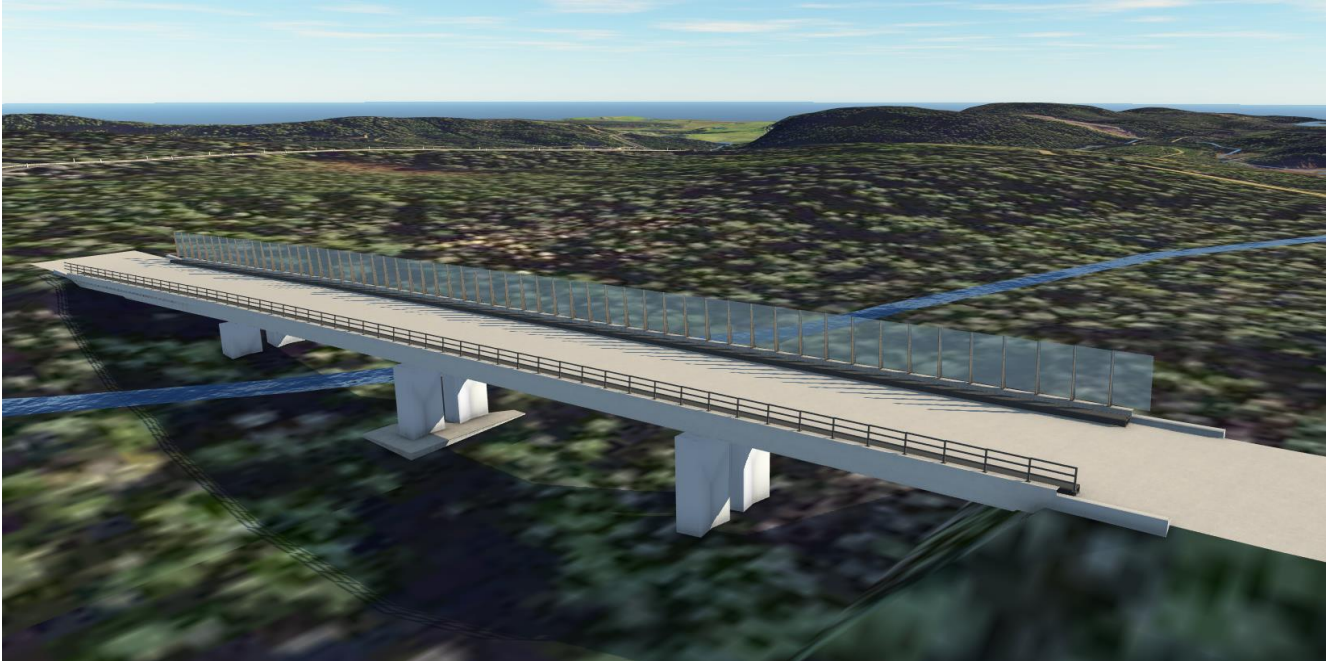




CHALMERS



Implementeringsstudie av InfraWorks 360 i samverkan med Revit och AutoCAD Civil 3D Användning av BIM i tidigt skede vid broprojektering

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

NIKLAS LINDSTRÖM
ISAK VENDELSTRAND

EXAMENSARBETE BOMX03-17-37

Implementeringsstudie av InfraWorks 360 i samverkan med Revit och AutoCAD Civil 3D

Användning av BIM i tidigt skede vid broprojektering

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

NIKLAS LINDSTRÖM

ISAK VENDELSTRAND

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för construction management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2017

Implementeringsstudie av InfraWorks 360 i samverkan med Revit och AutoCAD Civil
3D

Användning av BIM i tidigt skede vid broprojektering

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

NIKLAS LINDSTRÖM

ISAK VENDELSTRAND

© NIKLAS LINDSTRÖM OCH ISAK VENDELSTRAND, 2017

Examensarbete BOMX03-17-37 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2017

Institutionen för bygg och miljöteknik

Avdelningen för construction management

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Chalmers reproservice. Institutionen för bygg och miljöteknik.
Göteborg 2017

Implementeringsstudie av InfraWorks 360 i samverkan med Revit och AutoCAD Civil 3D

Användning av BIM i tidigt skede vid broprojektering

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

NIKLAS LINDSTRÖM

ISAK VENDELSTRAND

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

BIM har aktualiserats och blivit mer etablerat inom byggbranschen på senare år och förekommer alltmer som ett arbetssätt i anläggningsbranschen där den appliceras för att skapa en digital modell av en anläggning. Parallellt med etableringen av BIM i anläggningsbranschen går utvecklingen av de programvaror som möjliggör BIM framåt, där InfraWorks 360 är ett aktuellt exempel på detta.

Huvudsyftet med examensarbetet är att ta fram en eller ett par förslag på arbetsmetodiker där InfraWorks 360, Revit och Civil 3D i samverkan kan nyttjas på ett effektivare sätt. Detta för att underlätta en eventuell implementering av InfraWorks 360 i en verksamhet baserad på Revit och Civil 3D.

Detta examensarbete innehåller en grundlig undersökning i form av en fördjupning i programvaran InfraWorks 360. Dessutom omfattar studien en utredning kring vilka alternativa vägar som är möjliga att gå för att i större utsträckning använda InfraWorks 360 som ersättning för Revit och Civil 3D i det tidiga skisseringsskedet av ett anläggningsprojekt. Vidare undersöker examensarbetet effektivitet genom att i InfraWorks 360 producera likvärdigt material efter ett befintligt projekt utfört i Revit. Detta genomförs för att kunna jämföra arbetstider, kvalitet på visualisering och framförallt belysa för- och nackdelar med både den befintliga och den nyföreslagna arbetsmetodiken.

Studien visar att visualiseringen som kan uppnås genom InfraWorks 360 är en klar fördel med programvaran. Med hänsyn till hur användarvänlig den också är rekommenderas aktörer på marknaden att i alla fall överväga en ökad användning av InfraWorks 360. Programvaran kan bidra med en tydligare kommunikation mellan olika aktörer och beställare med sin effektiva arbetsmetodik och kraftfulla visualisering.

Möjligen kan InfraWorks 360 fylla en funktion i skeden där förändring i projektet fortfarande sker kontinuerligt i samband med dialog med exempelvis beställare. Fortsätter dock utvecklingen av InfraWorks 360 i den takt den gör idag skulle en implementering av programvaran vara en effektiv och lönsam åtgärd.

Nyckelord: InfraWorks 360, Revit, AutoCAD Civil 3D, BIM inom anläggning, brobyggnad, skissering

Implementation study of InfraWorks 360 in collaboration with Revit and AutoCAD Civil 3D

Use of BIM at the early stage of bridge design

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

NIKLAS LINDSTRÖM

ISAK VENDELSTRAND

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Construction Management

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Along the actualization and the wider establishment of BIM in the construction industry in recent years, BIM is increasingly seen as a work procedure in the civil engineering industry, where it is applied to create a digital model of an establishment. In parallel with the establishment of BIM in the civil engineering industry goes the development of the software that enables BIM, which is also under way, where InfraWorks 360 is a current example of this.

The main purpose of the thesis work is to develop one or a few suggestions on working methods where InfraWorks 360 in collaboration with Revit and Civil 3D can be used in a more effective way. This is to simplify the possible implementation of InfraWorks 360 in a business including Revit and Civil 3D.

This thesis contains a thorough examination in the form of a detailed study of the InfraWorks 360 software. In addition, the study includes a research of the alternative ways that can be used to more widely use InfraWorks 360 as a replacement for Revit and Civil 3D in the early stages of a civil engineering project. Furthermore, the study examines efficiency by providing equivalent material in InfraWorks 360 after an existing project performed in Revit. This is done to compare working hours, quality of visualization and especially to highlight the pros and cons of both the existing and the purposed working method.

The study shows that the visualization that can be achieved through InfraWorks 360 is a clear advantage of the software. Considering how user friendly the software is, the concerned market participants are also recommended to consider an increased usage of InfraWorks 360. The software can provide clearer communication between different actors and customers with InfraWorks 360s effective working methods and powerful visualization tools.

Possibly, InfraWorks 360 can work as a complement in the early stages of projects where constant changes are still ongoing in dialogue with, for example, clients. However, if the development of InfraWorks 360 continues at the same rate that it does today, implementation of the software would be an effective and profitable arrangement.

Key words: InfraWorks 360, Revit, AutoCAD Civil 3D, BIM in civil engineering, bridge design, sketching

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsning	3
2 METOD	4
2.1 Jämförelse med befintligt projekt	5
3 FÖRUTSÄTTNINGAR	6
4 BIM INOM ANLÄGGNING	8
4.1 BIM-Verktyg	10
4.1.1 InfraWorks 360	10
4.1.2 Novapoint	12
4.1.3 AutoCAD Civil 3D	13
4.1.4 Revit	13
4.1.5 Tekla	14
4.2 Komplement till InfraWorks 360	15
4.2.1 Project Kameleon	15
4.2.2 Inventor	16
5 MÖJLIGHETER OCH BEGRÄNSNINGAR MED INFRAWORKS 360	17
5.1 Parametriska modeller	17
5.2 Funktioner för effektivisering av arbetsflöde	18
5.3 Modellering anpassad efter standardkrav	20
5.4 InfraWorks 360 i samverkan med Revit	20
5.5 InfraWorks 360 i samverkan med AutoCAD Civil 3D	22
6 RESULTAT	24
7 DISKUSSION	32
8 SLUTSATS	34
CHALMERS , <i>Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik</i> , Examensarbete BOMX03-17-37	III

9	VIDARE STUDIER	36
10	REFERENSER	37

Förord

Detta examensarbete utgör det avslutande skedet i byggingenjörsutbildningen på Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och har utförts under våren 2017 i samarbete med Sweco Civil AB, Göteborg.

Vi vill här passa på att tacka alla som har bidragit till skapandet av denna rapport. Främst vill vi tacka alla inblandade medarbetare på Sweco Civil och därigenom vår handledare Martin Caverö som givit oss möjligheterna och förutsättningarna för detta examensarbete. Vi vill också ge vår handledare på Chalmers, Mikael Viklund Tallgren ett stort tack för den hjälp vi fått under arbetets gång. Slutligen vill vi tacka även Autodesk som har tillhandahållit oss de programvaror för att genomföra studien, samt deras forum som hjälpsamt besvarat våra frågor.

Göteborg, juni 2017



Niklas Lindström



Isak Vendelstrand

Beteckningar

Begreppsförklaring

DWG	Filformat för CAD-modeller som är standardfilformatet för Civil 3D.
IFC	Öppet filformat som syftar till att klassificera en byggnadsmodell.
LandXML	Filer med polylinjer, inbäddade 3D-objekt och flerstrukturerade ytor.
LiDAR	Optisk fjärranalys, en teknik som använder laserljus för att skanna jordens yta och som producerar mycket exakta x-, y-, z-mätningar.
Project Base Point	Den punkt som exporteras som referenspunkt med tillhörande koordinater vid export från Revit
Raster	Hjälpmedel för uppdelning av en bild i punkter eller linjer, vanligen inskannade dokument och kartor.
SHP	Filformat som är populärt bland GIS-data-program och kan användas som t.ex. avgränsning för området i modellen.
Sketch up	Program för att enkelt skapa 3D-modeller.
Solid	En fylld och kompakt tredimensionell figur utan ihåligheter.

Förkortningar

AIM	Asset Information Model/Modelling
BIM	Building Information Model/Modelling
CAD	Computer Aided Design
GIS	Geographic Information System
IFC	Industry Foundation Classes
LiDAR	Light Detection and Ranging
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
RT 90	Rikets Triangelnet 1990
SHP	Shape Files
SWEREF 99	Swedish Reference Frame 1999
UCS	User Coordinate System

1 Inledning

Visualisering i 3D har under de senaste åren fått ett kraftigt växande utrymme i byggbranschen och utvecklas samt implementeras i större utsträckning för var dag som går. Det finns dock fortfarande ett stort behov av effektivisering och en efterfrågan på visualiseringsteknik som speglar verkligheten på ett bättre sätt. Allt eftersom utvecklingen går framåt och myndigheter som Trafikverket ställer högre krav på att byggföretag använder sig av BIM i större utsträckning, ställer detta krav på projektörer att använda sig av en teknik som är under ständig utveckling och förändring. Vidare kräver detta kontinuerlig undersökning och anpassning av arbetsmetodiker för att dels leva upp till marknadens krav samt för att bibehålla konkurrenskraft (Rådström J, 2017).

Detta examensarbete ämnade att undersöka möjligheten att i befintlig verksamhet hos Sweco Civil AB i Göteborg, implementera programvaran InfraWorks 360 från Autodesk. Detta i syfte för att utveckla och effektivisera hanteringen av BIM i en arbetsmetodik som Sweco Civil använde för broprojektering.

1.1 Bakgrund

Detta examensarbete utfördes tillsammans med broavdelningen på Sweco Civil i Göteborg. Med Trafikverkets ökande krav på implementering av BIM i projekteringen som bakgrund, ser Sweco Civil ett ständigt behov av att utveckla deras arbetsmetodik för broprojektering. I en förbättrad och utvecklad arbetsmetodik ansåg sig Sweco Civil se potential i att implementera Autodesk's nya programvara InfraWorks 360 som lanserades 2014 (Miyamoto M, 2013). Programvaran är tänkt att vara en flexibel interaktiv miljö att arbeta i, där modellerna kan förändras i realtid under presentation för exempelvis kund.

Sweco Civil använder sig idag i största utsträckning utav olika versioner av Autodesk Revit samt AutoCAD och AutoCAD Civil 3D, som i denna rapport fortsättningsvis benämns som Revit, AutoCAD och Civil 3D. Dessa programvaror är relativt tidskrävande när endast grundläggande skisser skall arbetas fram. De erbjuder inte heller samma möjlighet att kunna redovisa lösningsförslag i relation till omgivande miljö som InfraWorks 360. Eftersom Trafikverket kräver en allt mer omfattande och bredare användning av BIM är Sweco Civil intresserade av att undersöka en eventuell implementering av InfraWorks 360 i dagens verksamhet.

Sedan lanseringen av InfraWorks 360 har endast standardkrav och modeller för ett fåtal länder, däribland USA, Australien och Storbritannien, implementerats i programvaran. Detta begränsar möjligheterna att skapa och analysera modeller enligt svensk standard. Detta examensarbete ämnade med ovan presenterade bakgrund att undersöka hur en eventuell implementering av InfraWorks 360 inklusive anpassningar skulle kunna gå till och vilka för- och nackdelar detta skulle medföra.

1.2 Syfte

Detta examensarbetet avsåg att undersöka och utvärdera hur 3D-modelleringsverktyget InfraWorks 360 kan utvecklas och anpassas till svenska förhållanden vid projektering av infrastrukturobjekt. Detta med avsiktligt utförande att förenkla och effektivisera arbetsprocesser. Huvudsyftet var att ta fram en eller ett par förslag på arbetsmetodiker där InfraWorks 360, Revit och Civil 3D i samverkan kan nyttjas på ett effektivare sätt. Detta för att underlätta en eventuell implementering av InfraWorks 360 i en verksamhet baserad på Revit och Civil 3D. Huvudsyftet är indelat i följande delsyften:

- Undersöka möjligheter att implementera befintliga modeller och komponenter från Revit och Civil 3D i InfraWorks 360.
- Utredda hur en implementering av InfraWorks 360 kan uträttas på ett så effektivt sätt som möjligt.
- Skapa en fungerande modell i InfraWorks 360 och jämföra med modeller från ett verkligt pågående projekt genomfört med Revit och Civil 3D.

De ovan nämnda modeller och objekt från Revit och Civil 3D gäller i synnerhet komponenter till broar såsom pelare, överbyggnader, landfästen samt räcken. Syftet med undersökningen av implementeringen var att ta reda på om InfraWorks 360 kan underlätta för Sweco Civil i tidiga skeden av ett infrastrukturprojekt. Detta för att framställa en mer effektiv och fullständig arbetsmetodik som i större utsträckning stödjer Trafikverkets strävande mot en högre mognadsgrad för BIM-implementering (läs kapitel 4. BIM inom anläggning). För att kunna jämföra och uppskatta om detta examensarbete ledde till en förenklad och effektiviserad arbetsprocess, utfördes ett försök att skapa en fungerande modell av ett befintligt projekt som Sweco Civil färdigställt. Vidare jämfördes framtaget material med Sweco Civils resultat i projektet, detta både tidsmässigt och i kvalitémässigt.

Uppgiften var därför att undersöka vilka möjligheter som fanns för att i InfraWorks 360 använda befintliga modeller och komponenter som av Sweco Civil tagits fram för Revit och Civil 3D. Om detta inte är möjligt skulle examensarbetet undersöka vilka tillvägagångssätt som fanns för att skapa nya modeller och komponenter till InfraWorks 360. Vidare ämnade detta examensarbete att undersöka om en implementering av InfraWorks 360 effektiviserar skissarbetet tillräckligt mycket för att vara en tidsmässigt lönsam övergång samt vad en övergång skulle innebära för förändringar i Sweco Civils arbetsmetodik.

1.3 Avgränsning

Detta examensarbete fokuserade på att i huvudsak undersöka de metoder som Sweco Civil använde i projekteringen av en bro för att vidare jämföra detta mot en arbetsmetodik med InfraWorks 360 integrerad i processen. Undersökningen utgick från ett befintligt projekt för att kunna göra en jämförelse gentemot Sweco Civils traditionella tillvägagångssätt. Vidare gjordes en bedömning om användningen av InfraWorks 360 kan leda till en effektivisering och förbättring av projekteringen. Även möjligheten för konvertering av befintliga modeller och objekt från Revit och Civil 3D undersöktes.

Examensarbetet fokuserade på att finna en lämplig arbetsmetodik för att integrera InfraWorks 360 i en verksamhet som i huvudsak är baserad på Revit och Civil 3D. För att avgränsa detta examensarbete behandlades inte möjligheterna att genomföra analyser i olika former, såsom hållfasthets- och trafikflödesanalyser, i ovan nämnda programvaror. För att avgränsa ytterligare har endast några snabba försök att konvertera komponenter från Revit till InfraWorks 360 utförts med hjälp av Inventor. Detta eftersom Inventor inte var fokus för detta examensarbete och programvaran kräver goda förkunskaper i programvaran för att arbeta effektivt med.

2 Metod

Det huvudsakliga arbetet innebar till en början att undersöka dagens arbetsmetodik och finna lämpliga metoder som kan komma att ersätta dessa i InfraWorks 360. Detta utreddes först genom en grundlig undersökning i form av en fördjupning i programvaran InfraWorks 360. Vidare utfördes en utredning om vilka alternativa vägar som var möjliga att gå för att i större utsträckning använda InfraWorks 360 som ersättning för Revit och Civil 3D i tidiga skisskeden. Ytterligare undersökte examensarbetet effektivitet genom att i InfraWorks 360 producera likvärdigt material efter ett befintligt projekt utfört i Revit. Detta genomfördes för att sedan jämföra arbetstider, kvalitet på visualisering och framförallt belysa för- och nackdelar med både den befintliga och den nyföreslagna arbetsmetodiken. Material för befintliga arbetsmetoder tillhandahölls genom intervjuer och dialoger med handledare på Sweco Civil för att kunna genomföra jämförelsen.

För att uppnå en grundlig förståelse för den arbetsmetodik Sweco använder idag utfördes en undersökning av de programvaror som i allmänhet används och nyligen har använts inom anläggningsbranschen. Programvaror som Novapoint, AutoCAD Civil 3D, Revit samt Tekla utforskades för att införskaffa en djupare förståelse för Swecos behov och vidare testa vilken arbetsmetodik som kommer att rekommenderas.

Arbetet kompletterades med datainsamling från elektroniska uppslagsverk, hemsidor, forum och filmer. Detta med syfte att lokalisera både fördelar och brister med en eventuell implementering av InfraWorks 360 i en verksamhet som i huvudsak är baserad på Revit och Civil 3D. Kring området finns också en stor mängd undervisningsfilmer på både mjukvaruutvecklaren Autodesk's egna utbildningsportal Autodesk University samt YouTube. Även dessa användes som underlag i litteraturstudien.

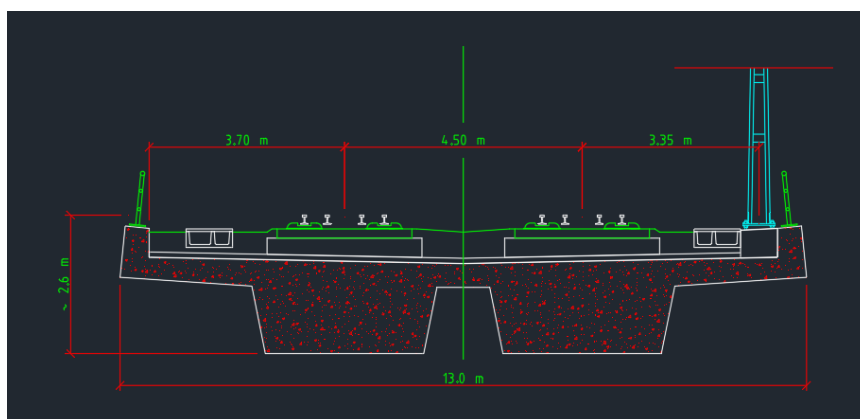
Med hänsyn till att undersökningen baserades på och jämfördes med material som i synnerhet var från tillverkaren Autodesk uppstår där en begränsning. Detta i och med att de i största utsträckning presenterar arbetssätt som är anpassade utefter Autodesk's egna behov och förväntningar. Autodesk's rekommenderade arbetsgångar kan anses vara partiska och tar inte hänsyn till Sweco Civils arbetssätt. Detta examensarbete avsåg att ställa sig objektiv i frågan och behandla materialet därefter. InfraWorks 360 är dessutom en programvara som ständigt är under bearbetning och kommer fortsätta uppdateras och förbättras inom den närmsta framtiden. Detta skapar en begränsning som kan påverka kvaliteten på undersökningen.

2.1 Jämförelse med befintligt projekt

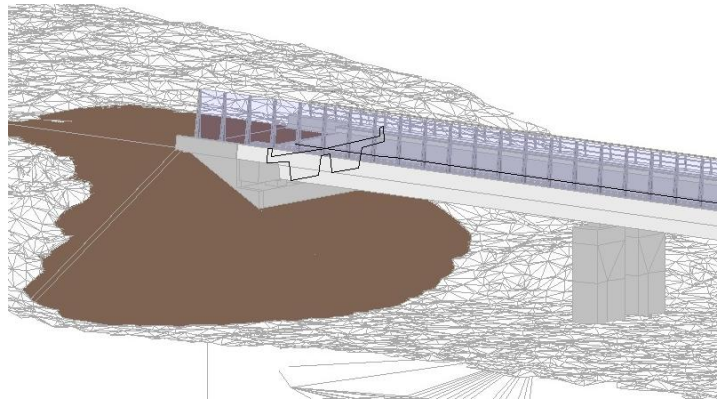
Jämförelsen utgick från en färdigprojekterad bro som Sweco Civil har tagit fram från ett befintligt projekt. Material i form av Revit-modeller och CAD-filer tilldelades av Sweco Civil och de befintliga arbetsmetoderna tillhandahölls genom intervjuer och dialoger med handledare på företaget. Utifrån de förutsättningar och det material som tilldelats av Sweco Civil utgick undersökningen från att återskapa samma färdigprojekterade bro men med en annan arbetsmetod som inkluderar InfraWorks 360. De effektivitetsskillnader som uppstod under återskapandet av bron registrerades för att vidare göra en jämförelse med tidigare projektering. Jämförelsen innefattade arbetstider, kvalitet på visualisering samt för- och nackdelar med både den befintliga och den nyföreslagna arbetsmetoden. Resultatet för jämförelsen presenteras i kapitel 6 Resultat och diskuteras i kapitel 7 Diskussion.

3 Förutsättningar

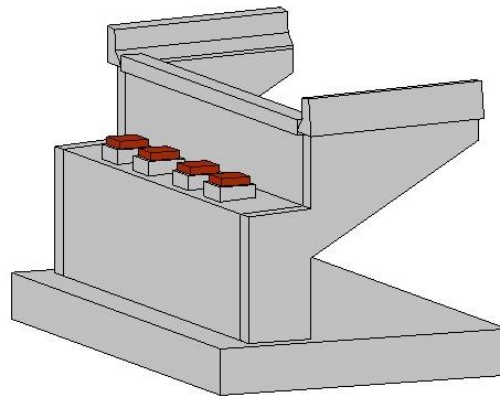
Sweco är en verksamhet som levererar tekniska konsulttjänster inom teknik, miljö och arkitektur. Företaget har utöver verksamhet i Sverige även ett flertal fasta etableringar runtom i Europa. Sweco har 14 500 anställda varav 5600 medarbetare på cirka 50 orter i Sverige. I Sverige erbjuder Sweco konsulttjänster inom arkitektur, byggnadskonstruktion, energisystem, industri, infrastruktur, installation, IT för samhällsutveckling, projektledning samt vatten och miljö (Sweco, UÅ). Med anledning av Swecos storlek i antal anställda och därigenom omfattningen på de projekt som Sweco i nuläget åtar sig, fanns ett behov av att nyttja en arbetsmetodik som kan involvera en mängd olika avdelningar på Sweco. Utifrån detta har deras mest vanliga arbetsmetodik för broprojektering vuxit fram som är anpassad för att involvera ett flertal avdelningar, däribland vägavdelningen och broavdelningen. Arbetsmetodiken för en broprojektering utgår många gånger från vägavdelningens projektering som ofta sker i Civil 3D. Med hjälp av Civil 3D skapar projektörerna väglinjer i ett för platsen aktuellt koordinatsystem och i samma programvara arbetas nödvändiga typsektioner för broar fram, dessa i 2D (se *Figur 3.1*). Typsektionen för en bro innehåller all information som broprojektörerna behöver för att vidare modellera denna med en större detaljnivå för 3D-visualisering i Revit. Underlaget i form av skisser anger mått och övriga bestämmelser om exempelvis placering av pelare, val av broräcken, form på bron och liknande. Vidare används dessa skisser för att i Revit skapa 3D-objekt genom att med tvärsnitten framtagna i AutoCAD svepa den väglinjen som projekterats i Civil 3D (Se *Figur 3.2*). När samtliga svepningar är klara kan modellen i Revit kompletteras med parameterstyrda komponenter, som exempelvis brostöd, landfästen och vingmurar, för att skapa en fulländad modell (Se *Figur 3.3*). Utifrån detta kan projektören slutligen genomföra olika typer av analyser och arbeta fram branschriktiga handlingar för leverans i olika skeden.



Figur 3.1 Exempel på del av skissmaterialet för en bro projekterad i AutoCAD. Denna information används vidare som underlag för att projektera och visualisera bron i Revit enligt figur 3.2.



Figur 3.2 Figuren visar brosektionen som importerats från AutoCAD och används i Revit för att svepas längs den projekterade väglinjen. På detta sätt skapas en volym (broöverbyggnaden), som i BIM-världen benämns som en solid.



Figur 3.3 Ett landfäste skapat som en komponent/familj i Revit genom användning av solider på samma sätt som broöverbyggnaden.

Tidigare nämnd arbetsmetodik gällde för Sweco Civil i Göteborg under utförandet av detta examensarbete. Internt inom Swecos koncern låg de i Göteborg då i framkant vad gäller 3D-modellering av broar med Revit. I viss utsträckning inom Swecos användes även Tekla och Novapoint vid projektering. I viss mån projekterar Sweco Civil som tidigare nämnt även i Tekla, främst gällande projekt med mycket stålkonstruktioner.

4 BIM inom anläggning

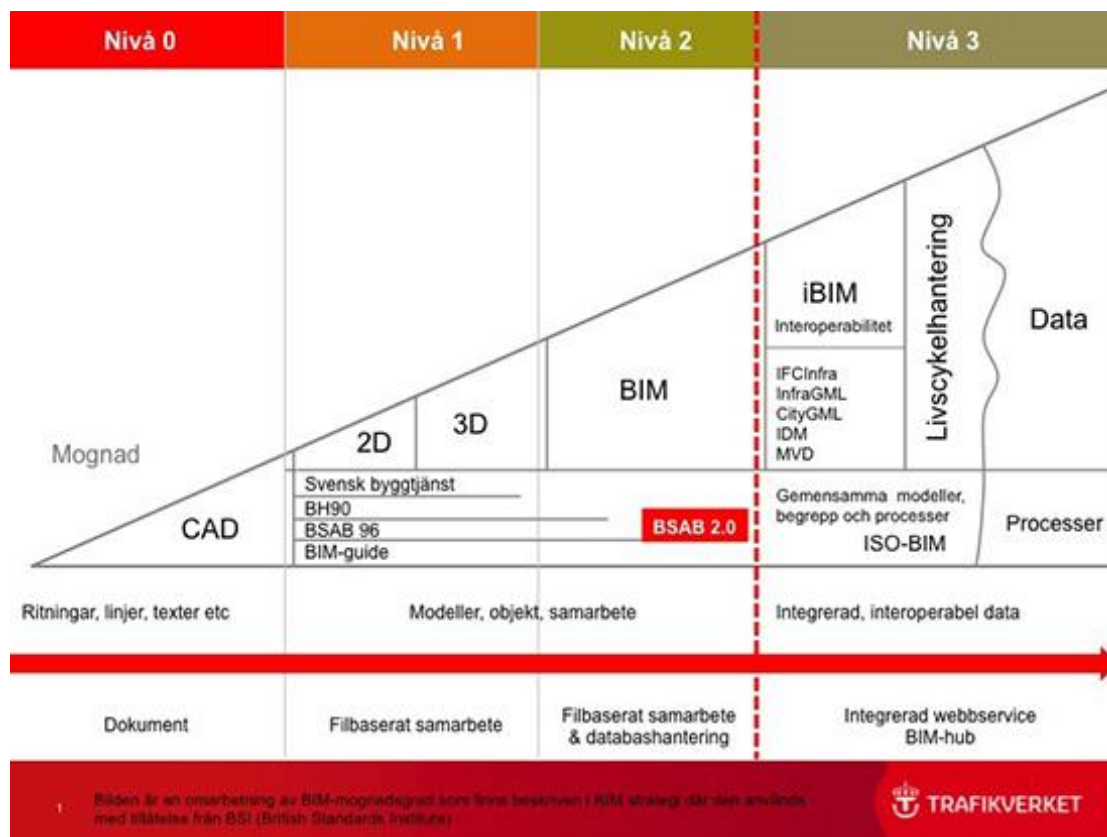
Byggnadsinformationsmodellering är en process för att skapa och hantera objektbaserade modeller av byggnader och anläggningar. Vilket innebär ett förhållningssätt till hur man tillämpar en integrerad digitalisering av hela bygg- och förvaltningsprocessen. Detta i syfte för att underlätta informationsutbyte som förbättrar kommunikation samt förståelsen för komplexa problem inom byggbranschen. BIM används främst för projektfasen medan man för modeller i förvaltningsfasen ofta använder termen AIM (Lewis, S. 2014). Med hjälp av BIM går det att skapa en digital modell istället för traditionella tvådimensionella ritningar av en byggnad eller anläggning som innehåller relevant information i ett projekt (Samhällsbyggarna, 2016).

BIM har aktualiserats och blivit mer etablerat inom byggbranschen på senare år och förekommer alltmer som arbetssätt i anläggningsbranschen där den appliceras för att skapa en digital modell av en anläggning. Modellen rymmer en stor mängd information om varje del och enskilt objekt som lagts in som en detalj i anläggningen. 3D-modellen kan användas för visualisering av design och funktionalitet och för att förutsäga kostnader, undvika kollisioner och analysera klimat och prestanda för att uppnå en effektiv arbetsprocess (Trafikverket, 2017a).

Genom att arbeta i en BIM-modell kan projektets alla inblandade dela och utbyta information och granska lösningar virtuellt i förväg innan det byggs. Detta kan leda till betydande fördelar genom de olika stegen i en byggnads eller ett infrastrukturobjekts livscykel. Trafikverkets mål är att använda BIM i hela anläggningens livscykel från planering till underhåll och förvaltning. Trafikverket har utformat en tydlig plan på hur de ska klara dessa mål för hur införandet av BIM ska ske, både på kort och lång sikt. Deras långsiktiga mål som de strävar efter är att kunna hantera användandet av BIM fullständigt genom hela anläggningens livscykel, det vill säga även i förvaltningen. Deras kortsiktiga mål är att exploatera en definierad lägsta nivå av BIM för deras investeringsprojekt vilket innebär användning av en eller flera objektorienterade modeller istället för ritningar och förteckningar (Samhällsbyggarna, 2016).

Implementeringen av BIM inom bygg- och anläggningsbranschen samt utvecklingen mot en mer processororienterad informationshantering kan beskrivas genom fyra olika mognadsnivåer. För att beskriva de olika mognadsnivåerna använder sig Trafikverket av BIM-trappan, som är ett brittiskt initiativ som Trafikverket anammat och översatt (BIM Alliance, 2014). Nivåerna formuleras enligt följande:

- Nivå 0: Ritningar och ostrukturerad CAD-information i 2D. Utskrivna dokument som utgör den grundläggande informationsbäraren och betraktas som originalhandling.
- Nivå 1: Arbetet utförs i 2D eller 3D med ett visst mått av en informationsstandard. Det sker även visuell samordning i gemensam datamiljö. Inom förvaltningen är ritningar och dokument lagrade i filbaserade system.
- Nivå 2: Arbetet är modellorienterat och egenskaperna är kopplade till de olika objekten. Anläggningens utformning presenteras i 3D.
- Nivå 3: Byggnad eller objekt är fullständigt beskriven i modellerna som även används i förvaltnings- och underhållsarbetet. Här kan man söka efter byggnadsrelaterad information och förvaltningsdata.



Figur 4.1 Bim-trappan (Trafikverket, 2017).

Utförande av Swecos Civils projekt som används som referens i detta examensarbete kan bedömas till nivå 1-2. Parallellt med implementeringen av BIM i anläggningsbranschen går utvecklingen av de programvaror för BIM inom anläggning, som också är under framfart, där InfraWorks 360 är ett aktuellt exempel på detta.

4.1 BIM-Verktyg

Vid traditionell projektering fokuseras arbetsinsatsen på att upprätta och revidera ritningar genom tvådimensionella representationer som planer, sektioner, elevationer och detaljer (Thydell M, 2017). I de programverktyg som i första hand används i en BIM-process skapar man istället en tredimensionell representation i form av en modell av det som ska produceras. Ur denna modell skapar man sedan alla de ritningar och handlingar som behövs för projekteringen. Dessa BIM-verktyg är objektbaserade CAD-program där relationer och funktioner skapas mellan de olika komponenterna.

I följande delkapitel har några av de vanligaste BIM/3D-verktygen inom infrastruktur och anläggning beskrivits. Det finns många likheter med programvarorna som nämns i detta examensarbete där den mest väsentliga likheten är att de alla behandlar och möjliggör BIM. I huvudsak är mjukvarorna ett verktyg för att effektivt skapa och hantera BIM vid projektering av en konstruktion eller anläggning. BIM-verktygen används som ett hjälpmedel för 3D-modellering och underlättar för planering, design, analys samt ständig uppdatering för att åstadkomma högkvalitativa byggnader och infrastrukturer.

4.1.1 InfraWorks 360

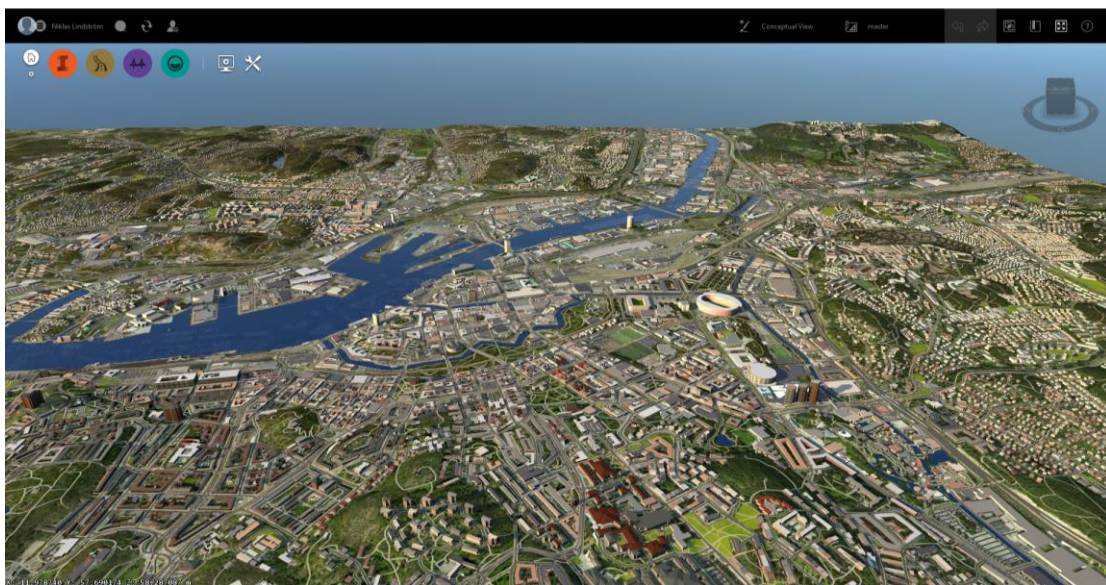
Under 2014 lanserade Autodesk en ny programvara vid namn InfraWorks 360 som främst kan användas för att snabbt skissera ett första förslag till infrastrukturprojekt. Autodesk beskriver InfraWorks 360 som ett visualiseringsverktyg som främst är utvecklad för att ta fram preliminär design (Autodesk Inc, UÅa).

Avsikten är att spara användaren tid samt att undvika nyttjande av åtskilliga design- och renderingsverktyg för att generera avancerade modeller som sannolikt kommer att ändras under arbetets gång. InfraWorks 360 underlättar möjligheten att kommunicera och förtydliga projektkoncept genom att konstruera reella modeller från GIS, Raster, LiDAR eller skanna data för att åstadkomma en realistisk design. Väl inne i InfraWorks 360 är det mycket som att arbeta i en spelmiljö. Motorn som modellerar det visuella i programmet är i princip en spelmotor, vilket betyder att objekten ständigt renderas (Macalister S, 2015).

Med InfraWorks 360 är det möjligt att skapa en modell från ett flertal olika källor såsom LandXML, SHP, Revit, Sketch Up, Raster samt Civil 3D-ritningar och importera ytor, placeringar och VA-system (Espinoza A, 2016).

Det är också möjligt att låta funktionen Model Builder sammansätta en modell, som kan vara upp till 200 kvadratkilometer stor, genom att nyttja tillgängliga källor på internet, se *Figur 4.2*. Dessa källor inkluderar:

- OpenStreetMaps för vägar, järnvägar, vatten och byggnader.
- Microsoft Bing Maps för det geografiska bildspråket.
- SRTMGL1 och ASTER GDEM för terräng utanför USA:s gränser och USGS för USA.



Figur 4.2 Exempel på modell skapad i InfraWorks 360 med Model Builder över Göteborgs innerstad.

Verktöget tillåter modellering för vägar, tåggränsar, VA-system och byggnader. Man kan utvinna information och analysera lutning och höjder, sol och skuggor samt schaktning och fyllning. InfraWorks 360 genomför framkallning av simuleringar och ger möjligheten till att uppleva olika scenarion för att undersöka preliminära modeller.

Under en inspelad undervisning på Autodesk University betonar föreläsaren Eric Chappell på vilket sätt och till vad InfraWorks 360 är utformat för att användas till genom följande citat;

"It's not for traditional documentation. I'm not going to make plan sets out of InfraWorks, and I never will. If you're sitting there waiting for the day when I can press the button and make a 100 sheets come out of InfraWorks, that's not going to happen, we're not headed in that direction with it. If you're waiting for us to come up with better integration with AutoCAD Civil 3D to take it in there to make detail design changes and then produce documentation, that's something worth waiting for, and that's something that you're going to see improved over and over again in the near future... InfraWorks is not for the stuff you've been doing with other software. Civil 3D, Microstation, you name it. InfraWorks is a tool that gives you new capabilities, new opportunities. Things you should be doing that you weren't doing yesterday." (Chappell E, 2014).

4.1.2 Novapoint

Novapoint är en plattform för design och dokumentation för terräng- och infrastrukturprojekt. Verktöget började användas tidigt inom byggbranschen för att framställa BIM-modeller för infrastrukturobjekt och används än idag av en andel vägprojektörer (Trimble Inc, 2017a). Programvaran är tillverkad av Trimble Solutions och förekommer i flera olika versioner. Den mest grundläggande versionen är Novapoint Bas. Denna används ofta som plattform för programvarans andra design- och tilläggsmoduler, såsom väg-, järnväg-, VA- och bromoduler, för att skapa en mångdimensionell modell för aktuellt projekt. Verktöget tillåter utformning av alla aspekter i ett infrastrukturprojekt (Trimble Solutions, 2013a).

Likt InfraWorks 360 kan användaren i Novapoint skapa realistiska modeller i förhållande till sin omgivning för att underlätta förståelsen för sambandet mellan ny infrastruktur och befintlig miljö (Trimble Inc, 2017a). Till skillnad från InfraWorks 360 kräver Novapoint en AutoCAD-plattform som fungerar som det grafiska gränssnittet där allt konstruktionsarbete uträttas. Fördelen med Novapoint är dock att den ger användaren möjlighet att visa modellen i både plan, sektioner och 3D medan InfraWorks 360 endast tillhandahåller 3D som alternativ.

I Novapoint sker modelleringen utifrån underlag av terräng- och jordartsdata som är koncentrerade i en terrängmodell. För att kunna använda Novapoints design- och tilläggsmoduler kräver programvaran att AutoCAD är installerat. Designmodulerna i AutoCAD kommunicerar med Novapoint Bas för att veta vilken arbetsuppgift som ska utföras och för att skicka information till den aktuella uppgiften, exempelvis resultaten för en nyligen beräknad vägmodell. Projekteringen bearbetas i DWG-filen och anläggnings- och terrängmodellerna behandlas genom ett samarbete mellan Novapoint och AutoCAD (Trimble Solutions, 2015).

4.1.3 AutoCAD Civil 3D

Med Autodesk's AutoCAD Civil 3D kan användaren framställa 3D-modeller för väg-, mark- och VA-projektering. Autodesk beskriver Civil 3D som en programvara som möjliggör väg- och anläggningskonstruktion samt dokumentation som stödjer arbetsflöden i BIM (Autodesk Inc, UÅb). Det som skiljer Civil 3D från exempelvis InfraWorks 360 är till största del att Civil 3D ger användaren möjlighet att skapa branschriktig dokumentation samt mer avancerade analyser av konstruktionerna.

Liksom arbetsprocessen för Novapoint så baseras modelleringen i Civil 3D på DWG-filer. I Civil 3D kan användaren sammanställa arkivdata som tillhandahålls från exempelvis lantmäteridata och/eller GIS till en integrerad modell (Autodesk Inc, UÅb). Mjukvaran integrerar således CAD- och geografisk-data för en bättre förståelse för hur en föreslagen konstruktion samverkar med den bebyggda miljön likt de övriga programmen. I Civil 3D sker dock arbetsflödet i 2D medan presentationen är möjlig att visa i 3D. Till skillnad från främst InfraWorks 360 är dock 3D-visualiseringen i Civil 3D mer begränsad, har mindre anknytning till verkligheten och kräver framför allt att användaren har tillgång till information för omgivande miljö och bebyggelse.

Civil 3D kan även användas som plattform för Novapoint och vice versa. Viss funktionalitet fungerar bra mellan programvarorna där utbyte av data sker huvudsakligen genom temporära LandXML-filer (Trimble Solutions, 2013b). Vidare kan Civil 3D även användas tillsammans med både Revit och InfraWorks 360. Detta som underlag för projektering eller som komplement för detaljprojektering (mer om detta presenteras i kapitel 3 Förutsättningar och kapitel 5.5 InfraWorks 360 i samverkan med AutoCAD Civil 3D).

4.1.4 Revit

Autodesk Revit förekommer i tre olika versioner: Revit Architecture, Revit MEP och Revit Structure (Autodesk Inc, UÅc). Revit Architecture erbjuder funktioner för detaljerad och konceptuell design och visualisering. Revit MEP hanterar installationer för att framkalla en samordnad modell med en hög detaljnivå. Den tredje versionen, Revit Structure, inriktar sig mot konstruktionsteknisk modellering och innefattar hjälpmedel för analysering samt möjliggör optimering genom samordning av konstruktion och dokumentation. De är olika varianter på samma mjukvara vilket gör att de är kompatibla med varandra, så det är fullt möjligt att arbeta i samma modell oavsett vilken version man väljer att använda. Det är även möjligt för flera projektörer att arbeta samtidigt i samma modell.

I Revit är det möjligt att modellera i både 2D och 3D för att vidare skapa branschriktig dokumentation med hög detaljnivå inom BIM. Modelleringen sker antingen genom användning av skapade komponenter eller genom att skapa solider, se *Figur 3.2*. Till skillnad mot Civil 3D är Revit parameterstyrt, vilket innebär att förändringar som utförs i modellen gör att resterande delar i modellen anpassar sig därefter. Vidare erbjuder Revit också en större möjlighet att arbeta mer utförligt med detaljer än både Novapoint och InfraWorks 360.

I Revit är det möjligt för användaren att grafikmässigt jobba i olika detaljeringsnivåer för att minska belastningen på datorns prestanda och därigenom arbeta smidigare med modelleringen (Autodesk Inc, 2015). När modelleringen är klar kan användaren rendera olika 3D-vyer för att skapa en mer realistisk presentation av projektet. Rendingen går att genomföra antingen lokalt, vilket vanligtvis belastar datorns prestanda kraftigt, eller genom Autodesk's molntjänst. I jämförelse med InfraWorks 360 ger renderingen en likvärdig upplevelse av visualiseringen. Läs mer om kompatibiliteten mellan programvarorna Revit och InfraWorks 360 och hur de samverkar med varandra i kapitel 5.4 InfraWorks 360 i samverkan med Revit.

4.1.5 Tekla

Tekla är en annan av Trimble Solutions programvaror och erbjuder lösningar för byggnadskonstruktion. Tekla finns i olika versioner såsom Tekla Structures och Tekla Civil (Trimble Solutions, UÅa). Vidare finns olika konfigurationer med olika specialfunktioner anpassade för särskilda områden inom byggbranschen.

Till skillnad från Revit där det finns olika programversioner för strukturell och arkitektonisk teknik (se 4.1.4 Revit för mer information) så sköts båda dessa delar i Tekla Structure. Tekla Structure hanterar diverse material och skapar en miljö där användaren kan producera och hantera detaljrika och funktionella 3D-byggnadsmodeller (Trimble Solutions, UÅb). Programvaran används främst i byggbranschen för konstruktionsarbete bestående av stål- och betongdetaljer. Tekla-modeller kan användas genomgående i konstruktionsprocessen, från konceptutformning till tillverkning, uppförande och byggledning.

Liknande Revit MEP så hanterar Tekla Civil installationer för att framkalla en samordnad modell med en hög detaljnivå (Trimble Solutions, UÅc). Tekla Civil är ett omfattande verktyg för projektering av anläggningsprojekt. Programvaran tillgodoser behovet av maskinstyrning och underhåll av färdiga projekt.

4.2 Komplement till InfraWorks 360

Till InfraWorks 360 finns främst två kompletterande verktyg att tillgå för att användaren skall kunna skapa egna komponenter och därigenom modellera egenanpassade broar och annan infrastruktur. Detta för att möjliggöra visualisering med anknytning till slutresultat efter byggnation. Följande underrubriker beskriver de två programvaror som kan användas för detta.

4.2.1 Project Kameleon

Project Kameleon är ett beta-program från Autodesk och är en av de programvaror som kan användas för att skapa komponenter till infrastruktur kompatibla i InfraWorks 360 och Civil 3D. Beta-programmet består av de två delarna Shape Modeler samt Parts Editor. Genom Shape Modeler kan användaren skapa solider som representerar exempelvis pelare, balkar och brofundament. Genom att välja vilka parametrar hos dessa solider som förblir styrbara, exempelvis mått på höjd, bredd, diameter och liknande, kommer användaren åt dessa i Parts Editor och vidare i InfraWorks 360 samt Civil 3D. Parts Editor används främst som katalog för vilka komponenter och med vilka parametrar som användaren kan nå i InfraWorks 360 och Civil 3D (Rosenfeld, E. 2016). Arbetsgången för att skapa bropelare i Project Kameleon liknar arbetsgången för Inventor (se Kapitel 4.2.2) och går att följa i Bilaga 1.

I skrivande stund är Project Kameleon som tidigare nämnt endast ett beta-program och Autodesk har ännu inte meddelat i vilken form det offentligt kommer att släppas eller om det alls kommer att göra så. I samband med lanseringen av den nya versionen InfraWorks 2018 (13 april 2017) integrerades Project Kameleons funktioner med Inventor 2017 och har därigenom börjat fasa ut. InfraWorks 2018 erbjuder dessutom, i kombination med Inventor 2017 fler möjligheter att importera parameterstyrda komponenter. Mer om detta i kapitel 4.2.2 Inventor (del Rosario, B. 2017).

4.2.2 Inventor

Autodesk Inventor erbjuder en verktygsuppsättning för 3D-konstruktion, mekanisk design, simulering och dokumentation. Mjukvaran är fundamentet för Autodesk's lösning för produktutveckling och är på så sätt fokuserat på tillverkningsindustrin snarare än byggindustrin (Autodesk Inc, UÅd). Inventor erbjuder användaren en designmiljö för att skapa initiala konceptskisser samt solidmodellering av konstruktioner och komponenter. Programvaran gör det möjligt för parametrisk modellering samt möjligheten att tillverka geometriska modeller av varierande komponenter, såsom stålramar, plastdelar, rörledningar, roterande maskiner samt elektriska ledningar (Autodesk Inc, 2017a).

Med den digitala 3D-modellen som skapas i Inventor kan användaren bedöma utformning, funktion och passform med andra komponenter för en produkt. Möjligheten finns även att utsätta modellen för verkliga förhållanden genom att simulera böjning eller rörelser för att optimera designen. På så sätt kan användaren granska lösningar virtuellt i förväg innan det produceras (Autodesk Inc, UÅd).

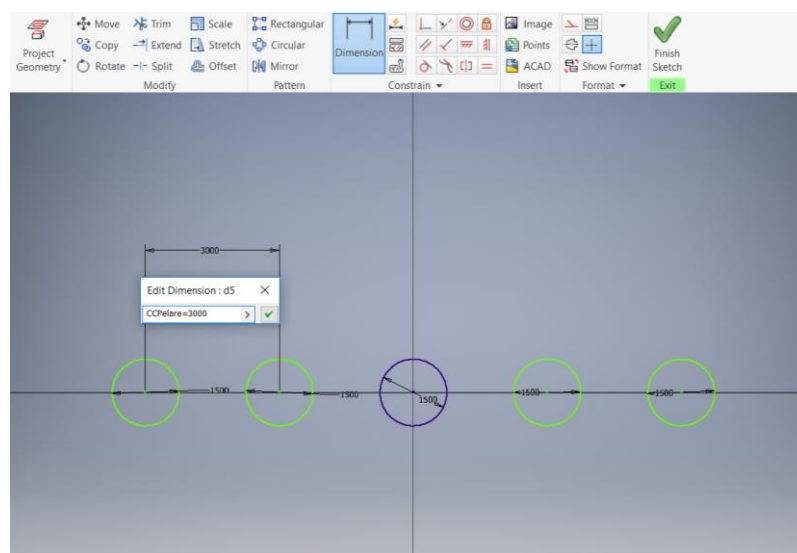
Som nämnt i kapitel 4.2.1 Project Kameleon så erbjuder Inventor sedan 13 april 2017 möjligheten att importera parameterstyrda komponenter till InfraWorks 360 i form av infrastrukturmodeller. Arbetet som tidigare skedde i Project Kameleons Shape Modeler är nu integrerat i Inventor medan Projekt Kameleons Parts Editor har blivit integrerat med InfraWorks 2018. Tillsammans ger dessa funktioner användaren möjlighet att skapa egna parameterstyrda komponenter för infrastruktur. Arbetsmetodiken för detta presenteras i Bilaga 1.

5 Möjligheter och begränsningar med InfraWorks 360

Som Chappell poängterar i citatet presenterat i kap 4.1.1 är InfraWorks 360 i huvudsak utvecklat för preliminär design för att med andra programvaror vidare projektera för slutgiltig design. Med bakgrunden och förutsättningarna givna från Sweco Civil undersöker detta examensarbete hur InfraWorks 360 skulle kunna implementeras i befintlig verksamhet. I detta kapitel presenteras olika funktioner som en verksamhet likt Sweco bedriver kan komma att ha nytta av för att vidare diskutera dess för- och nackdelar i rapportens diskussion.

5.1 Parametriska modeller

För InfraWorks 360 innebär parameterstyrda komponenter att systemens beteende beskrivs med hjälp av matematiska ekvationer och uttryck (Autodesk Inc, 2017b). Tack vare denna beskrivning frigörs möjligheten att redigera och fastställa utseendet av en komponent genom en samling parametrar. Parametrarna kan redogöra värden som varierar beroende på beräkningar till exempel för massor, längder eller areor. För att skapa parametriska komponenter för användning i InfraWorks 360 krävs kunskap i hur man framkallar parameterstyrda komponenter i Autodesk Inventor (Autodesk Inc, UÅe). Se Bilaga 1 för arbetsgången för att ta fram och föra in parametriska komponenter till InfraWorks 360.

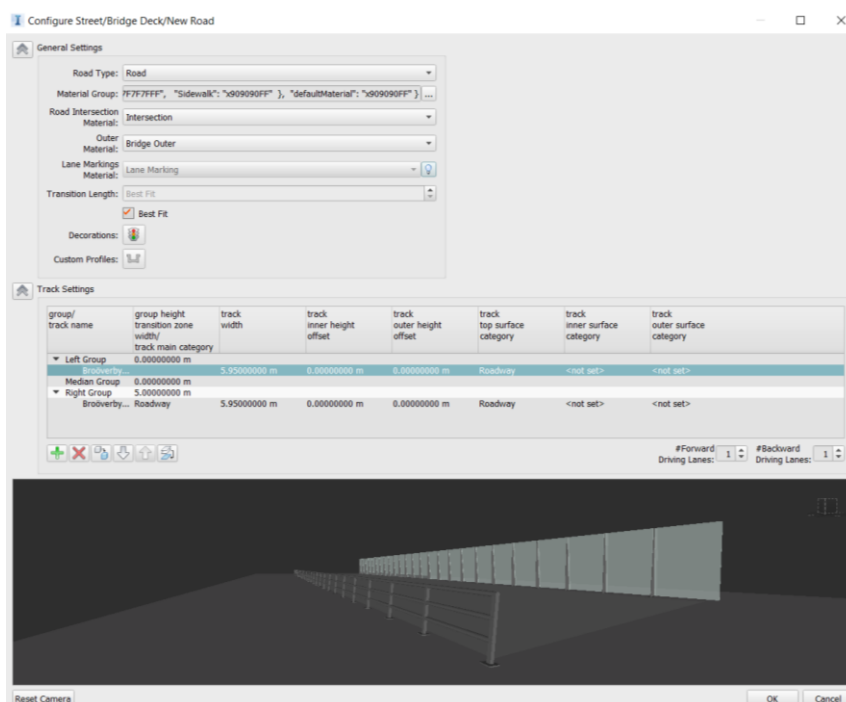


Figur 5.1 Som exempel på styrbara parametrar kan användaren, som i fallet i figuren ovan, namnge vissa mått för att vidare använda detta som en parameter på ett flertal andra ställen.

Vissa begränsningar har stötts på under examensarbetets gång. Detta främst med de parameterstyrda bropelarna som har importerats till InfraWorks 360 som inte fullt ut velat anpassa sig till sin omgivning. Bropelarna placerar sig korrekt på fundamentet men anpassar sig inte med den överliggande brobyggnaden. Det är dock möjligt att nå de befintliga komponenterna i InfraWorks 360 och redigera dessa utefter valda parametrar vilket möjliggjort en justering av pelarhöjd för hand, men för en effektivare arbetsprocess skulle detta behöva automatiseras.

5.2 Funktioner för effektivisering av arbetsflöde

Inbyggt i InfraWorks 360 kan användaren finna funktioner att redigera diverse sammansättningar av komponenter, däribland exempelvis det som i InfraWorks 360 kallas Bridge Deck. Bridge Deck inkluderar slitlager med väglinjer, broräcke och lyktstolpar där användaren kan välja att använda InfraWorks 360:s förinstallerade komponenter eller komponenter som användaren själv tillverkat genom Inventor och/eller Revit, se *Figur 5.2*. För arbetsgång se Bilaga 1.



Figur 5.2 Figuren illustrerar arbetet med framtagningen av en ny Bridge Deck i InfraWorks 360 med broräcken importerade från Revit.

Vidare kan användaren även sammanställa något som kallas Bridge Templates. Funktionen hjälper användaren att på ett effektivare sätt applicera den önskade uppsättningen av komponenter på den modellerade bron. En Bridge Template innehåller val av en bro samtliga delar, däribland brofundament, pelare, landfästen, broöverbyggnad samt den tidigare nämnda Bridge Deck. Genom att skapa en mängd uppsättningar Bridge Decks och Templates, med varierande kombination av komponenter, kan arbetsflödet på så sätt effektiviseras avsevärt. Dessa funktioner är främst användbara i uppdrag som omfattar en mängd olika broar med uppsättningar som liknar varandra. I Sweco Civils fall kan exempelvis en Bridge Template med den mest vanliga uppsättningen av brokomponenter skapas. Detta för att projektören skall behöva justera så få komponenter som möjligt i varje bro och därigenom minimera mängden arbete. Hur arbetsgången för att skapa och applicera Bridge Templates redovisas i Bilaga 1.

5.3 Modellering anpassad efter standardkrav

En funktion som användaren tidigt stöter på under modelleringen av vägar och broar är hur dessa anpassar kurvradier och liknande efter vissa begränsningar. Inbyggt i InfraWorks 360 finns nämligen olika versioner av standardkrav för väg- och broprojektering. Med hjälp av dessa kan användaren ange vilken hastighet som gäller för den väg och/eller bro som modelleras och får hjälp av programvaran att uppfylla kraven för siktlinjer, kurvradier etc. Följande standarder är i dagsläget representerade i InfraWorks 360:

- AASHTO_Imperial_2011(The American Association of State Highway Transportation)
- AASHTO_Metric_2011
- DMRB_Metric (Design Manual for Roads and Bridges)

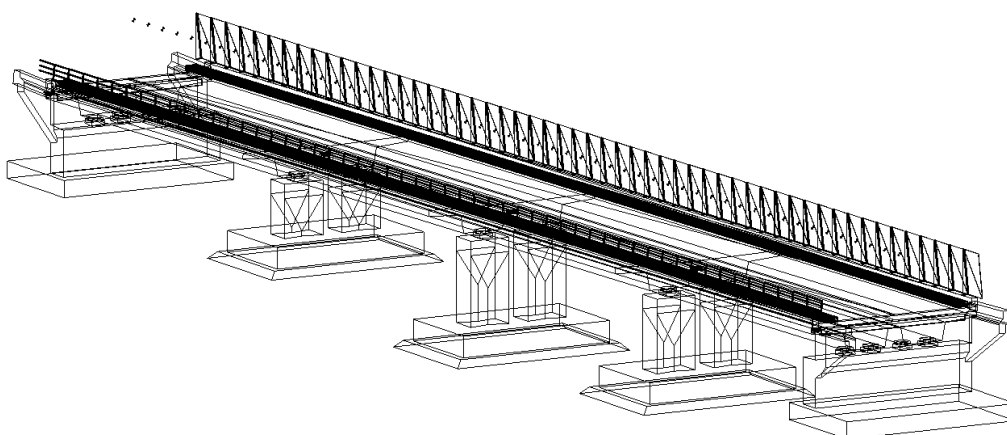
AASHTO är de standardkrav som gäller för anläggningsbranschen i USA (AASHTO, UÅ). DMRB är de som gäller i Storbritannien (Williams Lea Tag, UÅ). Ännu finns inga implementerade standardkrav för den svenska marknaden i InfraWorks 360, som applicerar Eurocode. Genom systemfilerna finns dock möjlighet att genom textredigerare undersöka och även modifiera de redan implementerade standardkraven. Detta innebär att det finns möjlighet för en eller flera svenska aktörer att implementera även Eurocode i InfraWorks 360, om det är något som marknaden skulle önska.

5.4 InfraWorks 360 i samverkan med Revit

InfraWorks 360 genomför vissa antaganden i användarens modelleringsprocess i form av förutbestämda parametrar utefter olika standardkrav. Med hänsyn till detta behövs komplement som ger användaren fullständig kontroll över objekten när projekteringen går vidare till detaljmodellering. Det finns ett par programvaror som fungerar som komplement för detta, två exempel som nämns i detta examensarbete är Revit och Civil 3D.

I viss mån är det alltså möjligt att jobba mellan programmen Revit och InfraWorks 360. För att kunna importera en modell från Revit till InfraWorks 360 måste användaren säkerhetsställa att Revit-modellen har korrekt data för rätt koordinatsystem samt att en lämplig 3D-vy finns tillhands (Macalister S, 2016). De latitud- och longitudvärden som definieras för modellens lokalisering appliceras på Revit-modellen och används för att placera geometrin när modellen importeras till InfraWorks 360.

Vad gäller export från InfraWorks 360 till Revit kan användaren, efter att ha skapat en konceptuell design för en bro, exportera denna bro till Revit genom Send to Revit-funktionen som presenteras i Bilaga 1. På detta sätt kan användaren fortsätta med detaljmodellering samt nyttja Revits analyseringsverktyg (Bagga G, 2017). Importering av Revit-filer tillbaka till InfraWorks 360 kan ske både från den lokala datorn eller via nätverket genom en så kallad molnimport, vilket betyder att Revit inte behöver vara installerat på datorn för att införa ett Revit-objekt till en modell.



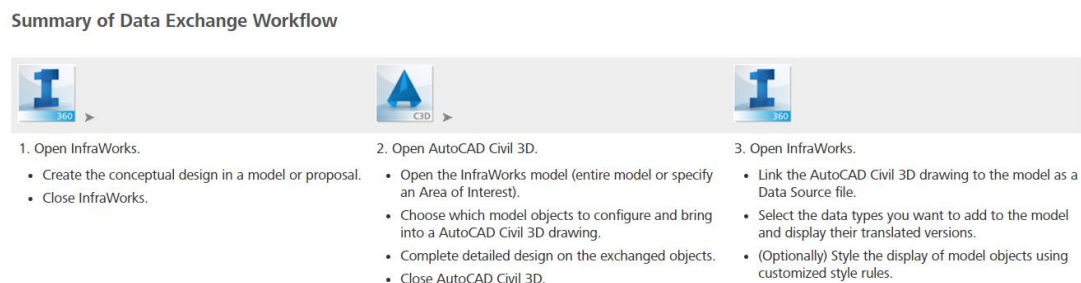
Figur 5.3 Bro importerad från InfraWorks 360 till Revit.

När användaren importerar ett objekt, exempelvis en bro från InfraWorks 360 till Revit, skapas denna bro i Revit som en DirectShape. DirectShape är ett format i Revit som nyttjas för att möjliggöra import från källor där objekten saknar tillräcklig information för att återskapas som faktiska Revit-objekt (Autodesk Inc, 2017c). Genom att exportera denna bro kan användaren gå vidare med detaljmodellering för exempelvis infästningar, armering etc. När detaljmodelleringen sedan är klar kan bron åter exporteras tillbaka till InfraWorks 360 för visuell presentation. Denna export sker genom filformatet .fbx. Arbetsgången för exporten presenteras i Bilaga 1.

I samband med den nya versionen InfraWorks 2018 har vissa begränsningar uppstått med den Revit-modell som exporteras. Brodelarna i den aktuella Revit-modellen uppstår som solider och kan varken bytas ut eller ändras. Detta problem var inte aktuellt i den tidigare versionen av InfraWorks 360 då Revit-modellens komponenter fungerade som vanliga Revit-familjer som kunde utbytas och redigeras efter eget val. Eftersom programvaran ständigt är under utveckling är det fullt möjligt att detta är något som kommer att återställas och ordnas inom den närmsta framtiden.

5.5 InfraWorks 360 i samverkan med AutoCAD Civil 3D

Genom Autodesk's informationskanaler framgår det tydligt att samverkan mellan InfraWorks 360 och Civil 3D är något som Autodesk valt att fokusera mycket resurser på för att utveckla. Följande bild visar en rekommenderad och tydlig arbetsgång:



Figur 5.3 Sammanfattat rekommenderat arbetsflöde mellan InfraWorks 360 och Civil 3D (Autodesk Inc, 2017).

Genom att importera en hel modell eller delar av en modell från InfraWorks 360 till Civil 3D kan användaren utveckla sin modell med mer djupgående detaljering, detta främst gällande vägprojektering (Autodesk Inc, UÅf). Vad gäller broprojektering är användaren mer begränsad. Vid import av en bromodell till Civil 3D genomför programvaran en konvertering av bromodellen som övergår från komponenter till en 3D-modell som utgörs av solider (se Figur 3.2). Detta begränsar användaren något då förändringar i främst vägprofilen för bron inte är möjligt att göra.

För att återföra materialet som användaren nu redigerat i Civil 3D till InfraWorks 360 utförs ingen klassisk import. Istället länkas den DWG-fil som skapats vid exporten till Civil 3D. Detta innebär att DWG-filen kan bearbetas i Civil 3D och istället för att radera tidigare import behöver användaren endast uppdatera länkningen och får därigenom direkt en uppdaterad modell i InfraWorks 360.

Som tidigare nämnt är användaren begränsad vid bromodellering. Detta då InfraWorks 360 vid länkning av DWG-filen gör ett försök att tolka den solid som bron utgör och ersätter denna med mest lämpliga komponenter som finns att tillgå i InfraWorks 360. Detta medför att bron inte nödvändigtvis kommer visualiseras med exakt rätt utseende. Det slutgiltiga utseendet i InfraWorks 360 blir alltså helt beroende av vilka komponenter som finns att tillgå i InfraWorks 360:s bibliotek.

Följande data är möjligt att importera från InfraWorks 360 till Civil 3D (Autodesk Inc, UÅg):

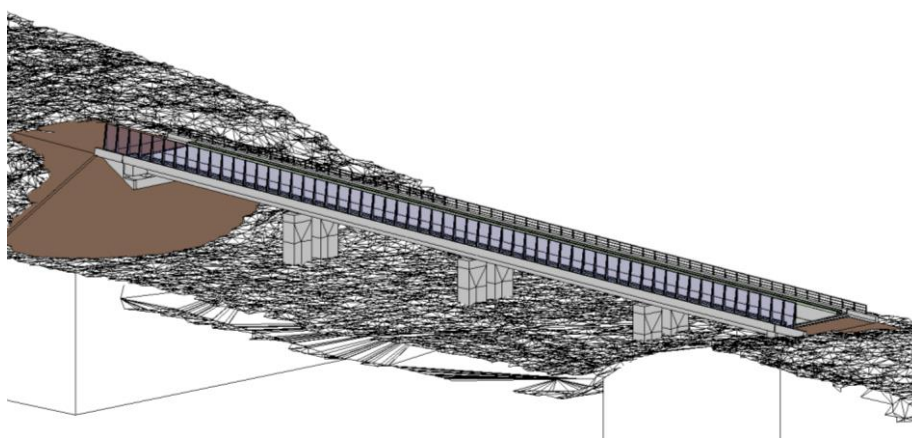
- Terrängytor
- Rörsnät för exempelvis dagvattenhantering
- Vägar från olika InfraWorks-verktyg (Planning roads, Design roads)
- Korsningar
- Modifierad terräng
- Broar

Följande data är möjligt att importera från Civil 3D till InfraWorks 360 (Autodesk Inc, UÅg):

- Terrängytor
- Väglinjer och dess profiler
- Vägbankar och andra typer av terrängytor
- Rör
- Nät för exempelvis dagvattenhantering

6 Resultat

I början av detta examensarbete utfördes en grundlig undersökning om vilka potentiella informationskanaler för upplärning i InfraWorks 360 som fanns att tillgå. Detta för att införskaffa tillräcklig kunskap om programvaran och vidare kunna börja laborera och arbeta i denna. De informationskanaler som lokaliserades var främst Autodesk University, Youtube och hjälpsidan för InfraWorks 360 på Autodesk's hemsida. När problem stöttes på har även Autodesk's forum varit till stor hjälp. Genom att kombinera dessa informationskanaler och en mängd timmars arbete i programvaran så växte en arbetsgång fram. Arbetsgången innefattar modelleringen av den bro som vi med detta examensarbete hade för avsikt att modellera i InfraWorks 360. Vidare jämför vi vår modell med dess ursprungliga bromodell som är framtagen med Revit, se *Figur 6.1*.



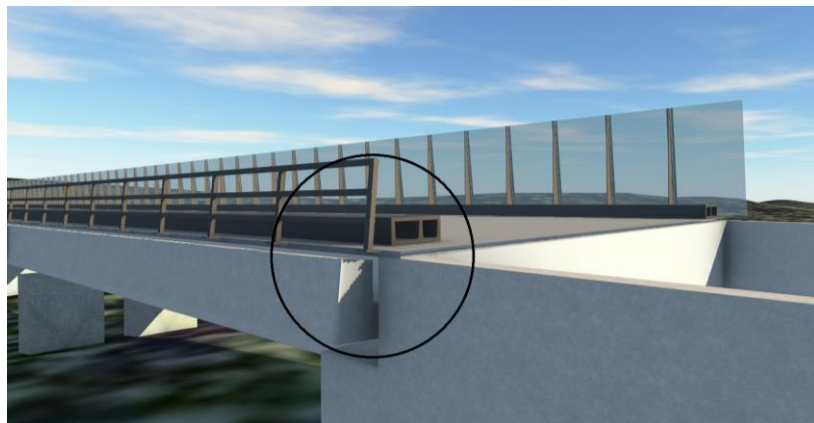
Figur 6.1 I figuren visas den bro som broavdelningen på Sweco Civil i Göteborg modellerat i Revit enligt principer som presenteras i kap 3 Förutsättningar.

För att placera och vidare kopiera den bro vi blivit tilldelade var vår initiala tanke att utnyttja det koordinatsystem som fanns tillämpat på den modellerade bron i Revit. Efter en mängd försök och granskande av instruktionsfilmer har vi konstaterat att InfraWorks 360 har problem med att läsa av Project Base Point från den exporterade .fbx-filen. Detta ledde vidare till att vi med hjälp av ett flertal andra källor istället var tvungna att manuellt placera ut bron och därefter börja modellera vår kopia av denna. Detta har medfört att koordinaterna för vår bro endast stämmer grovt överens med den ursprungliga bron. De källor vi använt oss av för placeringen är dels de terrängmodeller vi hade att tillgå i dwg-format och dels en framtagen högupplöst karta av Trafikverket på Götalandsbanan, som denna bro skulle komma att tillhöra (Trafikverket, 2017b). Se Bilaga 1 för arbetsgång.



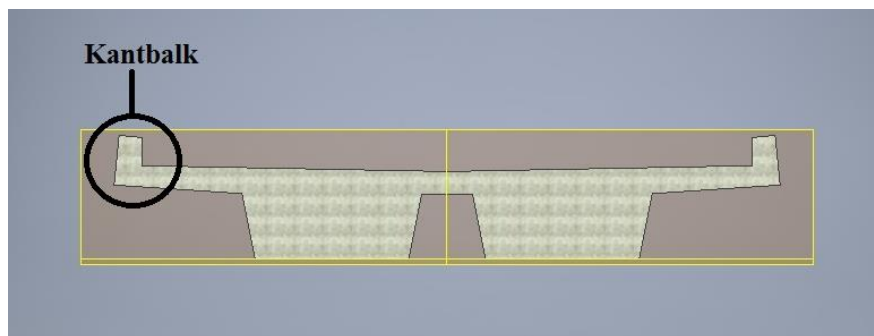
Figur 6.2 Tilldelad Revit-modell exporterat till .fbx-format och vidare importerad samt placerad i InfraWorks 360.

Med utgångspunkt i den Revit-modell som erhöles över bron så är det vidare möjligt att exportera enskilda brokomponenter till filformat som går att öppna i både Inventor och direkt i InfraWorks 360, beroende på vad som vill uppnås med komponenten. Komponenter som inte behöver vara parameterstyrda i InfraWorks 360, i vårt fall våra broräcken och kabelrännor, kan vi exportera till .fbx och vidare importera direkt till InfraWorks 360. Vidare använder vi dessa komponenter för att skapa den Bridge Deck som representerar utseendet på toppskiktet av vår bro. Ett problem som vi upptäckt med denna var att oavsett bredd och form på vår broöverbyggnad, placerar sig vår Bridge Deck på broöverbyggnadens högst belägna punkt, se *Figur 6.3*.

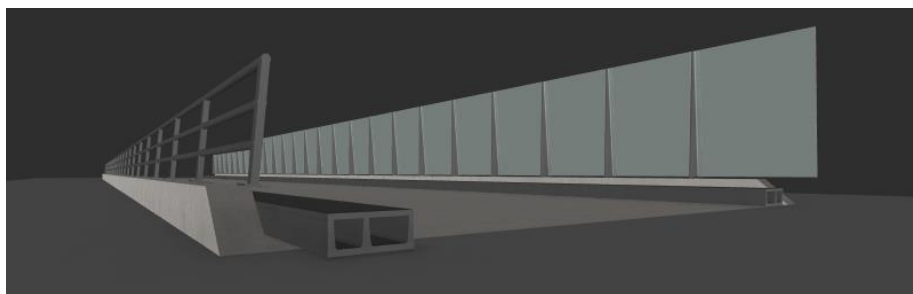


Figur 6.3 Här placerar sig vår Bridge Deck ovanpå våra kantbalkar, vilket också medför att vår broöverbyggnad blir lägre placerad än tilltänkt gentemot det landfäste som används.

Eftersom formen på vår broöverbyggnad innehåller kantbalkar enligt *Figur 6.4*, skulle vi vilja att vårt Bridge Deck placerar sig mellan dessa, direkt på vår broöverbyggnad. Detta problem går varken att justera manuellt eller automatisera. Lösningen blev därför istället att göra en form på vår broöverbyggnad utan kantbalkar och istället bygga dessa i vår Bridge Deck. Resultatet av detta redovisas i *Figur 6.5*.

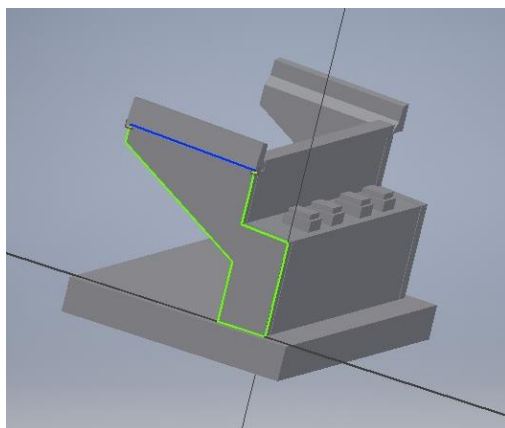


Figur 6.4 Broöverbyggnadens form som används på den bro vi blivit tilldelade.



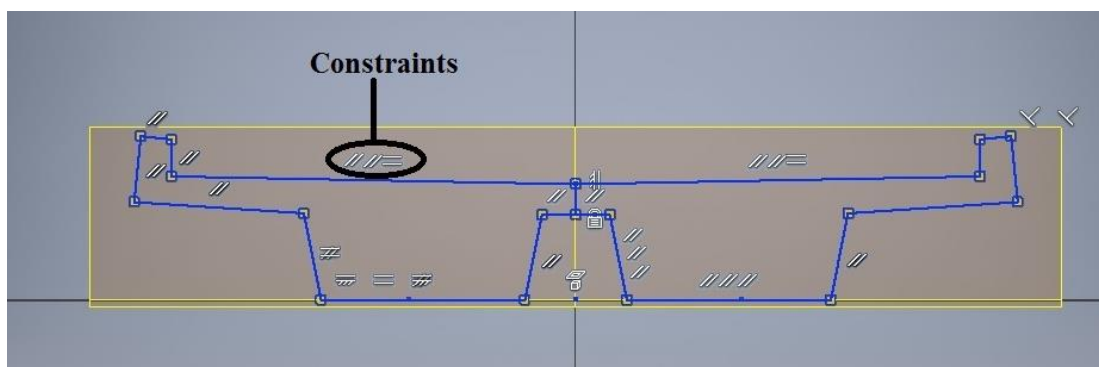
Figur 6.5 I figuren ovan illustreras den slutliga Bridge Deck vi skapat med kantbalkar för modelleringen av vår bro.

För att vidare skapa parameterstyrda komponenter behöver vi nu alltså använda oss av Inventor som mellansteg. I Inventor uppstår den komponent som exporterats som en solid. Av denna anledning har den varken några parametrar kopplade till sig eller går att justera alls. Detta gör att komponenten är oanvändbar om man skulle vilja importera den direkt till InfraWorks 360 eftersom man där vill ha fungerande justerbara komponenter. Istället kan den solida Inventor-komponenten användas som underlag för att efterlikna och skapa en egen fungerande parameterstyrd komponent, se *Figur 6.6*. Även denna arbetsgång går att följa i Bilaga 1.



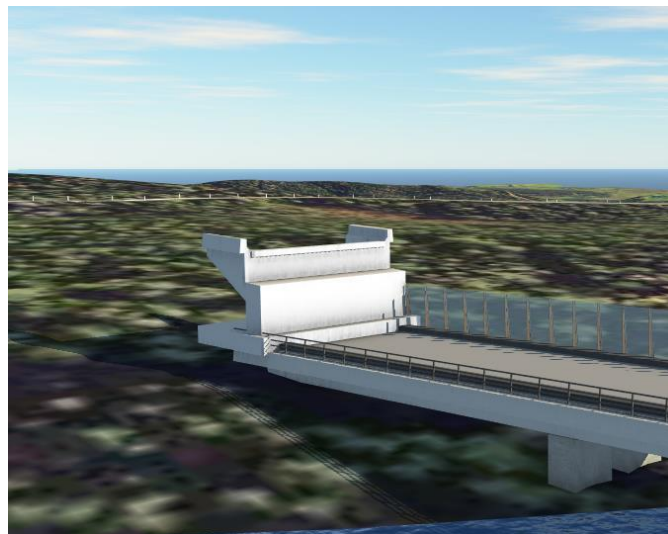
Figur 6.6 I figuren ovan illustreras arbetet med att efterlikna den solid som importerats från en komponent i Revit och nu återskapas som en parameterstyrd komponent till InfraWorks 360 genom Inventor.

Under examensarbetet har det uppstått en del problematik med bland annat arbetet i Inventor. Ett av problemen har exempelvis varit att det tar en del tid att återskapa Revit-komponenterna. Möjligheten finns att utgå från en importerad komponent och skapa 2D-skisser på komponentens ytor och således skapa sina egna parameterstyrda komponenter, se *Figur 6.6*. Detta tar dock längre tid än önskvärt men som tur är, är detta inte ett återkommande problem. När väl en komponent är skapad så kan man återanvända den till andra projekt, detta diskuteras vidare i kapitel 7 Diskussion. Ett annat problem som uppstått är att linjerna som dras i 2D-skisserna i Inventor automatiskt skapar relationer till varandra, så kallade constraints. Hur dessa visualiseras redovisas i *Figur 6.7*. Detta kan framkalla viss problematik i vissa situationer. Om exempelvis en längdparameter justeras i en 2D-ritning så ändras oavsiktliga linjer på diskontinuerliga sätt. Detta på grund av Inventors förutsatta constraints mellan de olika linjerna.



Figur 6.7 I figuren visas den 2D-sketch som skapats i Inventor för att vidare skapa en parameterstyrd broöverbyggnadskomponent i InfraWorks 360.

Ett ytterligare problem som stötts på är på grund av koordinatsystemen och betydelsen av origo placering i brokomponenterna. Det har visat sig vara mycket viktigt att reflektera över denna placering i Inventor-komponenterna. Detta med anledning av att när sedan komponenterna importeras till InfraWorks 360 så tar programvaran hänsyn till origo när programvaran placerar ut och anpassar modellen efter dessa. Om origo är felplacerat kommer komponenterna att hamna fel i InfraWorks-modellen, se *Figur 6.8*. Av allt att döma så krävs det en hel del kunskap inom Inventor för att kunna skapa problemfria parameterstyrda komponenter, något som vi saknat innan och under utförandet av detta examensarbete.



Figur 6.8 I figuren visas konsekvensen av ett landfäste skapad och importerad från Inventor har ett felplacerat origo.

Avslutningsvis så finns det en del problematik som vi upplever som missar av utvecklaren eller buggar i InfraWorks 360. Som vi nämnt tidigare i rapporten så anpassar sig inte bropelare som vi själva skapat med den ovanliggande broöverbyggnaden. Vi har istället varit tvungna att justera detta iterativt tills rätt höjd på dessa uppnåtts, se *Figur 6.9* och *Figur 6.10*.



Figur 6.9 Importerade bropelare som inte anpassar sig till överbyggnaden.



Figur 6.10 Iterativ justering av bropelare tills rätt höjd uppnåtts.

Ett annat problem som vi upptäckt gäller modellens brolager mellan pelare och överbyggnad. Det finns i nuläget ingen möjlighet att kontrollera och justera dessa brolager i InfraWorks 360. Detta försvårar modelleringen om de som i vårt fall hamnar ur placering, se *Figur 6.11*. I InfraWorks 360 genereras brolagrena automatiskt och det är idag inte möjligt att justera detta manuellt. Det hade varit önskvärt om brolagren antingen automatiskt placerade sig ovanpå pelarna eller att användaren själv kunde placera dessa. Istället placerar de sig i centrum av den valda balken enligt *Figur 6.11*. Eftersom vi i vår modell vill ha en helgjuten broöverbyggnad blir detta en konflikt och endast ett brolager placeras ut av InfraWorks 360, och detta i centrum av vår broöverbyggnad.



Figur 6.11 Brolager som hamnat i centrum av vår helgjutna betongöverbyggnad.



Figur 6.12 Ursprungliga bron som var modellerad i Revit och i figuren importerad och placerad i InfraWorks 360.



Figur 6.13 Slutligt resultat på den bro vi skapat en kopia av genom att tillämpa de metoder som presenterats i denna rapport.

Vad gäller effektivitet i modelleringen har vi mätt några ledtider i arbetet med återskapandet av vår bro i InfraWorks 360. Förutsatt att de komponenter vi haft tillgång till från vår modell i Revit och att placeringen av bron är känd har vi fått fram följande arbetstider:

Åtgärd	h
För att återskapa och importera brofundament, bropelare, broöverbyggnad samt landfästen som parameterstyrda komponenter till InfraWorks 360 genom Inventor. Detta utefter får grundläggande kunskaper av Inventor.	4
För att skapa passande Bridge deck med tillhörande räcken och väguppdelning	2
För att finna placering och importera den redan modellerade bron till InfraWorks 360	0,5
För att slutligen rita en kopia av Revit-modellen med våra brokomponenter skapade i InfraWorks 360	0,25
Totalt	6,75

Dessa ledtider är att jämföra med den tid det tar att modellera den Revit-modell vi blivit tilldelade som för en van projektör tar runt 16 timmar att arbeta fram. Detta inklusive allt arbete med omkringliggande miljö som exempelvis slänter och förutsatt att rätt underlag är framtaget och dimensioner valda samt att redan definierade komponent/familjer finns tillgängliga i Revit.

7 Diskussion

Efter att vi under några veckors tid har suttit och jobbat i InfraWorks 360 kan vi sammanfatta det som att vi har hittat tydliga för- och nackdelar med programvaran. Det framkom väldigt tidigt för oss att InfraWorks 360 är ett program bäst lämpat att nyttja för skissering, vilket innebär att om det skall användas så bör det användas i tidigt stadie i ett projekt. När det redan finns material framarbetat blir InfraWorks 360 överflödigt i vår mening.

Att fokus för utvecklarna av InfraWorks 360 varit att skapa ett verktyg som erbjuder ett smidigt arbetsflöde och en kraftfull visualisering går inte användaren obemärkt förbi. Det går snabbt att rita en bro och visualiseringen, som visas i en mängd figurer i rapporten, gör det enkelt för de allra flesta att förstå sig på en modellerad lösning. Att fler parter uppfattar en lösning lättare kan bidra till att snabbare lokalisera brister i modellen och åtgärda detta innan byggstart. En klar fördel som vi tror skulle kunna bidra med en positiv effekt i en mängd projekt. En annan fördel kring detta är den mobilitet InfraWorks 360 erbjuder där en projektör tillsammans med en beställare kan sitta och redigera samt redovisa flera lösningar utifrån samma modell. Även detta tror vi skulle kunna bidra till en effektivare kommunikation mellan utförare och beställare.

Som InfraWorks 360 är utformat idag tror vi att en verksamhet som Sweco skulle kunna dra nytta av programvaran främst genom att nyttja visualiseringstekniken. Det vi ställer oss tveksamma till för att använda programvaran i större utsträckning är framförallt avsaknaden av implementerade standardkrav enligt Eurocode. Avsaknaden av Eurocode medför att en mängd funktioner i InfraWorks 360 inte går att nyttja överhuvudtaget, som exempelvis kontrollen för siktkurvor och liknande. Detta i kombination med det svaga utbudet av komponenter och vägutformningar, gör att vi inte riktigt tycker det skulle vara försvarbart att jobba mer med InfraWorks 360 än i skisseringsskedet av ett projekt.

Vidare har vi då alltså jobbat en del med att försöka bygga egna komponenter genom Inventor. Resultatet av detta blev i vår mening relativt bra men vi anser att arbetsflödet kan både förenklas och förbättras. Det största problemet var just arbetet med automatiskt parameterstyrda komponenter som vi inte helt lyckats greppa, däribland framförallt höjden på våra bropelare. Genom Autodesk's forum fick vi tips om att nyttja befintliga komponenter och se hur de var byggda i Inventor, men det var för oss en djungel att reda ut hur vi bygger våra pelare på samma sätt. Förmodligen krävs djupare kunskaper i Inventor för att kunna modellera mer korrekta och anpassningsbara komponenter, vilket i vår mening förstås är en stor nackdel. Här tycker vi nämligen att hela konceptet med användarvänligheten i InfraWorks 360 faller något. Däremot är framtagningen av parameterstyrda komponenter ett engångsproblem, betydande att när man väl producerat sina komponenter så kan de användas obegränsat antal gånger. På det avseendet kan det i vår mening vara en lönsam investering att lägga tid på att skapa ett bibliotek med fungerande komponenter för framtida bruk.

I det stora hela går det dock inte att förneka att InfraWorks 360 är ett välutformat modelleringsverktyg. Det krävs inte många timmars arbete för att börja känna sig riktigt bekväm med programmet. Dessutom blir resultatet väldigt snyggt. Det vi också kunnat konstatera med de förändringar genom uppdateringar som släppts under examensarbetets gång är att Autodesk är på rätt väg med programvaran. Några av de uppdateringar svarade på en del frågeställningar och problem som dykt upp under examensarbetets gång. Exempel på detta är implementeringen av Project Kameleons funktioner i Inventor och InfraWorks 360. Denna implementering underlättade importen av egna brokomponenter men ännu inte tillräckligt. Det finns som tidigare nämnt fortfarande en del att åtgärda, men de är åtminstone på väg åt rätt håll och utvecklingen går snabbt vad vi kan se.

Något som vi upptäckte efter en tids arbete var hur effektivt det var att använda Autodesk's egna forum när vi stötte på problem. Vanligen svarade någon utvecklare inom ett dygn vilket medförde att vi kunde hålla högre takt i arbetet med InfraWorks 360. Denna lärdom rekommenderar vi samtliga som i framtiden kommer utföra ett liknande examensarbete. Att utnyttja Autodesk's forum redan från start då det för oss medförde en effektivisering i examensarbetet och därigenom en högre kvalitet.

Till sist har vi reflekterat en del över hur InfraWorks 360 ställer sig mot övriga BIM-verktyg som vi belyst i denna rapport. I jämförelsen har InfraWorks 360 en klar fördel i den visualiseringsteknik som används. Vad gäller arbetsflödet är InfraWorks 360 även där överlägset enklast att jobba med, men detta kommer dock till ett pris av försämrade möjligheter för detaljmodellering. Utifrån vår upplevelse och uppfattning är Novapoint relativt utdaterad. Novapoint kräver att användaren nyttjar stödprogram som exempelvis AutoCAD vilket medför att arbetsflödet kan upplevas som omständligt. Med InfraWorks 360 finns snarare en möjlighet till att nyttja kompletterande programvaror men det är inte tvunget, vilket medför ett klart smidigare arbetsflöde.

Vad gäller Tekla så har denna programvara sina klara fördelar i stålkonstruktioner och kommer med relativt kraftfulla analyseringsverktyg som InfraWorks 360 helt saknar. Tekla är tydligt utvecklat för främst stålkonstruktionsanalys och vi anser att det kan bedömas som ett fristående komplement till InfraWorks 360. På detta sätt konkurrerar dessa programvaror inte med varandra eftersom de uppfyller helt olika funktioner.

Vad gäller flödet mellan InfraWorks 360 och Civil 3D finns en mängd arbetsmetoder att använda sig av för att visualisera framtaget material från Civil 3D i InfraWorks 360. Detta precis som vi nyttjat bergmodellen vi blev tilldelade från Sweco för att placera ut vår bro. Men funktioner kring att nyttja material som väglinjen vi haft tillgång till för att modellera vår nya bro har vi inte kunnat finna några vilket vi ser som en stor nackdel i detta arbetsflöde. Hade vi kunnat modellera vår nya bro med hjälp av denna väglinje hade vi kunnat uppnå mer exakta koordinater och modellen hade blivit betydligt mer värdefull att jobba vidare med. Istället blev dessvärre modellen lidande av detta och avslutades med endast ett snarlikt resultat i jämförelse med vår Revit-modell.

8 Slutsats

Försöket att återskapa den bro som tidigare modellerats i Revit lyckades delvis. Visuellt blev modellen i InfraWorks 360 ett bra komplement. Vi anser dock att modellen ännu inte är tillräckligt väl fungerande för att arbeta vidare med i detaljprojektering. De områden vi anser att modelleringen brister i är följande:

- De parameterstyrda brokomponenterna som behöver modelleras i Inventor kräver djupare kunskap i programvaran för att få önskvärda egenskaper. Detta medför att en del inpassningar måste utföras manuellt av användaren i InfraWorks 360 vilket ger en mindre exakt modell.
- InfraWorks 360 placerar i dagsläget ut brolager automatiskt och detta är ännu ej möjligt att justera. En möjlig förbättring i programvaran vore att låta användaren styra denna placering själv.
- Funktionen för att skapa egna Bridge Decks fungerar väl men skulle kunna göras mer flexibel, för att exempelvis styra placering av denna gentemot broöverbyggnaden.
- Revits Project Base Point är ännu inte fullt kompatibel med InfraWorks 360. Varför vårt problem med detta uppstår bör undersökas närmare av utvecklaren Autodesk.
- Vi har under detta examensarbete ej funnit något sätt att i InfraWorks 360 nyttja den väglinje vi hade tillgång till från vår Revit-modell. Att möjliggöra detta hade medfört en mer detaljerad modell i InfraWorks 360 med mer exakta koordinater.

Visualiseringen som kan uppnås genom InfraWorks 360 är en klar fördel med programvaran. Med hänsyn till hur användarvänlig den också är rekommenderar vi aktörer på marknaden att i alla fall överväga en ökad användning av InfraWorks 360. Med påtryckningar från fler aktörer kan Eurocode snabbare bli aktuellt att implementera och därigenom kan förhoppningsvis även utbudet av tillgängliga komponenter utökas.

Vi tror att InfraWorks 360 kan bidra med en tydligare kommunikation mellan olika aktörer och beställare med sin effektiva arbetsmetodik och kraftfulla visualisering. Om även tidigare nämnda punkter åtgärdas kan arbetet mellan programvarorna InfraWorks 360, Revit och Civil 3D förbättras avsevärt. Mycket finns att åtgärda, men vad vi kunnat se under detta examensarbets utförande är att fler förbättringar är på gång och att utvecklingen med InfraWorks 360 är på väg åt rätt håll. Arbetsmetodiken vi i dagsläget slutligen skulle rekommendera Sweco är att i största utsträckning fortsätta arbeta enligt metodiken beskriven i kapitel 3 Förutsättningar. Möjligen kan InfraWorks 360 fylla en funktion i skeden där förändring i projektet fortfarande sker kontinuerligt i samband med dialog med exempelvis beställare. Fortsätter dock utvecklingen av InfraWorks 360 i den takt den gör idag ser vi dock att en implementering skulle vara effektiv och lönsam. Detta kräver dock att Eurocode implementeras och informationsutbytet mellan InfraWorks 360 och Revit förbättras något. Sker detta, anser vi att InfraWorks 360 har potential till att användas som ensamstående program för skissering för att vidare detaljmodellera i Revit för slutgiltigt design.

9 Vidare studier

Under examensarbetets gång har vi jobbat efter bestämda avgränsningar som gjordes i tidigt stadie. Samtidigt har det dykt upp fler frågeformuleringar som vi skulle rekommendera att titta närmare på enligt följande:

- Parameterstyrda komponenter till InfraWorks 360 skapas alltså med hjälp av Inventor och det visade sig vara relativt komplext att få fullt fungerande sådana. Därför anser vi att det vore lämpligt att undersöka närmare hur dessa kan byggas, förslagsvis av någon med djupare kunskaper inom Inventor.
- I nuläget är InfraWorks 360 anpassat för att modellera vägar och broar för i synnerhet biltrafik. Möjligheten att modellera järnvägsbroar verkar ännu begränsad men kan vara värt att undersöka mer kring i takt med Autodesk's utveckling av programvaran.
- Koordinatsystemen mellan InfraWorks 360 och Revit är just nu inte optimerat och kan också vara värt att undersöka mer kring hur detta skulle kunna lösas.
- Avsaknaden av implementerade standardkrav som exempelvis Eurocode är konstaterat och vi anser att det definitivt bör undersökas närmare hur denna implementering skulle kunna genomföras.
- För att vidare undersöka möjligheterna att nyttja InfraWorks 360 tillsammans med Revit anser vi att det är lämpligt att närmare undersöka hur en projekterad bro från InfraWorks 360 kan detaljmodelleras med hjälp av Revit.
- InfraWorks 360 är en relativt ny programvara och utvecklingen sker därför fortfarande i en snabb takt. Med hänsyn till detta anser vi att en liknande undersökning som detta examensarbete skulle vara lämpligt att utföra igen om 1-2 år igen. Då med kanske ännu större fokus på hur just Revit kan samverka med InfraWorks 360.

10 Referenser

Webbkällor:

AASHTO (UÅ) AASHTO Overview. *AASHTO*.

<http://www.transportation.org/home/organization/> (2017-05-30)

Autodesk Inc. (2017a) Make great products with professional grade engineering tools. *Autodesk Inventor 2018*.

<http://www.imaginit.com/portals/4/documents/2inventor-2018-brochure-en.pdf> (2017-04-20)

Autodesk Inc. (2017b) About Parametric Modeling Relationships. *Autodesk Knowledge Network*.

<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-htm.html> (2017-05-30)

Autodesk Inc. (2017c) DirectShape. *Autodesk Knowledge Network*.

<https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Revit-API/files/GUID-DF7B9D4A-5A8A-4E39-8721-B7782CBD7730-htm.html#mtc-english> (2017-05-29)

Autodesk Inc. (2015) Rendering av en bild. *Autodesk Knowledge Network*.

<https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/downloads/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/Revit-DocumentPresent/files/GUID-AC50D6C6-56E2-40BF-96BF-EC1E31E0020B-htm.html#mtc-swedish> (2017-05-29)

Autodesk Inc. (UÅa) Infracad. *Autodesk*.

<http://www.autodesk.com/products/infracad/overview> (2017-04-20)

Autodesk Inc. (UÅb) Civil 3D Civil 3D. *Autodesk*.

<https://www.autodesk.se/products/autocad-civil-3d/overview> (2017-04-20)

Autodesk Inc. (UÅc) Revit. *Autodesk*.

<http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview> (2017-04-20)

Autodesk Inc. (UÅd) Inventor. *Autodesk*.

<http://www.autodesk.se/products/inventor/overview> (2017-04-20)

Autodesk Inc. (UÅe) About Parametric Bridge Components. *Autodesk Infracad*.

<http://help.autodesk.com/view/INFMDR/ENU/?guid=GUID-958B3BD8-2C26-4DA7-B578-9CE63FBEAC62> (2017-05-29)

Autodesk Inc. (UÅf) About Exchanging Data with AutoCAD Civil 3D. *Autodesk Infracad*.

<http://help.autodesk.com/view/INFMDR/ENU/?guid=GUID-03CD8D13-2192-4561-B5C1-18D7069F3DBF> (2017-05-30)

Autodesk Inc. (UÅg) About Exchanging Data Between AutoCAD Civil 3D and Autodesk InfraWorks 360. *Autodesk AutoCAD Civil 3D 2016*.
<http://help.autodesk.com/view/CIV3D/2016/ENU/?guid=GUID-854F25B0-845A-44B2-91DD-8A45829C08E4> (2017-05-04)

Bagga, G. (2017) Export a Bridge Model from InfraWorks 360 with One Click. *Autodesk Knowledge Network*.
<https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/simplecontent/content/export-bridge-model-infracworks-360-to-revit-one-click.html> (2017-05-29)

del Rosario, B. (2017) InfraWorks and Civil 3D Civil 3D 2018: They're Here! *BIM on the rocks*.
<http://bimontherocks.com/new-infracworks-and-Civil-3D-civil-3d/> (2017-04-20)

Lewis, S. (2014) The AIM of BIM. *NBS*.
<https://www.thenbs.com/knowledge/the-aim-of-bim> (2017-04-25)

Miyamoto, M. (2013) New in 2014: Introduction to Autodesk InfraWorks 2014. *Ideate*.
<https://www.ideateinc.com/blog/2013/06/new-in-2014-introduction-to-autodesk> (2017-05-30)

Nilsson, G. (2014) Gemensamma kravnivåer på BIM hos statliga aktörer. *BIM Alliance Sweden*.
http://www.bimalliance.se/library/2607/gemensamma_kravnivaer_pa_bim_hos_statliga_aktorer.pdf (2017-04-20)

Rosenfeld, E. (2016) Customize your bridge and drainage component parts with Project Kameleon for InfraWorks 360. *BIMagination*.
<http://autodesk.typepad.com/bimagination/2016/05/infracworks-360-and-parametric-components.html> (2017-04-20)

Runfors, P. (2016) Ur samhällsbyggaren: På väg med BIM. *Samhällsbyggarna*.
<http://www.samhallsbyggarna.org/nyheter/2016/03/ur-samhaellsbyggaren-paa-vaeg-med-bim/> (2017-04-20)

Rådström, J. (2017) Ska ta BIM-processen vidare. *Byggvärlden*.
<http://www.byggvarlden.se/ska-ta-bim-processen-vidare-111129/nyhet.html> (2017-05-29)

Sweco (UÅ) Om oss. *Sweco*.
<https://www.sweco.se/om-oss/> (2017-05-31)

Thydell, M. (2017) *BIM – Digitalisering av byggnadsinformation*. [Elektronisk] Stockholm: Sveriges Kommuner och Landsting. (FoU-fonden för fastighetsfrågor)
<http://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7585-513-4.pdf> (2017-05-30)

Trafikverket (2017a): Informationsmodellering BIM. *Trafikverket*.
<http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/ny-teknik-i-transportsystemet/informationsmodellering-bim/> (2017-04-20)

- Trafikverket (2017b): Delen Mölnlycke-Bollebygd. *Trafikverket*.
<http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/projekt-i-vastra-gotalands-lan/GoteborgBoras/delen-myk-boy/> (2017-05-30)
- Trimble Inc. (2017a) *Novapoint*.
<http://www.novapoint.se/produkter/novapoint> (2017-04-20)
- Trimble Solutions (2013a) Modelling Infrastructure. *Novapoint & Quadri Resource Center*.
http://resourcecenter.novapoint.com/doku.php?id=en:np:base:introduction_to_base:modeling_infrastructure:start (2017-05-29)
- Trimble Solutions (2015) Novapoint Base. *Novapoint & Quadri Resource Center*.
<http://resourcecenter.novapoint.com/doku.php?id=en:np:base:start> (2017-05-29)
- Trimble Solutions (2013b) Civil 3D Tools. *Novapoint & Quadri Resource Center*.
<http://resourcecenter.novapoint.com/doku.php?id=en:np:base:menu:civil3dtools:start> (2017-05-30)
- Trimble Solutions (UÅa) Products. *Tekla*.
<https://www.tekla.com/products> (2017-05-31)
- Trimble Solutions (UÅb) Tekla Structures BIM-Programvara. *Tekla*.
<https://www.tekla.com/se/produkter/tekla-structures> (2017-05-29)
- Trimble Solutions (UÅc) Tekla Civil. *Tekla*.
<https://www.tekla.com/products/tekla-civil> (2017-05-29)
- TT Nyhetsbyrå (2013) Sweco köper statliga Vectura. *Svenska Dagbladet*.
<https://www.svd.se/sweco-koper-statliga-vectura> (2017-04-27)
- Williams Lea Tag (UÅ) Eurocodes: Highways Agency Eurocodes Strategy. *WilliamsLeaTag*.
http://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/tech_info/eurocodes/ha_strategy.htm (2017-05-30)

Bildkällor:

BIM trappan [Elektronisk bild]. Tillgänglig på:
<http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/ny-teknik-i-transportsystemet/informationsmodellering-bim/bim-trappan/> [Hämtad 2017-04-21]

Summary of Data Exchange Workflow [Elektronisk bild]. Tillgänglig på:
<http://help.autodesk.com/view/INFMDR/ENU/?guid=GUID-03CD8D13-2192-4561-B5C1-18D7069F3DBF> [Hämtad 2017-05-04]

Filmkällor:

Chappell, E. (2014) CV5777-P: Bridge Design for InfraWorks 360. [Autodesk University] <http://au.autodesk.com/au-online/classes-on-demand/class-catalog/classes/year-2014/infracworks/cv5777-p#chapter=1> (2017-04-20).

Espinoza, A. (2016) TR20789: 360 of InfraWorks 360. [Autodesk University] <http://au.autodesk.com/au-online/classes-on-demand/class-catalog/2016/infracworks-360/tr20789#chapter=0> (2017-04-05)

Macalister, S. (2016) Revit to InfraWorks 360 Workflows. [YouTube] <https://www.youtube.com/watch?v=DcR-H6OxG8s&t=870s> (2017-05-3)

Macalister, S. (2015) ANZ15-BU04: InfraWorks360 for Architects. [Autodesk University] <http://au.autodesk.com/au-online/classes-on-demand/class-catalog/2015/infracworks/anz15-bu04#chapter=0> (2017-04-20)

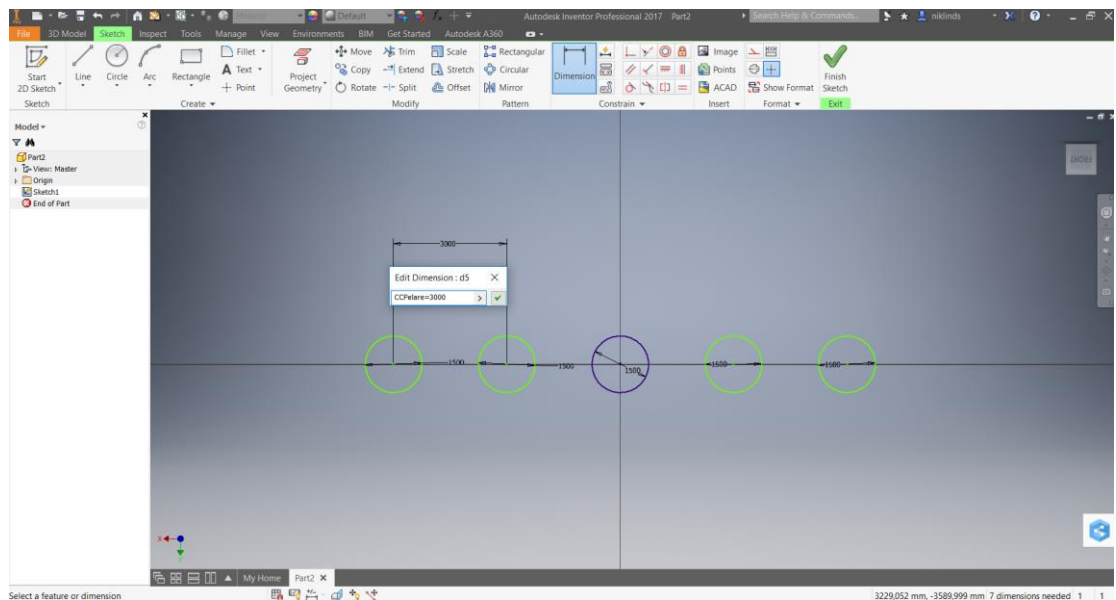
BILAGA 1

Handledning till Autodesk InfraWorks 360 2018

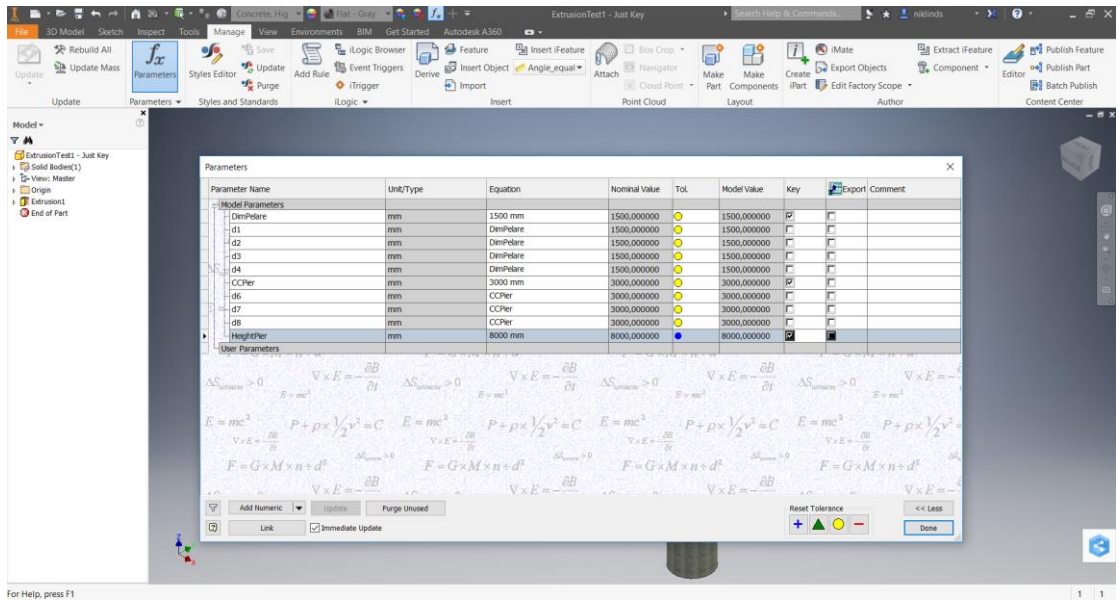
1. Parametriska modeller

Arbetsgången för att ta fram och föra in parametriska komponenter till InfraWorks 360 beskrivs enligt följande:

- Skapa lämpliga volymer som representerar en brokomponent såsom pelare, balkar, fundament eller landfästen genom Autodesk Inventor Pro eller LT. Under Manage-fliken och därigenom "Parameters" markeras de dimensioner som ska kunna justeras i InfraWorks 360. Genom att markera "Key" vid funktionslistan för parametrarna kan de valda parametrarna senare visas och modifieras i InfraWorks 360 som nyckeldimensioner.

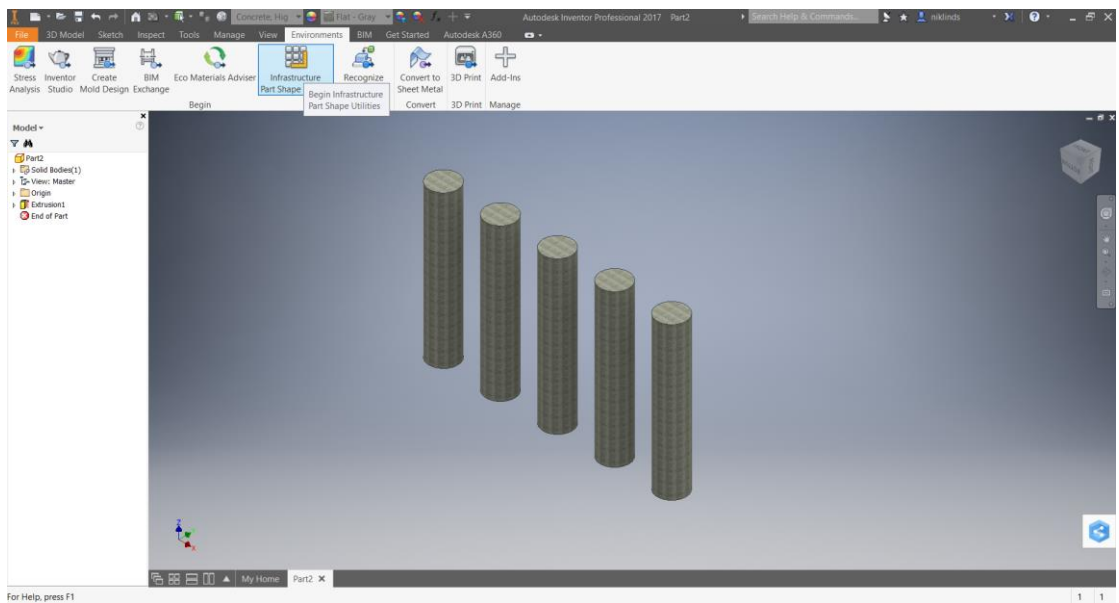


Figur 1.1 Skapande av cirklar med gemensamt CC-mått som CCPelare.

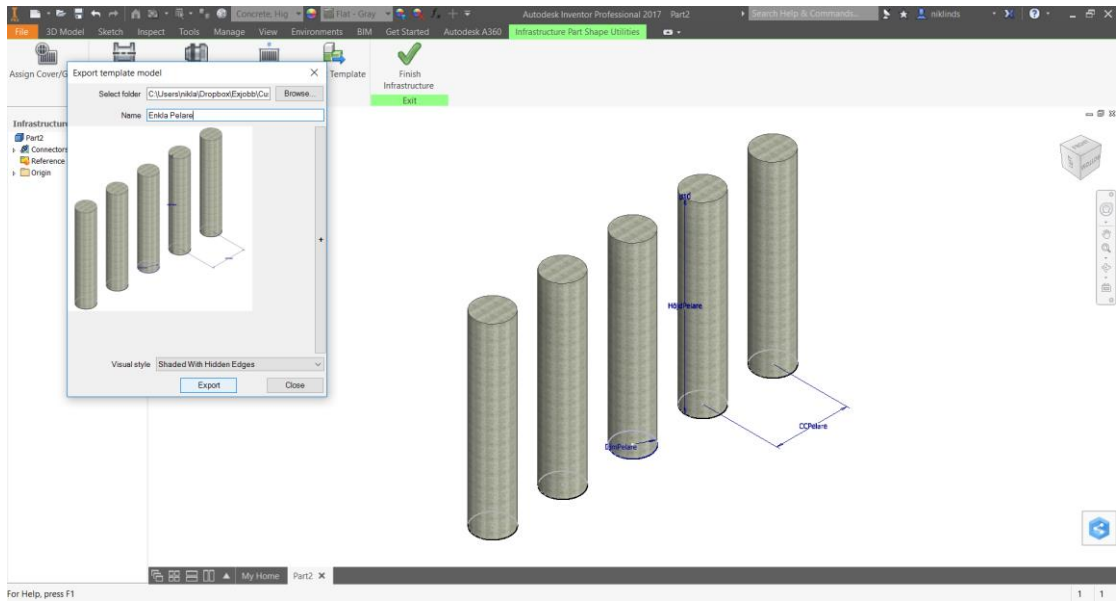


Figur 1.2 Gemensamma mått som bygger på varandra medför ett minimerat antal nyckeldimensioner som behöver exporteras.

- Exportera den parametriska komponenten genom plug-in funktionen Infrastructure Part Shape Utilities för Autodesk Inventor Pro eller LT till .IPT, vilket är ett parametriskt modellformat.

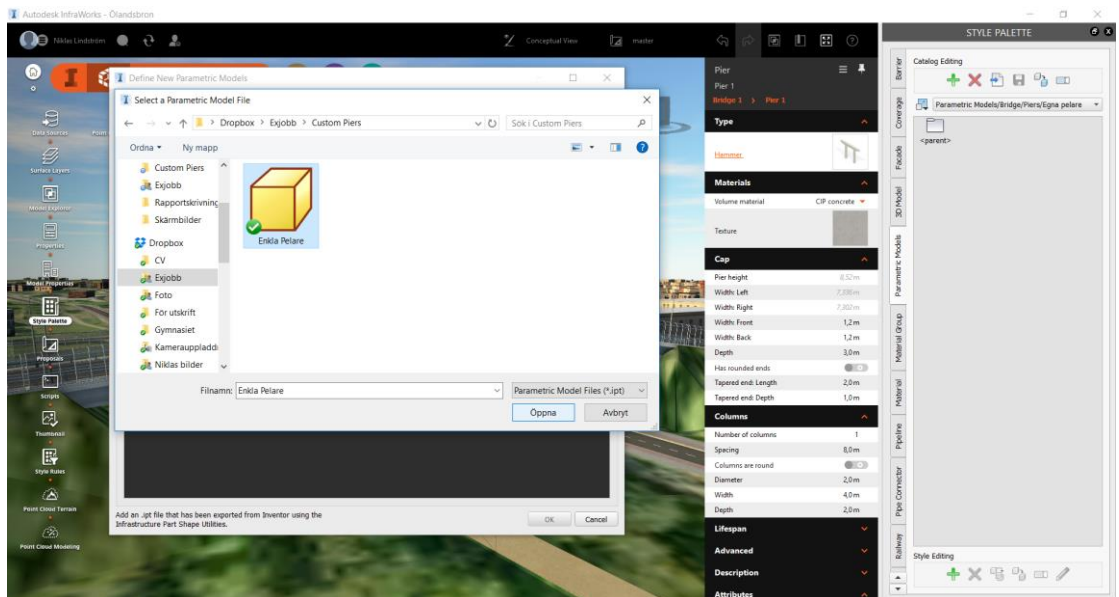


Figur 1.3 Färdiga pelare redo att exporteras till en .IPT-fil genom Infrastructure Part Shape Utility.



Figur 1.4 Genomförande av export i Infrastructure Part Shape Utility, ett nytt tillägg i Inventor 2017.

- Öppna Style Palette i InfraWorks 360 och importera den parametriska komponenten i fliken som heter “Parametric Models”.



Figur 1.5 Import av .IPT-fil till Style Palette i InfraWorks360.

- Justera detaljer, delformat och användargränssnitt efter önskemål.

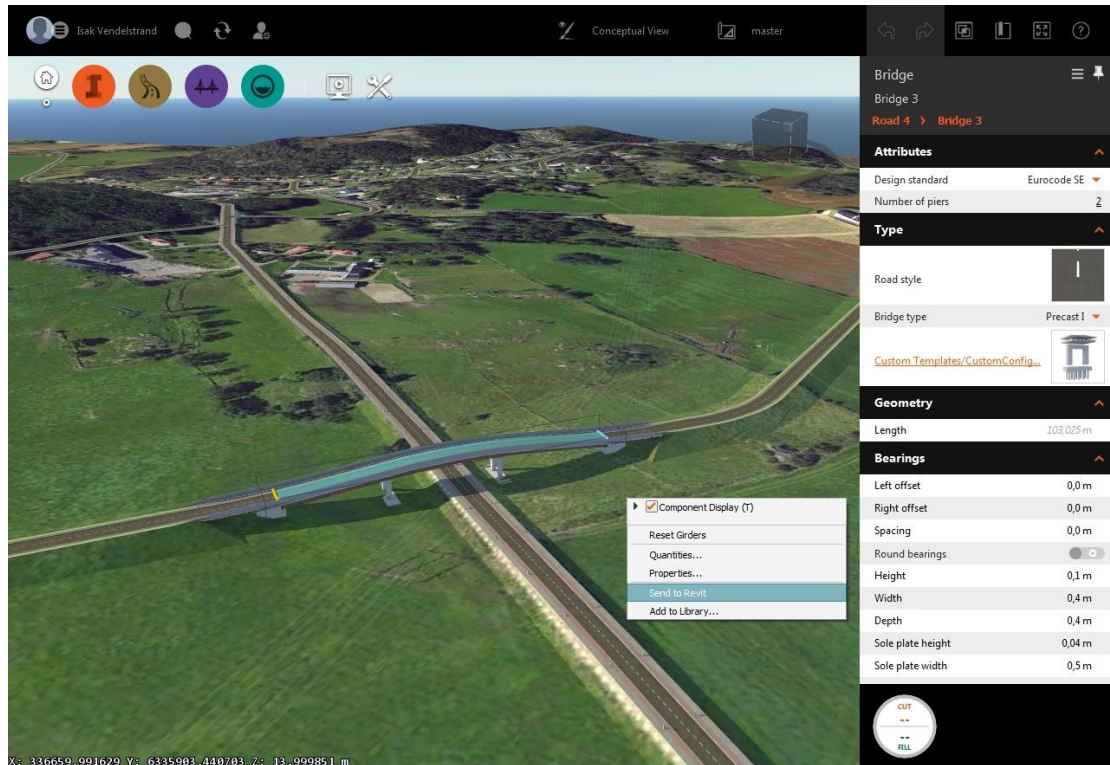


Figur 1.6 *Importerade pelare kan nu väljas som Type och justeras enligt exporterade nyckeldimensioner i listan till höger.*

2. InfraWorks 360 i samverkan med Revit

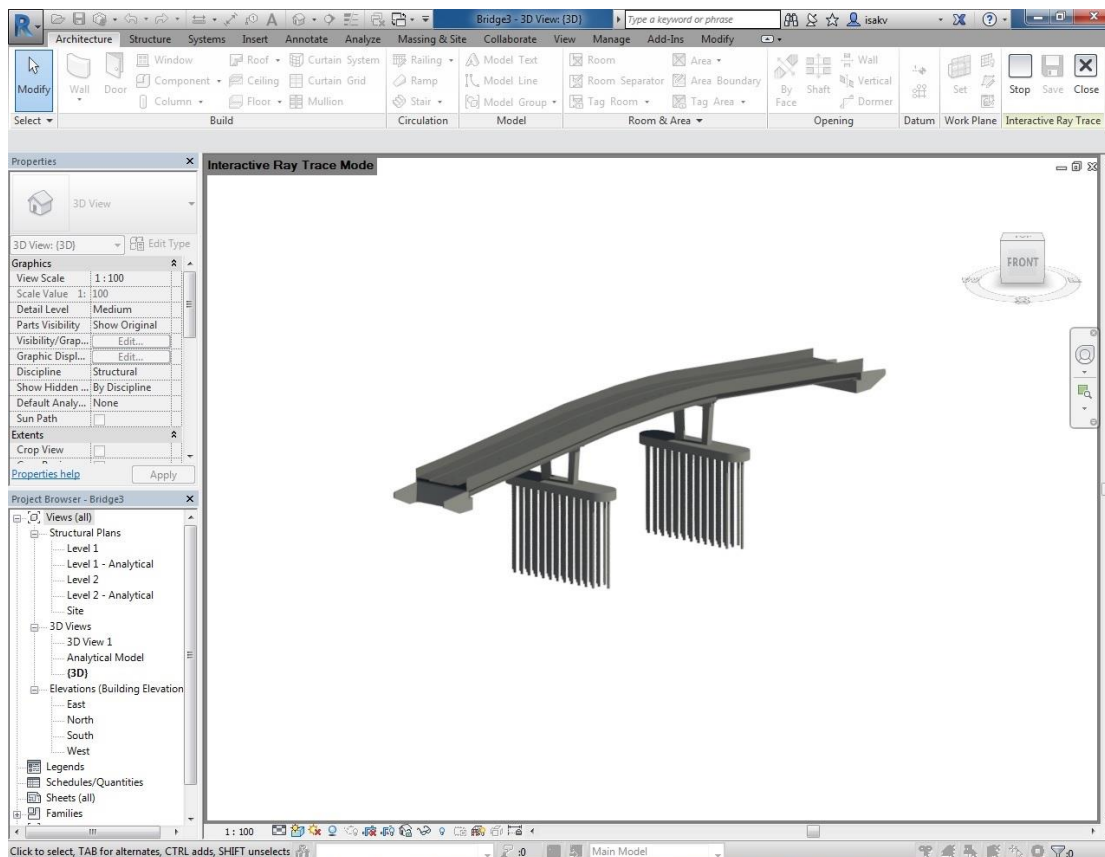
Med hjälp av "Send to Revit"-funktionen kan användaren automatiskt skapa en Revit-modell för exempelvis en bro. Tänk på att funktionen kräver en version av Autodesk Revit 2016 eller senare. Arbetsgången presenteras nedan:

- Markera och högerklicka på bron, klicka på Send to Revit. InfraWorks 360 kommer att skicka bron till Revit som individuella Direct Shape-format.



Figur 2.1 Send to Revit-funktionen

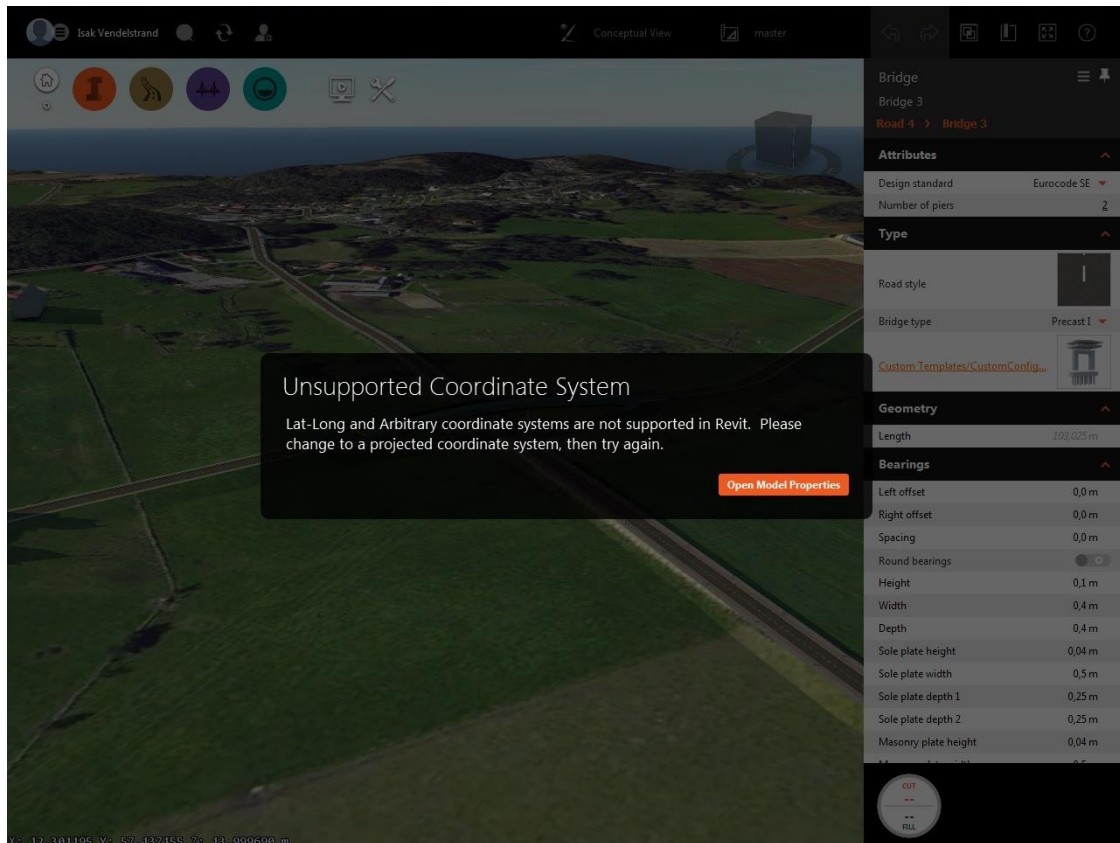
- Bron från InfraWorks 360 öppnas i Revit. Tiden för processen varierar beroende på komplexiteten av bron.




Figur 2.2 Exporterad bro från InfraWorks 360

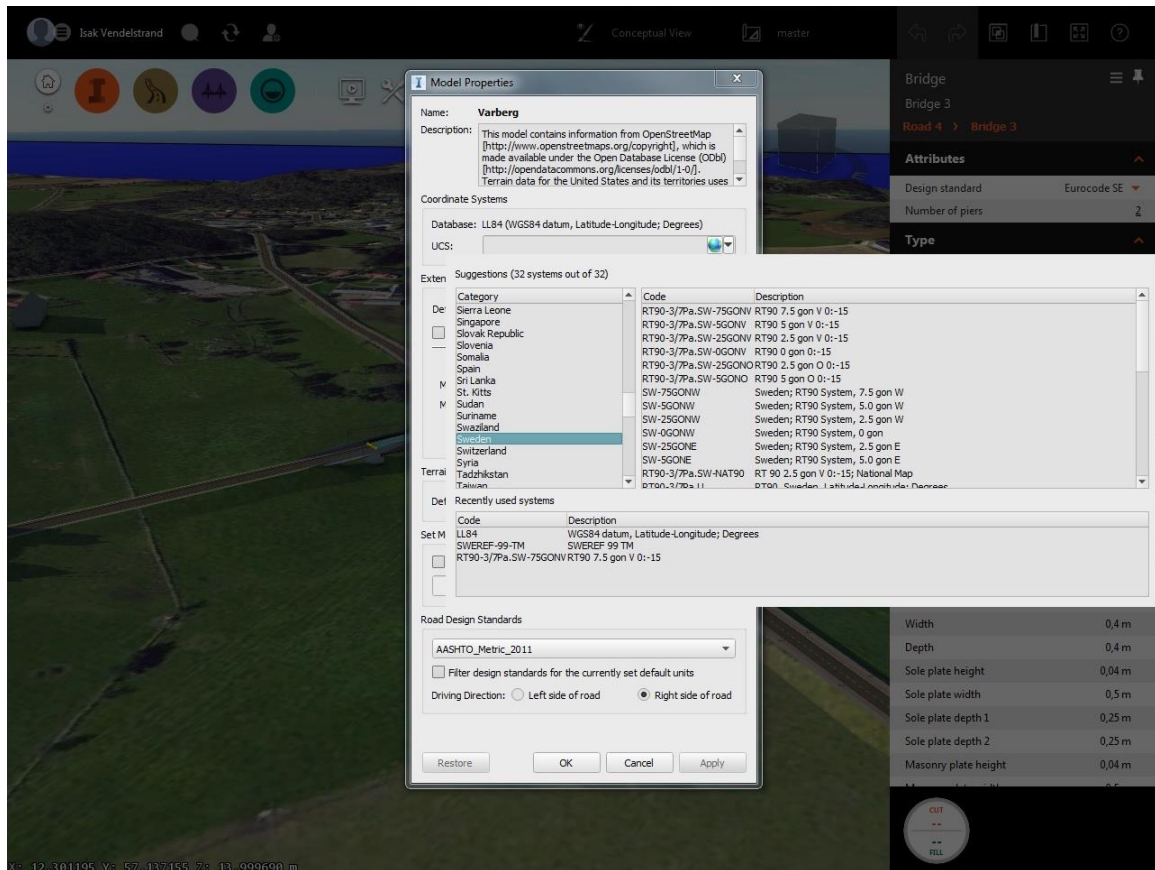
Autodesk Revit stödjer armeringsdetaljer för komplexa objekt genom Direct Shape-format. Om InfraWorks-modellen använder ett godtyckligt geografiskt koordinatsystem från en databas som exempelvis LL84 kan användaren bli uppmanad att ändra UCS till en mer anpassad version. Förslagsvis ändras det till ett svenskt koordinatsystem som SWEREF 99 eller RT90 för att kunna skicka över bron till Revit. Detta kan utföras genom följande arbetsgång:

- När felmeddelandet om "Unsupported Coordinate System" dyker upp öppna Model Properties.



Figur 2.3 Felmeddelande - Unsupported Coordinate System

- Ändra UCS genom att klicka på  för att få upp en lista med olika koordinatsystem. Ändra till ett svenskt koordinatsystem, markera bron igen och klicka på ”Send to Revit”.

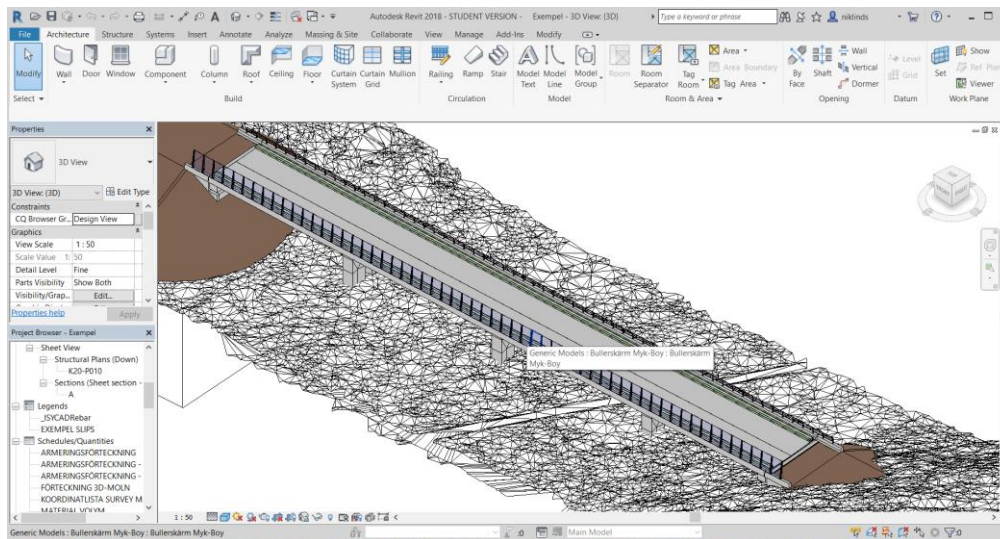


Figur 2.4 Model Properties – Lista med svenska koordinatsystem.

3. Skapa en egen Bridge Deck med hjälp av Revit-komponenter

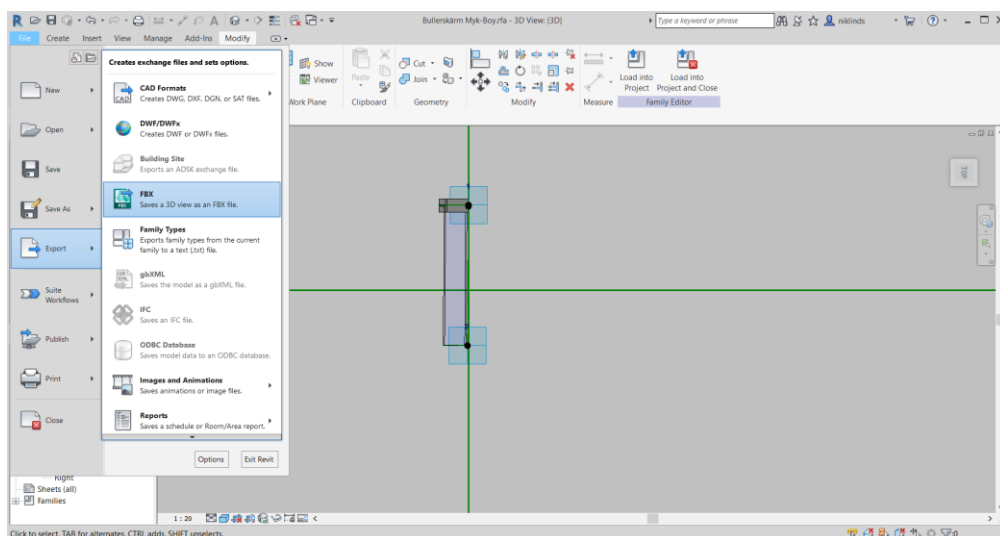
Genom import av Revit-komponenter till InfraWorks 360 kan användaren skapa en Bridge Deck. Genom att göra detta kan önskvärd visualisering av bron uppnås och nedan följer ett exempel på arbetsgång för att skapa denna:

- Öppna den komponent i Revit som önskas exporteras till InfraWorks 360 genom att dubbelklicka på denna.



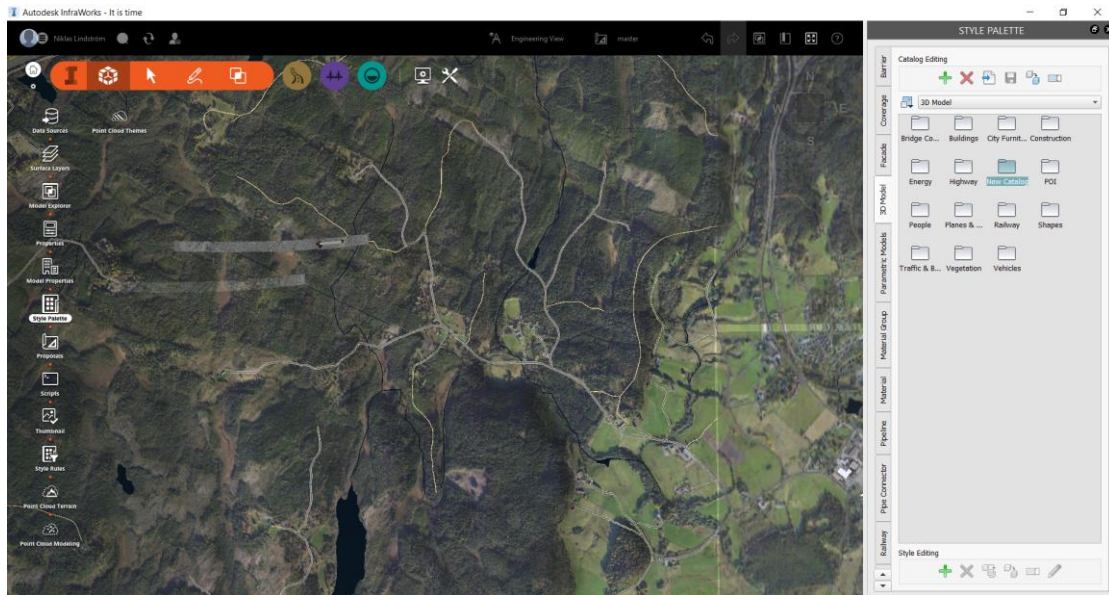
Figur 3.1 Här öppnas en bullskräm i Revit som skall exporteras till InfraWorks 360.

- Genomför önskvärda förändringar i komponenten och exportera sedan komponenten till formatet .fbx.



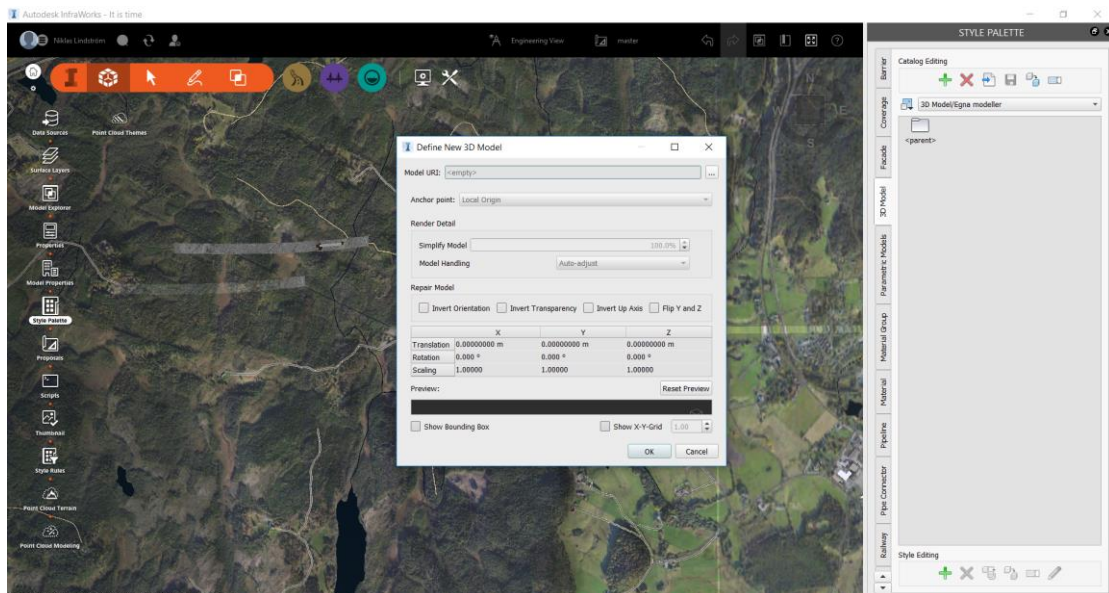
Figur 3.2 I redigeringsläget exporteras komponenten till formatet .fbx.

- Skapa en katalog under Style Palette – 3D Model så att komponenterna landar på samma plats och blir lättare att lokalisera.

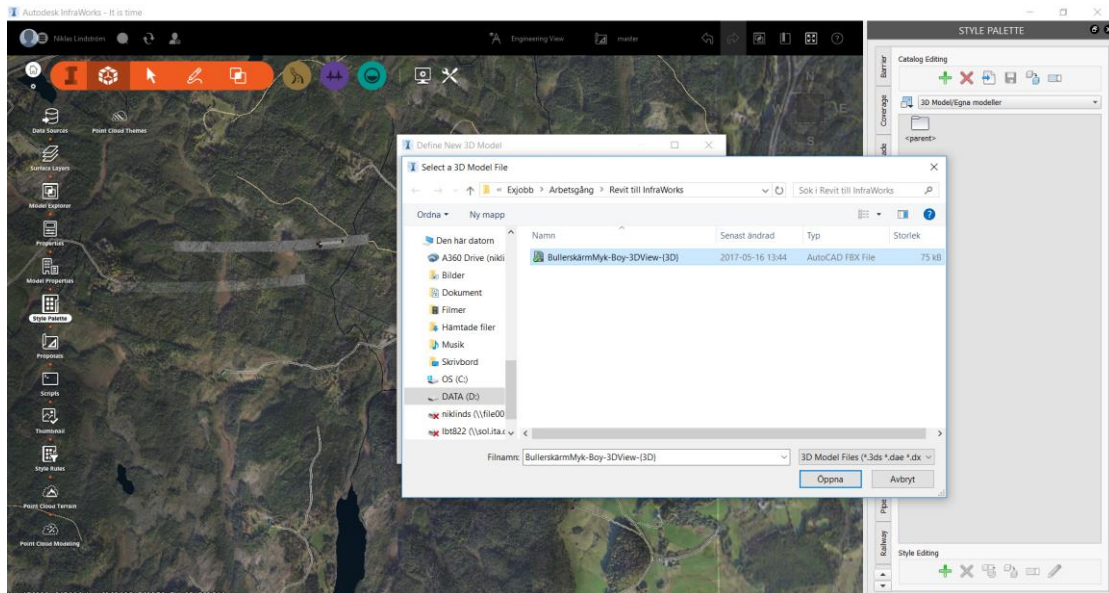


Figur 3.3 Här skapas alltså en ny katalog för att vidare placera de nya komponenterna i samma mapp.

- Genom att trycka på + i nederkant av Syle Palette i min nya katalog skapar jag en ny komponent genom att importera den skapade .fbx-filen från Revit.

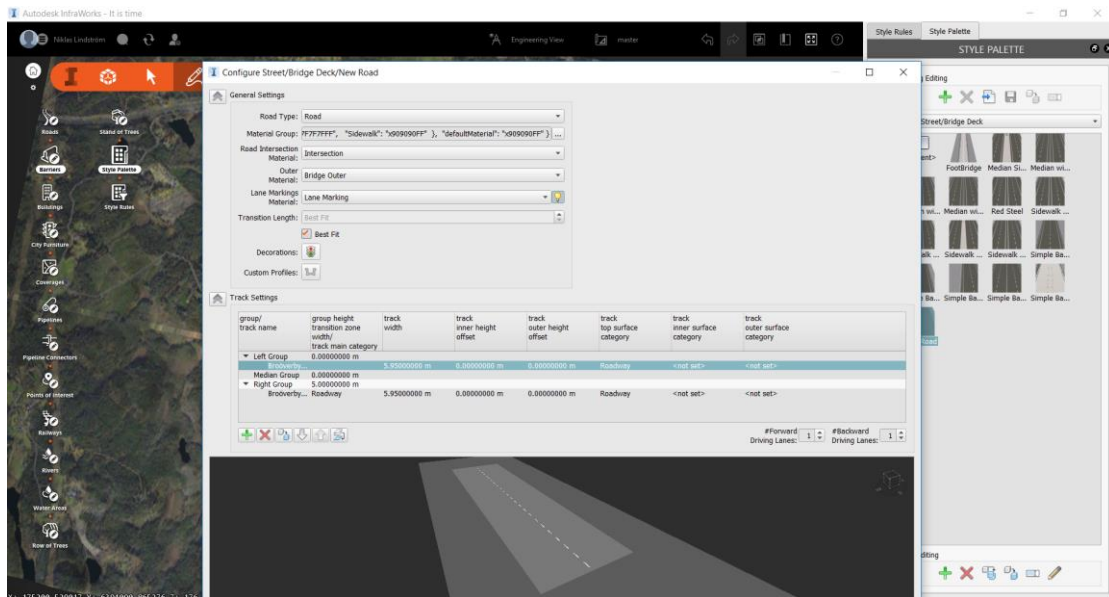


Figur 3.4 I den nya katalogen skapas en ny 3D-modell.



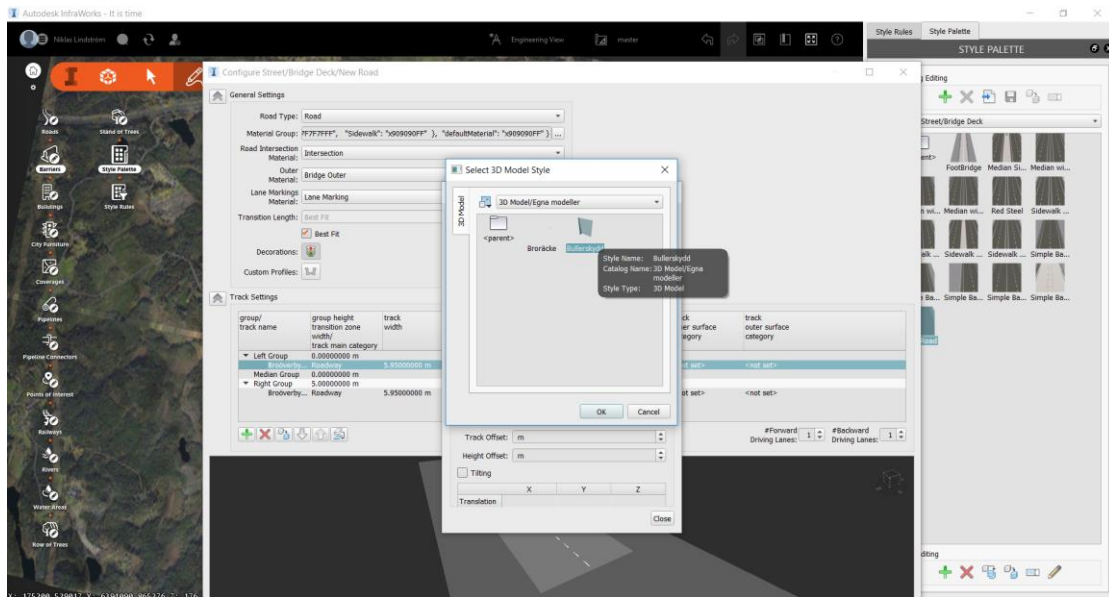
Figur 3.5 Import av den nya .fbx-filen.

- Nu är det dags att importera den nya komponenten till en Bridge Deck. Först skapar jag en ny Bridge Deck på samma sätt som en ny komponent, dock under Style Palette – Road – Bridge Deck. Önskvärda parametrar på slitlagret och dess väglinjer ställs in.



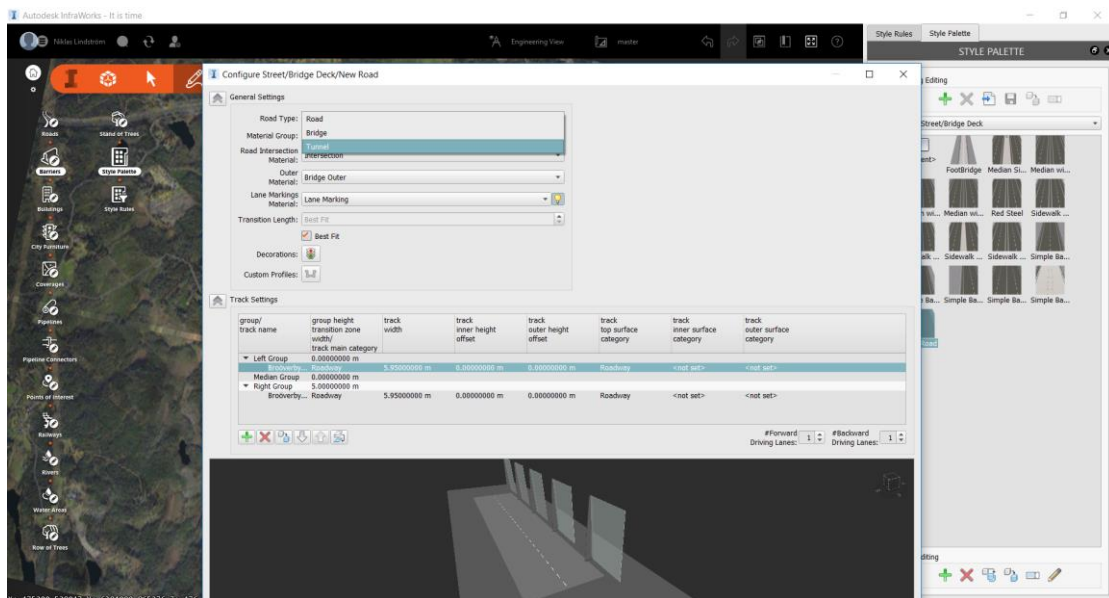
Figur 3.6 Skapande av ny Bridge Deck.

- Under knappen Decorations finner jag nu den importerade bullerskärmen i min nyligen skapade mapp för mina komponenter. Denna väljs som räcke i min Bridge Deck.

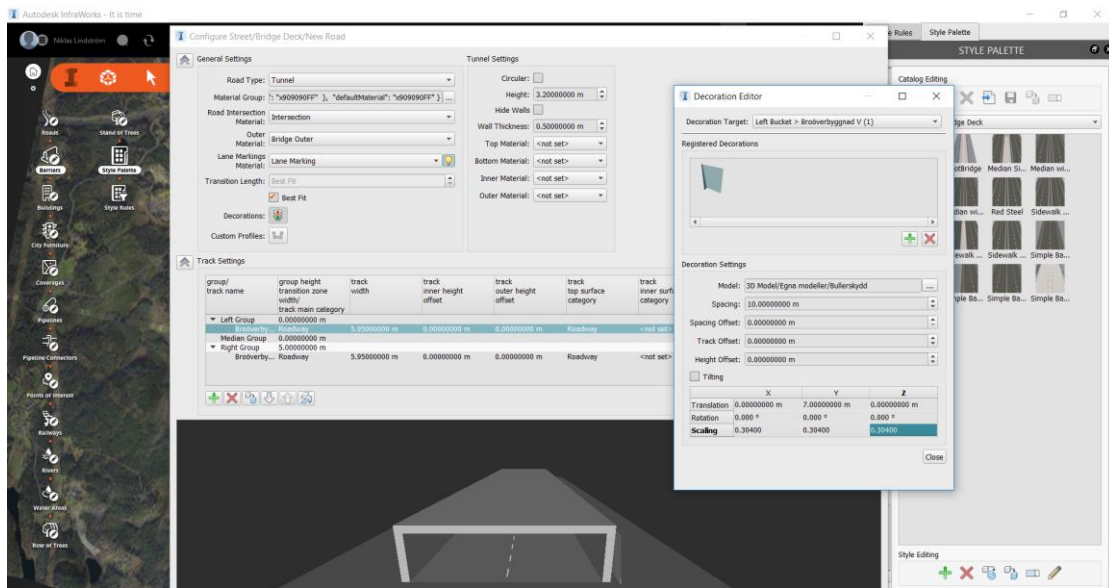


Figur 3.7 Placering av bullerskärmen.

- Komplikationen nu är att InfraWorks 360 genom .fbx formatet inte klarar av att hantera komponenternas dimension, utan dessa får skalas om. Eftersom jag känner till höjden på min bullerskärmen kan jag enkelt göra detta genom att ta hjälp av en tunnel som jag kan sätta en höjd på och vidare passa in min bullerskärmen efter.

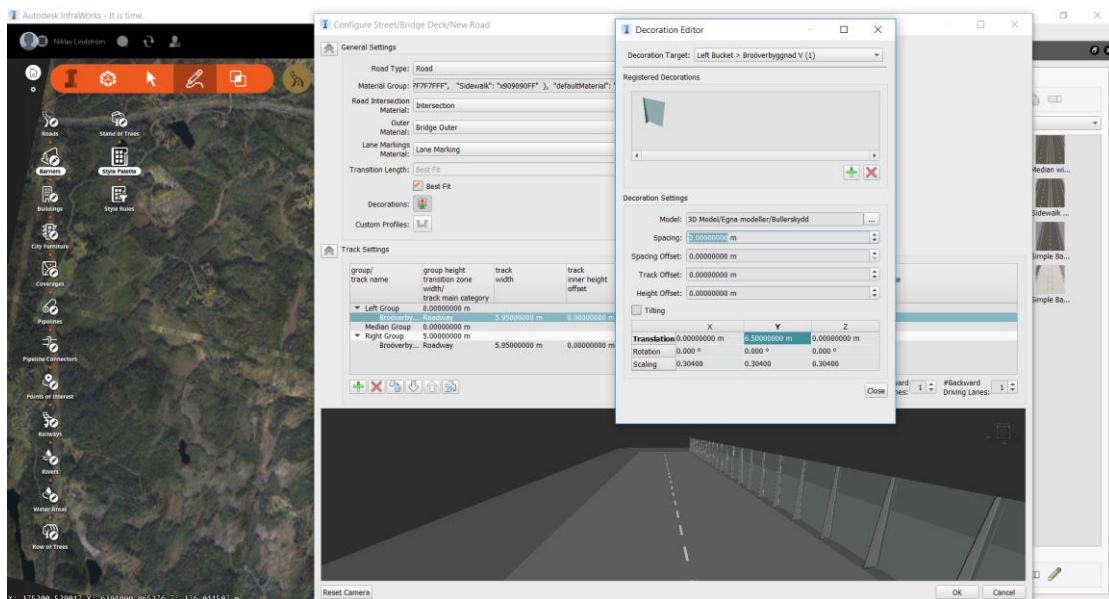


Figur 3.8 Ett exempel på hur skalning av komponenter kan göras är genom att ta hjälp av andra funktioner i InfraWorks 360 som exempelvis en tunnelöverbyggnad



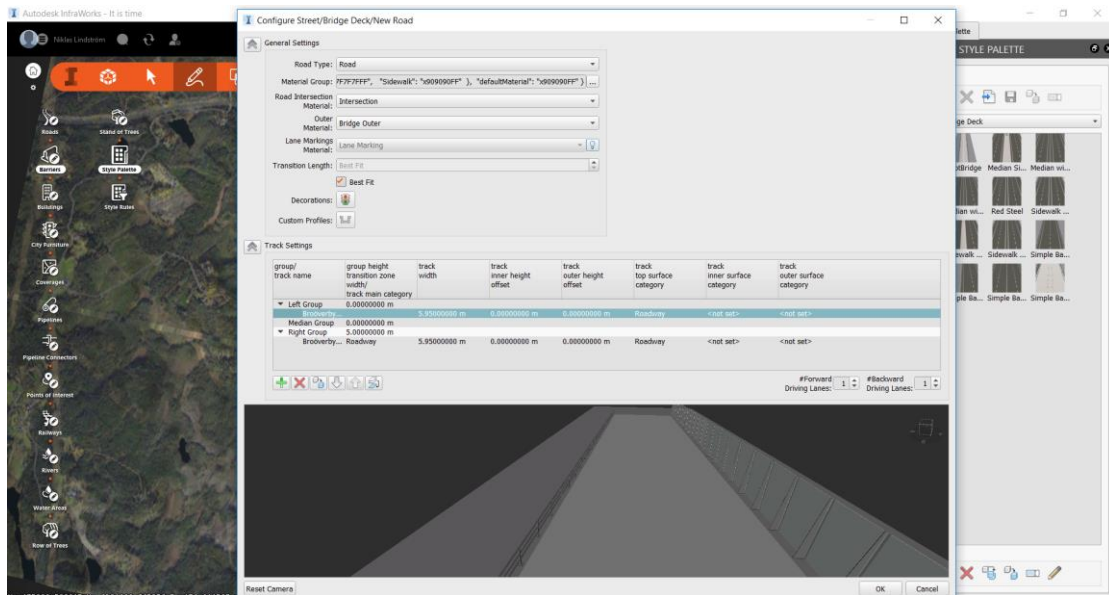
Figur 3.9 Omskalning sker för inpassning på en tunnel med höjd 3.2 meter för det här fallet.

- Slutligen ställs önskade uppperningar av bullerskärmen och avstånd till centrum in.

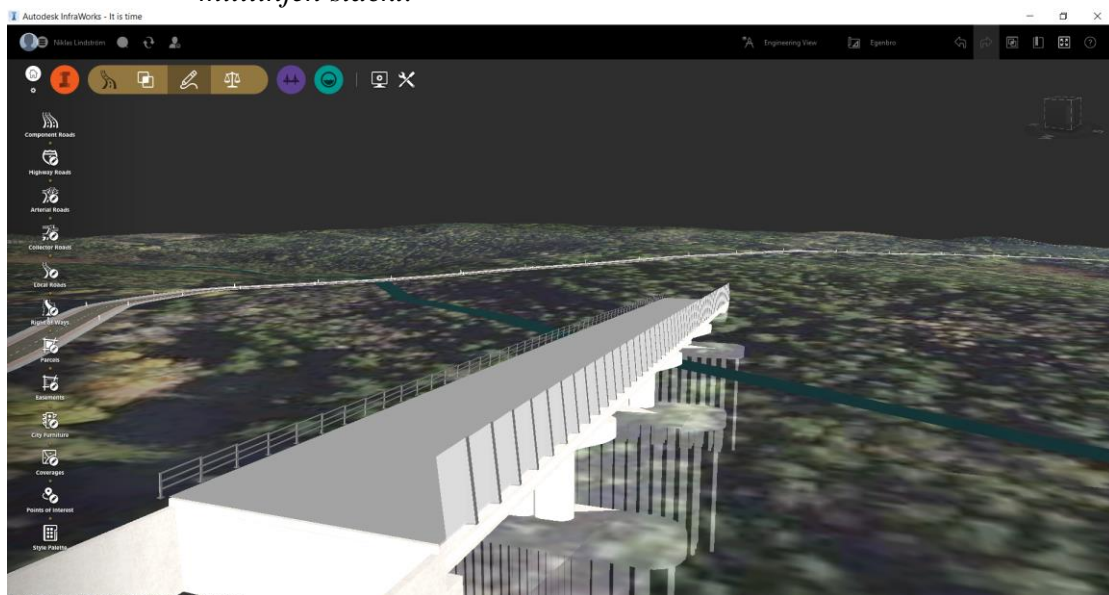


Figur 3.10 Till sist ställs önskade avstånd och CC-mått in genom att justera de olika parametrarna för 3D-modellen.

- Samma process upprepas för ett räcke på andra sidan och eftersom detta är en Bridge Deck för en dubbelspårig tågbro väljer jag att släcka min mittlinjen.



Figur 3.11 Placering och inpassning av andra räcket avklarat och mittlinjen släckt.

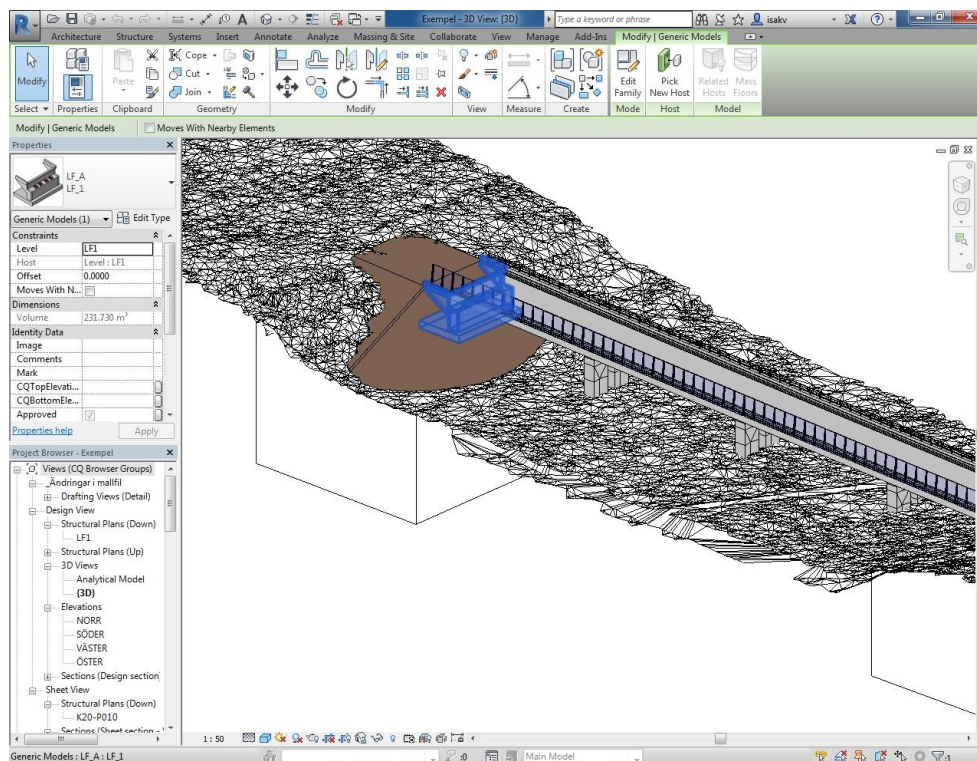


Figur 3.12 I figuren ovan visualiseras den nu färdigbyggda nya Bridge Deck tillämpad på en bro.

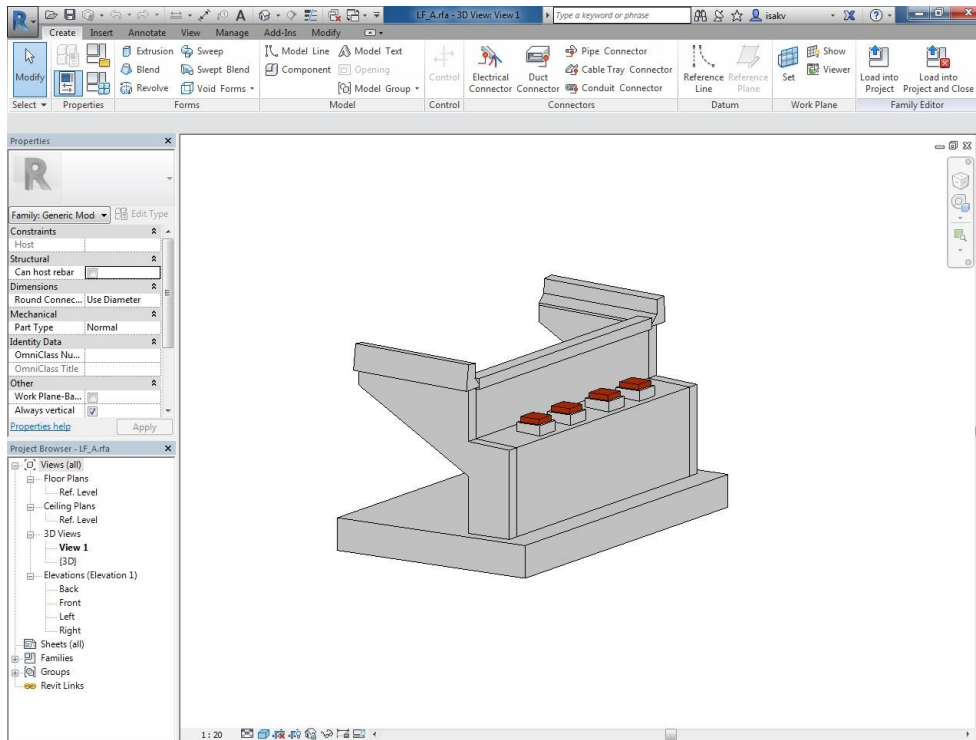
4. Exportera Revit-komponenter genom Inventor för att skapa parameterstyrda komponenter i InfraWorks 360.

Genom export av Revit-komponenter till Inventor kan användaren skapa egna parameterstyrda komponenter för vidare import till InfraWorks 360. Genom att göra detta kan önskvärd visualisering av bron uppnås och nedan följer ett exempel på arbetsgång för att modifiera och skapa ett parameterstyrt landfäste:

- Här markeras landfästen i Revit-modellen som vi i Inventor vill återskapa för att vidare kunna använda komponenten i InfraWorks 360 med styrbara parametrar.

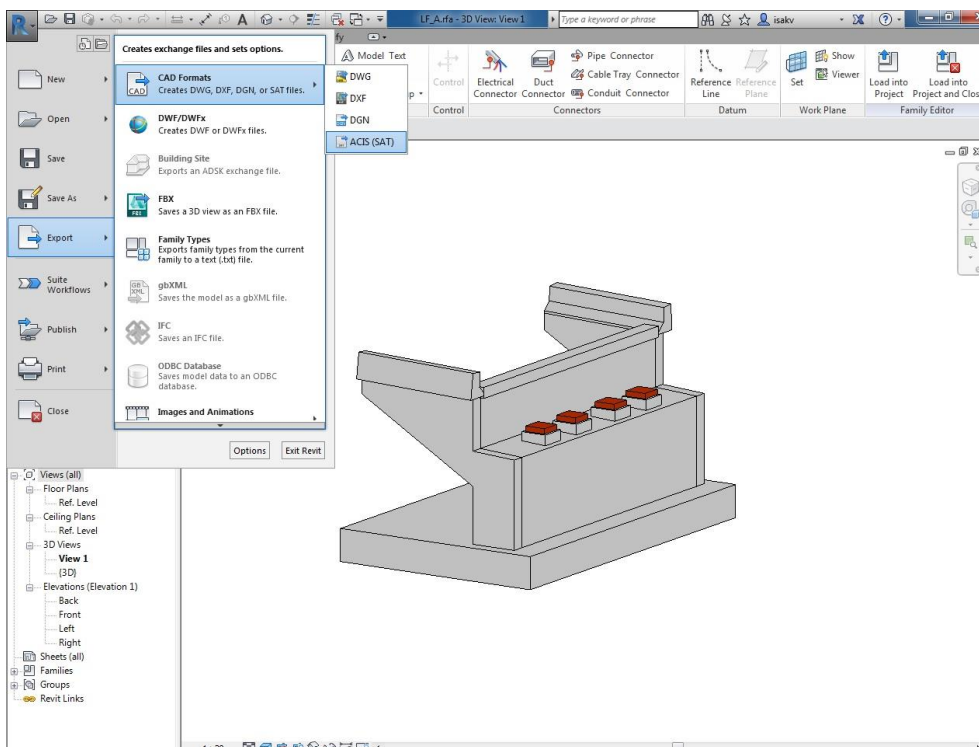


Figur 4.1 Markera och dubbelklicka för att öppna upp en 3D-vy över den komponent som önskas exporteras.

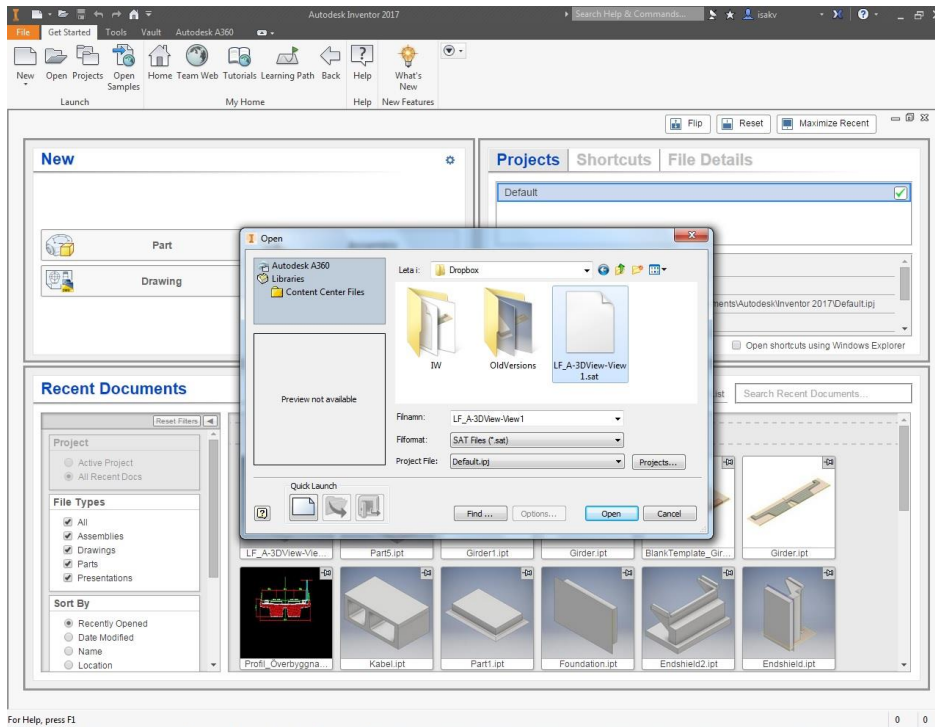


Figur 4.2 3D-vy över ett landfäste.

- Landfästet exporteras till Inventor genom filformatet .sat, detta genom CAD-formatets i Revit.

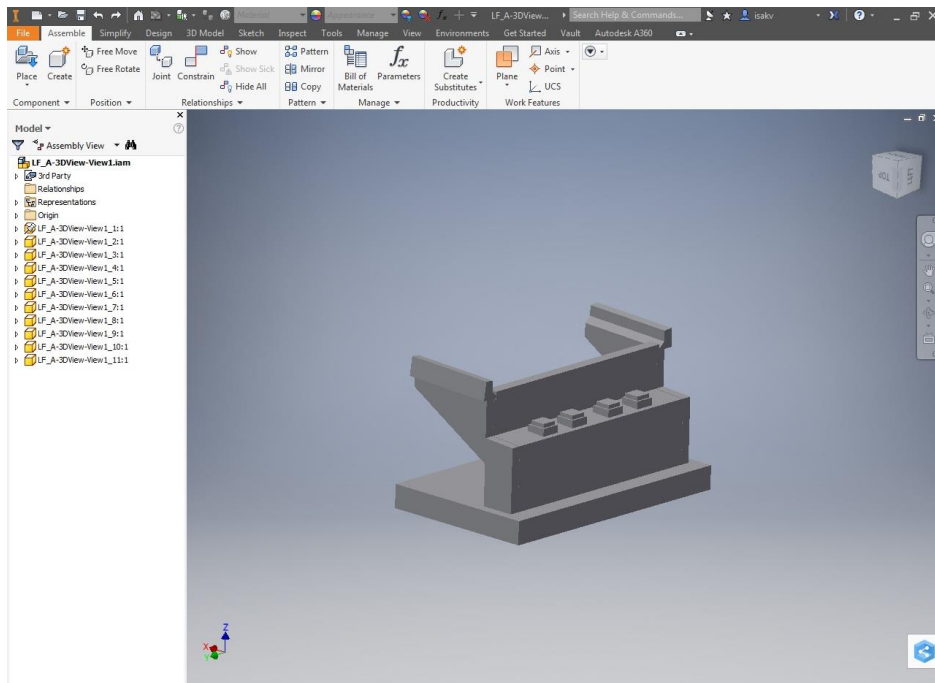


Figur 4.3 Exportera landfästet som en SAT-fil.



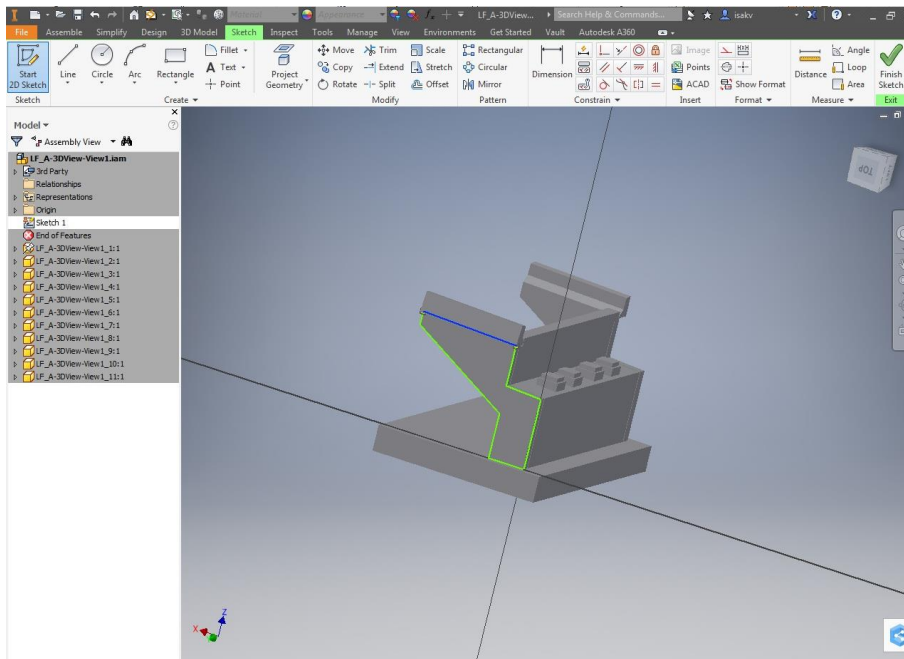
Figur 4.4 SAT-filen öppnas i Inventor för att påbörja skapandet av den nya komponenten.

- Väl inne i Inventor uppstår komponenten som en solid, vilket innebär att denna inte har några justerbara parametrar. Enklaste vägen att gå för att göra denna brukbar i InfraWorks 360 är att med hjälp av solidens form återskapa denna i Inventor.



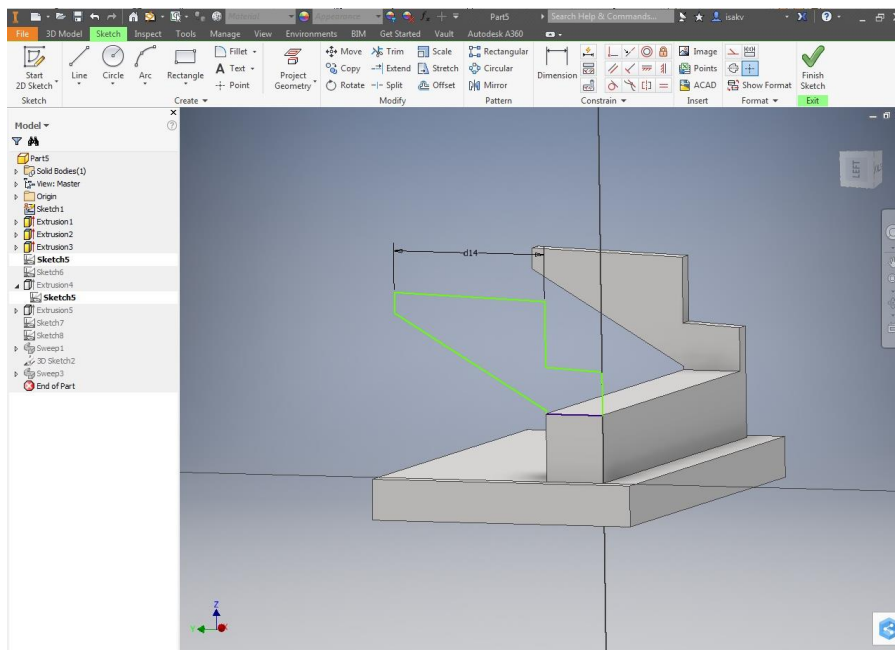
Figur 4.5 Landfästet importerat från Revit här som en solid i Inventor.

- Genom att skissa av soliden skapas en ny komponent genom funktionen 2D-sketch.



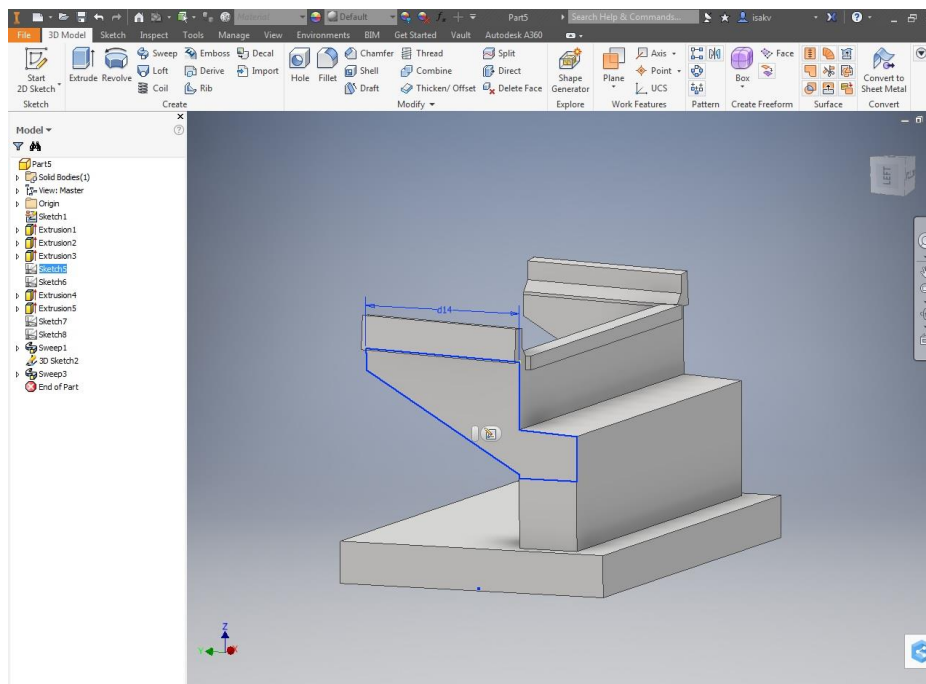
Figur 4.6 Den solida modellen används som ett underlag för att skissa upp och utvinna en korrekt 2D-sketch.

- Nya uppdelade solider för respektive del i brokomponenten skapas utifrån extrahering från 2D-sketcherna.



Figur 4.7 Nya återskapade solider.

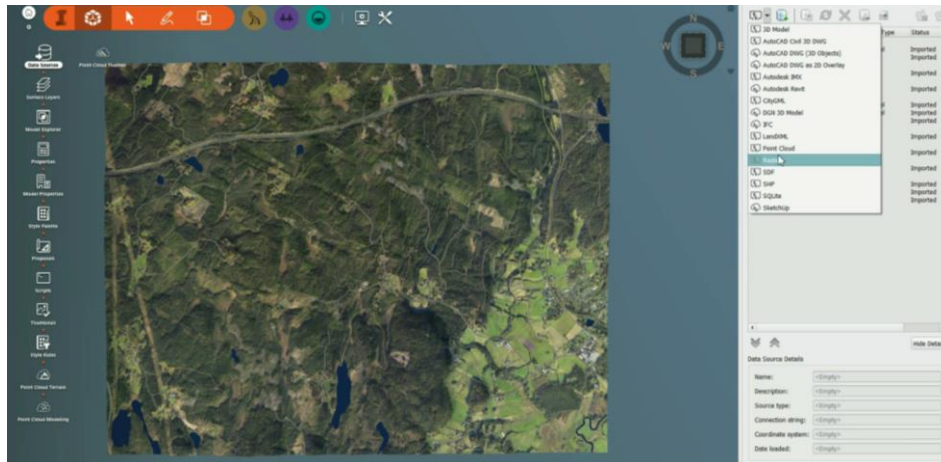
- När väl hela komponenten är återskapad är det möjligt att koppla parametrar till önskvärda delar av komponenten och vidare exportera denna till InfraWorks 360 enligt arbetsgången i kapitel 1 i denna bilaga.



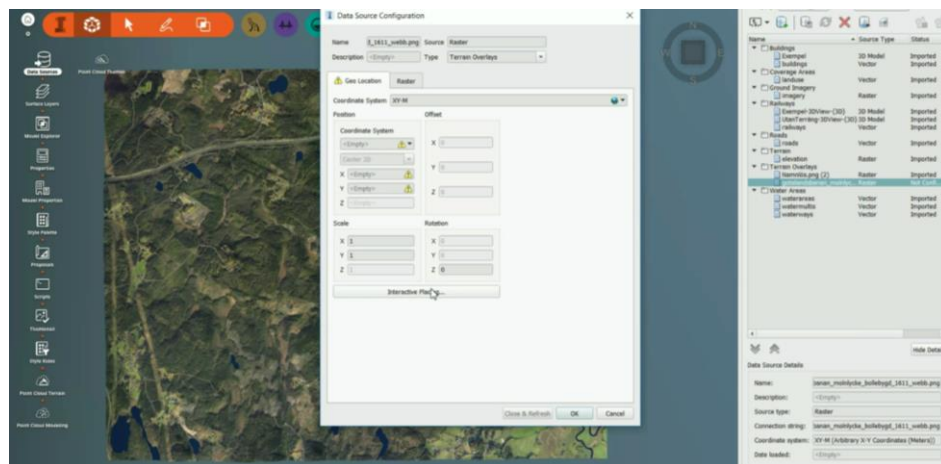
Figur 4.8 Färdigt parameterstyrt landfäste.

5. Inplacering och skissning av en Revit-modell genom skissning i InfraWorks 360

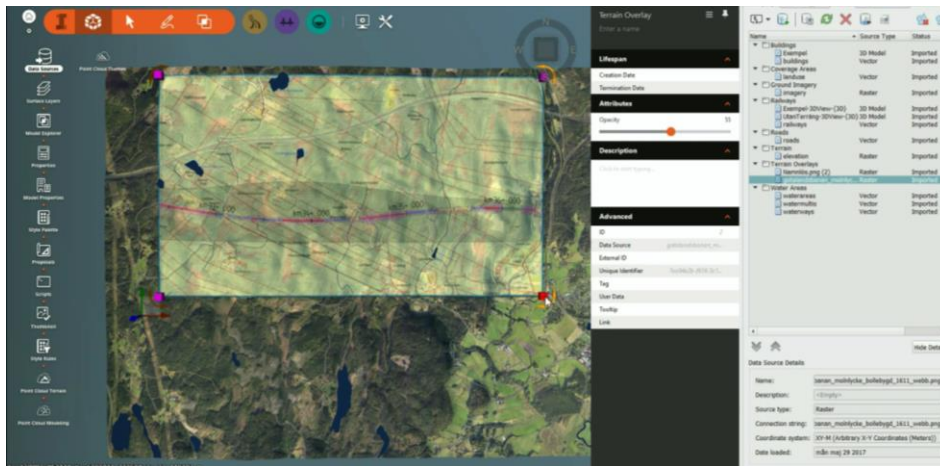
- Till att börja med importeras en projekterad karta in som raster och placeras fritt i modellen för att vidare passa in mot omgivningen genom att göra minska opaciteten på kartan.



Figur 5.1 Import av bild som Raster.

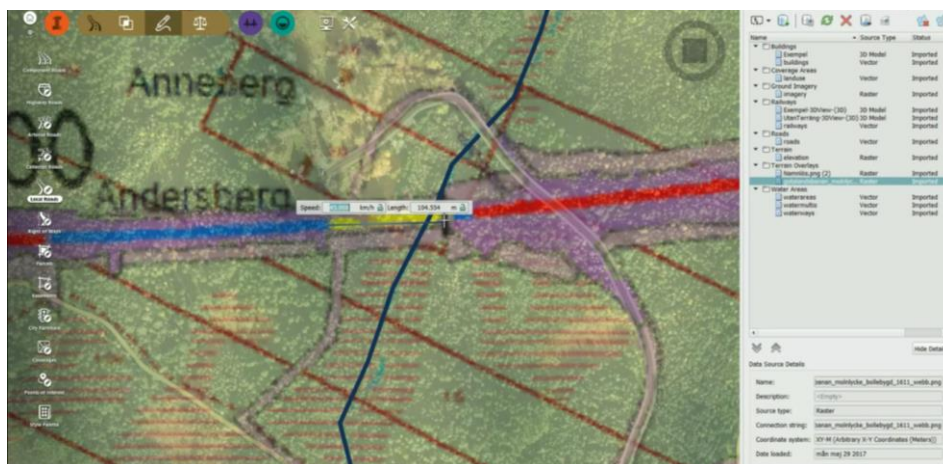


Figur 5.2 Fri placering av kartan.

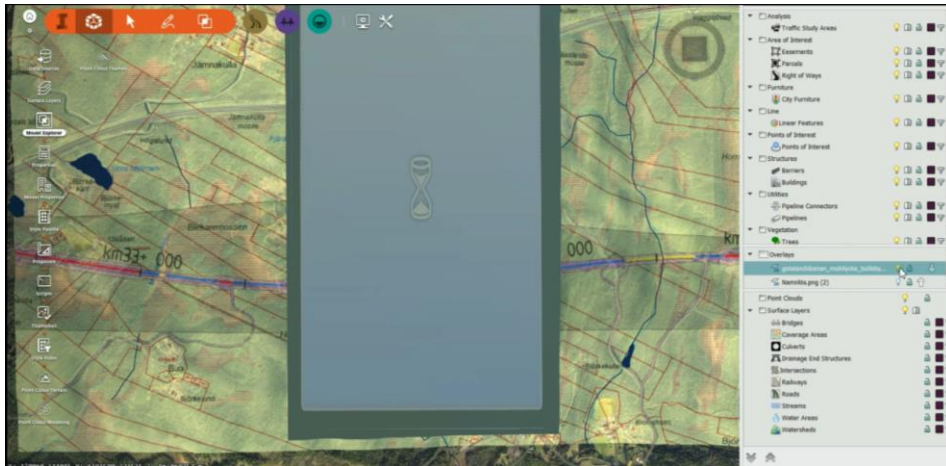


Figur 5.3 Kartan skalas upp och placeras in genom minskad opacitet.

- Vidare skapas en Local Road på den plats som bron skall skissas och vidare formateras vägen om genom att på samma sätt använda broverktøyet. Slutligen kan vår Raster släckas genom Model Explorer för att vidare kunna arbeta med modifieringen av vår broskiss.

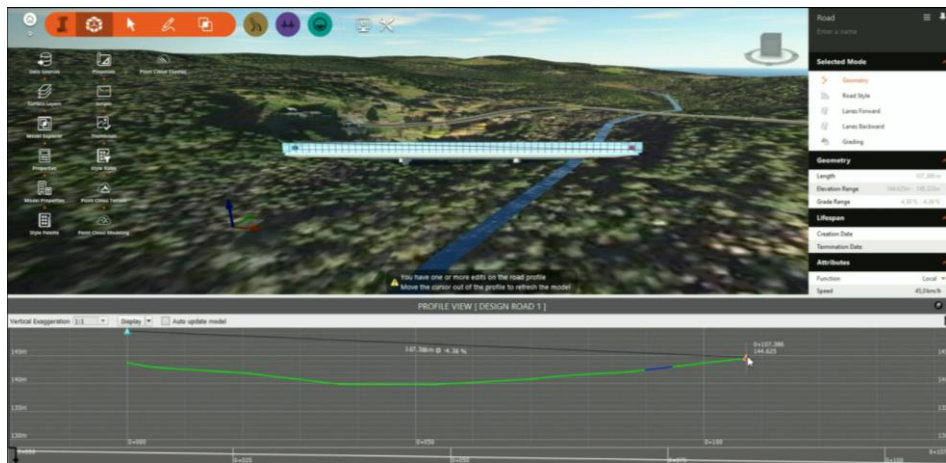


Figur 5.4 Local Road och vidare en bro skissas upp på gällande plats.



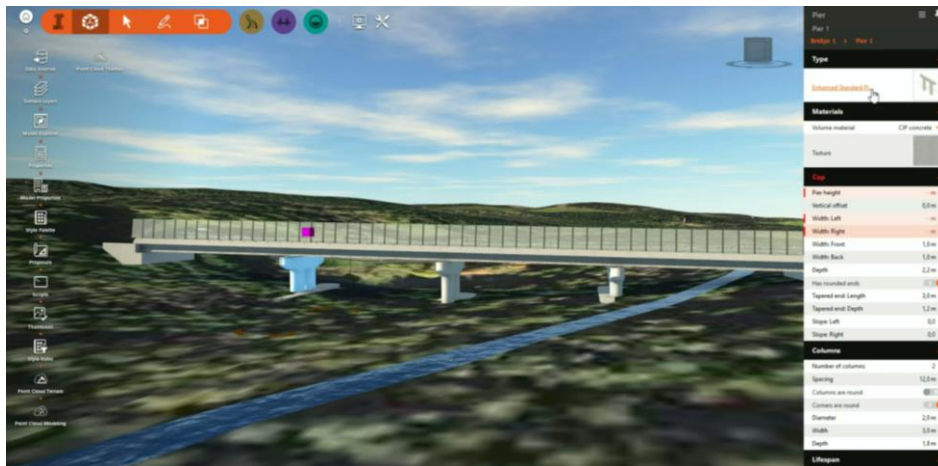
Figur 5.5 Vår Raster släcks för att vidare kunna modifiera vår bro.

- Genom att högerklicka på bron och välja Show Profile View kan vi editera brons höjder gentemot terrängen

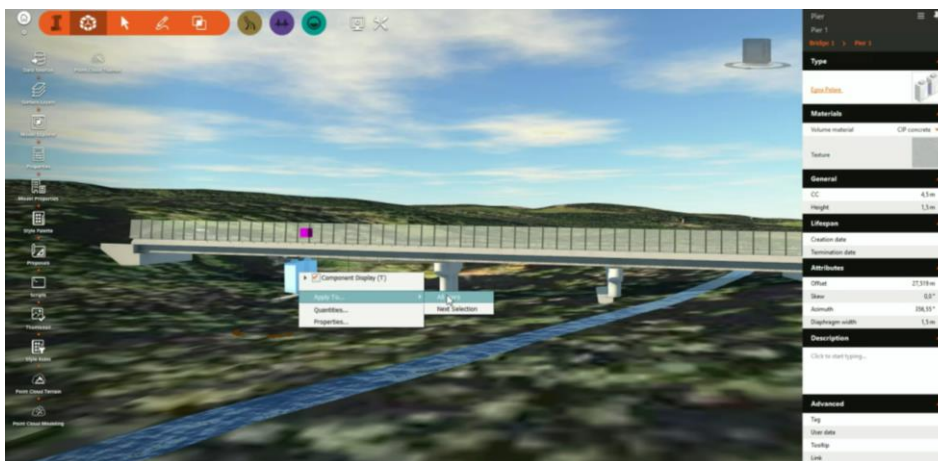


Figur 5.6 Modifiering av brohöjder genom Profile View.

- Vidare väljer vi lämpliga brokomponenter enligt önskemål. Eftersom våra brokomponenter inte är helt automatiskt parameterstyrda modifierar vi dessa iterativt tills inpassning är säkerställt.

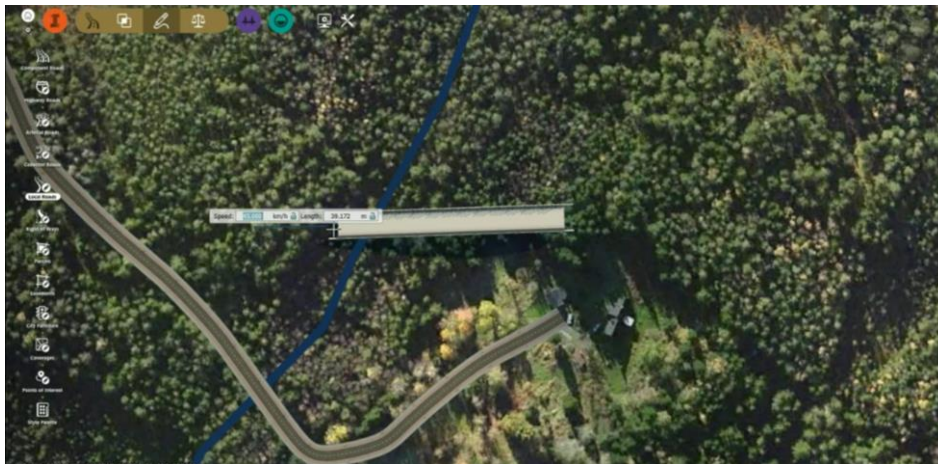


Figur 5.7 *Genom att markera den brokomponent vi vill kan vi göra så och även modifiera dess inställningar.*



Figur 5.8 *När inställningen är genomförd kan vi applicera dessa på bronns samtliga komponenter av dess slag enkelt genom Add to.. All Piers.*

- Slutligen drar vi två nya Local Roads som ansluter till bronns båda ändar för att InfraWorks 360 automatiskt skall skapa vägbankar kring landfästena.



Figur 5.9 Local Roads skapas som ansluter till vardera ände av bron för att skapa vägbankar.

- Slutligt resultat uppnås efter ca 7 minuters arbete förutsatt att önskvärda komponenter finns att tillgå i InfraWorks 360.



Figur 5.10 Slutligt resultat av vår skissering.