



CHALMERS

Effektivisering i projekteringsprocessen

Informationsöverföring mellan Revit och RFEM

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik

MALIN ROOS

**INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNING FÖR KONSTRUKTIONSTEKNIK**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Effektivisering i projekteringsprocessen

Informationsöverföring mellan Revit och RFEM

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

MALIN ROOS



CHALMERS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021

Effektivisering i projekteringsprocessen

Informationsöverföring mellan Revit och RFEM

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

MALIN ROOS

© MALIN ROOS, 2021

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2021

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2021

Effektivisering i projekteringsprocessen

Informationsöverföring mellan Revit och RFEM

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

MALIN ROOS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Syftet med detta examensarbete är att förbättra en existerande rutin i projekteringsprocessen. Den nya rutinen ska förenkla och effektivisera projekterings- och konstruktionsarbetet. Examensarbetet är i samarbete med Peab Teknik och berör utmaningar i deras projekteringsarbete. Det finns ett behov av att effektivisera samspelet mellan CAD-programmet Revit och konstruktionsprogrammet RFEM som de använder i denna process. I dagsläget jobbar Peab med att dubbelt projektera upp en byggnadsmodell i respektive program, utifrån en arkitektritning. I detta arbete presenteras förslag till hur processen kan effektiviseras genom att reducera en projektering, och nyttja samma modell för att skapa ritningar i Revit och genomföra konstruktionsberäkningar i RFEM via en överföring av information mellan programmen.

För att lyckas skapa en arbetsprocess som både är enklare och mer tidseffektiv, påbörjades arbetet med att studera dagens arbetssätt och den aktuella processen. Genom att också bli bekant med de programvaror som används var viktig för att skapa förståelse för problematiken. Utifrån det gick det att fördjupa sig i överföringsmetoder, IFC-filer och ingående betydelsefulla parametrar.

I resultatet är slutsatsen att det kommer finnas två metoder som fungerar för att effektivisera arbetsprocessen; genom en plug-in i Revit från Dlubal, skaparen av RFEM, eller genom en överföring med IFC-filer. Eftersom projekteringsprocessen är iterativ så var en viktig faktor att modellen ska kunna gå att överföra fram och tillbaka mellan programmen, vid i princip vilken tidpunkt som helst i projekteringen. Det finns fördelar och nackdelar med de båda överföringsmetoderna. Dlubals plug-in är utan tvekan den överföringsmetod som är enklast att hantera och som tidsmässigt kommer att förbättra arbetet, en nackdel är att det finns krav på att modellen behöver innehålla en viss typ av analytiska komponenter. Med den IFC överföring som rekommenderas krävs IFC-konvertering av informationen i modellen, vilket kan påverka modellens tvärsnitt och struktur negativt. Men samtidigt så finns det då inga krav på modellen, utan det skulle kunna gå att direkt föra in A-modellen i RFEM. Det finns fördelar med båda överföringsmetoderna, och de olika metoderna kan då vara lämpliga för olika typer av projekt.

Nyckelord: Projekteringsprocess, effektivisering, Revit, RFEM, BIM, IFC-filer, plug-in, 3D-modell, analytisk modell

Increased efficiency in the design- and construction process

Transfer of information between Revit and RFEM

*Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering*

MALIN ROOS

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Construction Management

Chalmers University of Technology

Abstract

The purpose of this thesis is to improve an already existing routine for the design- and construction process. The new routine is supposed to simplify and make the workflow more effective. This thesis is in collaboration with Peab Teknik and touch the challenges in their design work. There is a need to effectives the collaboration between the CAD-program Revit and the construction-program RFEM, which are the programs Peab uses for their work. Currently Peab work with both programs to design the same model, so they do one model in each program, based on models from an architecture. In this thesis is a couple of improvements presented, to reduce one of the modeling times and take advantage of the already existing model. To use the same model for both creating drawings in Revit and to perform construction calculations in RFEM, demands some type of transfer of information between the programs.

To succeed in creating a work process that is both simplified and more time efficient, the work started off with studying todays working and the current process. By also getting familiar with softwares that is used was important to understand the problematics. Based on that it was possible to deepen in transferring methods, IFC-files and important parameters.

The conclusion of the thesis is that two methods work well to effectives the design- and construction process. One method is with a plug-in from Dlubal in Revit, Dlubal is the creator of RFEM. The other method includes a transfer with IFC-files. Since the design process is an iterative process, one important factor is the ability to transfer the model between programs whenever. There are pros and cons with both transferring methods. The plug-in from Dlubal is without doubt the transferring method that is the simplest to handle and the one that can reduce time the most. One con is that the model requires a type of analytical model in the Revit-file. With the IFC-file transfer that is recommended, demands an IFC conversion of the information in the model, which can negatively affect the model's cross-section and structure. But in other hand, is there no requirements on the model, so in principle it would be possible to import an architecture Revit-model directly into RFEM. There are pros with both transferring methods, and the different methods can then be suitable for different types of projects.

Keywords: Design process, effectivization, Revit, RFEM, BIM, IFC-files, plug-in, 3D-model, analytical model

Innehåll

Sammanfattning	I
Abstract	II
Innehåll	III
Förord	V
Beteckningar	VI
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 PEAB Teknik	2
1.5 Metod	2
2 Projekteringsprocessen	3
2.1 Utredningsskede och förstudie	3
2.2 Programskede	3
2.3 Systemskede	3
2.4 Bygghandlingsskede	4
3 BIM	6
4 Programvaror	7
4.1 Revit	7
4.1.1 Analytisk modell	7
4.2 RFEM	8
4.2.1 Nod	9
4.2.2 Linje	9
4.2.3 Yta	10
4.2.4 Solid	11
4.2.5 Balkelement	12
4.2.6 Stöd	14
4.2.7 Lastfall och lastkombinationer	15
5 Överföringsmetoder mellan Revit och RFEM	18
5.1 IFC-filer	18
5.1.1 Överföring med IFC - ”coordination view”	18
5.1.2 Överföring med IFC - CAD/BIM model	20
5.2 Dlubal plug-in	20
6 Resultat	23
6.1 Överföringar från Revit till RFEM	23
6.1.1 En balk	23
6.1.2 Ett bjälklag	24
6.1.3 En modell	26

6.2	Överföringar från RFEM till Revit	28
6.2.1	Ett balkelement	28
6.2.2	En yta	30
6.2.3	En modell	31
7	Diskussion	33
7.1	Bästa överföringsmetoden	33
7.2	Effektivisering i Peabs projekteringsprocess	33
7.3	Svårigheter	35
7.4	Fortsatt arbete	36
	Referenser	37

Förord

Detta examensarbete för högskoleingångsprogrammet inom samhällsbyggnadsteknik, institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, avslutar mina tre år på Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet har pågått under vårterminen 2021 och omfattat 15 högskolepoäng.

Jag vill tacka mina handledare på Peab Teknik, Marie Åhs och Andreas Furenberg Ring, för det stöd och vägledning ni gett mig. Tack också min handledare och examinator på Chalmers, Joosef Leppänen, som under hela våren har varit hjälpsam och stöttande.

Göteborg Juni 2021

Malin Roos

Beteckningar

BIM - *Building Information Model (Byggnadsinformationsmodell)*– en process och arbetssätt som används vid lagring och redovisning av information, i en 3D modell.

CAD - *Computer-Aided Design*- används för att skapa tekniska ritningar inom konstruktion.

FEM - *Finite element method*- numerisk metod för att lösa partiella differentialekvationer med hjälp av datorer.

IFC - *Industry Foundation Classes*– ett öppet filformat för informationsutbyte mellan programvaror.

Revit - En CAD och BIM programvara från Autodesk, som används vid projektering av en byggnad.

RFEM - En programvara från Dlubal, används för konstruktions- och lastfallsberäkningar.

Plug-in - Ett insticksprogram som installeras som ett tillägg i ett annat program. Ger programmet utökade funktioner.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Ett samarbete och kunskapsutbyte från funktioner i diverse program krävs idag för att ett arbete inom konstruktion ska vara effektivt och hålla hög kvalitet. Detta examensarbete ska undersöka hur Peab Teknik jobbar i dagsläget med sin projektering av byggnader samt hur denna process kan effektiviseras. Processen i fråga är ett samspel mellan Revit och RFEM vid projektering av de bärande byggnadsdelarna. Två program med olika syften men likheten att man kan modellera ett element eller en byggnad. De båda programmen kan tillge byggnadsdelarna ett material med specifika egenskaper. Det RFEM kan göra är att beräkna alla de verkande lasterna och dess påverkan, för att kunna optimera tvärsnitt och byggnadsdelar. I Revit är byggnaden inte bara en byggnad utan en modell med mycket information och möjligheter, där modellens uppbyggnad kan studeras på detaljnivå. Båda dessa program behövs för att uppnå en så optimerad projektering av de bärande konstruktionerna som möjligt, därför hade det varit värdefullt ifall dessa program också kunde samarbeta enkelt, genom överföring av modellen i båda riktningar.

1.2 Syfte

Idag jobbar företaget med att modellera upp två separata modeller i respektive program, detta är både ineffektivt och därmed kostsamt, då de hellre hade velat lägga tiden för att utveckla designen exempelvis. Uppgiften är att hitta funktioner som gör att dessa program kan komplettera varann istället för att jobba separat. Med IFC-filer kunna hitta rutiner då modellen kan överföras från det ena programmet till det andra i ett bra tidsskede i projektet. En viktig faktor är att all betydande information från modellen måste följa med samt att det ska förenkla arbetet. Arbetet/rutinerna måste också kunna fungera mellan olika inblandade parter i projektet, konstruktör och projektör.

1.3 Avgränsningar

Det finns en mängd andra funktioner/moduler i RFEM utöver lastanalyser, exempelvis armeringsdimensionering. Detta hade varit en möjlig djupdykning inom arbetet, att ta reda på hur ifall Peab jobbar med detta i dagsläget, samt hur det också hade kunnat samspela med Revit. Hur man hade kunnat göra ritningar i Revit med de dimensioneringar som görs i RFEM och ifall det hade effektiviserat deras nuvarande rutin för detta. Men det kommer dessvärre inte behandlas i detta arbete.

Det finns också andra FEM- programvaror som har liknande funktioner som RFEM. Dessa program kommer inte undersökas på samma sätt som RFEM, då det inte är relevant för Peab. Det hade kunnat vara en intressant analysering ifall dessa program hade kunnat samarbeta bättre med Revit än vad RFEM kan.

1.4 PEAB Teknik

Peab Teknik är sedan ca tre år tillbaka en del av Peab koncernen. De arbetar med tekniska lösningar och stöd inom byggprojekt. Exempelvis erbjuder de spetskompetens inom konstruktion, projektering, fukt-, installation-, och energilösningar samt BIM-stöd. Med kontor i både Göteborg och Stockholm har de ca 20 anställda. Efterfrågan på Peab Teknicks kompetenser kan under ett byggprojekt variera. Vissa discipliner kan vara delaktiga i projekt från olika stadier och vissa redan från start.

I denna rapport kommer främst Peabs arbete med inom projektering av konstruktion beskrivas. I dagsläget finns det sex stycken konstruktörer och två stycken projektörer anställda. Vid behov av extra resurser köps externa projektörer in i ett projekt. Peab Teknik har inga egna arkitekter anställda, utan den tjänsten köps också in externt. I framtiden finns det mål att expandera Peab Teknik, kunna ta sig an flera projekt och bli konkurrenskraftiga.

1.5 Metod

För att hitta hur den mest effektiva processen, för ett så bra samarbete mellan Revit och RFEM ser ut, krävs en förundersökning över dagens arbetssätt och sen lyfta fram fördelar och nackdelar med att modellera i respektive program. Att undersöka projekteringsprocessen i detalj för att kunna skriva rutiner över arbetsgången kommer krävas. En viktig faktor till effektivisering är att den ska fungera då olika konsulter arbetar på samma projekt. Att få en tydlig bild om vilka som arbetar när på projektet under konstruktion-/modelleringsskedet är betydelsefullt.

Grundidén är att undersöka hurvida IFC-filer kan konverteras på så sätt att all information från Revit-modellen kan överföras till RFEM utan betydande informationsförlust. En annan överföringsmetod som ska studeras är en plug-in i Revit. Plug-inen är ifrån RFEMs skapare, Dlubal. Med insticksprogrammet ska det kunna gå att direkt överföra en Revit-modell till RFEM genom ett knapptryck. Att hitta inställningar i exportmenyn för att kunna exportera modellen och få med just den information som behövs till RFEM kommer vara en stor del av arbetet. Också kunna säkerställa att modellen kan gå åt båda håll, kunna få tillbaka en uppdaterad modell till Revit. För att sedan sammanfatta arbetet och skapa rutiner kommer det behövas testas och därefter ses över hur det påverkar arbetet tidsmässigt. Allt praktiskt arbete kommer kompletteras med information från vetenskapliga artiklar och böcker för att bredda perspektivet för BIM, IFC-filer, effektivisering samt programvarorna.

2 Projekteringsprocessen

En del i byggnadsprocessen i ett husbyggnadsperspektiv, är projekteringsprocessen. Detta är en viktig process där modeller tar form, ritningar skapas, tekniska lösningar utformas och många val tas utefter de förutsättningar som jobbas utifrån. Det är ofta många olika konsulter på ett och samma projekt. Därför är samordning och styrning viktigt för att se till att alla jobbar mot samma mål. Projekteringsfasen är ingen rak linje, utan det är en lång process som ska resultera bygghandlingar i för produktion samt kommun.

Efter projekteringen påbörjas produktionsfasen. Där byggnaden produceras utefter de handlingar som uppförts. Efter produktionsfasen påbörjas en tid av förvaltning och underhåll.

2.1 Utredningsskede och förstudie

Generellt sett är det första steget i projekteringsprocessen utredningsskedet/förstudie. Vid detta tidiga skede diskuteras mål och omfattning på projektet och det blir till en översiktlig beskrivning. Nuläget analyseras och en preliminär plan läggs upp. Frågor som varför?, vad?, vem?, när? ställs. Ramar för tid och kostnader diskuteras också i viss utsträckning. (Boverket, 2019b)

2.2 Programskede

Under programskedet så skrivs programhandling innehållande preciserade mål och krav som ställs på de ytor och volymer som ska projekteras i senare skede. De verksamheter som ska befinna sig i byggnaden fastställs och lokalprogram och rumsfunktionsbeskrivningar bestäms utefter det. Utseende, tekniska krav och funktionskrav diskuteras. Det är främst arkitekten som påbörjar arbetet med modellering av byggnation och skapar en så kallad A-modell som lägger grunden för designen. Om det skulle behövas en geoteknisk utredning så sker det under programskedet, för att få information om de markförhållanden som arbetas utefter. Även andra typer av utredningar kan behöva göras och fler krav utefter det kan behöva ställas. (Projektledning, 2018)

Under programskedet så tar också byggherren beslut angående entreprenadform. Det finns två olika entreprenadformer, total- och utförandeentreprenad. Det som skiljer dessa är ansvaret som en entreprenör har, samt vem som ansvarar över projekteringen. Vid utförandeentreprenad så svarar beställaren för projekteringen och entreprenör för utförandet. Vid totalentreprenad så har entreprenör betydligt större ansvar och står för både projektering och entreprenad. (Deli, 2017)

2.3 Systemskede

I systemskedet ska skisser och modeller börja att ta form och vidareutvecklas av arkitekter, projektörer samt konstruktörer. Beroende på ett projekts storlek och omfattning kan det krävas fler kompetenser utöver dessa, exempelvis markingenjörer, systemingenjörer, fukt- och energiingenjörer. Under detta skede ska projektet komma samman och resultera i tekniska beskrivningar samt systemhandlingar, enligt M.Åhs, konstruktör på Peab Teknik (personlig kommunikation, 3 mars 2021). Alla tekniska val ska redovisas och en sammanställning/samordning av de tekniska systemen ska finnas, vilket ska minska kol-

lisioner och problem för senare bygghandlingsprojektering. Under systemskedet så görs priskalkyler och slutpris sätts på projekteringen (LU Byggnad, 2019).

Skillnaden mellan systemhandling och programhandling är hur de tekniska systemen behandlas. I systemhandlingarna så tar de tekniska systemen stor plats, då de ska motiveras och diskuteras, fördelar och nackdelar. I programhandlingarna sätts förutsättningarna upp för hurvida projektet kan fortlöpa och valen som tas i systemskedet kan motiveras med hjälp av programhandlingarna. Systemhandlingarna innehåller också som sagt ekonomiska aspekter, vilket inte programhandlingen berör. (Projektledning, 2018)

Det är ofta en iterativ process mellan arkitekter, konstruktörer och projektörer när modellen vidareutvecklas och justeras till dess att den är optimerad och säkerställd. En av många skillnader som varierar bland olika företags projekteringsprocesser är bland annat programvarorna som används. På företaget Peab så används programvaran Revit för projektering och konstruktion av byggnaden. RFEM, ett finita-element program, används som ett hjälpmedel för att beräkna laster och dess påverkan. Se kapitel 4 för information om programvarorna.

En annan programvara som ofta användas i samband med projektering och samordning är Solibri, ett kollisionskontrollprogram som ska säkerställa att de installationssystem eller byggnadsdelar som finns, inte ska kollidera. Just kollisionskontroll och samordning mellan olika discipliner och system är en viktig del av arbetet då det är mycket enklare att i projekteringskedet justera en konstruktion eller ett system, än under byggnationen (Projektledning, 2018). Under systemskedet liksom hela projektet hålls kontinuerliga samordningsmöten för att säkerställa kvalitet och undvika missförstånd mellan olika konsulter, där också kollisionskontroller utförs tillsammans.

2.4 Bygghandlingsskede

Under bygghandlingsskedet så produceras de ritningar och handlingar som behövs inför upphandling och produktion. Kompletterande information till ritningarna tas fram och krav måste utförligt beskrivas hurvida de uppfylls. Det finns tre olika typer av krav som måste uppfyllas och redovisas. Dessa krav är krav från myndigheter, vilket är de krav som samhället ställer, det vill säga de lagar, förordningar och föreskrifter som finns att förhålla sig till. Det finns verksamhetsspecifika krav, att vissa verksamheter kräver vissa specifika krav för att verksamheten ska kunna drivas på ett korrekt sätt. Sedan finns det byggnadsspecifika krav, krav på byggnadens estetiska utformning, planlösning, tillgänglighet med mera. (Projektledning, 2018)

I bygghandlingsskedet så produceras en mängd byggritningar. Byggritningarna kan delas in i fem olika kategorier: sammanställningsritningar, uppställningsritningar, detaljritningar, samordningsritningar samt förteckningsritningar. Detta är olika ritningar som betonar olika delar och inzoomningar på projektet. (Bergenudd, 2003)

Sammanställningsritningar visar en helhet av projektet med hänvisningar till fler ingående detaljer. Ritningen visar dessutom lägen och mått. Planer, snitt och vyer brukar vara en del av sammanställningsritningarna. (Bergenudd, 2003)

Uppställnings- och detaljritningar visar enskilda eller små grupper av komponenter. Information om sammanfogningar, montering och måttsättning finns med i dessa ritningar. Utifrån dessa ritningar ska komponenter så som fönster och dörrar kunna tillverkas. Of-

ta är dessa ritningar i betydligt större skala än sammanställningsritningar, detta för att detaljeringen ska synas så bra som möjligt. (Bergenudd, 2003)

Samordningsritningar är ritningar som visar samordningen mellan olika discipliner. Dessa ritningar kan utformas som sammanställnings- uppställnings- eller detaljritningar men skillnaden är då att flera konsulter arbete redovisas. (Bergenudd, 2003)

Enligt Bygghandlingar 90- del 1 så är förteckningsritningar ritningar som ska ge information om form och konstruktion. Redovisar mått och utförandeinformation för en grupp av komponenter. Ritningarna kan innehålla planer, snitt och vyer.

Efter bygghandlingsskedet, då alla handlingar är klara, så kan projektet skickas in för bygglovsansökan hos kommunen. För att bygglov ska beviljas så krävs det att lösningar för tillgänglighet och funktion är redovisade, som tidigare nämnt. Situationsplan, fasader och planritningar är de ritningar som behöver redovisas. Det är inte av väsentlighet att redovisa de tekniska valen. I projekt är det inte ovanligt att det finns en kontrollansvarig, vars jobb är att se till att relevanta handlingar och dokument finns framarbetade. (Projektledning, 2018)

3 BIM

BIM, byggnadsinformationsmodell, är ett begrepp för hurvida information och egenskaper i en modell skapas sparas och redovisas. BIM-metodik kan enligt Yazdani (2019) anses vara ett arbetssätt som är tillämpligt på olika områden av byggbranchen. BIM har idag en stor roll i byggbranchen, på grund av att digitaliseringen fortsätter och får en större betydelse vid projektering och även vid arbetsplatser (R.Sacks m. fl., 2018). Yazdani menar också att BIM-metodiken handlar om att ta tillvara på den mängd av information som skapas i projektet, och att den sedan kan delas med alla inblandade på projektet. Vilket leder till ökad förståelse och minskat antal fel.

En 3D modell är uppbyggd av objekt, familjer och komponenter. En 3D modell är inte automatiskt en BIM-modell, utan det är först när modellen blir tilldelad information (R.Sacks m. fl., 2018). Information i form av material, kostnad, färg, tillverkare m.m. Denna informationen ligger sedan lagrad i modellen och kan tas fram vid vidare utveckling av processer eller kalkyler. (Yazdani, 2019)

Det är värdefullt att i projektets alla skeden integrera BIM, för att processer, ekonomi samt samordning ska bli så effektivt som möjligt, enligt BIM Handbook (2018). Redan i utrednings- och programskede är det värdefullt för kunden att kunna få en relativt tydligt bild över projektet, främst på de ekonomiska aspekterna. Kommer den design som är planerad att klara budget eller kommer designen behövas justeras. (R.Sacks m. fl., 2018)

Att arbeta med BIM i design/systemskedet har flera fördelar. Det går att i ett tidigt skede få en visualisering av projektet i 3D. Ett tidigt samarbete mellan olika discipliner är möjligt. Det underlättar samordning, minskar fel i designen samt tidsåtgången för modellering. Problem som kan uppstå i samband med flera discipliners arbete, exempelvis kollisioner kan upptäckas tidigare än om alla discipliner skulle ha sina egna ritningar separat. Andra aspekter så som energieffektivitet och hållbarhet kan utvärderas genom att använda byggnadsinformationen i externa analyseringsverktyg. (R.Sacks m. fl., 2018)

Enligt BIM Handbook är det också i byggnation värdefullt med BIM integreringen. Att kunna ha en nästintill exakt modell av byggnaden gör att flera komponenter skulle kunna förproduceras ”off-site”. Vilket i så fall minskar installationstider, arbetskraft och lagerplats på byggplatsen. Tidsplanering, 4D tidsplaner, är ett verktyg som kan ge en tydlig bild om hur arbetsplatsen ser ut vid vilken tidpunkt som helst. Det är enkelt att se vilka maskiner eller ställningar som behöver finnas på plats under vissa tidpunkter. När det görs tydligt är det också enklare att få en mer exakt kostnadsberäkning. (R.Sacks m. fl., 2018)

Även efter byggnation finns det fördelar med att BIM har implementerats tidigt. Att information finns lättillgängligt och beskriver nästintill alla ingående komponenter och system underlättar framtida underhåll. (R.Sacks m. fl., 2018)

4 Programvaror

Idag finns en mängd olika projekteringsprogramvaror och konstruktionsprogramvaror att använda sig av vid projektering av en byggnad. Olika program kan samarbeta olika bra och implementerar BIM på olika sätt. På Peab använder de sig huvudsakligen av Autodesk's programvara Revit och konstruktionsprogrammet RFEM från Dlubal, dessa program kommer beskrivas i detta kapitel.

4.1 Revit

Revit är ett CAD-program samt en mjukvara för byggnadsinformationmodeller. Vilket innebär att det är ett modelleringsprogram som också kan fylla modellen med byggnadsteknisk information. I programmet modelleras byggnader från start till slut upp i en 3D miljö, med avseende på design, konstruktion och installationssystem bland annat. Under hela projekteringsprocessens gång kan en klar bild av projektet fås, då visualiseringen sker i 3D.

I Revit finns det möjlighet att projektera på två olika sätt/ med två typer av verktyg: arkitektoniska eller strukturella element. Används de strukturella elementen, t.ex. "structural wall" eller "structural floor" så projekteras delarna som bärande och får speciella egenskaper utefter det, se kap 4.1.1. Används arkitektoniska element, t.ex. "architectural wall" eller "architectural floor" så kommer inte delarna bli bärande och inte heller vara helt betydande för slutliga modellen, konstruktionsmässigt.

Revit är som nämnt en BIM mjukvara och kan hålla en stor mängd information i de byggnadsdelar som upprättas. Att kunna skapa förteckningar och ta ut mängder på alla ingående komponenter för att erhålla kostnadskalkyler är ett exempel på en funktion som används ofta. "Project Phasing" eller fasplanering i projekt är en annan informationsintegrering i Revit. Det går att definiera faser i ett projekt och utefter det ta fram modeller, filter och mängdscheman för olika tidsskeden. Vilket kan ge en tydlig överblick hur projektet kommer ta form, vad som kommer ske vid olika tidsskeden och vad som behöver finnas vid ett visst tillfälle på arbetsplatsen. (Hall, 2018)

När ett projekt i Revit skapas så blir filen en RVT-fil, ett filformat speciellt utformat för att hålla Revits information och modell. Det finns möjlighet i Revit att konvertera RVT-filen till andra typer av filer, t.ex. DWG, NWD eller IFC. I kapitel 5.1 går det att läsa om IFC-filformatet och varför det är viktigt i ett bra samspel mellan olika programvaror. Varför det skulle vara av intresse att kunna konvertera Revit-filen till en annan typ är för vidare utveckling av byggnadsinformations modellen i exempelvis program för andra BIM-verktyg eller utveckling i en BIM-miljö.

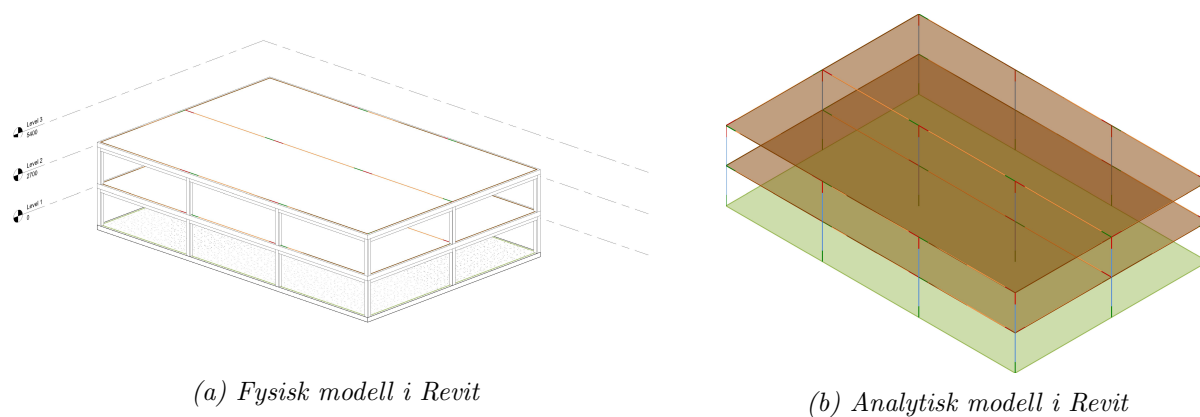
4.1.1 Analytisk modell

Vid projektering i Revit så skapas det två olika modeller, beroende på vilka verktyg som används, fysisk och analytisk modell. När de strukturella verktygen används som tidigare beskrivits, så bildas det en analytisk modell. Den analytiska och fysiska modellen fungerar på olika sätt och bör finnas i ett och samma projekt samtidigt. Den fysiska modellen modelleras för samordning och dokumentation medan den analytiska modellen analyserar och bygger upp konstruktionen för dess påverkande faktorer. Båda de olika modellerna kan bestå av de rätta komponenterna, med rätt materialegenskaper och geometrier. Det

som sedan den analytiska modellen skapas är en struktur av noder, linjer och ytor som är ihopkopplade. Den fysiska modellen består både av arkitektoniska- och strukturella element. Den analytiska modellen består endast av strukturella/analytiska komponenter. Se Figur 1 nedan för en jämförelse. Figur 1a visar den fysiska modellen och Figur 1b visar den analytiska modellen.

De noder, linjer och ytor som skapas när man placerar ut ett strukturellt element kommer visas i modellen som en färgad linje. Alla de strukturella delarna har linjer med olika färger. Med den analytiska modellen går det att testa strukturen i Revit, till viss del. Det går i Revit att lägga in "boundary conditions"/stödtyper, det går att placera ut laster och sedan analysera konstruktionen. Även fast Revit tillhandahåller funktioner för att testa konstruktionen så är det vanligt för större projekt att använda sig av ett separat konstruktionsprogram för mer komplexa och omfattande beräkningar.

Varför man behöver upprätta den här typen av analytisk modell är för att ge en säkerhet och tydlig bild vid konstruktion. Den visar på vad det egentligen är som är bärande och inte. (Autodesk, 2020b)



Figur 1: Skillnad mellan fysisk och analytisk modell

För att få den analytiska modellen att visas i projektet är det enklast att använda sig av en "structural analysis project template", en mallfil som förinställt har de inställningar som gör att den analytiska modellen visas, både i plan och i 3D. (Autodesk, 2020a). Det går sedan under hela projektets gång släcka och tända den analytiska modellen.

4.2 RFEM

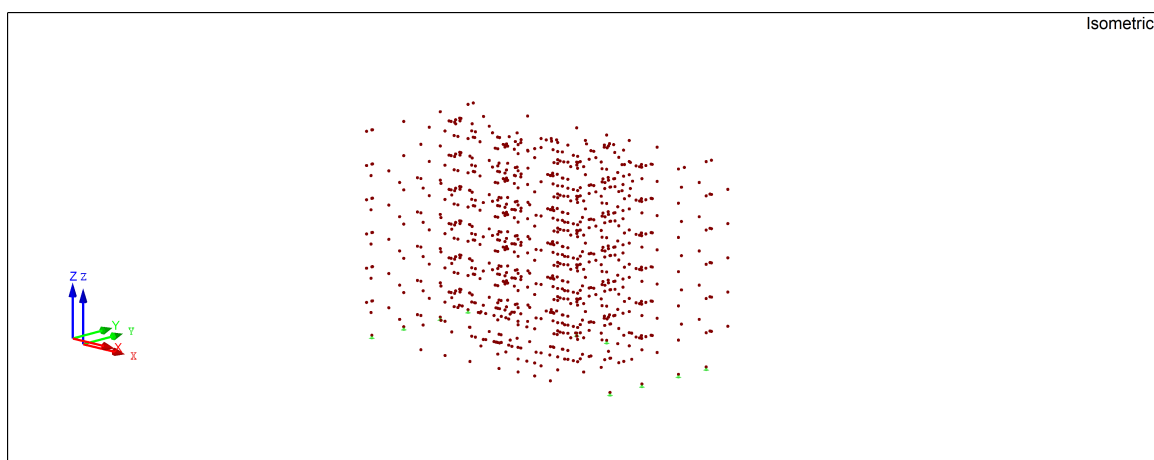
RFEM är ett finita-element program, som kan modellera ett element eller en hel byggnad. Med programmet kan konstruktioner definieras och sen modelleras utefter de krav och förhållanden som konstruktionen har, exempelvis påverkade lastfall. RFEM kan sen utefter de lastfall som appliceras visa deformationer, krafter och spänningar i konstruktionen. Lastfall, så som snölast, vindlast, olyckslast m.fl. är några av de laster som kan läggas in i programmet och användas för dimensionering av de bärande byggnadsdelarna, se kapitel 4.2.7 för utförligare information om laster och lastberäkningar. Utefter lasterna kan sedan element dimensioneras eller justeras tills dess att tvärsnitt är optimala. I RFEM modelleras bara de bärande konstruktionsdelarna/stomme upp. Sedan tas modelleringen över i ett CAD-program för att tillföra byggnadsinformation samt icke-bärande byggnadsdelar till projektet.

Till RFEM finns en mängd olika ”add-on modules” som tillåter programmet att vidareutveckla konstruktionen utefter de krav och arkitektoniska visioner som finns, exempelvis finns armeringsdimensionering för betongelement eller glasmodellering för konstruktioner med bärande glaselement.

I RFEM finns det endast en analytisk modell, motsvarande som i Revit. Noder, linjer och ytor fungerar på liknande sätt, men hela modellen baseras på endast dessa delar, då RFEM saknar en fysisk modell. Laster bestäms och placeras utefter dessa noder, linjer eller ytor. T.ex. måste en punktlast placeras på en nod och en linjelast måste placeras på en linje. I kapitel 4, avsnitt 4.2.1-4.2.7, så kommer de ovannämnda delarna beskrivas. Exemplet i figurerna som kommer visas i dessa kapitel kommer ifrån en exempelbyggnad från Peab Teknik.

4.2.1 Nod

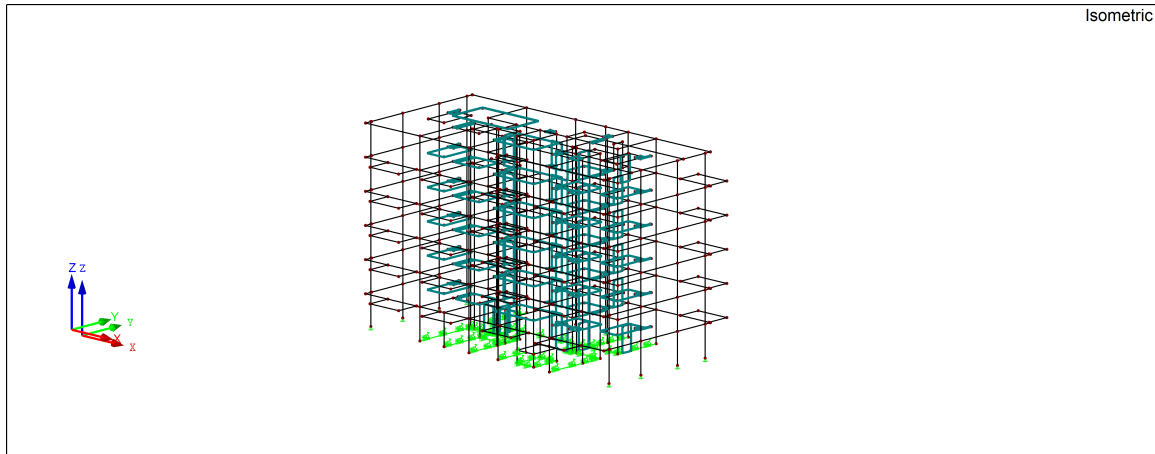
En nod i RFEM är en punkt som både grafiskt och manuellt kan placeras ut i koordinatsystemet. Noden får, om det inte direkt anges, koordinater för dess position, (X,Y,Z) . Dessa koordinater utgår från origo på koordinatsystemet om ingen annan referenspunkt anges. I en modell-informationstabell i programmet, under en flik för noder kommer information om alla de existerande noderna att dyka upp, exempelvis dess koordinater, typ av nod och referensnod. En slutlig modell grundar sig på de existerande noderna. Noder är det som binder ihop resten av alla de andra element som skapas. (Dlubal, 2020) Se Figur 2 för en bild på exempelbyggnadens alla noder.



Figur 2: Exempelbyggnadens alla noder

4.2.2 Linje

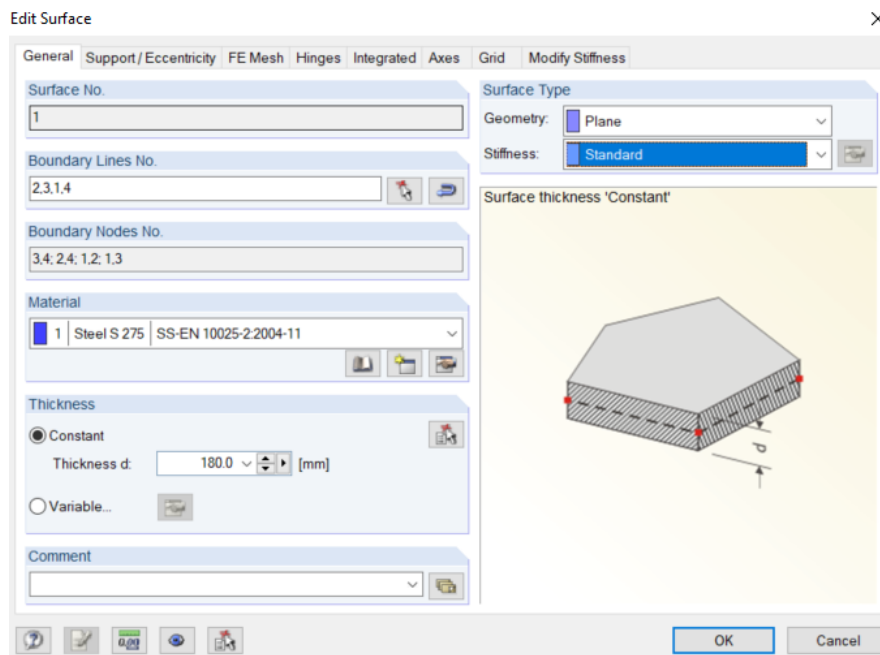
Det som avgränsar modellens geometri är linjer. En linje binds ihop av noder, en startnod och en slutnod, se Figur 3. På samma sätt som noder har en flik i informationstabellen så finns det en flik för linjer. Linjenummer, start- och slutnoder och längd på linjen finns definierat i den. Det finns en mängd olika linjetyper att arbeta med: enkel linje, polylinje, parabolisk linje, cirkelbåge m.m. (Dlubal, 2020)



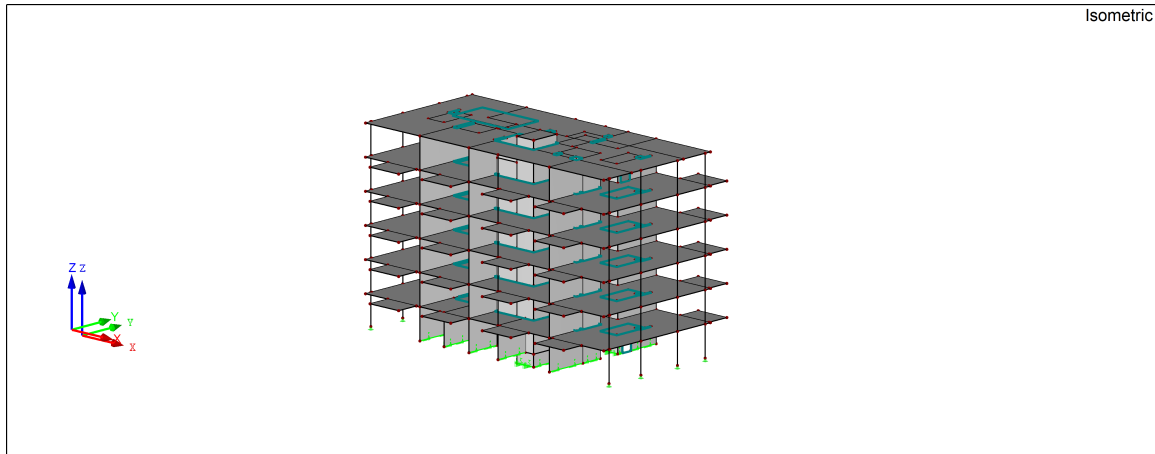
Figur 3: Exempelbyggnaden, innehållande noder och linjer

4.2.3 Yta

När modellen innehåller noder och sammanbindande linjer så blir det enkelt att bilda en yta mellan dessa. Det går också att välja ytverktyget för att skapa en yta direkt i koordinatsystemet. Det finns liksom hos linjer ett antal olika typer av ytor att skapa: rektangel, cirkel, parallelogram, polygon bland annat. Vid skapandet av en ytan ska den tilldelas en tjocklek och en materialtyp. Materialtyper kan sedan tidigare vara definierade eller så finns det ett materialbibliotek att välja från. I Figur 4 så visas hur det ser ut vid skapade eller ändring av en yta, vart material samt tjocklek definieras. En annan parameter som bör tas hänsyn till vid placering av en yta är styvhet. Styvhet definieras som: standard, utan membran spänningar, ortotropisk, stel, membran, membran ortotropisk eller noll. Vid användning av standard så antas materialet vara homogent och isotropiskt, I Figur 4 går det att se också vart styvheten/"stiffness" väljs, se den markerade boxen. Figur 5 visar exempelbyggnad nu innehållande ytor.



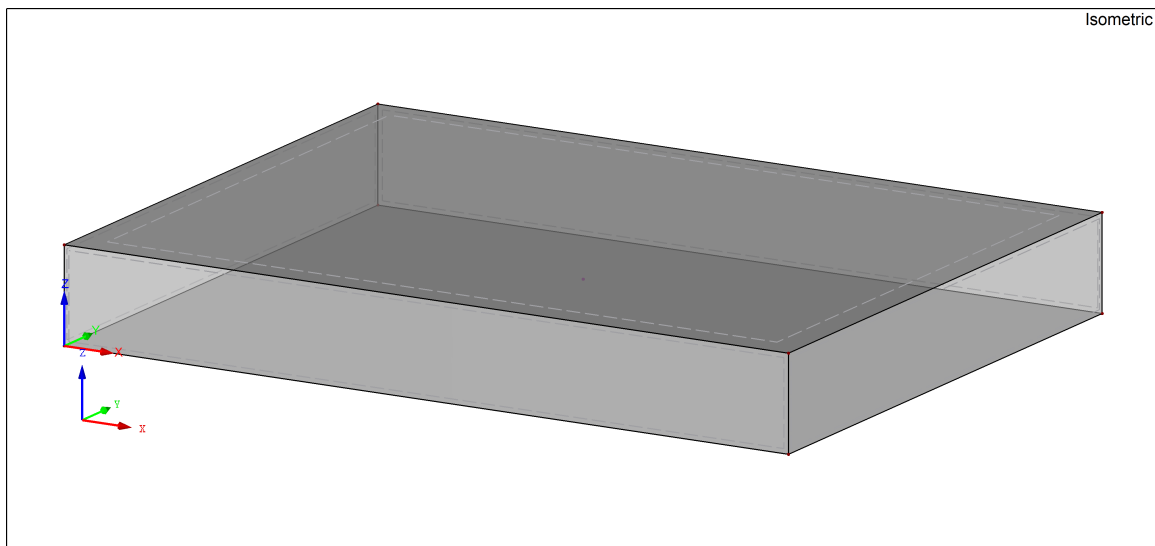
Figur 4: Hur en yta skapas eller ändras



Figur 5: Exempelbyggnaden innehållandes ytor

4.2.4 Solid

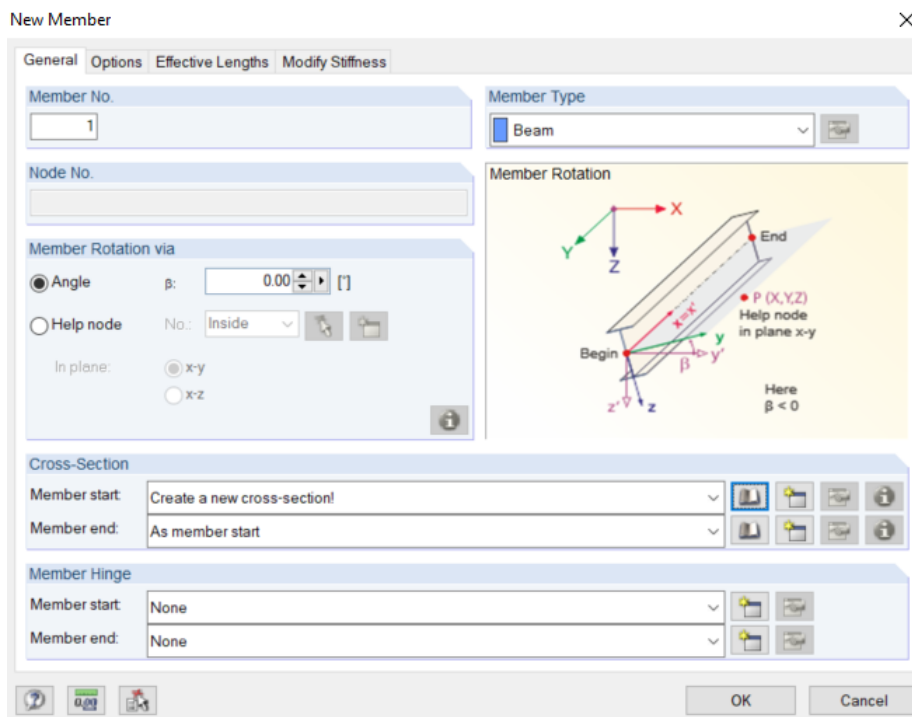
De tidigare beskrivna elementen är tvådimensionella element, en solid är ett tredimensionellt element, se Figur 6 nedan. I dagsläget är det inte så vanligt förekommande att solid-verktyget används vid konstruktion i RFEM, enligt M.Åhs (personlig kommunikation, 14 april 2021). Det förekommer då spänningar i mindre element söks, och då det är svårt att med andra verktyg få till en geometri som stämmer överens med verkligheten. Soliden skapas av ytor eller genom att placeras ut för sig själv. Det finns fyra olika solida typer: material, gas, kontakt och noll. Typen material anger att soliden är ett homogent och isotropiskt material. (Dlubal, 2020)



Figur 6: En solid i RFEM

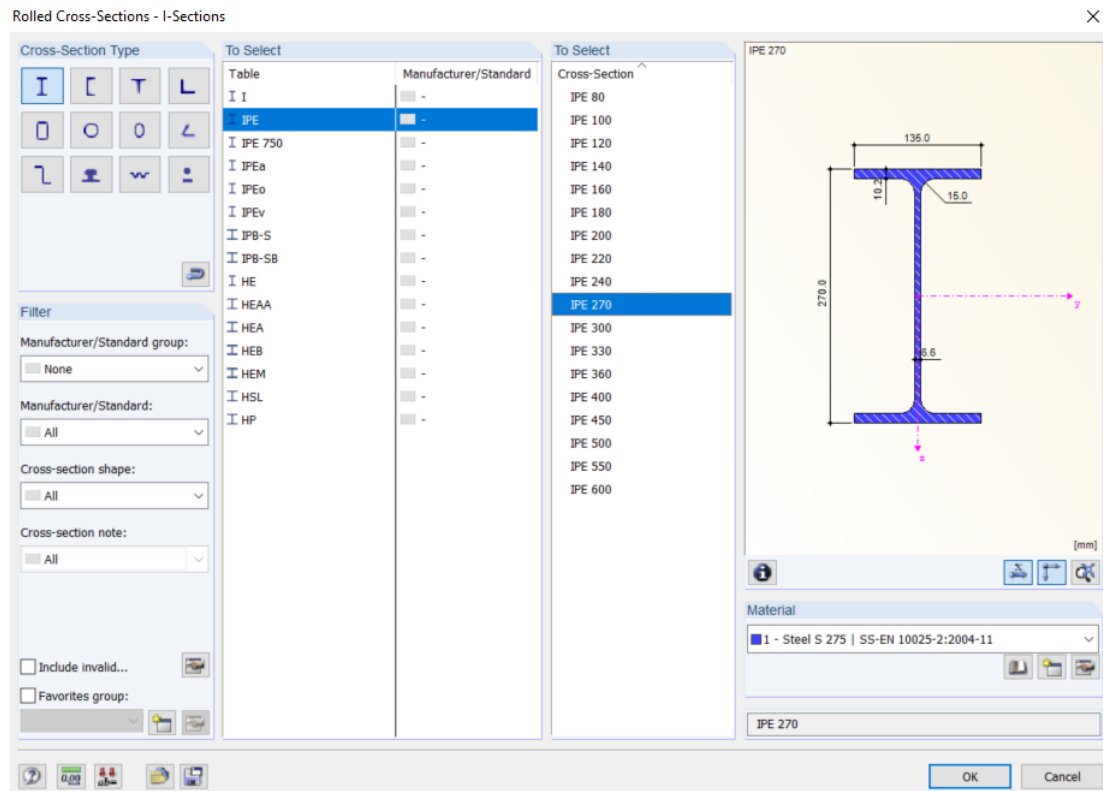
4.2.5 Balkelement

Ett balkelement eller "member" som det heter i RFEM, är en sammakoppling mellan noder som har ett tilldelat tvärsnitt och materialegenskaper. Ett balkelement skapas enligt Figur 7 där det går att antingen välja noder att knyta samman eller välja koordinater, då skapas noder automatiskt. Balkelement kan definieras som olika typer, balk är ett exempel på ett typ av balkelement.



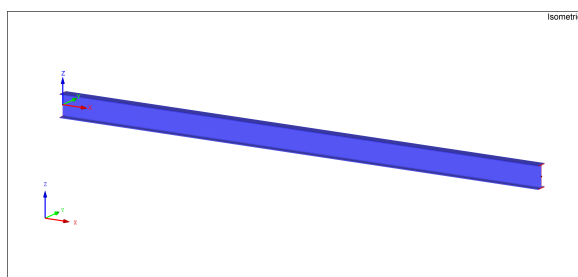
Figur 7: Hur ett nytt balkelement skapas

För att välja materialtyp på ett balkelement går det att välja bland en mängd fördefinierade materialtyper, även material enligt standarder. I RFEM går det att läsa in en mängd olika standarder, dessa återfinns även i tvärsnittsgeometrier. Figur 8 visar hur det ser ut när ett balkelement får ett tvärsnitt tilldelat.

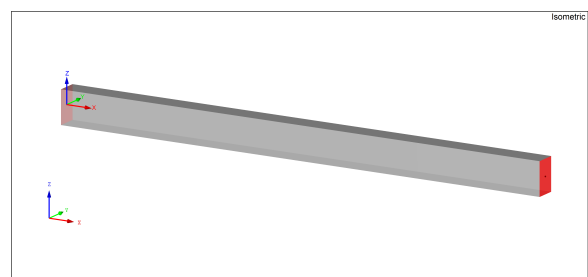


Figur 8: Meny för val av tvärsnitt

Figur 9 visar två exempel på balkelement, Figur 9a är en stål balk med IPE tvärsnitt och i Figur 9b visas en betongbalk med rektangulärt tvärsnitt. Vid projektering av en byggnad så krävs det oftast en mängd av olika balkelement, oftast med olika tvärsnitt och materialegenskaper. I RFEM går det att definiera balkelement som set, av två olika typer: kontinuerliga element och grupp av element. Det som skiljer dessa är hurvida de olika elementen bygger på varann, finns det utstickande element eller kan modellen ses som kontinuerlig. Genom att definiera ett set av balkelement går det snabbt att justera dess egenskaper, såsom längd. Eller vid visning vid kontroll av inre krafter går det att få upp krafterna i diagram visande hela setet av element. (Dlubal, 2020)



(a) I-Balk av stål i RFEM



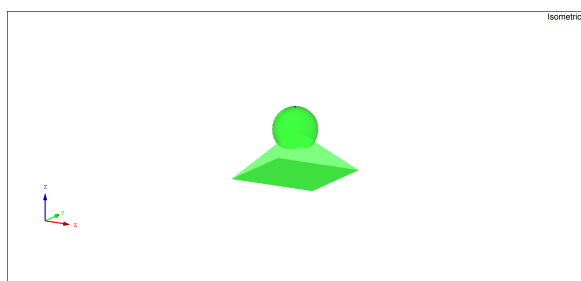
(b) Balk av betong i RFEM

Figur 9: Två balkar med olika tvärsnitt och olika material

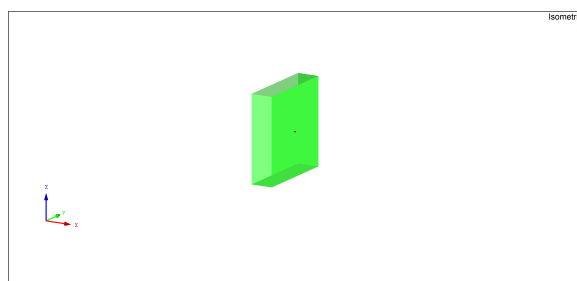
4.2.6 Stöd

Det finns tre olika typer av stöd som används för stabilisering av en konstruktion: nodstöd, linjestöd samt ytstöd. Stöd krävs vid korrekt användning av programmet, utan stöd så hade konstruktionen kunnat röra sig eller kollapsa. Stödets uppgift är att överföra de pålagda krafterna på konstruktion ner till marken som konstruktionen står på. Gemensamt för alla tre typer av stöd är att det går att bestämma stödets upplags-/inspänningsförhållanden. Det går att bestämma ifall stödet ska kunna röra sig/vara fritt upplagt eller vara fast med en stel infästning. Genom att ange inspännings- eller upplagsvillkor så bestäms stödets frihetsgrad. (Dlubal, 2020)

Ett nodstöd placeras vid en nod. Ett nodstöd kan utföras på ett par olika sätt och begränsa konstruktionen. Figur 10 visar nodstöd med olika infästningar, Figur 10a är ett ledat stöd, Figur 10b är ett fast inspänt stöd. I figurerna går att se stödets frihetsgrader, i vilka leder som stödet kan röra sig i. I Figur 3 går det att se hur nodstöd placeras ut på en större byggnad.



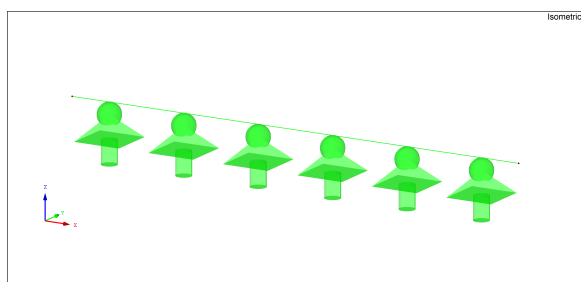
(a) Nodstöd, ledat



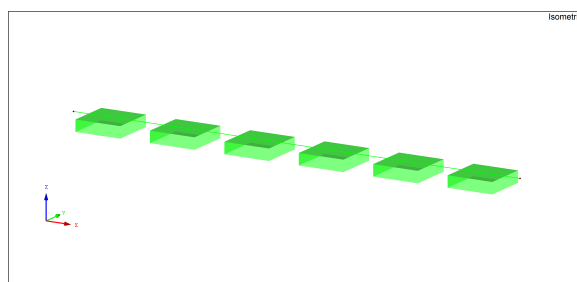
(b) Nodstöd, fast inspänt

Figur 10: Två olika nodstöd, olika inspänningsförhållanden

Figur 11 visar två olika typer av linjestöd. I Figur 11a visas ett ledat linjestöd, i Figur 11b är linjestödet fast inspänt. Linjestöd placeras ut längst linjer, lika som ytstöd placeras på ytor. I Figur 33, i kapitel 6.2.2 går det att se en bild på ett ledat ytstöd.



(a) Linjestöd, ledat



(b) Linjestöd, fast inspänt

Figur 11: Två olika linjestöd, olika inspänningsförhållanden

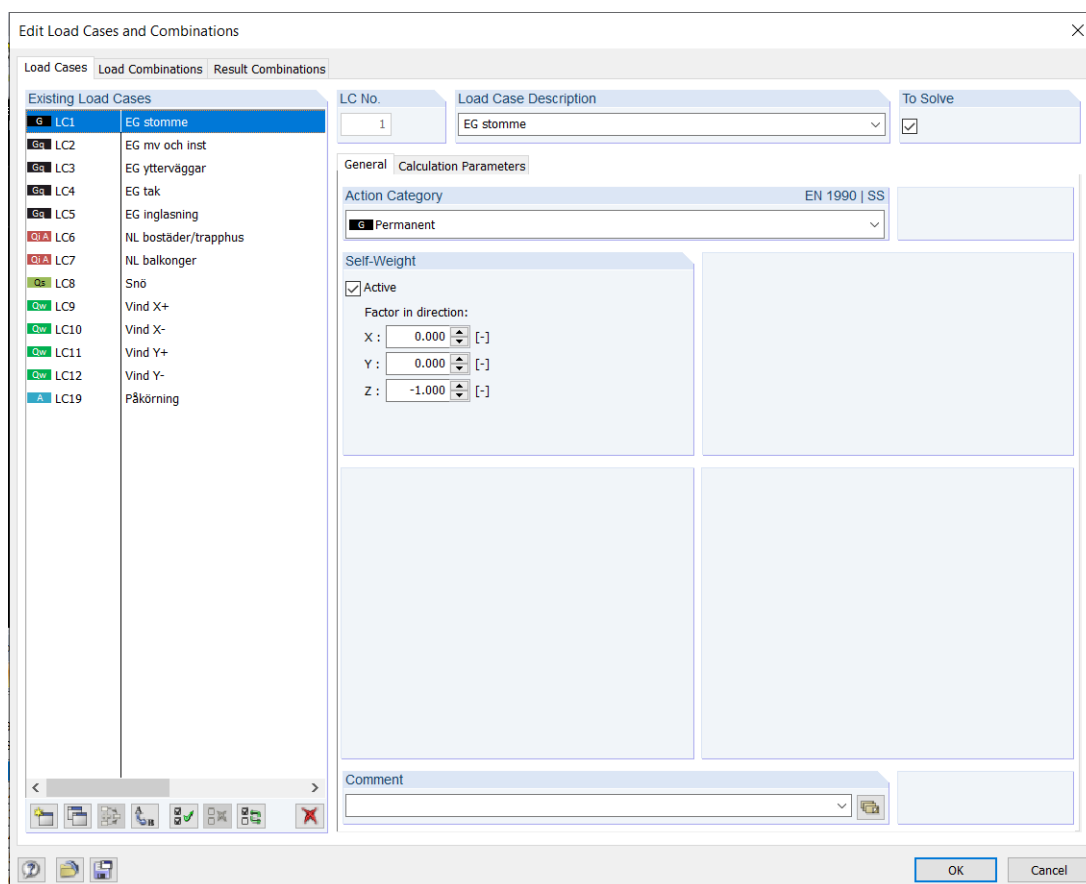
4.2.7 Lastfall och lastkombinationer

En av RFEMs viktigaste funktioner är lastberäkningar. Efter eller under modellering av exempelvis en byggnad så går det att lägga in olika verkande lastfall på konstruktionen. Vanliga lastfall som kan verka på samma konstruktion är egentyngd, vindlast, snölast och nyttig last.

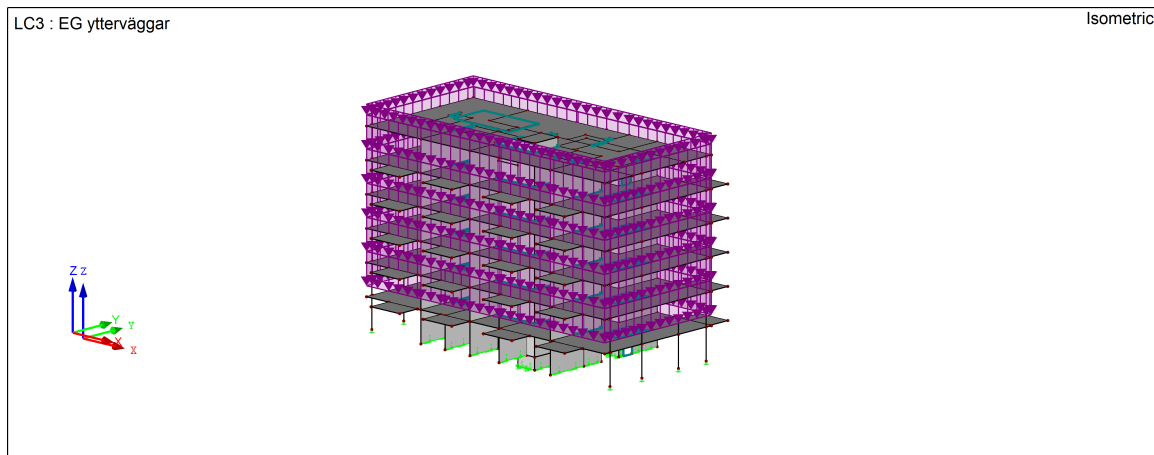
Egentyngd (G) är byggnadens egen kraftpåverkan, en permanent last. Vind-, snö- och nyttig last är variabla laster (Q), laster som varierar i storlek med tiden. Lasterna är varken försumbara eller monotona enligt SS-EN 1990. Variabla laster är antingen en huvudlast eller en övrig variabel last.

Figur 12 visar hur det ser ut i RFEM då lastfall har lagts in. Lastfallen som är inlagda är fem olika egentyngder: för stomme, mellanväggar och installationer, ytterväggar, tak och inglasning. Endast stommen har en aktiv ”self-weight” med en faktor -1 i z-led, som kan ses i Figur 12.

Inlagda variabla laster är i detta exempel nyttig last, ”Imposed”, i bostäder, trapphus samt för balkonger, snölast och vindlast från alla riktningar. I exemplet i Figur 12 finns också en påkörningslast, en olyckslast, inlagd. Vilken storlek lasterna har anges manuellt vid placering av laster. Laster kan placeras ut vid noder, linjer eller ytor, på liknande sätt som stöd placerades (Dlubal, 2020). Se Figur 13 för ett exempel på hur ett lastfall kan se ut, i detta fall ytterväggarnas egentyngd.



Figur 12: Inlagda lastfall i exempelbyggnaden



Figur 13: Lastfallet egentyngd av ytterväggar i exempelbyggnad

När alla lastfall är skapade och tillhörande laster placerade i modellen så kan en beräkning utföras som kombinerar och beräknar slutliga krafter, moment och spänningar i konstruktionens alla delar. Genom ett flertal olika inställningar går det sedan att visa upp den informationen som söks från beräkningen, exempelvis kraftresultanter eller spänningar.

Beräkningarna som görs i programmet baseras på Eurokoden SS-EN 1990- grundläggande dimensioneringsregler för bärverk och BFS 2013:10, Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder). Detta innebär att hållfasthet säkerställs i konstruktionen genom att kombinera lasterna på ett visst sätt. Ekvation 1 nedanför är ett exempel på en vanligt förekommande lastkombination som används i programmet. I RFEM kan användaren välja att automatiskt generera olika lastkombinationer. RFEM tar då fram alla möjliga lastkombinationer som konstruktionen kan utsättas för. Vilket ibland gör det enklare att med endast ett par få ekvationer kombinera lasterna med handberäkningar. Det kan vara enklare på så sätt att RFEM ibland kan ta tid på sig för att räkna fram exakt alla lastkombinationer. Det som är av intresse i slutändan är endast den dimensionerande lastkombinationen.

Ekvation 1 är ekvation 6.10b i SS-EN 1990 som kombinerar laster i brottgränstillstånd. Denna ekvation är vanligtvis den dimensionerande och används då den permanenta lasten inte är den dominerande. Ifall det finns en dominerande permanent last, så kan ekvation 6.10a i SS-EN 1990 bli dimensionerande. (Svenska Institutet för Standarder, 2010)

$$\gamma_d(0.89 \times 1.35 \times G + 1.5 \times Q_1 + \sum_i Q_i \times \psi_{0,i}) \quad (1)$$

Där:

G - permanent last, egentyngd

Q_1 - Variabel huvudlast

Q_i - Övriga variabla laster

$\psi_{0,i}$ - lastreduktionsfaktor för nyttig last

γ_d - partialkoefficient som tar hänsyn till säkerhetsklassen. Det finns tre säkerhetsklasser (Boverket, 2019a):

Säkerhetsklass 1: $\gamma_d = 0,83$ (liten risk för allvarliga personskador)

Säkerhetsklass 2: $\gamma_d = 0,91$ (någon risk för allvarliga personskador)

Säkerhetsklass 3: $\gamma_d = 1,00$ (hög risk för allvarliga personskador)

Efter att lastberäkningar har gjorts på den konstruktion som uppförts så påbörjas en iterativ process som ska leda till de bästa resultaten och de mest optimerade tvärsnitten för konstruktionen.

5 Överföringsmetoder mellan Revit och RFEM

5.1 IFC-filer

Industry Foundation Classes (IFC) är ett öppet ISO-certifierat filformat. Idag möjliggör IFC-filformatet att information mellan program/mjukvaror kan överföras men det är också ett arkivformat och en relationsdatabas. IFC filer är byggda så att den information som konverteras, exempelvis objekt, geometrier, materialparametrar och relationer definieras på ett och samma sätt oavsett program som konverterar till filformatet. "IfcBeam", "IfcColumn", "IfcWall", and "IfcSlab" är exempel på set av enheter, som det kallas när objekt blir identifierade. Varje set av enheter innehåller ett visst nummer av attribut och egenskaper för just det setet (R.Sacks m. fl., 2018). Den senaste och den gällande versionen av IFC kom 2017, IFC Version 4.0 - Addendum 2 - Technical Corrigendum 1 enligt Building Smarts, "IFC Specification Database". Versionen har 776 definierade "data objects", 413 "property sets" och 130 "data types" (R.Sacks m. fl., 2018).

Trots att IFC-formatet är ett ISO-certifierat format och att det innehåller såpass många fördefinierade set så finns det ändå en risk att betydande information försvinner i samband med import och export (C.Mirarchi m. fl., 2017). Detta pågrund av att olika CAD-/BIM-program kan definiera objekt, attribut och relationer på olika sätt, och därför är det inte självklart hur informationen konverteras till IFC-set (C.Mirarchi m. fl., 2017). Informationsförlust, förvrängda geometrier eller försvinnande objekt är några konsekvenser av att IFC-konvertering inte har fungerat optimalt.(R.Sacks m. fl., 2018). Det är större chans att två programvaror är mer kompatibla att överföra IFC-filer då standarder överensstämmer med den andra programmets standarder (Sibenik & Kovacic, 2020).

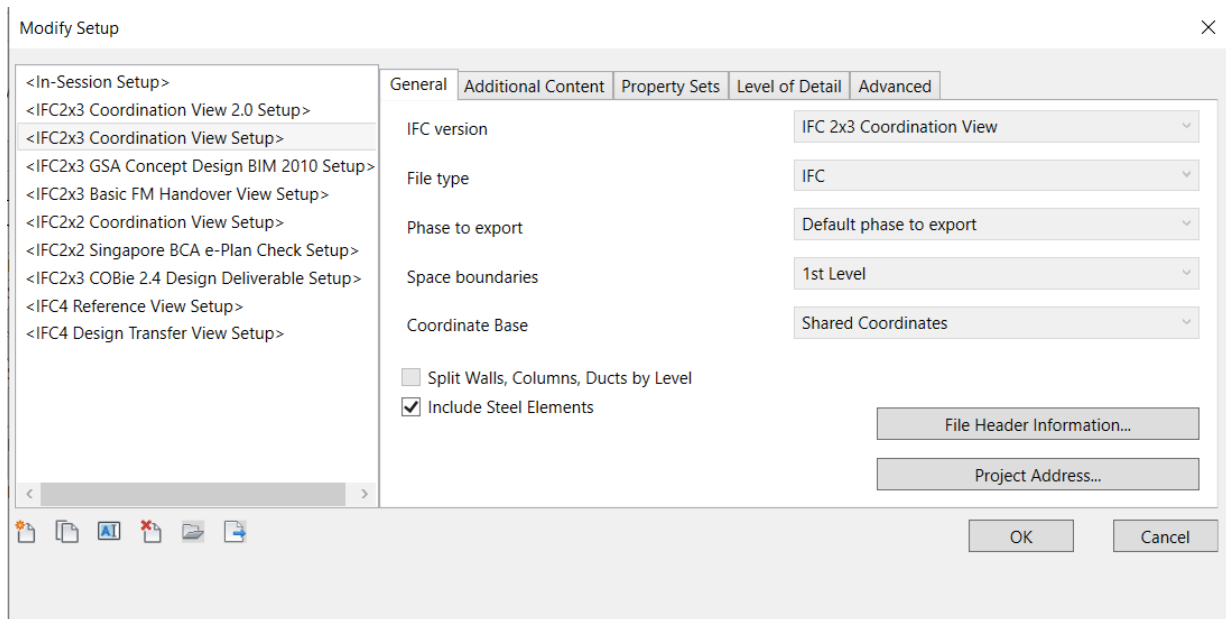
Det finns två olika typer av IFC-filer: "coordination view" och "structural analysis view". Dessa är olika på så sätt att "coordination view" visar en volym av modellen medan "structural analysis view" visar en yta/linje av modellen. Precis på samma sätt som Revit använder sig av analytisk och fysisk modell. Generellt sett så använder CAD-program, exempelvis Revit, IFC-filer med "coordination view". Konstruktionsprogrammen, exempelvis RFEM, använder sig av IFC-filer med "structural analysis view". Det är därför viktigt att program som importerar en IFC-fil med "structural analysis view" är kompatibla den typen, vilket det ofta är idag. (Dlupal, 2017)

Det finns idag ett behov av att IFC-filsystemets utvecklingen fortsätter. Att kunna överföra fysiska-/"coordination view" modeller mellan analytiska- och fysiska programvaror. Detta är främst ett behov i design fasen av ett projekt (Sibenik & Kovacic, 2020).

5.1.1 Överföring med IFC - "coordination view"

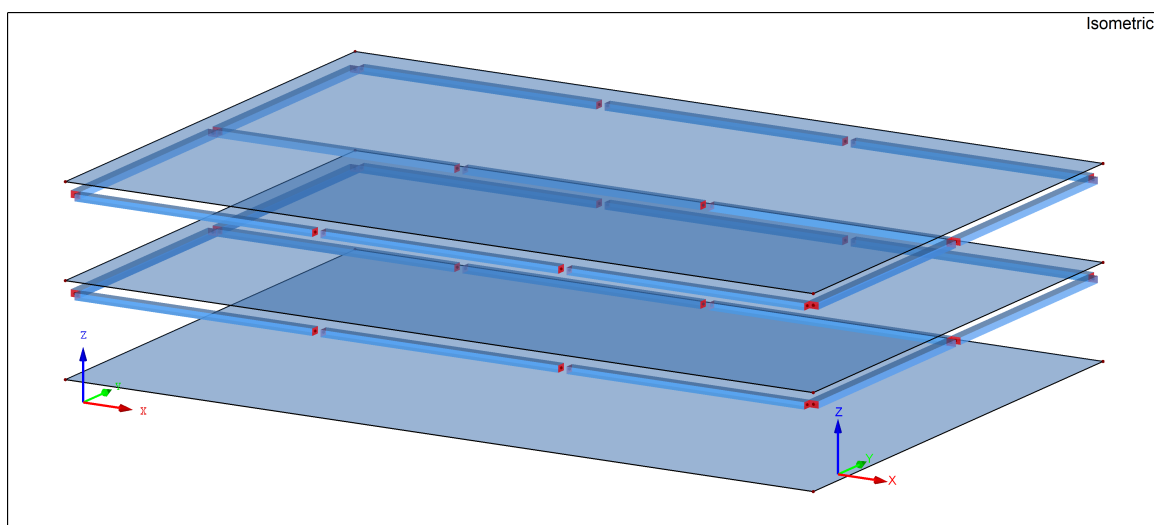
Överföring via IFC-filer från Revit till RFEM kan ske på två sätt. Genom att överföra endast de bärande/analytiska delarna eller genom att överföra hela 3D modellen, men som en bakomliggande bakgrund. I detta kapitel ska det första alternativet redovisas.

För att överföra den analytiska modellen från Revit till RFEM eller tvärtom, via IFC rekommenderas det att formatet på IFC:n är av typen "structural analysis view". I dagsläget går det endast att konvertera en Revit-fil till IFC med "coordination view", se Figur 14 nedan.



Figur 14: Inställningsmeny i Revit för konvertering till IFC

Vid försöka att istället importera in en IFC med "coordination view" från Revit till RFEM så finns det en stor risk att element försvinner. Detta på grund av att RFEM inte stödjer alla typer av fysiska objekt. RFEM kan läsa in vissa fysiska objekt men tolkar andra elementen som icke betydande för den analytiska modellen. De element som faktiskt kommer in i projektet ligger i förhållande till varandra fel jämfört med originalmodellen. Se Figur 15 nedan för en importerad modell. Information och materialparametrar har inte överförts till RFEM, däremot har geometrier kunnat följa med i överföringen. Tjocklekar på ytor är rätt och även tvärsnittsmått, dock skapades det sex identiska tvärsnittsbeskrivningar, "IFCRectangleProfile", för modellen i Figur 15. I vanliga fall används en tvärsnittsbeskrivning för alla element med samma tvärsnitt. Att bottenplattan skiljer sig i utförande från de andra bjälklagen är inget som framgår efter överföringen. Hade överföringen fungerat optimalt borde inspänningsförhållanden för bottenplattan följt med ifrån Revit.

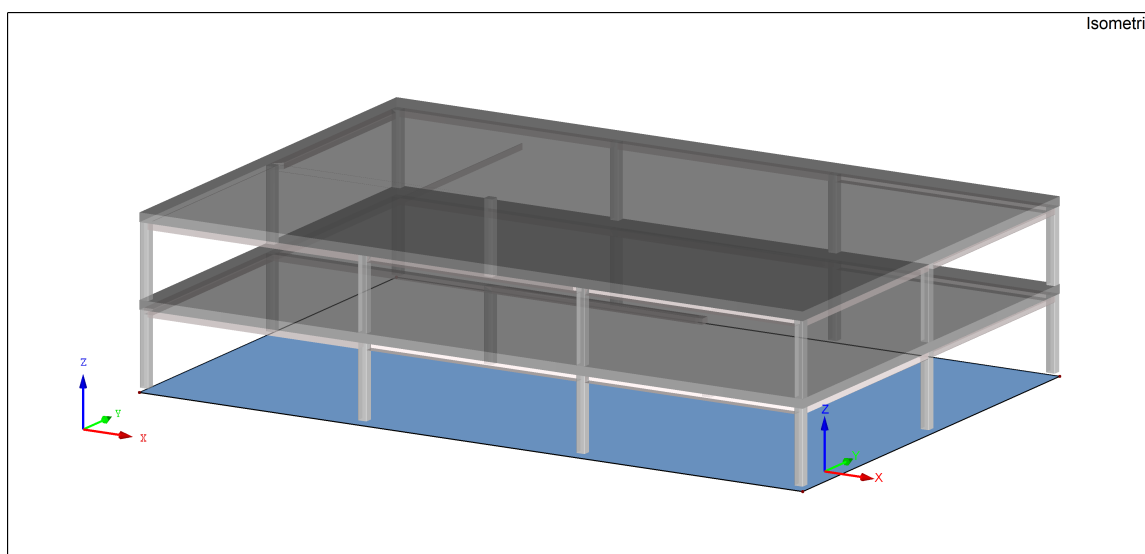


Figur 15: Revit-modell, konverterad till IFC, importerad i RFEM

5.1.2 Överföring med IFC - CAD/BIM modell

Vid överföring med hjälp av IFC-filer går det som tidigare kapitel beskrivit att överföra olika delar av information, olika modeller. Det finns som bekant en analytisk modell och en fysisk modell. I detta avsnitt kommer vi fokusera på att överföra båda dessa modeller via samma IFC-fil in till RFEM från Revit. Alltså behöver inte alla element vara bärande, utan det går också att få in icke-analytiska delar in till RFEM.

Skillnaden mellan detta arbetssätt och det som beskrivs i avsnittet ovan är hur importinställningarna i RFEM ställs in. IFC konverteras på samma sätt, till en IFC med "coordination view". Filen importeras in i RFEM, men i importmenyn väljes alternativet "enable CAD/BIM model" under fliken "options". När modellen är inladdad i projektet så kommer modellen lägga sig som ett filter, bestående av IFC-element, ser ut som en bakgrund i projektet. Figur 16 visar en inladdad modell i RFEM, det går att se att det saknas ett par element och dessutom har ett element lagt sig utanför den modellerade konstruktionen. I sin helhet har de flesta elementen följt med och faktiskt lagt sig rätt i förhållande till varann. Elementen kan markeras men de består inte av noder, linjer eller ytor. Ett enkelt sätt att konvertera IFC-elementen till RFEM-element är att högerklicka på ett element och välja "create member", "create surface" eller "create solid" beroende på vilket typ av element det är. Därefter går det som vanligt att bestämma material och tvärsnitt. När ett element har skapats från den befintliga skuggmodellen så försvinner den delen och ersätts av det nya och analytiska elementet, som bottenplattan i Figur 16.

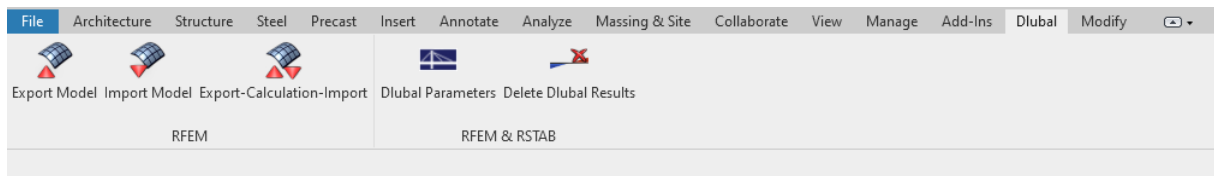


Figur 16: Revit-modell överförd till RFEM via IFC med "enable CAD/BIM model" alternativet

5.2 Dlubal plug-in

Genom ett insticksprogram, en plug-in, i Revit så kan en överföring av modellen ske utan en konvertering av filen. Revit och RFEM är direkt kopplade på så sätt att IFC konvertering inte är nödvändig. I och med att modellen ej formateras på något sätt så är risken betydligt mindre att data går förlorad. För att Dlubals plugin ska finnas i Revit så måste båda programmen, Revit och RFEM, finnas installerade på samma dator. Antingen finns då pluginen direkt vid installation av det sista programmet. Annars krävs endast en enklare installation genom en redan existerande installationsfil.

Den första insticksprogrammet i Revit från Dlubal skapades 2004, då Autodesk letade efter en analytisk samarbetspartner (Rustler, 2014). Idag ser gränssnittet ut som nedan, se Figur 17. Det finns ett export-och ett importalternativ. Det finns en export-beräkna-import funktion också. Den utför automatiskt en överföring från Revit till RFEM och sen tillbaka till RFEM, där emellan utför den också beräkningar på konstruktionen, som följer med tillbaka till Revit.



Figur 17: Dlubal plugin-meny i Revit

Genom Dlubals plugin går det att överföra modellen under vilket skede som helst i konstruktions-/projekteringsprocessen, både från och till Revit. Vilket betyder att det skulle vara möjligt att modellera upp konstruktionen i antingen Revit eller RFEM för att sedan kunna överföra till det andra programmet.(Dlubal, 2019) Det enda som är av stor betydelse är att det finns en analytisk modell, utan den kommer det inte ske någon överföring.

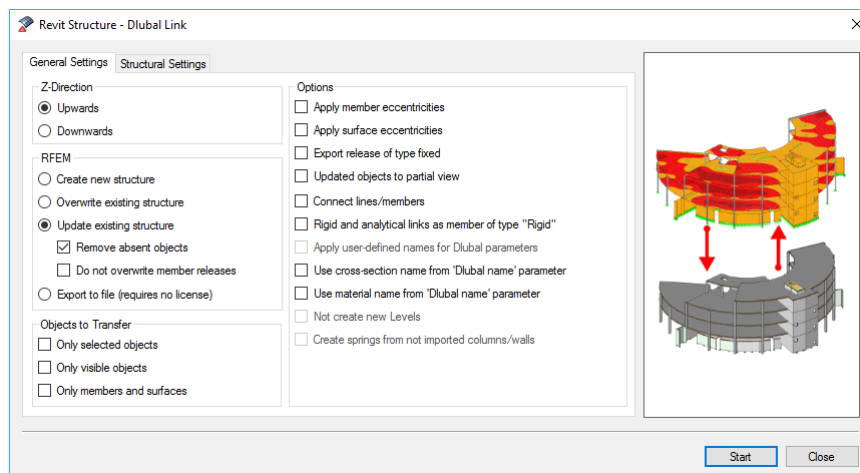
Vid användning av den plugin som beskrivits, finns det ett antal olika inställningar och parametrar som kan ställas in för att modellen ska importeras eller exporteras precis så som önskas. Figur 18 visar exportmenyns "general settings" och Figur 19 visar de strukturella inställningar som kan göras vid export.

Exempel på några av de inställningar som kan göras vid export är:

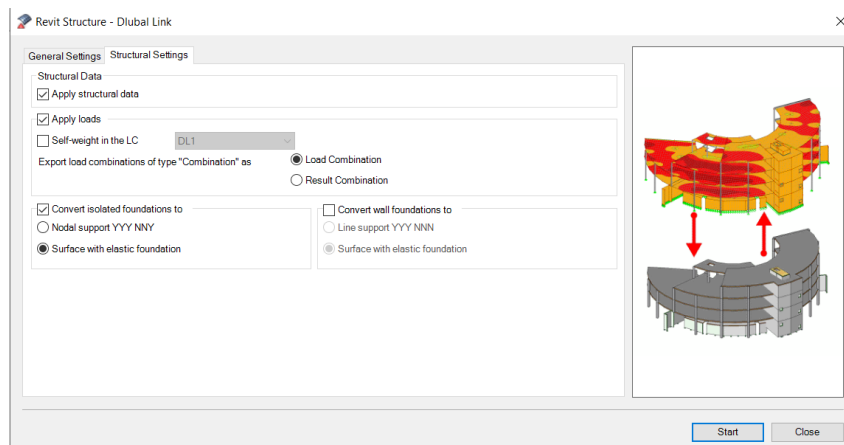
- Det går att välja mellan att skapa ett nytt projekt eller om ett befintligt projekt ska uppdateras. Jobbet med en konstruktion är ofta iterativt och därför är det en bra funktion att endast kunna uppdatera modellen med avseende på de justeringar som uppförts. Det går betydligt snabbare än att alltid skapa ett nytt projekt, eller behöva konvertera till nya IFC-filer.
- När ett nytt projekt skapas vid export går det att ange riktningen för z-axeln i nya projektet.
- Det går att välja hur excentriciteter behandlas, både för ytor samt balkelemant.
- Hur material och tvärsnitt namnges kan överföras mellan programmen, i vissa fall kan det finns fördelar med att behålla dessa parametrar i projektet.
- Under fliken "Structural Settings" går det att tillämpa "structural data", det som sker då är just att de strukturella delarna av modellen följer med. Därför bör denna alltid vara markerad vid export/import.
- Det går att ta med de lastfall som skapas i Revit till RFEM.
- Det går att definiera hur fundament i Revit överförs till stöd RFEM, det går skapa nod- och linjestöd eller så går det att tilldela ytan ett ytstöd med elastiska egenskaper.

Vid import av en modell från RFEM till Revit finns en möjlighet att endast uppdatera material, tjocklekar och sektioner. När RFEM utför beräkningar på konstruktionen så skapas det resultat, dessa resultat går att ta med sig in till Revit via "Result settings" i import menyn. För exempel på hur import och export behandlar modellen går att läsa mer om i kapitel 6. Där överföringar via insticksprogrammet beskrivs utförligare.

Under insticksprogrammets menyflik "Dlubal parametrar" går det att tydligt se vilken information som har följt med vid import/export.



Figur 18: Exportmeny i Revit, "General settings"



Figur 19: Exportmeny i Revit, "Structural settings"

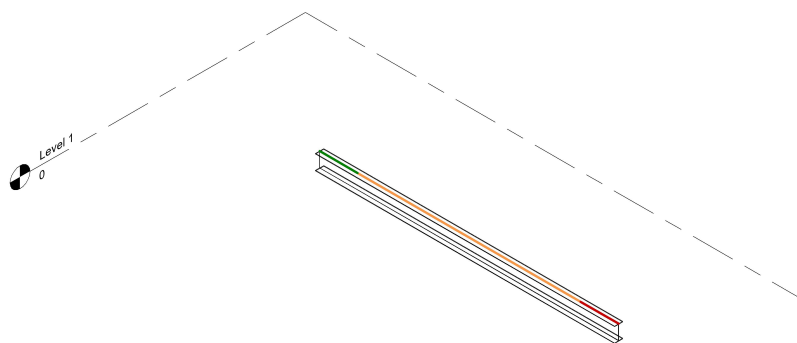
6 Resultat

I följande kapitel så kommer resultat för överföringsmetoden med Dlubals plugin att redovisas. Genom att testa hur balkelement, bjälklag och enklare modeller överförs mellan programmen, kommer ge en tydlig bild om enkelhet och kompatibilitet. Genom att undersöka hur modeller/element överförs från Revit till RFEM samt RFEM till Revit, kommer vi kunna ta reda på ifall det är någon skillnad eller fördel med att projektera i något av programmen.

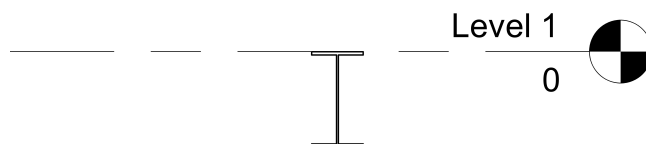
6.1 Överföringar från Revit till RFEM

6.1.1 En balk

Vid modellering av en enkel balk i Revit, används kommandot "Structural Beam". Figur 20 visar balken i en 3D vy. Figur 21 visar hur balken automatiskt lägger sig med avseende på våningshöjd i Revit. Balken tilldelas i Revit material och tvärsnitt och längd. I Figur 20 går det också att se den analytiska balken, trådmodellen som består av olika färger.

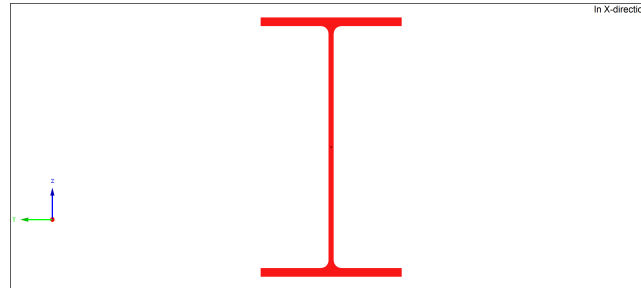


Figur 20: En "structural beam" i Revit



Figur 21: Balk från en elevationsvy

Vid överföring med Dlubals plug-in går det att göra inställningar som kan påverka hur balkelementet justeras excentriskt med avseende på referenspunkt. I Figur 22 är inte excentricitet applicerat i exporteringsmenyn, tvärsnittet lägger sig med mittpunkten (noden) på x-axeln. Finns det excentricitet i modellen så lägger sig balken på samma sätt som i Revit modellen.

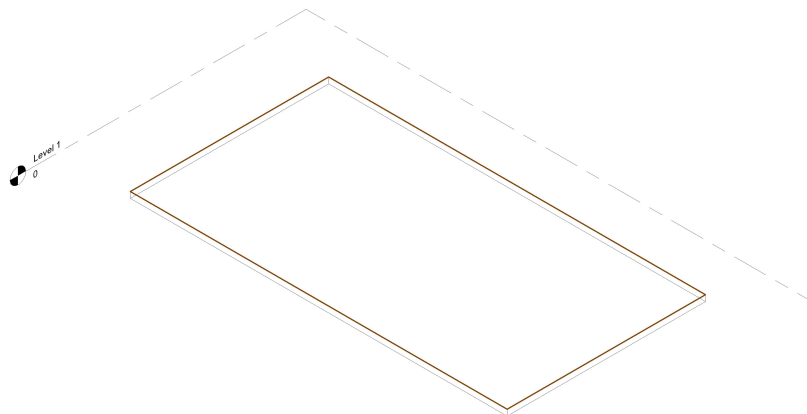


Figur 22: Den överförda balken från Revit, i RFEM

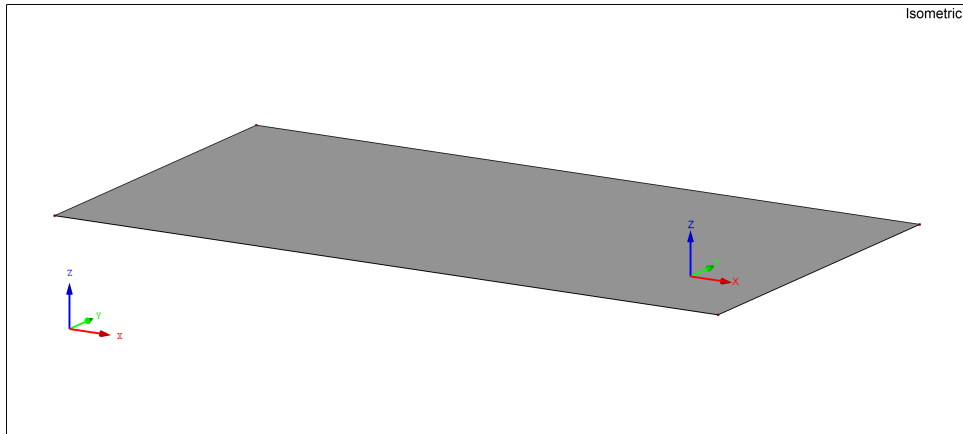
För att kontrollera hur balkens egenskaper har överförts: material, längd, tvärsnitt, så går det att se i en egenskaps-menyn för balkelement i RFEM. Vid kontroll så visas de egenskaper och material modellen hade i Revit. Alla parametrar har alltså kunnat överföras korrekt till RFEM.

6.1.2 Ett bjälklag

För att kontrollera hurvida en yta/bjälklag hade kunnat överföras mellan programmen, används ett test på 15x8 m, 300 mm tjockt betongbjälklag. Verktöget ”Structural Floor” används för att göra det bärande bjälklaget, se Figur 23. Figur 24 visar modellen överförd till RFEM med plug-in. I Figur 25 visas de mått och material som modellen har i RFEM, vilket är samma mått och material som tilldelades i Revit.



Figur 23: Strukturellt bjälklag i Revit



Figur 24: Överförd yta från Revit i RFEM

1.2 Lines

Line No.	A Line Type	B Nodes No.	C Line Length L [m]	D
1	Polyline	1,2	15.000	X
2	Polyline	2,3	8.000	Y
3	Polyline	3,4	15.000	X
4	Polyline	4,1	8.000	Y
5				
6				

Nodes | Lines | Materials | Surfaces | Solids | Openings | Nodal Supports | Line Supports | Surface Supports

(a) Överförda linjer och dess längder, i RFEM

1.3 Materials

Material No.	A Material Description	B Modulus of Elasticity E [kN/cm ²]	C Shear Modulus G [kN/cm ²]	D Poisson's Ratio ν [-]	E Specific Weight γ [kN/m ³]	F Coeff. of Th. Exp. α [1/°C]	G Partial Factor γ _M [-]	H Material Model
1	Concrete C30/37 DIN 1045-1:2008-08	2830.00	1179.17	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotropic Linear Elastic
2								
3								
4								
5								

Nodes | Lines | Materials | Surfaces | Solids | Openings | Nodal Supports | Line Supports | Surface Supports | Line Hinges | Cross-Sections | Member Hinges | Member Eccentricities | Member Divisions | Members | Member Elastic Foundations

(b) Tilldelat material

1.4 Surfaces

Surface No.	A Surface Type		B	C	D	E Thickness		F	G	H Nod
	Geometry	Stiffness	Boundary Lines No.	Material No.	Type	d [mm]	Eccentricity e _z [mm]			
1	Plane	Standard	4-1	1	Constant	300.0	0.0			
2										
3										
4										
5										
6	Plane									

Nodes | Lines | Materials | Surfaces | Solids | Openings | Nodal Supports | Line Supports | Surface Supports | Line Hinges | Cross-Sections | Member Hinges | Mem

(c) Egenskaper för ytan, material och tjocklek framgår

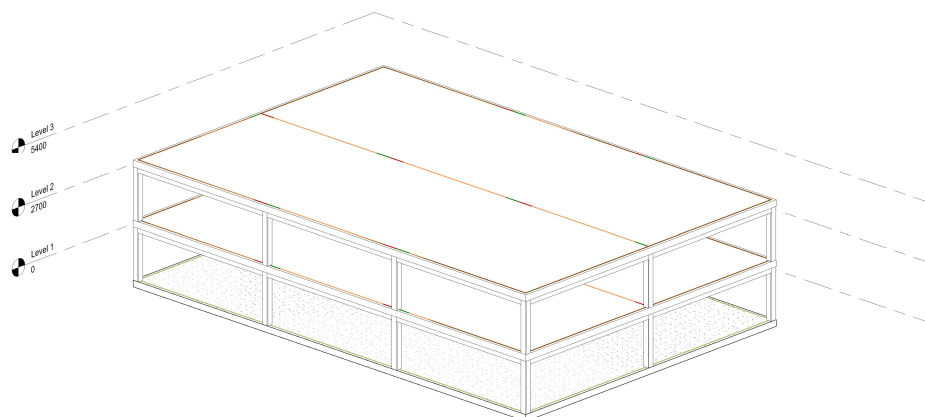
Figur 25: Egenskapsmenyn i RFEM

6.1.3 En modell

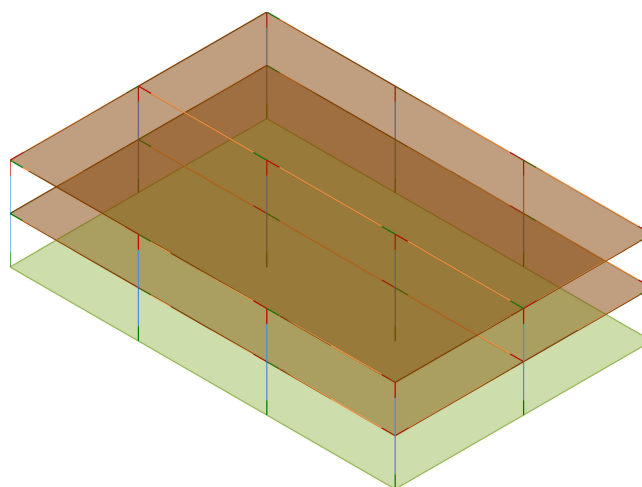
För att ge en bild över hur ett större projekts överföring kan fungera, kommer en enklare testmodell prövas, se Figur 26. Modellen är ett p-hus med alla element i betong. Modellen kunde ses i tidigare exempel i kapitel 5. Dimensionerna:

- 300mm ”foundation slab”, grundplatta
- 300mm bjälklag
- 300x300mm pelare
- 300x500mm balkar
- Yttermått 22.8 x 15.3 m
- cc-mått 7.5 m

Innan överföring kontrolleras modellens analytiska modell, att den är kopplad i alla noder, se Figur 27.



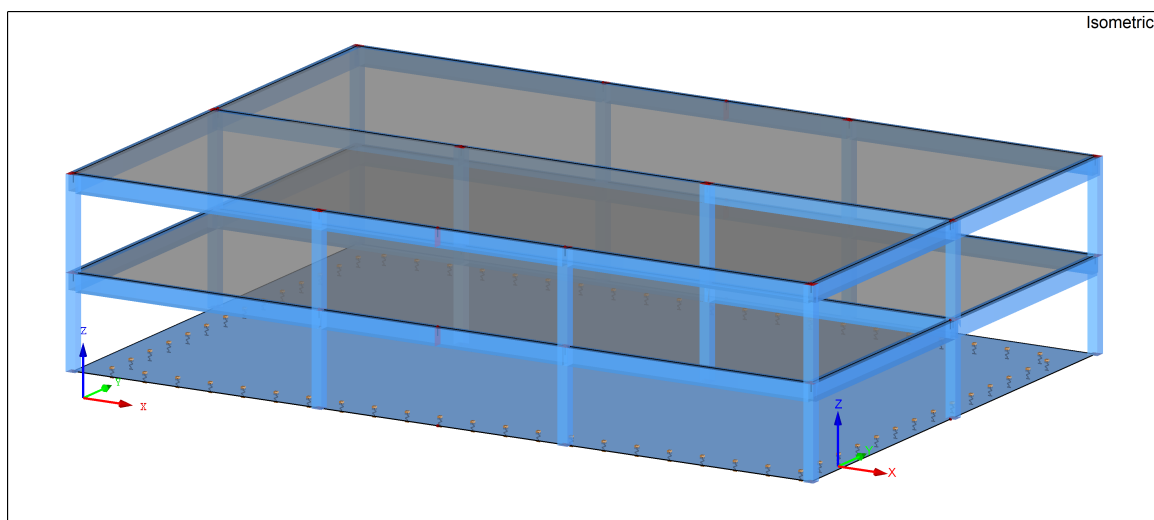
Figur 26: Parkeringshus modellerat i Revit



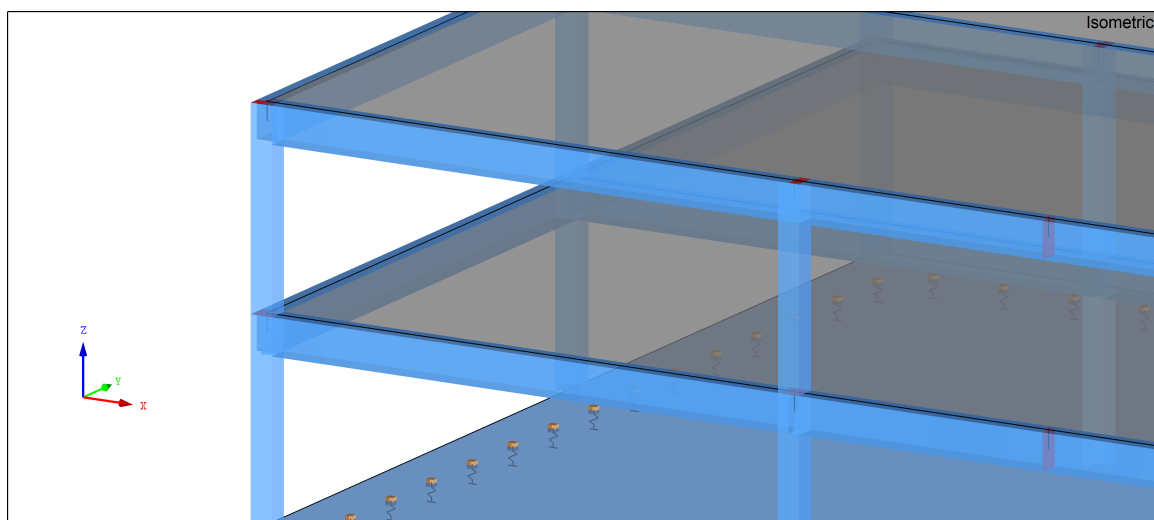
Figur 27: Analytisk modell av parkeringshuset

Vid överföring av p-huset så används alternativen "apply member eccentricities" samt "apply surface eccentricities", som beskrivits i tidigare kapitel. Resultatet visas i Figur 28. Som figuren visar så får bottenplattan direkt inlagt ett ytstöd, detta för att funktionen "foundation slab" redan har definierat att ytan är uppstöttad, och därför behövs inget stöd manuellt läggas in. På samma sätt finns det andra verktyg i Revit som kan lägga fundament under pelare och väggar.

Via inzoomningen i Figur 29 går det att se hur balkar, pelare och bjälklag förhåller sig till varandra, när endast överföring via pluginen har skett. Balkar och pelare hamnar omlott då deras ändpunkter fortsätter in till den gemensamma noden. Noden befinner sig alltid i mittpunkt i x-led på tvärsnittet, om inget annat tidigare angetts. Nu angavs att excentriciteter ska tillämpas, därför sitter noden nu i överkan på ytan. Kontrolleras måtten för ytorna går det se att yttermåtten inte nu längre är 22.8 x 15.3 m, utan istället 22.5 x 15 m, vilket är mått från nod till nod.

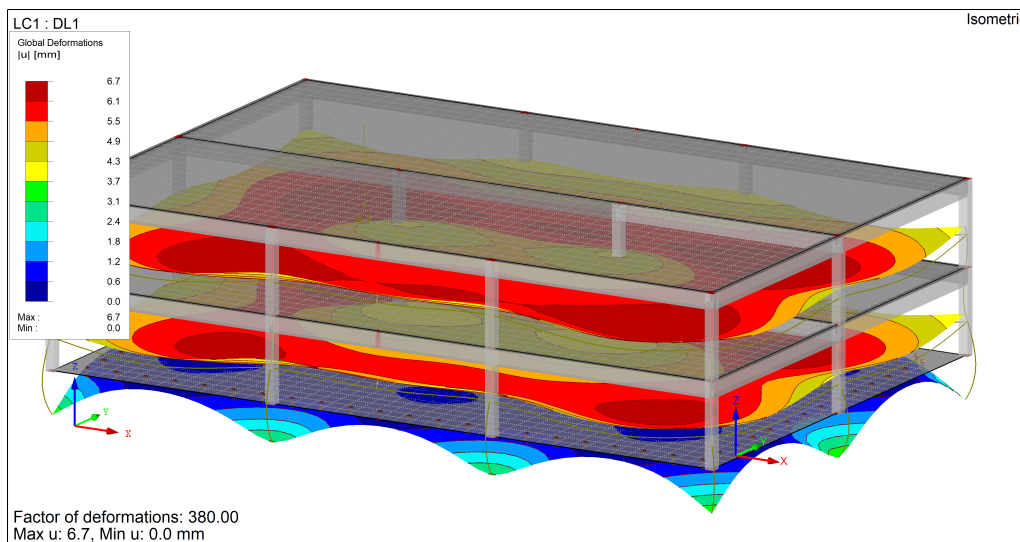


Figur 28: P-hus från Revit överfört till RFEM med plug-in



Figur 29: Inzoomning på ett hörn

För testets skull utfördes även en lastberäkning, med egentygngden aktiverad. Alltså endast egentygngden på de betongelement som finns med i modellen. För att utföra beräkningen behövdes inget speciellt att justeras eller läggas in när det gäller materialparametrar. Utan de väsentliga parametrar som behövs följer med från Revit, ifall det har definierats där. Resultatet av deformationen visas i Figur 30. Det går att se att deformationen uppgår till 6,7 mm i den mest kritiska punkten.

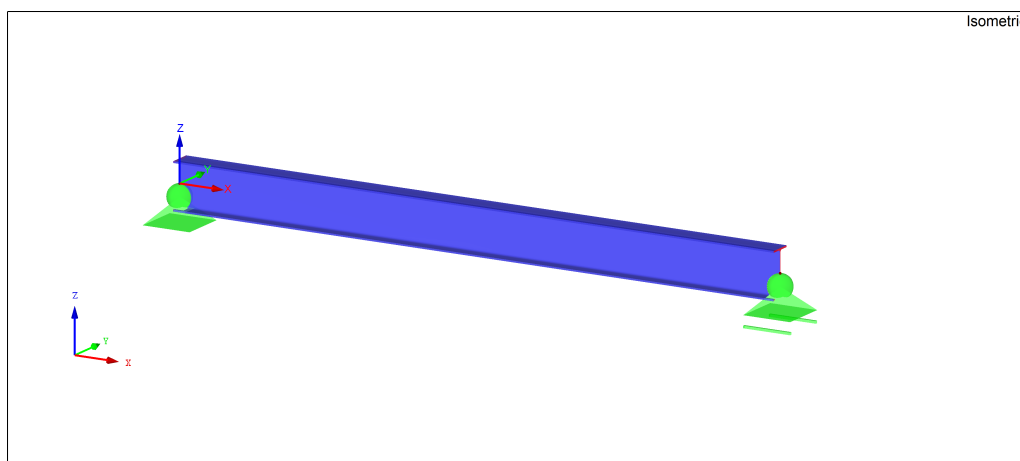


Figur 30: Deformationsresultat från lastberäkning på p-huset

6.2 Överföringar från RFEM till Revit

6.2.1 Ett balkelement

För att testa hur ett balkelement beter sig vid överföring åt andra hållet, alltså från RFEM till Revit, så konstrueras nu element i RFEM. Figur 31 visar hur ett balkelement ser ut vid konstruktion i RFEM. Elementet är en IPE300 balk, stål av material S 275. Balken är 4m lång och har sina noder i $(0,0,0)$ och $(4,0,0)$. Balken har fått två stöd angivna, i ena änden ett "hinged" stöd, som tillåter rotation i X- och Y-led. I andra änden sitter ett rullstöd, som tillåter rörelse i X-led samt rotation i X- och Y-led.

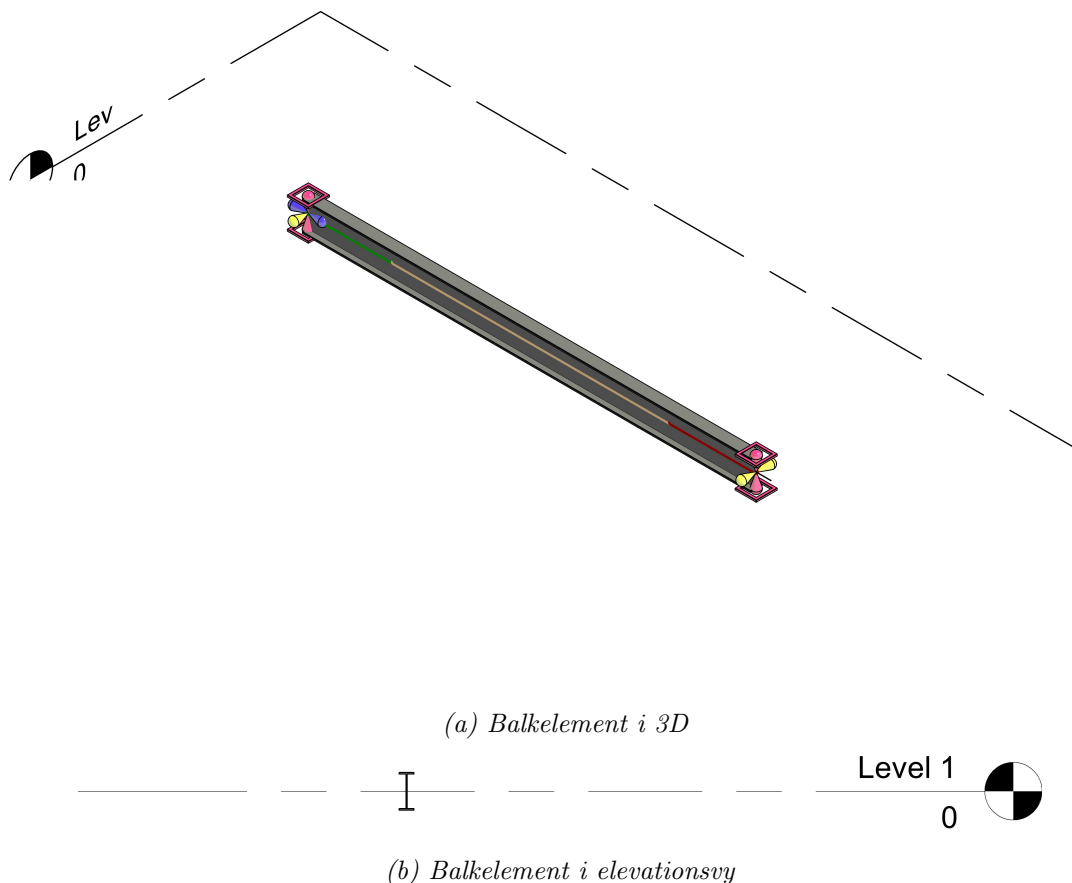


Figur 31: IPE300 stål balk i RFEM

Genom att sedan öppna Revit, gå till Dlubal-fliken, välja importera modell så kan balken importeras in i Revit, resultatet visas i Figur 32. Notera dock att ifall balkelementet/tvårsnittet inte finns inladdat som en komponent i Revit så kommer tvärsnittet inte automatiskt att laddas in. Det kommer behövas definieras, genom att vid importering välja "load component".

Balken i Figur 32a visas med den visuella inställningen, realistisk. I ändpunkterna går det att se hur inspänningsvillkoren följt med från RFEM till Revit. Markeras det ena av stöden går det att se hur stödet tillåter rotation och i vilken riktning. I Figur 32b så visas en bild på hur modellen automatiskt i överföringen lägger sig i höjd med tvärsnittet. På samma sätt som i kapitel 6.1.1 så går det att välja ifall excentriciteter ska överföras eller inte. Oavsett i bokat eller inte så lägger sig just detta balkelement enligt Figur 32b. Det hamnar alltså på exakt samma vis som RFEM modellen ligger med avseende på koordinatsystemet i RFEM, med noden på "nollplan".

Vid en extra kontroll, hur balken i Revit är definierad går det att se att materialegenskaper har följt med från RFEM och finns inlagt i tvärsnittet. Balken är även exakt så lång som definierat i RFEM med exakt samma tvärsnittskonstanter.

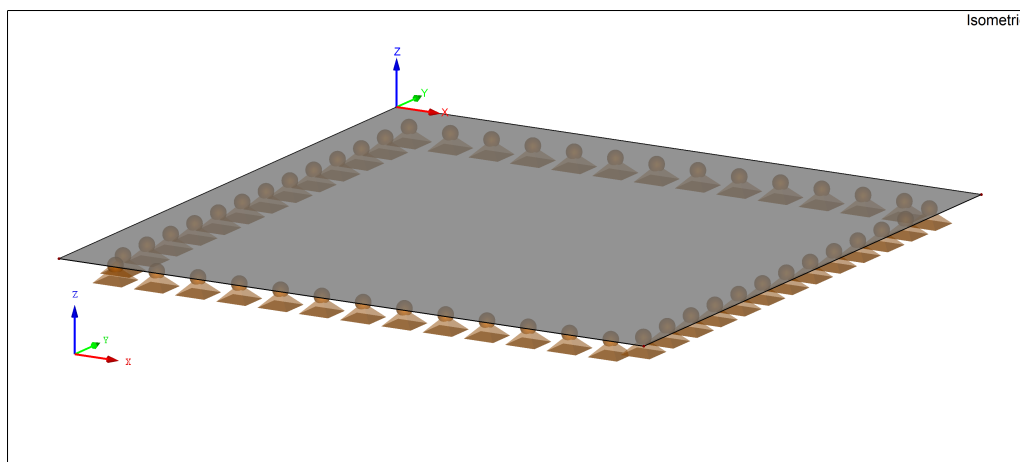


Figur 32: Balkelement i Revit överfört från RFEM

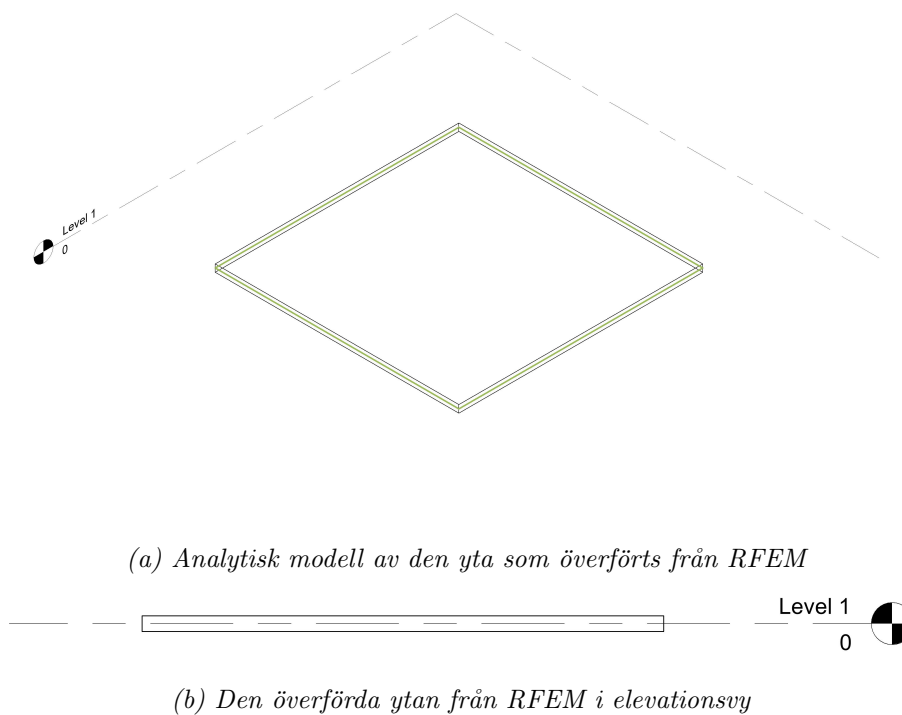
6.2.2 En yta

Figur 33 visar den yta i RFEM som önskas överföras till Revit. Ytan är en 10x10 m betongplatta med en tjocklek på 300mm. Ytan ligger med sitt ena hörn i origo och har även tilldelats ett ytstöd under hela ytan. Figur 34a och 34b visar hur modellen ser ut när den överförs via Dlubals plug-in till Revit.

Det som sker i Revit när plattan har definierats med ett ytstöd i RFEM, är att ytan blir en så kallad "foundation slab", en grundplatta. Hade ytan inte haft ett stöd hade den definierats endast som ett bjälklag.



Figur 33: Yta med ytstöd i RFEM



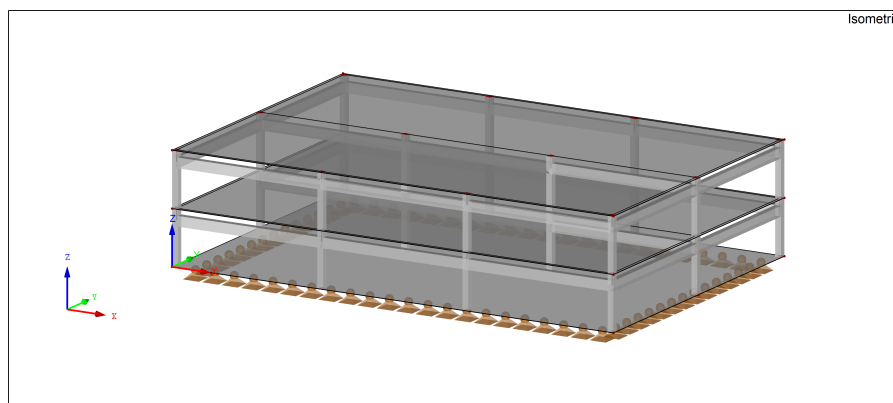
(a) Analytisk modell av den yta som överförts från RFEM

(b) Den överförda ytan från RFEM i elevationsvy

Figur 34: Yta från RFEM överfört till Revit, ytan blir en grundplatta

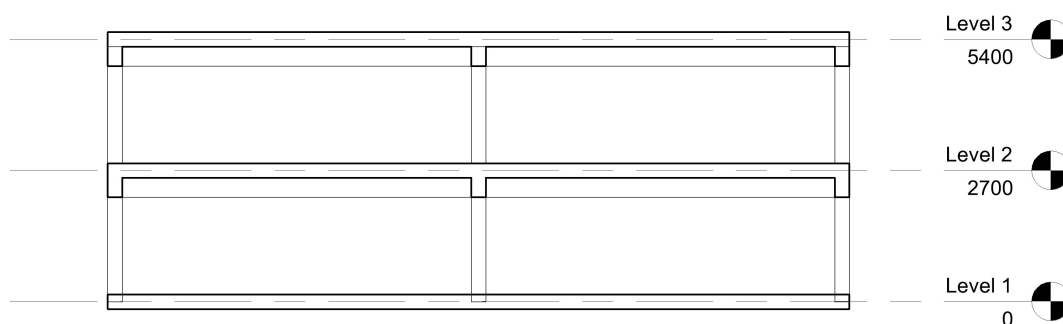
6.2.3 En modell

Hurvida en hel modell kan överföras från RFEM till Revit är en viktig aspekt för att fram en optimerad rutin för projekteringen. Modellen som modelleras upp i RFEM är en likadan modell som i kapitel 6.1.3, bara de att RFEMs element byggs upp av noder, linjer och ytor. I Figur 35 visas RFEM modellen, modellen har tilldelats ett ytstöd för att definiera ytan som en grundplatta.



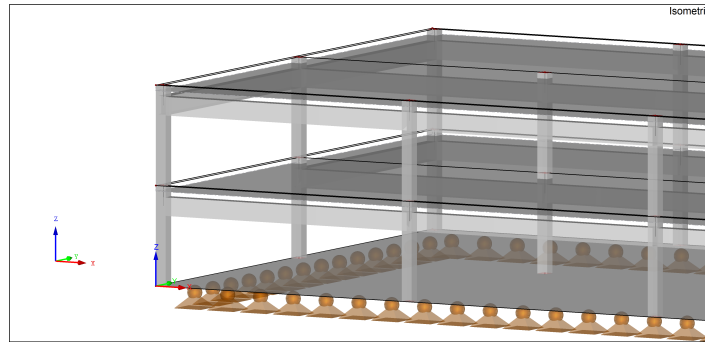
Figur 35: Parkeringshus modellerat i RFEM

Vid modellering av parkeringshuset i RFEM så har inga excentriciteter manuellt lagts in på modellens bjälklag. Däremot har excentricitet, -300 mm, på modellens balkar lagts in, så att balkarna lägger sig under bjälklaget. Vid import av RFEM modellen i Revit så blir resultatet som Figur 36 visar. Bjälklaget lägger sig som i RFEM, centriskt i tvärsnittet. Balkarna lägger sig under bjälklaget.

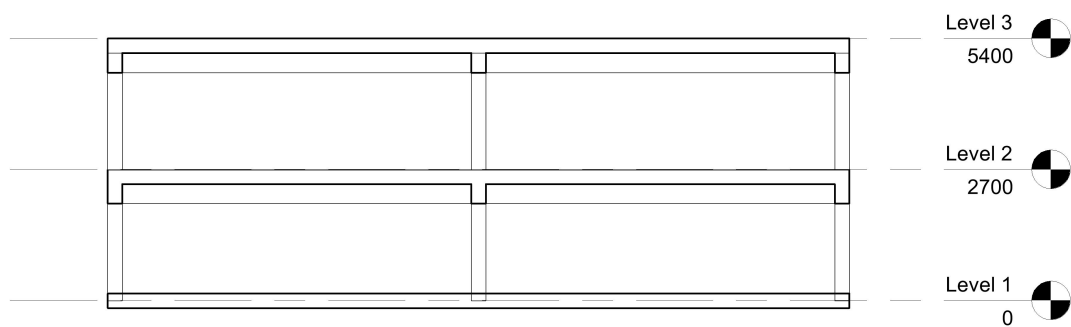


Figur 36: Överförd RFEM-modell i Revit utan excentricitet i elevationsvy

Skulle en projektrör/konstruktör istället föredra att jobba med att referensplan är i överkant av tvärsnitt, på samma sätt som det är i Revit vid projektering av element, så går det i RFEM att lägga in excentriciteter på bjälklaget också. I Figur 37 är en excentricitet på ytorna tillagt på 150 mm, vilket är halva tjockleken av ytan. Men då måste den redan existerande excentriciteten hos balkarna ökas till -450 mm från -300 mm. Överförs sen denna modell över till Revit så blir resultatet det önskade, se Figur 38.



Figur 37: Testmodell konstruerad i RFEM, med excentricitet på ytorna



Figur 38: Överförd uppdaterad RFEM-modell i Revit, elevationsvy

Vid en kontroll av ingående element och parametrar så går det att se att allt har överförts korrekt, precis som tidigare överföringar. De tredimensionella analytiska modellen och fysiska modellerna är också kompletta och ser ut som de modeller som skapades för kapitel 6.1.3. Även fast det ligger excentriciteter på både balkar och bjälklag så finns det inga ytterligare linjer i den analytiska modellen. Utan den analytiska modellen innehåller information om de excentriciteter som verkar på strukturen.

7 Diskussion

7.1 Bästa överföringsmetoden

Att kunna överföra information och modeller mellan Revit och RFEM på ett bra sätt, känns idag inte orimligt. En metod för hur överföringar ska gå till, borde kunna implementeras smidigt och förhoppningsvis underlätta arbetet för alla inblandade. Som beskrivits i tidigare kapitel går det att göra överföringar på minste tre olika sätt. Tre sätt som ger tre olika resultat. Av dessa tre sätt så finns det två som fungera lite bättre i praktiken. Dessa är överföring med Dlubals plugin och IFC-import/export med "enable CAD/BIM model" alternativet.

Detta på grund av att Dlubals plug-in ger snabba och tillförlitliga överföringar, tillskillnad från att konvertera en revitfil till en IFC med "coordination view". Eftersom att det inte krävs någon filkonvertering av modellen vid den direkta överföringen, så minskar risken för förlorad information och förvrängda geometrier. Vilket är tacksamt vid arbete med ett stort projekt. Att kunna ställa in exakt vilken information som ska uppdateras eller överföras gör att överföringarna kan ske betydligt snabbare, och ökar kontrollen över överföringarna. Tidsaspekten är också något som ger en stor fördel till insticksprogrammet, det går snabbt att överföra och uppdatera en modell. Jämfört med att alltid behöva exportera och importera till en IFC-fil, vilket gör att det inte är lika lätt att iterativt jobba med en modell.

IFC-formatet är ännu inte helt tillförlitligt och inte heller helt kompatibelt med Revits analytiska modell (R.Sacks m. fl., 2018). Om det hade det gått att konvertera Revit-modellen till en IFC med "structural analysis view", så finns det betydligt större chans att resultatet hade varit annorlunda och fungerat bättre. Det finns dock en fördel med att kunna använda sig av IFC-filer med CAD/BIM-inställningen som beskrivits tidigare. Att kunna importera modellen som en bakgrund, både med bärande och icke-bärande element, gör att en helhetsbild av modellen kan skapas och arbetas med utifrån det.

Ett av målet med en överföring är som bekant att kunna överföra en modell åt två håll, från Revit till RFEM eller från RFEM till Revit. En central frågeställning har varit i vilket program som det är enklast att börja projektera en modell, i Revit eller i RFEM. Genom analyser och diskussion med konstruktören M.Åhs på Peab Teknik, så finns det fler fördelar med att påbörja projekteringen i Revit. Det är i Revit enklare att göra mindre justeringar och det går också att ha kontroll över modellen på ett annat sätt, modellen kan bli mer levande och enklare att få en tydligare bild över. Ytor i RFEM är exempelvis helt platta, medan i Revit är det tredimensionella element.

7.2 Effektivisering i Peabs projekteringsprocess

I dagsläget jobbar Peab Teknik med att projektera i Revit parallellt med att utföra konstruktionsberäkningar i RFEM. För att kunna ha en modell att utföra lastnedräkningar på, så modelleras precis samma modell upp från start i RFEM. Projektet utgår från en A-ritning, i bästa fall finns en Revit-fil att tillgå. En projektör tar vid A-modellen för vidareutveckla den och skapa en K-modell/konstruktörsmodell. Samma modell kan under ett projekts tid modelleras om flera gånger, på olika sätt och bestående av olika discipliners arbete. Att behöva bygga upp olika modeller av samma arbete är ineffektivt och kan också öka fel och missförstånd mellan olika discipliner. Om det då skulle finnas en

möjlighet att reducera en helt ny modellering, genom en överföring så hade det vart betydande både tids- och kostnadsmässigt. Genom att snarast implementera en förenkling av dagens rutiner, kan göra att arbetet effektiviseras avsevärt. Att i kravspecifikationer till externa projektörer förtydliga de krav som en modell bör ha för att arbetet inom Peab Teknik sen ska kunna bli så effektiv som möjligt.

Vilka krav måste då ställas på den modell som ska modelleras upp av projektörer, både externa och interna? För att kunna veta det så måste ett arbetssätt, en rutin, fastställas. Se två rutinförslag nedan och sedan kapitel 7.4 för en plan över hur rutinerna skulle kunna implementeras.

Alternativ 1

Detta första alternativet till en rutin, är det bättre alternativet som troligtvis också hade fungerat bäst för Peab Teknicks arbetssätt. Det bygger på överföringsmetoden med Dlubals plugin. Det som finns vid projektets start är en A-modell. En arkitektmodell innehåller inte alltid den analytiska modellen som är av central betydelse. Det innebär att modellen behöver justeras av en projektör, någon som kan byta fysiska element till analytiska, alltså förtydliga vilka element som är bärande och inte. De element i fråga är pelare, balkar, bärande väggar med mera, sådana element som är av betydelse för konstruktionen. Att göra fysiska element till analytiska kommer inte vara avgörande tidsmässigt, då det går relativt snabbt. Risken för att missa element som behöver justeras är liten, då det märks tydligt vid markering av hela modellen vad som finns definierat som bärande och inte. Även fast det inte är lika lätt i RFEM att se om det saknas något element, speciellt vid större projekt, så går det där också.

När sedan alla bärande element är definierade som bärande och det finns en komplett analytisk modell, så kan modellen överföras till RFEM med Dlubals insticksprogram. Inställningar så som excentriciteter, kan ställas in som önskas, beroende på hur en konstruktör gillar att jobba med modellen. Sedan väl inne i RFEM så bör konstruktionen redan vara komplett och jobbet med lastfall och lastberäkningar kan påbörjas direkt. Skulle det senare finnas behov av att uppdatera modellen i Revit, för att justera något eller uppdatera tvärsnitt, så går det med enkelhet göra det genom importalternativet i Revit. Processen med uppdateringar av modellen kan fortgå smidigt och risken för misskommunikation minskar, då överföringar uppdaterar modellen automatiskt utan större manuella justeringar. Det kan ändå vara av betydelse att kommunicera om vilka uppdateringar i modellen som kan ha skett, då flera discipliner kan ha tillgång till samma modell.

Fördel med detta överföringsalternativ är tidsaspekten. Det kommer spara mycket tid att inte behöva projektera upp en ny modell i RFEM från start. Att redan ha en befintlig modell att jobba utefter kommer minska arbetet. Det kan ta uppemot 40 timmar att modellera upp en större konstruktion i RFEM, enligt M.Åhs (personlig kommunikation, 7 april 2021). Konstruktör/projektör slipper också arbete med att projektera i RFEM, vilket beskrevs tidigare som lite mer omständligt än att projektera i Revit.

Arbetsfördelningen mellan projektörer och konstruktörer, blir genom detta arbetsätt också mer rimlig. Som konstruktör finns det mycket mer att göra än att projektera upp konstruktionen i RFEM. Går det då att frigöra tid hos en projektör i starten, som justerar elementen på det sätt som tidigare beskrivits, så underlättar det arbetsbelastningen för konstruktören.

Alternativ 2

Det andra alternativet till en möjlig rutin är inte lika enkelt eller självklart som första alternativet. Utan detta arbetsätt kanske lämpar sig bättre vid projektering av mindre konstruktioner och då färre konsulter ska vara involverade. Arbetsättet bygger på en IFC-filsöverföring med alternativet att möjliggöra en CAD/BIM-modell, men kombinerat med att använda Dlubals plugin. För att detta arbetsätt ska vara möjligt ska det finnas en A-modell i Revit att tillgå. Denna modell behöver inte manuellt justeras något innan den kan importeras in i RFEM. Utan är modellen redan konverterad till en IFC-fil så är det bara att importera in den i RFEM med inställningen ”enable CAD/BIM model” under ”options”, som beskrevs i kapitel 5.1. Modellen kommer innehålla mer information än vad som behövs för konstruktören och det finns möjlighet att ta bort obetydande element. Förmodligen kommer inte alla geometrier, tvärsnitt eller material vara helt perfekta och perfekt definierade, men det kommer finnas en grund att bygga vidare modellen på.

När sedan arbetet med lastkombinationer och lastberäkningar är klart och modellen är säkerställd så behöver det importeras tillbaka till Revit. Det passar då bäst att gå in i Revit och använda sig av Dlubals insticksprogram och välja att importera in RFEM modellen.

Finns det ingen Revit modell från arkitekten att tillgå, så kommer en projektör ändå behöva projektera upp modellen i Revit, och då finns det egentligen ingen orsak att använda IFC-överföringen längre. Då är en överföring med Dlubals insticksprogram att föredra från start. Arbetsbelastningen för en konstruktör kommer inte minska lika mycket som i första alternativet, och det är just därför detta arbetsätt kanske lämpar sig mer för mindre konstruktioner, med färre ingående element och då en projektör inte finns tillgänglig.

7.3 Svårigheter

En viktig och återkommande inställning för överföringarnas beteende är hur excentriciteter tas i hänsyn. Hur betydelsefullt excentriciteter är skiljer sig, vid dimensionering av enskilda element är det viktigt att ta hänsyn till, men vid lastberäkningar så är det inte lika viktigt att ha med i modellens ingående delar, enligt M.Åhs (personlig kommunikation, 21 april 2021). Om det hade funnits ett enkelt, konsekvent tillvägagångssätt för att applicera excentriciteter vid projektering och överföring med insticksprogrammet, så hade ännu tydligare rutiner kunnat fastställas.

Det är en svårighet att i dagsläget säkerställa att Revit-modellen efter överföring alltid följer exakt samma mönster. Hur en konstruktör eller projektör jobbar med en modell är individuellt och det gäller nog att skapa sig egna tillvägagångssätt för att uppnå önskat resultat. Att använda funktionen i export och importmenyn; ”apply surface/member excentricities”, för att få en typ av excentricitet på Revit/RFEM-modellen, är till en bra hjälp. Att också dubbelkontrollera modellen efter överföring, är att rekommendera,

för att se till att alla element har lagt sig rätt jämfört med varann och med avseende på våningshöjd. Kommer det till en punkt då yttermått eller takhöjder börjar att minska/öka utan att det inte märks, kan det bli omständiga problem som kan ge flera följdfel.

Just att yttermått och takhöjder exempelvis blir rätt är av stor vikt. Vid projektering av en t.ex. en ram, uppbyggd av två pelare och en balk i RFEM, så kommer dessa element kopplas samman via sina noder. Elementen kommer överlappa för att det ska ske. Genom att ange att ramen som består av en balken, ska vara 5 m lång, så hamnar noderna 5 m ifrån varann. Genom att koppla pelare till dessa noder, gör det att pelarnas mitt hamnar i noden. Vid anblick i trådmodellen ser detta inte konstigt ut, tänds 3D modellen upp, eller överförs modellen till Revit, så går det att visa att ramens yttermått då inte är 5 m längre. Utan de tillkommer två halva pelarbredder, en på var sida, till den totala bredden.

7.4 Fortsatt arbete

På vilket sätt kan nu Peab Teknik gå tillväga för att implementera dessa föreslagna rutiner i sitt arbetssätt.

Steg 1: Förtydliga i kravspecifikationer från externa projektörer att modellen i fråga ska innehålla en analytisk modell. Även interna projektörer ska jobba med att producera en analytisk modell.

Steg 2: Samtliga projektörer kommer behöva ha tillgång till Revit och RFEM, samt ha Dlubals plugin installerad. Det är inte lika viktigt, men hade underlättat, att även konstruktörer har tillgång till båda programmen och Dlubals plugin, för att processen hade kunnat flyta på ännu bättre. Men det är inte lika viktigt, på grund av att en projektör kan i Revit i exportmenyn till RFEM, välja att skapa en RFEM-fil. Denna filen kan sedan öppnas av en konstruktör. Och på samma sätt tillbaka, bara då att projektören kommer behöva RFEM för att öppna filen, för att sedan importera in den i Revit via insticksprogrammet.

Steg 3: Kommunikation. Sättet att kommunicera kommer fungera på liknande sätt som idag, förhoppningsvis lite enklare. Det som kommer vara en skillnad är att Revit modellen kan också uppdateras av en konstruktör istället för enbart av en projektör. Vilket kan minska den iterativa konstruktionsprocessens kommunikationer. Men i slutet av dagen kommer det ändå vara extremt viktigt för alla discipliner inblandade att veta vilka förändringar som skett i konstruktionen.

Referenser

- Autodesk. (2020a, september). *About structural project templates and viewing the analytical model*. Hämtad från <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-Analyze/files/GUID-5B8822EF-DD2E-43C0-802B-D7F41FC14777-htm.html>
- Autodesk. (2020b, september). *The structural analytical model*. Hämtad från <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Revit-Analyze/files/GUID-264F079B-0134-4C34-A753-B4561C30F300-htm.html>
- Bergenudd, C. (2003). *Bygghandlingar 90-1, redovisningsformer*. SIS Förlag AB.
- Boverket. (2019a). *BFS 2019:1 EKS11, boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2019:1) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)*. Hämtad från <https://rinfo.boverket.se/EKS/PDF/BFS2019-1-EKS-11.pdf>
- Boverket. (2019b, mars). *I förstudien sätts målen*. Hämtad från https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/metod_byggande/forstudie/
- C.Mirarchi, D.Pasini, A.Pavan & B.Daniotti. (2017). Automated ifc-based processes in the construction sector: A method for improving the information flow. *Computer science*, 491-498. Hämtad från <http://itc.scix.net/paper/lc3-2017-274>
- Deli, R. (2017). *Kommersiella entreprenadavtal i praktiken*. Svensk Byggtjänst.
- Dlubal. (2017, augusti). *Bim workflow: Data exchange using ifc files*. Hämtad från <https://www.dlubal.com/en/support-and-learning/support/knowledge-base/001472>
- Dlubal. (2019, november). *Paths from bim model to structural design and back*. Hämtad från <https://www.dlubal.com/en/support-and-learning/support/knowledge-base/001630>
- Dlubal. (2020). Rfem 5, user manual [handbok till mjukvara]. Hämtad från <https://www.dlubal.com/-/media/Files/website/documents/manuals/rfem-fea-software/rfem-5/rfem-5-manual-en.pdf?la=en&mlid=1940DA1D4C7242DCB72553023E0C2DAB&hash=4AE0E597004925B09F37ACB257107A8594F43B11>
- Hall, J. (2018, juli). *Top 10 benefits of bim in construction*. Autodesk. Hämtad från <https://bim360resources.autodesk.com/connect-construct/top-10-benefits-of-bim-in-construction>
- LU Byggnad. (2019). *Byggprocessen i nio steg*. Hämtad från <https://www.konstnarliga.lu.se/sites/konstnarliga.lu.se/files/2021-01/Byggprocessen%20i%20nio%20steg.pdf>
- Projektledning. (2018, december). *Projektering*. Hämtad från <https://projektledning.se/projektering/>

- R.Sacks, C.Eastman, G.Lee & P.Teicholz. (2018). *Bim handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. John Wiley & Sons, Inc.
- Rustler, W. (2014, februari). *Webinar: Bim workflow using rfem and revit structure* [Webinar]. Hämtad från <https://www.dlupal.com/en/support-and-learning/learning/videos/000799>
- Sibenik, G. & Kovacic, I. (2020). Assessment of model-based data exchange between architectural design and structural analysis. *Journal of building engineering*. Hämtad från <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101589>
- Svenska Institutet för Standarder. (2010). *Ss-en 1990, eurokod – grundläggande dimensioneringsregler för bärverk*. Hämtad från <https://www.sis.se/api/document/get/32603>
- Yazdani, A. (2019). *Digitaliserad produktionsprocess byggproduktion* (forskningsrapport). Hämtad från <https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/e6a475d4-20ba-4b20-b8f8-a0acd72a63ed/FinalReport/SBUF%2013473%20Slutrapport%20Digitaliserad%20Produktionprocess.pdf>



CHALMERS