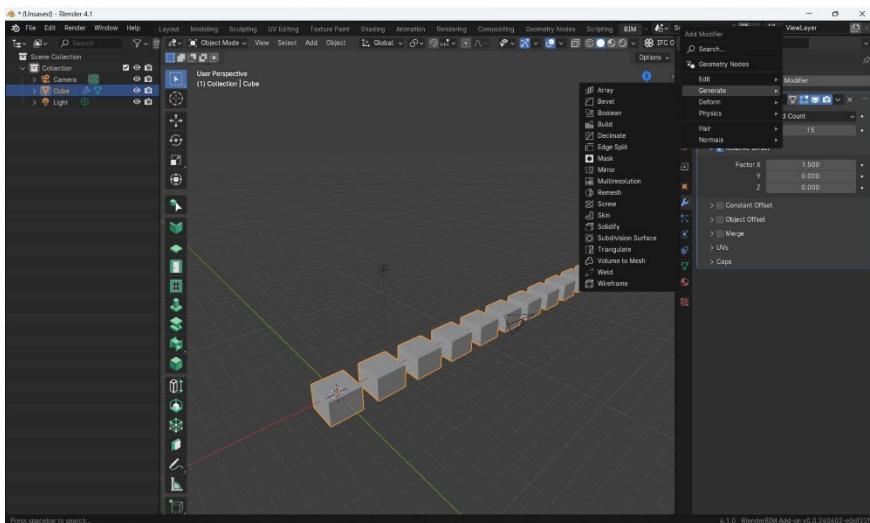
Point Cloud



Import/Export



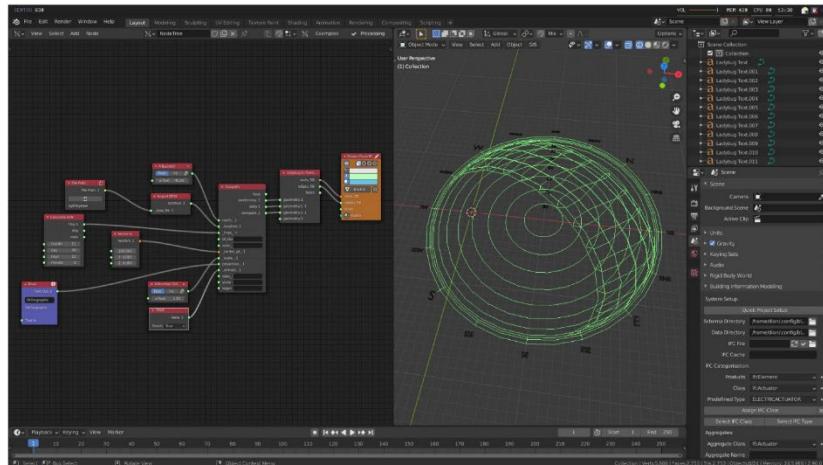
Modifiers



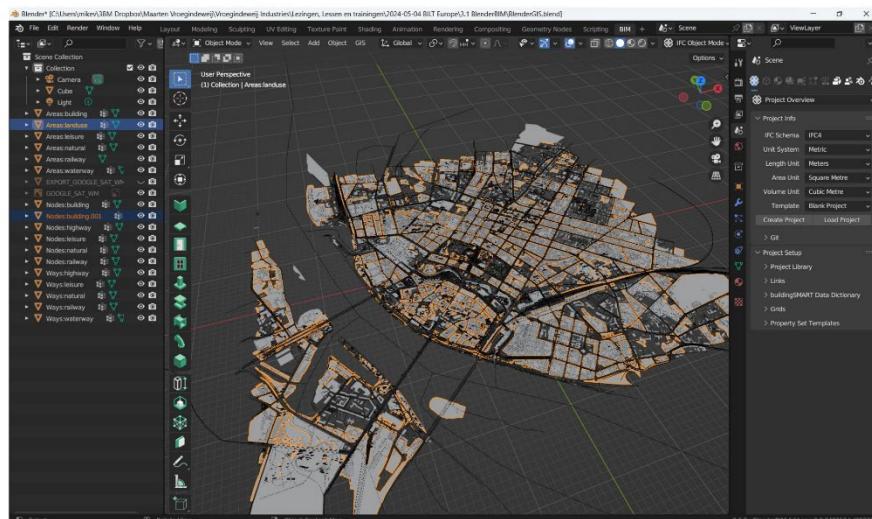
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=idcFMhoSdIc>



Sverchok



BlenderGIS



BlenderBIM



IfcOpenShell/BlenderBIM: key figures



Thomas Krijnen(aothms)
<https://github.com/aothms>



Dion Moult
<https://github.com/Moult>



Andrej
<https://github.com/Andrej730>



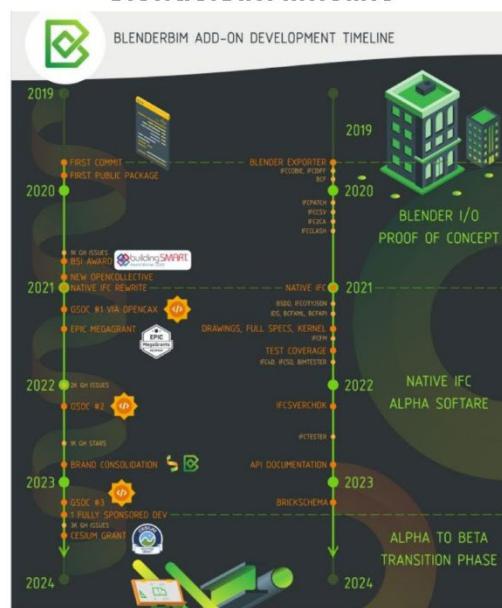
Lloyd Bussio
IFC Architect
<https://www.youtube.com/@IfcArchitect>



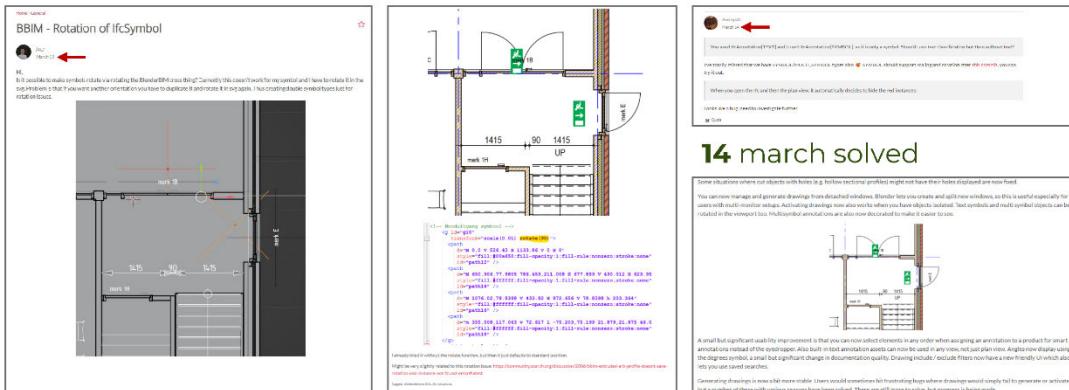
BlenderBIM



BlenderBIM timeline



BlenderBIM Example of bug-fixing and development speed



13 March

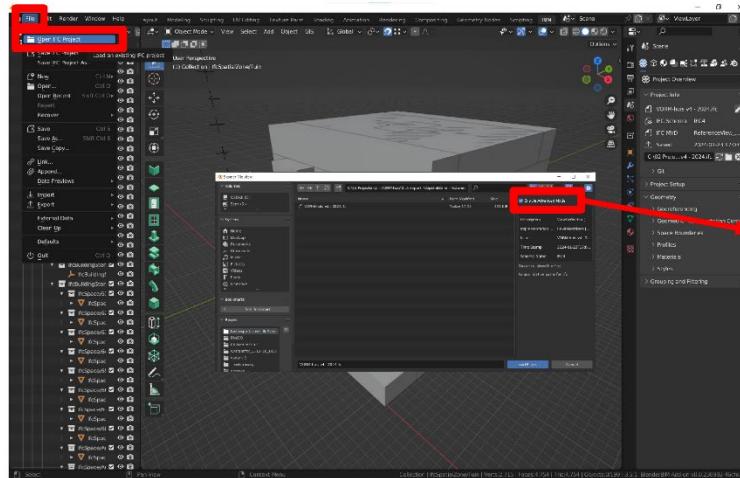
2 april in releasenotes



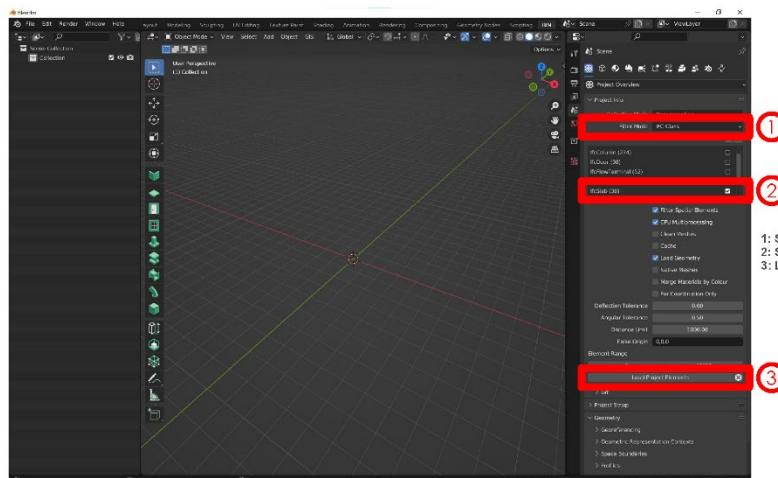
Open IFC(Slides from Paul Strokap of VORM(NL)



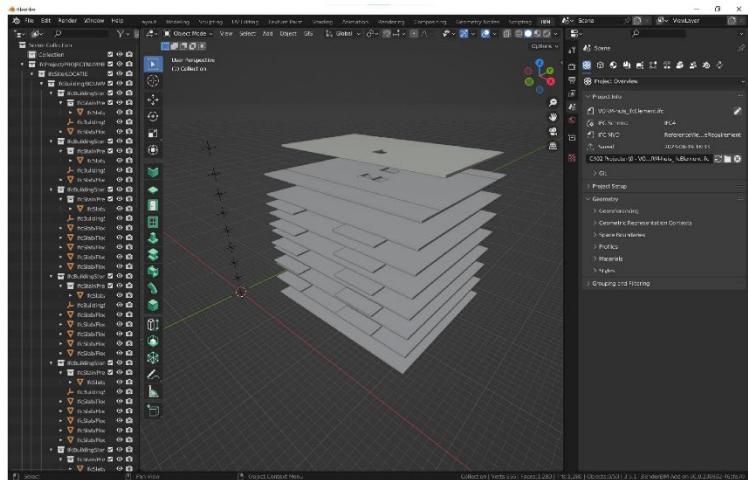
Open IFC partially



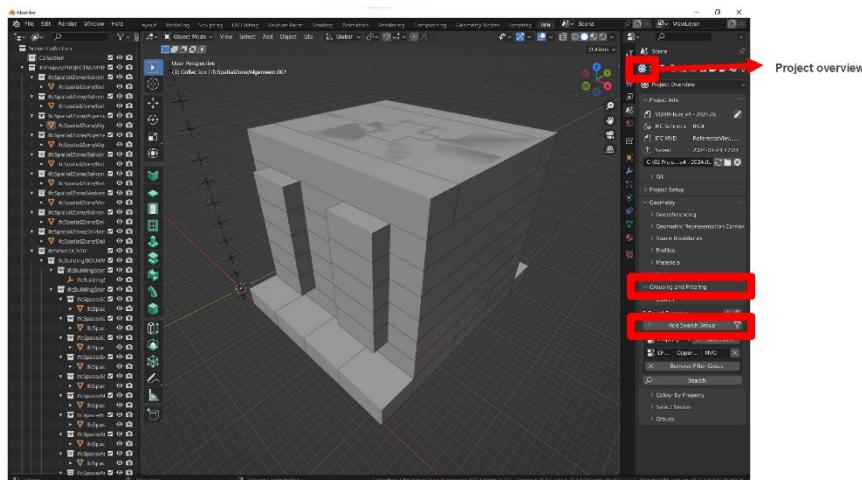
Open IFC partially



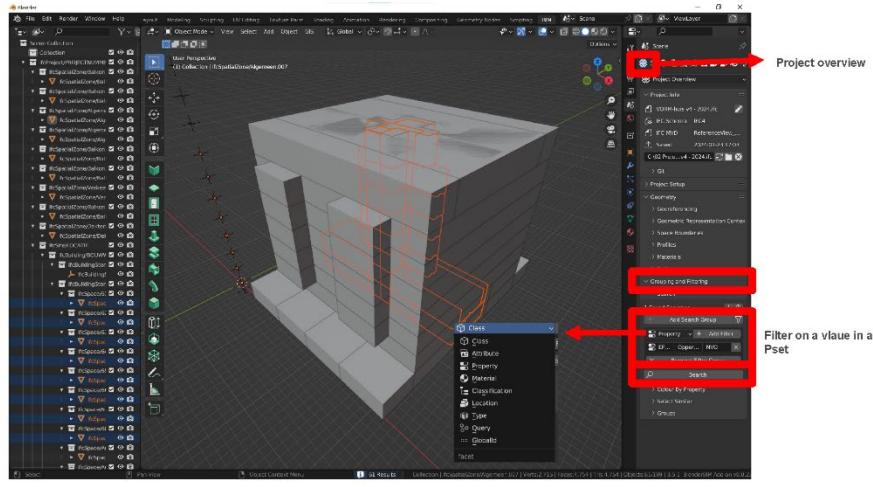
Open IFC partially



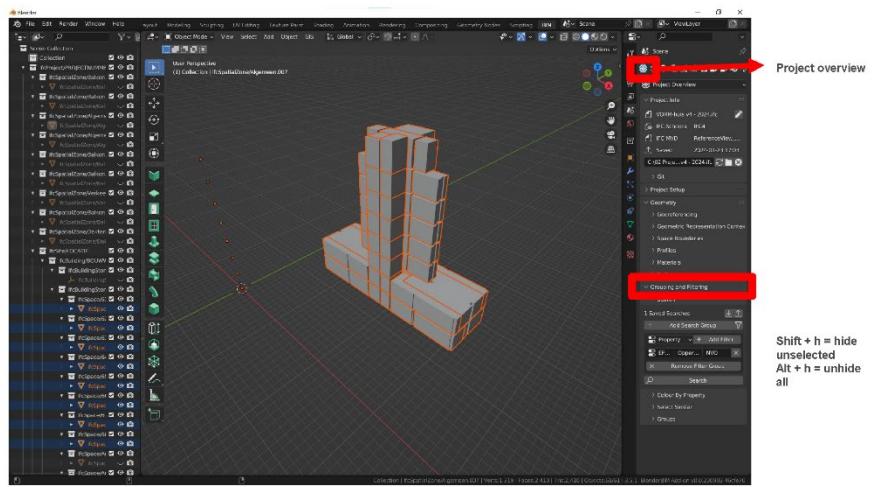
Grouping and filtering



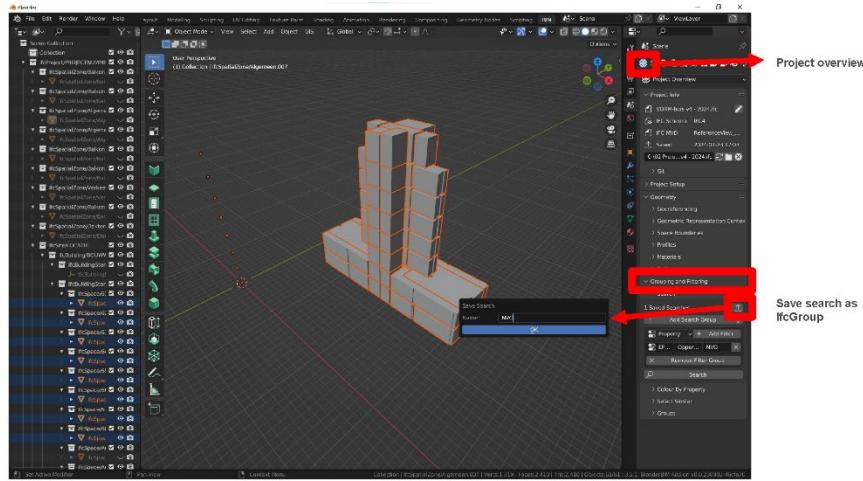
Grouping and filtering



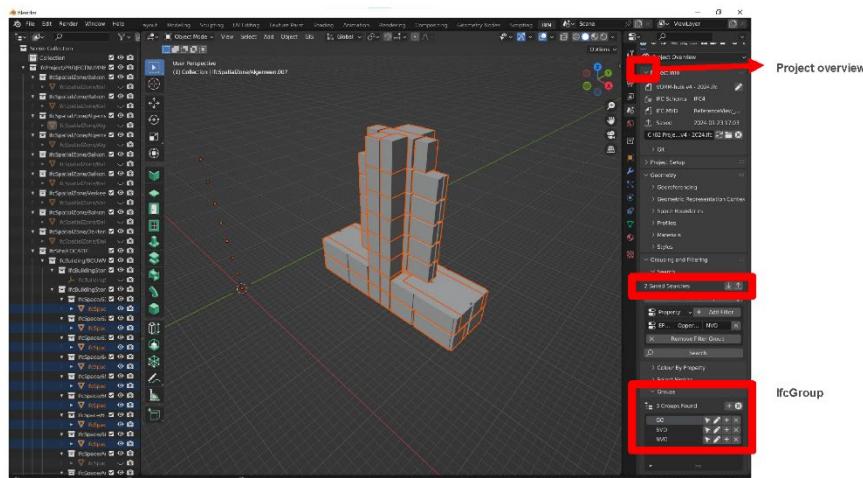
Grouping and filtering



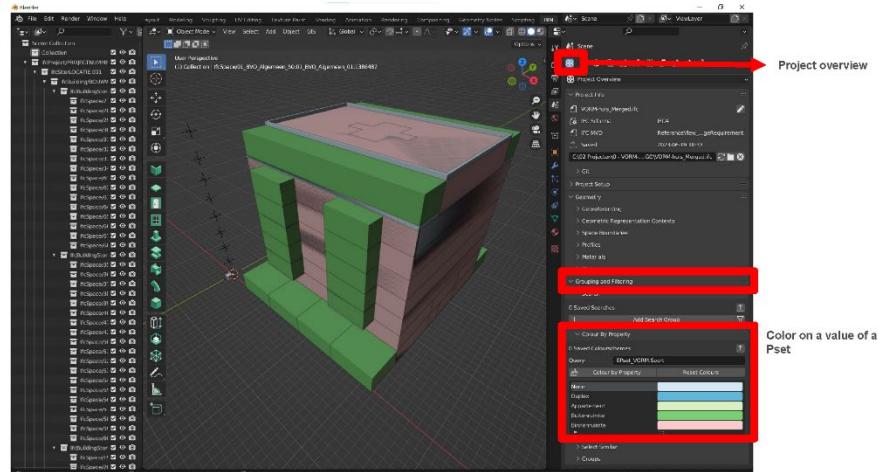
Grouping and filtering



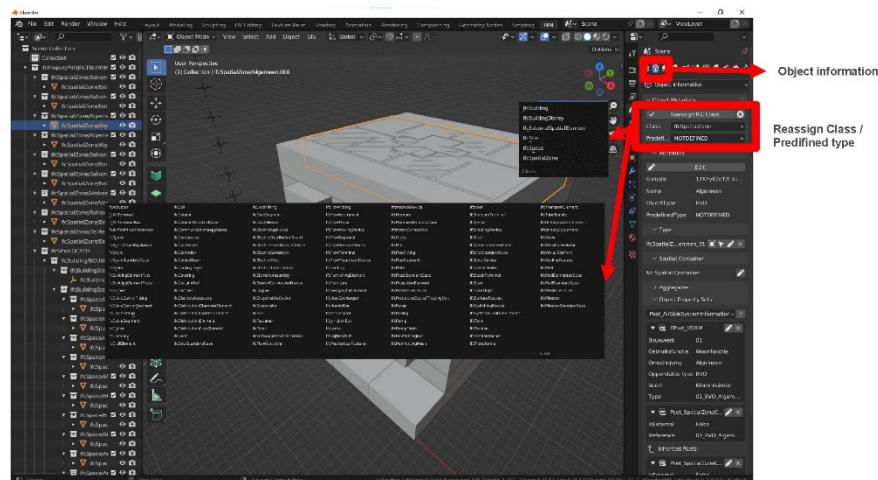
Grouping and filtering



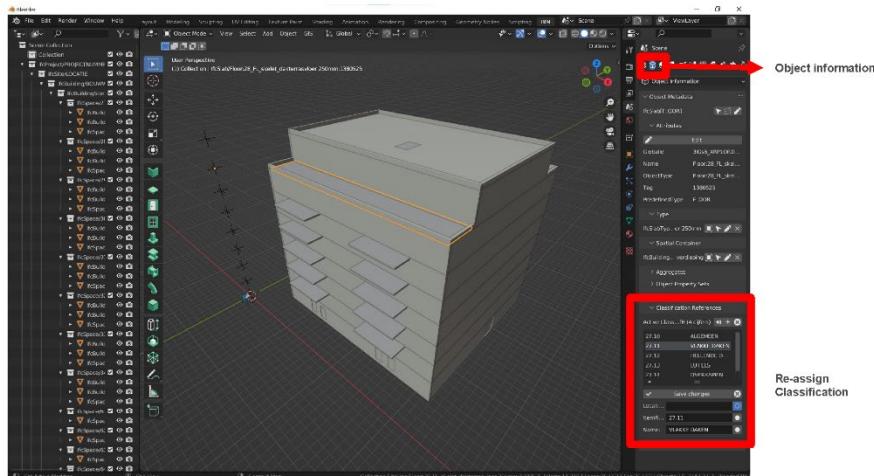
Grouping and filtering



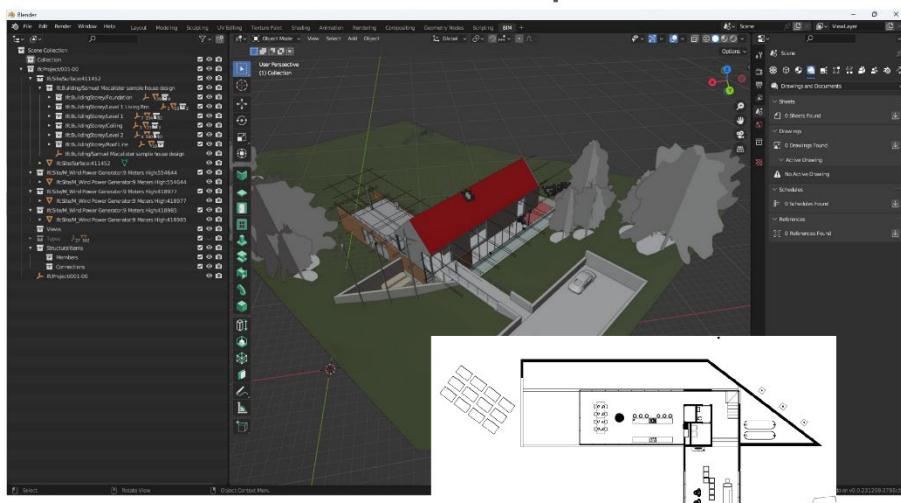
IFC Classes



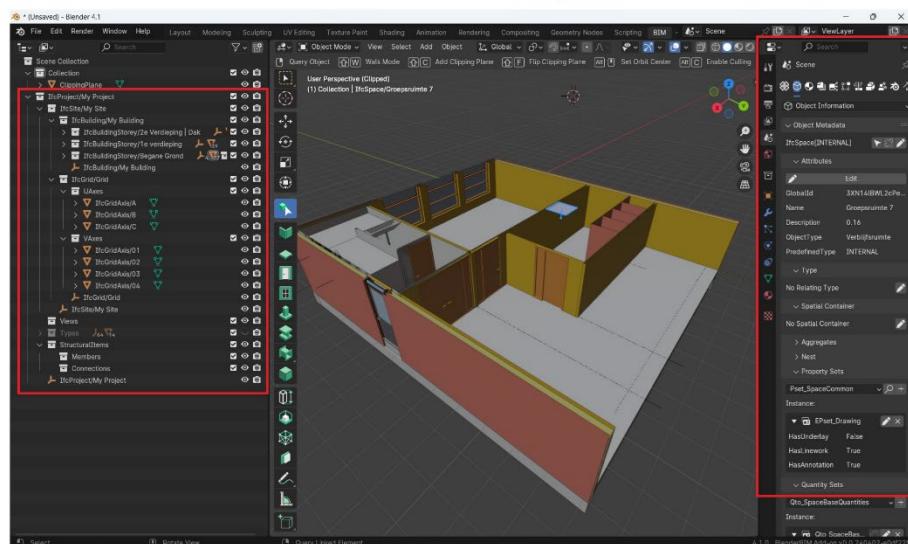
Classification



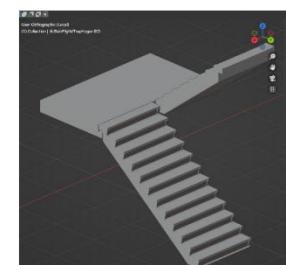
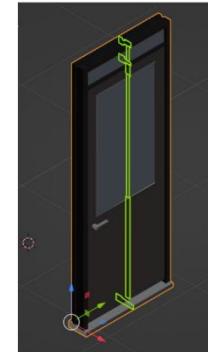
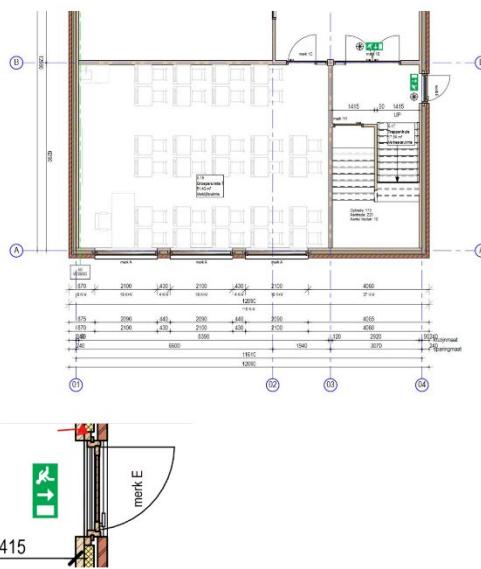
BlenderBIM examples



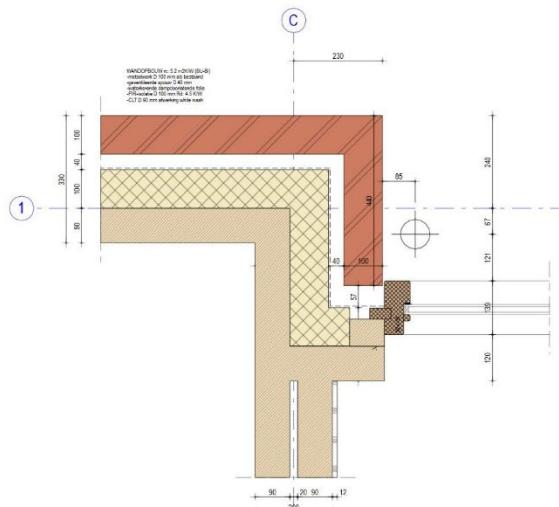
BlenderBIM examples



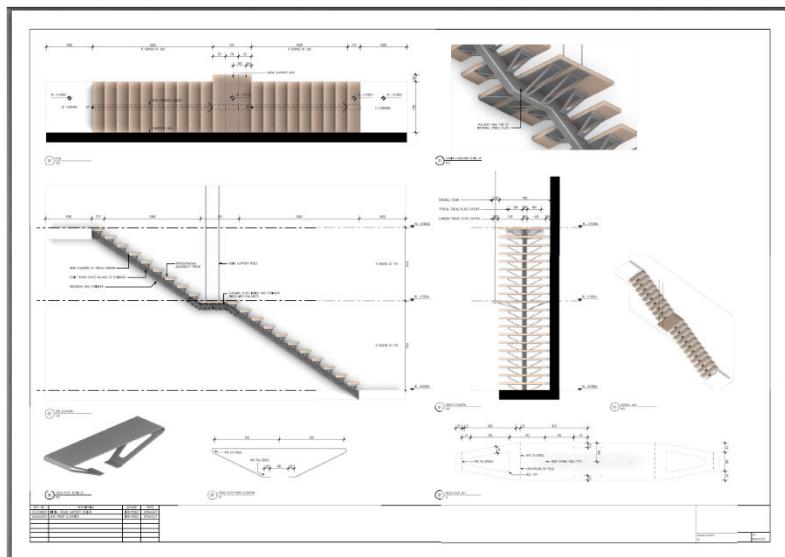
BlenderBIM examples



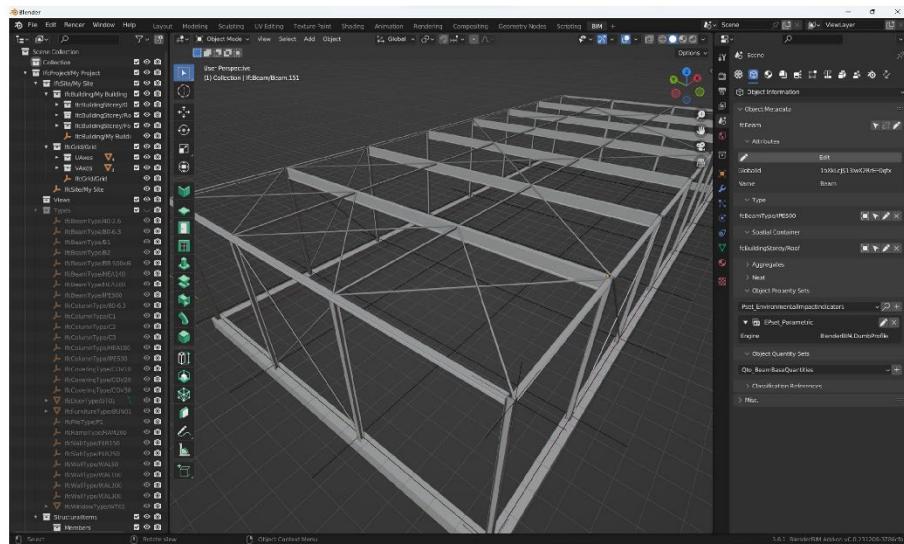
Examples



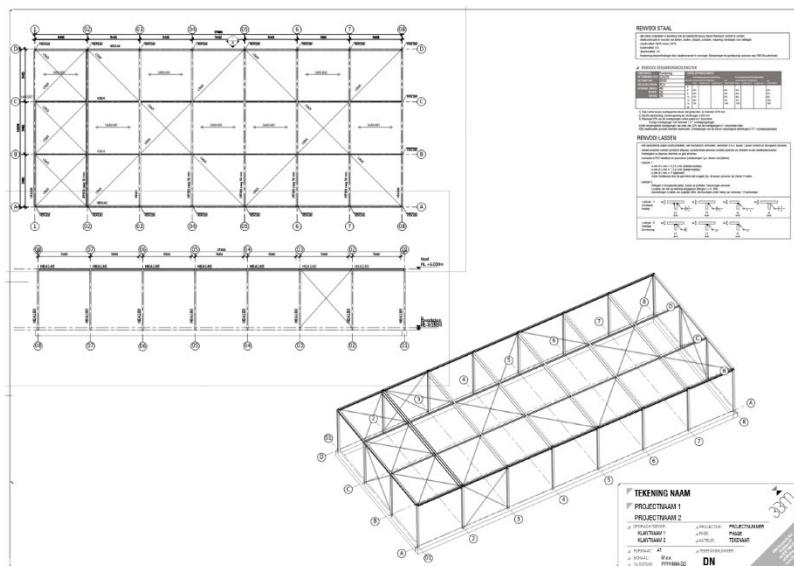
BlenderBIM examples



BlenderBIM examples



BlenderBIM examples



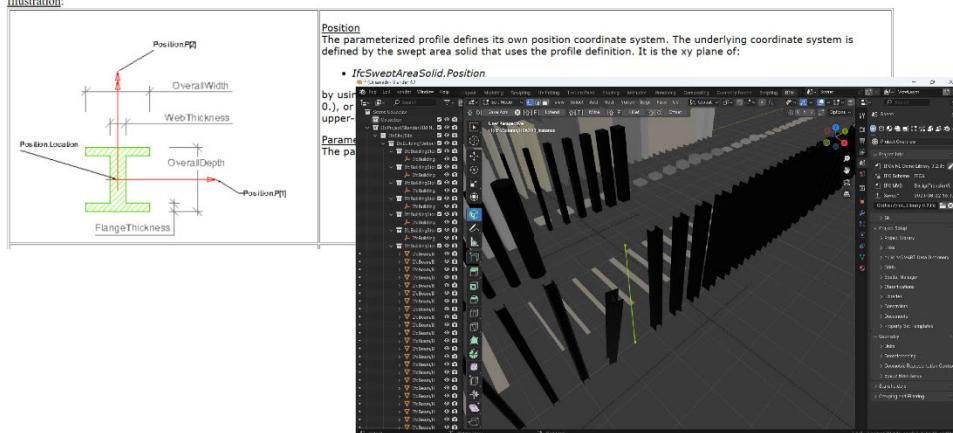
BlenderBIM examples

IfcIShapeProfileDef

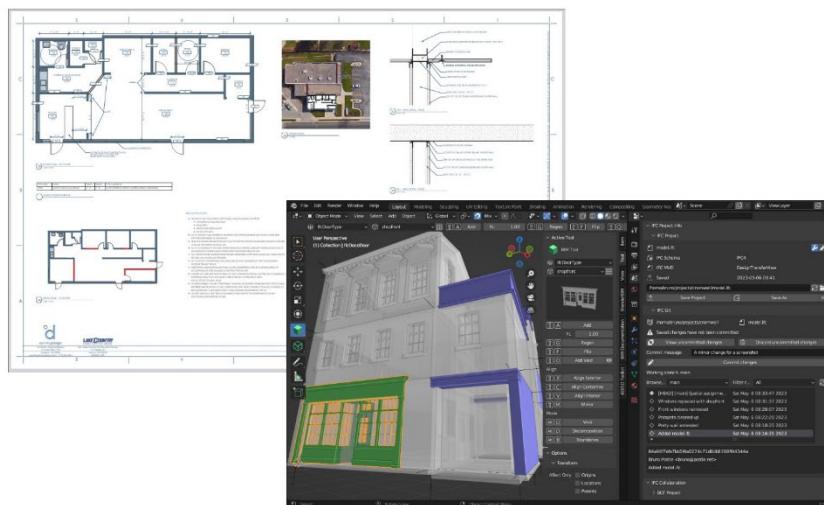
Definition from buildingSMART: The *IfcIShapeProfileDef* defines a section profile that provides the defining parameters of a symmetrical I' section to be used by the swept surface geometry or the swept area solid. The I'-shape profile has values for its overall depth, width and its web and flange thickness. Additionally a fillet radius may be given. It represents a I-section that is symmetrical about its major and minor axes; and that has both top and bottom flanges being equal and centred on the web.

HISTORY: New entity in IFC Release 2x.

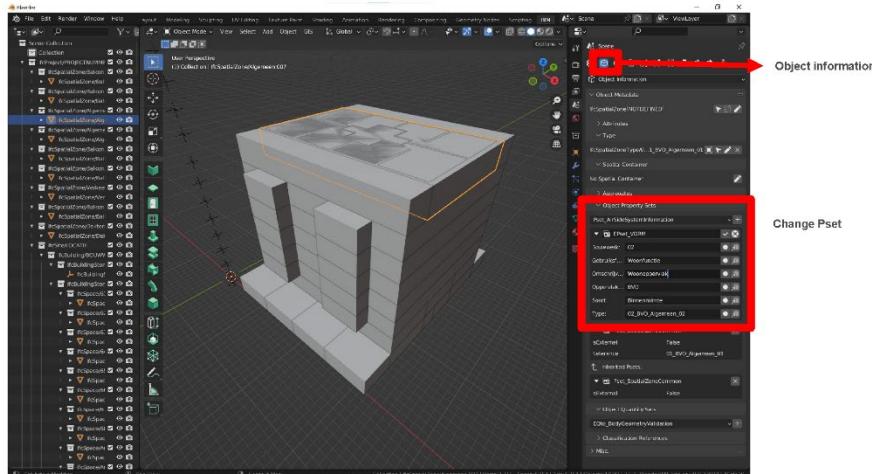
Illustration:



BlenderBIM examples



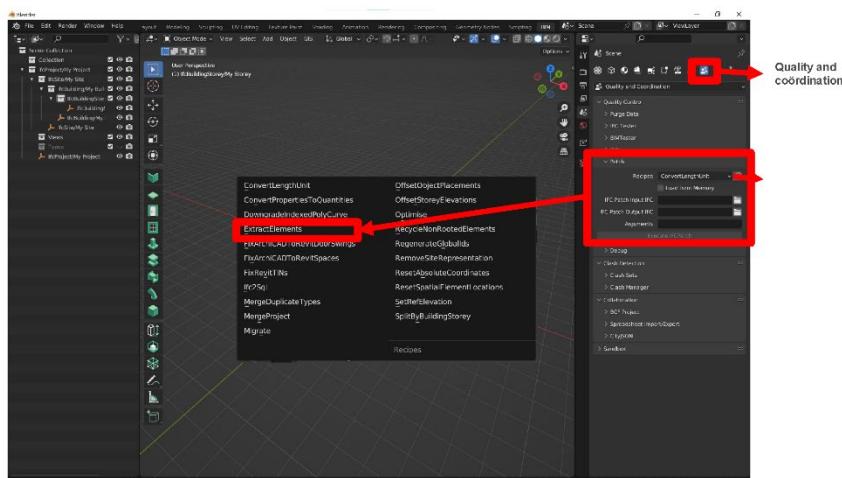
BlenderBIM Property Set in Ifc



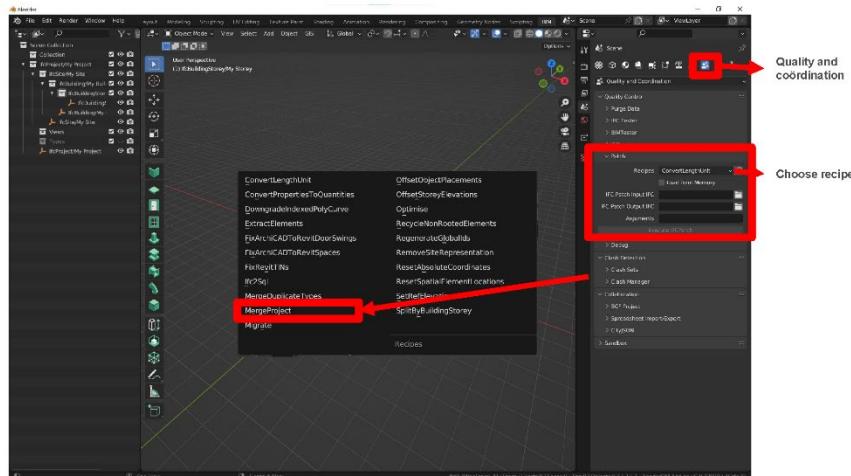
Thanks to Paul Stokap, VORM



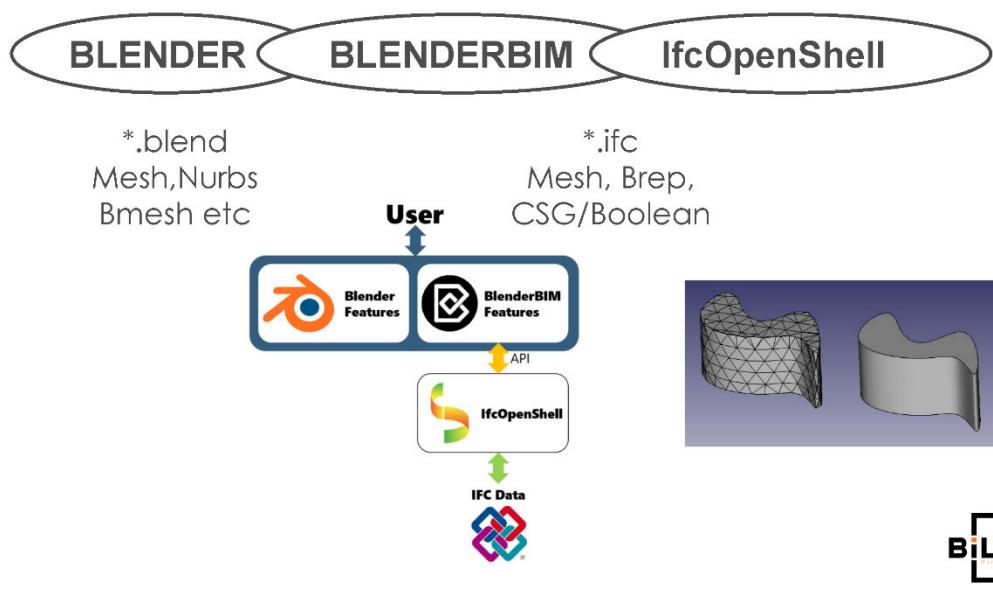
Split Ifc



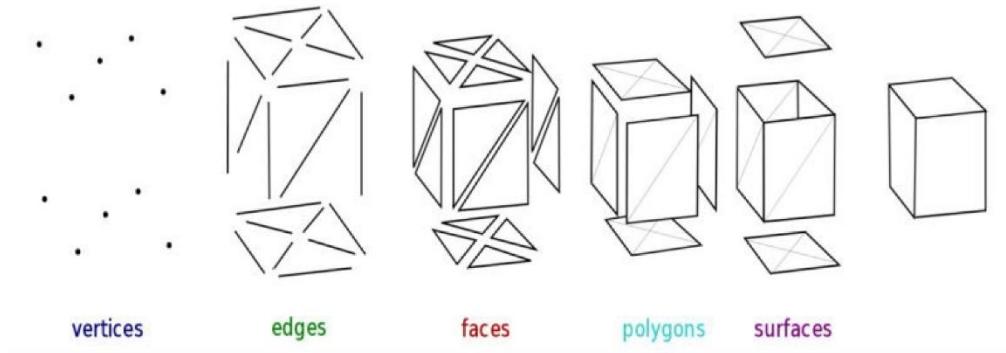
Merge Ifc



BlenderBIM concept



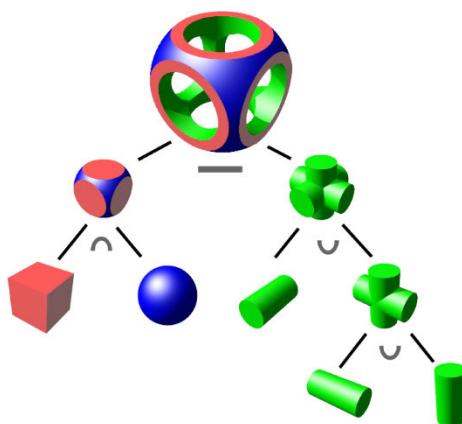
Brep



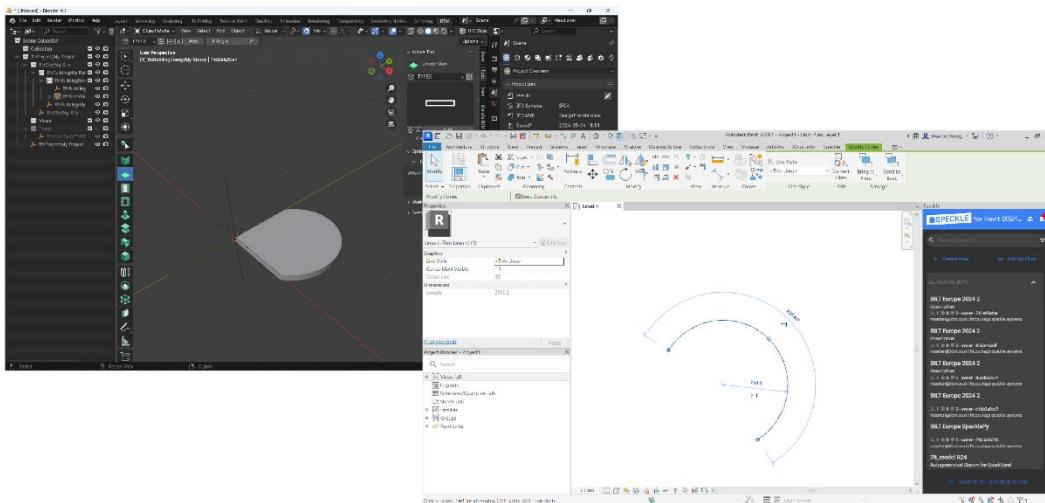
https://en.wikipedia.org/wiki/Boundary_representation



Constructive Solid Geometry /Boolean

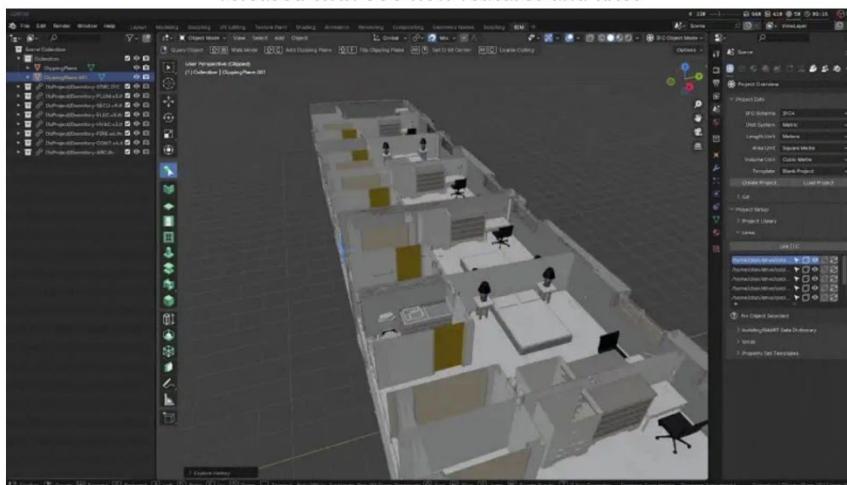


BlenderBIM Solids

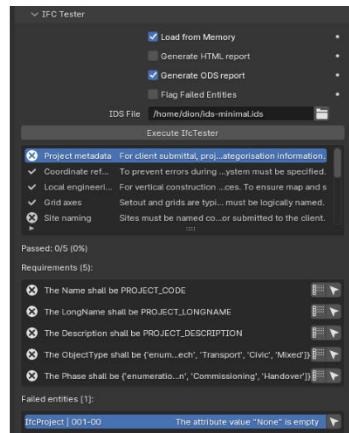


BlenderBIM: Link IFC & clipping

BlenderBIM Add-on v0.0.240402 has been released with 830 new features and fixes



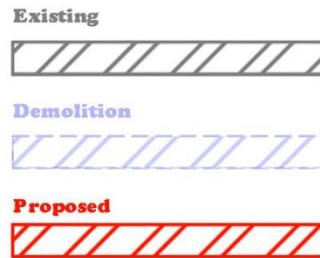
BlenderBIM: IfcTester: IDS v0.9.7



<https://community.osarch.org/discussion/26/blenderbim-add-on-new-release/p12>



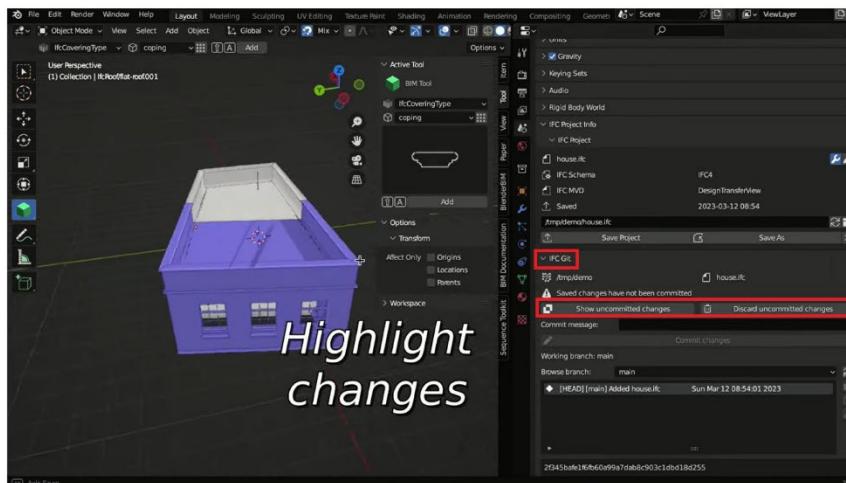
Phasing



https://www.youtube.com/watch?v=_hADRlo-ma4



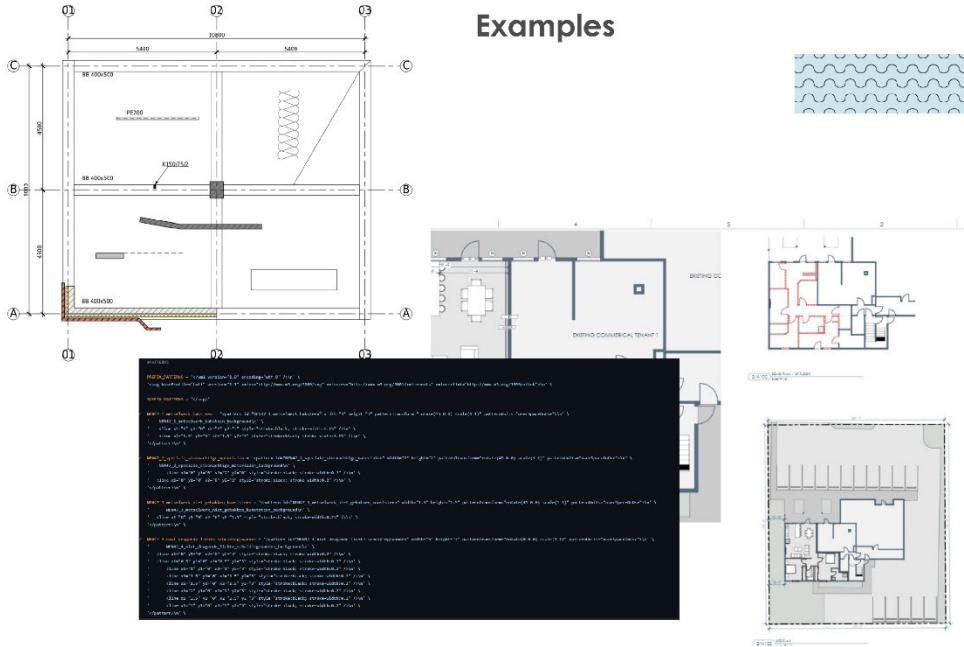
IfcGIT



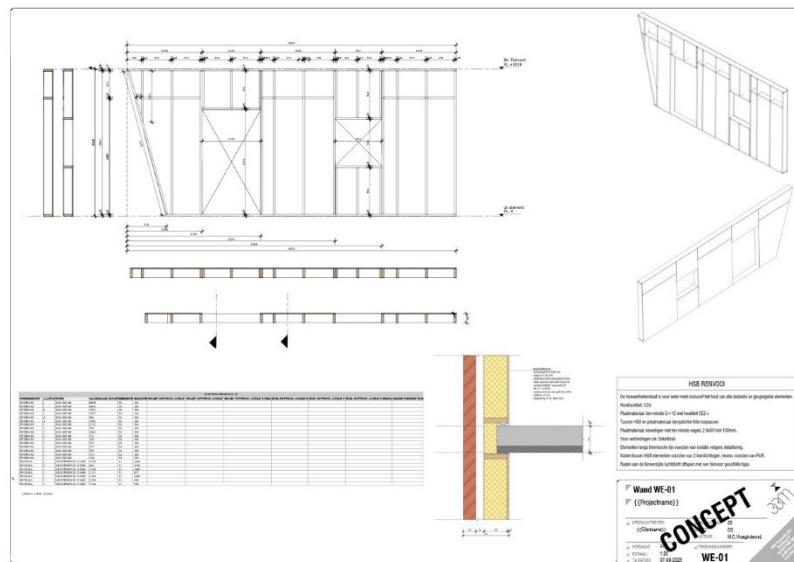
Work together using IFC Git(experimental)



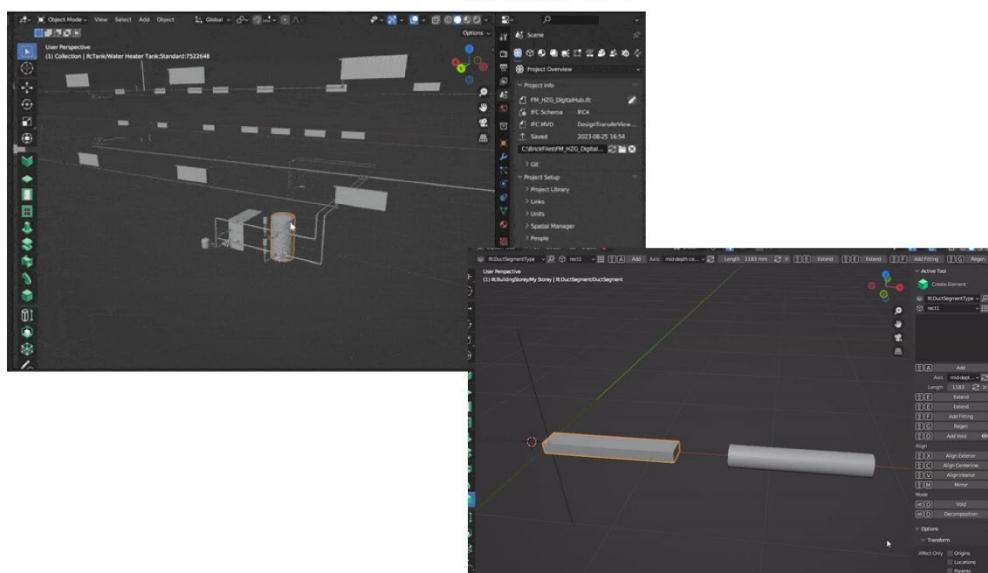
Examples



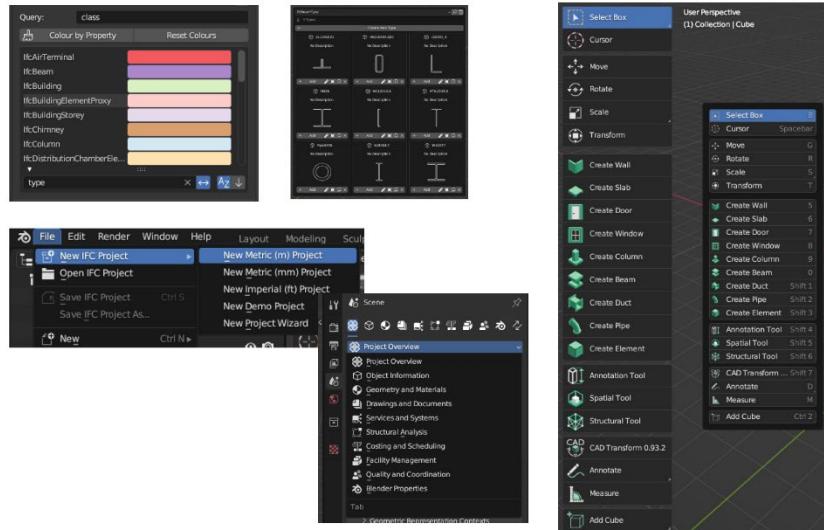
Examples



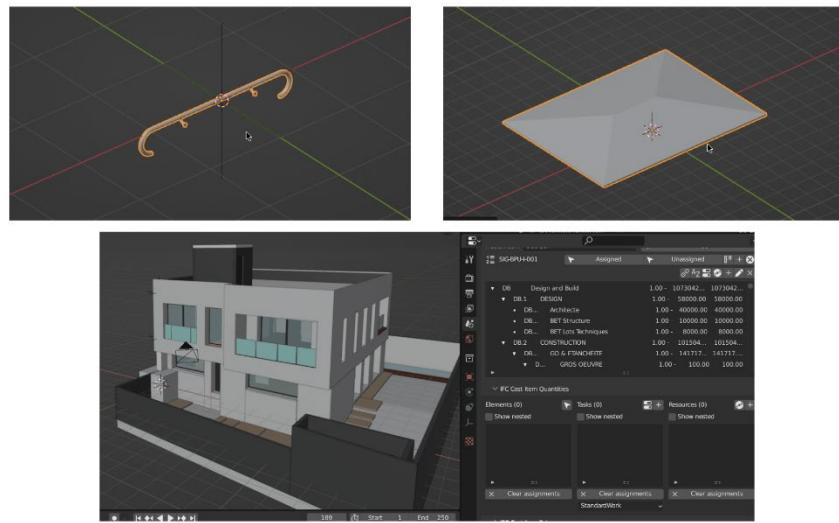
Features: MEP



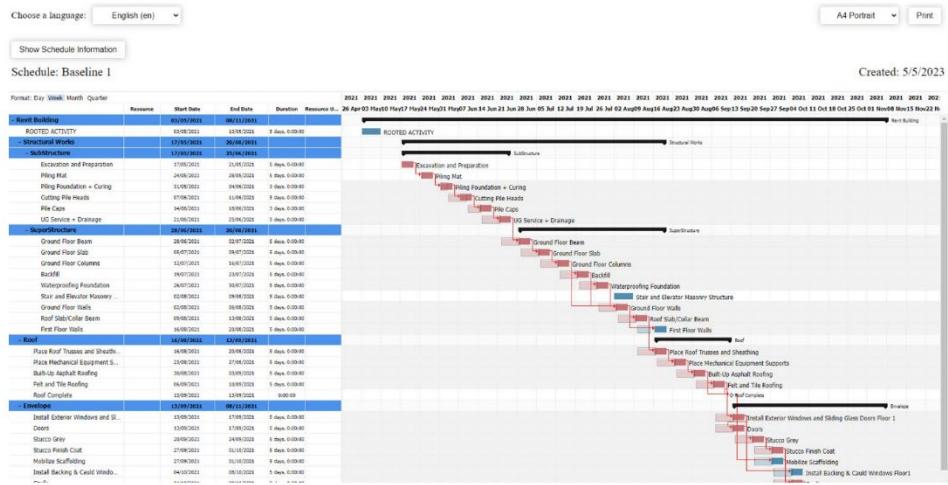
Features



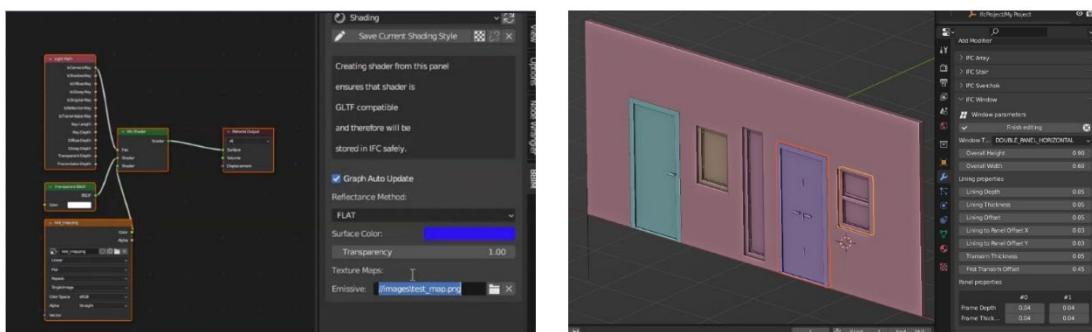
Features: Railings/Roof



Features



Features



Features: Query IFC Model and export quantities

The screenshot shows a software interface for querying an IFC model. At the top, there is a dialog titled 'Add CSV Attribute' with several dropdown menus and buttons labeled 1 through 8. Below this is a table with columns A through F. The table contains 15 rows of data, each representing a different object type with its count.

	A	B	C	D	E	F
1	ObjectType	Type Mark	IsExternal	Glazing Material	Frame Material	Count
2	0865 x 1500mm	56	NO	N/A	N/A	8
3	0915 x 2134mm	20	NO	N/A	Door - Frame	215
4	0915 x 2134mm Exterior	59	YES	N/A	Door - Frame	7
5	0915 x 2134mm Rated	61	NO	N/A	Door - Frame	5
6	1.220 x 2134mm	60	NO	N/A	Door - Frame	1
7	1.220 x 2134mm Exterior	34	YES	N/A	Door - Frame	1
8	1000 x 2134mm	33	NO	N/A	Door - Frame	1
9	1730 x 2134mm	40	NO	N/A	Door - Frame	1
10	1830 x 2134mm	42	NO	N/A	Door - Frame	1
11	1830 x 2134mm Exterior	58	YES	N/A	Door - Frame	4
12	M_Curtain Wall Dbl Chain Link	35	YES	Metal - Chain Link	Metal - Aluminum	4
13	M_Curtain Wall Dbl Glass	36	YES	Glass	N/A	2
14	M_Curtain Wall Sgl Glass	37	NO	Glass	N/A	4
15						Sum: 254.0

<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7193048994241986560/>



Support

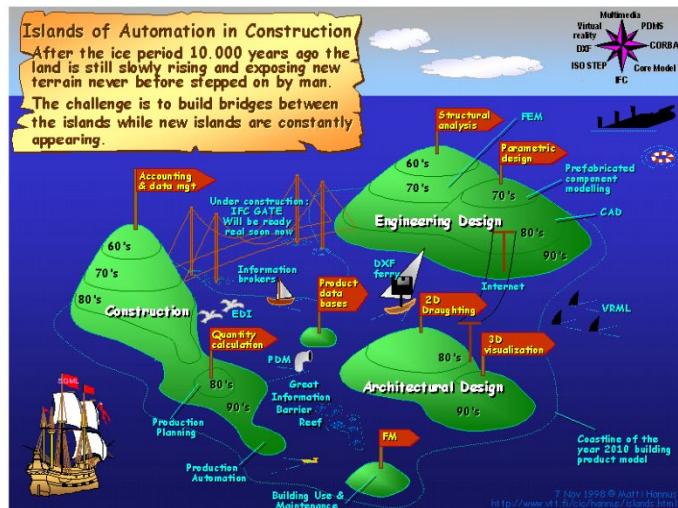
<https://opencollective.com/opensourcebim>

The screenshot shows the OpenCollective website for the 'openbim' collective. The page displays a budget summary with various funding categories and their amounts. At the bottom, there is a call-to-action button for submitting an expense.

Category	Amount
1 part-sponsored developer	\$ 7.000 per year
MacOS ARM builds	\$ 640 per year
1 sponsored developer	\$ 20.000 per year
Huidig saldo	\$ 18.501,46
Estimated Annual Budget	\$ 27039
2nd part-sponsored developer	\$ 27.000 per year
2nd sponsored developer	\$ 50.000 per year



The deception of the current state of BIM



Developments within Blender

- Blender is growing incredible fast in the **Automotive & Aero industry**
- Last week it became known that Blender will have a **product manager** for the AEC
- Income** of Blender Foundation will continue to grow > 3.7 million/year
- Later this year there will be a conference about Blender in the **AEC**
- The Blender Foundation stated that they will develop native tools for **Solid Modelling** and **Parametric Design**



Future of BlenderBIM

- **Full BIM-modeler for the AEC**
- **Architecture, Structural and MEP features**
- Better **sheet & drawing** integration
- A prototype of a client-server model for distributed, multi-user, cross-application simultaneous authoring
- Transition from **alpha** to **beta** phase
- Flexibility of Sketchup combined with the documentation robustness of Revit & Tekla



Future vision of BIM-software in the AEC

- Full Open Source built around IFC:
- IFC-library: IfcOpenShell & Opencascade
- BIM modeler(BlenderBIM, FreeCAD, IFC.JS)
- Online 3D Platforms(**Speckle**, IFC.JS)
- Libraries, standards(bSDD)
- (Structural) codes in software libraries
- Open Source ERP → ERPNext
- Own cloud platform → NextCloud
- Share your code → BuildingPy
- Planning software
- Local AI



More information

Part	Link
IFC Architect	https://www.youtube.com/@IfcArchitect
BlenderBIM Documentation	https://blenderbim.org/docs/
IfcOpenShell Library	https://docs.ifcopenshell.org/
Experimental IFC Dutch Template	https://github.com/DutchSailor/FOSS-BIM-Experiments/tree/main/BlenderBIM/Template_NL_test
OSArch	https://community.osarch.org/
Ryan Schultz	http://openingdesign.com/
Example models of Ryan	https://gitlab.com/openingdesign/milwaukee_st_4429/-/tree/2e60ca943a099d63a773013ee62913bf8a844955/Models/BlenderBIM
UH Studio Architectural Modelling in Blender (Blender Guru)	https://www.youtube.com/@UHStudio
OSArch	https://community.osarch.org/

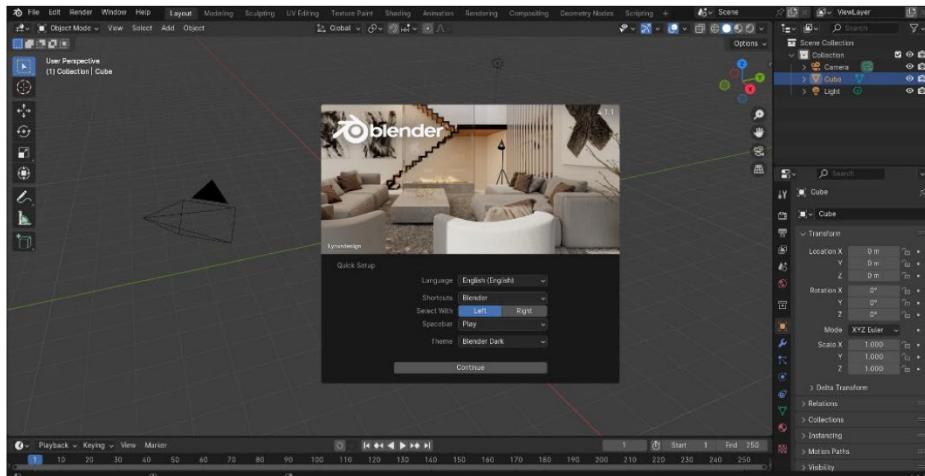


Hands-on!

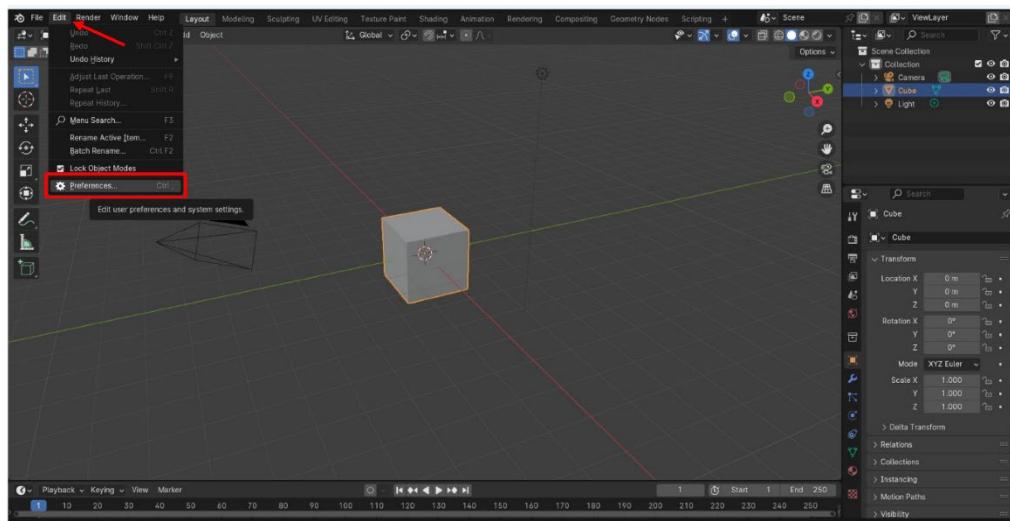


Vanaf deze slides heb ik het zelf gepresenteerd. We zijn niet tot het einde toe gekomen, maar men kon bij verdere interesse zelf de rest volgen. Hier zijn de gebruikte shortcuts en dergelijke namelijk ook bijgevoegd.

Install & Setup

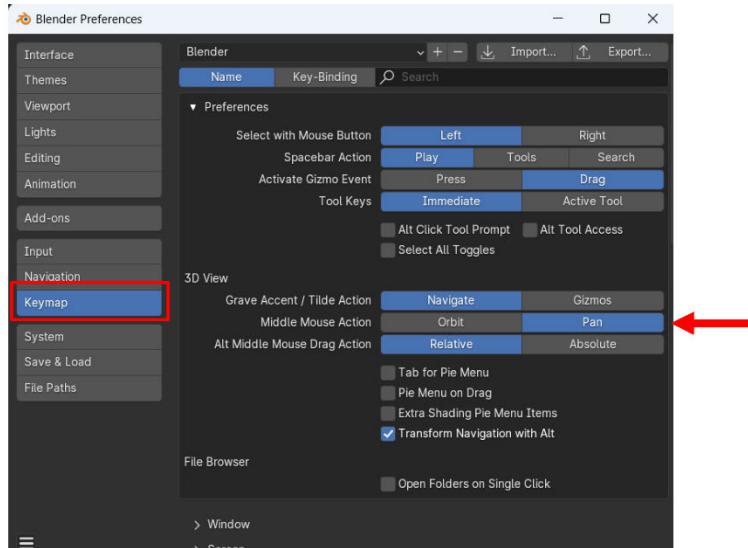


Blender 4.1 opened

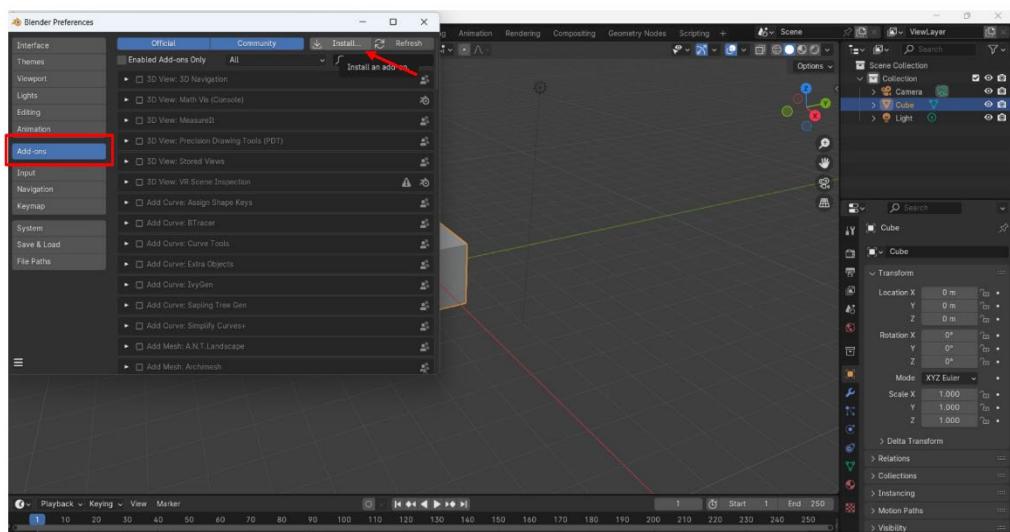


Edit > preferences



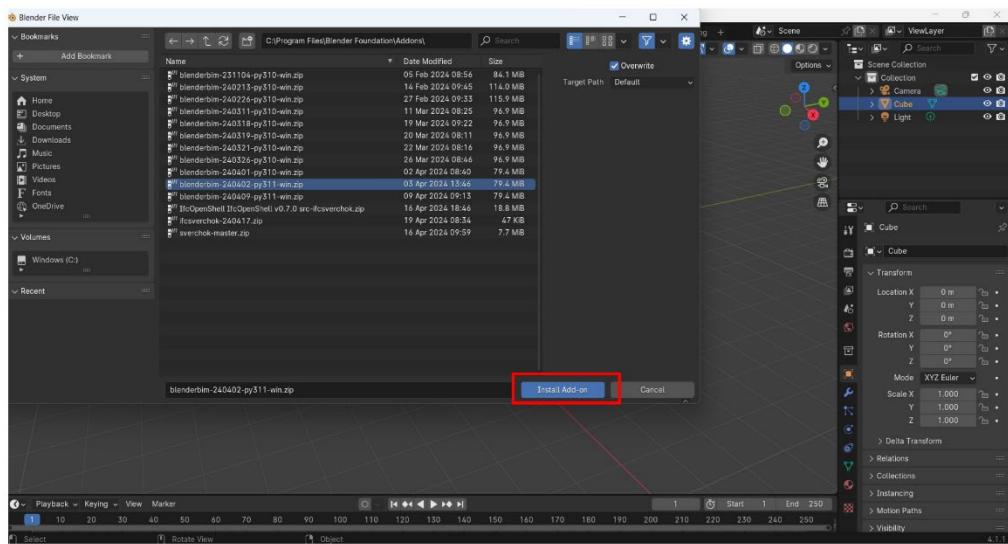


Easier 3D navigation

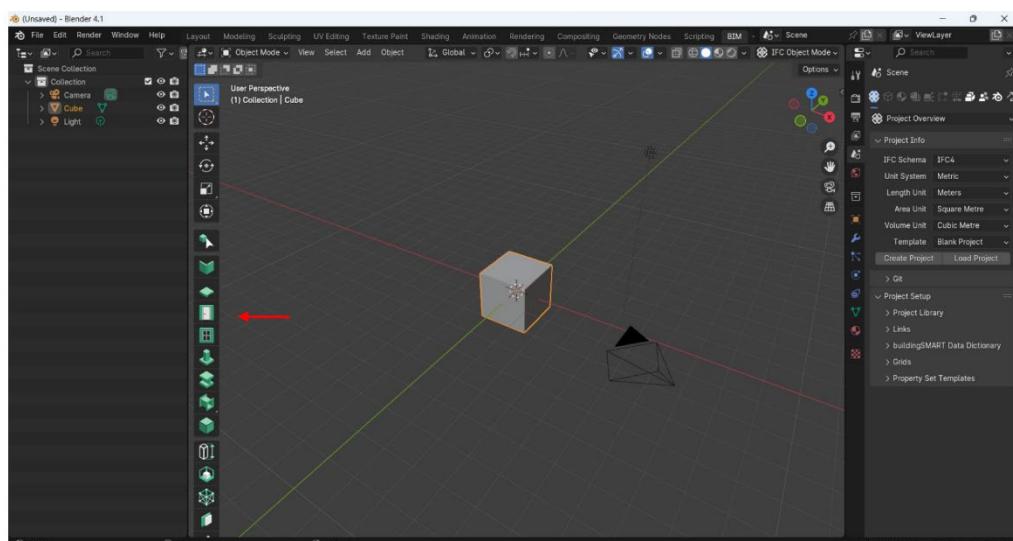


Installing BlenderBIM add-on





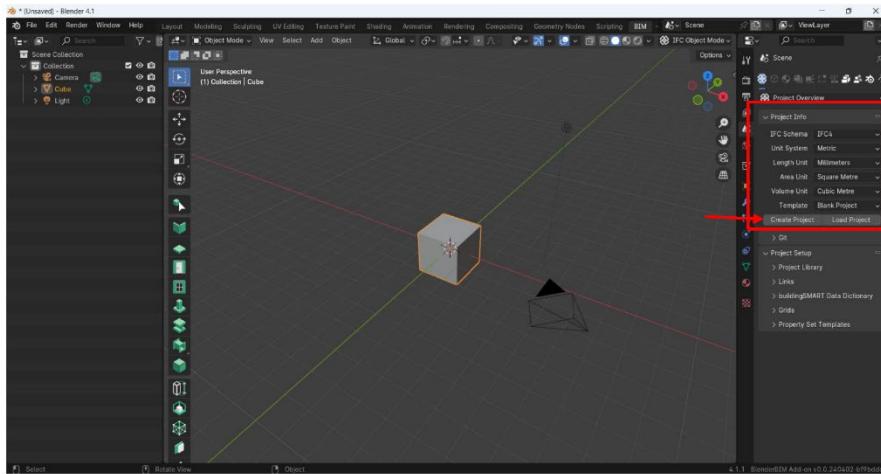
Select downloaded BlenderBIM .zip



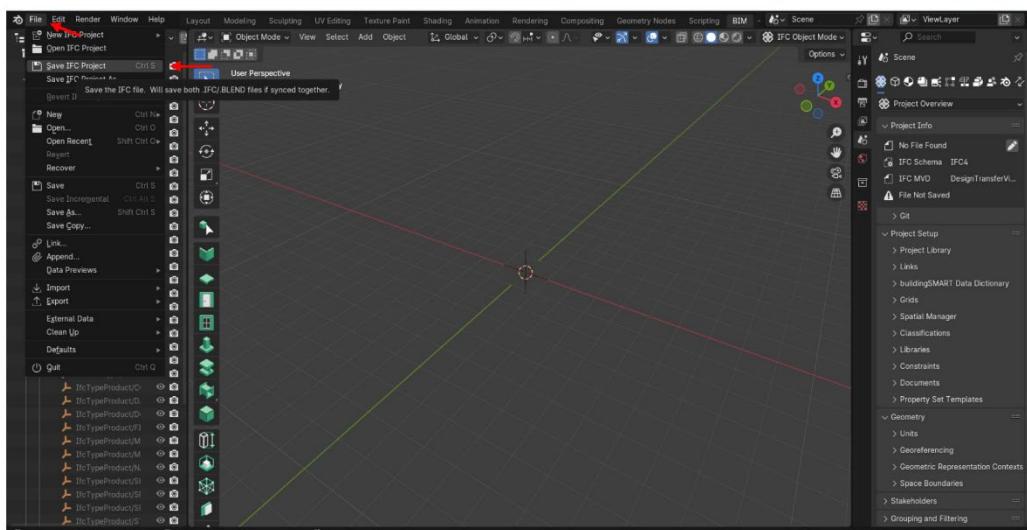
It's installed!



Setting up IFC project

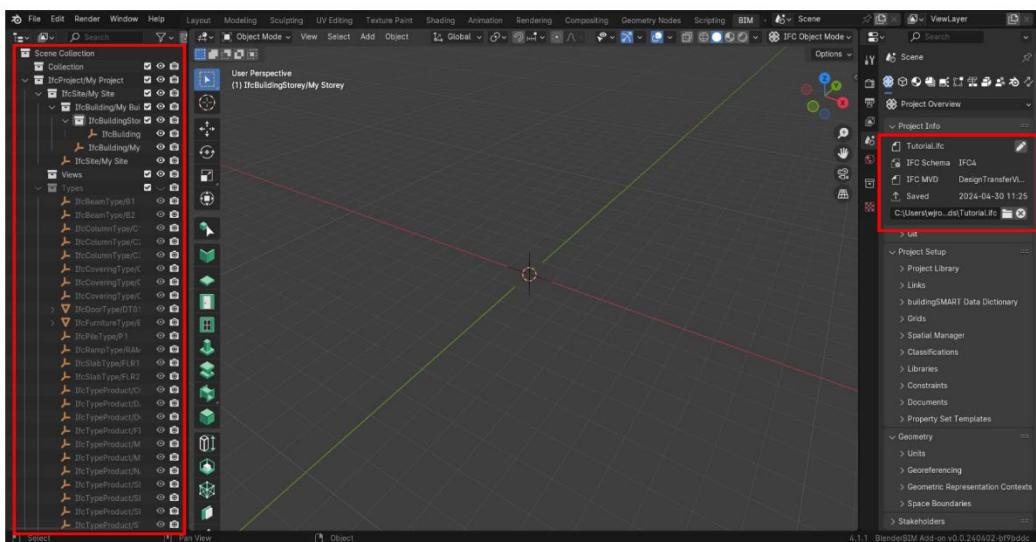


Input units and create project (Choose Demo template)



Save IFC: File>save IFC project (ctrl+S)

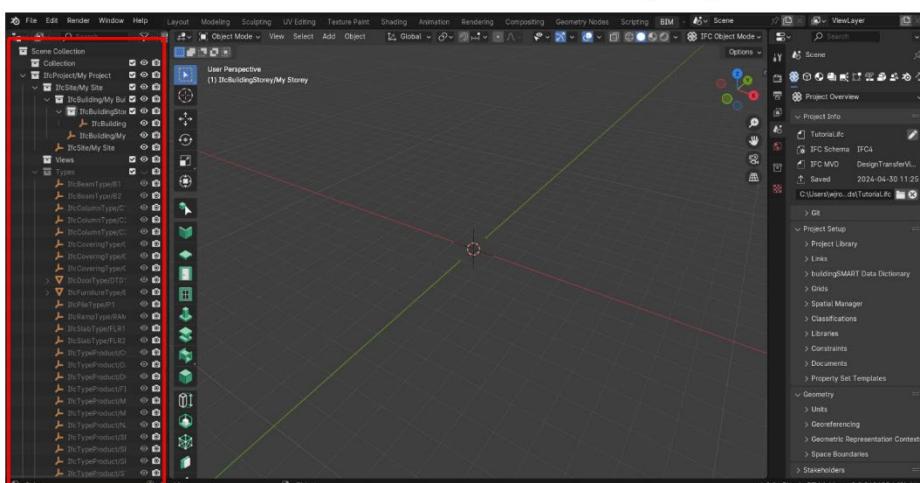




Your first native IFC project!

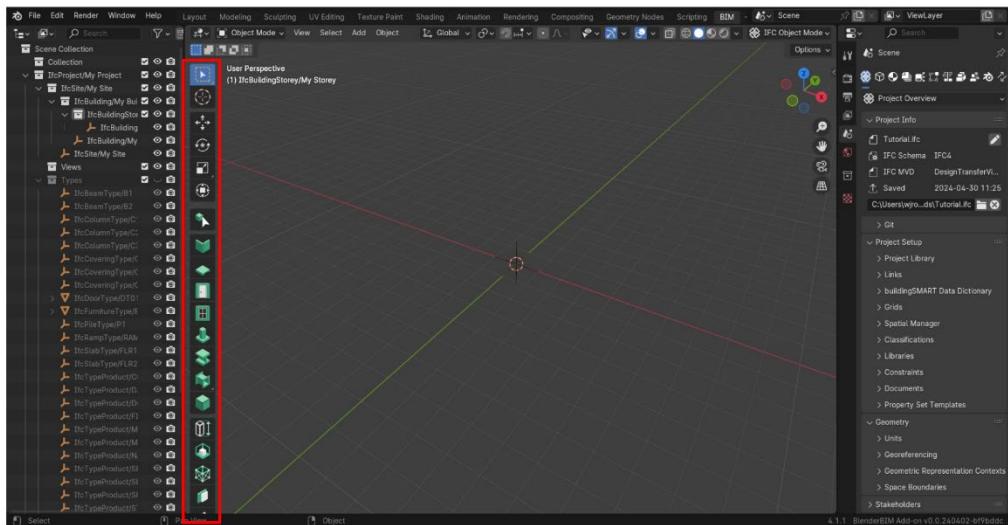


User Interface (UI)

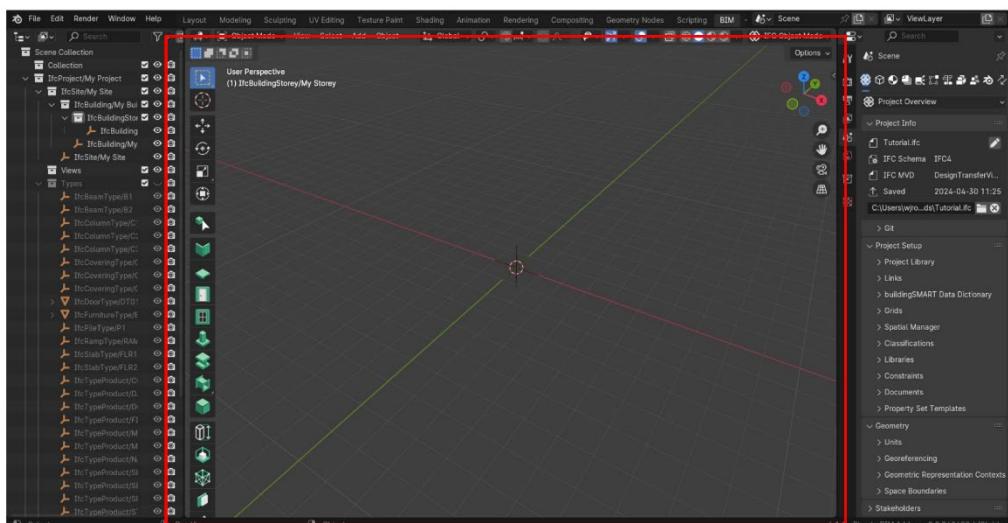


Project browser



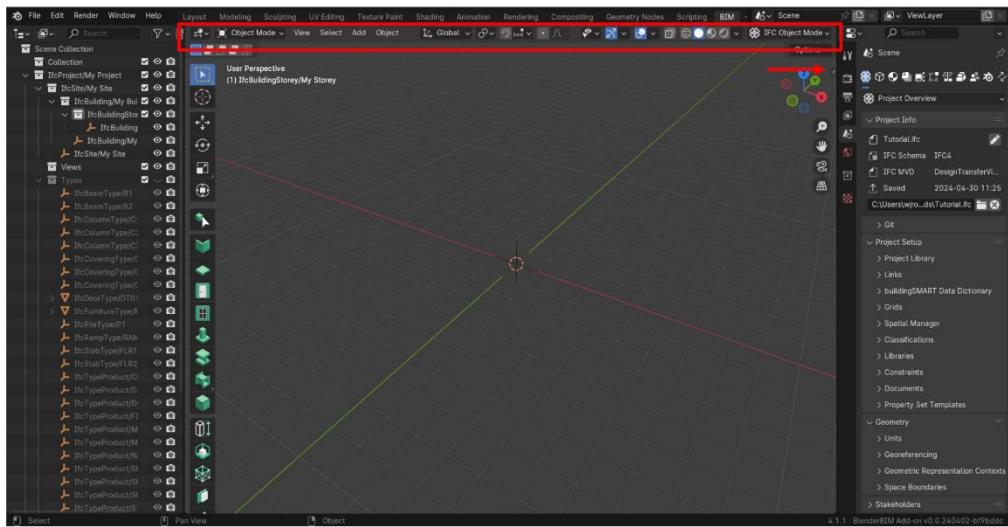


Modelling tools

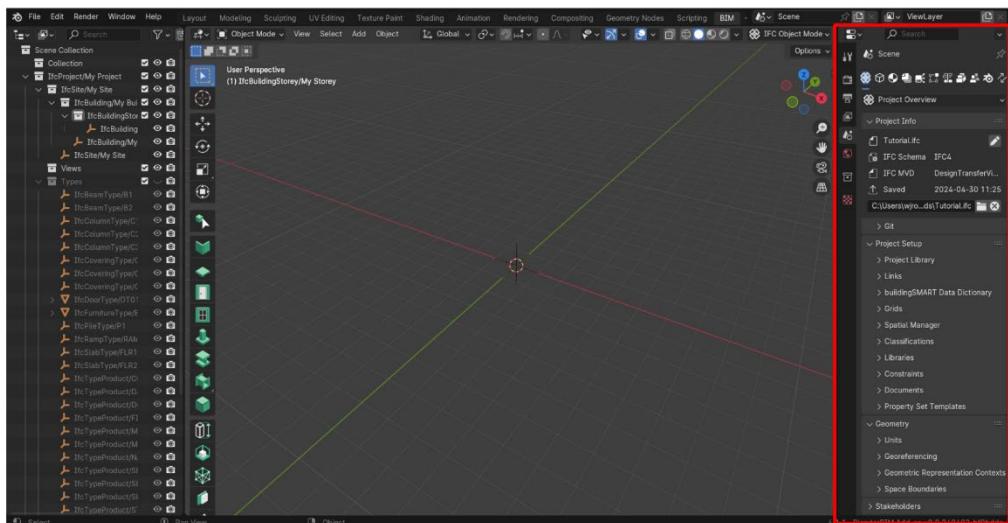


3D viewport





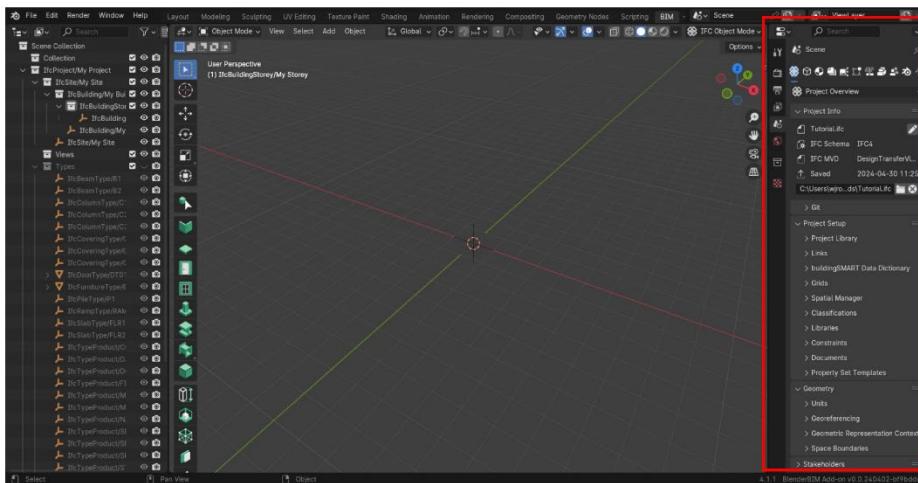
Info & tools (if an element is selected); Open extra tab with 'N'



Properties & more



Additional settings



Set snapping and move default

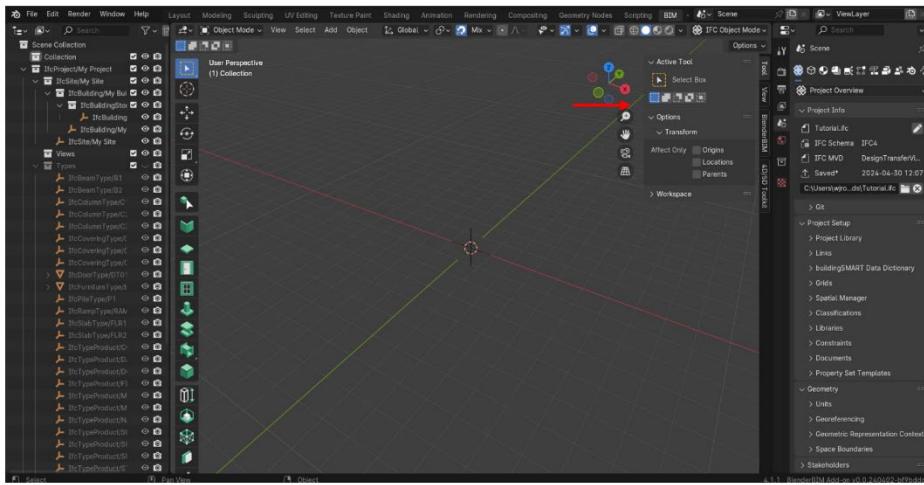


BlenderBIM & Blender

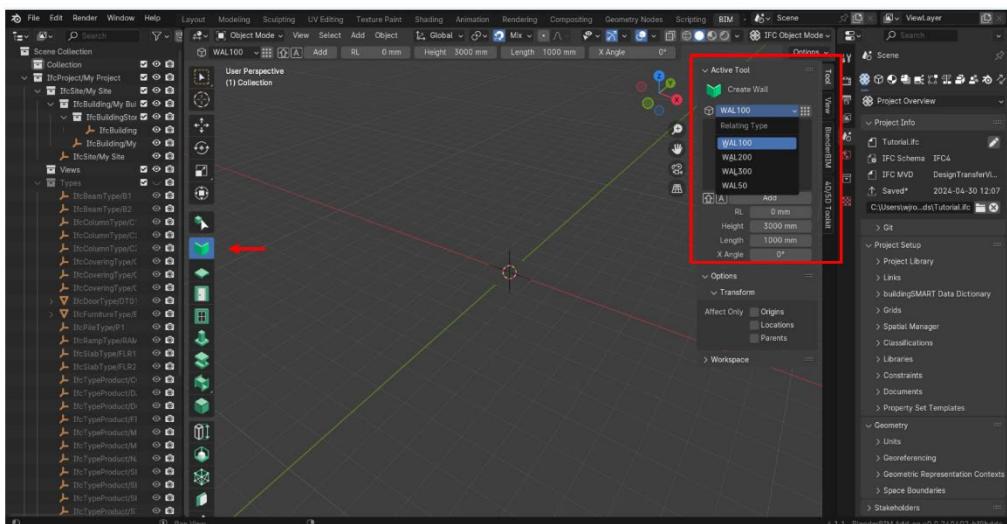
- BlenderBIM overrides some shortcuts
- FOSS add-on for Blender



First IfcWall

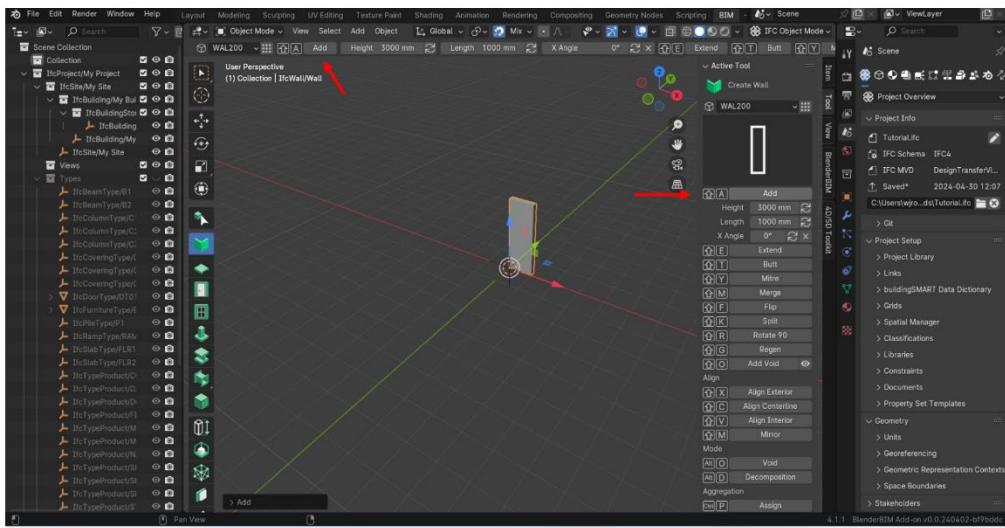


Open extra info tab ('N')

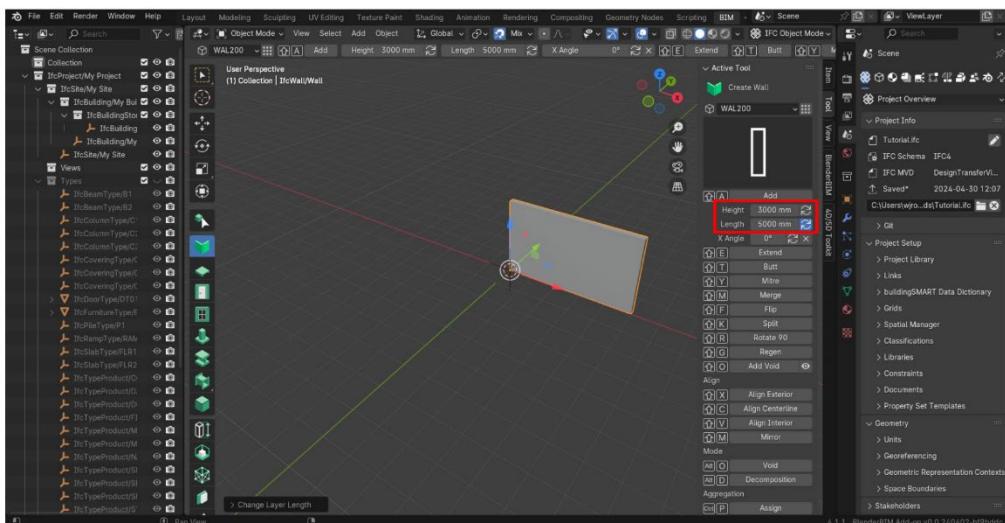


Select wall tool & select wall Type





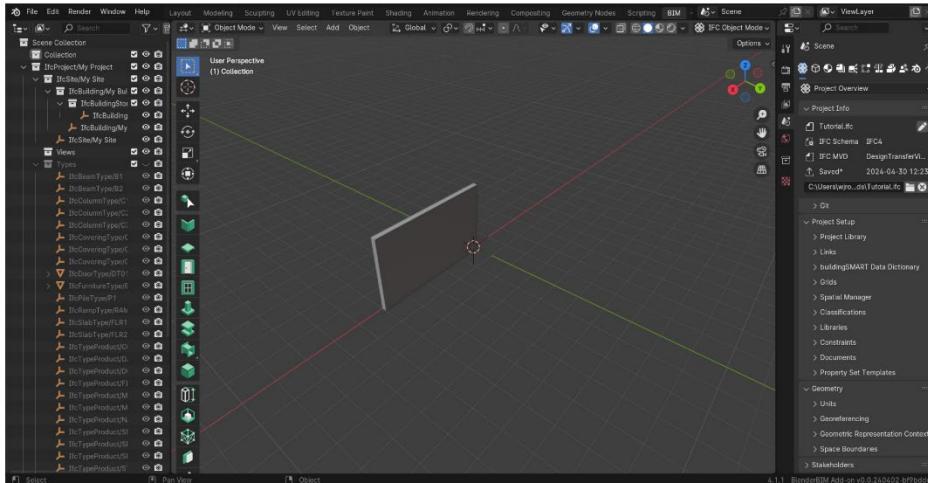
Click 'Add' to add wall (shift + 'A')



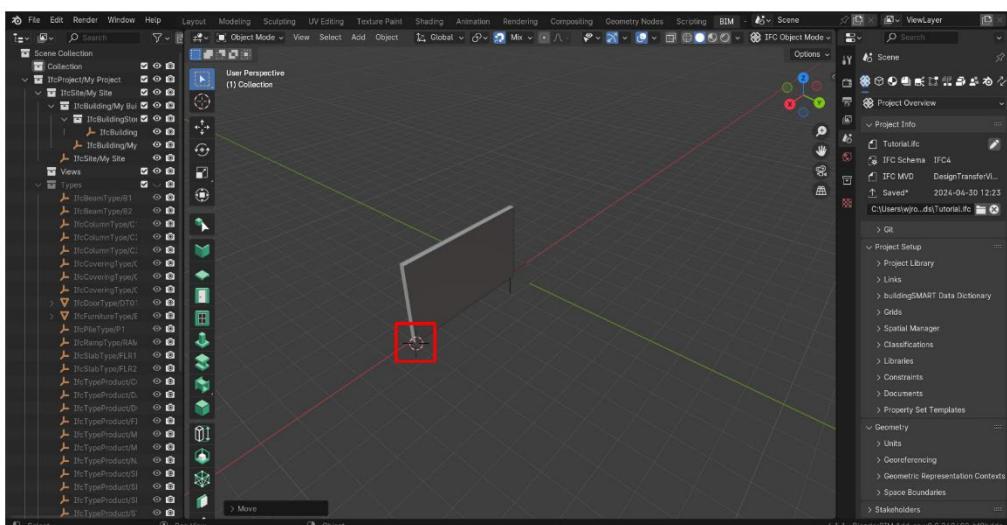
Change 'Length' and click refresh



3D-cursor & navigating

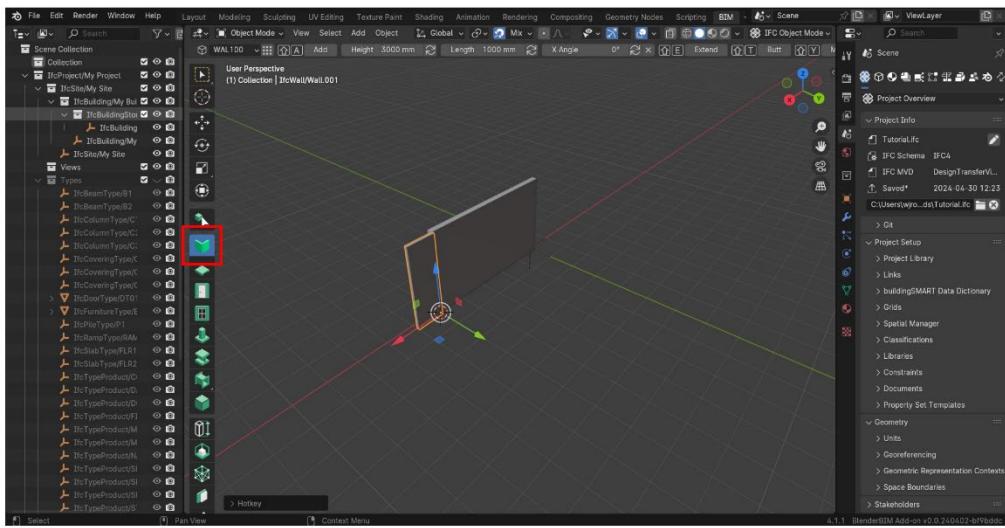


Pan with 'MMB'; orbit with 'shift+MMB'

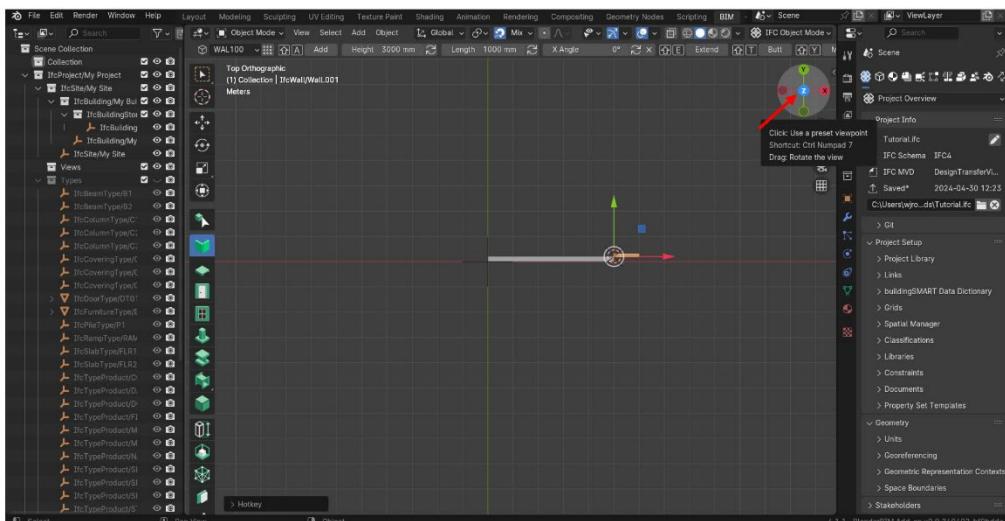


Move 3D-cursor with 'shift+RMB' (drag); snap to corner



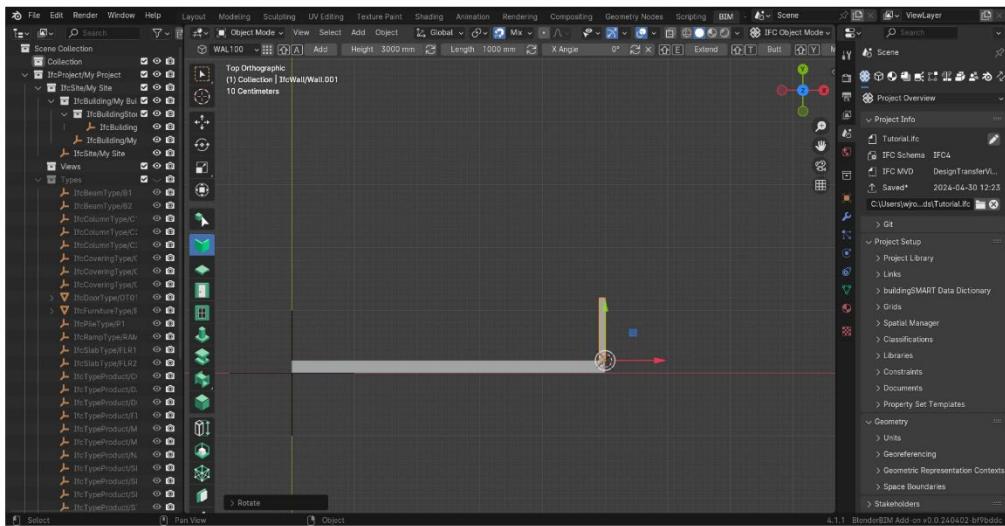


Add new wall with 'shift+A', the origin is where 3D-cursor is

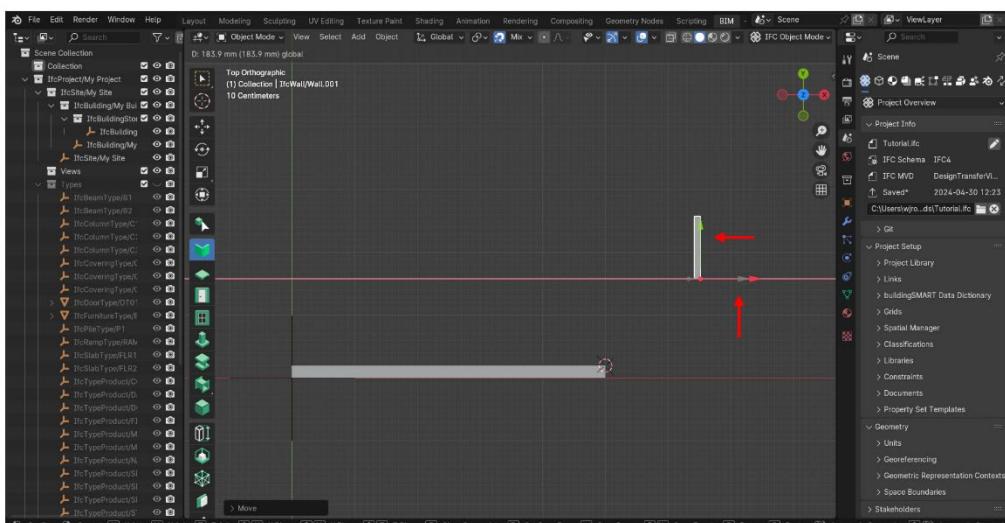


Take a better look: top-down view by pressing the Z ('nump 7')



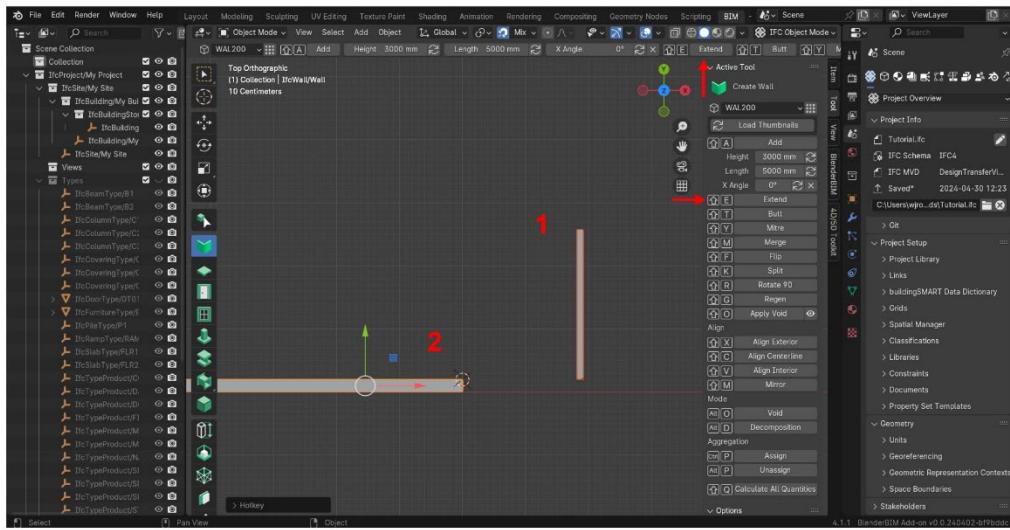


Rotate 90 deg: 'R+X/Y/Z (axis)+ 90'

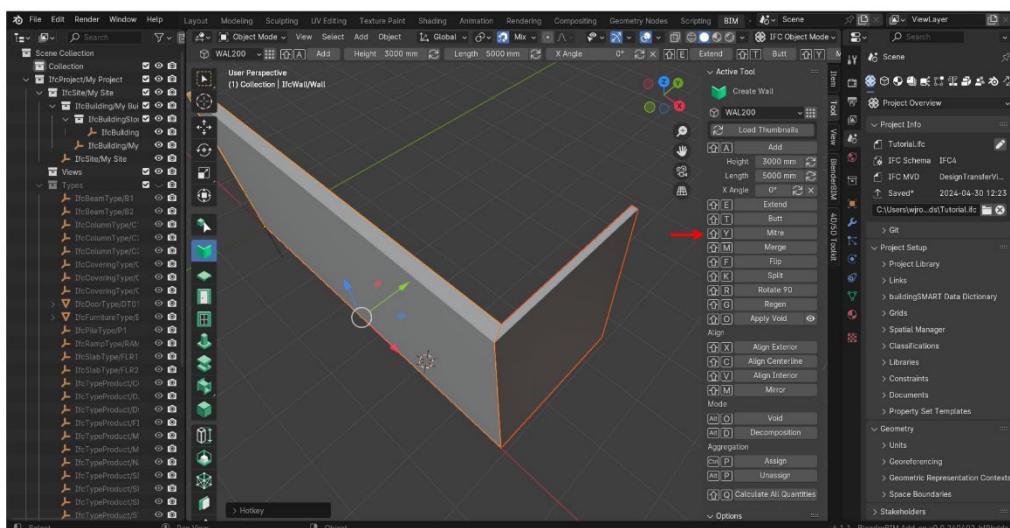


Move wall with gizmo ('G+X/Y/Z + distance')





Select both and click extend (hold shift for multiple select, 'shift+E')



Now click 'Mitre' ('shift+Y'), awesome! Scroll in top row for the other options, 'N' for side panel

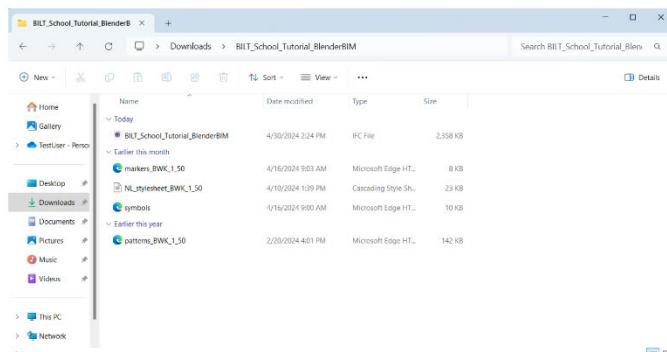


Floor
Column
Door
Wall
Drawing



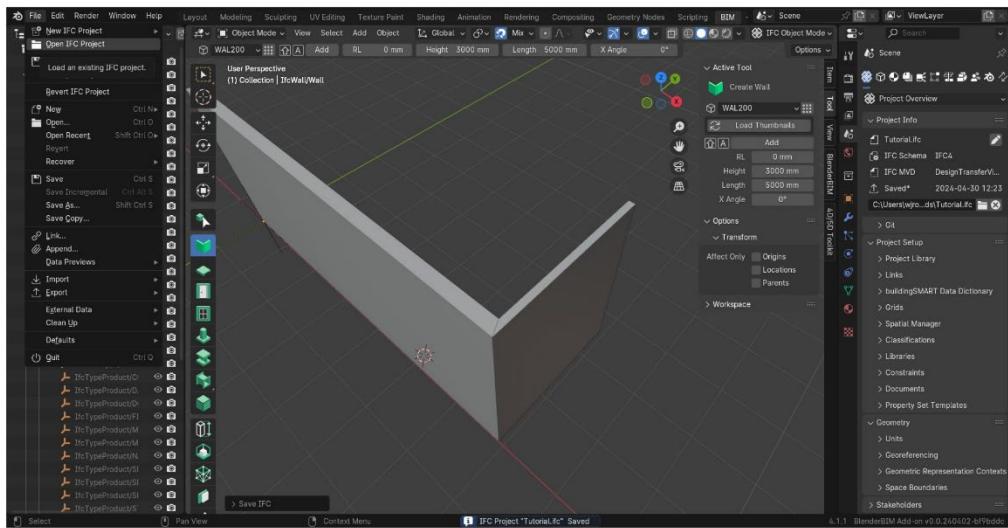
Opening an Ifc project

Now let's try it in an example IFC project!

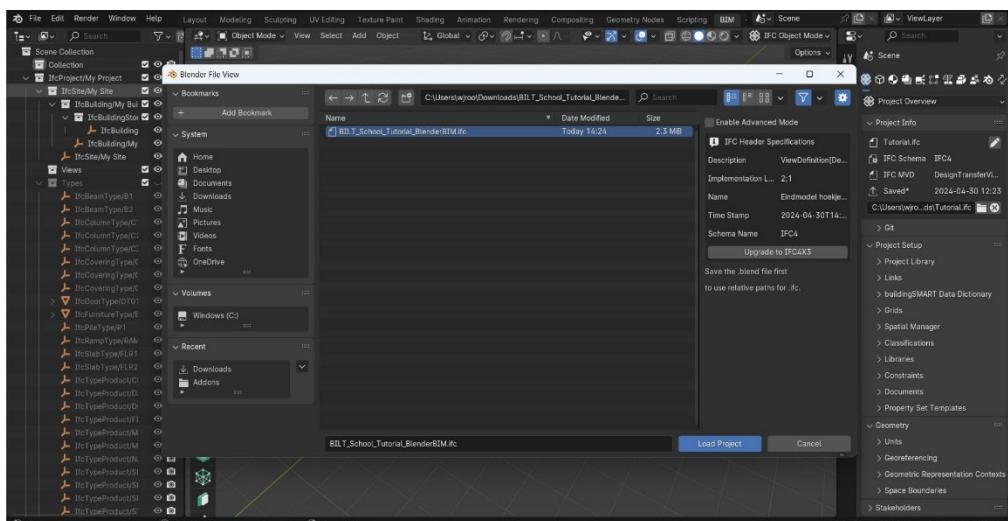


Extract downloaded tutorial .zip, should have these files



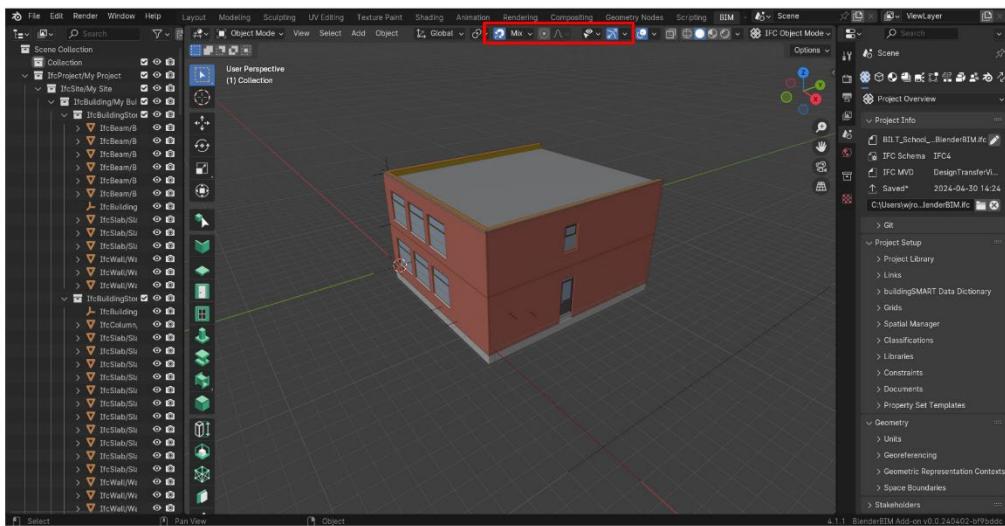


File>Open IFC Project (save this one first with 'ctrl+S')

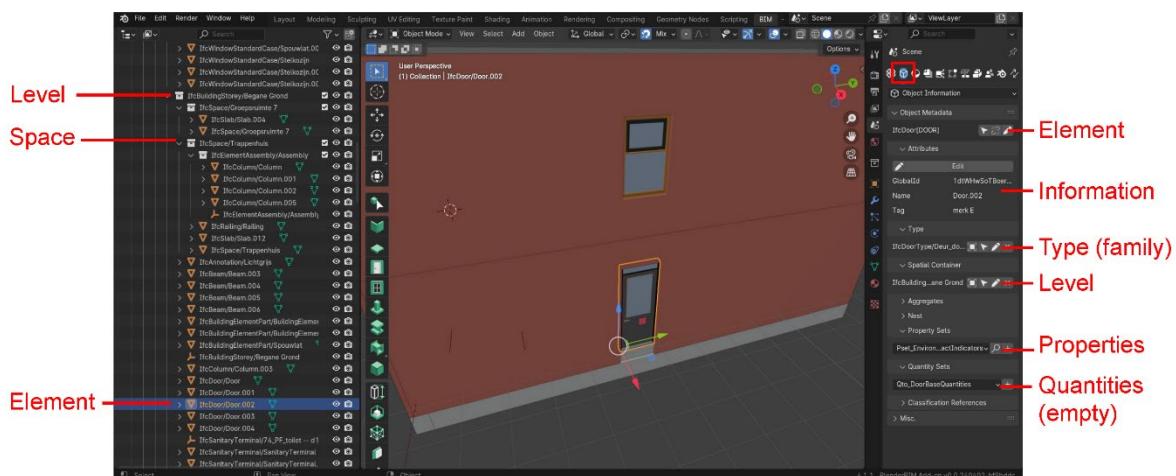


Open 'BILT_School_Tutorial_BlenderBIM.ifc'



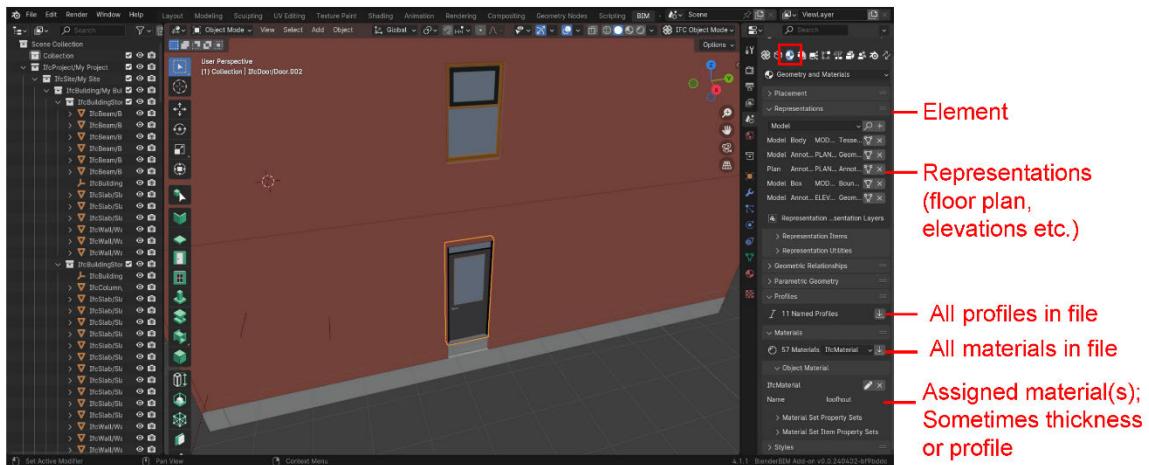


Don't forget to turn on Snapping & Move gizmo

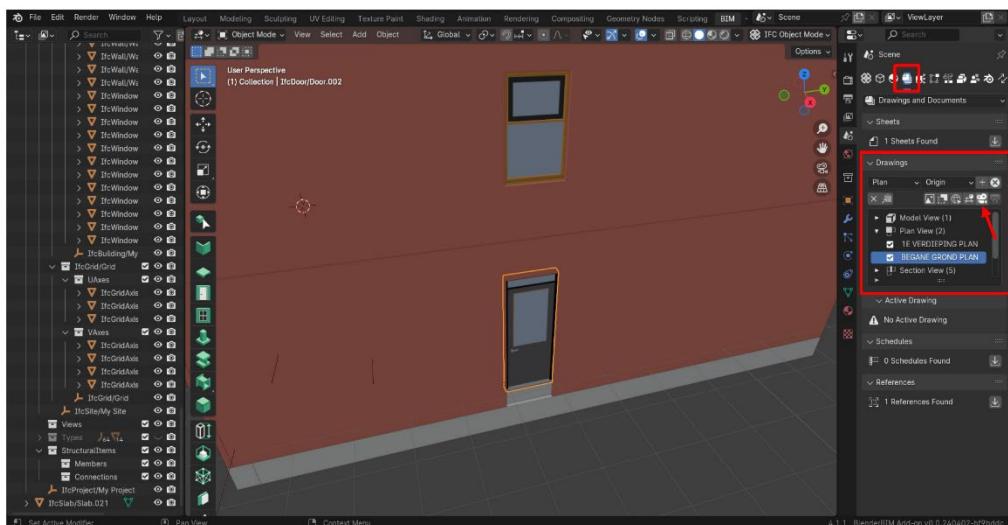


Select door and see info



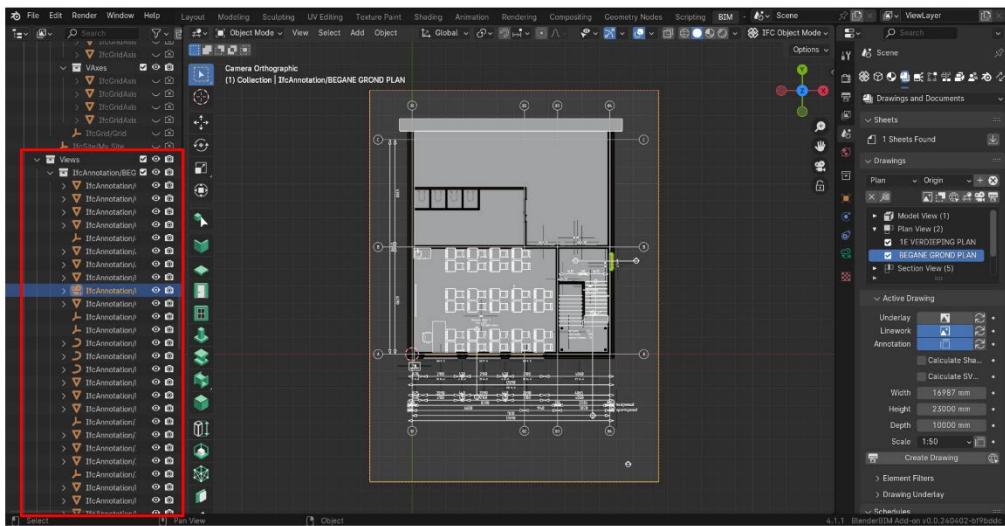


Select door and see info

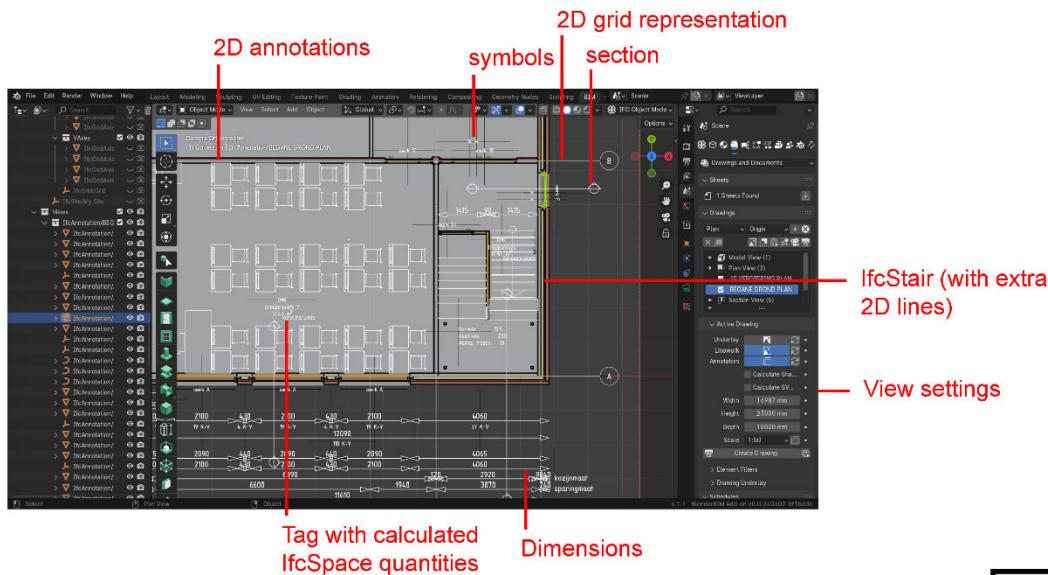


Drawings and Documents: click the download button, select drawing and then press movie cam icon



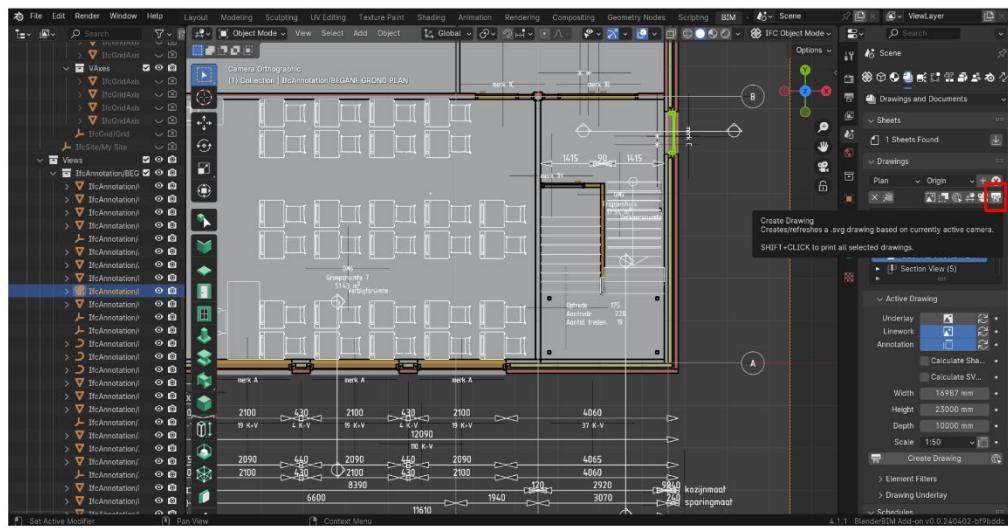


The view/floor plan is 'generated' into the project browser



Drawings and Documents: click the download button, select drawing and then press movie cam icon

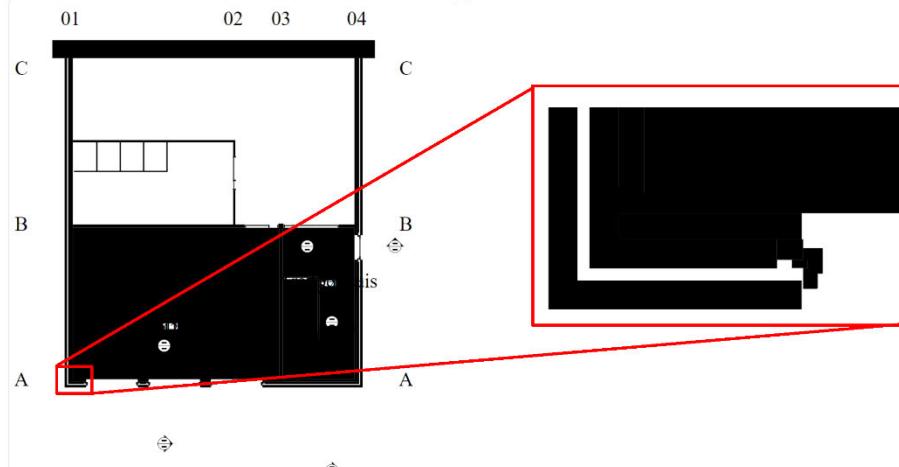




Press printer icon to generate floor plan drawing

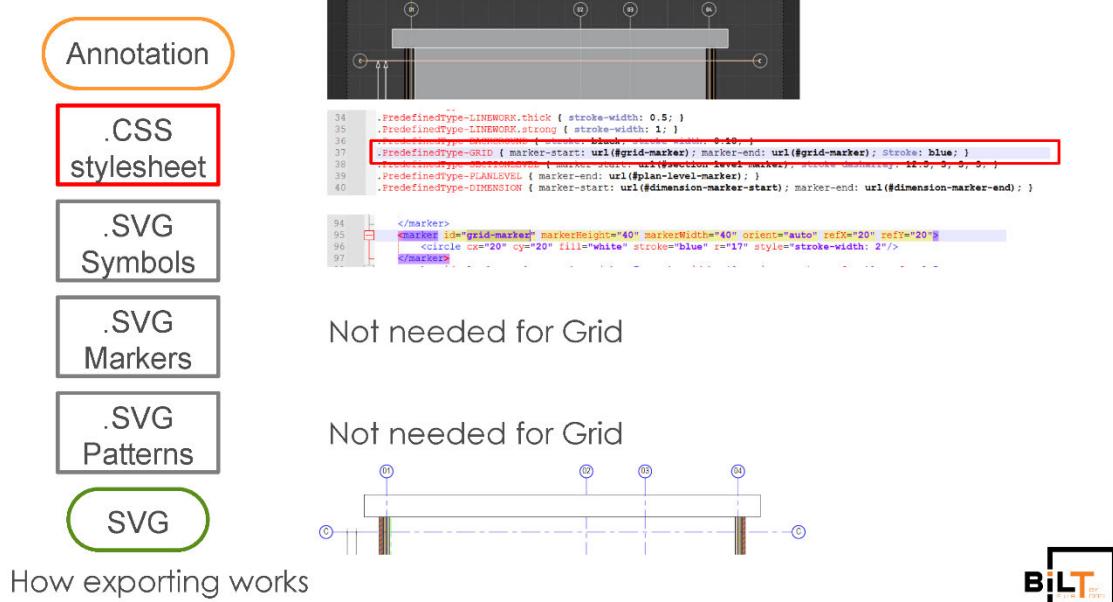
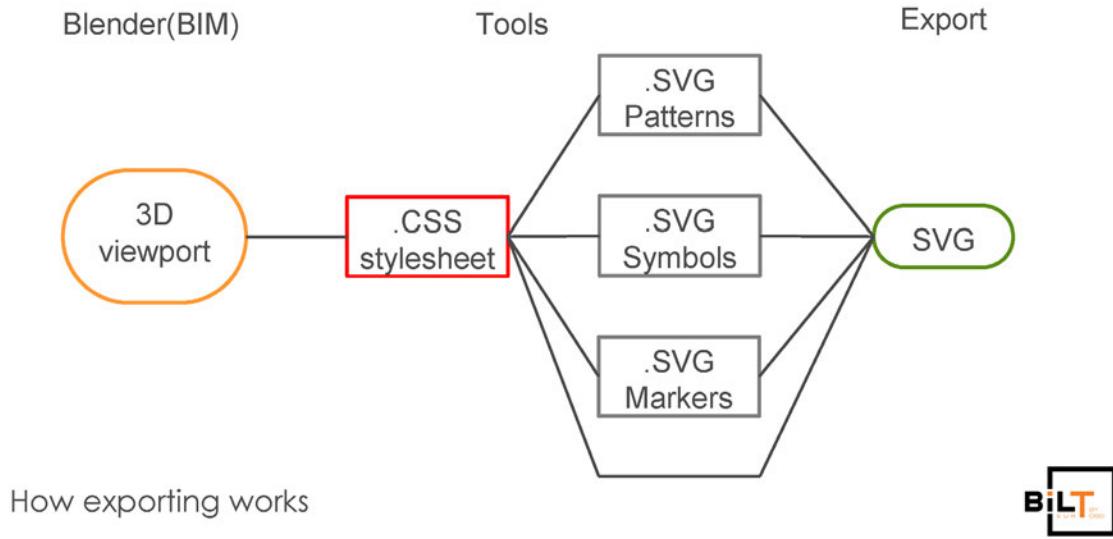


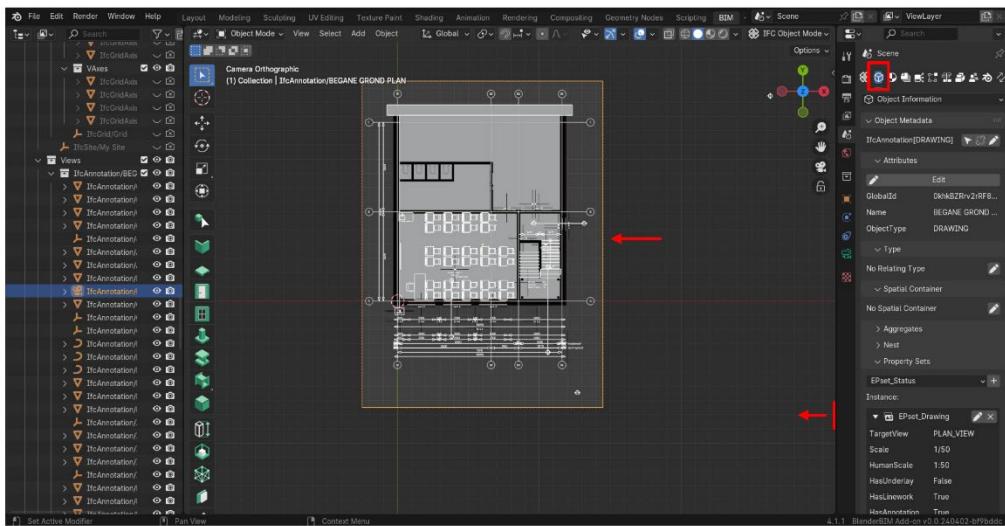
Generating documentation



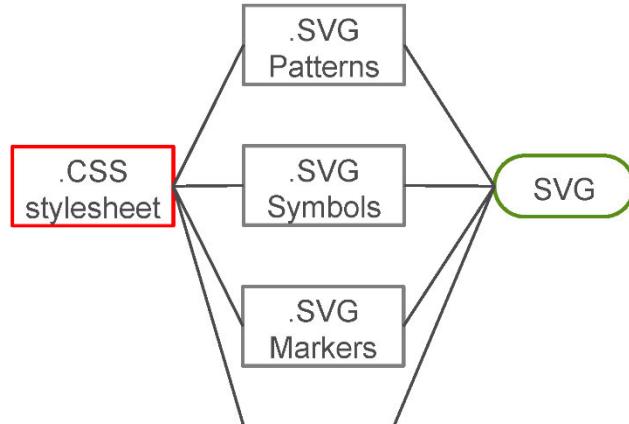
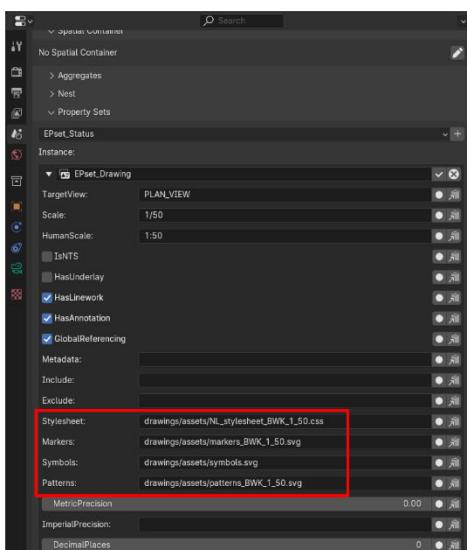
Exported SVG issue: looks terrible (zoom with 'ctrl+scroll')





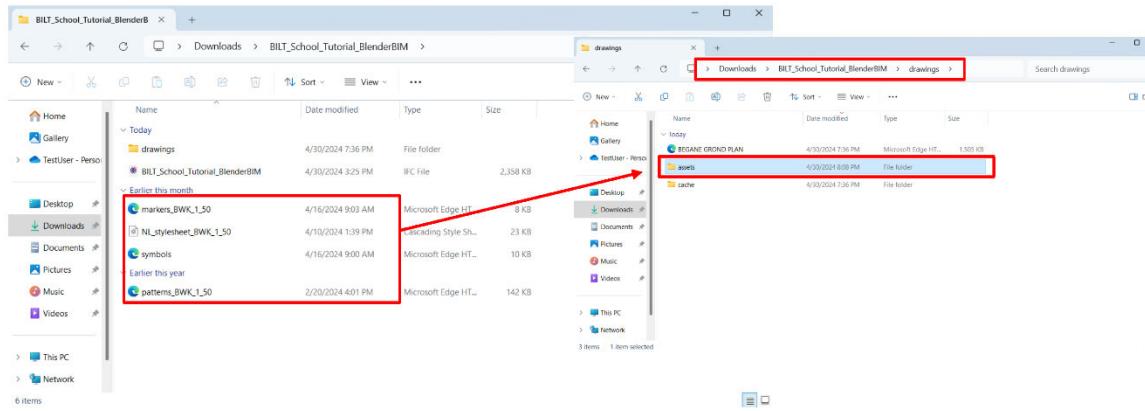


Select view border, then drag this panel to make it bigger

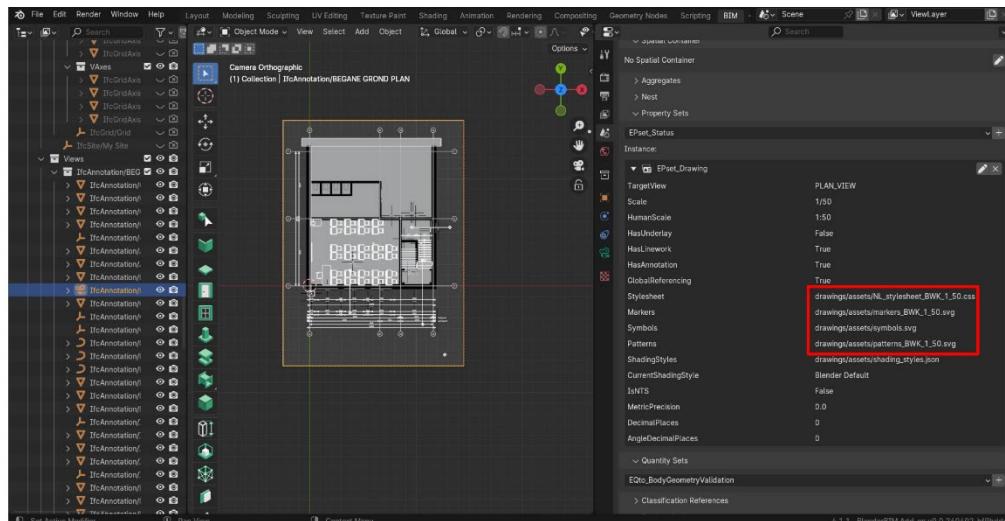


These files have to be linked correctly



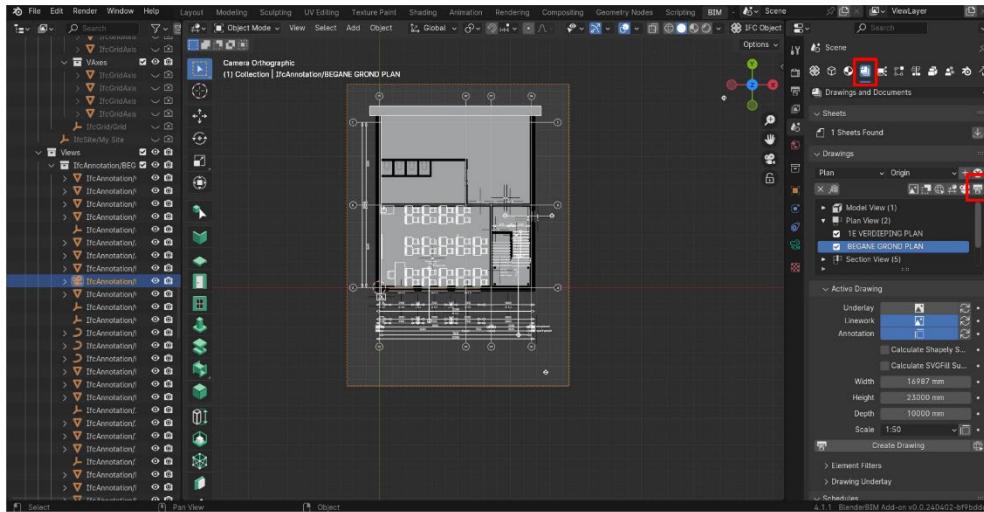


New folder generated when drawing was created; move files into the folder '/drawings/assets'

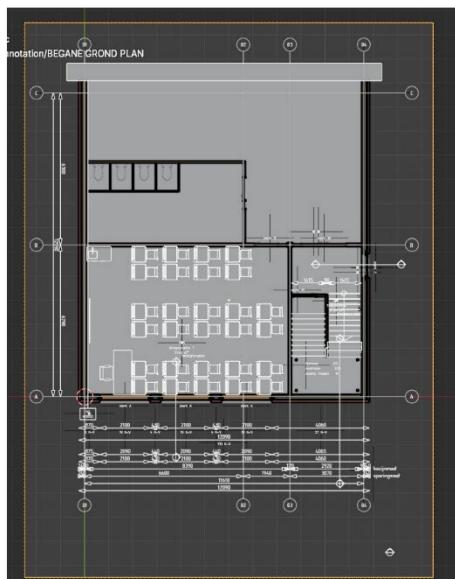


These are now correctly linked, print again!





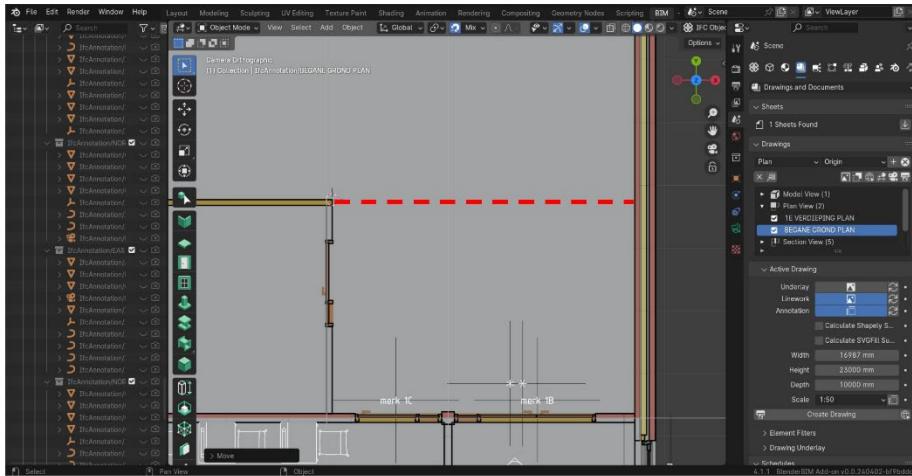
These are now correctly linked, print again!



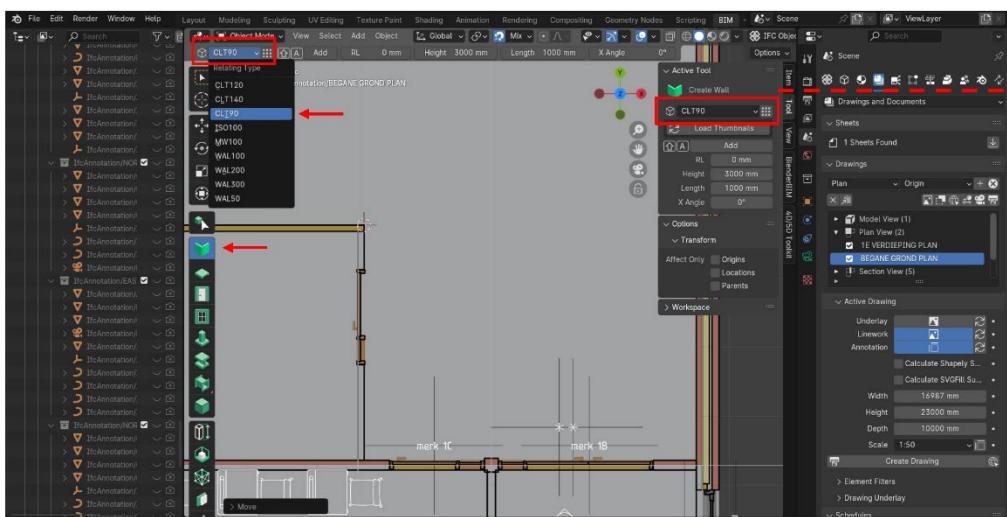
Awesome! Note that Blender and export don't match up



IfcWall

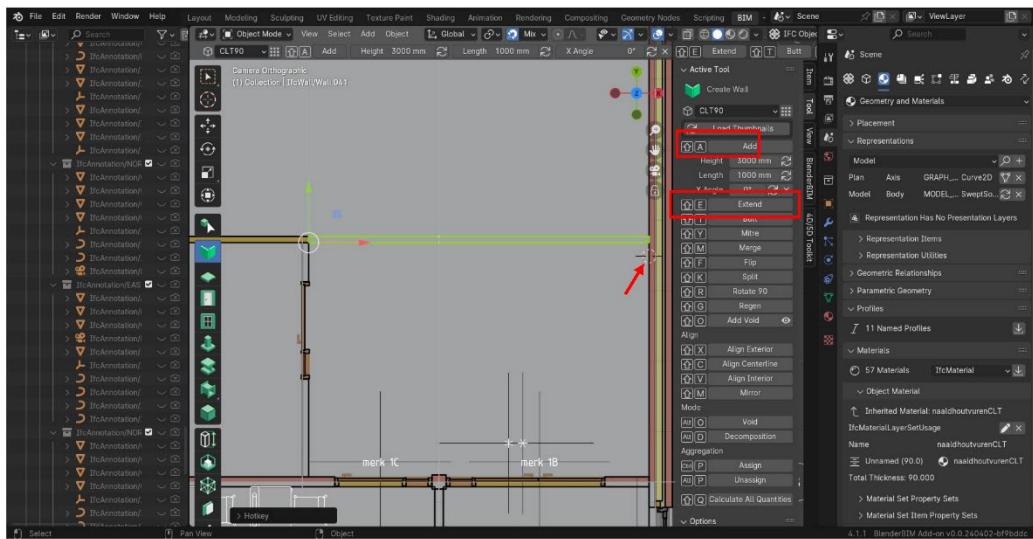


Now try to place a wall on your own; (3D cursor: 'shift+RMB drag')

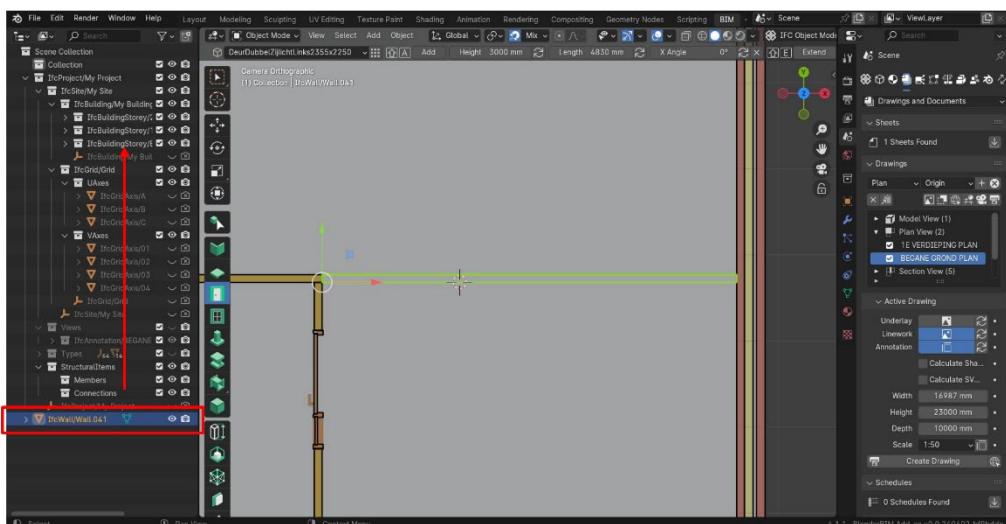


Select wall



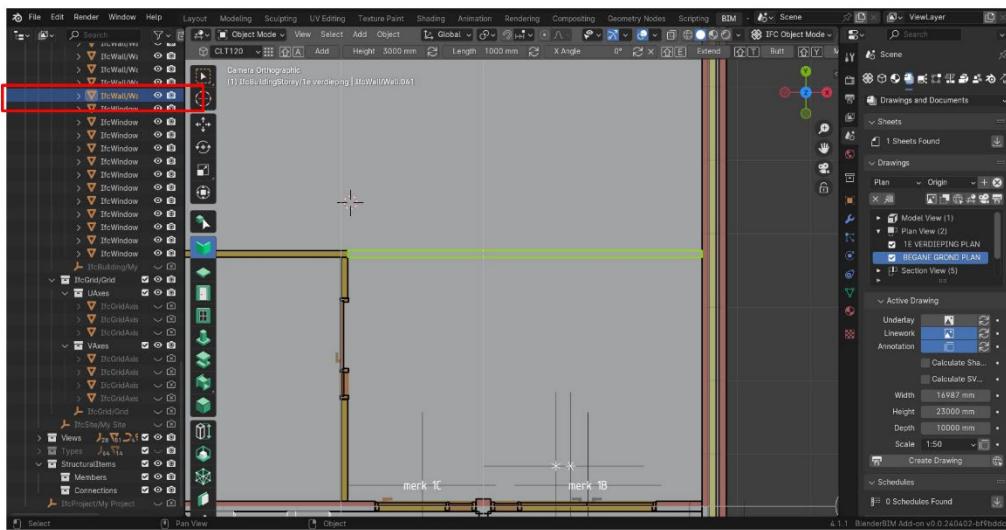


Add wall ('shift+A') and extend ('shift+E'); if only 1 element is selected, it will extend to the **3D-cursor**



Oops! The wall isn't correctly placed in the IFC Schema, so drag it to the correct level (collection)

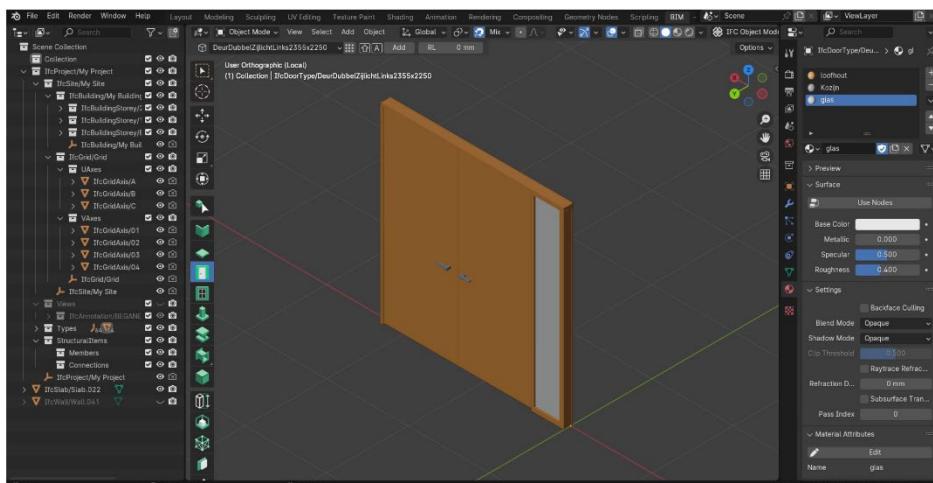




Next time select correct story **before** adding IfcElement; it will be placed inside

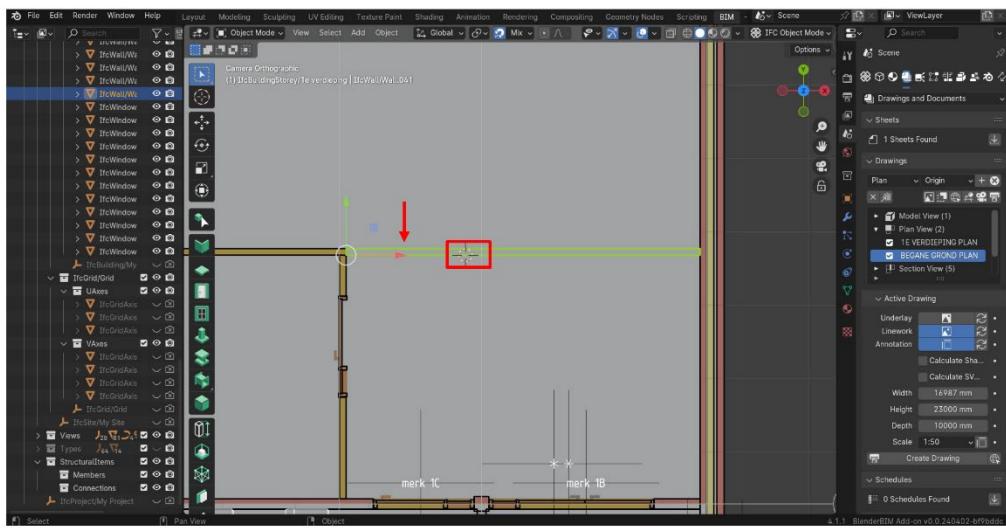


IfcDoor

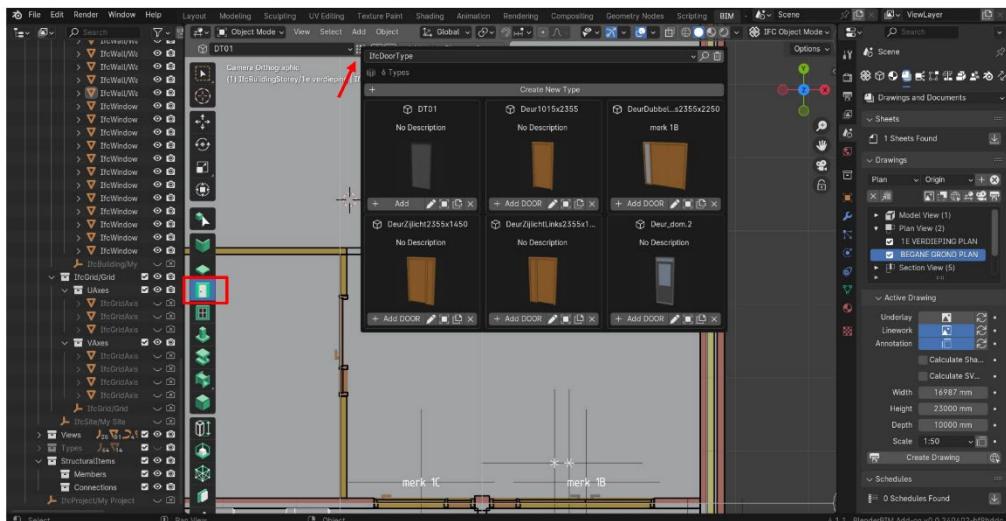


Now let's try to add this door to the new wall



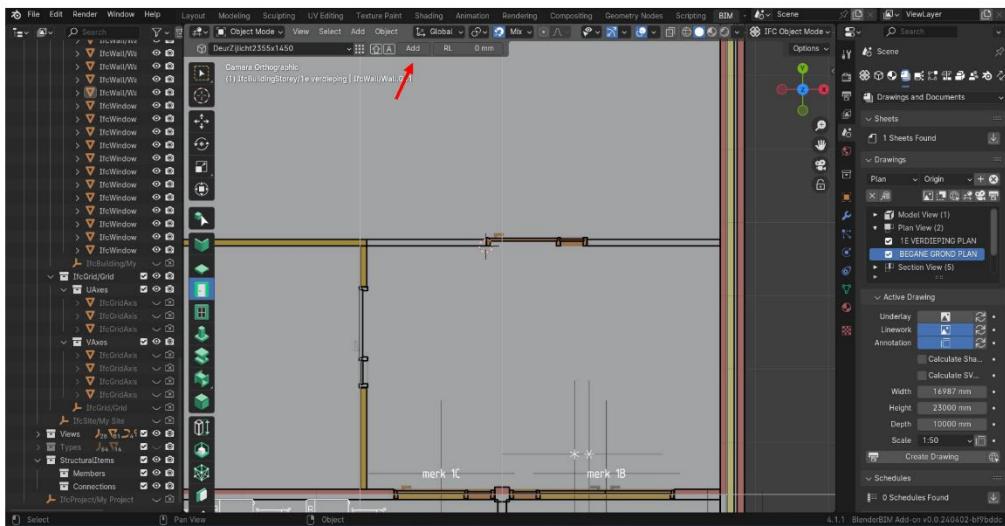


Drag 3D-cursor to snap to the wall where the door will be placed. Select the wall the door will be added to

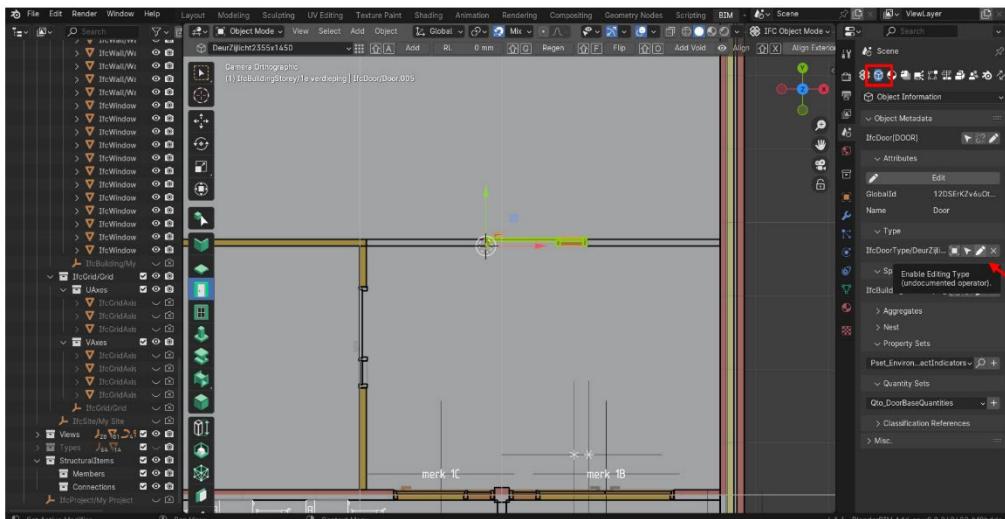


Select Door tool and click the 9 dots to see all Types visually



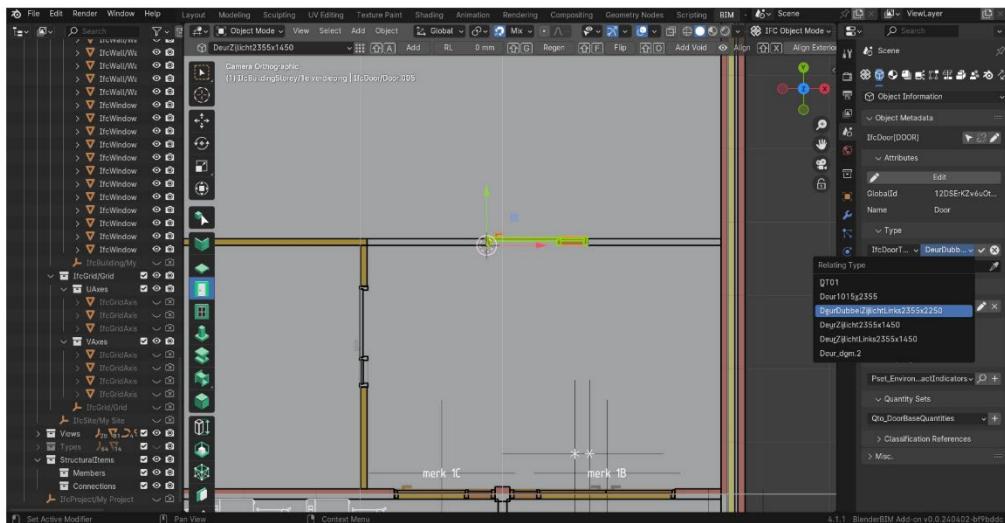


Click 'Add' on the IfcDoorType you want ('shift+A')

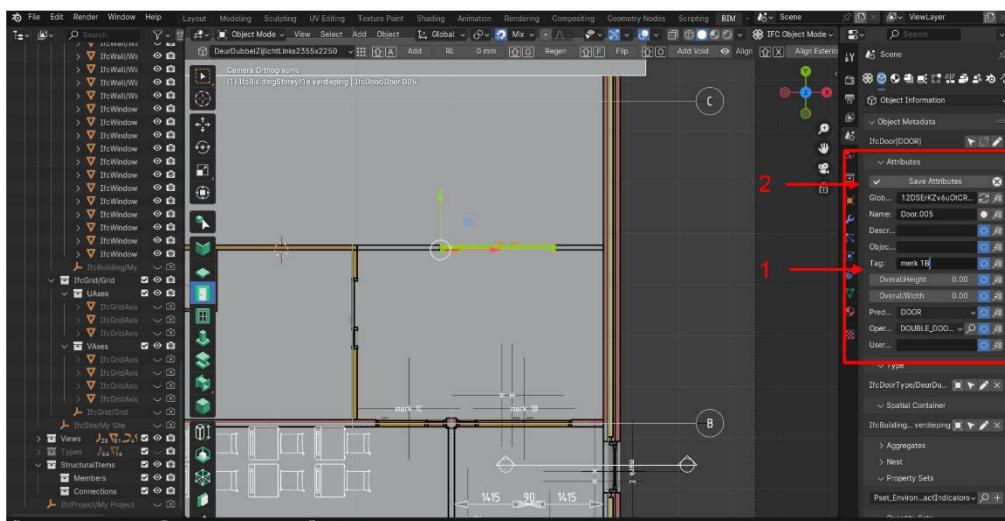


Oops! Wrong type, let's **replace** it with another; Head to the second tab (Object info) and click the pencil at 'Type'



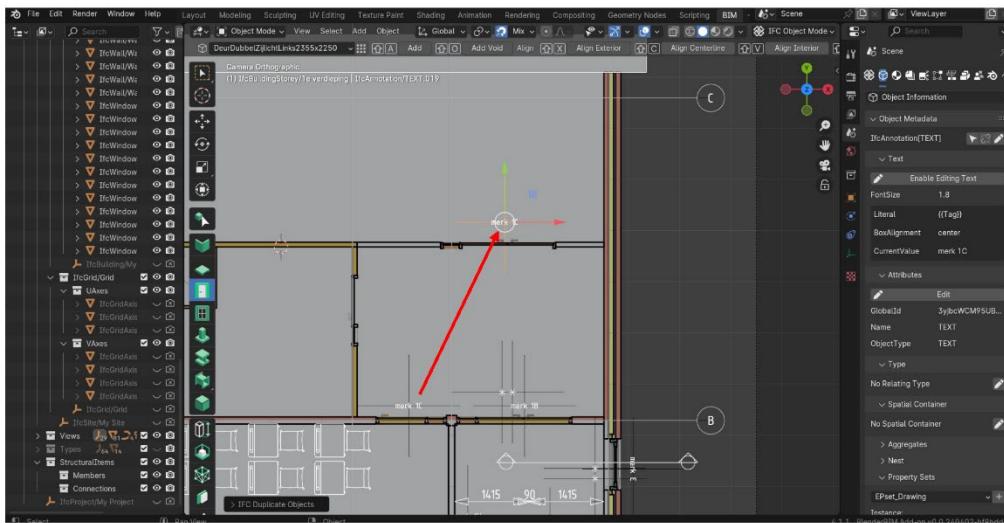


Choose the 3rd and click the checkmark

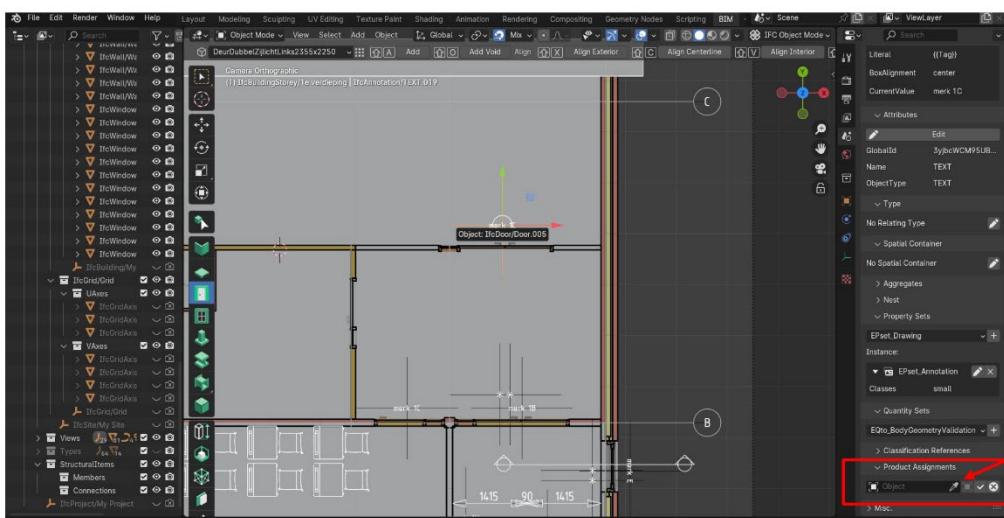


Great, now let's add a Tag 'Attribute' (something like instance properties). Click edit, add text and then **Save Attributes**



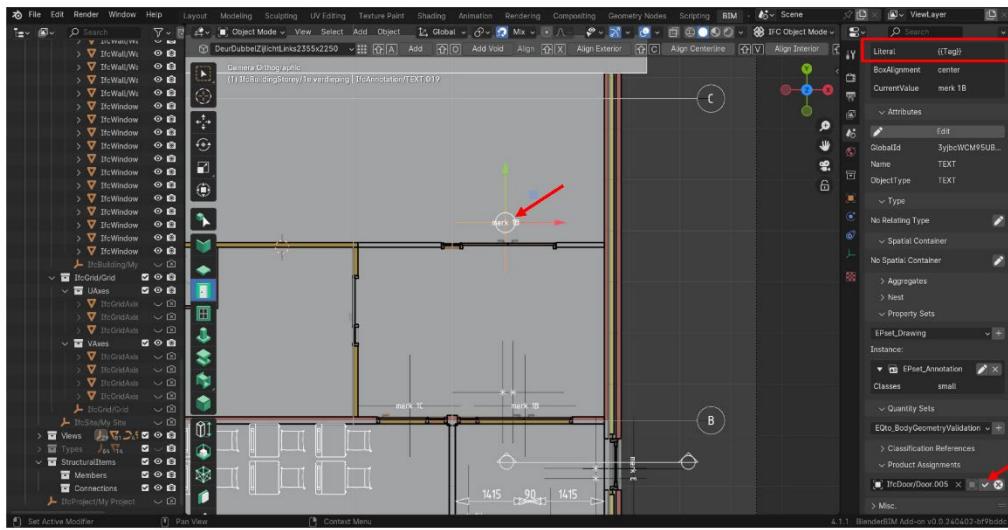


Now **duplicate** this IfcAnnotationText with 'shift+D' (**Not 'ctrl+C'** & '**ctrl+V**')



Scroll down to 'Product Assignments', edit, click the cross and select the new door with **eyedropper**

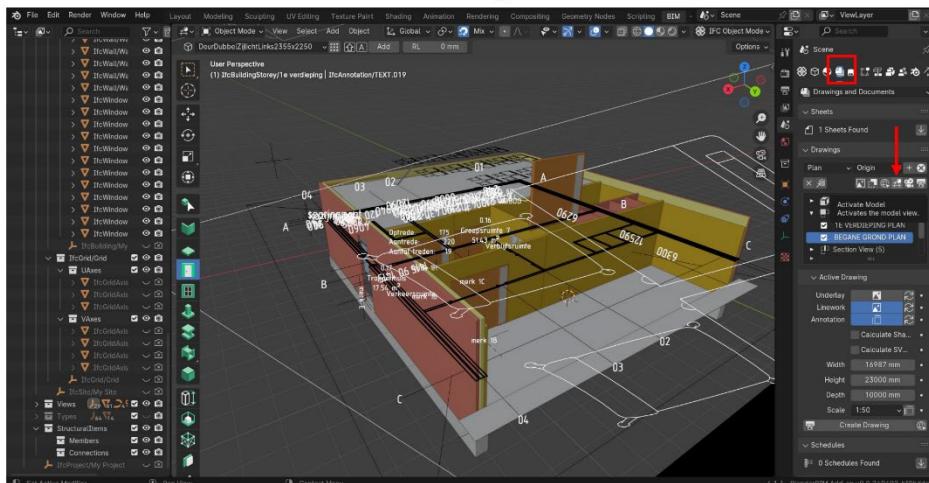




Notice how the displayed text has changed to the new 'Tag Attribute' via the {{Tag}} line. Don't forget to **save changes**

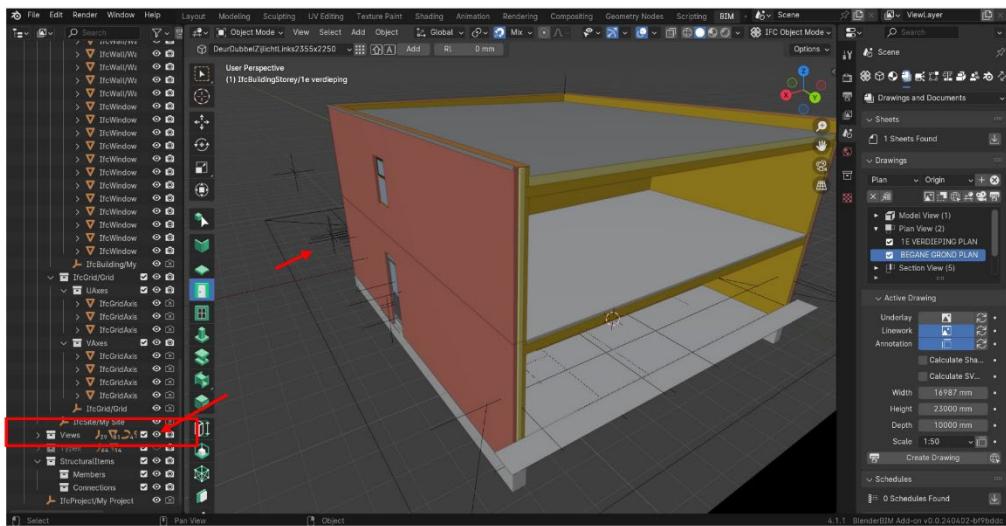


Navigation

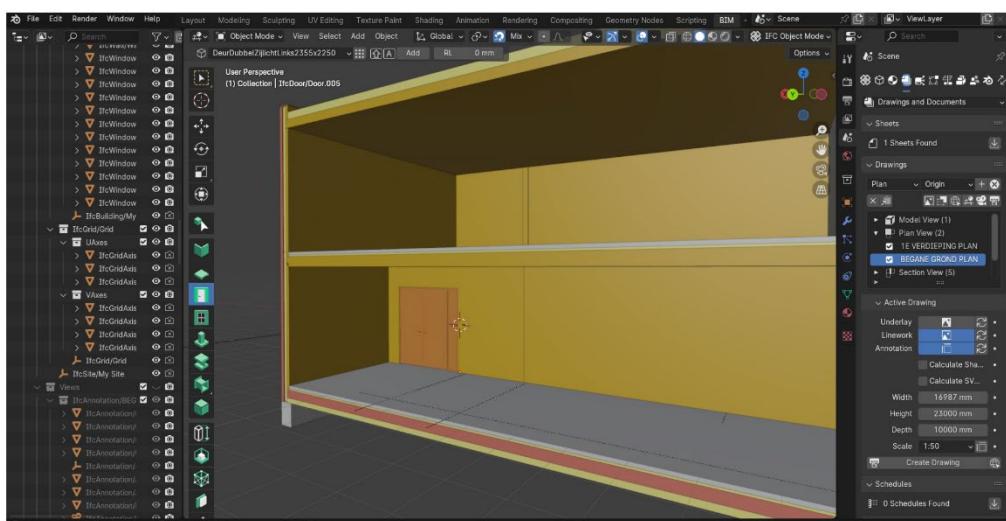


Let's get a better look of the new door in 3D; Orbit around ('shift+MMB'), looks horrible! Click this button in the 4th tab



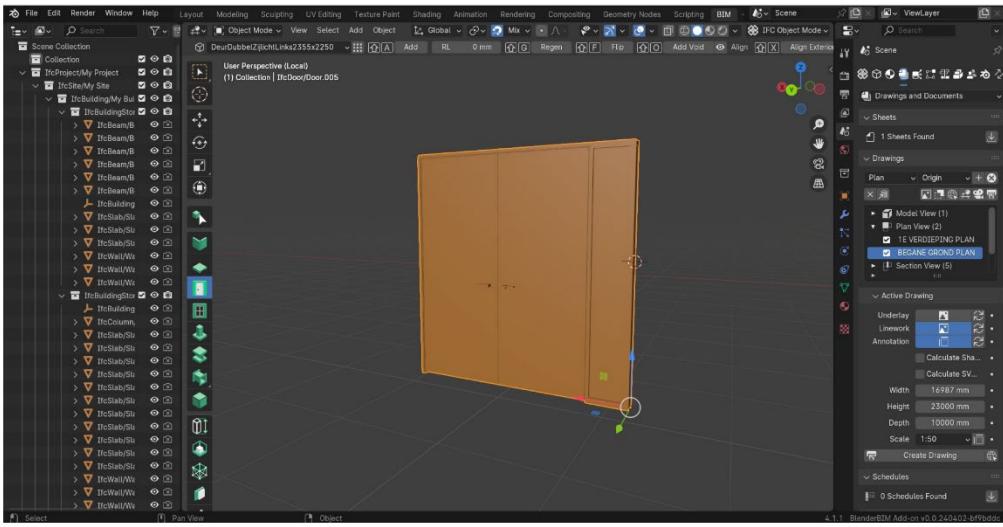


Better, but not the best. Notice how everything happens in the same 3D window; click 'Views' eye icon to **hide** the 2D annotations

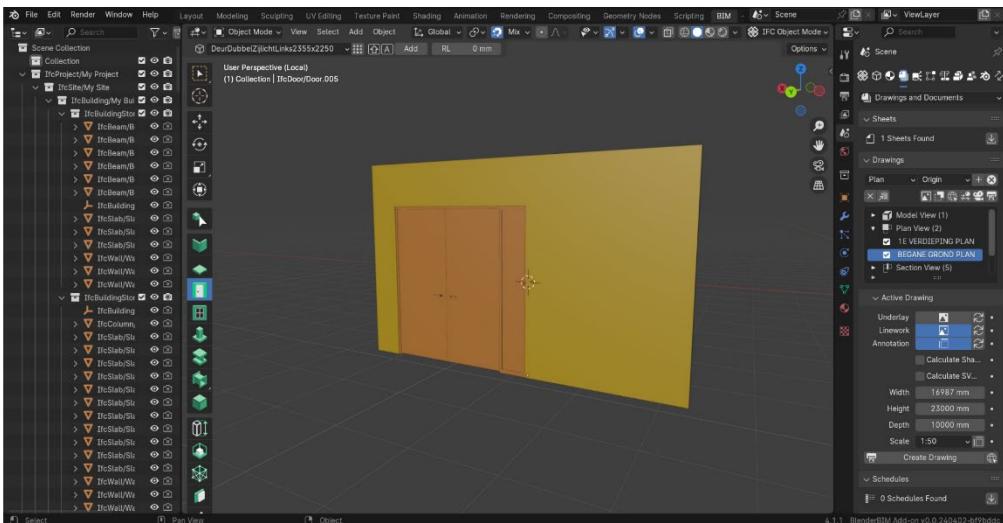


Orbit ('shift+MMB') until you see the door, then press 'alt+MMB' on the door. Now orbit again and zoom ('scroll') again





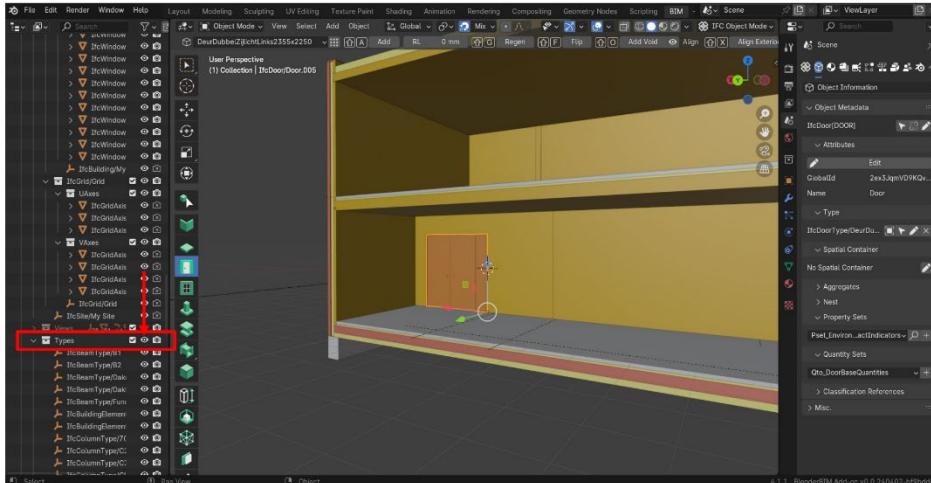
Get a closer look: select the door and press '/' (something like 'isolate elements')



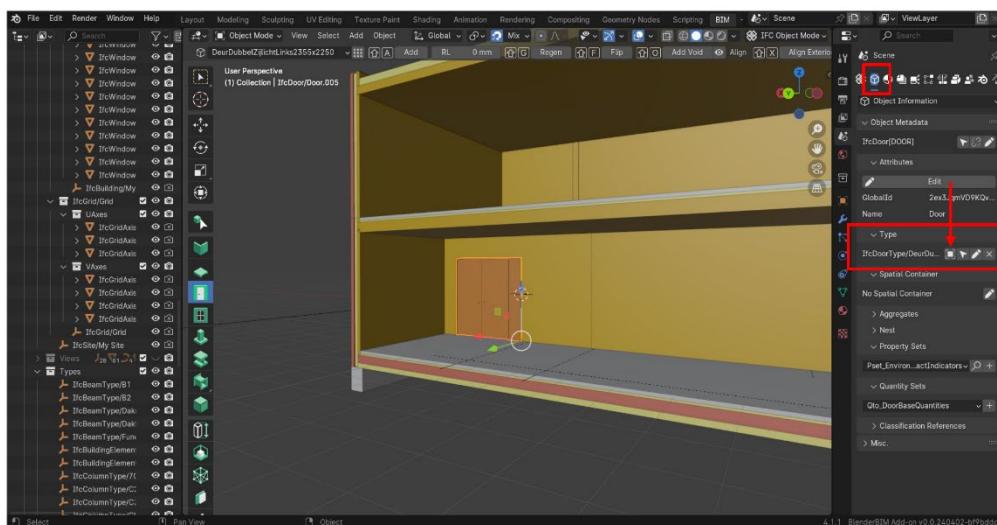
Oh, we want the wall too: press '/', select **both** the wall and the door and press '/' again; Your mouse must be in the **3D viewport**



Edit Type (\approx RvtFamily)

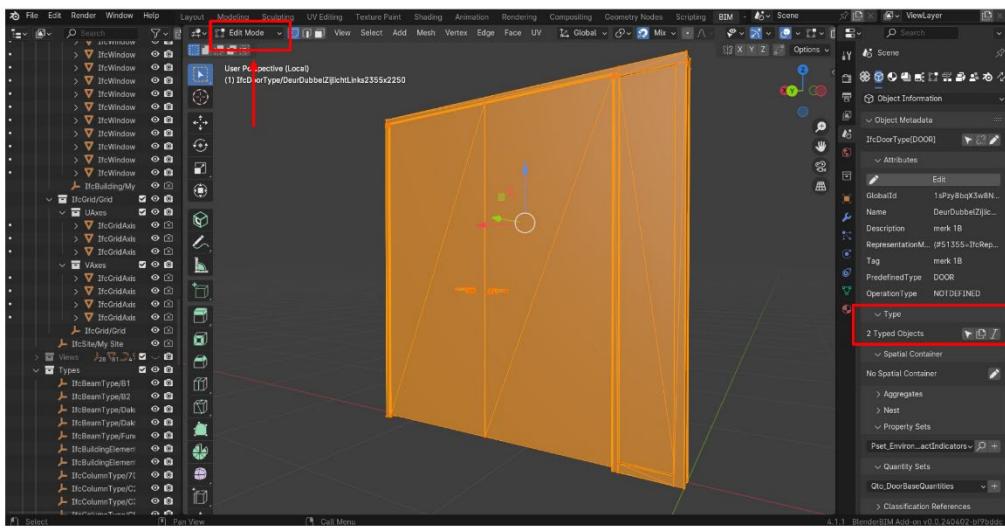


Let's give the door other colors for better visibility; Show 'Types' by clicking the **eye** icon

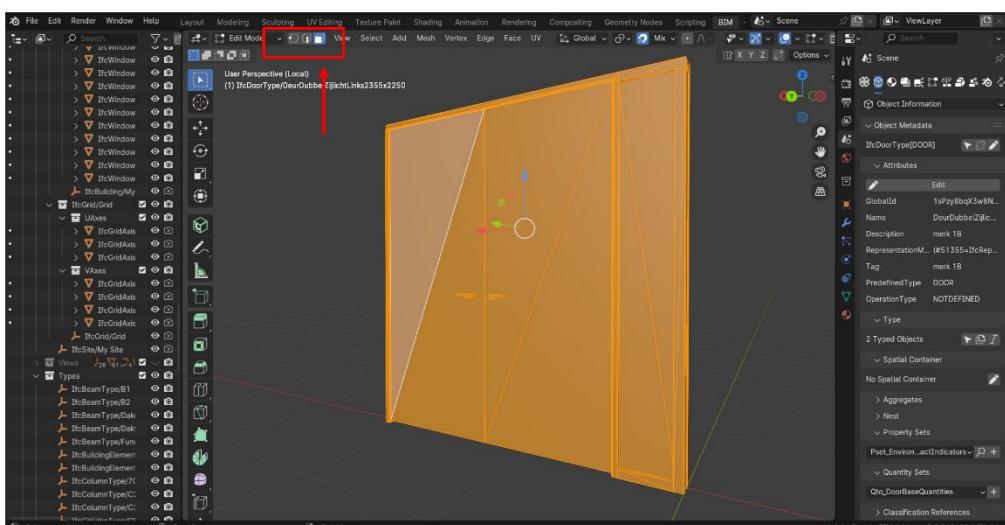


Go to the 'Object Information' tab (2nd) and select the **first** button from 'Type', this selects the original Type. Then press '/'



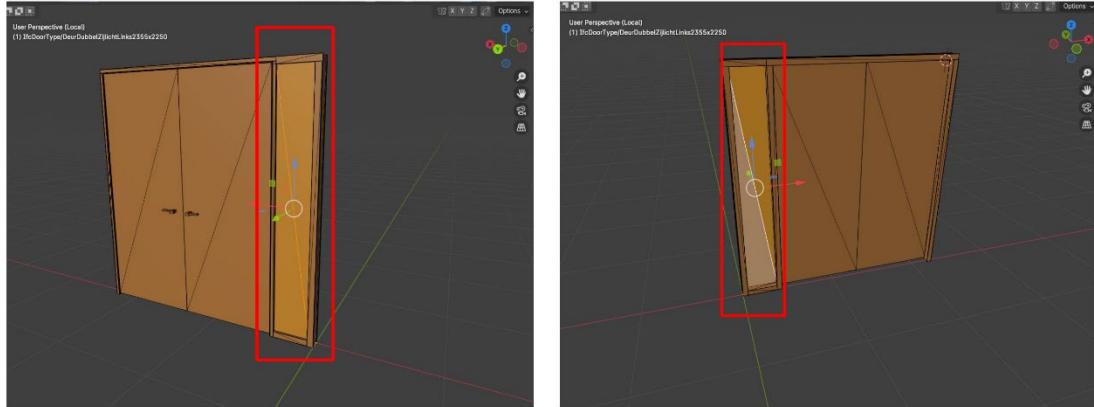


We can see how many Objects with that Type are in the project.
Press this button and select '**Edit mode**' ('Tab')

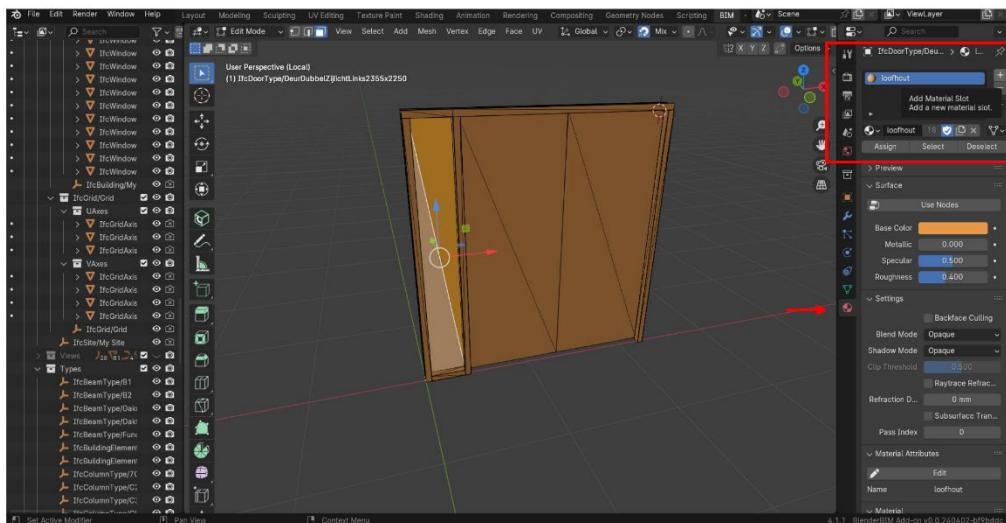


These buttons determine what we can edit: Vertices ('1'), Edges ('2') or Faces ('3'). Go to **Face Select** by pressing 3rd button ('3')



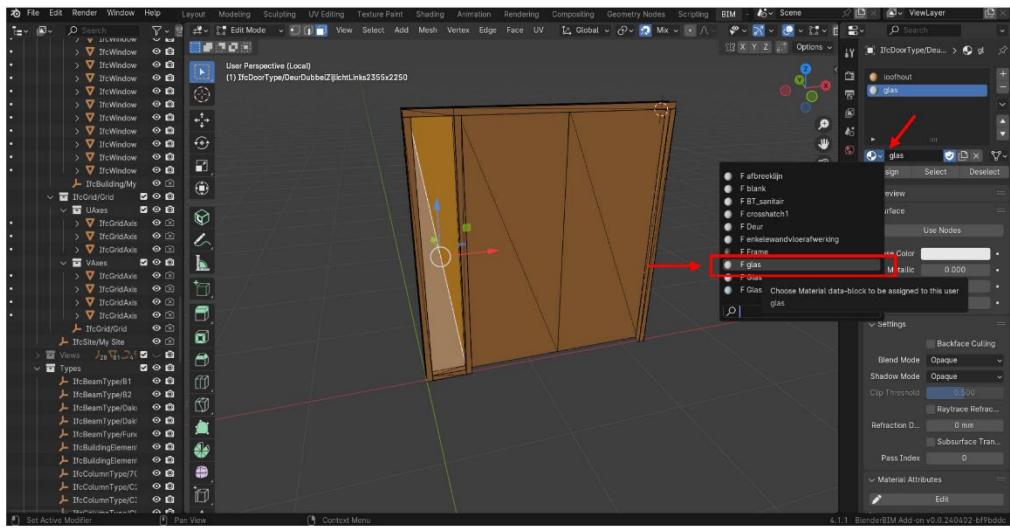


What we change here, changes for all instances. Try to select all faces that should be glass, front **and** back ('shift+LMB')

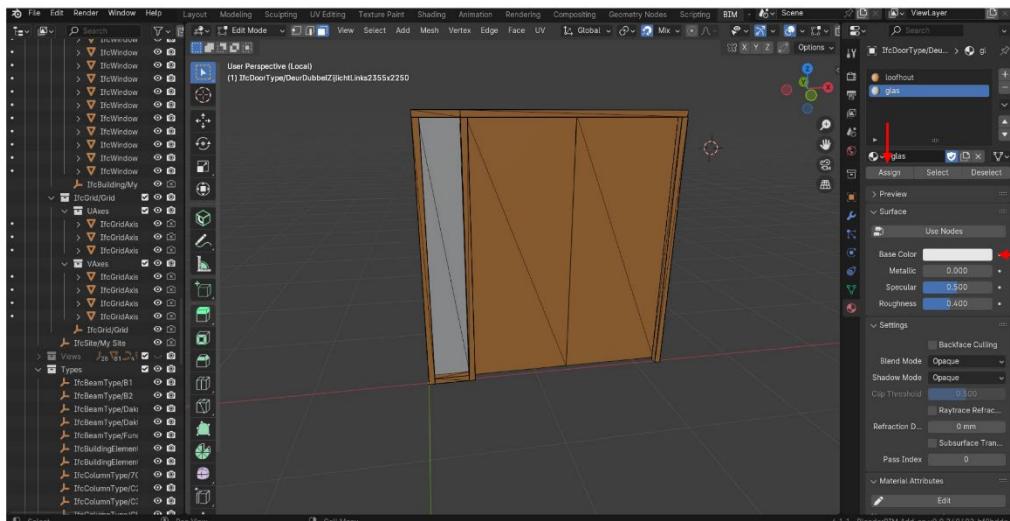


Go to the Blender 'Material' tab and add a new material to this Type here



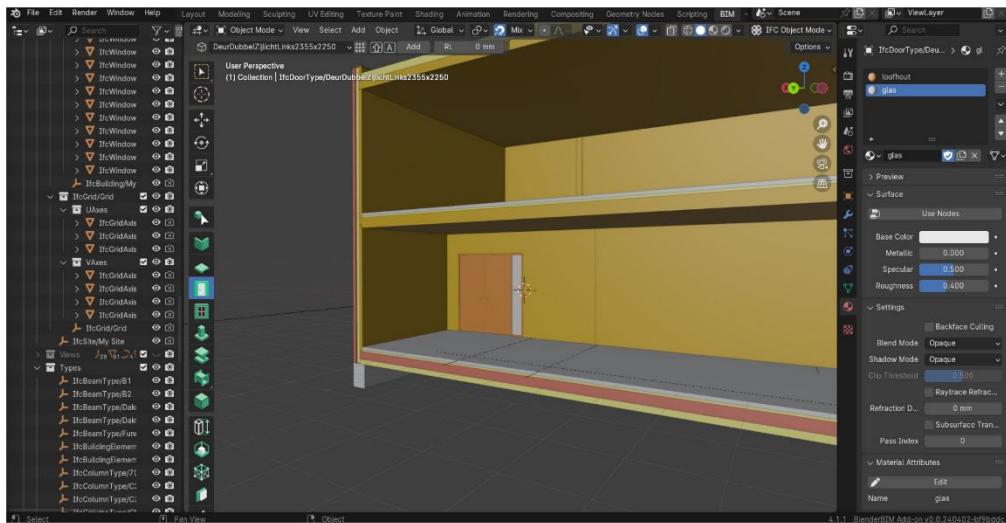


Select the black and white circle icon and choose 'glas'

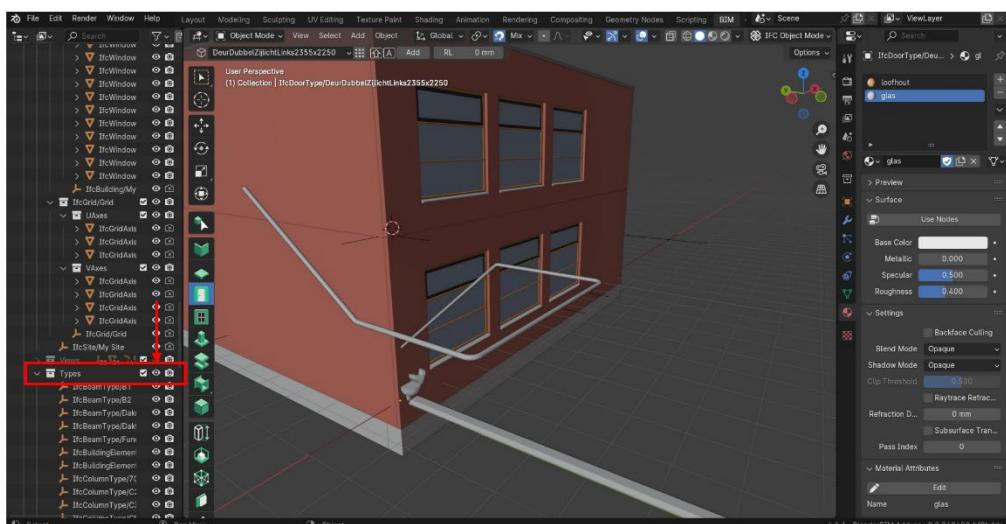


Press 'Assign' with the faces **still selected** to assign the material. The color has now changed! You can change 'Base color' if wanted.





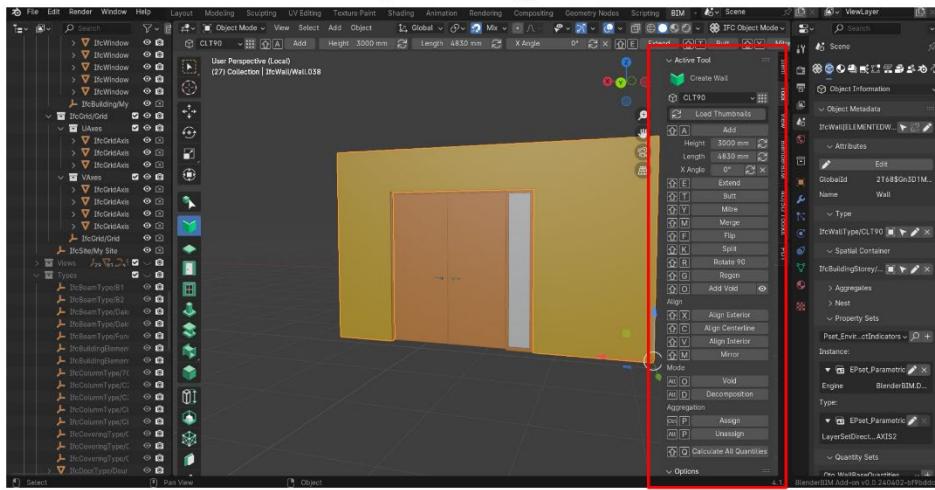
Switch back to 'Object mode' ('Tab'), and press '/' to see the changed IfcDoor in the wall.



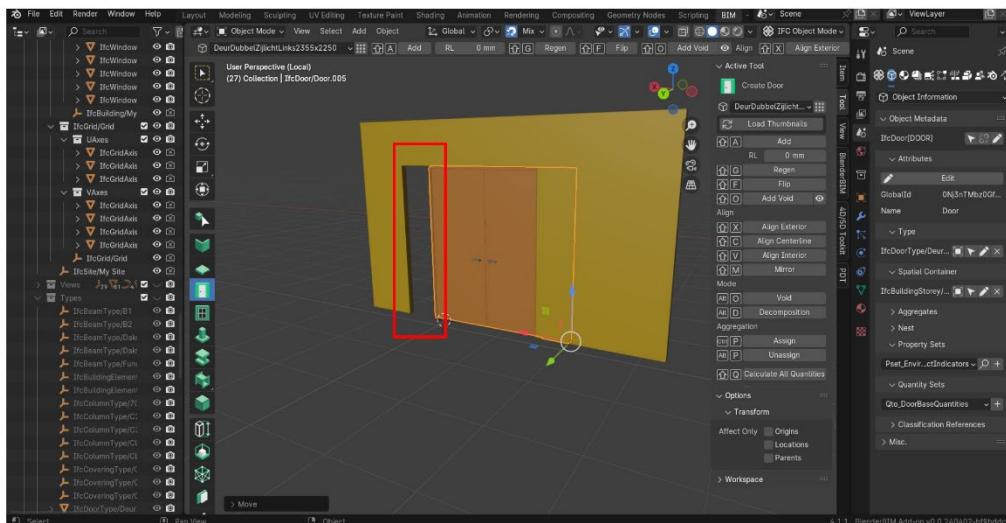
Toggle the Eye icon again to hide these types. Save project regularly ('ctrl+S') to save progress; BlenderBIM **crashes** sometimes



IfcOpeningElement

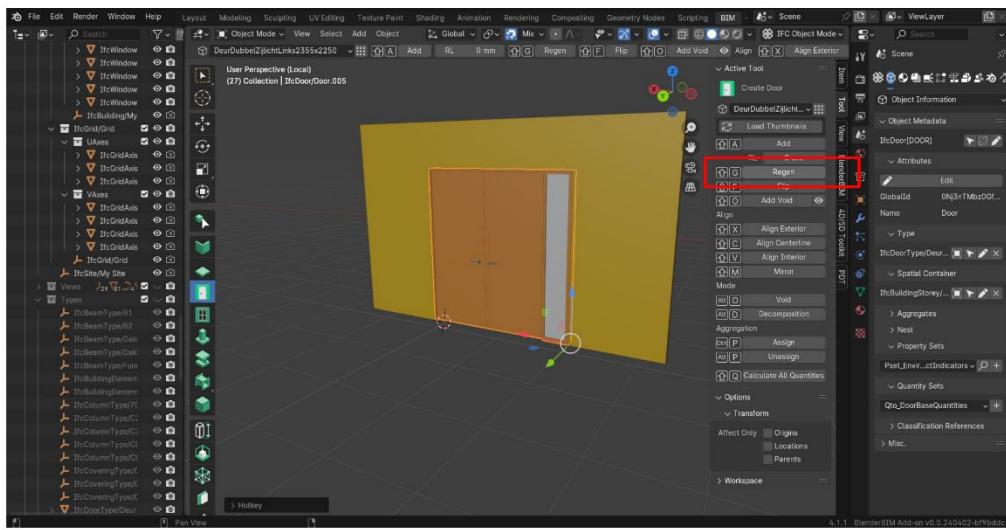


The opening is automatically added, but the door should move just 500 mm to the side. Open extra info tab 'N'

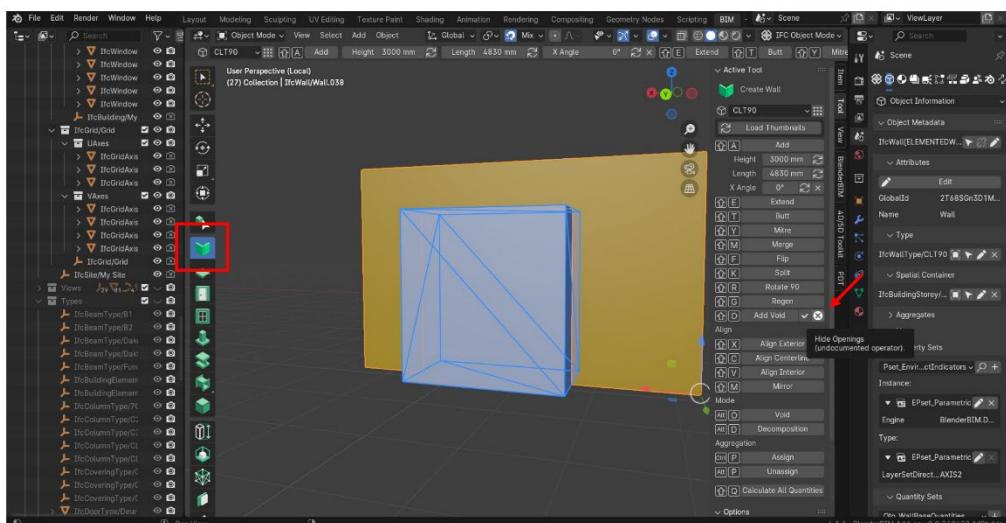


Select door and move it 500 mm to the side. The void stays in place! These elements are **not** constantly updating



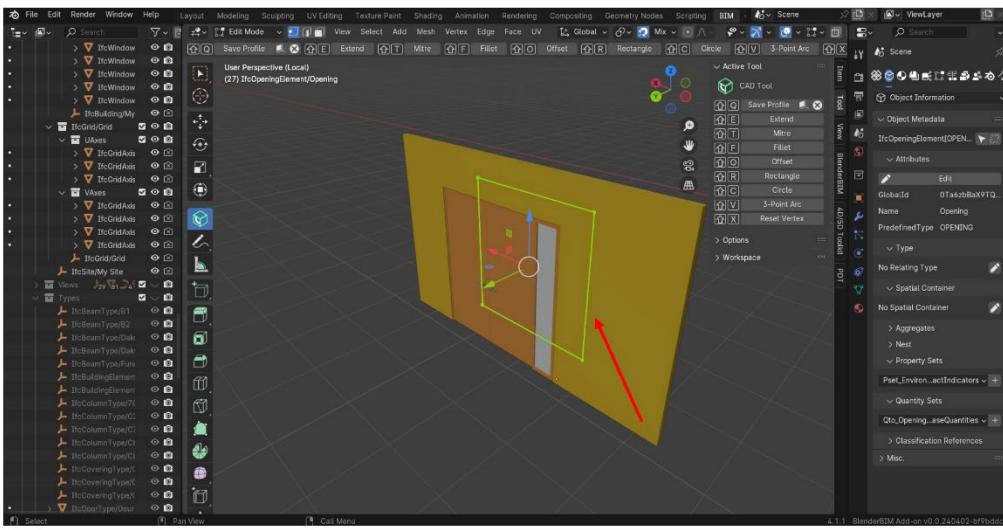


Clicking Regen ('shift+G') updates the link between Void and Element

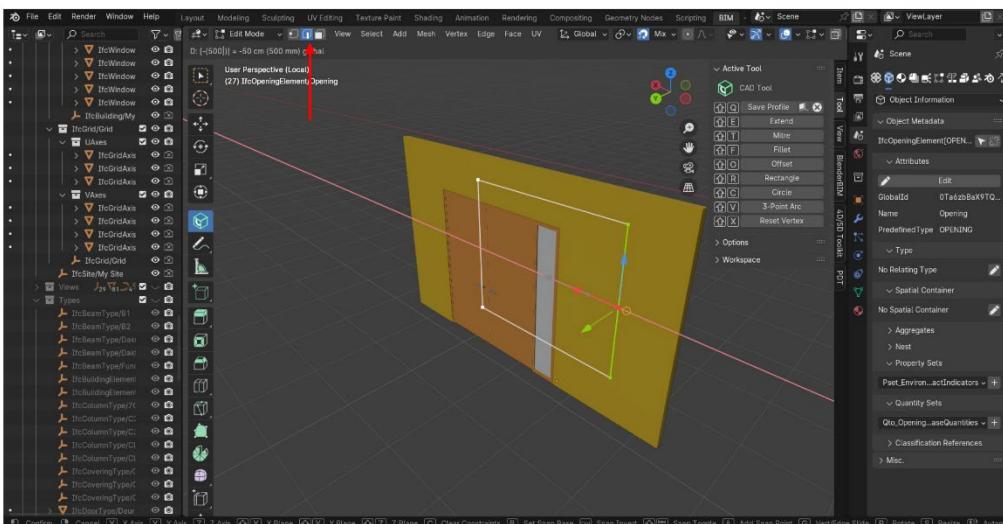


But we want a bigger void! Select wall & wall tool and click the eye icon ('alt+O') to enter **Void mode**.



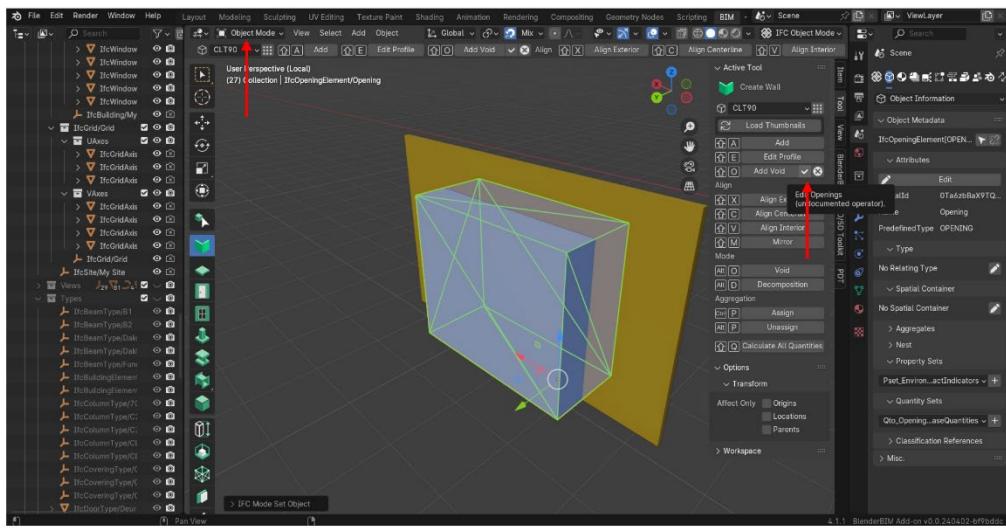


Select the void and enter **Edit mode** by using 'tab'. You see the default void is created by extruding the outlines of the door.

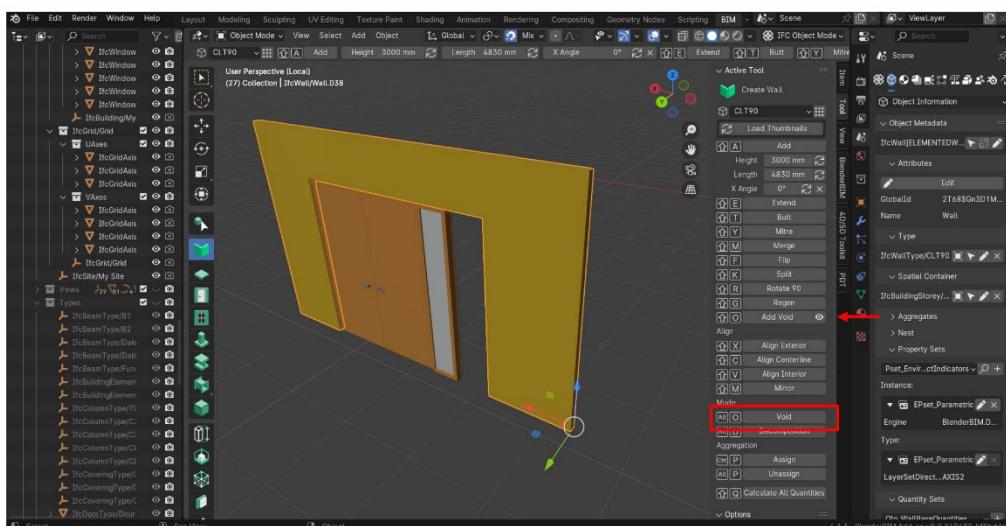


Go into 'Edge Select' mode ('2') and move the edge e.g. 500 mm to the right ('G+X+500')



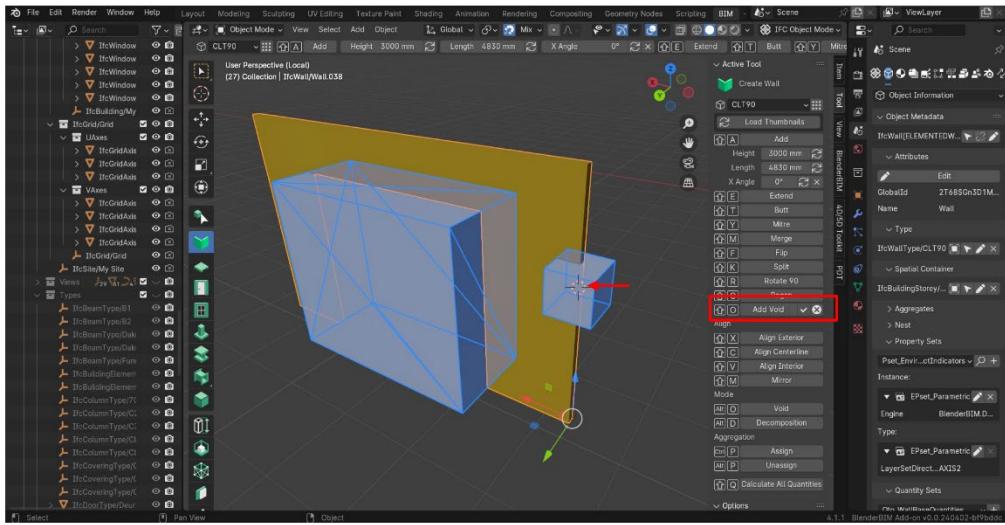


Go back to Object mode with 'tab' and click the checkmark to apply the void and leave Void mode

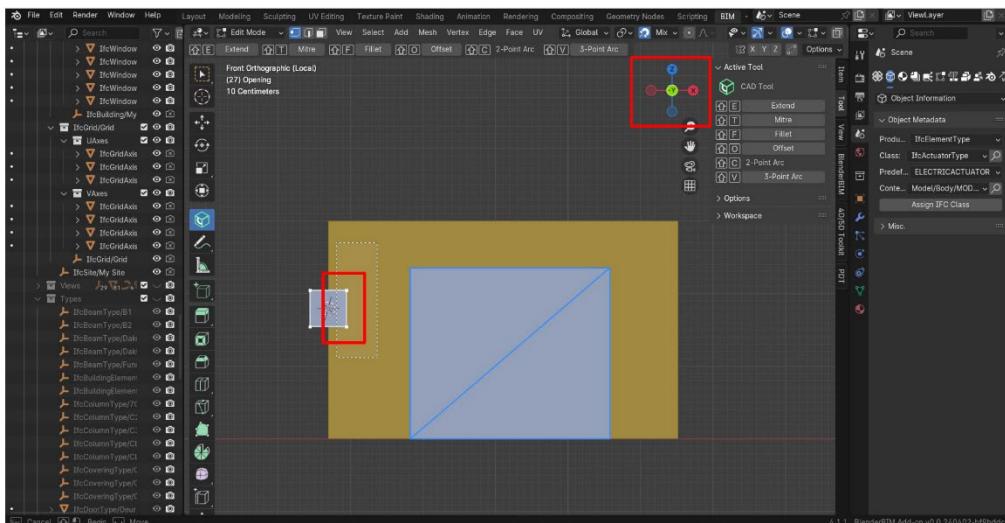


Cool, now go back to Void Mode via the eye icon or the other button ('alt+O') to add a custom void.



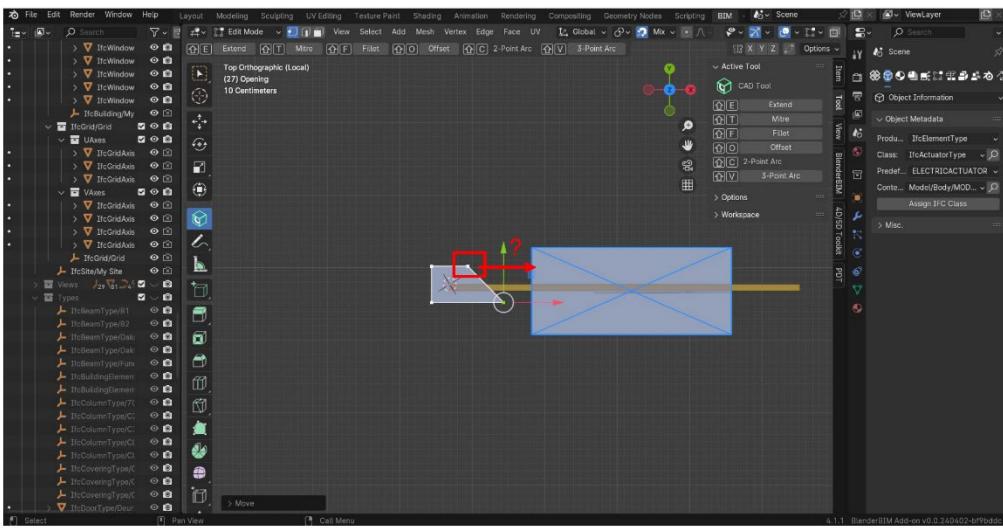


Place the 3D-cursor on the wall ('shift+RMB+drag') and click Add Void ('shift+O')

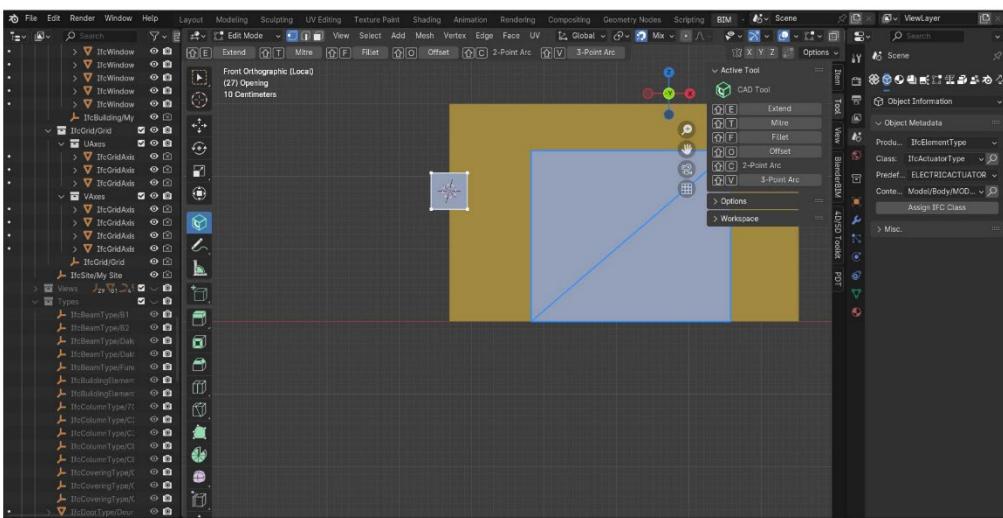


Get a better view by pressing 'NUMP 1', 'tab' into Edit Mode and drag to select the vertices on one side



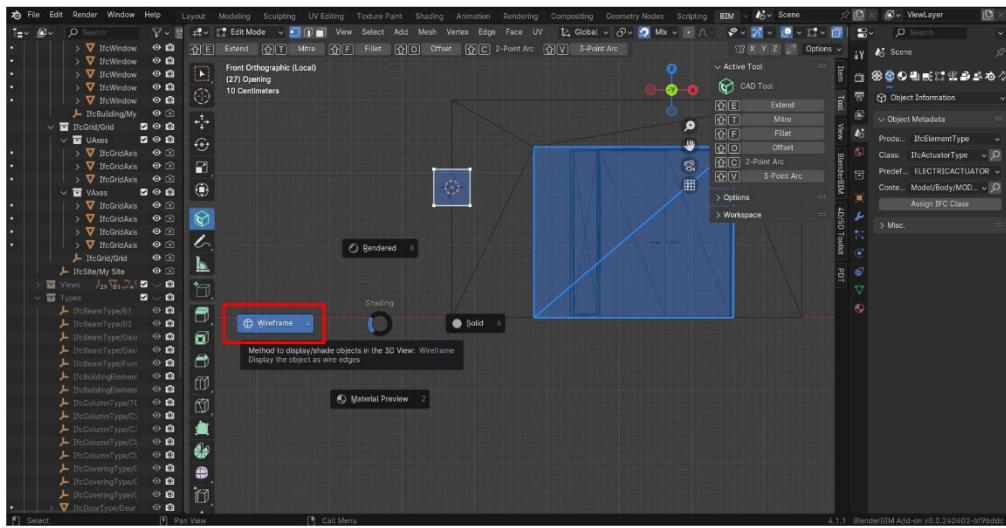


Drag them to the side; Press 'NUMP 7' and you see that the 2 vertices in the back **didn't get selected** and thus didn't move

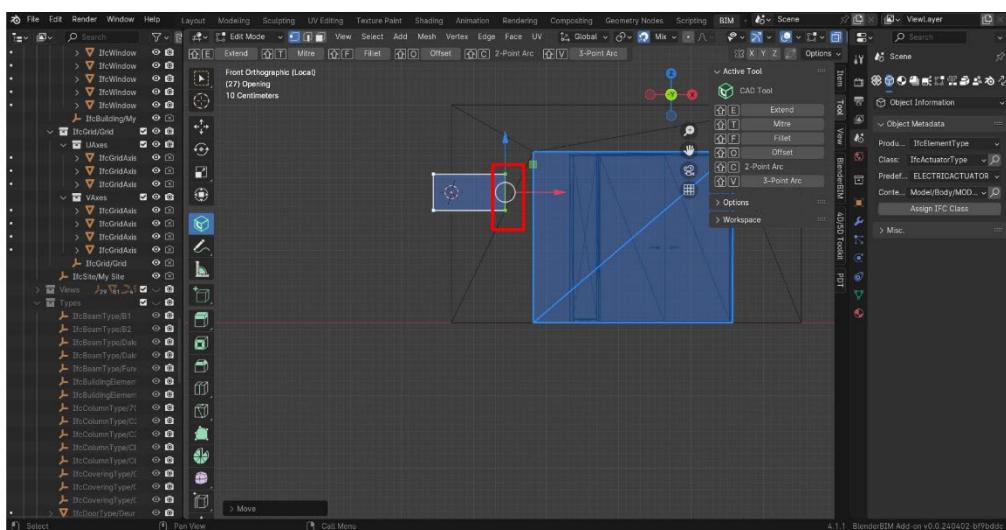


Go back to side view ('NUMP 1') and press 'ctrl+Z' 2 times, as (de)selecting counts as an action

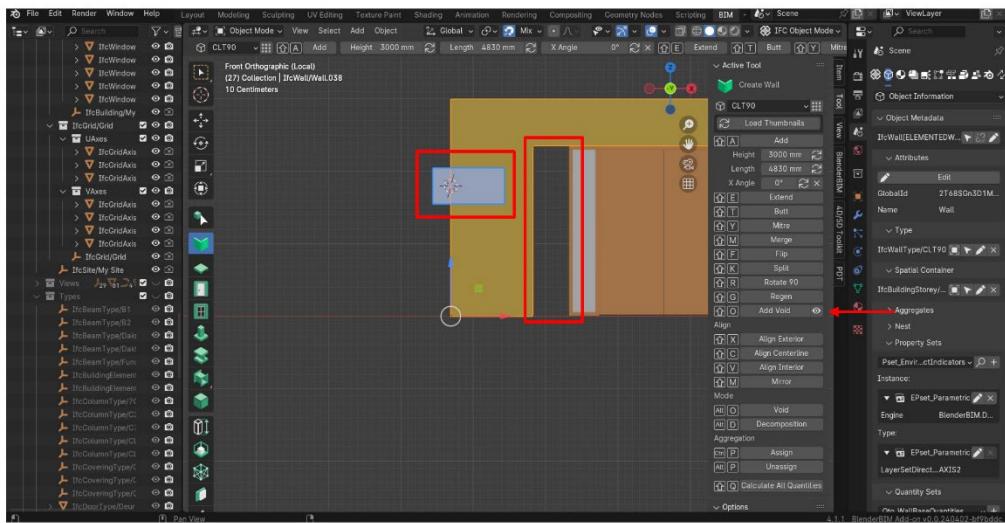




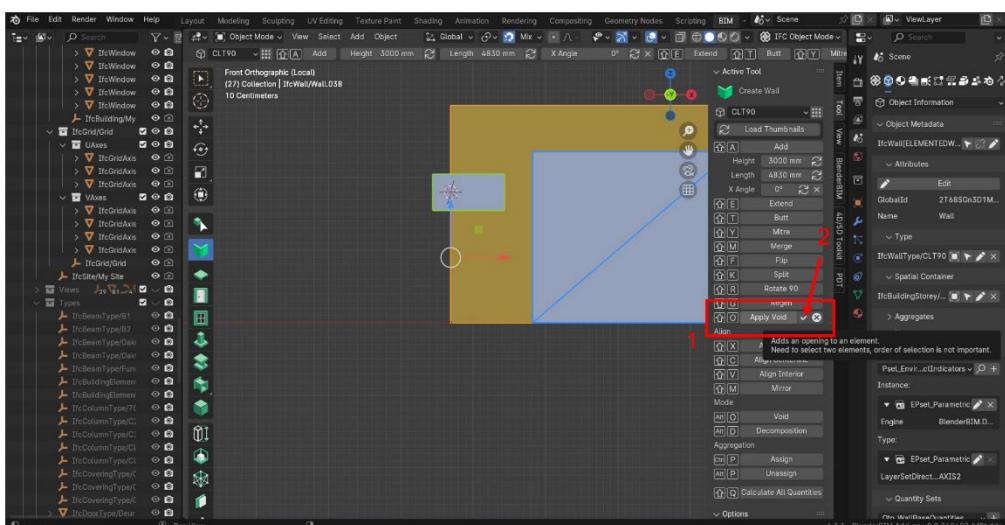
Now press 'Z' to switch between **Display Modes** and go for Wireframe 



Select & drag again to see the vertices in the back have also moved. 
Switch back to Solid Mode ('Z') and into Object Mode ('tab')

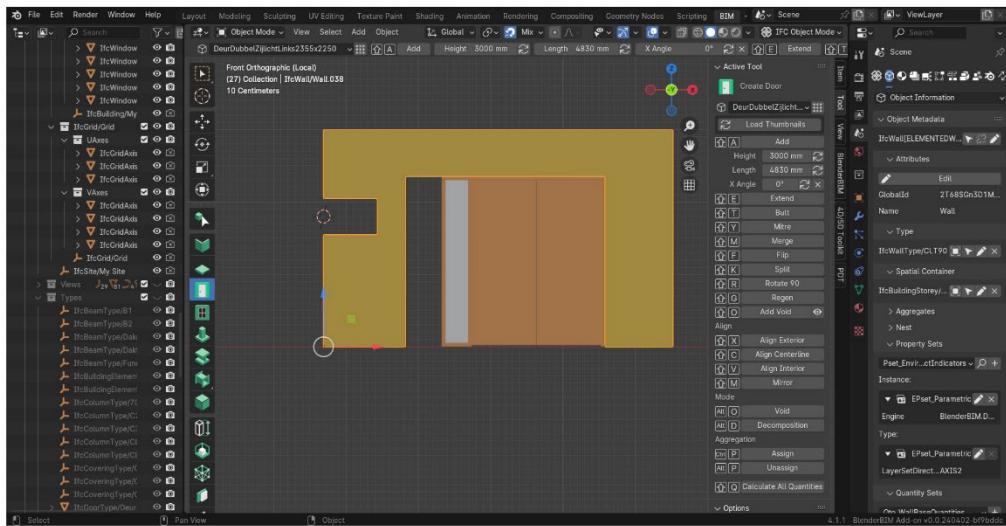


Select the wall and click the checkmark. Note that the void isn't applied to the wall yet! Go back to Void Mode ('alt+O')



Select the void **first** and the wall **second**, otherwise you get less options. Then press 'Apply Void' and **then** the checkmark





Awesome, custom void, check! This part is finished now!

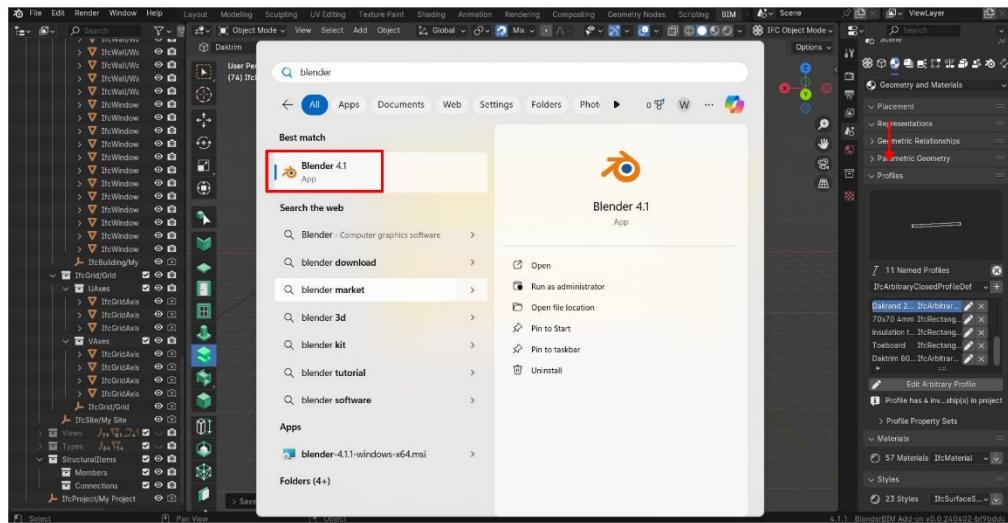


Create & link library

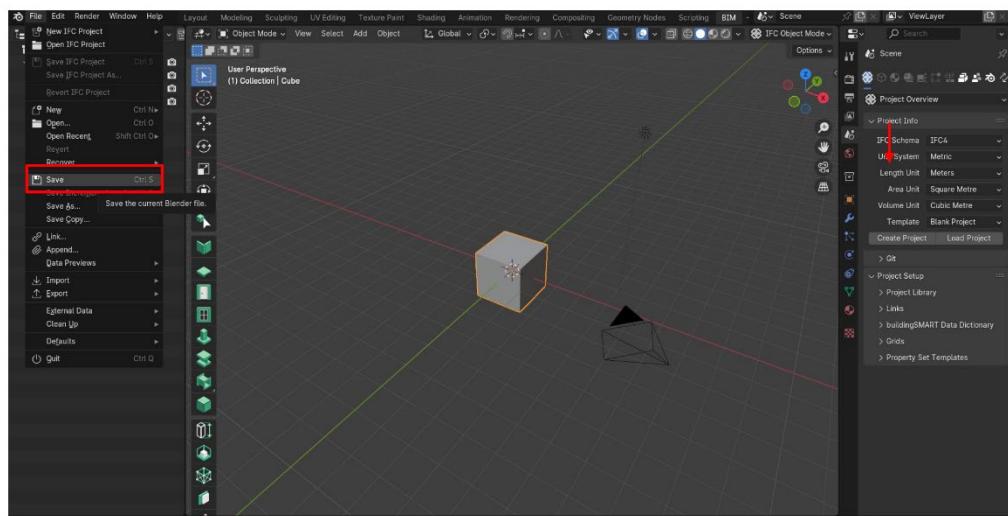
- Now let's create a simple 3D chair to link into our project
- Start of your own **library**
- Learn editing and more

Creating a library object and linking it



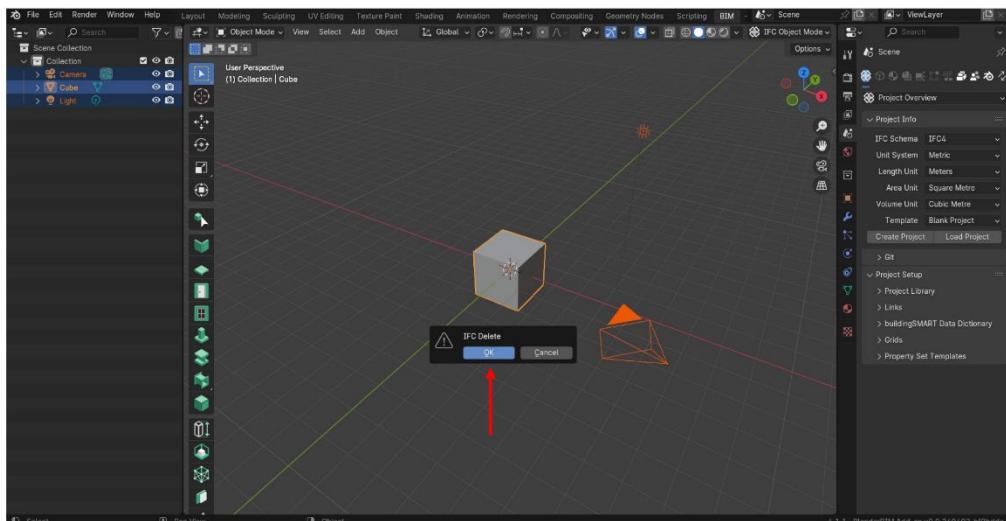
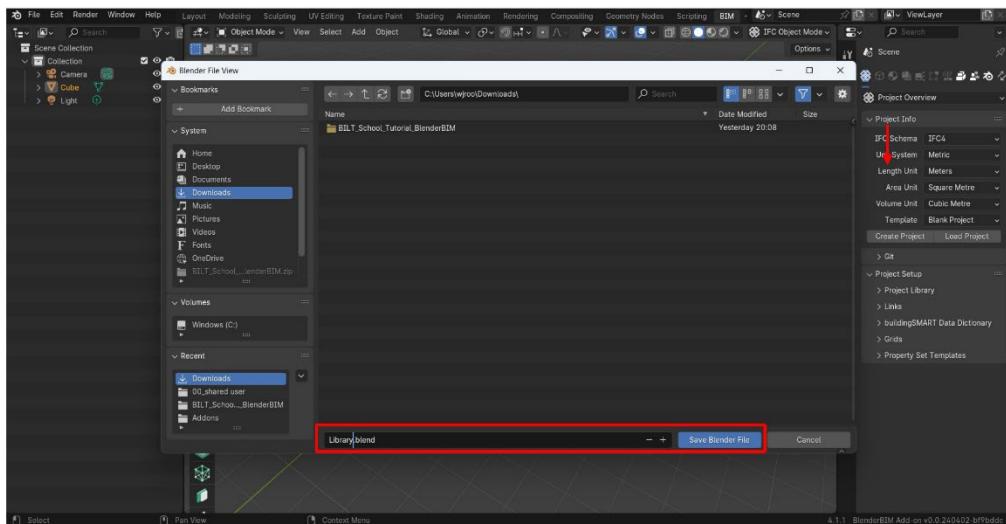


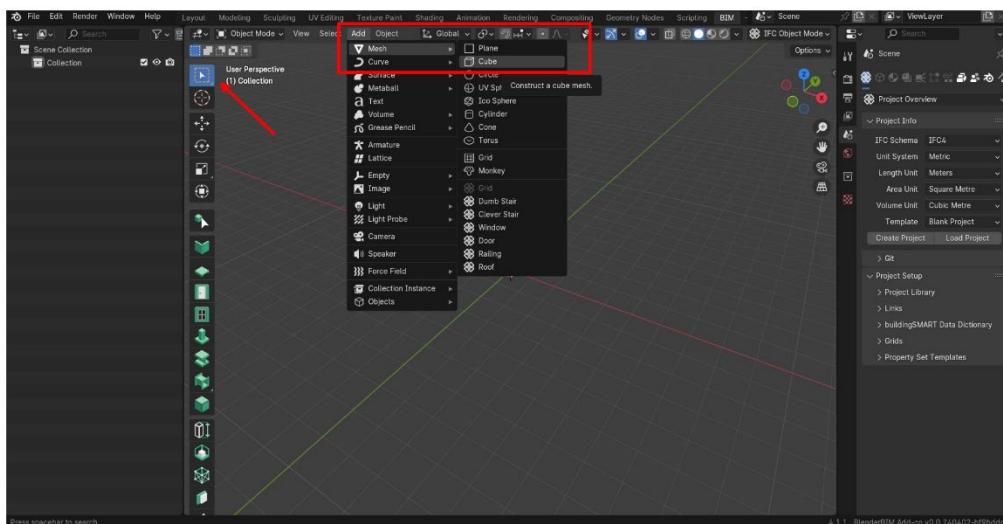
Open another Blender instance



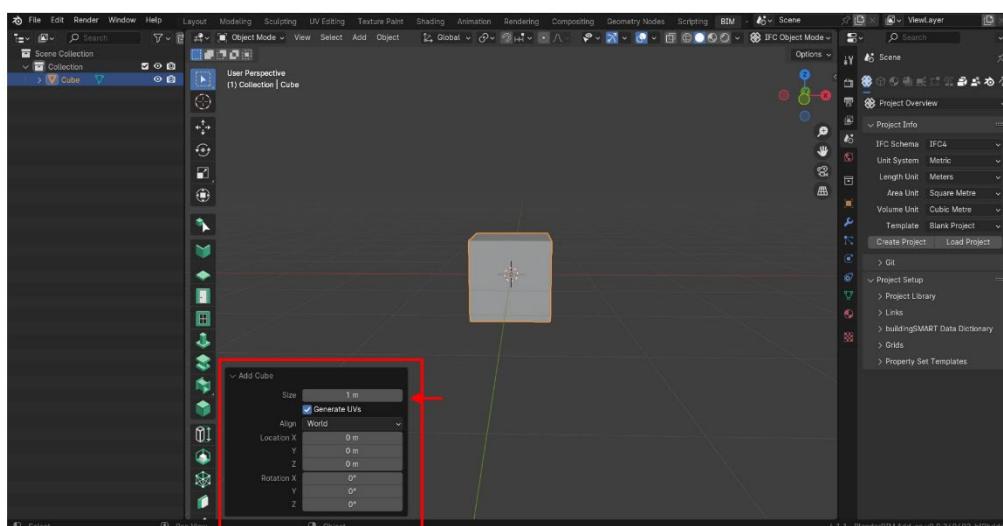
Save the **Blender** file (non IFC elements **aren't** saved in .ifc, that's why we create a .blend save)





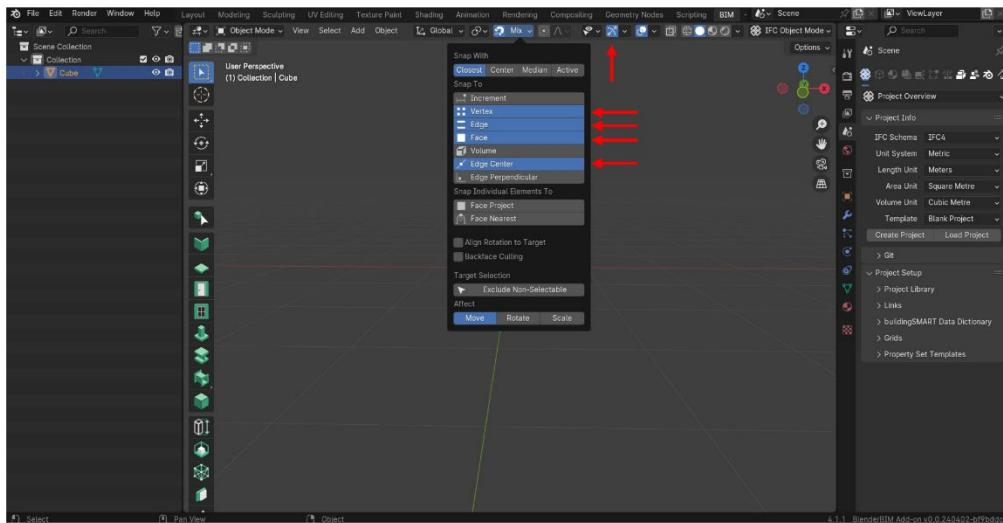


Press the select tool and add a **Blender (mesh)** 'Cube' ('shift+A')

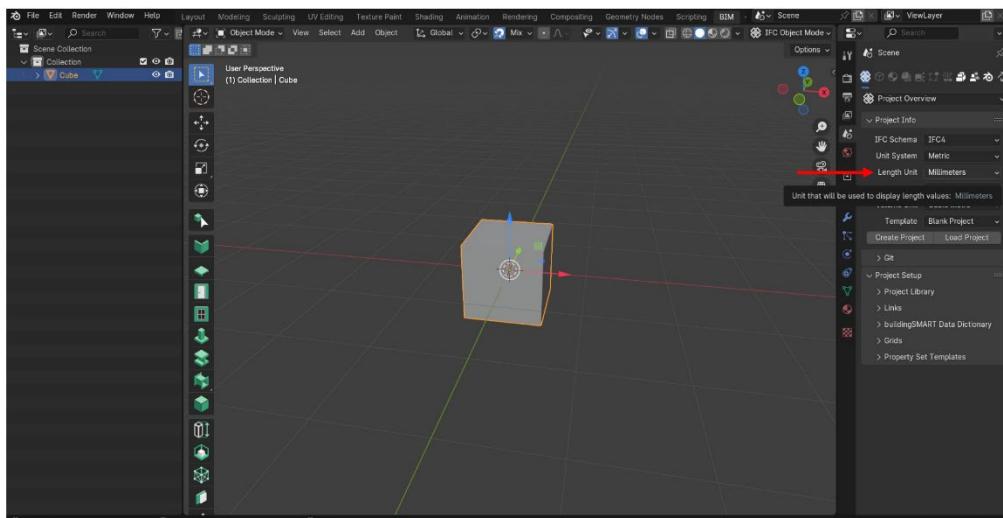


Directly after executing an action (generating cube), you can **modify** the action; e.g. change the size of the cube to 1 m(eter)



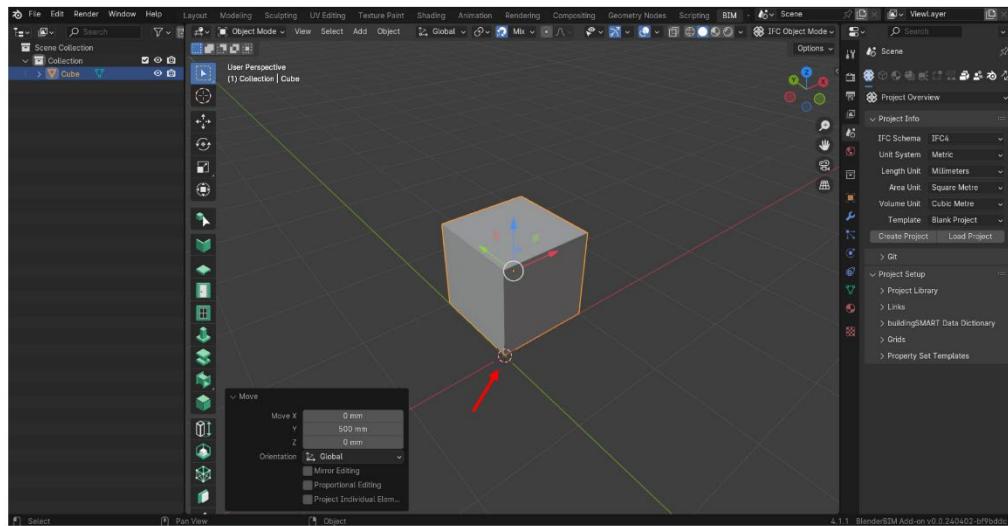


Activate snapping ('shift+tab') and Move gizmo if disabled. These settings reset every time you open a project. A solution later!

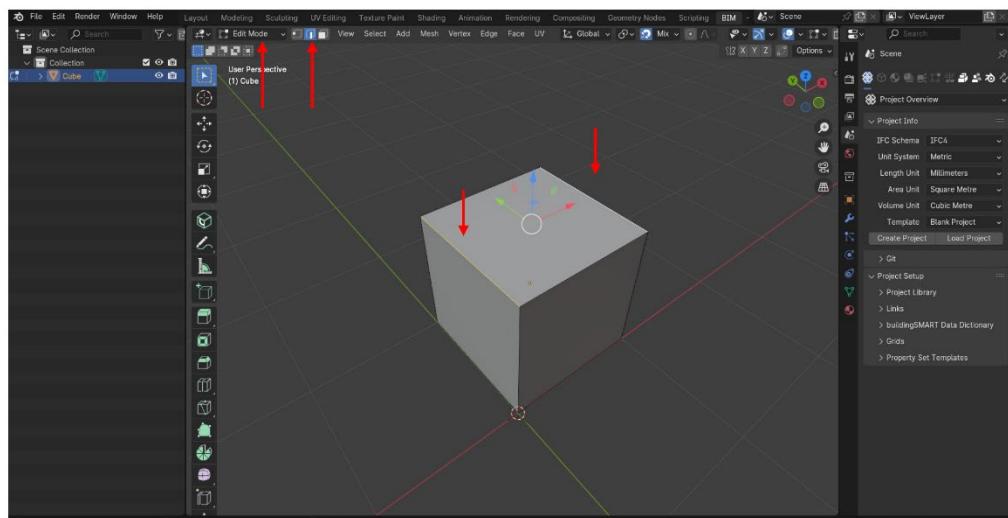


Set units to milimeters for more precise control



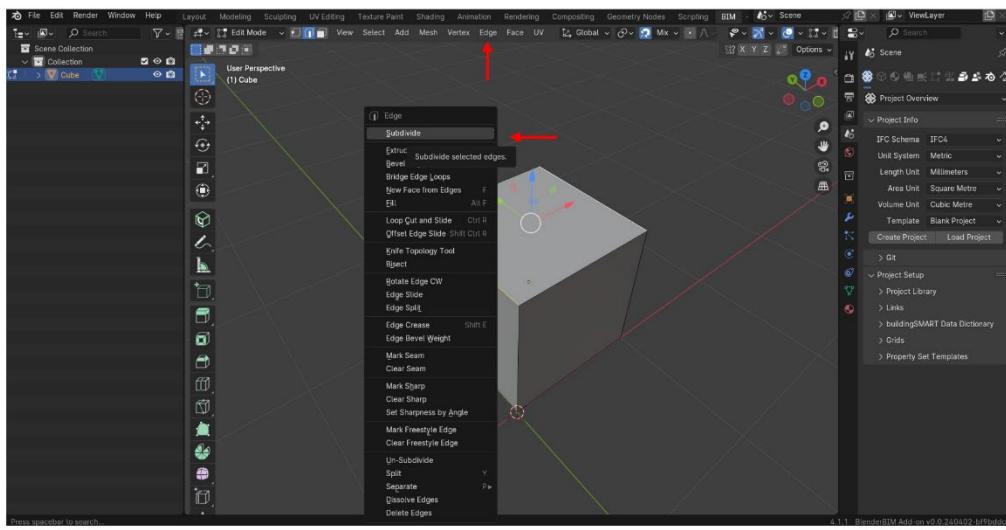


Move via 'click+drag arrow + distance' or using
'G+X/Y/Z+distance'; The cube should have 1 corner at World Origin

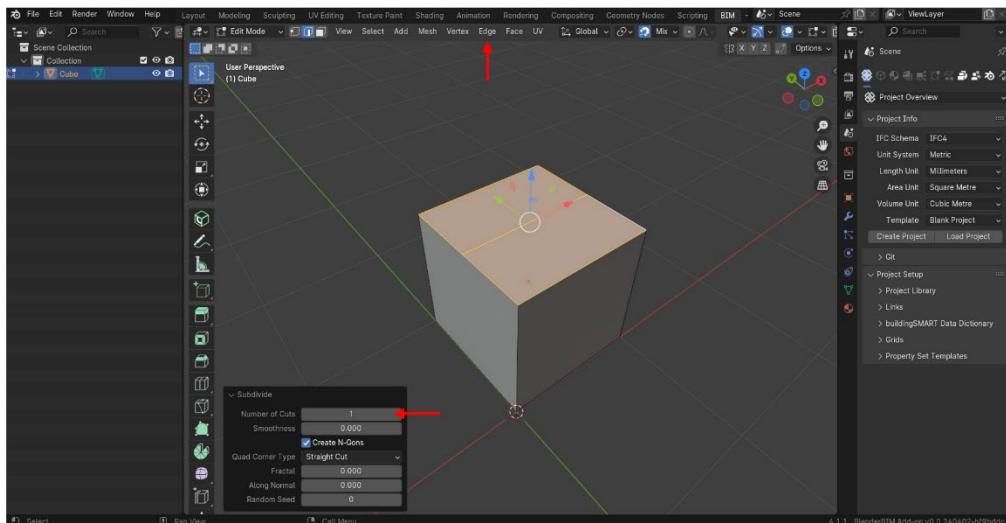


Hit 'Tab' to go into **Edit mode** and then '2' to go into **Edge Select** mode. Select 2 parallel edges



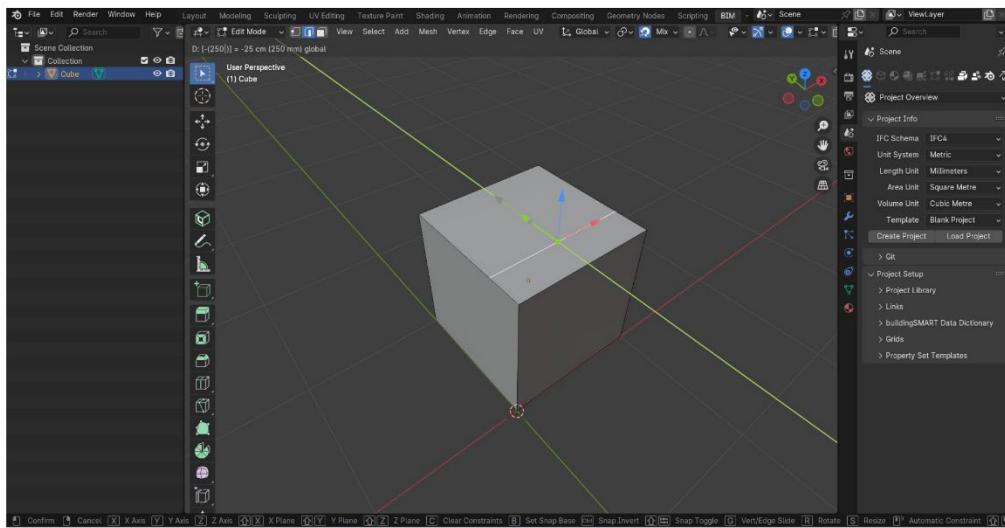


Edge menu ('RMB') and then Subdivide, to divide the edges in n equal parts

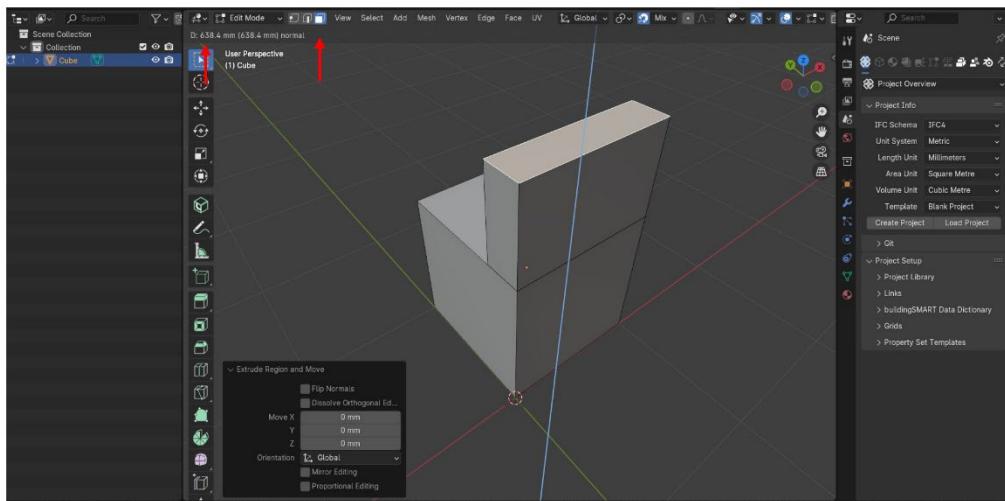


Note that **immediately** after you get this menu again, in which you can decide how many cuts/parts. In this case 1 is enough



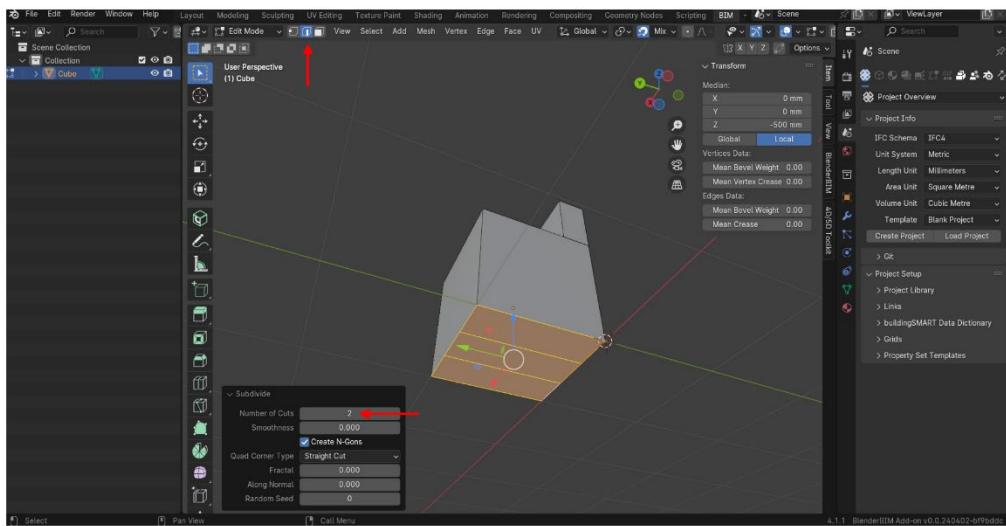


Select the new edge and move it by dragging the arrow and typing in -250 ('G+Y+250-') and pressing 'Enter'

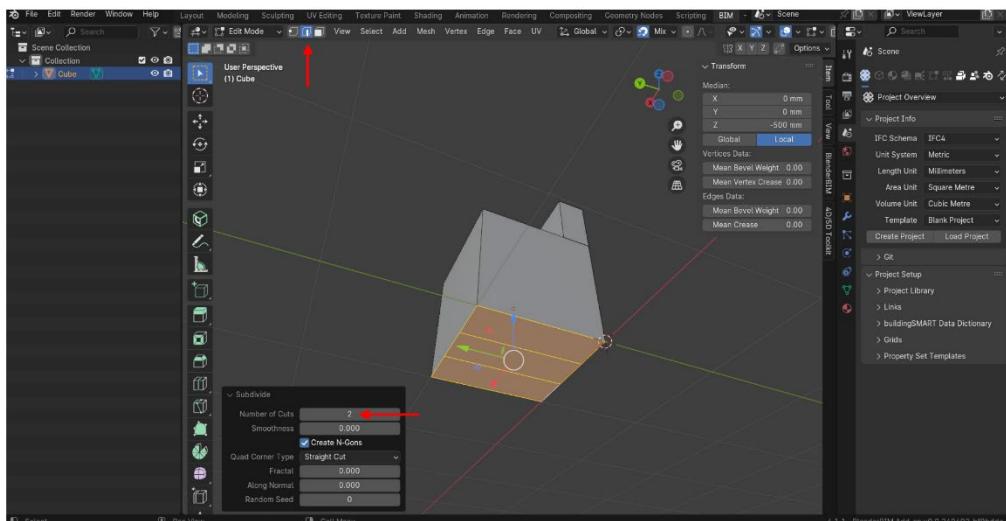


Go into **Face Select** mode ('3') and press 'E' to Extrude. Drag mouse and click or type in exact value. If needed select axis with X/Y/Z



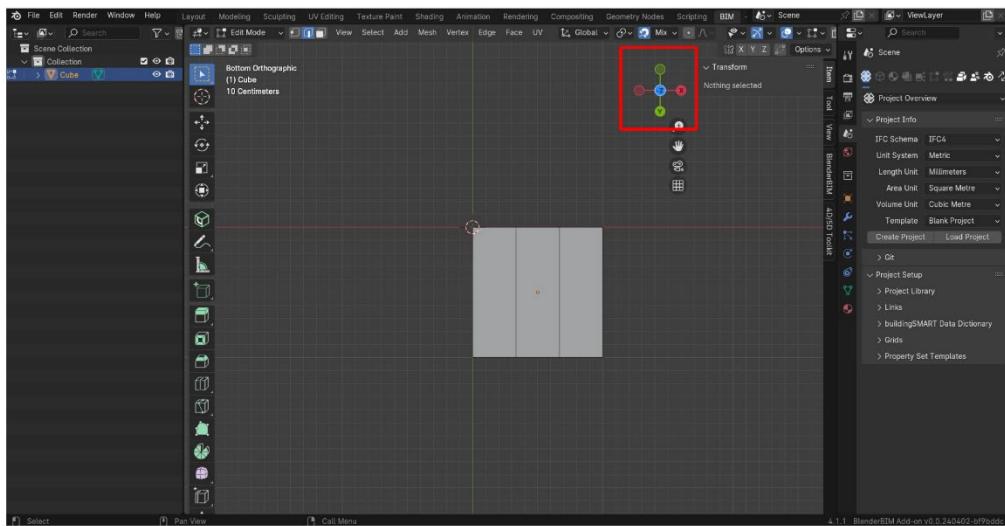


Subdivide ('RMB') the bottom face along the other axis by selecting the other edges ('2'). Make 2 cuts this time.

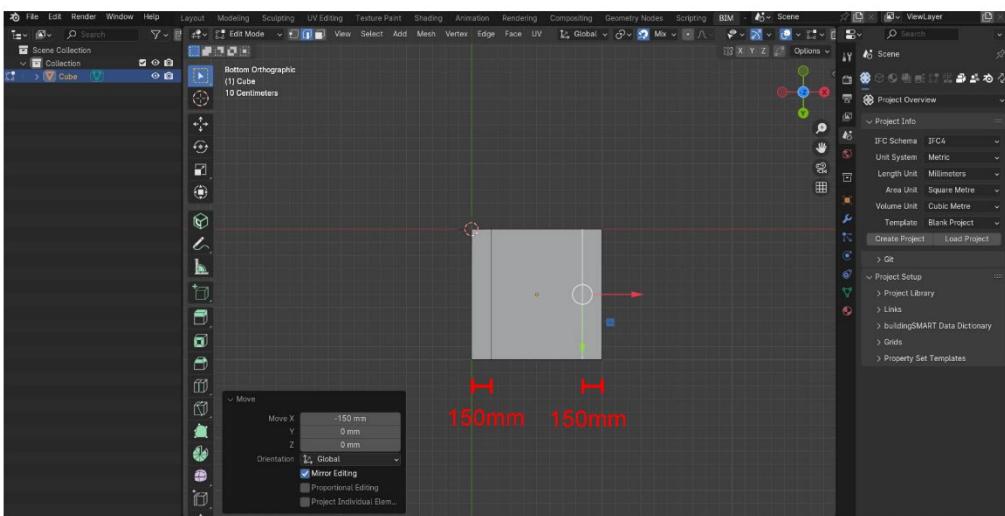


Subdivide ('RMB') the bottom face along the other axis by selecting the other edges ('2'). Make 2 cuts this time.



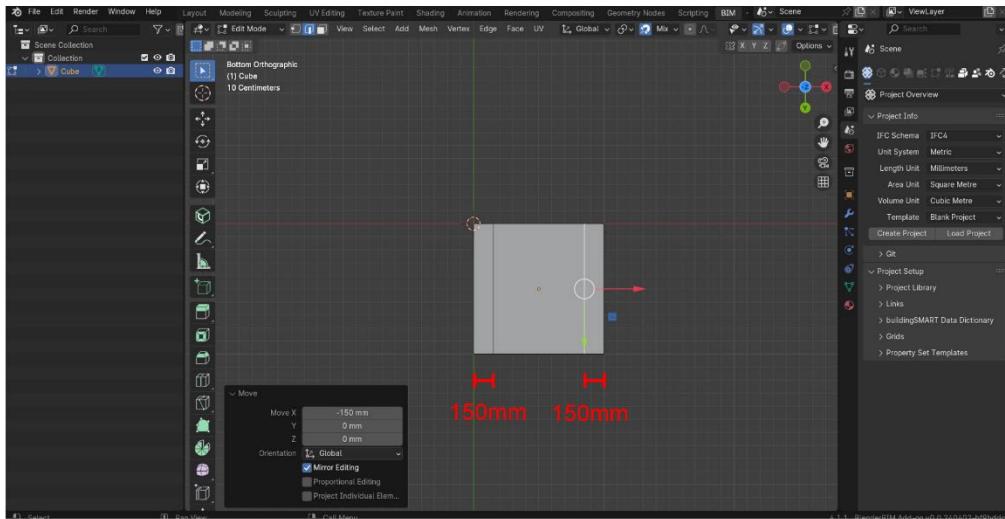


Get a better view by going to top-down view ('NUMP 7') and then flipping it ('NUMP 9') or by using this gizmo

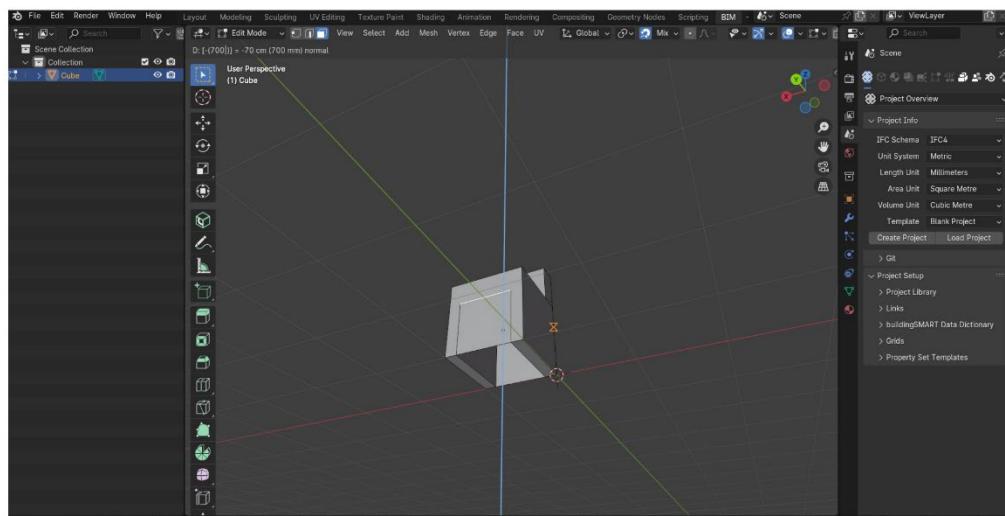


Move the edges by dragging them to 1 side and then 150 mm positive or negative ('G+X+150/150-')



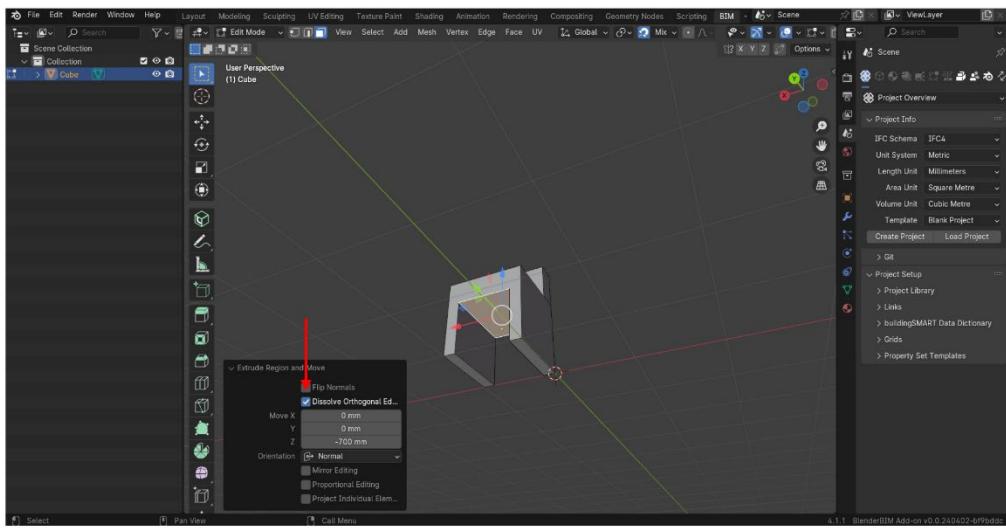


Move the edges by dragging them to 1 side and then 150 mm positive or negative ('G+X+150/150-')

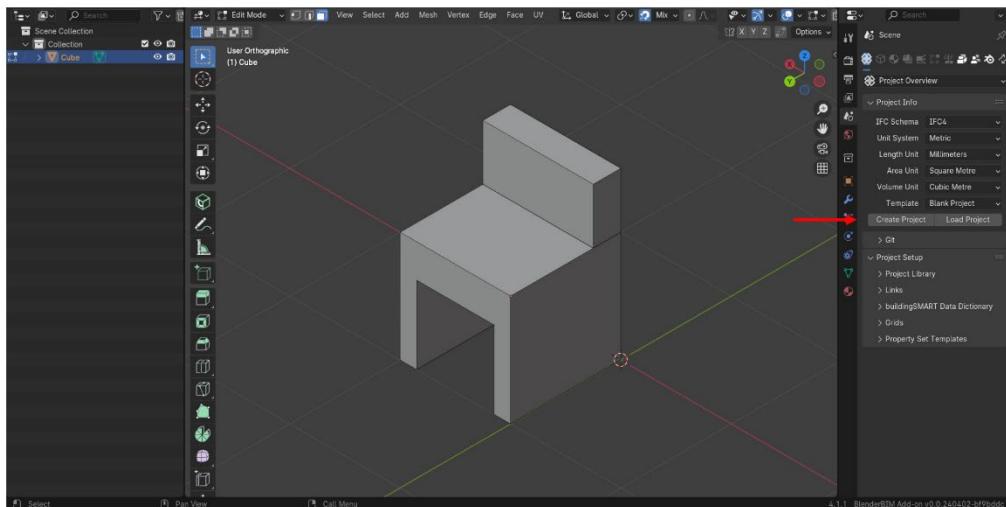


Go to Face Select ('3'), select the middle face and extrude it upwards for 700 mm ('E+Z+700-')



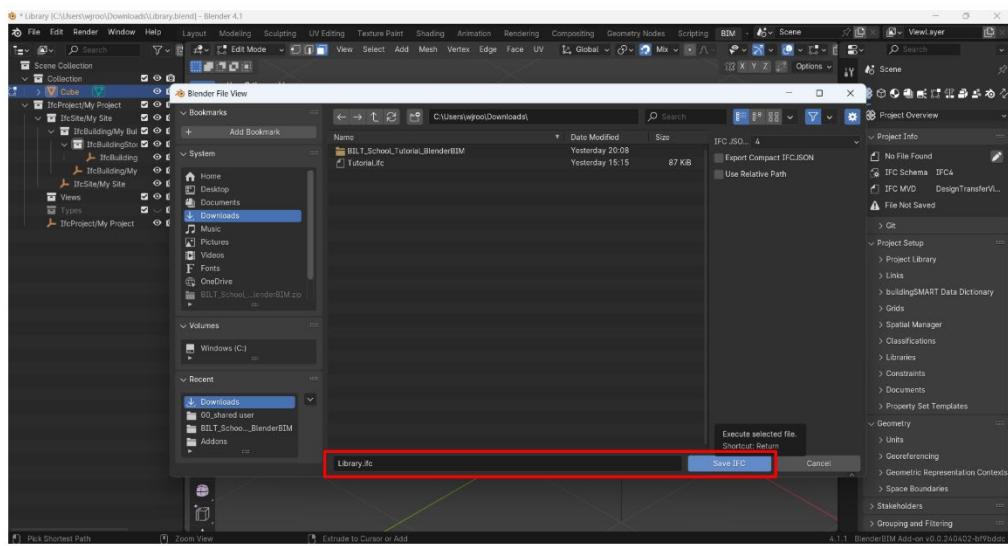


To remove the leftover faces, toggle this button. Keep in mind the next time you extrude, this option will still be **enabled**.

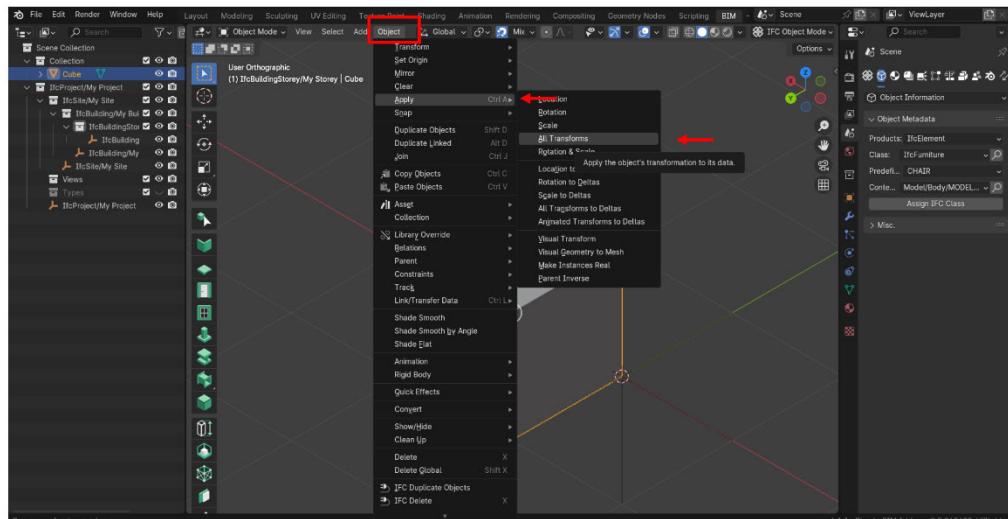


'Tab' into **Object Mode**; it's time to classify it as IFC. Press 'Create Project' with a 'Blank Project' Template



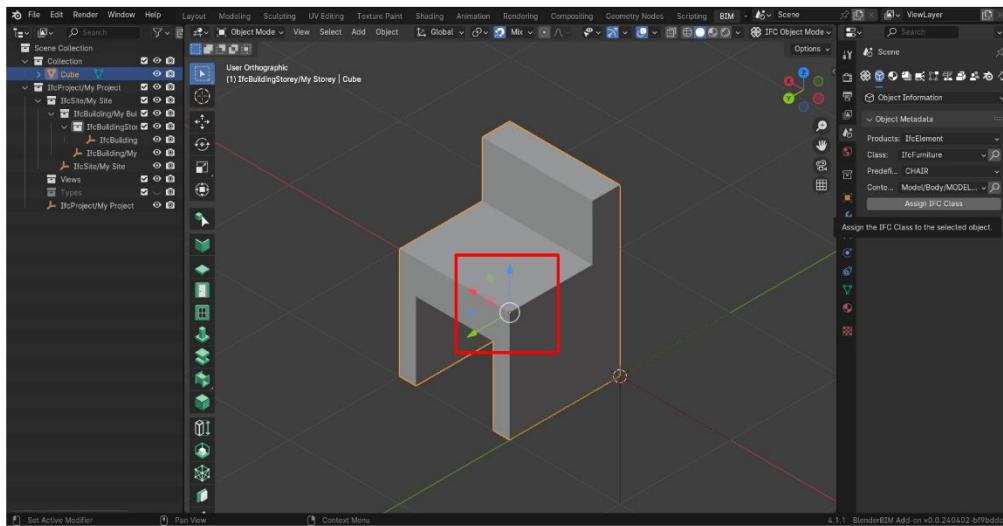


Save ('ctrl+S') the Ifc file to unlock all options. You can keep the name Library.ifc

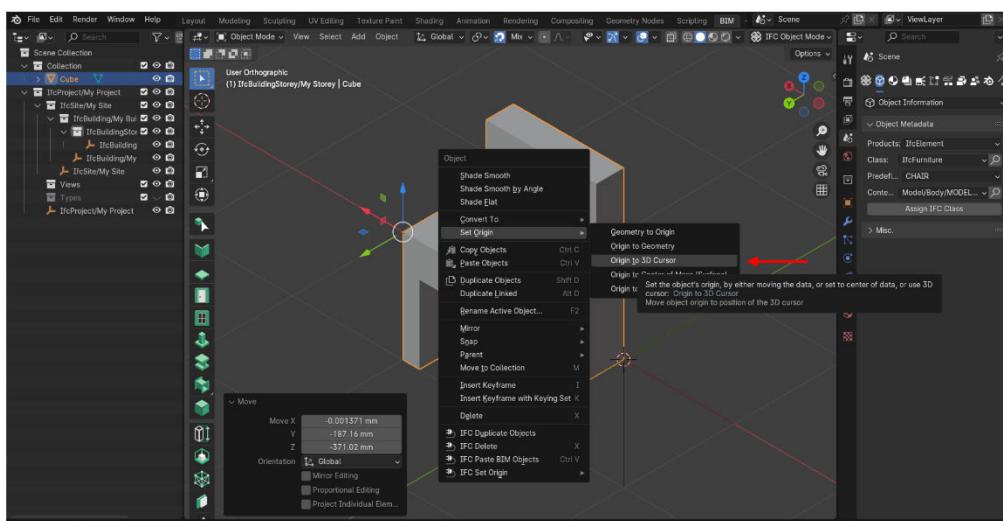


Select the chair, 'Object' > 'Apply' > 'All Transforms'; ('ctrl+A')>'All Transforms')





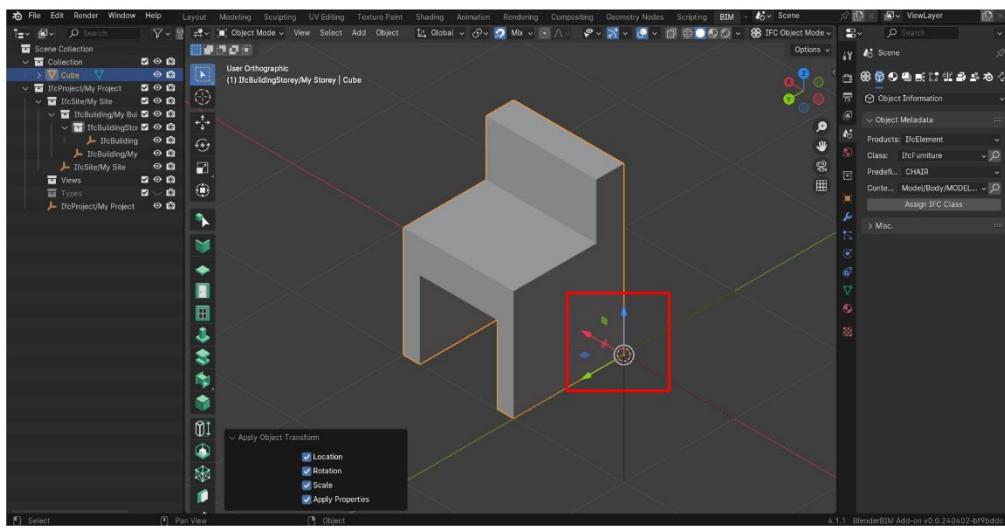
The object's origin (yellow dot with gizmo) will be set from here to the World Origin (where the red and green axis cross)



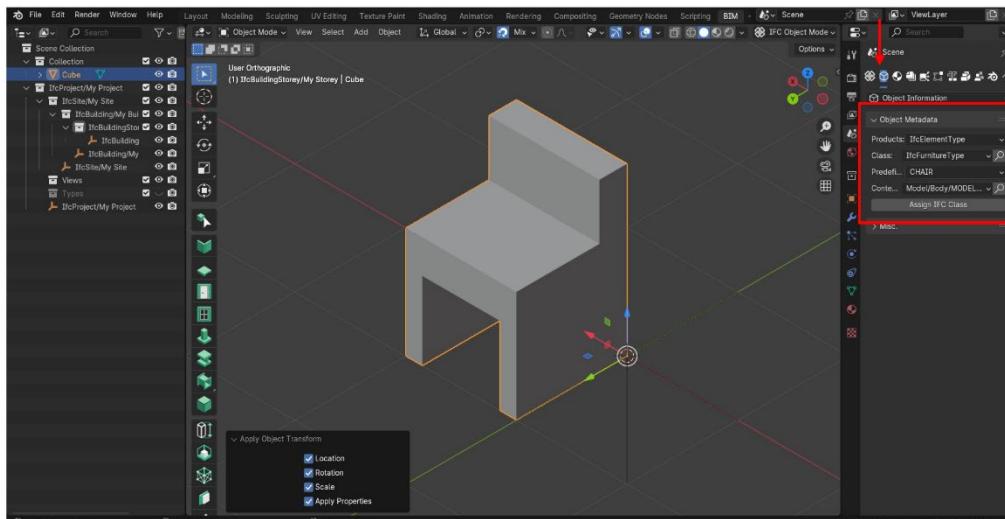
Tip: to set 3D cursor to World Origin, use 'shift+S' > 'Cursor to World Origin'

Another way is to set the **3D-cursor** to the desired position; then 'RMB'> 'Set Origin' > 'Origin to 3D Cursor'



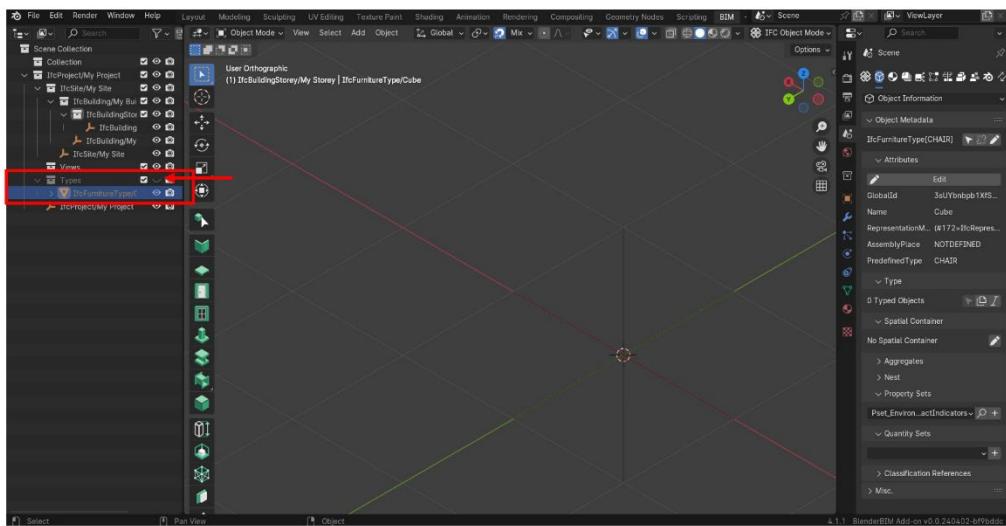


Always do this **before** assigning an IFC Class, or the placement will be weird.

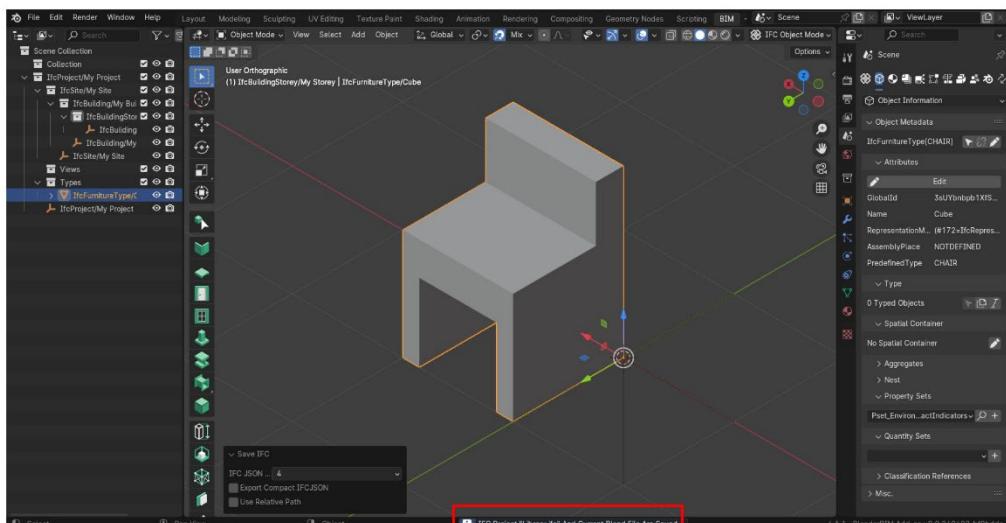


Go to the Object Information tab and fill in these properties:
IfcElementType – IfcFurnitureType – CHAIR. Press 'Assign IFC Class'



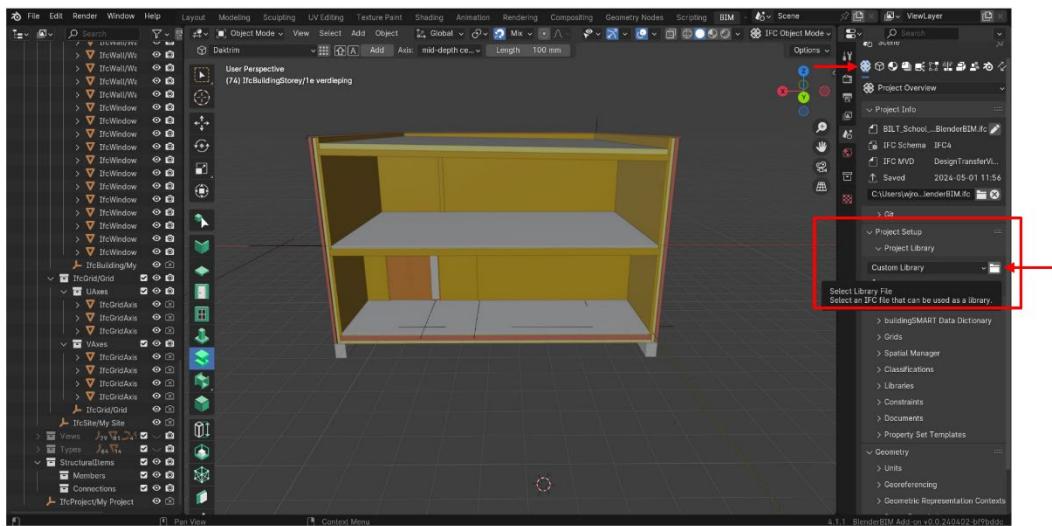


IfcElementType are automatically hidden as there are no Instances placed, but you can view it via the eye icon.

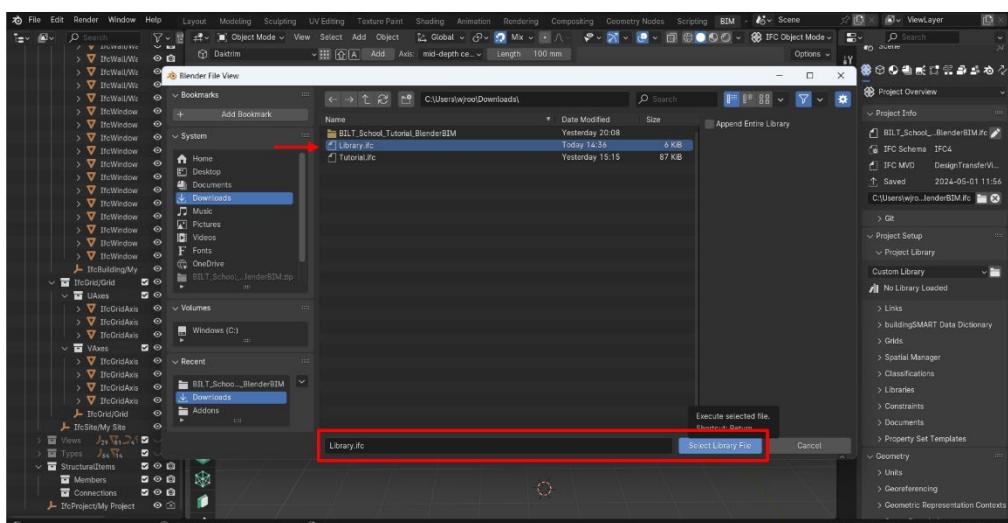


Save the project ('ctrl+S'), note that both the .blend and the .ifc files are saved.



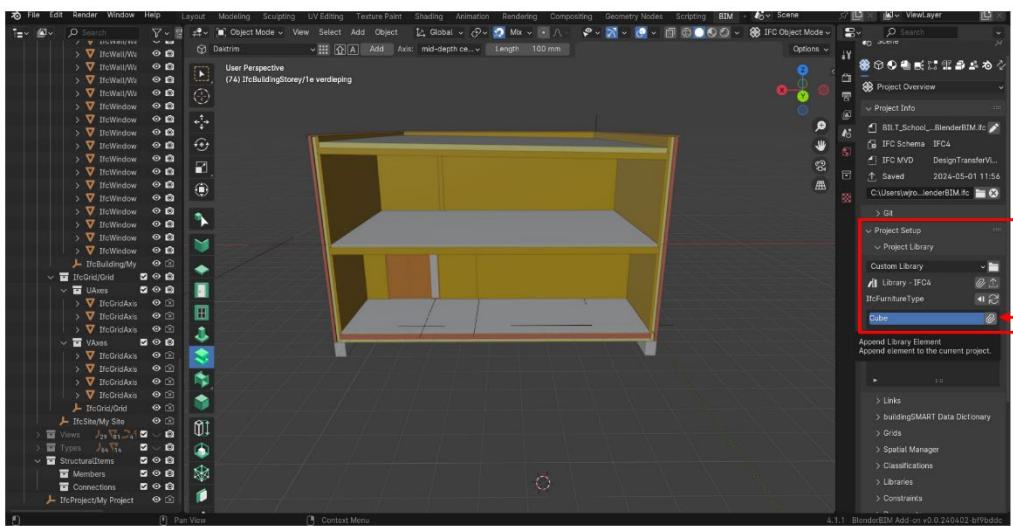


Time to load it in. Switch back to the other IFC project. In 'Project Overview' > 'Project Setup' > 'Project Library'

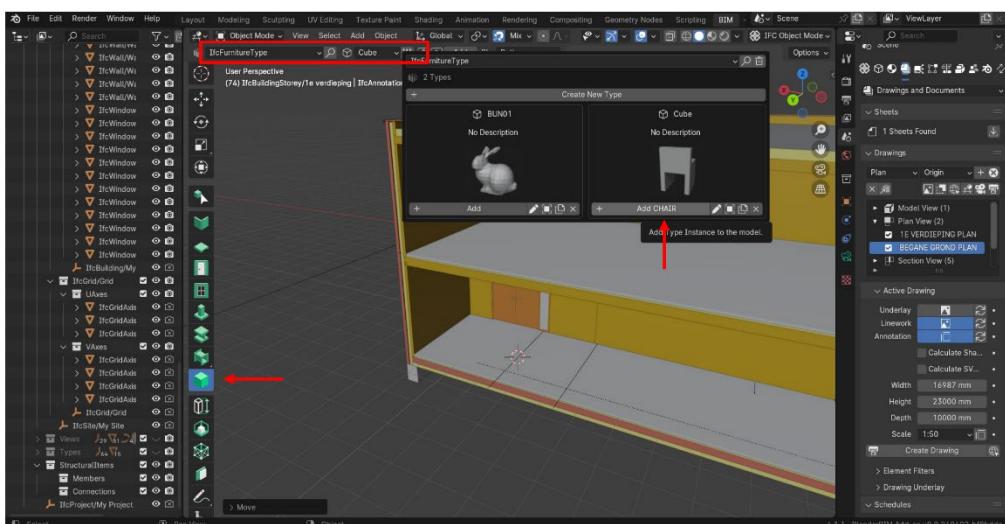


Select your Library.ifc file you just created



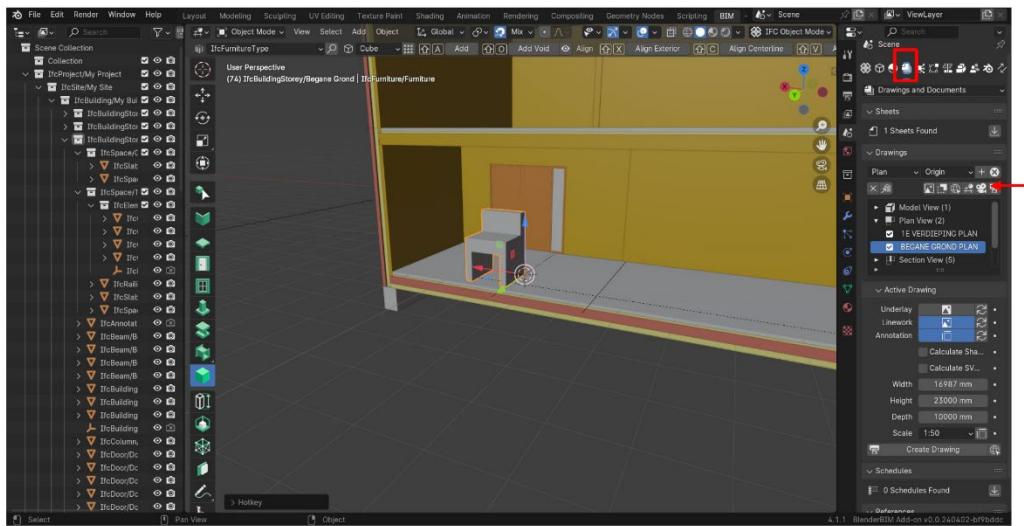


Click until you see the Cube (as we forgot to name it before classifying) and press the paperclip

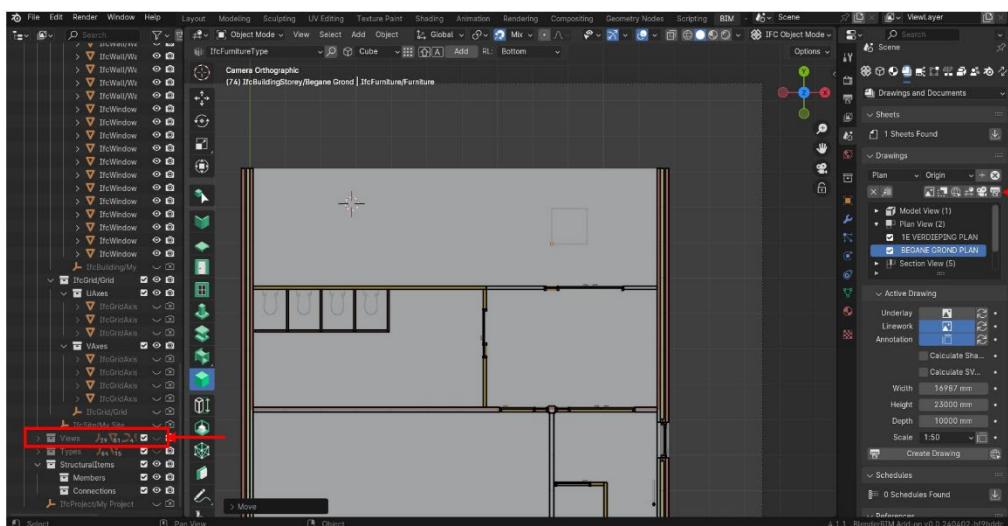


Place 3D-cursor to the floor, select the 'Create Element' tool and select the correct items. Select floor in project browser. Add ('shift+A')



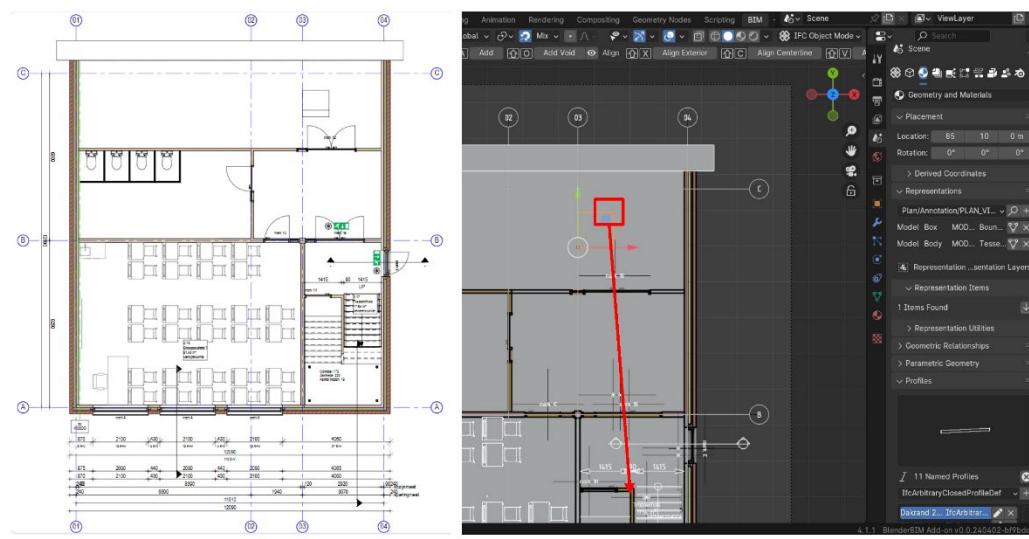


There it is, great! Let's look on the floorplan

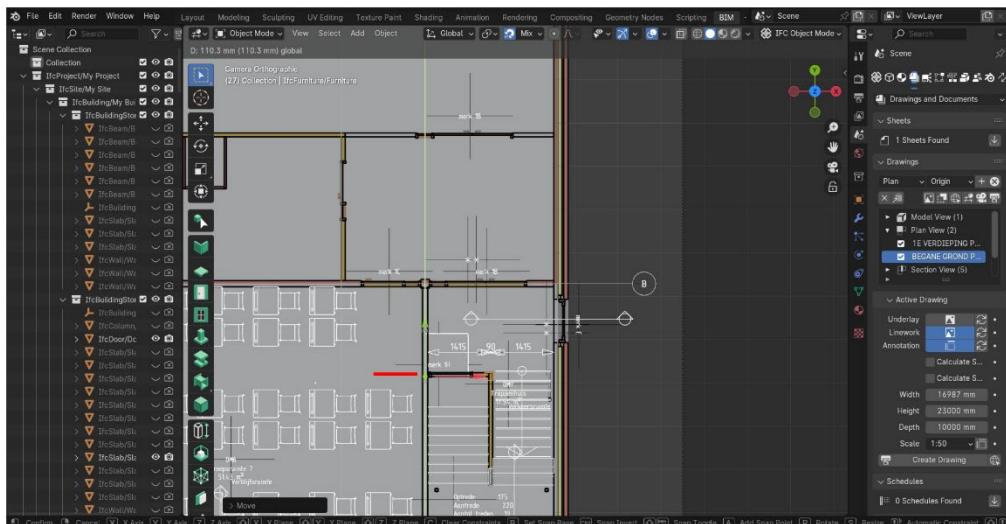


Show annotations with the eye symbol. Create a print next



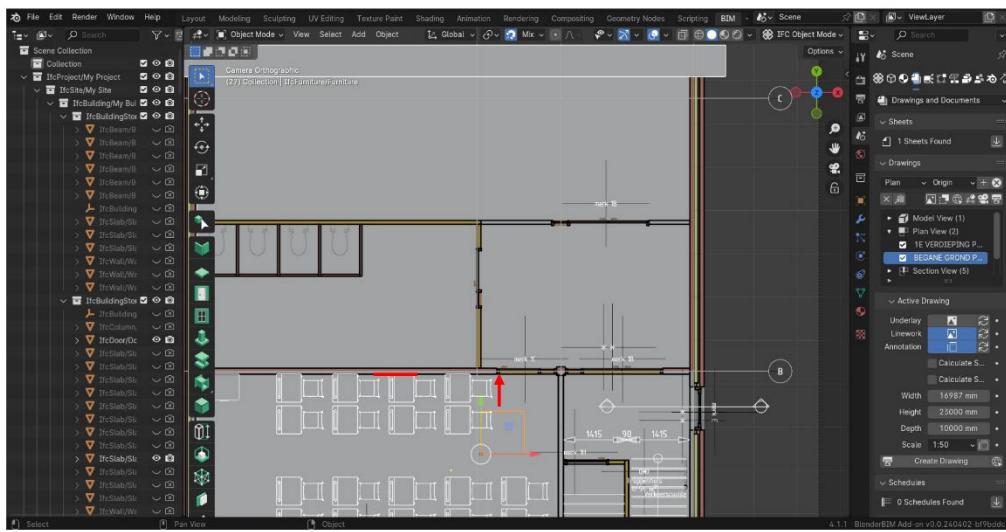


Awesome! Lets put it somewhere else. I want to move it under the stairs, with this point right in the corner. Try it yourself!

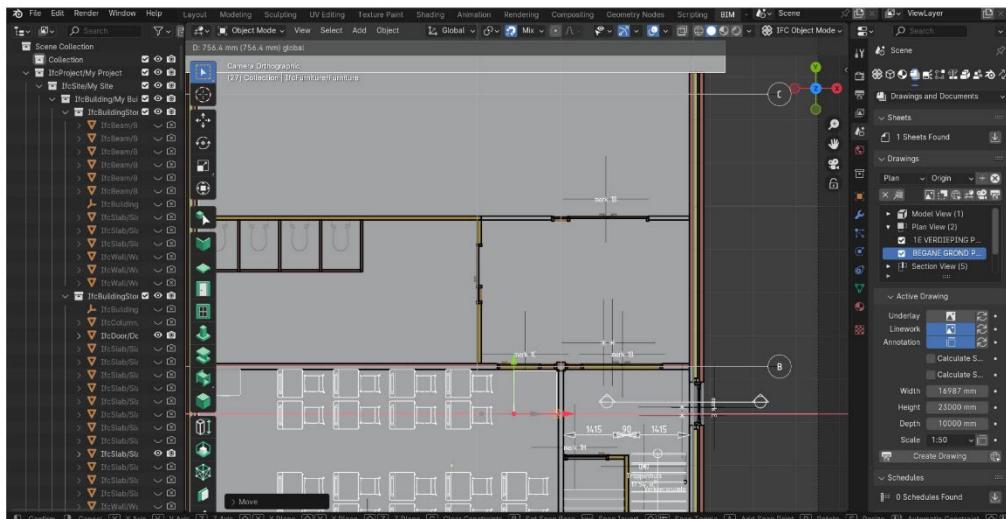


Moving via the gizmo or 'G+Y' doesn't work, as the wrong side is snapped to the point you want.



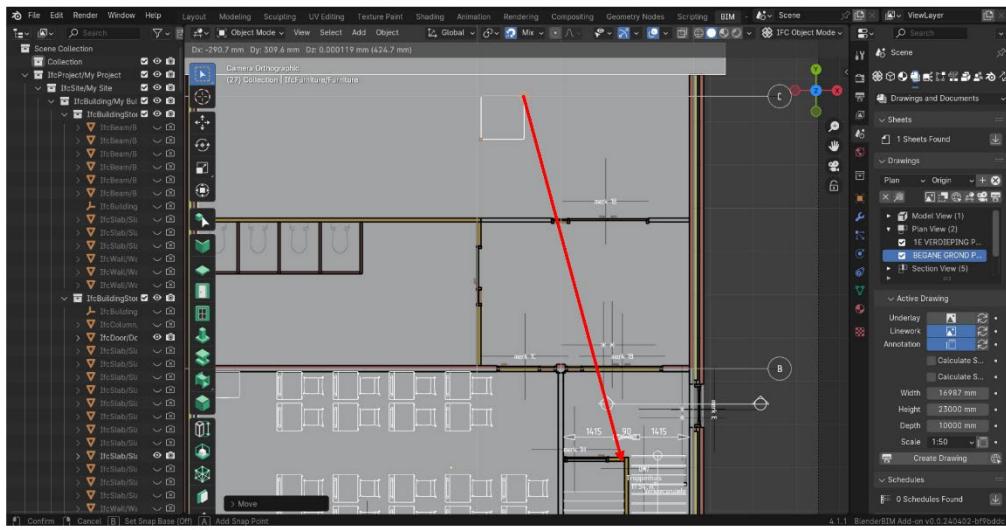


It will snap to the edge **closest** to the place you want to move it, so if you move it upwards **from** below the wall it will be as you want.

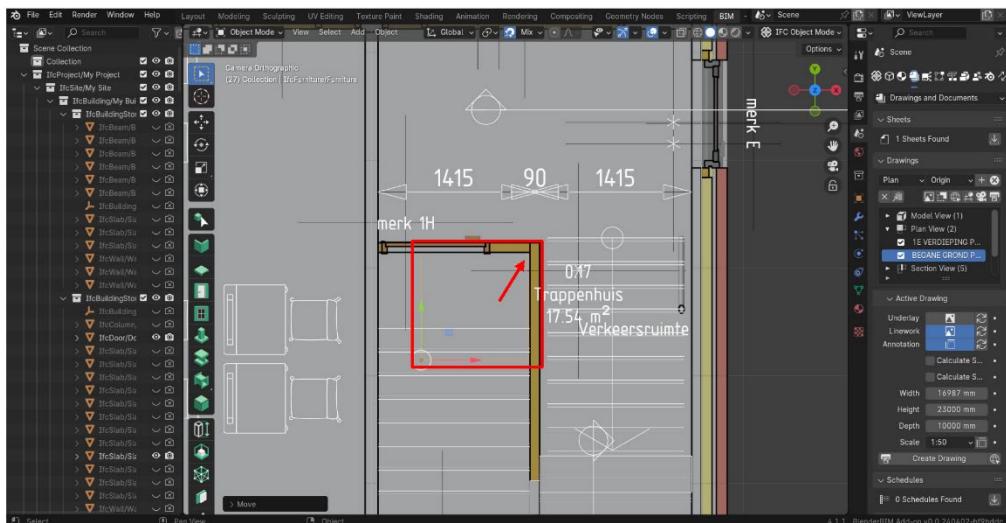


Then you can move it horizontally to the right place. Quite tedious isn't it? There is a better way since 4.1!





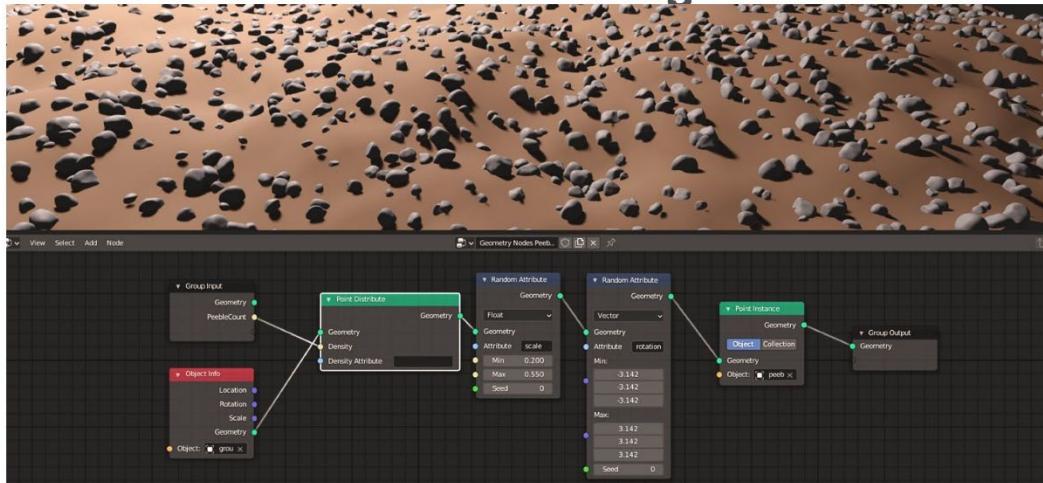
Initiate the move action by dragging an arrow or with 'G', then press 'B' and click on the point you want to snap.



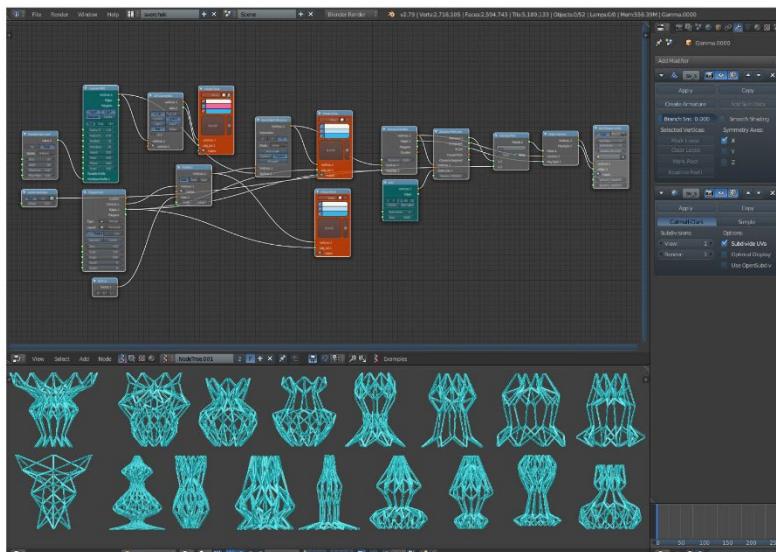
Then click the point you want it to go to, and voilà!



Parametric design



Parametric design Geometry Nodes



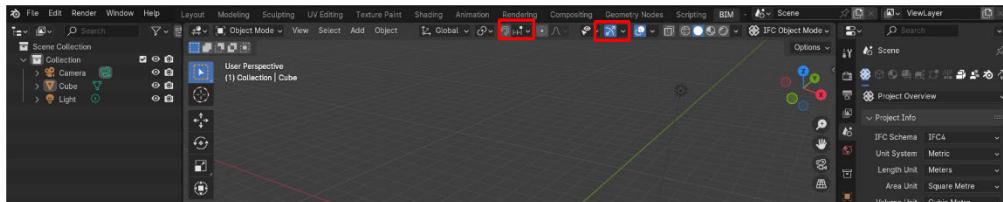
Parametric design Sverchok

Sverchok doesn't work completely in Blender 4.1, but together with IfcSverchok it's a possible and most likely the easiest way to make parametric IFC elements

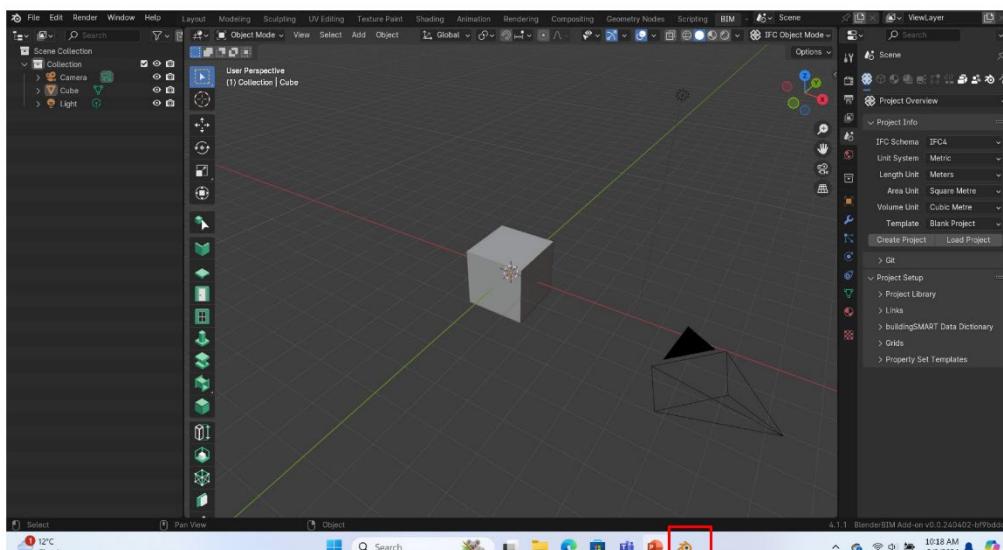


Default snapping & gizmo

- You've noticed snapping and gizmo aren't turned on by default
- Need to turn on every time you open a project
- Let's change this!

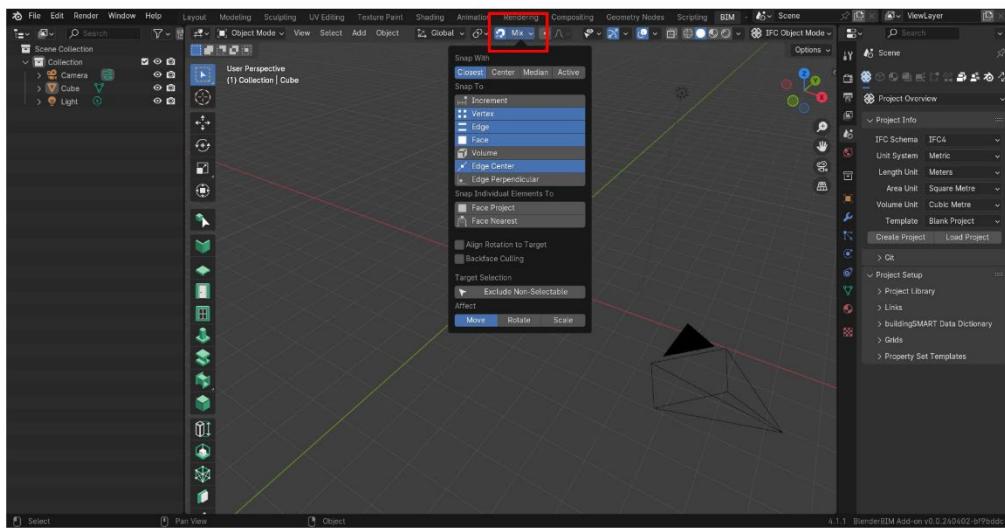


Snapping and gizmo settings are **not** saved in .ifc

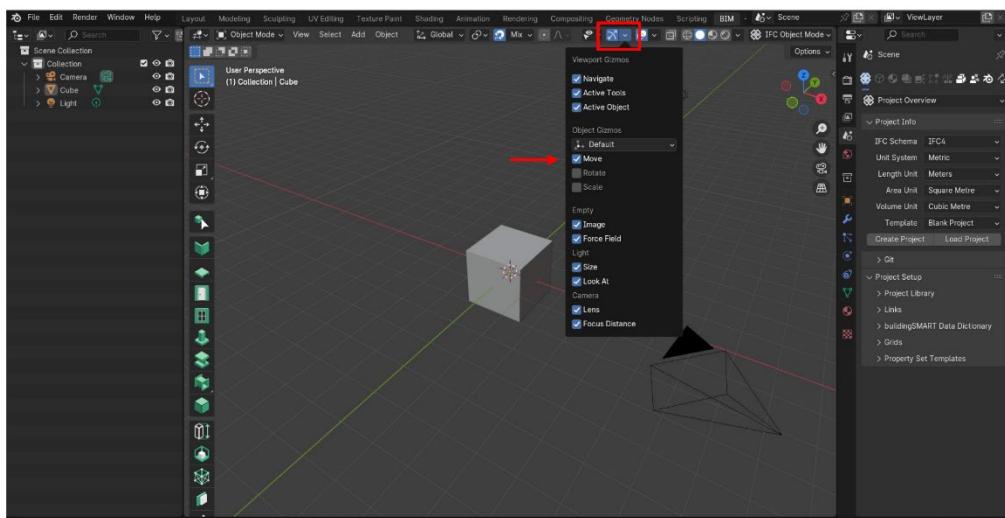


Close **all** Blender/BlenderBIM instances, open a new Blender instance, but **don't** create an IFC project



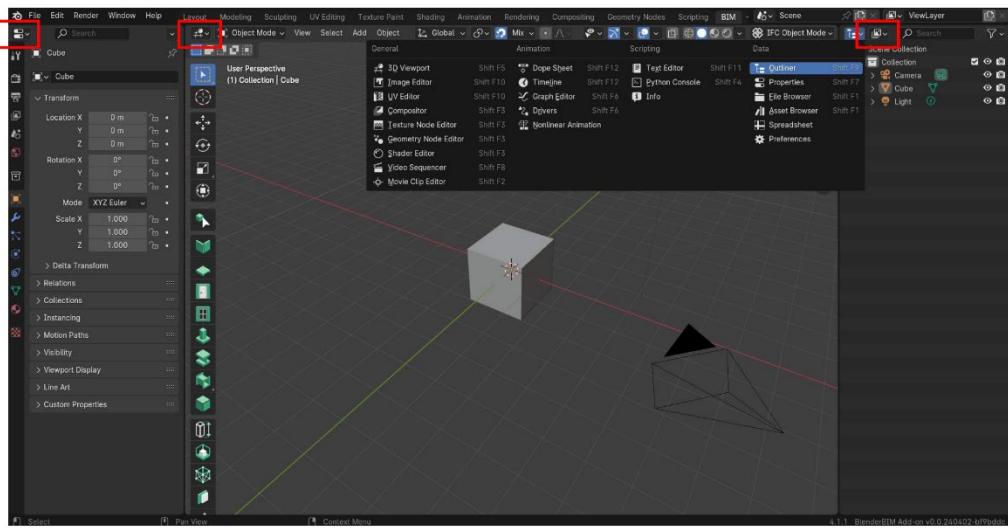


These are the best settings to begin with (snapping can be toggled on/off with 'shift+tab')

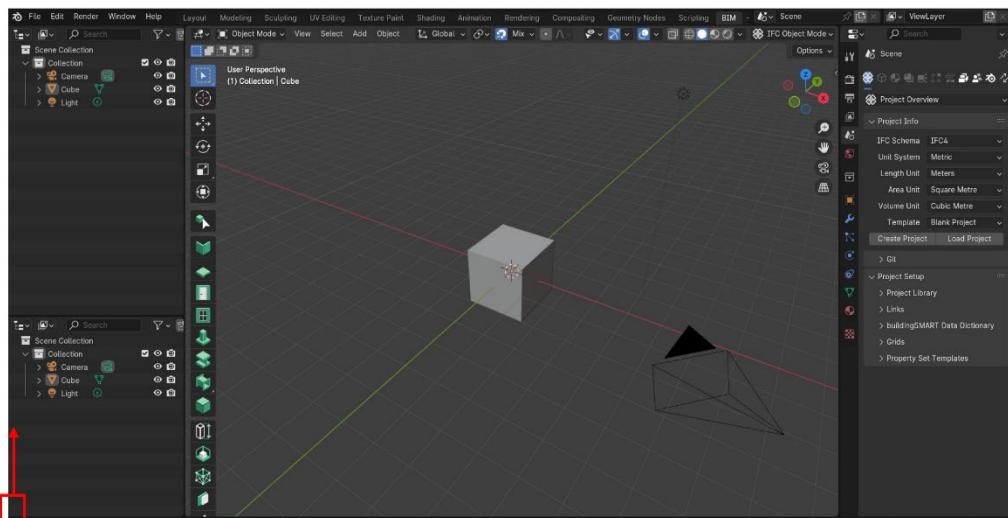


These are the best settings to begin with



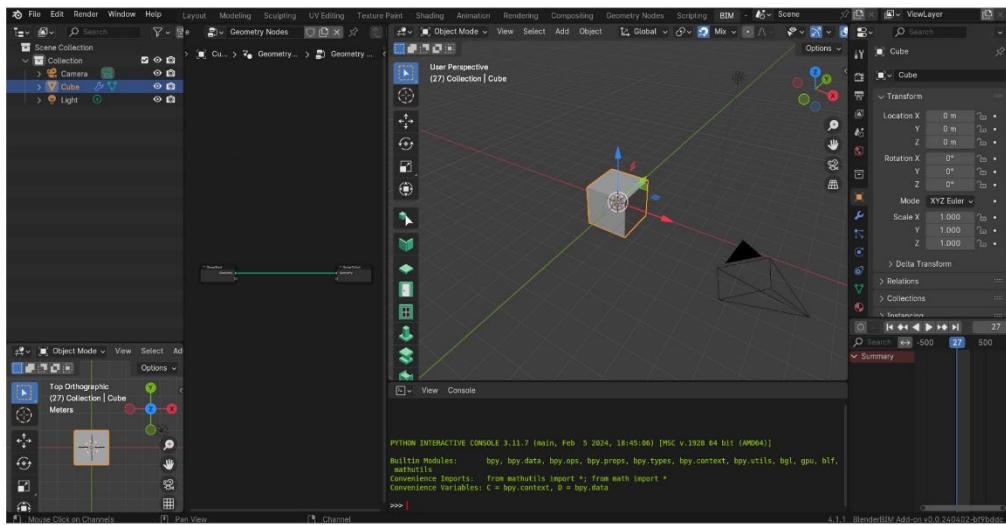


You can also customize the UI to the way you prefer to be default now. Click the icons in the corners and choose what you need

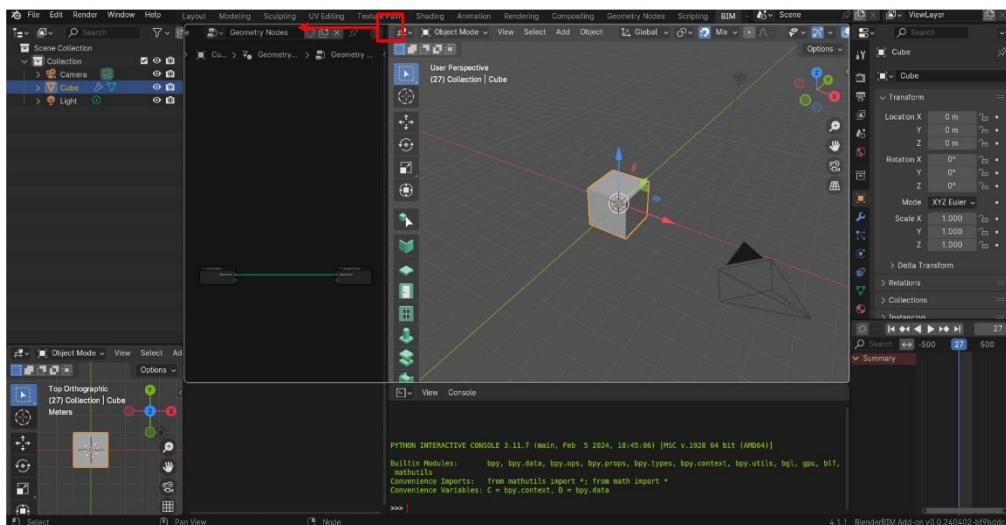


You can also add more 'tabs' by dragging from the corners (drag when your cursor changes to a '+')



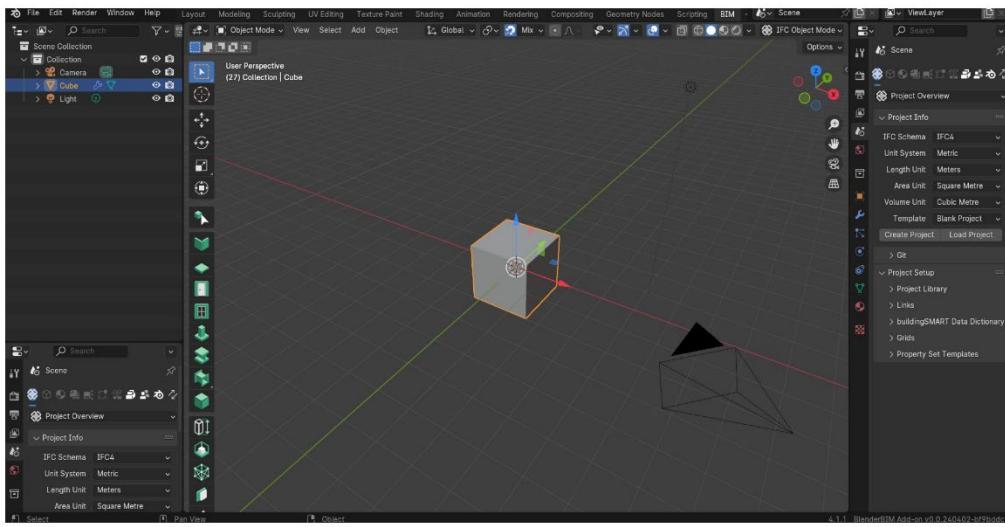


Possibilities are endless!

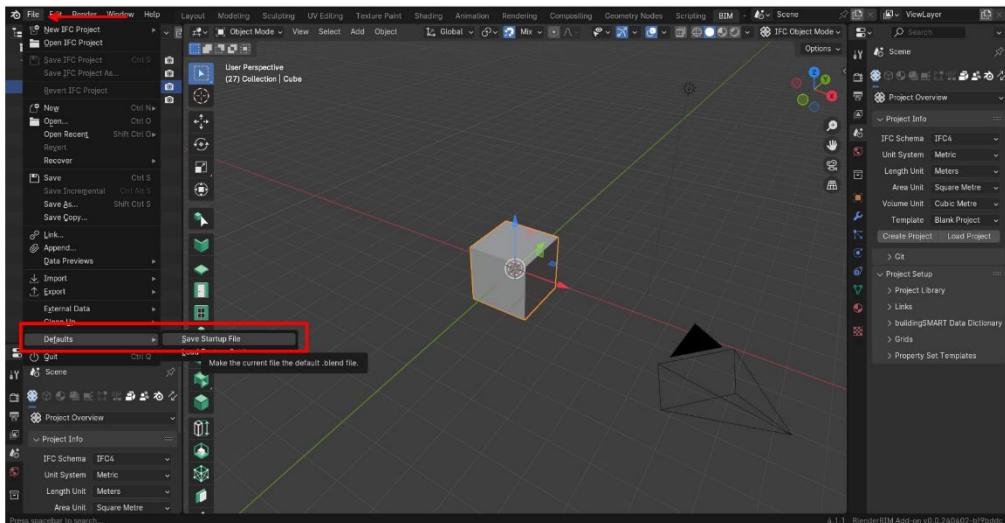


You can also remove the tabs by dragging from the corner of an existing tab to another tab, until you see the '<' or '>' icon



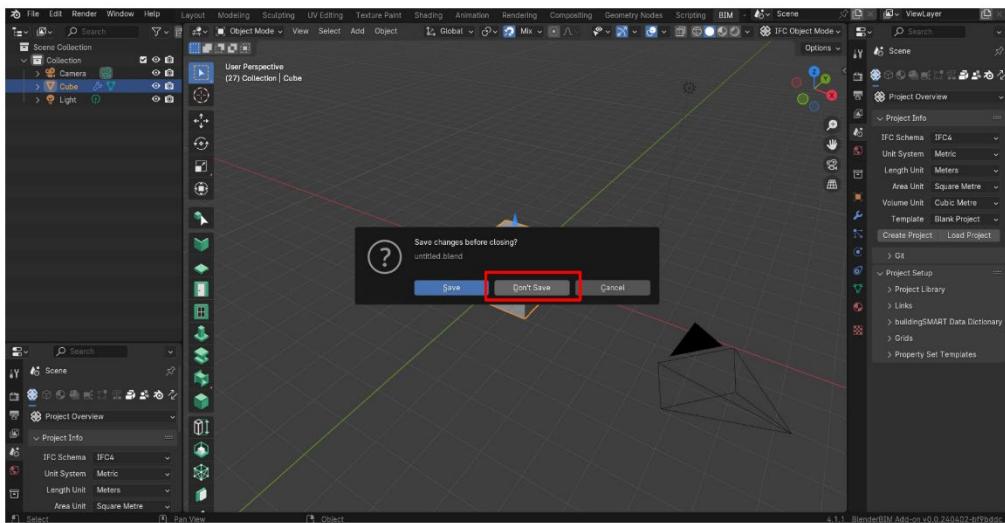


So set up your preferred UI; I like to have another property tab open to access sheets & drawings quickly

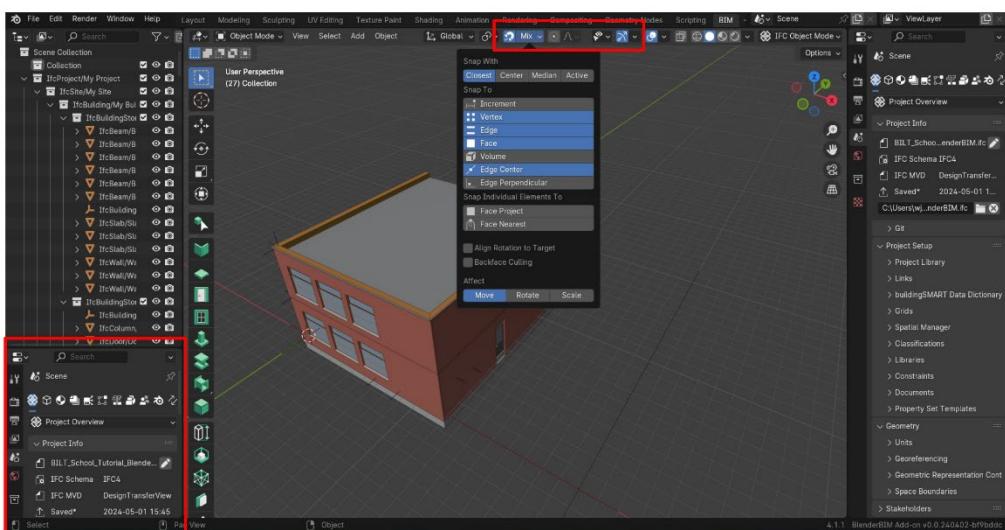


If **everything** is set, go to 'File>Defaults>Save Startup File'. This is **not undoable**, except if you turn everything back manually and repeat





Quit Blender, you don't need to save. Then re-open Blender and the IFC of the building



Now the snapping, move gizmo and the UI are as you wanted! You can do this for other settings, but be **sure** you want them on **by default**



IfcOpenShell

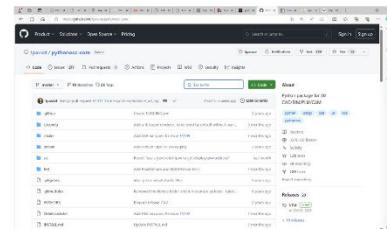


- Open Source IFC toolkit and geometry engine
- C++ / Python
- Viewing models, including spaces, properties, and relationships
- Edit and extract attributes and properties
- Moving objects, and changing their geometry
- Create new objects using library elements
- Manage classification systems, document and library references
- Generating 2D drawings, schedules, and creating sheets
- Investigating and editing structural analysis models
- Connecting and managing distribution systems and ports
- Creating construction schedules, critical path analysis, and generating sequence animations
- Creating cost schedules, using formulas, and deriving quantities from model elements
- Clash detection and managing issues for model coordination



Open Cascade

Open Cascade 3D Kernel



Python-OCC

Also used in FreeCAD, CADquery etc



IfcOpenShell

The screenshot shows the GitHub repository page for IfcOpenShell. It displays a list of recent commits, including ones from 'aothms' and 'blenderbim'. There are 944 releases, with the latest being 'blenderbim-240503: extends bi...'. The repository has 1.7K stars, 96 watchers, and 673 forks. It is reported as a repository. The 'Sponsor this project' section links to 'aothms Thomas Krijnen' and 'opencollective.com/opensourcebim'. The 'Packages' section shows no packages published. The 'Contributors' section lists 178 contributors.



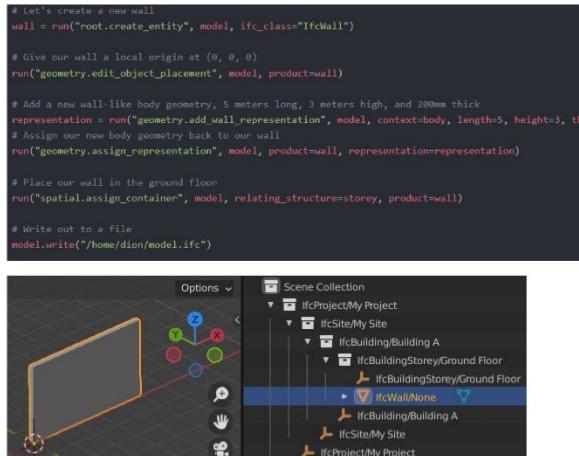
IfcOpenShell

Part	Description
cf	Library to read and write BCF-XML and query OpenCDE BCF-API modules
blenderbim	Add-on to Blender providing a graphical native IFC authoring platform
bsdd	Library to query the bSDD API
ifc2ca	Utility to convert IFC structural analysis models to Code_Aster
ifc4d	Convert IFC and project management software
ifc5d	Report and optimise cost information from IFC
ifcbimtester	Wrapper for Gherkin based unit testing for IFC models
ifccityjson	Convert CityJSON to IFC
ifclash	Clash detection library and CLI app
ifcconvert	CLI app to convert IFC to many other formats
ifccsv	Library and CLI app to export and import schedules from IFC
ifcdiff	Compare changes between IFC models
ifcfm	Extract IFC data for FM handover requirements
ifcgeom	Internal library for IfcOpenShell

Part	Description
ifcgeom_sche ma_agnostic	Internal library for IfcOpenShell
ifcgeomserver	Internal library for IfcOpenShell
ifcjni	Internal library for IfcOpenShell
ifcmax	Historic extension for IFC support in 3DS Max
#openshell- python	Python library for IFC manipulation
ifcparse	Internal library for IfcOpenShell
ifcpatch	Utility to run pre-packaged scripts to manipulate IFCs
#csverchok	Blender Add-on for visual node programming with IFC
ifctester	Library, CLI and webapp for IDS model auditing
ifcwrap	Internal library for IfcOpenShell
qviewer	Qt-framework viewer
serializers	Internal library for IfcOpenShell



IfcOpenShell Python API



```

import ifcopenshell
from ifcopenshell.api import run

# Create a blank model
model = ifcopenshell.file()

# All projects must have one IFC Project element
project = run("root.create_entity", model, ifc_class="IfcProject", name="My Project")

# Geometry is optional in IFC, but because we want to use geometry in this example, let's define units
# Assigning without arguments defaults to metric units
run("unit.assign_unit", model)

# Let's create a modeling geometry context, so we can store 3D geometry (note: IFC supports 2D tool)
context = run("context.add_context", model, context_type="Model")

# In particular, in this example we want to store the 3D "body" geometry of objects, i.e. the body vs
body = run("context.add_context", model, context_type="Model",
           context_identifier="Body", target_view="MODEL_VIEW", parent=context)

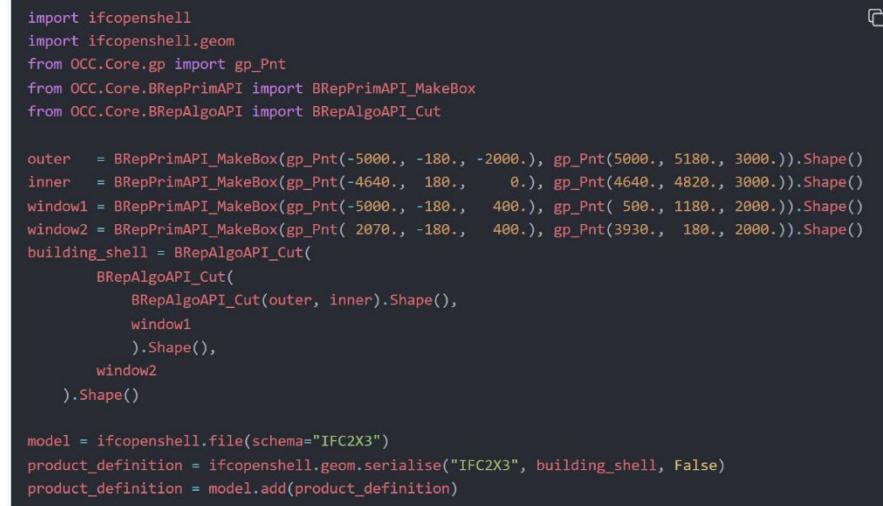
# Create a site, building, and storey. Many hierarchies are possible.
site = run("root.create_entity", model, ifc_class="IfcSite", name="My Site")
building = run("root.create_entity", model, ifc_class="IfcBuilding", name="Building A")
storey = run("root.create_entity", model, ifc_class="IfcBuildingStorey", name="Ground Floor")

# Since the site is our top level location, assign it to the project
# Then place our building on the site, and our storey in the building
run("aggregate.assign_object", model, relating_object=project, product=site)
run("aggregate.assign_object", model, relating_object=site, product=building)
run("aggregate.assign_object", model, relating_object=building, product=storey)

```



Examples



```

import ifcopenshell
import ifcopenshell.geom
from OCC.Core.gp import gp_Pnt
from OCC.Core.BRepPrimAPI import BRepPrimAPI_MakeBox
from OCC.Core.BRepAlgoAPI import BRepAlgoAPI_Cut

outer   = BRepPrimAPI_MakeBox(gp_Pnt(-5000., -180., -2000.), gp_Pnt(5000., 5180., 3000.)).Shape()
inner   = BRepPrimAPI_MakeBox(gp_Pnt(-4640., 180., 0.), gp_Pnt(4640., 4820., 3000.)).Shape()
window1 = BRepPrimAPI_MakeBox(gp_Pnt(-5000., -180., 400.), gp_Pnt( 500., 1180., 2000.)).Shape()
window2 = BRepPrimAPI_MakeBox(gp_Pnt( 2070., -180., 400.), gp_Pnt(3930., 180., 2000.)).Shape()
building_shell = BRepAlgoAPI_Cut(
    BRepAlgoAPI_Cut(
        BRepAlgoAPI_Cut(outer, inner).Shape(),
        window1
    ).Shape(),
    window2
).Shape()

model = ifcopenshell.file(schema="IFC2X3")
product_definition = ifcopenshell.geom.serialise("IFC2X3", building_shell, False)
product_definition = model.add(product_definition)

```



https://docs.ifcopenshell.org/ifcopenshell-python/geometry_tree.html

Examples

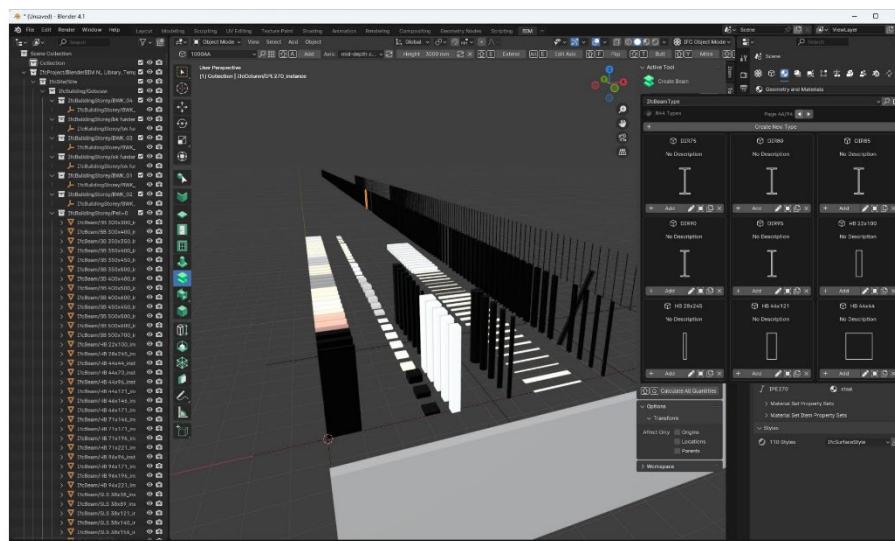
The screenshot shows the PyCharm IDE interface with a project titled 'BILT Europe 2024'. The code editor displays a Python script for creating an IFC library. The script imports 'uuid' and defines variables for coordinates (X=1, Y=1, Z=0) and a compression lambda function. It then sets the path to 'C:/Users/mikey/Documents/GitHub/FOSS-BIM-Experiments/BlenderBIM/Template NL test/Library.ifc' and initializes an empty list for building storeys. A for loop iterates through the 'library_building_storey_index' list, reading each entry from 'library_building_storey' and appending it to 'building_storeys_lst'. Finally, it saves the list to the specified path. The status bar at the bottom indicates the file is 27.15 KB, uses CRLF line endings, has 4 spaces, and is in Python 3.0 mode.

```
1 # CODE PIECES USED OF COEN CLAUS
2 # 2024-05-06: Modified by Maarten Vreegsindewiel
3 # documentation:
4 # https://blenderbim.org/docs/python/api/api_ifcopenshell/api/material/add_material_set/index.html
5 # https://ifcopenshell.org/api/material/add_material_set/index.html
6 # https://academy.ifcopenshell.org/
7
8 import uuid
9
10 X = 1., 0., 0.
11 Y = 0., 1., 0.
12 Z = 0., 0., 1.
13
14 create_guid = lambda: ifcopenshell.guid.compress(uuid.uuid1().hex)
15
16
17 path = "C:/Users/mikey/Documents/GitHub/FOSS-BIM-Experiments/BlenderBIM/Template NL test/Library.ifc"
18 library_path = "C:/Users/mikey/Documents/GitHub/FOSS-BIM-Experiments/BlenderBIM/Template NL test/IFC4_NL Demo Library 0.2.ifc"
19
20
21 # BUILDING STOREY
22 building_storeys_lst = []
23
24 sheet_name = "building_storey"
25 library_building_storey = read_ods(path, sheet_name)
26
27 for ind in library_building_storey_index:
28     storey_name = library_building_storey["StoreyName"][ind]
29     elevation = library_building_storey["Elevation"][ind]
30     include = library_building_storey["IncludeInIFC"][ind]
31     if include:
32         building_storeys_lst.append((storey_name, float(elevation)))
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
59
```

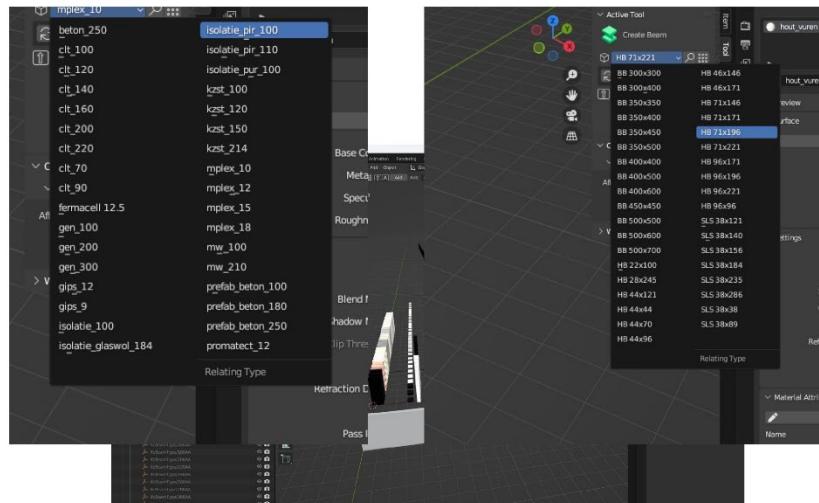
Library Creation, open in PyCharm



Result



Examples



REMINDER:

Speaker Feedback is appreciated



Fill the Survey in the Event App

RADISSON BLU
LATVIA
07 – 09 May 2024





3.1 BlenderBIM

Maarten Vroegindeweij

3BM

<https://www.linkedin.com/in/maarten-vroegindeweij-652ab418a/>
<https://github.com/DutchSailor>

RADISSON BLU

LATVIJA

07 – 09 May 2024

