



CHALMERS

BIM i syfte att effektivisera kommunikationen

- mellan projekterings- och produktionskedet

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik

GENTRINA PECI
SADIA ALI

**INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNING FÖR STADSBYGGNAD**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2020
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

BIM i syfte att effektivisera kommunikationen

- mellan projekterings-och produktionskedet

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

GENTRINA PECI, SADIA ALI

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2020

BIM i syfte att effektivisera kommunikationen

- mellan projekterings-och produktionsskedet

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

GENTRINA PECCI

SADIA ALI

© GENTRINA PECCI, SADIA ALI, 2020

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2020

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction management

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2020

BIM i syfte att effektivisera kommunikationen

- mellan projektering-och produktionsskedet

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

GENTRINA PECCI

SADIA ALI

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction management
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete har sin utgångspunkt i att undersöka vilka faktorer som är avgörande för att BIM (Building Information Model) skall implementeras mer i produktionsskedet. Idag visar studier på att trots digitaliseringens utveckling är de traditionella 2D-ritningarna de mest förekommande handlingarna. Syftet var att skapa en förståelse för vilka faktorer som påverkar implementering av BIM i byggprojekt. Där fokuset låg på hur BIM kan integreras för att effektivisera kommunikationen mellan projekterings-och produktionsskedet.

För att uppnå syftet genomfördes en litteraturstudie som inleds med en beskrivning av byggprocessen med fokus på projektering och produktion. I samband med detta lyfts ett tidigare, helt modellbaserat, projekt upp för att ge läsaren en inblick i hur användningen av BIM har fungerat tidigare. Studien visade på att projektet hade lyckats realisera användning av BIM dock hade de kommit i kontakt med hinder som redovisas. I arbetet presenteras de hinder som motverkar att BIM implementeras mer i byggprojekt baserad på tidigare rapporter och studier. En viktig faktor som lyfts upp i rapporten är vikten att av projektörer och entreprenörer för en tidig dialog med varandra.

Utöver litteraturstudien genomfördes en kvalitativ studie baserad på intervjuer med två byggprojekt, projekt Celsius och Elverumsbron, där representanter från projektledning, entreprenörer och projektörer utfördes. I samband med att projekten är helt BIM-baserade presenterades deras digitala hjälpmedel, StreamBIM och Trimble Connect, i litteraturstudien.

I resultatet presenteras intervjustudierna som efterföljs av en diskussion där hinder och drivkrafter med användningen av BIM i verkligheten analyseras. Direkta slutsatsen som togs upp var att för att BIM skall implementeras mer i framtida byggprojekt är beställarens drivkraft avgörande. En annan viktig faktor är att väsentlig information finns med i den levererade modellen och detta kan uppnås genom att en tidig dialog mellan projektören och entreprenören sker.

Nyckelord: BIM, Leveranshantering, Tidig dialog, Kravställning, Juridik, Detaljnivå, Samordning, 2D-ritningar, 3D-modell, Digitala hjälpmedel, Produktion

BIM with the aim of streamlining communication
- between planning and the production stage

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

GENTRINA PECCI

SADIA ALI

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Construction Management
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This thesis is based on examining which factors that are crucial for BIM (Building Information Model) to be implemented more at the production stage. Today, studies show that despite the development of digitalization, the traditional 2D drawings are the most occurring documents. The aim was to form an understanding of the factors that affect the implementation of BIM in construction projects. The focus was on how BIM can be integrated to streamline communication between the design and production stages.

To achieve the purpose, a literature review was carried out that begins with a description of the construction process, mainly focusing on design and production. In addition, a completely model-based project is highlighted to give the reader an insight into how the use of BIM has worked in the past. The study showed that the project had managed to realize the use of BIM, however, they had encountered obstacles that are reported in this thesis. Furthermore, this report presents the obstacles that prevent BIM from being implemented more in construction projects based on previous reports and studies. An important factor highlighted in this report is the importance of an early dialogue between project managers and contractors.

In addition to the literature study, a qualitative study was conducted based on interviews with two construction projects, Project “Celsius” and “Elverumsbron”, where representatives from project management, contractors and constructors were carried out. In connection with the projects being fully BIM-based, their digital tools, StreamBIM and Trimble Connect were presented in the literature study.

In the result, the interview studies are presented which is followed by a discussion chapter where obstacles and driving forces with the use of BIM are analyzed. The direct conclusion that was raised was that for BIM to be implemented more in future construction projects, the client's driving force is crucial. Another important factor is that essential information is included in the delivered model and this can be achieved by an early dialogue between the project and the contractor.

Keywords: BIM, Delivery Management, Early Dialogue, Requirements, Law, Level of Detail, Coordination, 2D Drawings, 3D Model, Digital Aids, Production

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
Innehåll	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte och frågeställningar	1
1.2 Genomförande	2
1.3 Intervjumethodik	2
1.4 Avgränsning	2
1.5 Peab AB - Nordens samhällsbyggare	3
2 LITTERATURSTUDIE	4
2.1 BIM – Building Information Model	4
2.2 Byggprocessen	4
2.2.1 Förstudie och programskedet	5
2.2.2 Projektering	5
2.2.3 Produktion	6
2.3 Röforsbron	7
2.3.1 BIM i projekteringen	7
2.3.2 BIM i produktionen	7
2.3.3 Hinder under produktionen	8
2.3.4 Framtida möjligheter	8
2.3.5 Yrkesarbetarnas perspektiv	8
2.4 Programvaror	9
2.4.1 Trimble Connect	9
2.4.2 StreamBIM	11
2.5 Peabs BIM-manual	16
2.5.1 Produktionsförberedelse och juridiska handlingar	16
2.5.2 Objektinnehåll och litterering	16
2.5.3 Detaljeringsnivå	17
2.6 Hinder	17
2.6.1 Juridiska handlingar och informationshantering	18
2.6.2 Informationsutbyte	19
3 RESULTAT	20
3.1 Beskrivning av projekten	20
3.1.1 Celsius projektet i Uppsala	20
3.1.2 Elverumsbron i Karlstad	20

3.2	Sammanställning intervjuer	21
3.2.1	Juridik	22
3.2.2	Besparing	22
3.2.3	Produktivitet & kvalité	23
3.2.4	Metoder och processer	27
3.2.5	Samordning	28
3.2.6	Programvarans verktyg och komponenter	29
4	DISKUSSION	32
4.1	Varför hinder?	32
4.1.1	Juridik	32
4.2	En produktionsanpassad projektering	33
4.2.1	Detaljnivå	33
4.2.2	Information	34
4.3	Fördelarna med en digitaliserad samordning	34
4.4	Behövs 2D-ritningar fortfarande?	35
4.5	Programvarorna måste anpassas efter produktionens behov	36
4.5.1	Måttverktyg	37
4.5.2	Mängdning	37
5.	SLUTSATS	41
5.1	Frågeställning 1	41
5.2	Frågeställning 2	41
5.3	Frågeställning 3	42
5.4	Frågeställning 4	42
6.	REFERENSER	44
7.	BILAGOR	47
	Bilaga 1	47
	Bilaga 2	49

Förord

Detta examensarbete avslutar vår högskoleingenjörsutbildning inom samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och ha genomförts på institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik.

Vi vill rikta ett speciellt tack till vår handledare Mattias Roupé på Chalmers för allt stöd och goda råd under arbetets gång. Ett stort tack går även till vår handledare Max Bergström på Peab för allt stöd och vägledning att finna intervjupersoner lämpliga till vårt arbete.

Ett tack går även till alla er som har ägnat tid åt oss genom intervjuer och delat med er av era erfarenheter utav implementeringen av BIM i verkligheten.

Göteborg juni 2020

Gentrina Peci, Sadia Ali

Beteckningar

I tabellen nedan förklaras beteckningar som används i denna rapport.

BIM	<i>Building Information Model</i> (Byggnadsinformationsmodell) – en process som används för att lagra och förmedla projektbeslut via en 3D-modell.
3D	Tredimensionell rumsperspektiv som anger längd, bredd och djup.
2D	Tvådimensionella rumsperspektiv som anger längd och bredd.
BIPkoder	<i>Building Information Properties</i> - Ett system som anger vilka egenskaper ett objekt har.
APD	Arbetsplatsdispositionsplan
BCF	<i>BIM Collaboration Format</i> - ett fil-format som används för att samla alla granskningsärenden.
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> - används för att skapa tekniska ritningar inom konstruktion.
DWG, DWF	Filformat för CAD-modeller.
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> – ett öppet filformat för informationsutbyte mellan programvaror.
LOD	<i>Level of development</i>
ÄTA	Ädrings-, tilläggs- och avgående arbeten.
Tekla Structure, Novapoint & Revit	Programvaror som används för att projektera en konstruktion.
Naviswork, Solibri	Programvaror som används för att utföra kvalitetsgranskningen.
TeklaBIMsight, BIMexplorer	Programvaror som används för att visualisera modeller.

1 Inledning

I samband med den tekniska utvecklingen har byggbranschen gått mot att bli mer digitaliserad där BIM har varit ett verktyg för att uppnå detta. BIM som står för Building Information Model är en process som kan användas genom hela byggprocessen. Genom att använda BIM kan man få en 3D virtuell representation av verkligheten som samlar och organiserar all information från en byggnads- eller en anläggningslivscykel. Modellen är objektbaserad och kan visualiseras, granskas och testas på olika sätt för att säkerställa modellens kvalitet.

Trots att BIM har varit etablerad under en längre tid utnyttjas metoden fortfarande inte fullt ut genom byggprocessens alla skeden. I en bransch med pressade tidsscheman, höga krav och flera processer tenderar de flesta att arbeta traditionellt i syfte att ta det säkra framför det osäkra. Vilket är en av anledningarna till att BIM idag endast används i en större utsträckning under projekteringsskedet. Eftersom produktionen är beroende av traditionella 2D- ritningar leder detta till att projektörerna tar fram både en BIM-modell i ett tidigt skede och 2D- ritningar för leverans, vilket resulterar i två parallella processer.

Genom att gå över till ett helt BIM-baserat arbete, även under produktionsskedet, kan processen effektiviseras. Enligt BIM Alliance undersökning (2017) påpekar projektörer att de sparar mycket tid i längden genom att från början arbeta i BIM. Vidare får de i produktionen en bättre visuell presentation av projektet, där all information redan är given i modellen. För att implementeringen av BIM ska lyckas (Jacobsson & Linderoth, 2016) krävs det att samtliga aktörer kan se vinsterna med detta arbetssätt samt att de är mottagliga för en förändring. Fortsättningsvis, behöver det även ske en kunskapsutveckling om hur BIM påverkar byggprocessen, organisationerna och samarbetet mellan olika aktörer för att kunna använda BIM på ett så effektivt sätt som möjligt.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med examensarbetet är att undersöka vilka faktorer som påverkar implementeringen av BIM i byggbranschen inom husbyggnad.

Följande frågeställningar har formulerats och fokuserats i rapporten för att uppnå syftet:

- Vad är det som begränsar byggprojekt från att vara helt modellbaserade?
- Vilken information är intressant att ha med i modellen?
- Behövs alla ritningar som genereras idag?
- Vilka verktyg i 3D-modellen behövs för att ersätta 2D-ritningar?

1.2 Genomförande

Rapporten inleds med en litteraturstudie där syftet var att få en förståelse för hur BIM har använts och hur den ytterligare kan implementeras idag. Litteraturstudien behandlar därför byggprocessen, BIM under projektering och produktionen, aktuella verktyg samt tidigare projekt. I följande rapport har ett kvalitativt analysarbete valts (Hedin, A. 1996) för att undersöka de frågeställningar som rapporten behandlar. Detta eftersom valet av frågeställningar bygger på yrkesverksammars upplevelser utifrån deras erfarenhet och fokuset ligger på att beskriva och tolka deras upplevelser. För att kunna besvara frågeställningarna har tidigare rapporter studerats samt intervjuer utförts med yrkesverksamma personer både inom projektering och produktion.

1.3 Intervjumetodik

Syftet med intervjuerna var att undersöka och få information om hur det har gått för projekt som har arbetat helt modellbaserat. Detta för att undersöka vilka fördelar och nackdelar de har upplevt med detta arbetssätt. Intervjuerna valdes att göras semistrukturerade (Hedin, A. 1996) som innebär att frågorna förbereddes i förväg samt att de var av den öppna typen. Detta för att fånga respondentens verklighet utan begränsa hans svar. Totalt utfördes tre intervjuer där en av intervjuerna var en gruppintervju med respondenter från samma projekt. Respondenterna utgjorde en konstruktör, en projektchef, en BIM-ledare, en BIM-samordnare och tre yrkesarbetare för att få ett helhetsperspektiv.

1.4 Avgränsning

I den här rapporten kommer förvaltningsskedet inte att behandlas utan fokus ligger på projekterings -och produktionsskedet. I rapporten ligger även fokus på husbyggnadsprojekt med inspiration från anläggningsprojekt. Examensarbetet är genomförd i samarbete med Peab därmed ligger huvudfokuset på Peab som entreprenör.

Ytterligare en avgränsning som finns i denna rapport är programvaror. I följande rapport kommer endast Trimble Connect och StreamBIM studeras. Anledningen till den här avgränsningen grundar sig i att byggprojekten använder sig av dessa programvaror.

1.5 Peab AB - Nordens samhällsbyggare

Peab är ett av Nordens ledande bygg-och anläggningsföretag med cirka 15 000 arbetare. När det kommer till Peabs syn till digitaliseringen beskriver de ”Peab bidrar i utvecklingsarbetet som skapar allt fler möjligheter till effektiviseringar och en hållbar samhällsutveckling” (Furenberg, u.å.). Till exempel, har Peab provat och utvärderat hur användningen av BIM har fungerat under produktionsskedet. Resultat av dessa undersökningar menar Rickard Mårtensson, BIM-strateg i Peabs anläggningsverksamhet, att BIM-modellering har inneburit ett effektivare arbete och därmed besparat tid (Mårtensson, u.å.).

Å andra sidan menar Andreas Furenberg Ring, teknikchef i Peab, att modellbaserade verktyg har inte inneburit att den så kallade förberedelsetiden har blivit kortare utan att de har fått en högre kvalitet. Däremot, menar Furenberg (u.å.) vidare att trots fördelarna har juridiken en viktig roll i utveckling. Idag kräver juridiken i byggbranschen att allt finns på papper och för att kunna nyttja utvecklingen av digitala verktyg. Furenberg (u.å.) menar att det krävs en förändring på reglerna för att BIM och 3D-modeller blir de juridiska handlingarna.

2 Litteraturstudie

2.1 BIM – Building Information Model

BIM är en förkortning till det engelska begreppet ”Building Information Model” vilket är ett samlingsbegrepp för hur information skapas och hanteras i ett byggprojekt genom användningen av BIM-verktyg. Processen att alstra och förvalta denna information kallas för BIM-modellering. Därmed, menar Rogier Jongeling (2008) att BIM är samlingsbegreppet för hur informationen i en modell skall vara användbar och kvalitetssäker och därmed inte en teknik.

Vidare, menar Jongeling att alla 3D-modeller per automatik inte är BIM-modeller. Det krävs alltså att modellen har en objektorienterad struktur och innehåller ”information om processen och produkten den representerar.” (Jongeling, 2008). Intresset för användningen av BIM menar BIM Alliance (2017) har ökat de senaste 10 till 15 åren hos olika aktörer inom byggbranschen. Användningen av BIM-metodik tillämpas i olika byggprocesser såsom husbyggnad och anläggning. Exempel på faktorer som har en stor påverkan på vilken utsträckning en BIM-modell används är beställarens målsättning när det gäller byggprojektets användningsområde och komplexitet (Yazdani, A., 2019).

Trots beställarens intentioner med att implementera BIM-metodiken mer i byggprojekt menar Yazdani (2019) att den har potential att effektivisera och tydliggöra olika delar. Till exempel, möjligheten att genomföra kollisionskontroller för att upptäcka kollisioner och andra fel menar Jongeling har inneburit att mycket extra arbete minskar. Dessutom, visar Jongelings studie att användningen av BIM har inneburit en effektivisering av projekteringskedet. Samtidigt har konflikthanteringen och samordningen mellan de olika disciplinerna och aktörerna förbättrats (Jongeling, 2008).

2.2 Byggprocessen

I samband med rapportens fokus på husbyggnad kommer byggprocessen att beskrivas utifrån ett husbyggnadsperspektiv med inspiration från anläggning. Vidare kommer förstudie och programskedet inte att behandlas i lika stor utsträckning då huvudfokuset ligger på projekterings- och produktionsskedet. Byggprocessen kan beskrivas med fyra olika skeden enligt figur 1.



Figur 1. Visar byggprocessens olika skeden (Egen illustration).

2.2.1 Förstudie och programskedet

I förstudien behöver byggherren beskriva vad det är som ska byggas, vart det ska byggas och varför. Information om byggnadens eller anläggningens funktion, byggtekniska egenskaper och legala förutsättningar behöver också redovisas. Utöver det behöver även ramar för ekonomi och miljöhänsyn beskrivas. Nästa steg i processen är programskedet där syftet är att utforma programhandlingar som beskriver de mål och krav som ställs. Innan dessa mål och krav kan beskrivas i programhandlingar måste de definieras dels utifrån samhällets krav dels byggherrens krav. Det är även i programskedet som byggherren tar beslut om vilken typ av entreprenadform som ska användas under projektets gång (Boverket, 2019).

I stora drag finns det två olika huvudtyper av entreprenadformer som byggherren kan välja mellan. Det ena alternativet är *totalentreprenad* som innebär att den upphandlade entreprenören tar ansvar för produktionen såväl som projekteringen. Det andra alternativet är att byggherren väljer en *utförandeentreprenad* som innebär att entreprenören endast svarar för själva utförandet och byggherren svarar för projekteringen. Genom att välja en utförandeentreprenad fördelar byggherren och entreprenören riskerna mer jämnt än om byggherren hade valt att anlita en totalentreprenad (Boverket, 2018).

2.2.2 Projektering

I projekteringsfasen utformas och gestaltas byggnaden. Alternativa skisser och olika lösningar presenteras där byggherren tar det slutgiltiga beslutet kring vilket alternativ som ska användas i framtida skeden såsom produktion och förvaltning (Boverket, 2019). Traditionellt sätt använder projektörer 2D-CAD modeller för att ta fram underlag i form av bland annat ritningar och beskrivningar. Vid 2D-CAD projektering används linjer och symboler för att beskriva olika element i modellen. När modellen är färdigställd produceras plottfiler samt sektioner ut från 2D-modellen (Jongeling, 2008).

För att tydliggöra projektets innehåll sammanställs all information i form av listor. Vidare måste de underlag som ska levereras stämma överens med varandra. Detta eftersom projekteringsprocessen består av olika aktörer där varje aktör har ansvar för sin disciplin. För att säkerställa att underlagen stämmer överens är det väsentligt att en kollisionsskontroll utförs så att felet inte följer med ut till produktionen. Målet med kollisionsskontroller är att få en så felfri modell som möjligt där inga byggdelar eller element kolliderar med varandra. Problemet med kollisionsskontroller i 2D är att en helhetsbild av byggnaden inte är tillgänglig vilket kan öka risken för misstag (Jongeling, 2008).

För att minimera risken för misstag samt effektivisera processen är 3D-och BIM modeller ett alternativ. Vid användning av BIM modeller används 3D objekt som gör det möjligt för programmet att förstå objektet utifrån kända parametrar. Vid användning av BIM-modeller finns möjligheten att koppla all nödvändig information till modellen vilket innebär att all data är sammanställd på ett och samma ställe. Eftersom all information är integrerad i BIM-modellen kan programmet visa vyer i plan(2D), 3D och sektioner automatiskt. Vidare kan BIM-modeller

till skillnad från de traditionella 2D-ritningarna framställa underlag i form av beskrivningar och listor med olika egenskaper kopplat till varje objekt. Detta resulterar i att risken för fel beskrivningar eller feltolkningar minskar. Användningen av BIM-modeller säkerställer därmed att de handlingar som levereras är mer korrekta än de handlingar som levereras med 2D projektering (Jongeling, 2008)

I de fall samtliga aktörer använder sig av objektbaserade modeller kan en sammanslagen BIM-modell skapas utifrån befintliga modeller. Detta möjliggör en visuell kollisionskontroll så kallad "clash-check". Genom att utföra visuella kollisionskontroller kan de olika modellernas kompatibilitet kontrolleras. Exempel på en typisk kontroll är att verifiera om stomme och installationer stämmer överens med arkitektens modell (Granroth, 2011).

2.2.3 Produktion

Innan produktionsfasen påbörjas måste en ansökan om bygglov ske hos kommunen. Vid beviljat bygglov ska bygget följa de handlingar som har levererats i samband med ansökan om bygglov under projekteringen (Boverket, 2019). Traditionellt används främst 2D-ritningar tillsammans med beskrivande dokument på byggarbetsplatsen under produktionsprocessen. Många olika aktörer ska samarbeta och projekteringsprocessen är oftast inte klar när produktionsprocessen börjar. Detta leder till att det förekommer produktionsstopp på byggarbetsplatsen pga. feltolkningar av underlaget eller brister i samordningen. I rapporten skriven av Jongeling utfördes intervjuer med kalkylatorer och projektledare där det framkom att produktionskostnader upp till 8% tillkommer i form av ÄTA och att hälften av dessa kostnader grundar sig i "brister i samordningen och feltolkningar i underlaget" (Jongeling, 2008).

I samband med teknikens utveckling finns det idag möjlighet att använda 3D-modeller/BIM ute på byggarbetsplatserna. I Jongelings rapport intervjuades tre platschefer, en entreprenadschef och projektörer angående hur de ser på BIM och hur de har arbetat med BIM på deras projekt. Utifrån intervjuerna framkom det att platscheferna och projektörerna ser följande fördelar med BIM (Jongeling, 2008):

- Högre kvalitet på modellen jämfört med tidigare.
- Modellen är tydligare och används flitigt i mötesrummen för att visualisera projektet. Den används även som ett verktyg för att diskutera olika frågor eller planera in olika delmoment.
- Samordningen och kommunikationen sker på ett mycket enklare sätt när modellen används som ett verktyg jämfört med tidigare 2D-ritningar.
- Entreprenadchefen uppskattar att ÄTA-relaterade kostnader har minskat med ungefär hälften.
- För installationsdisciplinen har endast ett fåtal krockar förekommit mellan stomme och installationer.
- Hantering av konflikter till följd av fel i underlaget eller p.g.a. missförstånd har minskat med upp till 90%.

- VSS konsult påpekar följande ”80% av frågorna från byggarbetsplatsen till oss försvinner nu när de får 3D-underlag”.

2.3 Röforsbron

År 2012 byggdes Röforsbron, det första projektet där BIM användes genom byggprocessens alla delar. Inga ritningar förekom under projektets gång utan all information fanns i modellen. Broprojektet var ett pilotprojekt utförd av Trafikverket där avsikten var att undersöka hur användningen av BIM påverkar byggprocessens olika skeden (Nilsson, 2012).

2.3.1 BIM i projekteringen

Bron projekterades först i 2D utifrån originalritningarna från 1900-talet. När beslutet att ”Bro 19-20-1 över Arboga ån vid Röfors” skulle bli ett BIM-baserat projekt fick konstruktörerna ta fram en 3D-modell baserat på de tidigare framställda 2D-ritningarna. Bron projekterades i programvaran Tekla som egentligen är utvecklad för husprojekt vilket orsakade begränsningar i projekteringen. Tekla hade till exempel inte alla objekt som krävdes för att bron skulle kunna projekteras på ett tillfredställande sätt. För att lösa detta fick projektörerna använda sig av liknande objekt och därefter addera nödvändig information om objektets innebörd. Att arbeta på det här sättet resulterade inte i några problem i själva programvaran dock kunde det uppstå komplikationer om filen öppnades i andra programvaror. De komplikationer som uppstod påverkade främst mängdningen eftersom programmet hanterade objektet som objektets faktiska innebörd istället för vad den hade beskrivits som (Malmkvist, 2013).

I samband med att BIM-modellen skulle användas under produktionen var det av ytterst vikt att modellens detaljnivå specificerades. Det diskuterades bland annat om huruvida alla bulthål behövdes visualiseras i modellen eller om det räckte med att bultarna var synliga. Detta resulterade i en diskussion om hur detaljerad en modell egentligen bör vara. Ska man sätta upp nya gränser för varje projekt eller borde man införa en miniminivå som modellens detaljnivå ska uppnå? (Malmkvist, 2013).

För att modellen skulle anses vara användbar under produktionsskedet behövde projektörerna veta vad entreprenörerna ville se och använda i modellen. Därför anser projektörerna på Röforsbron att arbetet hade underlättats avsevärt om entreprenörerna redan från början hade angett vad de ville ha i modellen och på så sätt undvika korrigeringar i efterhand (Malmkvist, 2013).

2.3.2 BIM i produktionen

Ute i produktionen ersattes de traditionella ritningarna med produktionsvyer som genererades ur modellen. Vyerna kunde sedan användas ute på byggarbetsplatsen och läsas på surfplattan. De produktionsanpassade vyerna redovisades i programmet Bluebeam medan modellen visualiserades i programmet TeklaBIMsight. Under veckomötena fick yrkesarbetarna

möjligheten att planera inför kommande veckans arbetsmoment och på så sätt redan då tala om vilka vyer de behövde för att kunna utföra sitt arbete. De produktionsanpassade vyerna visade endast nödvändig information vilket resulterade i ett mer effektivt arbete. Dessa vyer upprättades under veckan och placerades i en specifik mapp som gjorde det lätt för de i produktionen att hitta vyerna. Eftersom alla vyer var samlade på ett ställe kunde yrkesarbetarna beställa material och varna för eventuella problem som de upptäckte i modellen. Detta resulterade i att produktionen inte stördes på samma sätt och eftersom eventuella hinder kunde förutspås mycket tidigare fanns det tid och utrymme för att lösa komplikationerna (Malmkvist, 2013).

2.3.3 Hinder under produktionen

I rapporten "BIM i projekt Røforsbron" (Malmkvist, 2013) beskriver Trafikverket hur entreprenörerna upplevde problematik med att ta ut mått från programvaran BIMsight, i modellen. Detta ledde till att måttsättning gjordes inne på kontoret och yrkesarbetarna fick använda måttsatta vyer ute på bygget. Vidare var det viktigt att modellen och vyerna var uppdaterade och hela tiden aktuella. Detta ställde krav på IT-lösningen, till exempel att det fanns nätverk ute på byggarbetsplatsen. I framtida projekt önskade entreprenörerna att använda programvaror som är anpassade för att kunna ta ut mått direkt från modellen.

På byggarbetsplatsen använde produktionsteamet bärbara enheter som förvarades i en container. För att få ut mått fick yrkesarbetarna ta sig till containern och skriva ned måtten för att sedan gå tillbaka. Detta utgjorde inte något större problem i det här projektet men i större projekt menar yrkesarbetarna att avståndet skulle anses vara för långt. De hade istället önskat att få använda en bärbar station som kan flyttas beroende på vart man bygger (Malmkvist, 2013).

2.3.4 Framtida möjligheter

I framtida projekt önskar entreprenörerna att använda BIM-modeller i större utsträckning därför undersöktes möjligheten att integrera APD-planen i modellen. I rapporten intervjuades entreprenörernas projektchef som påpekade att det är av ytterst vikt att ADP-planen är en del av modellen. Detta eftersom det resulterar i att modellen arbetas igenom och kvalitén på modellen ökar innan den fastställs. Vidare kan planering på byggarbetsplatsen visualiseras genom att till exempel visa vart kranarna ska placeras i modellen. När bygget väl är igång kan APD-planen uppdateras i samband med modellen och på så sätt även kunna se vilka leveranser som är planerade eller vilka material som finns kvar (Malmkvist, 2013).

2.3.5 Yrkesarbetarnas perspektiv

För att projektet skulle ske på ett så bra sätt som möjligt fick samtliga yrkesarbetare en introduktionskurs där BIM-samordnaren visade hur bland annat surfplattorna skulle användas. De fick även lära sig hur man öppnar modellen i programmet och de funktioner som fanns

tillgängliga som till exempel skapa transparens, anteckningar och spara ner samt öppna olika produktionsvyer för att underlätta det dagliga arbetet (Malmkvist, 2013).

I rapporten (Malmkvist, 2013) intervjuades sex yrkesarbetare som deltog i Rölforsbrons projektet. Syftet med intervjun var att undersöka hur de upplevde att arbeta BIM-baserat under projektets gång. De intervjuade yrkesarbetarna var från yrkeskategorierna snickare och armerare. Gemensamt för samtliga respondenter var att de hade en relativt liten datorvana i arbetslivet och ingen av de hade tidigare erfarenheter av 3D-modeller eller BIM-baserat arbete. Det enda de kände till om BIM var att det innebar ett arbete med datorer och att inga ritningar skulle användas.

I stora drag var yrkesarbetarna positivt inställda till användningen av BIM och såg det som en utmaning men även en fördel. En del av yrkesarbetarna påpekade även att flera utbildningstillfällen skulle behövas eftersom kunskaperna lätt försvann om de inte repeterades med jämna mellanrum. En längre utbildning skulle leda till att de blev mer säkrare i programmet och på så sätt kunna arbeta mer effektivt (Malmkvist, 2013).

2.4 Programvaror

Ett ökat intresse av digitaliseringen i byggbranschen har åstadkommit till att olika programvaror har utvecklats framåt. Exempel på programvaror som tillämpas under produktionsskedet idag är Trimble Connect och StreamBIM.

2.4.1 Trimble Connect

Trimble Connect är en molnbaserad applikation som är tillgänglig direkt i en webbläsare. Programvaran stödjer flera olika system bland annat Windows och Chrome. Den är även anpassad för telefoner och surfplattor och stödjer därmed även iOS och Android. Detta gör det möjligt för samtliga projektdeltagare att enkelt kunna använda programmet utan några begränsningar. Genom att bjuda in projektmedlemmar kan de delas in i grupper med olika rättigheter vilket leder till att administratören på ett överskådligt sätt kan se vilka grupper som ska ha tillgång till vilka filer och vem som har gjort vad (Nolliplan, u.å.).

Programvaran delas upp i fyra olika kategorier (Nolliplan, u.å.):

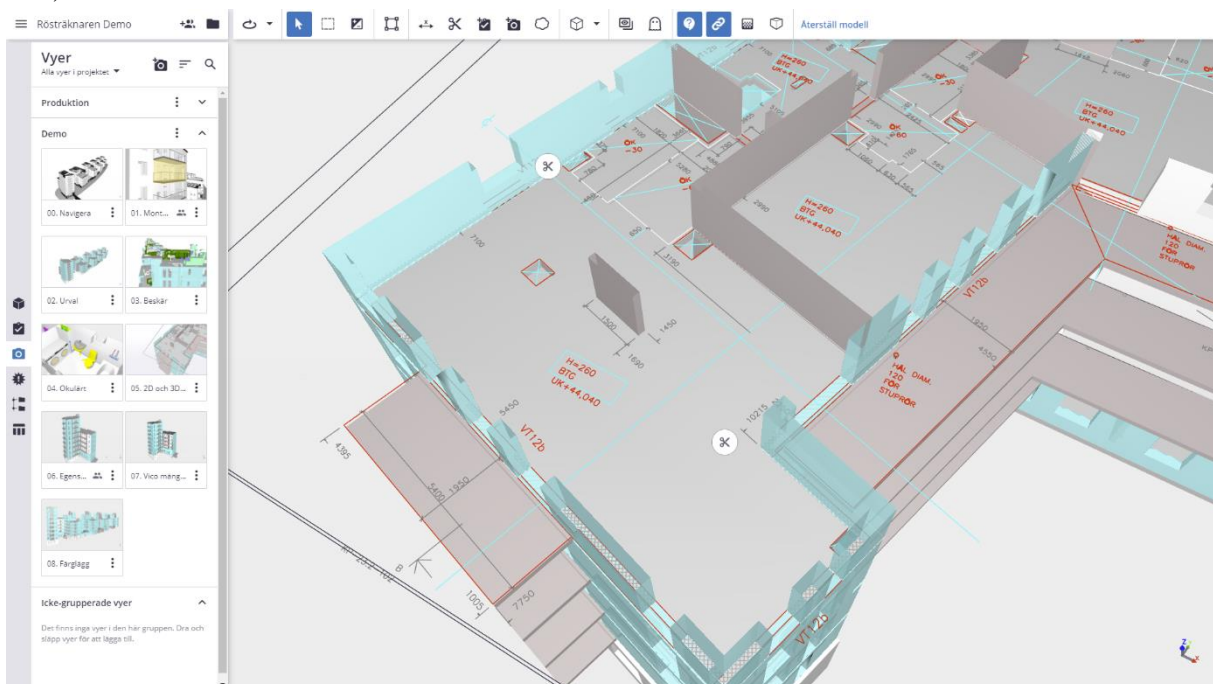
1. Projektplatsen Trimble Connect - här samlas alla dina filer och delas med andra medlemmar
2. Ritnings-och BIM-viewern - läs in ritningar & 3D-modellerna
3. Ärendehantering och fråga/svar - alla ärenden på samma ställe
4. Datahantering - läs in och addera egen data till BIM-modellen

1. Projektplatsen Trimble Connect - här samlas alla dina filer

Eftersom projektplatsen är molnbaserad gör det möjligt för samtliga deltagare att ta del av varandras arbete. Detta görs genom att projektmedlemmarna synkroniserar sina IFC-filer mot molnet. De kan själva välja om filerna ska synkroniseras manuellt eller om det ska ske automatiskt vid en specifik dag och tid. När BIM-modellen är uppladdad kan alla medlemmar ta del av modellen och navigera fritt. Användarna kan använda funktioner som gör det möjligt att mäta i modellen, göra noteringar och skapa olika typer av sektioner. Det finns även möjlighet att aktivera olika discipliner och upprätta olika vyer (Nolliplan, u.å.).

2. Ritnings-och BIM-Viewer - läs in ritningar & 3D-modeller

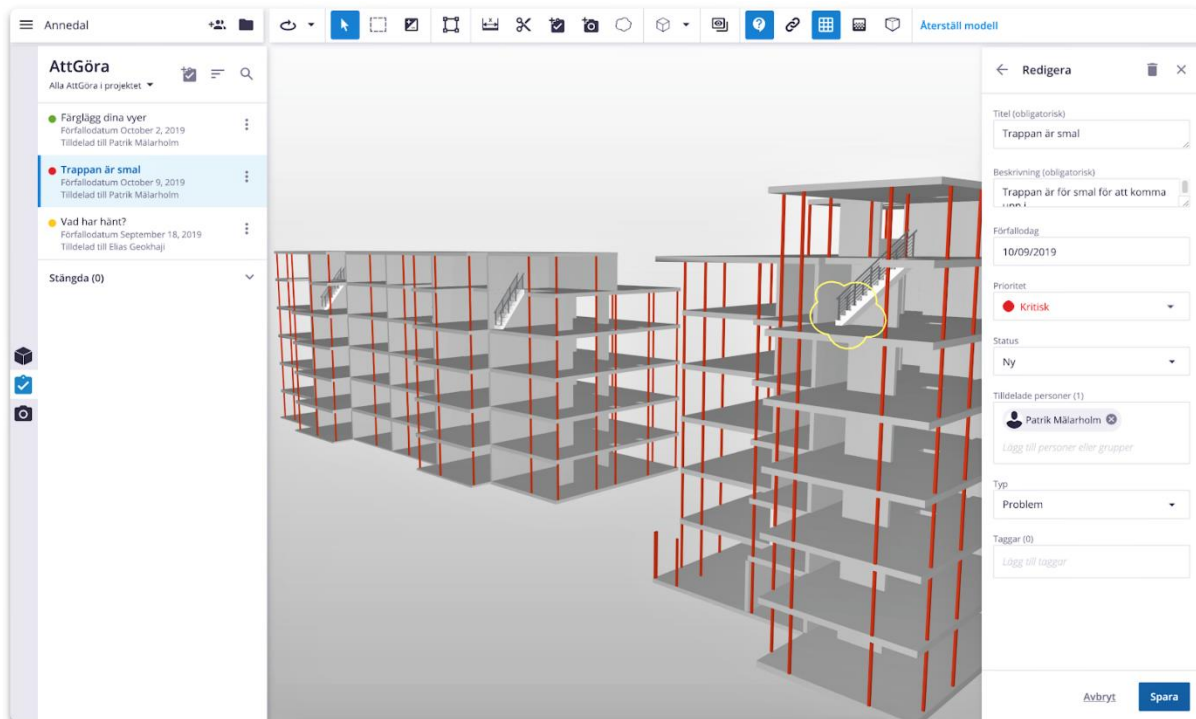
Utöver BIM-modellerna finns det även möjlighet att ladda upp 2D-ritningar. Trimble Connect stödjer formaten PDF, DWG OCH DWF. 2D-ritningarna kan användas på samma sätt som BIM-modellerna. Medlemmarna kan öppna ritningarna, skriva kommentarer, uträtta ärenden med prioritetsordning samt spara vyer. 2D-ritningarna kan även läggas in i 3D-vyn vilket gör att man kan se båda samtidigt i samma vy, på så sätt kan modellen kvalitetssäkras. Genom att använda sig av den här kombinationen kan man bland annat se vart man befinner sig i förhållande till ritningarna samt jämföra 3D-modellen med 2D-ritningar, se figur 2 (Nolliplan, u.å.).



Figur 2. Visar hur 2D-ritningen kan läggas in i 3D-vyn (Nolliplan, u.å.).

3. Ärendehantering och fråga/svar - alla ärenden på samma ställe

Under menyraden hittar man menyn "AttGöra" som hanterar alla ärenden. Medlemmar kan skapa frågor, ärenden, to do listor och sätta upp deadlines och prioritetsordning, se figur 3. När ärendet är skapat kan de tagga andra medlemmar som i sin tur får ett meddelande om att de har blivit taggad i en uppgift. Ärenden kan antingen kopplas till en ritning eller ett objekt i BIM-modellen eller göras som en notering utanför modellen. Utöver detta stödjer Trimble Connect även BCF vilket gör det möjligt att läsa in ärenden från andra programvaror som till exempel Solibri (Nolliplan, u.å.).



Figur 3. Visar hur ett ärende ser ut på Trimble Connect (Nolliplan, u.å.).

4. Datahantering - läs in och addera egen data till BIM-modellen

Det finns utrymme att addera egen data till BIM-modellen genom att koppla olika typer av filer till objekten i 3D-modellen. Dokument, filmer och webblänkar kan kopplas till modellen för att bland annat visa hur något ska monteras eller underhållas. Utifrån detta kan olika vyer skapas och tilldelas till olika discipliner. Alla som har tillgång till modellen kan även spara sina egna vyer för att få ut en viss typ av information. För att skilja på de olika vyerna kan de kategoriseras, antingen genom färgkodning eller att de sparas i olika mappar (Nolliplan, u.å.).

2.4.2 StreamBIM

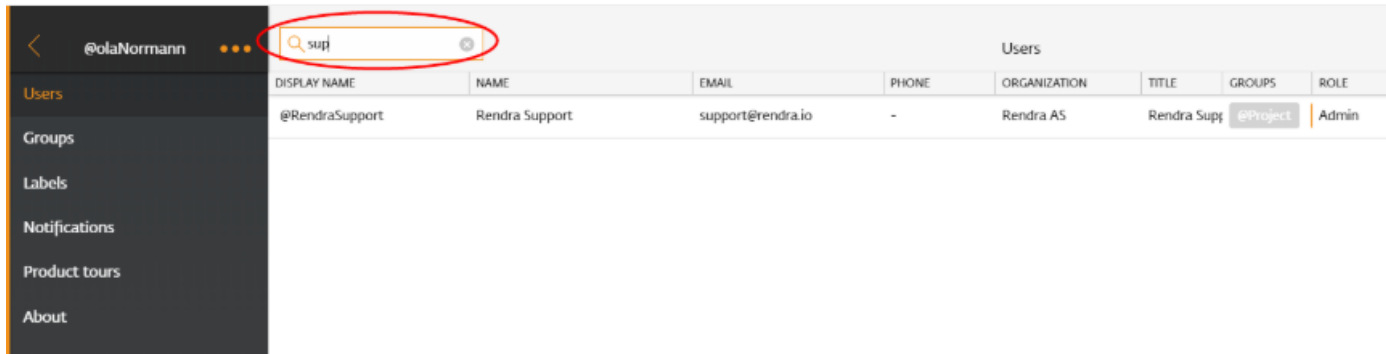
En annan programvara som är relativt ny i byggbranschen är den norska programvaran StreamBIM. Visionen med programvaran var att utveckla fram en 3D BIM-mjukvara som ska underlätta för produktionsskedet. Arbetet med utvecklingen av StreamBIM gjordes i nära samarbete med produktionen för att få en inblick i vad som efterfrågas ute bland yrkesarbetarna (StreamBIM, u.å., j). Studien visade bland annat att det under produktionsskedet fanns behov av en programvara med bra mätverktyg och funktioner där arbetarna enkelt kan ta fram efterfrågad information (Nilsson, 2019).

1. Projektplatsen StreamBIM - här samlas alla dina filer

Likt Trimble Connect är projektplatsen också molnbaserad i StreamBIM vilket möjliggör en effektivare samordning mellan samtliga discipliner och aktörer i projektet. I StreamBIM måste samtliga filer laddas upp manuellt, när filerna väl är uppladdade kan administratören välja när

de ska uppdateras. Användarhanteringen i StreamBIM fungerar på följande sätt (StreamBIM, u.å., c):

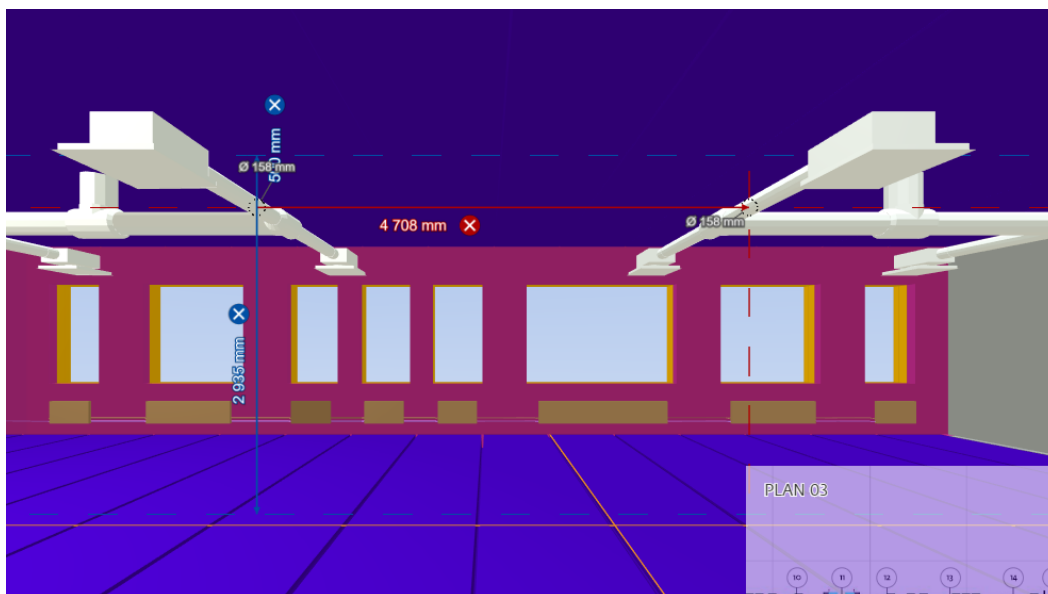
- Projektmedlemmar kan bjuda in användare
- Ifall intresset finns att söka efter en specifik användare har StreamBIM ett sökfält, se figur 4.
- Projektmedlemmar kan även skapa grupper och lägga till användare. I verktyget ”Groups” kan användare dela ämnen och arbetsflöden med medlemmar i gruppen.



Figur 4 visar verktyget ”Groups” i menyraden och den markerade röda cirkeln visar sökfältet (StreamBIM, u.å., f).

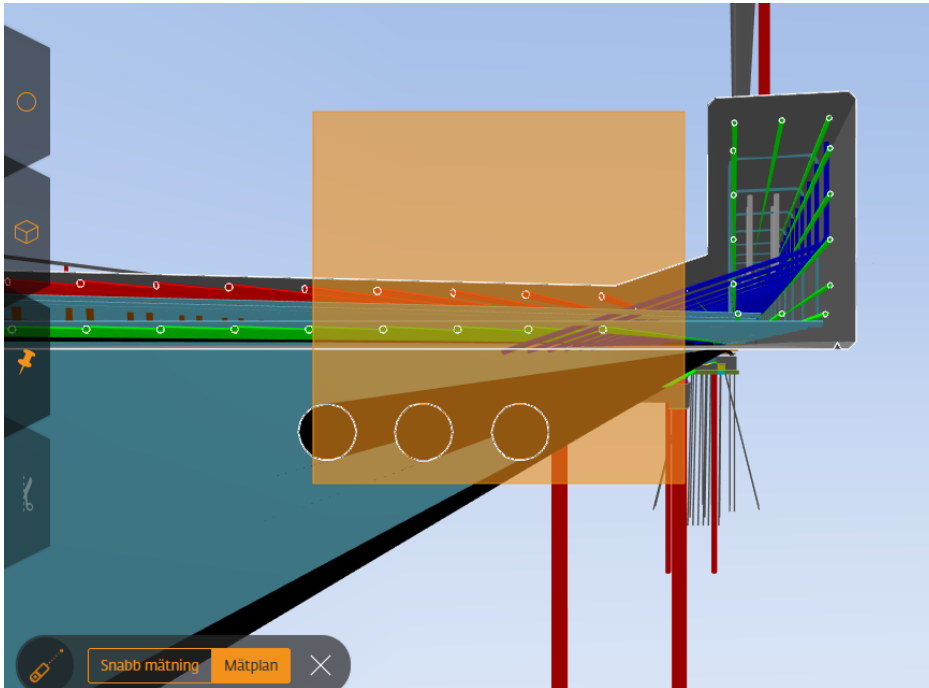
I StreamBIM har användarna även tillgång till programvarans mätverktyg. Enligt StreamBIMs hemsida (u.å., a) är syftet med mätverktyget att framförallt minska behoven att behöva skriva ut traditionella 2D-ritningar ute i produktionen. Istället kan tex. yrkesarbetarna direkt mäta i modellen. I StreamBIM finns det två mätverktyg att välja på vilka är följande:

- ”Snabb mätning”: Användaren markerar det som den vill mäta och då dyker laservektorer upp (en vertikal-, en horisontell- och en normalvektor). Innan mätning kommer en förhandsgranskning av vektorernas riktning och hur långt de mäter upp, vilket går att justeras efter det som efterfrågas (se figur 5).



Figur 5 visar på ett exempel hur snabb mätningen kan användas i modellen (Egen illustration).

- ”Mätplan”: Verktöget möjliggör för användaren att skapa mätplan i modellen. När verktöget är aktiverat i StreamBIM får användaren en förhandsgranskning på det upptäckta planet, se figur 6. När efterfrågat mätplan visas i modellen kan användaren klicka på ”skapa”. Ifall behovet finns av att justera djupet på mätplanet finns ett justeringsverktyg, se figur 7.



Figur 6. Visar ett exempel på hur verktöget ”mätplan” kan användas i 3D-modellen (Egen illustration).

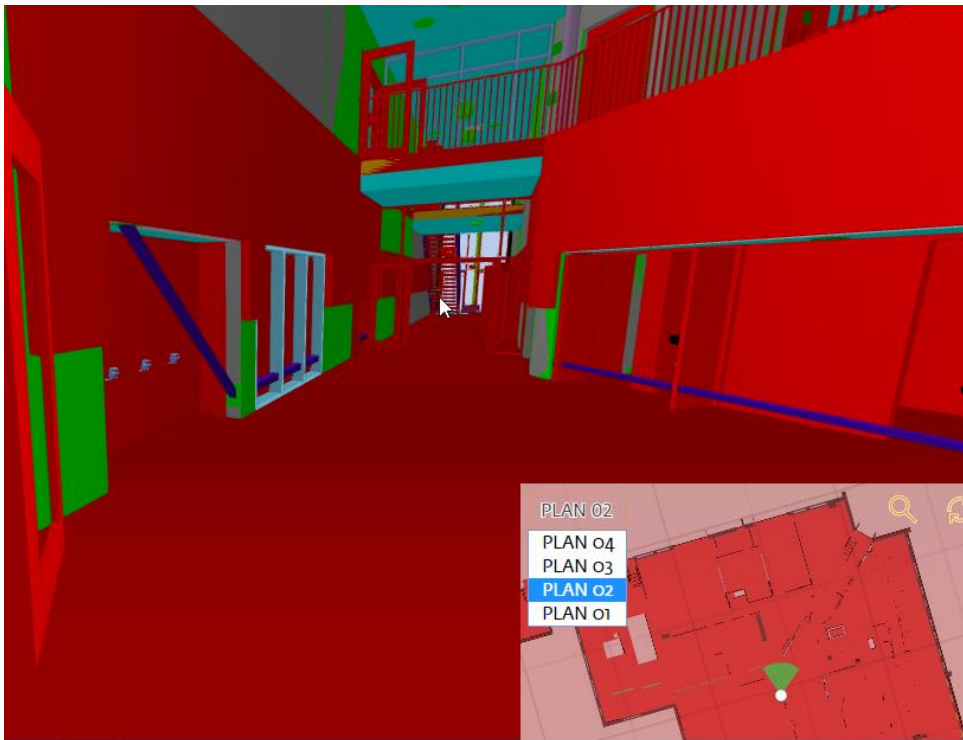


Figur 7. Visar vilka alternativ som dyker upp på mätningsverktöget när ”mätplan” väljs. Följande tal motsvarar: 1. Beskärningsplanjustering 2. Justera vyn till normal 3. Rensa alla mätningar som gjorts i mätplanet 4. Stänga mätverktyg (StreamBIM, u.å., a).

2. Ritnings-och BIM-Viewer - läs in ritningar & 3D-modeller

För att läsa in en 3D-modell i StreamBIM ställer programvaran krav på vilka typer av filer som kan laddas upp till modellen, programvaran stödjer enbart IFC-filer (StreamBIM, u.å., h). Utöver BIM-modellen kan även 2D-ritningar läsas in i StreamBIM, dessa ritningar används bland annat som en 2D-navigeringskarta i modellen. För att kunna anpassa och använda denna funktion kan enbart PDF-filer laddas upp. Uppladdningen av 2D-ritningar i modellen möjliggör både navigeringskarta i BIM-modellen men även få in anpassade 2D-planlösningar för respektive våningsplan. Anpassade 2D-planlösningar till varje våning underlättar för projekt

med stora byggnader och olika höjder på planlösningen. Därmed, kan användaren anpassa sig enkelt till sökt planlösning i modellen, se figur 8 (StreamBIM, u.å., b).



Figur 8. Visar hur användaren kan välja att navigera sig i respektive våningsplan. 2D planlösningarna laddas in i modellen i PDF-format och därmed kan användaren anpassa sig det som visas i modellen utifrån navigeringen i 2D-ritningen (Egen illustration).

3. Ärendehantering och fråga/svar - alla ärenden på samma ställe

I StreamBIM finns det verktyg där användaren kan göra sina egna anteckningar men även dela med andra användare. Dessutom, finns möjligheten att ladda upp bilder och beskrivningar på uppdaterad status för respektive arbetsområde. I samband med detta kan en annan användare få uppdaterad information om förändringar har skett i arbetsområdet. Utöver detta finns det möjlighet att lägga in egenkontroller i programvaran genom att ladda upp dokument eller mallar (StreamBIM, u.å., i).

4. Datahantering - läs in och addera egen data till BIM-modellen

Genom att klicka på ett objekt i BIM-modellen kan användaren se vilken information som finns inlagt. Dessutom, finns det utrymme att lägga till ett dokument som bilaga till valt objekt. När ett objekt markeras har StreamBIM ett verktyg som gör att användaren kan få ut alla objekt av samma typ genom att klicka på "Typ objekt" (StreamBIM, u.å., e). Utöver detta finns det möjlighet att ställa in etiketter kopplad till önskad fil eller dokument i StreamBIM. Dessa etiketter möjliggör en effektivare navigering och filtrering i modellen, genom att administratören definierar och grupperar etiketterna. När en användare enbart vill se exempelvis VVS i modellen kan övriga etiketter som inte tillhör VVS-objekt såsom el släckas ned (StreamBIM, u.å., d).

5. Filtreringsverktyg

Programvaran har funktioner som gör det enkelt att filtrera i 3D-modellen under produktionen. Användarna kan filtrera baserat på arbetsflöden som används, ämnets plats dvs. utifrån vilken disciplin som är intressant, våningsplan, grupper eller personer involverade. Vidare kan modellen även filtreras utifrån status, etiketter, vilket datum något är skapat eller förfallodatum (StreamBIM, u.å., g). Punkterna i figur 9 redovisar följande:

1. I "Workflow example" finns det aktuella projektets arbetsflöde.
2. Kategorin "Topic (legacy)" är den grupp som har skapats från den tidigare kallades "mallar" eller "arbetsflödesmallar".
3. Under "MESSAGES" finns alla delade konversationer (med @Project) och anteckningar
4. I "Personal notes" kan användaren göra sina egna anteckningar
5. "@Project" är konversationer som delas med andra discipliner och användare.
6. "CUSTOM FILTERS" är ett verktyg för att anpassa filerna.
7. "FLOOR" används för att kunna filtrera övriga plan som är ointressanta och istället bara se det efterfrågade våningsplanet.
8. "STATUS" filtrerar per ämnesstatus.
9. "LABELS" är filer med applicerade etiketter där projektet kan filtreras utifrån om "lysarmatur" eller "measurement" är intressant.
10. "SPACE" handlar om att projektet filtreras i olika ytområden som är intressanta. Det kan tex. vara i ett rum eller av ett område som exporteras som ett IFC Space.
11. I "CREATED" kan skapningsdatum läggas in för att veta när ett ämne har skapats och sen kan programmet filtreras utifrån vilken tidsperiod som är intressant att gå tillbaka till.
12. "DUE DATE" är ett sätt att filtrera för ämnen baserade på ämnets förfallodatum.



Figur 9. Illustrerar hur fönstret i programvaran StreamBIM ser ut med följande verktyg (StreamBIM, u.å., g)

2.5 Peabs BIM-manual

Peab har med tiden tagit fram en egen BIM-manual som används i varje BIM-projekt. BIM-manualens fungerar därför som en vägledning för samtliga konsulter som skall projektera BIM-baserat. Peabs BIM-manual (u.å.) delas upp i två väsentliga områden, vilka är följande:

- Del 1: Projektkrav BIM
- Del 2: Arbetsmetoder BIM

Den första delen handlar om vilka krav som ställs på BIM-modellen för respektive disciplin grupp i projektet. Den här delen lyfter även upp vilken information i modellen som projektörerna måste ta med innan modellen levereras vidare. I del två beskrivs kraven som ställs på arbetsmetoderna och hur varje part går tillväga för att tillämpa BIM-modellens olika delar.

2.5.1 Produktionsförberedelse och juridiska handlingar

Innan 3D-modellen skickas från projekteringsskedet till produktionen finns det krav på vad som ska förberedas. Till exempel, ska IFC-filerna vid leveransen alltid uppdateras vid eventuell förändring och alltid stämma överens med ritningarna. Dessutom ska hjälpobjekt såsom vägguppställningar och icke väsentliga delar rensas från 3D-modellen och detta för att innehållet i modellen som levereras ”enbart avspeglar den kommande byggnationen.” (Peab, u.å.).

När väl projekteringsskedet förbereder att leverera 3D-modellen till 3D-samordningen ställs bland annat följande krav: Projektören måste kontrollera att ”modellen är samordnad med övriga projektörer samt att interna kollisioner inte förekommer.” Utöver detta ansvarar resp. projektör för att sin modell granskas och samordnas med resterande discipliner. Dessutom, har projektören ansvar att ”åtgärda avvikelser, både de som upptäcks i den egna samordningen och de som BIM-samordnaren upptäcker” (Peabs, u.å.).

I Peabs BIM-manualen står det även om vilka handlingar som klassas som de juridiska handlingarna. Enligt manualen ska 3D-modellerna endast vara som ”informationshandlingar under produktion.” I de fall bestämda 2D-ritningar har producerats under projekteringen är dessa handlingar juridiskt bindande (Peabs, u.å.).

2.5.2 Objektinnehåll och litterering

I Peabs BIM-manualen, del 1, finns det ett avsnitt om hur innehållet på objekten i modellen ska hanteras. Ett utav kraven är att projektören ska ”använda sig av BIM-metodik i sitt projekteringsarbete så information som skrivs ut på ritningar, mängdlistor eller i uppställningar finns lagrad på byggdelsobjektet hämtas därifrån.” (Peab, u.å.). Dessutom, ställs krav på att inga dubletter av objekt får uppträda i filerna med BIM-modellen.

För att säkerställa att objektens information skall tolkas rätt av samtliga som ska använda modellen står det i BIM-manualen att det är ”viktigt att byggdelarna klassificeras i programvaran till sin rätta funktion”. Ett exempel som lyfts fram i manualen är att ett tak i 3D-

modellen måste vara klassat som ett tak (roof) i IFC-modellen. Dessutom, enligt tabell 1.8.2a i BIM-manualen lyfts även de minsta kraven som den levererade modellen ska innehålla för samtliga discipliner. Enligt BIM-manualen ställs detta krav pga. att kunna utföra 3D-samordning mellan olika discipliner och aktörer (Peab, u.å.).

Vidare, när det kommer till litterering av objekt kravställs det att ”alla objekt i modellen ska namnges på ett strukturellt och logiskt vis för att förenkla och möjliggöra användning och filtrering av objekt i modellerna.” För att Peabs projekt ska få en bra och överensstämmande struktur ställer BIM manualen krav på att alla discipliner använder en struktur på litterering av objekt enligt BIP koder. Ifall någon littera nummer skulle saknas för ett objekt ställs det krav på att motsvarande struktur skapas (Peab, u.å.).

2.5.3 Detaljeringsnivå

Vilken detaljnivå 3D-modellen ska ha lyfts också fram i BIM-manualen. Eftersom varje projekt oftast är unikt krävs det att detaljeringsnivån anpassas utifrån projektets behov. Modellens objekt ska vidare modelleras i enlighet med hur det är tänkt att den ska byggas då målet är att få en så produktionsanpassad modell som möjligt. Modellens objekt ska vidare modelleras i enlighet med hur det är tänkt att den ska byggas under produktionsskedet, då målet är att få en så produktionsanpassad modell som möjligt. För att uppnå detta krävs det att 3D-modellens objekt modelleras metodiskt och med rätt teknik samt att de objekt som finns i modellen stämmer överens med de geometrier vars syfte de skapas för. Samtidigt som en hög detaljeringsnivå är önskvärd är det viktigt att detaljnivån inte överdrivs. Detta eftersom en för hög detaljeringsnivå bidrar till att modellen kräver en stor datorkraft (Peab, u.å.).

2.6 Hinder

I slutrapport skriven av Mattias Jacobsson och Henrik C. J. Linderöth (2016) visar studien på att beställarens val och drivkraft har en viktig påverkan på hur övriga aktörer använder BIM. Trots detta visar studien att beställarna är de aktörer som använder BIM minst i sin verksamhet. Detta då studien konstaterar att beställarna ”fortfarande funderar över vad den potentiella nyttan med BIM kan vara för dem.” Jacobsson och Linderöth (2016) menar att beställarnas perspektiv enkelt kan uttryckas med att de ställer sig frågan ”vad tjänar vi på det?”. När det kommer till den ekonomiska besparingen av BIM, menar de att entreprenören drar mer nytta av det istället för beställarna. Studien visar även att entreprenörerna är positivt inställda till användningen av BIM. Däremot, trots detta konstaterades det att produktionsprocessen fortfarande utgår från 2D-ritningar i de flesta projekt. Enligt de är kunskapen idag på mellancheffsnivå fortfarande låg om fördelarna som användningen av BIM innebär i produktion (Jacobsson & Linderöth, 2016).

Ytterligare en viktig faktor som Jacobsson och Linderöth (2016) lyfter från utförda intervjuer är att oftast sätts produktionen av ett byggprojekt igång innan alla discipliner, metoder osv. är bestämda. Många externa som interna entreprenadföretag menar Jacobsson och Linderöth (2016) ställer sig istället frågan ”varför har ni inte satt igång där ute? Det är måndag idag, vi skrev på kontrakt i fredags”. En annan faktor som påverkar BIM-användningen är kopplad

ytterligare en gång till den ekonomiska aspekten. Jacobsson och Linderoth menar att oberoende på hur kontraktet är utformad uppstår diskussioner om ”vad det är man betalar för med avseende på informationsmängden i modellen.” Ett exempel på problem som kan uppstå är att entreprenören anser att BIM-modellen som projektören har framställt inte innehåller efterfrågad information. Ifall beställaren hade ställt krav på modellens utformning från början skulle de undvika de extra kostnaderna till projektören menar Jacobsson och Linderoth (2016).

2.6.1 Juridiska handlingar och informationshantering

Intresset kring att implementera digitala modeller i olika byggprojekt börja allt mer öka idag men vad kan hända om kraven på BIM inte finns med i handlingarna? I en artikel från Peab menar Andreas Furenberg Ring, teknikchef på Peab Bygg, att de regler som finns idag måste genomgå en förändring för att BIM och 3D-modeller ska kunna gälla som juridiska handlingar i projekt. Dessutom, menar Furenberg att ”En del av verktygen behöver också vidareutvecklas och bli mer precisa så att vi kan beräkna alla mängder direkt från den digitala modellen.” (Peab, u.å.).

För att motverka detta bekymmer ute i byggbranschen arbetar BIM Alliance successivt med att ta fram, utveckla och tydliggöra de juridiska kontrakten. BIM Alliance (2018) har tagit fram mallar för kontraktsskrivande vid upphandling av konsulter i syfte att säkerställa att de processer som berör BIM under projekteringen inte försvåras. Avtalsmallarna ämnar sig åt att förtydliga vad som gäller kring leveransen av den digitala modellen, där den ena mallen är dedikerad till entreprenören och den andra till projektören. Till exempel, finns det ett avsnitt i dessa avtalsmallar som handlar om leveransspecifikationer av digital information som beställaren ställer på projekteringsuppdraget. Ytterligare ett avsnitt som lyfts fram i dessa avtalsmallar är att eventuella fel ska dokumenteras skriftligt och följa med i leveransen (BIM Alliance, 2018).

Dessutom, har BIM Alliance (2014) tagit fram exempel på flera olika scenarier ifall kriterierna inte kommer med vid upphandlingen. Nedan presenteras följande scenarier:

Scenario 1: Handlar om att under konsultupphandlingen har en objektbaserad 3D-projektering krävts däremot har eventuella konsulter som entreprenören själv har upphandlat inte krävts på samma sätt. Då menar BIM Alliance (2014) att ”får man projektet in en konsult som inte modellerar i 3D kan det hända att det arbetssätt man byggt upp i början av projekteringskedet går förlorat och den eventuella investering man har gjort då inte kan betalas tillbaka.” (BIM Alliance, 2014).

Scenario 2: I ett tidigt skede, vid projekteringsprocessen, av byggprojektet kan det vara svårt för projektören att veta exakt vilken information som är väsentlig att få med i modellen. Därmed, kan det inträffa att när projekteringen väl ”framskrider vill ställa nya krav på sina konsulter än vad man hade från början.” BIM Alliance menar därför att det är viktigt att i avtalet finns ett så kallad förhandlingsutrymme. Detta på grund utav att ifall efterfrågan på att ställa nya krav på informationen finns, kan detta ske utan att behöva ”betala för stora tilläggskostnader.” (BIM Alliance, 2014).

Därmed har BIM Alliance tagit fram tidigare nämnda avtalsmallar för att det då ska säkerställas och minimera risken för att dessa scenarier skall inträffa vid upphandlingen. Informationsutbytet mellan olika aktörer är en viktig del för att byggprojekten ska flyta på och detta menar BIM Alliance kan underlättas med hjälp av implementeringen av BIM (BIM Alliance, 2014).

2.6.2 Informationsutbyte

Under projekteringsskedet projekteras och förbereds 3D-modellen för att levereras till produktionen. Det är därför väldigt viktigt att modellen som levereras innehåller den informationen som är väsentlig i produktionsskedet. För att uppnå detta mål menar BIM Alliance att ”I korthet går konceptet på att ställa krav på innehållet i leveranserna och en överenskommelse mellan leverantör och beställare görs.” (Nolliplan, 2018). Den avgörande utmaningen menar BIM Alliance (2014) ligger i att ha kunskap om följande:

- Vilken information är relevant?
- Vilket objekt som ska vara informationsbärare?
- När behövs informationen?
- I vilket syfte används den?
- Vem ska skapa den (ansvarig part)?
- Vem ska ta emot den?

För att informationsutbytet ska ske på ett effektivt sätt är det viktigt att modellens detaljnivå är anpassad till dess syfte. Enligt Nolliplans rapport (2018) är ”Grundregeln för att bestämma detaljeringsnivå i en BIM-modells olika skeden, är ändamålsenligt.”. Därmed, menar Nolliplan (2018) att modellens detaljeringsnivå inte behöver vara högre än ”ändamålet det tjänar”. En högre detaljnivå behöver inte innebära en bättre 3D-modell utan att istället minimera detaljnivån och informationen till det som efterfrågas ute i produktionen menar Nolliplan (2018) är en effektivare leveranshantering. Däremot, ibland behövs det en specifik och hög detaljnivå för att uppnå tjänstens syfte och detta måste också beaktas vid projekteringen. Därför menar BIM Alliance (2014) att redan i ett tidigt skede, vid upphandlingsfasen, är det viktigt att distinkt definiera önskad information och detaljnivå som ska levereras från projekteringsskedet. För att uppnå måste beställaren tydligt förklara vilken information som projektören ska ta med i modellen.

3 RESULTAT

I följande kapitel kommer resultatet av intervjuerna att redovisas i form av en tabell med tillhörande beskrivningar.

3.1 Beskrivning av projekten

De projekt som har studerats är projekt Celsius i Uppsala och projekt Elverumsbron i Karlstad. Per Höglin, BIM-ledaren (Byggstyrning) i projekt Celsius, var personen som representerade projekt Celsius under intervjun. Från anläggningsprojektet i Karlstad intervjuades konstruktören Anna Svensson Höök (WSP), projektchefen Fredrik Jansson (Peab) och BIM-samordnaren Hugo Hammarstrand (Peab).

3.1.1 Celsius projektet i Uppsala

”Modigt, gediget och vackert” är Byggstyrnings nya ledord för projekt Celsius i Uppsala Science Park. Projekt Celsius är ett av Sveriges få byggprojekt där hela byggprocessen är modellbaserad. Beställarna bakom projektet är Vasakronan som har handlat upp Byggstyrning AB som är ett projektledar företag. Byggstyrning AB har ansvarat för alla delar under projektets gång (Byggstyrning, 2018). Eftersom entreprenörerna har varit med från början har de haft möjlighet att påverka projektets utformning. Projektet valdes att utföras ritningsfritt och målet med att arbeta BIM-baserat grundade sig i visionen om att åstadkomma en bättre slutprodukt på ett billigare och effektivare sätt. Programvaran StreamBIM har varit projektets visualiseringsverktyg under produktionen där yrkesarbetarna har använt programvaran för att hämta information och mäta i modellen .

3.1.2 Elverumsbron i Karlstad

Elverumsbron i Karlstad är en så kallad samverkansbro vilket innebär att det är en stålbalk med en brofarbana i betong som samverkar tillsammans. Det är en vägbro med gång och cykelbana med en längd på cirka 150 meter. WSP broteknik har anlits för att projektera bron och Peab Anläggning är den upphandlade entreprenören. Projekteringen utfördes under 2017–2018 och var ute för upphandling under 2019 och produktionen påbörjades hösten 2019. Under projekteringen har Tekla Structure används vid modelleringen av bron dessutom har vanlig 2D-AutoCAD använts för att ta fram planunderlag. Programvaran Trimble Connect har varit projektets visualiseringsverktyg och utbytesformatverktyg till beställare och entreprenören.

3.2 Sammanställning intervjuer

I det här kapitlet kommer intervjuerna från de två projekten att sammanställas där avsnittet inleds med tabell 1 och tillhörande beskrivningar till respektive kategori.

Tabell 1. Visar de områden som har berörts under intervjuerna.

Kategorier	Beteckningar: X=Stämmer & /=stämmer delvis Färgkoder: Vinst & Hinder	Projekt Celsius, Uppsala Byggstyrning	Elverumsbron, Karlstad, Peab
3.2.1 Juridik	BIM-modellen är den juridiska handlingen.	X	X
3.2.2 Besparingar	BIM-baserat arbete sparar tid.	X	X
	Implementering av BIM har inneburit större kostnader jämfört med ritningsbaserade projekt.	X	/
3.2.3 Produktivitet & kvalité	Tidiga och kontunerliga dialoger mellan projekterings- och produktionsskedet (möjlighet att lättare se slutprodukten, kostnaderna och tiden).	X	
	BIM reducerar visuella konflikter och andra fel (med hjälp av t.ex. kollisionskontroller).	X	X
	Exakt mängdning kan tas direkt från BIM-modellen.	X	/
	Digitala checklistor/egenkontroller har använts för att effektiviserar kommunikationen.	X	
	Modellens detaljnivå och information är tillräcklig	X	X
	Upp till 50% av "ÄTA-arbete" har reducerats jämfört med liknade 2D-projekt.	X	
	Specifikationer kan hämtas direkt från BIM-modellen.	X	
3.2.4 Metoder och processer	Lärdomar till nästa projekt & utveckling.	X	X
	Konstruktörerna har uppdaterat modellen under produktionsskedet (Projektering och Produktion pågår parallellt).	X	X
	Utmaningar om att inte gå miste om värdefulla komponenter vid informationsflödet har förekommit.		X
	Traditionella 2D-ritningar finns kvar i projektet.	/	/
3.2.5 Samordning	Förbättrad samordning mellan de olika disciplinerna.	X	/
	Förbättrad visualisering av projektet och dess planering.	X	X
3.2.6 Programvarans verktyg och komponenter	Yrkesarbetarna har fått utbildning i programvaran och fått hjälp under produktionsskedet.	X	
	BIM modellen är tillgänglig på mobiltelefonen/surfplattan	X	/
	Problem med att ta ut mått från modellen		X
	Utveckling av dagens programvaror krävs		X
	Möjlighet till att filtrera i modellen	X	/

3.2.1 Juridik

BIM-modellen är den juridiska handlingen

I båda projekten var BIM-modellen den juridiska handlingen. Däremot menade BIM-ledaren för projekt Celsius, att deras inställning till juridiken hade varit ”sund” vilket har inneburit att juridiken omfattade det som behövdes för att uppnå projektets syfte. I projekt Celsius berättade BIM-ledaren att modellen prioriterades framför ritningarna det vill säga, BIM-modellen hade en högre status än 2D-ritningarna. Vidare, berättade BIM-ledaren att de hade varit i kontakt med jurister kring denna omställning. Samtliga jurister menade att modellen hade varit tydligare och bättre jämfört med användningen av ritningsunderlag. Ett exempel på detta som BIM-ledaren tog upp från juristernas återkoppling var att ”gränsdragningen är mycket tydligare med detta upplägg!”.

I projekt Elverumsbron fanns BIM-modellen med som juridiska handlingen vid upphandlingen av entreprenör, dock hade man bara validerat och säkerställt att Trimble Connect hade rätt geometrier och information från IFC-formatet.

3.2.2 Besparing

BIM-baserat arbete sparar tid

Genom att arbeta BIM-baserat och molnbaserat menade både BIM-ledaren i projekt Celsius och konstruktören i projekt Elverumsbron att de hade sparat tid under projekteringsskedet. Båda påpekade att man i dagsläget oftast börjar projektera i 3D för att sedan gå över till 2D ritningar i ett senare skede. Något som BIM-ledaren menade medför till att modellen oftast blir lidande. Konsulterna lägger ner en stor del av tiden på att tillverka detaljerade ritningar som möjligt som i slutändan ändå avviker från modellen. Detta resulterar i att två parallella processer skapas som både är tidskrävande och ineffektiv. Genom att endast arbeta med 3D-modellen menade konstruktören att man nästan kan uppskatta att en halvering av tiden görs ”eftersom det tar minst lika lång tid att göra ritningar som det tar att ta fram en modell”.

Att arbeta molnbaserat har också gjort att man sparat tid under projekteringsskedet. Genom att arbeta molnbaserat menade BIM-ledaren i projekt Celsius att mycket av det manuella arbetet hade automatiserats. Han som BIM-ledare behövde inte längre samordna filer utan kunde spendera sin tid på att utveckla modellen. Fortsättningsvis, påpekade både BIM-ledaren och konstruktören att de även hade sparat tid på att lösa kollisionskonflikter i modellen. Detta då projektörerna redan i förväg många gånger kunde utföra egenkontroller innan samgranskningsmöten och på så sätt i korrigerade eventuella kollisioner i ett tidigt skede.

Implementeringen av BIM har inneburit större kostnader jämfört med ritningsbaserade projekt

I projekt Celsius berättade BIM-ledaren att omställningen till ett BIM-baserat projekt inte inneburit stora besparingar ekonomiskt utan pengarna hade istället spenderats på rätt ställen. Vidare påpekade BIM-ledaren att projekteringen blev dyrare men det medförde även att

projektet erhöll en högre kvalitet. Detta resulterade i att inga lösningar på plats (LPP) och ÄTA-arbeten hade förekommit, något som annars är väldigt förekommande och som vanligtvis kostar mycket att åtgärda.

I projekt Elverumsbron hade ingen utvärdering gjorts men konstruktören menade att hon inte tror att den ekonomiska faktorn hade förändrats särskilt mycket jämfört med traditionella 2D-handlingar. Vidare, poängterade konstruktören att ”alltid när man befinner sig i en mognadsprocess i alla branscher så kostar det lite mer initialt till en början”. Genom att arbeta modellbaserat menade konstruktören att den totala projektkostnaden kan tänkas minska ”eftersom man ganska tidigt kan upptäcka fel och brister som man i en konventionell 2D-handling upptäcker alldeles försent när man redan står ute och ska bygga”.

Ur produktionens perspektiv berättade projektchefen att när det kommer till ekonomisk förändring har inga direkta slutsatser kunnat dras då ”modellen inte har varit kopplad till några ekonomiska kalkylmätningar”.

3.2.3 Produktivitet & kvalitet

Tidiga och kontunerliga dialoger mellan projekterings-och produktionsskedet

I projekt Elverumsbron handlade inte beställaren upp entreprenörerna förrän projekteringen var avslutad, därmed kunde inte projektören föra någon diskussion med entreprenören under själva projekteringsprocessen. Detta medförde att projektörerna fick göra antaganden ”baserat på vad de brukar få med sig när de får ritningar och då försökte vi göra någonting liknande”. Utifrån förutsättningarna menade konstruktören att de har försökt att ha en god dialog i efterhand men tror att detta skulle ha fungerat bättre ”ifall vi hade varit i kontakt med varandra redan under projekteringsprocessen”. Vidare, påpekade konstruktören att de har varit med som stöd under produktionen för att uppdatera i modellen efter entreprenörens önskemål.

Från produktionens perspektiv berättade projektchefen att de har suttit tillsammans med ansvariga i WSP och gått igenom modellen för att få en så produktionsanpassad modell som möjligt. För att förbättra modellen hade yrkesarbetare från produktionsskedet fått komma med önskemål som projektchefen sedan skickade vidare till konstruktören, se figur 10.

Armerarnas frågor och funderingar:

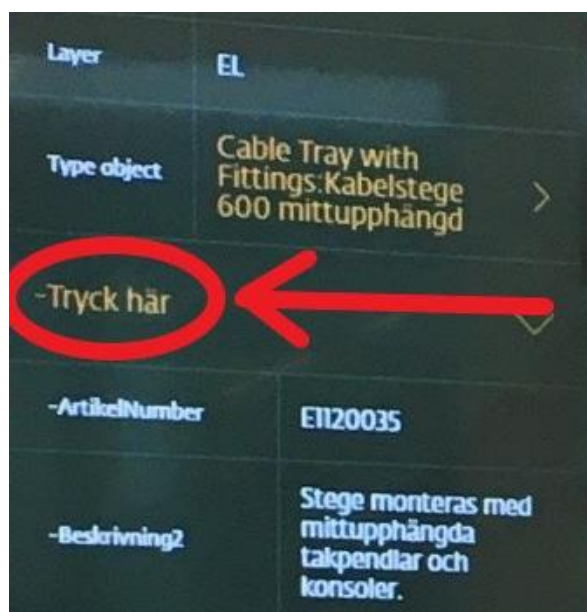
- Kan man på ett enkelt sätt få modellen att skriva ut litteranummer i bilden så att den blir mer "ritningslik"?
- Går det att lägga in en bild "Allmänna anvisningar" där det står skarvlängder osv.?
- Skarvlängder i modell skiljer från allmänna anvisningar! Vissa järn sticker ner/ut genom betongen, är längde rätt för tillverkning?
- Gruppering av litteranummer är lite konstig, samma järn har olika gruppering. Är det bara för att de spegelvända?

Träkillarnas frågor och funderingar:

- Kan man på ett enkelt sätt få ut måtten så att de syns i bilden och är kvar?

Figur 10. Visar på vilken information och hur yrkesarbetarna ville ha det beskrivet i modellen. Den här "önskelistan" har projektchefen diskuterat med konstruktören ifall hon kunde "städa i modellen" och ta bort sådant som känns lite onödigt. Utöver konstruktören påpekade BIM-samordnaren, att de på Trimble Connect också hade fått samma önskelista som förklarar hur produktionen hade önskat att ha det.

I projekt Celsius menade BIM-ledaren att ett nära samarbete med produktionen hade prioriterats. Projektörerna hade haft en nära dialog med entreprenörer/yrkesarbetare där yrkesarbetarna hade blivit tillfrågade vilken typ av information de önskade att ha i modellen. Utifrån responsen från produktionen hade projektörerna skapat "propertie set" eller informationsstruktur som till exempel "Tryck här" för att samla all betydelsefull information på ett ställe, se figur 11.



Figur 11. Illustrerar hur projekt Celsius, har lagt till "Tryck här" för att underlätta för yrkesarbetarna. De har sorterat i IFC-modellen så att all information som yrkesarbetarna var intresserad utav döptes till "Tryck här" (Egen illustration).

BIM reducerar visuella konflikter och andra fel

I projekt Celsius gjordes kollisionskontroller till en början i Naviswork men en övergång till Solibri gjordes i ett senare skede där informationskontroller utfördes. All samordningskommunikation kopplat till modellen hanterades i BIMcollab. Eftersom alla discipliners arbete fanns i "RevitMolnet" menade BIM-ledaren att det inte fanns några problem med brandväggar eller korrupta filer. När det kommer till anläggningsprojektet i Karlstad hade teknikområdet brokonstruktion utfört kollisionskontroller i Tekla. Däremot hade vägsidan, belysning och geoteknikerna projekterat i 2D vilket gjorde att det inte blev optimalt att utföra kollisionskontroller mellan teknikområden. Vidare, menade konstruktören att utförandet av kollisionskontroller inom deras teknikområde hade medfört att "det tidigt går att se vart det kan uppstå krockar eller kollisioner och därmed åtgärda de tidigt."

Exakt mängdning kan tas direkt från BIM-modellen

I projekt Elverumsbron har man kunnat mängda direkt från modellen när det kommer till armering, betong och ståldelar. Konstruktören menade att detta var möjligt pga. den höga detaljeringsnivån på dessa byggdelar. De mängder som tas ut från modellen menade konstruktören "borde bli nästintill såsom det kommer bli i verkligheten". Fortsättningsvis, påpekade konstruktören att modellen innehöll vissa detaljer såsom räcken på bron som inte hade projekterats lika detaljerat. Detta gjorde att en exakt mängdning inte kunde tas ut för sådana objekt direkt från modellen. Mängdning för sådana typer av objekt kunde först göras när räcket hade beställts från leverantörerna då det är leverantörerna som tar fram objektspecifika ritningar.

Under produktionsskedet upplevde projektchefen och yrkesarbetarna att de inte var lika lätt att kunna mängda från modellen., speciellt när det kommer till armeringsjärnen. Projektchefen menade att detta berodde på att armeringsjärnen inte var grupperade på ett logiskt sätt. Vidare, menade projektchefen att arbetarna istället behövde peka på järnen och som resultat "får man oftast upptänt en litteragrupp men inte alltid eftersom det kan skilja en centimeter i längd på ett järn och då får den helt plötsligt ett nytt litteranummer fast att det i princip är samma järn".

Till skillnad från projekt Elverumsbron kunde man i projekt Celsius mängda direkt i modellen vilket gjorde det möjligt att ta ut mängder som underlag för anbud. Underentreprenörerna fick mängder direkt från modellen för att sedan prissätta dessa.

Digitala checklistor/egenkontroller har använts

I projekt Celsius berättade BIM-ledaren att genomförandet av egenkontroller hade digitaliserats. Mallar hade tagits in från samtliga entreprenörer och lagts in som default dokument i StreamBIM. Vidare menade BIM-ledaren att när det kom till ärendehantering hade besiktningar delvis skett digitalt, då besiktningsmannen hade haft möjlighet att ta del av egenkontroller via bilder och kommentarer. Detta underlättade efterarbetet när den som ansvarade för besiktningen väl var på plats, då all nödvändig bakgrundsinformation redan var given.

Å andra sidan, förklarade projektchefen för Elverumsbron att modellen inte hade använts som underlag för att dokumentera egenkontroller, utan de gjordes fortfarande på traditionellt vis. När egenkontrollerna var utförda skannades de in och skickades digitalt till kunden. Däremot menade projektchefen att ” där ser jag att med ganska små medel skulle det vara superbra att man kan tex. koppla en BankID-signering till en egenkontroll”.

Modellens detaljnivå och information är tillräcklig

I Celsius projektet hade ingen specifik detaljnivå specificerats utan BIM-ledaren menade att ”behovet har fått avgöra hur detaljerad projekteringen ska vara utifrån det som har efterfrågats ute på produktionen”. För vissa discipliner har detaljeringsnivån varit tillräcklig medan det för andra discipliner inte har räckt med modellen utan kompletterande 2D ritningar hade fått tas fram. Vidare, fanns icke modellerad information antingen som typritning eller som beskrivningar i StreamBIMs dokumenthanterare. Eftersom projekteringen och produktionen delvis pågick parallellt kunde modellens detaljnivå anpassas efter produktionens behov. Därför hade till exempel arkitekten ytterligare utvecklat modellens detaljeringsnivå genom att visualisera väggens olika lager för att underlätta arbetet under mängdning och produktion.

Under projekteringsskedet i projekt Elverumsbron valde konstruktören att projektera utifrån den högsta detaljeringsnivån. Konstruktören menade att för att modellen ska kunna likställas med en 2D ritning ”måste man ha modellen så detaljerad”. Modellen levererades med ett textdokument som WSP kallade för ”redogörelse för anläggningsmodeller”. I textdokumenten var informationen som kommer med i modellen beskriven. Utöver det förtydligade dokumentet vilken information som WSP hade kvalitetssäkrat och vilken information som entreprenörerna fick använda på egen risk. Vidare, poängterade konstruktören att det inte betyder att informationen är felaktig men att ” det är lite så vi har hanterat överflödigt information” något som konstruktören anser har fungerat bra.

Under produktionsskedet ansåg projektchefen att detaljnivån i 3D-modellen hade varit tillräckligt bra. Dock hade det hade förekommit enstaka fall där någon del i modellen inte hade framgått, något som även inträffar vid 2D-ritningar. Projektchefen påpekade att ”det är inte fel på modellen utan det beror på den mänskliga faktorn”. När produktionen har upptäckt att vissa delar i modellen saknas har konstruktören gått in i modellen och lagt till det.

Upp till 50% av “ÄTA-arbete” har reducerats jämfört med liknade 2D-projekt.

I Elverumsbron projektet hade inte detta resultat visats tydligt medan BIM-ledaren i Celsius projektet förklarade att de hade upplevt att mycket ÄTA-arbete hade reducerats jämfört med tidigare projekt. En av anledningarna till detta menade BIM-ledaren var pga. att ”modellen erhåller en högre kvalitet” och möjligheten till att upptäcka kollisioner i ett tidigare stadie reducerar mängden extra-arbete.

Specifikationer kan hämtas direkt från BIM-modellen

Att plocka ut information och beskrivningar i modellen för Celsius projektet hade fungerat bra, menade BIM-ledaren. Fortsättningsvis, berättade BIM-ledaren att projektörerna hade lagt in artikelnummer i modellen för alla objekt och så kallad RSK-databas för VVS-produkter. Även beskrivningar kopplade till samtliga objekt fanns tillgängliga i modellen med länkar direkt till beställningsplatser. Denna information hade underlättat beställningarna under produktionsskedet då beställningarna enkelt hade kunnat göras genom länkarna som är kopplade till leverantören.

3.2.4 Metoder och processer

Lärdomar till nästa projekt & utveckling

I projekt Celsius menade BIM-ledaren att de lärdomar de kommer ta med sig till framtida projekt var att få in all information i databaser samt ta bort allt ”dubbelarbete. En annan lärdom som BIM-ledaren påpekade att de kommer ta med sig är att skanna mer under projektets gång, detta för att säkerställa att produktionen stämmer överens med projekteringen.

När det gäller projekt Elverumsbron ansåg konstruktören att det var viktigt att det tidigt gjordes en plan för just hanteringen av informationen som ska användas i ett senare skede. Till exempel menade konstruktören att följande frågor borde beaktas ”vad behövs för att handla upp när man använder sig av en modellbaserad leverans? Vad behöver entreprenören för information? Vad är det för produkt som man egentligen behöver producera?”. Genom att svara på dessa frågor menade konstruktören att bättre anpassningar skulle kunnat gjorts under projekteringsskedet. Nu har modellen fått korrigeras i efterhand, något konstruktören menade hade kunnat undvikas.

Vidare, påpekade BIM-samordnaren i samband att allt egentligen var färdigt när entreprenören fick modellen ”kunde vi inte säga till om någonting utan vi får anpassa oss efter vad som ställs”. Vikten av att i ett tidigt skede föra en dialog med projektörerna menade BIM-samordnaren är något de kommer ta med sig till framtida projekt. I framtiden skulle BIM-samordnaren även vilja ha det ”verktygsneutralt”. Det vill säga att de filer som exporteras inte har specifika krav på sig om vilken programvara som modellen är validerad i. Däremot, blir det inte riktigt så i dagsläget, som exempel förklarade han att om konstruktören eller projektören hade valt att projektera i Novapoint ”blir det jättekrångligt i produktionsskedet om vi inte har tillgång till Novapoint”. Det är sådana aspekter som gör att de sätts krav på entreprenören att ”de sitter på alla verktyg” därför menade BIM-samordnaren att ”vi blir ganska trubbiga i alla verktyg dvs. vi har ingen spets i något av verktygen utan det blir lite projektberoende”. Därmed anser BIM-samordnaren att de antingen har ”något öppet som funkar i alla verktygen” eller att ”man väljer ett specifikt verktyg och kör enbart på det”.

Konstruktörerna har uppdaterat modellen under produktionsskedet (Projektering och produktion pågår parallellt)

I projekt Elverumsbron var projekteringen av bron avslutad innan produktionen började. Trots detta hade konstruktören fått göra korrigeringar i efterhand. Konstruktören menade att ” det har funnits tillfällen där projektörerna har projekterat på ett visst sätt men väl ute i produktionen har entreprenörerna sett en annan lösning som kanske sparar tid och pengar eller som är mer arbetsmiljövänlig.”. Vid sådana tillfällen har konstruktören fått uppdatera i modellen för att sedan skicka vidare det till Trimble Connect. När filen väl var uppladdad på Trimble Connect fick produktionen en notis om att det finns en nyare version att ladda ned.

I motsats till projekt Elverumsbron hade projekteringen och produktionen delvis pågått parallellt i projekt Celsius. Detta medförde att objekt och modeller behövde status kopplas för att visa när och vart det hade skett en förändring. Vidare menade BIM-ledaren att statuskoppling säkerställde att endast färdigprojekterade byggdelar synkades mot molnet.

Utmaningar om att inte gå miste om värdefulla komponenter vid informationsflödet har förekommit.

Under projekteringsskedet i projekt Elverumsbron upplevde projektörerna problem med informationsflödet när information skulle gå från Tekla till Trimble Connect, s.k. exporttekniska problem. Exempel på problem som konstruktören påpekar hade förekommit var att ” man inte får med sig all den information som man sitter med i grundmodellen så att allting visas korrekt i visualiseringsverktyget”.

Traditionella 2D-ritningar finns kvar i projektet

De ritningar som producerades i projekt Celsius var typritningar där BIM-ledaren poängterade att dessa endast utgjorde ett komplement till modellen. Typritningarna användes främst av betongarbetarna vid hantering av armeringen. Behovet av att komplettera modellen med 2D-ritningar grundade sig i att modellens detaljnivå inte var tillräcklig detaljerad för vissa arbetsmoment. Installatörerna (rör, ventilation och sprinkler), å andra sidan, använde ritningarna endast för att få en överblick.

I projekt Elverumsbron berättade konstruktören att hon hade tagit fram en sammanställningsritning över själva brokonstruktionen som senare skulle användas under förvaltningen. Utöver detta hade inga 2D-ritningar producerats under projekteringsskedet. Dock hade det under produktionsskedet framkommit det att vissa delar i modellen var svåra att utläsa. Detta gjorde att konstruktören behövde ta fram enstaka 2D-ritningar för yrkesarbetarna.

3.2.5 Samordning

Förbättrad samordning mellan de olika disciplinerna

I projekt Celsius menade BIM-ledaren att samordningen hade förbättrats jämfört med tidigare projekt. Genom att arbeta både BIM baserat och molnbaserat hade alla projektmedlemmar

tillgång till den information som de behövde utan att behöva skicka filer mellan sig. Vidare, menade BIM-ledaren att användningen av StreamBIM underlättade kommunikationen under produktionsfasen. Projektmedlemmar med tillgång till StreamBIM kunde skapa ärenden eller trådar med frågor och svar kopplade till specifika objekt och modeller. Yrkesarbetarna kunde till exempel ta bild på eventuella problem och tagga berörda projektmedlemmar. Detta menade BIM-ledaren hade effektiviserat kommunikation då svaren kunde komma direkt tillbaka utan mellanhänder. Vidare kunde yrkesarbetarna även dokumentera utförda arbetsmoment och därmed underlätta för nästkommande arbetare genom att ange all nödvändig information.

I projekt Elverumsbron berättade konstruktören att med hjälp av 3D-modellering hade de kunnat observera olika problem i ett tidigt stadie och därmed åtgärda dem. Vidare, påpekade konstruktören att det vanligtvis brukar komma många frågor från entreprenören angående ritningarna som hade levererats ”man kanske inte riktigt förstår vad som menas och man skulle gärna vilja ha extra sektion eller ett extra snitt någonstans”. Att jobba modellbaserat har därför inneburit att det går ganska snabbt att se hur konstruktörerna tänker när det gäller till exempel komplexa geometrier jämfört med ritningar.

Förbättrad visualisering av projektet och dess planering

Enligt projektchefen i projekt Elverumsbron och BIM-ledaren i projekt Celsius hade 3D-modellen inneburit en bättre visuell förståelse på projektet. Möjligheten att kunna vända, vrida och titta bakom någonting i modellen menade projektchefen gav ett helhetsperspektiv på ett sätt som inte går att få på en pappersritning. Vidare, menade BIM-ledaren att yrkesarbetarna inte längre var ”låsta” till att endast se sin egen disciplin. Möjligheten att kunna se hela modellen menade han hade medfört till en ökad förståelse för samtliga discipliner.

3.2.6 Programvarans verktyg och komponenter

Yrkesarbetarna har fått utbildning i programvaran och fått hjälp under produktionsskedet

I projekt Elverumsbron hade yrkesarbetarna inte fått någon utbildning i Trimble Connect utan de hade enligt projektchefen lärt sig programvarans funktioner på egenhand. Vidare, påpekade projektchefen och BIM-samordnaren att en förfrågan om en introduktionskurs inom Trimble Connect hade skickats. Att ett utbildningstillfälle inte hade skett berodde främst på att Trimble inte erbjöd sådana utbildningar.

Till skillnad från projekt Elverumsbron berättade BIM-ledaren att samtliga yrkesarbetare i Celsius projektet hade genomgått en kort utbildning om StreamBIM. Under projektets gång hade yrkesarbetarna även tillgång till teknisk support då 3 - 4 personer fanns tillgängliga i anslutning till byggarbetsplatsen.

BIM modellen är tillgänglig på mobiltelefonen/surfplattan

De programvaror som har använts ute i produktionen är båda anpassade för att användas på mobiltelefonen/ surfplattan. I anläggningsprojektet hade några av yrkesarbetarna Trimble Connect som app på mobiltelefonen och det menade projektchefen ”har varit det bästa”.

Trots att användningen av mobiltelefonerna har fungerat bra påpekade projektchefen att måttverktygen inte hade varit anpassade för de bärbara enheterna. Detta resulterade i att produktionsvyer behövdes tillverkas inne på platskontoret.

I projekt Celsius berättade BIM-ledaren att när produktionen påbörjades köpte de in två plattskärmar med Chromecast/Apple TV som monterades på byggplatsen strategiskt. Dessa kom dock inte att användas utan yrkesarbetarna använde hellre surfplattan/mobiltelefonen. I början av projektet delade sex yrkesarbetare på en surfplatta men gick sedan över till egna mobiltelefoner. Detta på grund utav att yrkesarbetarna tyckte att det var för långt att gå till surfplattan varje gång de behövde hämta information samt att de ansågs vara för stora och klumpiga.

Problem med att ta ut mått från modellen

I projekt Elverumsbron hade yrkesarbetarna upplevt svårigheter med att ta ut mått från modellen när mobiltelefoner/surfplattor hade använts. Svårigheterna berodde framförallt på modellens uppbyggnad. Konstruktören menade att detta berodde på att programvarans funktioner inte alltid klarade av så komplexa geometrier. Exempel på det är att det i brokonstruktionen finns ”en välvd brobana ” vilket gör det extra svårt att få ut korrekta mått. Vid dessa tillfällen hade konstruktören tagit ett snitt i modellen och gjort en enkel 2D-skiss för att plocka ut de mått som hade upplevts vara problematiska. Dock hade projekt Celsius som använt StreamBIM istället för Trimble Connect möjlighet att ta egna snitt och mått i modellen vilket underlättade arbetet i produktionen.

Utveckling av dagens programvaror krävs

I projekt Elverumsbron ansåg projektchefen att programvaran Trimble Connect behövde utvecklas ytterligare för att den ska fungera idealt under produktionsskedet. Vidare, menade projektchefen att en viktig grund för att programvaran skall fungera i produktionen är att ”det gäller för programutvecklarna att förstå att vi skall kunna använda modellen med vantar, inte med en datormus.”. Exempel på utvecklingsområden för programvaran i produktionen menade projektchefen är måttverktygen och möjligheten till filtrering. När det kom till måttverktygen påpekade projektchefen till exempel ”att det inte finns något enkelt sätt att få ut måttsättningen utan att man behöver peka på varje grej. Det vore vår dröm att få ut måtten och litteranummer med hjälp av en enda knapptryckning”.

Utifrån filtreringsperspektivet förklarade konstruktören att det har varit en diskussion angående detta med Peab, som gärna vill utveckla fram ett filtreringsverktyg. Detta eftersom det i modellen kommer med mycket information som kanske inte alltid är nödvändig för produktionsskedet. Filtreringsverktyg är något som alltså har diskuterats däremot har det inte

riktigt ”landat i en lösning än” förklara konstruktören. Hon upplever dessutom att detta är något som verkligen hade uppskattats av yrkesarbetarna i produktionen.

Dock nämndes inte detta som något problem i Celsius projektet då StreamBIM användes.

Möjlighet till att filtrera i modellen.

En av anledningarna till att StreamBIM valdes i projekt Celsius, menade BIM-ledaren berodde på programvarans filtreringsverktyg. Programvarans funktioner gör möjligt för samtliga projektmedlemmar att se allt i modellen (objekt, ej dokument). Eftersom det är flera discipliner som utgår från samma modell underlättade det att yrkesarbetarna själva kunde välja vilken typ av information de ville se genom att filtrera fram sin egen disciplin och aktuellt våningsplan.

4 Diskussion

I det här avsnittet kommer författarna att analysera och reflektera över resultatens innebörd samt koppla de till teorier som har presenterats under litteraturstudien.

4.1 Varför hinder?

Litteraturstudien visar på att beställaren har en viktig roll i frågan om att integrera BIM mer i byggbranschen. Ifall beställarens vision är att införa mer digitalisering i samtliga projekt menar Jacobsson och Linderoth (2016) att samtliga aktörer måste utgå ifrån det. En ökad drivkraft och engagemang hos beställaren har därmed en stor påverkan på att BIM integreras mer i både projekterings- och produktionsskedet. Dessutom, beskrivs det i avsnitt 2.6 att informationsflödet mellan projekterings- och produktionsskedet är en essentiell för ett lyckat projekt. Studien visade på att i de flesta projekt vill många entreprenörfirmor sätta igång produktionen/byggnationen så fort som möjligt, oftast innan projekteringen är avslutad. Detta leder till att många delar av informationen inte hinner levereras fram innan det är försent.

En annan faktor som lyftes upp både i litteraturstudien och intervjuerna är vikten av att entreprenören är involverad i ett tidigt skede. Detta har en stor påverkan på den avgörande och viktiga rollen om att projektören ska kunna leverera en 3D-modell med väsentlig informationen som efterfrågas ute i produktionen. Den här faktorn togs även upp mycket i intervjustudien som ett exempel konstaterade projektören kring anläggningsprojektet i Karlstad att en tidig dialog med entreprenören skulle underlättat informationshanteringen. Projektören berättade att när de gjorde upphandlingen med beställaren visste de inte om vilken entreprenör som skulle bygga bron. Därmed, fick de under projekteringsskedet utgå från en mall på vilken information som de traditionella 2D-ritningarna brukar innehålla. Därför menar både projektören och samtliga entreprenören att en tidig dialog mellan de två olika skedena skulle inneburet en mer produktionsanpassad modell.

I projekt Celsius, å andra sidan visar intervjustudien på att projekteringen och produktionen var i nära kontakt med varandra. Figur 11 är ett exempel på detta där projektören har produktionsanpassat modell filen. I detta projekt användes programvaran StreamBIM där litteraturstudien visar att framtagningen av StreamBIM har gjorts i nära kontakt med produktionen. Något som har visat sig ha varit fördelaktigt i projekt Celsius.

4.1.1 Juridik

Resultatet från intervjuerna i frågan om juridiken visade att de juridiska handlingarna inte hade varit något bekymmer i samband med att BIM användes. I både projekt Celsius och anläggningsprojektet Elverumsbron var BIM-modellen juridisk bindande, något som inte hade upplevts som ett hinder.

I avsnitt 2.6.1 beskrivs det däremot begränsningarna som juridiken sätter när BIM används i byggbranschen. För att motverka detta har BIM Alliance arbete fram avtalsmallar som skall underlätta och förtydliga upphandlingen av BIM i byggprojekt. I avtalsmallarna lyfts det upp

många olika områden men en av det centrala är ”leveransspecifikationer”. När modellen väl har producerats fram i projekteringskedet och ska levereras vidare till produktionskedet är det viktigt att entreprenören vet vilka specifikationer som gäller. Utöver avtalsmallarna lyfter BIM Alliance även fram olika scenarier för att beskriva vad som gäller ifall kriterierna kring BIM-modellen inte framkommer vid själva upphandlingen.

I projekt Celsius har man utformat kontrakt utan att några avancerade komplikationer. BIM-ledaren på projekt Celsius menade att kontraktet omfattade det som behövdes för att uppnå projektets syfte. Vidare, ansåg BIM-ledare att juridiken inte hade orsakat några hinder vilket tyder på att juridiken inte är det egentliga problemet till att BIM inte implementeras idag. Trots att det finns mallar kring hur kontrakt kan utformas och exempel på lyckade projekt väljer de flesta att fortfarande använda traditionella 2D-ritningar. Problemet ligger i att de möjligheter som har presenteras måste börjas implementeras för att branschen ska utvecklas mot att bli mer digitaliserat. Enligt intervjustudien har samtliga jurister som har varit i kontakt med den intervjuade respondenten ansett att de kontrakt där 3D-modellen har varit juridiskt bindande har varit tydligare jämfört med tidigare.

4.2 En produktionsanpassad projektering

Enligt litteraturstudien och de resultat som har kommit fram under intervjuerna har det visat sig att den information som levereras till entreprenörerna inte alltid är tillräcklig eller för mycket. Genom att upphandla både projektörer och entreprenörer samtidigt eller tätt inpå varandra kan viktiga dialoger mellan de olika parterna ske i ett mycket tidigare skede. Projektörerna skulle då till exempel inte behöva anta vilken information som produktionen anser vara viktig eller vilken detaljnivå projektören bör utgå ifrån för att modellen ska anses vara byggbar.

4.2.1 Detaljnivå

Peabs BIM-manual beskriver hur BIM-modeller ska produceras med hänsyn till modellens detaljeringsnivå. Modellen ska vara tillräckligt detaljerad för den ska kunna användas självständigt under produktionen men detaljnivån ska inte heller överdrivas. Detta indikerar att detaljnivån för varje projekt är unikt. Det finns idag inte fullständiga branschspecifika krav på information och vilken detaljnivå en BIM modell måste ha. Projektörerna är därmed fria att välja hur detaljerad modellen ska projekteras, dvs om inte beställaren har några ytterligare specifika krav som har ställts. Är modellen inte tillräckligt detaljerad kommer produktionen att försvåras samt att projektörerna i efterhand ändå kommer att behöva korrigera i modellen. Detta är något som lätt kan undvikas om entreprenörerna är med i ett tidigare skede.

Att föra en dialog mellan projekterings -och produktionskedet är något som anses vara både nödvändigt och positivt från samtliga respondenter. Om en dialog mellan de olika parterna inte sker bör det tas fram krav kring hur detaljerad en modell ska vara. Ett alternativ är att man bygger upp en branschspecifik standard och krav. Där vilken information och detaljnivå som en BIM-modell behöver innehålla för att fungera som en informationsbärare i produktionen

beskrivs. Vidare bör följande frågor beaktas: ska projektörerna alltid modellera utifrån den högsta detaljeringsnivån eller bör en miniminivå tas fram som alla projekt ska uppfylla?

Fördelen med dessa krav och standarder är att:

- Det alltid blir tydlig hur projektörerna bör arbeta samt att de har en standard att följa.
- Det byggs upp en informationsstruktur i hur BIM verktyg skall visualisera, presenteras och strukturera information.

Nackdelen med dessa krav och standarder är att:

- Detaljnivån kanske blir för mycket eller för lite för varje projekt beroende på tillämpning och användning.

4.2.2 Information

I både projekt Celsius och Elverumsbron har bilagor och dokument förekommit för att ange ytterligare information utöver det som finns i modellen. Detta gör att yrkesarbetarna ändå måste leta efter informationen på flera platser. Yrkesarbetarna behöver få fram informationen på ett snabbt och enkelt sätt för att till exempel få fram ett litteranummer eller ett objekts specifikationer. För att kunna samla all information i modellen ställer det krav på projekteringen och programvarorna som används under produktionsskedet.

Utifrån projekteringsperspektivet måste projektörerna lägga ner tid på att koda modellen så att all nödvändig information är samlat på ett o samma ställe. Frågan blir då, vilken information är nödvändig? Detta leder tillbaka till behovet av att föra en diskussion med både entreprenörer och beställare kring vilken typ av information som behövs i modellen. I intervjun med projekt Celsius framgick det att man genom hela projektet har haft en nära dialog vilket resulterade i att den viktigaste informationen kunde samlas på ett enda ställe. Vidare, har resultaten av intervjun även visat på att den viktigaste informationen under produktionsskedet är information om objektets specifikationer såsom längd, bredd, litteranummer och i vissa fall produkt och system samt höjd över golv.

Under produktionsskedet är det flera olika discipliner som ska använda och utgå från samma modell vilket resulterar i att modellen innehåller väldigt mycket information. Eftersom all information som finns i modellen inte är relevant för samtliga discipliner behöver yrkesarbetarna kunna filtrera i modellen efter behov. Programvarorna som används under produktionsskedet måste således ha funktioner som gör det lätt att kunna sortera informationen och kategorisera de på ett logiskt sätt.

4.3 Fördelarna med en digitaliserad samordning

I traditionella projekt använder sig projektörerna oftast av både modeller och 2D-ritningar där 2D-ritningarna oftast är juridiskt bindande. Detta leder till att två parallella processer skapas där modellen blir lidande. Projektörerna spenderar stora delar av sin tid på att skapa detaljerade 2D-ritningar som i slutändan ändå avviker från modellen. Genom att arbeta modell- och

molnbaserat under projekteringsskedet kan projektörerna endast fokusera på modellen vilket leder till att modellen erhåller en hög kvalitet. Ytterligare en fördel med att arbeta BIM-baserat är att kostnaderna under produktionen minskar jämfört med tidigare. I projekt Celsius har många stora extra kostnader och förseningar undvikts och detta kan härledas tillbaka till att projekteringen är mer detaljerad. En detaljerad projektering leder alltså till att produktionen inte träffar på lika många problem och dessutom sparar stora utgifter som annars vanligtvis förekommer.

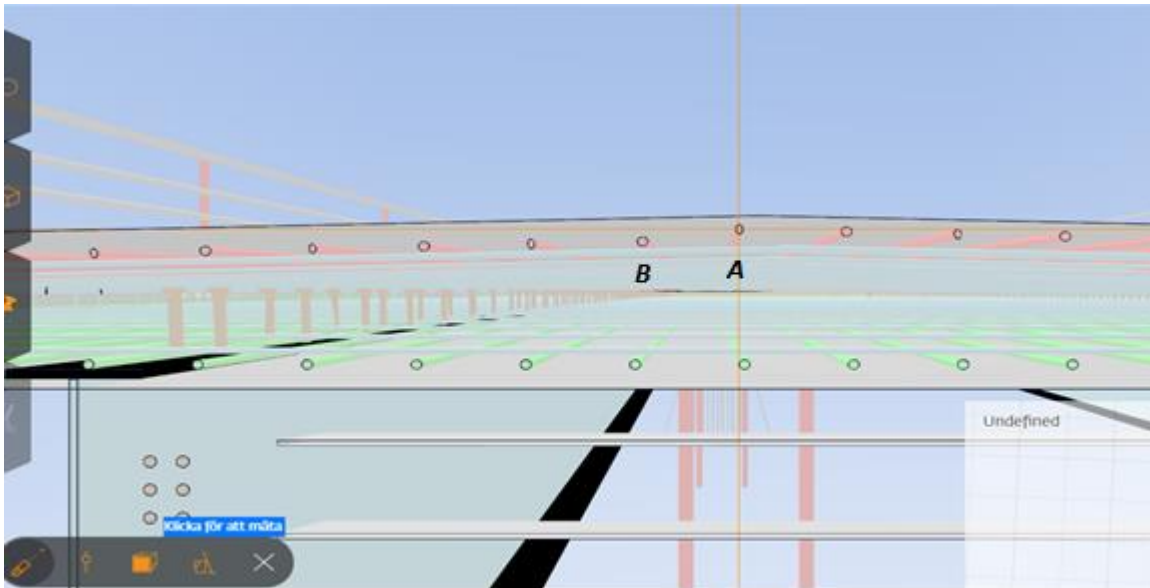
Genom att arbeta modellbaserat och molnbaserat har samordningen mellan konsulterna under projekteringsskedet blivit bättre jämfört med tidigare. Fördelarna med att arbeta på det här sättet är att konsulterna nu har tillgång till varandras modeller. De kan alltså förutse problem och eventuella kollisioner i ett tidigt skede och därmed åtgärda de direkt. BIM-samordnaren kan i molnbaserade arbeten fokusera på att lösa de problem som uppkommer vid kontroller istället för att samordna filer. Detta leder till att mycket av det administrativa arbetet försvinner vilket gör att tiden kan spenderas på ett mer effektivt sätt.

Programvaror som StreamBIM och Trimble Connect underlättar även samordningen under produktionsskedet. I många projekt bygger olika discipliner vidare på varandras arbete. Yrkesarbetarna kan med hjälp av dessa programvaror dokumentera utförda arbetsmoment i form av bilder och kommentarer vilket leder till att samarbetet mellan olika discipliner ökar. Projektmedlemmar kan skicka meddelanden till varandra genom att tagga berörda parter och på så sätt kommunicera direkt med varandra utan en mellanhand. Detta leder till en effektivare kommunikation då allt kan göras direkt i programvaran.

4.4 Behövs 2D-ritningar fortfarande?

Av de två studerade projekten som har varit BIM-baserade har ritningar ändå förekommit, se avsnitt 3.2.4 ”Traditionella 2D-ritningar finns kvar i projektet”. De ritningar som förekom var typritningar i projekt Celsius och enstaka 2D-ritningar i projekt Elverumsbron. Även fast ritningarna som har tillverkats inte har varit många tyder detta på att behovet av 2D-ritningar fortfarande kvarstår till viss del. Anledningen till att dessa ritningar producerades berodde främst på att modellen ger en bra helhetsbild men att det ibland är svårt att få med vissa detaljer på ett överskådligt sätt.

I projekt Elverumsbron har man till exempel en välvd brobana, se figur 12, vilket har orsakat svårigheter i att ta ut korrekta mått i en tvärsektion. Eftersom programvarorna endast mäter mellan befintliga objekt som ligger i samma plan, horisontellt, kunde avståndet mellan A och B i figur 12 inte mätas i modellen. Detta gjorde att 2D-ritningar fick produceras. Dock skulle detta kunnat lösas genom att lägga in vertikala stomlinjer i modellen. Stomlinjerna ska då placeras i linje med objekten vilket skulle resultera i att måtttagningen sker mellan stomlinjerna istället.



Figur 12. Visar hur den delen av bron som går i radie inte kan mätas från modellen då mätverktyget inte har två objekt att utgå ifrån (på vänstra sidan). Det orangea krysset utgör mätverktyget (Egen illustration).

Vidare, har betongarbetarna i projekt Celsius också behövt använda sig av typritningar då modellen inte har varit tillräckligt detaljerad för deras arbetsmoment. Även om modellen är projekterad utifrån en detaljnivå, som anses vara byggbar, är det vid dessa tillfällen lättare att ta till sig en 2D-ritning än att utgå från modellen. Detta tyder på att en 3D-modell många gånger kan ersätta de flesta 2D-ritningar men att en del 2D-ritningar fortfarande behövs. Frågan är då vilka 2D-ritningar är det som bör tillverkas? Eller bör modellen ha en högre detaljnivå?

Eftersom varje projekt oftast är unikt leder detta till att de 2D-ritningar som behöver tillverkas skiljer sig från fall till fall. Utöver det, finns det inga riktlinjer kring vilka 2D-ritningar som bör tillverkas när ett projekt är BIM-baserat. Utifrån intervjustudien konstaterades det att projektörerna fortfarande behöver ta fram 2D-ritningar under produktionsskedet. För att motverka detta måste projektörerna föra en tidig dialog med entreprenörerna kring vilka 2D-ritningar som bör tillverkas. På så sätt kan projektörerna redan under projekteringskedet ta fram lämpliga 2D-ritningar på områden som anses vara problematiska, genom att ta ut sektioner ur modellen. Dessa 2D-ritningar kan sedan kopplas till olika objekt som PDF: er, vilket leder till att fysiska 2D-ritningar inte behöver tillverkas och risken för dubbelarbete minskar.

4.5 Programvarorna måste anpassas efter produktionens behov

För att BIM ska kunna implementeras under produktionsskedet krävs det att de programvaror som finns tillgängliga är anpassade efter de behov som finns på byggarbetsplatsen. Utifrån de utförda intervjuerna samt litteraturstudien framkom det att de viktigaste funktionerna är programvarans måttverktyg, filtreringsverktyg samt möjligheten till att kunna mängda direkt från modellen. De programvaror som användes i de studerade projekten var Trimble Connect och StreamBIM. Dessa programvaror är utvecklade för att användas under produktionsskedet.

StreamBIM som är relativt ny på marknaden utvecklades i nära samarbete med de som arbetar i produktionen medan Trimble Connect är en uppdatering av före detta TeklaBIMsight.

4.5.1 Måttverktyg

Utan programvaror med bra måttverktyg kommer behovet av fysiska 2D-ritningar och måttsatta produktionsvyer att kvarstå. Därför måste programvarorna som användas ute i produktionen anpassas för såväl mobiltelefoner som surfplattor för att branschen ska kunna arbeta helt BIM-baserat framöver. Att inte kunna mäta i modellen var ett av Rölforsbrons största hinder för att använda BIM fullt ut, se avsnitt 2.3.3. Utifrån resultatet kan det konstateras att problemet delvis fortfarande kvarstår.

Sammanställningen av resultatet tyder på att programvaran StreamBIM har lyckats med måttverktyget. Efter en kort utbildning kunde yrkesarbetarna navigera i programmet och själva ta ut de mått de behövde för deras arbetsmoment. Projekt Elverumsbron har dock samma problem som man hade i projekt Rölforsbron för åtta år sedan. Programvarans måttverktyg är inte lika användarvänliga på mobiltelefonen/surfplattan som den är på datorn vilket resulterade i att produktionsanpassade vyer tillverkades på platskontoret.

Eftersom de produktionsanpassade vyerna inte visar hela modellen utan endast utvalda snitt och detaljer förloras det helhetsperspektiv som en modell ger. Möjligheten att titta bakom ett objekt eller klicka på objektet för att få ut information försvinner. Trots att produktionsvyer tar tid att framställa, kräver planering och framförhållning kan produktionsvyer ändå tänkas vara fördelaktiga. Genom att planera vilka vyer som behöver produceras kan produktionsvyerna noggrant kontrolleras innan de laddas upp på surfplattan eller molnet. Detta gör att risken för felmätningar som leder till ökade kostnader och förlängda tidsplaner minskar.

För att komma ifrån användandet av produktionsvyer behöver måttverktygen på Trimble Connect anpassas till mobiltelefoner/surfplattor. Vidare, är de flesta bärbara enheter idag inte anpassade för regn, damm eller kyla vilket påverkar både enheternas prestanda och yrkesarbetarnas möjlighet att nyttja enheterna. Eftersom de är känsliga för beröring med touch sensorer kan det bli svårt att navigera då yrkesarbetarna både har handskar och smutsiga fingrar. Dessa problem ställer krav på både utvecklingen av programvarorna samt de bärbara enheterna.

4.5.2 Mängdning

Eftersom produktionen måste kunna planera och köpa in material krävs det att de programvaror som används under produktionsskedet är anpassade för mängdning. I både projekt Celsius och Elverumsbron hade projektörerna lagt ner mycket tid på att koda modellen så att all information för mängdning var tillgänglig. I projekt Celsius hade de inte upplevt några problem när det kommit till att mängda utan de hade dessutom kopplat databaser och webblänkar för att direkt kunna göra beställningar. Däremot, i projekt Elverumsbron berättar projektchefen att de har haft problem med att mängda i modellen. Till exempel, menade han att armeringsjärn av samma

typ inte markerades tillsammans vilket gjorde att de inte kunde veta antalet på dem. Detta trots att konstruktören menade att mängdningen utifrån programvaran borde bli nästintill exakt.

Programvaran som används i projekt Elverumsbron är Trimble Connect men eftersom filerna är i IFC - format kunde modellen laddas upp till andra programvaror såsom StreamBIM och BIMexplorer. Detta gjordes för att undersöka närmare på om modellen är tillräckligt detaljerad för mängdning eller om det beror på programvarans begränsningar/yrkesarbetarnas kunskap. När modellen lades in i StreamBIM noterades det att det finns två olika sätt att kontrollera antalet element på. Efter närmare undersökning visade det sig att dessa två sätt inte kan kombineras.

Det första sättet är att användaren klickar på ett element vilket leder till att alla andra element av samma typ automatisk markeras, se figur 13. Vidare kan användaren på menyraden till vänster se information som längd, litteranummer, antal & materialtyp.

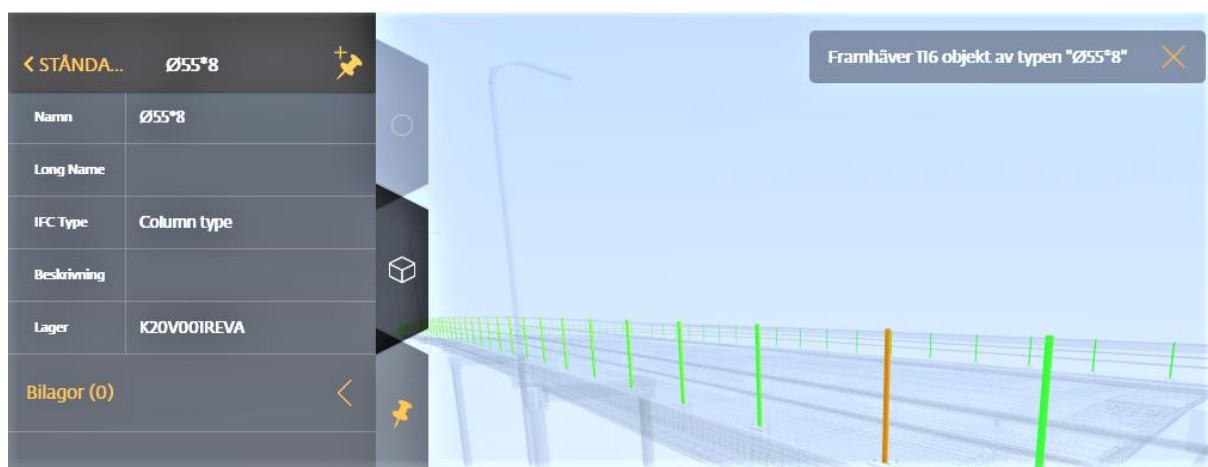


Figur 13. Visa hur alla element av samma typ markeras. I menyraden till vänster kan antal och litteranummer utläsas, se rödmarkerad text (Egen illustration).

Det andra sättet är att ett element markeras men att resterande element automatiskt inte markeras. I menyraden till vänster finns kategorin "typobjekt", se figur 14. Den här funktionen presenteras mer utförligt i avsnitt 2.4.2. Genom att klicka på kategorin framhävs samtliga element där antalet anges i 3D-vyn, se figur 15.



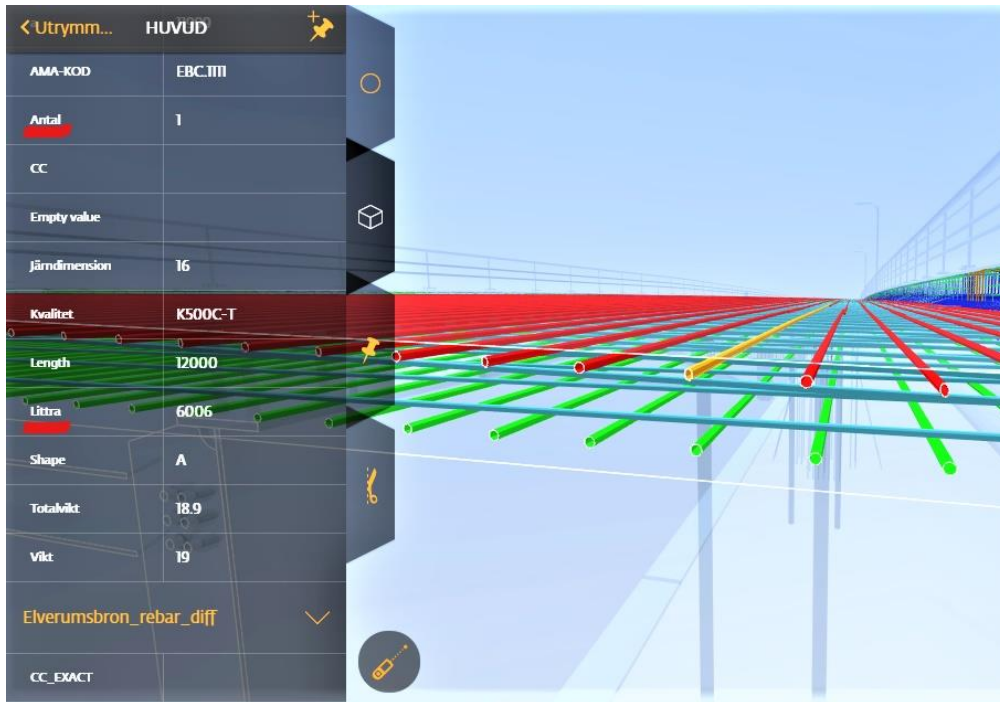
Figur 14. Visar kategorin "typobjekt", se rödmarkerad text (Egen illustration).



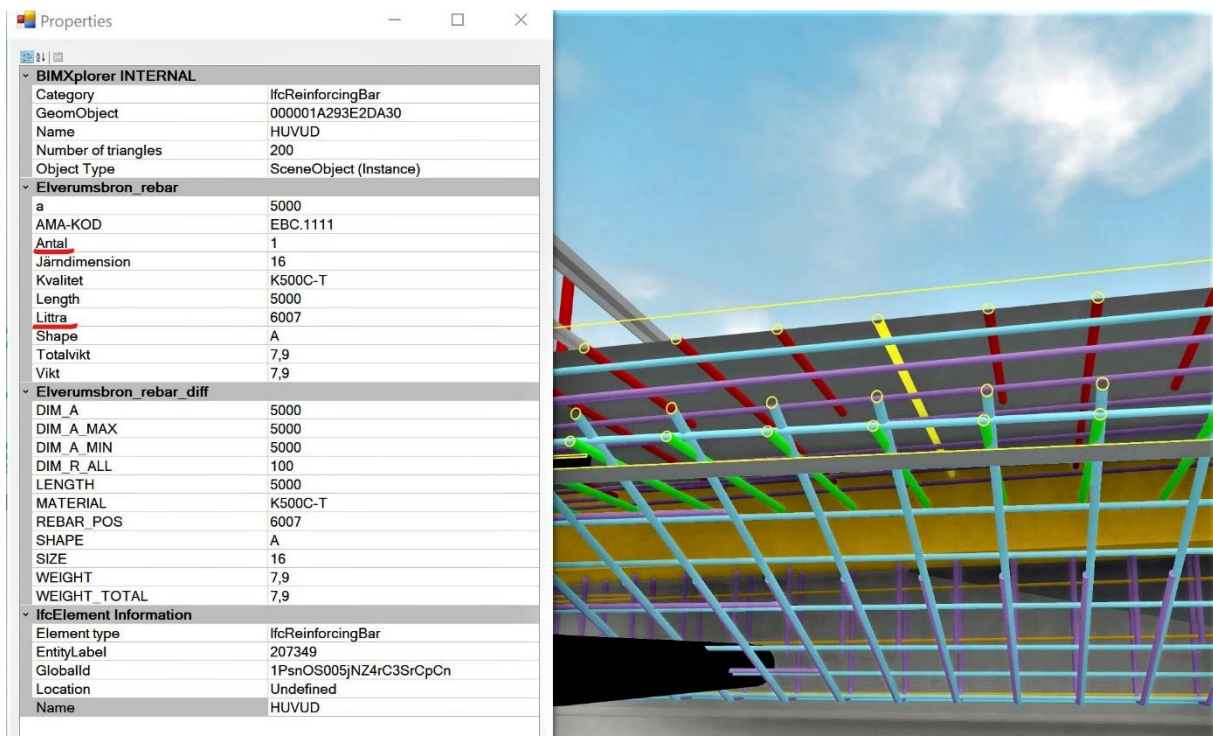
Figur 15. Visar hur samtliga typobjekt framhävs (Egen illustration).

Eftersom modellen är väldigt stor och har många byggdelar gjordes ett slumpmässigt urval av vilka element som undersöktes. Alla element som undersöktes markerades antingen automatiskt eller presenterades med kategorin "typobjekt" förutom en typ av armering, se figur 16. Eftersom alla andra undersökta elementen kunde mängdas antingen genom att antalet framhävdes eller att det stod i menyraden. Modellen laddades även upp till BIMexplorer som visar på samma resultat, se figur 17. Därmed, kan slutsatsen dras att dessa armeringsjärn saknar någon typ av kodning som sammankopplar dem. I Peabs BIM-manual beskrivs det hur objekt av samma typ bör namnges på ett strukturellt sätt som gör det enkelt att filtrera i modellen. Genom att studera modellen för Elverumsbron kan det konstateras att modellen inte följer Peabs BIM-manual fullt ut vilket härledas tillbaka till bristen på en tidig dialog. Genom att

upphandla båda samtidigt kan konsulterna anpassa och uppfylla de krav som entreprenörer har på BIM-modellen som ska användas i produktionen.



Figur 16. Visar hur armeringsjärnet inte markeras samtidigt som alla andra armeringsjärn av samma typ (Egen illustration).



Figur 17. Visar hur armeringsjärnet inte markeras samtidigt som andra armeringsjärn av samma typ (Egen illustration).

5. Slutsats

I detta kapitel kommer slutsatser att dras efter vad som har diskuterats, kopplat till frågeställningarna för att uppnå examensarbetets syfte.

5.1 Frågeställning 1

Vad är det som begränsar byggprojekt från att vara helt modellbaserade?

Den juridiska aspekten är något som lyfts upp som ett hinder i litteraturstudie, där BIM-modellen uppfattas vara mindre kvalitetssäker ifall den inte är juridisk bindande. Detta eftersom 2D-handlingarna oftast är de juridiskt bindande, vilket gör att konsulterna lägger mer tid på att tillverka 2D-ritningar än att kvalitetssäkra modellen. I både projekt Celsius och projekt Elverumsbron var modellen den juridiskt handlingen vilket gjorde att konsulterna endast behövde fokusera på modellen. Därmed, kunde entreprenörerna lita på att den var tillräckligt detaljerad. Utöver detta hade de inte varit eller gjorts några komplikationer gällande juridiken utan det som gällde funkade bra.

En faktor som däremot har visat sig begränsa byggprojekt från att vara helt modellbaserade är beställaren. Utifrån diskussionen visar det att ifall beställaren är positiv inställd till att implementera BIM mer i byggbranschen kommer samtliga aktörer att följa det som kravställs. I båda projekten som redovisas i resultatdelen var den primära anledningen till att de arbetade modellbaserat berodde på beställarens drivkraft. Beställaren är den aktör som väljer vilken projektör och entreprenör som ska anlitas för uppdraget. Om kraven då ställs från beställarens sida måste samtliga aktörer arbeta mot det, för att fullborda sin tjänst. Därmed, kan slutsatsen dras att trots diskussionerna om de juridiska handlingarna är beställarens drivkraft den avgörande faktorn. BIM-metodik är fortfarande ett nytt arbetssätt och därför är initiativet fortfarande lågt. Att arbeta helt modellbaserat är alltså fortfarande en mognadsprocess men för att en revolution ska ske måste beställaren våga testa och hämta lärdomar från tidigare modellbaserade projekt.

5.2 Frågeställning 2

Vilken information är intressant att ha med i modellen?

Diskussion visade på att det egentligen inte finns några direkta krav eller standarder på vilken information som ska levereras med i BIM-modellen. Den viktigaste faktorn för att BIM-modellen ska innehålla väsentlig information som efterfrågas ute i produktionen är en god kommunikation. Utifrån diskussionen visar det på att de begränsningar som hade uppstått i projekten och tidigare studier var på grund utav bristande dialog mellan konstruktör och entreprenör. Beställaren är igen en viktig aktör för att detta ska förändras. Ifall beställaren handlar upp konsulterna samtidigt kan de därmed i ett tidigt skede föra en dialog kring vilken information som behövs i modellen. Vidare, måste följande aktörer förstå för att ett byggprojekt ska ske på effektivt sätt måste hela byggprocessen fungera som en och samma process.

Idag står oftast projektörerna inför ett dilemma om vilken information som ska tas med i modellen, vilket resulterar i att informationen inte anpassas efter produktionens behov. För att motverka detta kan entreprenörerna istället, redan i ett tidigt skede, informera om vilken information som är väsentlig för att produktionen ska kunna utnyttja modellen maximalt.

5.3 Frågeställning 3

Behövs alla ritningar som genereras idag?

Av de två studerade projekten kan slutsatsen dras att alla ritningar som genereras idag inte behövs. Detta baseras på de intervjustudier som utfördes, vilket visade på att modellen var tillräcklig för de flesta discipliner. Endast enstaka 2D-ritningar producerades för att komplettera de delar av modellen som inte var tillräckligt detaljerade. Utöver detta framkom det att BIM-modellen ger ett bra helhetsperspektiv men att det ibland är svårt för entreprenörer att utläsa vissa detaljer. Detta bidrar till att 2D-ritningar vid dessa fall anses vara mer fördelaktiga.

Vidare, påpekade konstruktören i projekt Elverumsbron att de flesta konsulter oftast börjar projektera i 3D för att sedan tillverka 2D-ritningar. Detta eftersom de i produktionen nästan aldrig använder 3D-modeller under själva byggnationen. För att minska eller helt gå ifrån mängden 2D-ritningar som genereras idag krävs det att samtliga aktörer ser fördelarna med att arbeta BIM-baserat. Detta kan göras genom att de kontrakt som finns idag utformas så att BIM-modellen blir juridiskt bindande istället för 2D-ritningarna.

5.4 Frågeställning 4

Vilka verktyg i 3D-modellen behövs för att ersätta 2D-ritningar?

För att användningen av 2D-ritningar helt ska försvinna krävs det att de programvaror som finns på marknaden anpassas efter produktionens behov. Programvarorna måste ha funktioner som gör det möjligt att kunna mäta, filtrera och mängda i modellen. Både Trimble Connect och StreamBIM som användes i de studerade projekten var utformade för att klara av detta. Däremot, visade resultatet på att programvarorna fortfarande har begränsningar när det kommer till mängdning och måttagning. För att undersöka närmare på hur dessa funktioner fungerar fick författarna tillgång till StreamBIM där modellen för projekt Elverumsbron studerades. Författarna upplevde att programvarans verktyg är lätta att använda och att de funktioner som finns för filtrering, mängdning och måttagning fungerar utan större hinder. Det verktyg som dock behöver utvecklas ytterligare är mätverktyget. Som exempel kan man i StreamBIM endast mäta mellan två objekt som ligger i samma plan horisontellt. Om måttverktyget istället kan känna av objektets positioner behövs till exempel inte stomlinjer för att mäta mellan dessa.

Idag kan programvaror vara tillräckligt utvecklade för att kunna användas i produktionen men ifall kunskap saknas i hur de ska hanteras spelar utvecklingen av programvaror ingen större roll. Byggbranschen måste därmed fokusera på att introducera de digitala hjälpmedel som finns på marknaden för att arbetarna ska kunna se fördelarna med ett digitaliserat arbetssätt. Detta kan i sin tur leda till att även produktionsskedet blir BIM-baserat utan krav från beställaren.

6. Referenser

- BIM Alliance. (2018). *Avtalsmallar*. Hämtad från: <https://www.bimalliance.se/verktyg-och-stoed/hjaelpmedel-och-produktstoed/avtalsmallar/>
- BIM Alliance. (2017). *BIM Alliance om BIM*. Hämtad från: <https://www.bimalliance.se/vad-aer-bim/bim-alliance-om-bim/>
- BIM Alliance. (2017). *Effektivare installationer med 3D-modeller och BIM – Digitalisering ger nya möjligheter med BIM, Bygginformationsmodellering*. Hämtad från: <https://www.bimalliance.se/library/3066/kort-om-bim-och-bip-2017-05-15.pdf>
- BIM Alliance. (2014). *Riktlinje- BIM i projekt*. Hämtad från: https://bimalliance.se/library/2272/riktlinjer_bim_i_projekt.pdf
- Boverket. (2018). *Kostnad vid nybyggnad*. Hämtad från: <https://www.boverket.se/sv/ekonomiska-planer/for-yrkesverksamma/ekonomiska-planer/ekonomisk-plan-och-kostnads kalkyl4/kostnad-vid-nybyggnad/>
- Boverket. (2019). *Olika skeden i byggandet*. Hämtad från: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/metod_byggande/skeden/
- Byggstyrning. (2018). *Projekt Celsius*. Hämtad från: <https://www.byggstyrning.se/portfolio/projekt-celsius/>
- Furenberg, A. (u.å.). *Regeländringar krävs för lyckad digitalisering*. Peab. Hämtad från: <https://peab.se/hallbarhet/miljo/innovation/Regeländringar-kravs-for-lyckad-digitalisering/>
- Hedin, A. (1996), rev. Martin, C. (2011) *Liten lathund om kvalitativ metod: med tonvikt på intervju*.
- Jacobsson, M. & Linderöth, H. C. J. (2016). *Hungriga vargflockar jagar bäst*. (Slutrapport) Smart Built Environment. Hämtad från: <https://www.smartbuilt.se/library/4655/hinder-och-drivkrafter-foer-en-digitaliseringsdriven-branschutveckling-u2-2016-03-slutrapport.pdf>
- Jongeling, R. (2008). *BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt: En jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade på 2D-CAD och tillämpningar av BIM*. (Forskningsrapport) Luleå: Institutionen för samhällsbyggnad, Luleå tekniska universitet. Hämtad från: <http://tu.diva-portal.org/smash/get/diva2:998274/FULLTEXT01.pdf>
- Malmkvist, M. (2013). *BIM i projekt Rölforsbron*. Trafikverket
- Malmkvist, M. (u.å.). *Trafikverket handlar upp bro på BIM-underlag*. BIM Alliance. Hämtad från: https://www.bimalliance.se/library/2635/trafikverket_handlar_upp_bro_pa_bim-underlag.pdf

Mårtensson, R. (u.å.). *Molnbaserat verktyg sparar tid i produktionen*. Peab. Hämtad från: <https://peab.se/hallbarhet/miljo/innovation/molnbaserat-verktyg-sparar-tid-i-produktionen/>

Nilsson, G. (2019). *Modellbaserat arbete genom hela byggprocessen*. BIM Alliance Sweden. Hämtad från: <https://www.bimalliance.se/vad-aer-bim/infoblad/modellbaserat-arbete-genom-hela-byggprocessen/>

Nolliplan. (2018). *BIM-dokument för svenska byggprojekt - Nytt, definitioner, beräkningar, design, analyser, förvaltning mm*. Hämtad från: <https://www.nolliplan.se/upl/files/161382.pdf>

Nolliplan. (u.å.). *Trimble Connect*. Hämtad från: <https://www.nolliplan.se/trimbleconnect>

Peab. (u.å.). *BIM-manual*. Hämtad från: <file:///C:/Users/%C3%84garen/Downloads/BIM-manual%20Peab%20Sverige.pdf>

StreamBIM. (u.å., a). *3D Measurement*. Hämtad från: <https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/360014206773-3D-Measurement>

StreamBIM. (u.å., b). *Custom 2D floor plan/navigation map with multiple buildings*. Hämtad från: <https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/360011758053-Custom-2D-floor-plan-navigation-map-with-multiple-buildings>

StreamBIM. (u.å., c). *Groups*. Hämtad från: <https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/115004540474-Groups>

StreamBIM. (u.å., d). *Labels and label categories on files and folders*. Hämtad från: <https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/360000261613-Labels-and-label-categories-on-files-and-folders>

StreamBIM. (u.å., e). *Object and type object*. Hämtad från: <https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/360009805100-Object-and-type-object>

StreamBIM. (u.å., f). *Search for users*. Hämtad från: <https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/360005849854-Search-for-users>

StreamBIM. (u.å., g). *Topics filter in Capture*. Hämtad från: <https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/360003844054-Topics-filter-in-Capture>

StreamBIM. (u.å., h). *Upload and process IFC*. Hämtad från: <https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/115004511253-Upload-and-process-IFC>

StreamBIM. (u.å., i). *Upplouding documents*. Hämtad från:

<https://guide.streambim.com/hc/en-us/articles/115004494513-Uploading-documents>

StreamBIM. (u.å., j). *Vår bakgrund*. Hämtad från: <https://streambim.com/sv/about-us-2/>

Yazdani, A. (2019). *DIGITALISERAD PRODUKTIONSPROCESS BYGGPRODUKTION- Utvärdering av effekterna att tillämpa visuell LEAN/BIM i byggproduktion*. (Forskningsrapport) SDUF. Hämtad från:

[https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/e6a475d4-20ba-4b20-b8f8-a0acd72a63ed/FinalReport/SBUF%2013473%20Slutrapport%20Digitaliserad%20Produktion process.pdf](https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/e6a475d4-20ba-4b20-b8f8-a0acd72a63ed/FinalReport/SBUF%2013473%20Slutrapport%20Digitaliserad%20Produktion%20process.pdf)

7. Bilagor

Bilaga 1

Bakgrund

- Vad har du för bakgrund och vad är din yrkesroll?
 - Hur länge har du jobbat i branschen?
 - BIM projekt tidigare?
 - Vilka entreprenadformer och upphandlingsformer används i projektet?
 - Ansvarsfördelning? Hur påverkas BIM och processen av detta?

BIM

- Är det här första projektet som ni har tillämpat programvaran X i?
 - Vad var vision med projektet angående digitalisering?
 - Varför har ni valt att använda programvaran i det här projektet?
- Vilka funktioner och fördelar har den jämfört med andra BIM program på marknaden?
- Vilka fördelar har en 3D-modell gentemot en 2D-ritning?
- Hur ser informationsflödet ut mellan olika programvaror och databaser?
 - Vilka ritningar har ni valt att ta fram under projekteringen? Har ni minskat ritningshanteringen och ritningstillveknigen? Vilka PDF ritningar använder ni? Beroende på yrkesroller?
 - Tillverkar ni produktionsvyer i programvaran istället för att göra ritningar? Vilka i så fall?

Projektering

- Ställer användandet av programvaran specifika krav på BIM-modellen och projekteringen?
- Vilken kravställning ställs på projekteringsprocessen?
 - Detaljnivå på modellen (LOD)?
 - Geometri?
 - Information?
 - Funktionsegenskaper?
 - Lämplig detaljnivå för byggarbetsplatsen?
 - Har ni under projekteringsfasen fått ge input på synpunkter, vilka delar ni vill ska vara med i modellen, till projekteringen? Det vill säga har det varit en produktionsanpassad projektering?
 - Görs kollisionsskontroller och informationskontroller?
 - Kontroll av byggbarhet och utförande krav kopplat till BIM?

Produktion

- Finns det möjlighet att filtrera i modellen? Om ja, hur?
- Hur hanterar ni överflödigt information?
- Har yrkesarbetarna fått en grundläggande utbildning i hur programvaran ska användas ute på produktionen?
- Tillverkar ni produktionsvyer/ritningar till yrkesarbetarna?
- Hur tar yrkesarbetarna med sig informationen från till exempel BIM kiosker/surfplattor/telefon eller tar man egna anteckningar?
- Har ni trots allt behövt ta ut ritningar i byggskedet för att kunna utföra vissa arbetsmoment? Är det någon specifik disciplin som har det problematisk eller extra positiv?

- Varför?
- Hur gör ni med icke modellerad information?
 - Detaljrutningar? Tekniska beskrivning och krav?
- Hur arbetarna med checklistor och informationsflöde mellan olika yrkesdiscipliner i produktionen?
- Status för utfört arbete i produktionen?
 - Är status kopplat till modellen?
 - Dokumentering och kvalitetskontroll i produktionen?
- Hur gör ni utsättningen på bygget?
 - Ritningar eller 3D-modellen? Utifrån stomlinjer?

Juridik

- I dagensläget är det de traditionella ritningarna som är de juridiskt gällande bygghandlingarna, hur har ni gått runt detta när projektet är helt BIM-baserat?
- Vilka ritningar har ni kvar projekteringen?
- Vilka andra hinder har juridiken orsakat?

Vinster/ möjligheter i projektering och produktion?

- Vad är vinsten med att arbeta (helt) modellbaserat?
 - I samordning?
 - Ekonomiska?
 - Tidsmässigt?
 - Kvalité?
 - Informationsflöde? Flaskhalsar?
- Vilka möjligheter har programvaran inneburit för projektet?
- Vilka lärdomar tar ni med er till framtida projekt?
- Hur ser ni på att arbeta helt BIM baserat framöver?

Hinder i projektering och produktion?

- Vilka hinder och svårigheter har förekommit?
- Går projekteringen och produktionen parallellt?
 - Om ja, tror du att orsaken till dessa problem (med bland annat kollisioner) beror på att de sker parallellt?
 - Status i objekt och modellen (Dimensionerad och klar för att byggas)?

Bilaga 2

Frågor till Yrkesarbetare/underentreprenörer

Bakgrund

- Hur länge har du arbetat inom branschen?
- Hur ser du på att branschen digitaliseras?
- Har ni fått utbildning i hur ni ska använda programvaran/ BIM kiosker/ surfplattor/telefon?
 - o Var utbildningen tillräcklig för att du ska känna att du kan utföra ditt arbete utan ritningar?
 - o När ni behöver hjälp har ni fått detta direkt på arbetsplatsen?
- Upplever du att det finns bristande kompetens hos er när det kommer till användning av 3D-modeller?

Produktion

- Tillverkar du produktionsvyer/ritningar från modellen?
- Föredrar du att utgå från ritningar eller modeller? Varför?
- Vilka fördelar har en 3D-modell gentemot en 2D-ritning?
 - o Hur tar du ut informationen från till exempel BIM kiosker/ surfplattor/telefon?
 - o Hur gör ni med icke modellerad information?
 - Detaljritningar? Tekniska beskrivning och krav?
- Vilka hinder och svårigheter har förekommit?
- Vad är vinsten med att arbeta (helt) modellbaserat?
 - o I samordning?
 - o Ekonomiska?
 - o Tidsmässigt?
 - o Kvalité?
- Vilka möjligheter har helt modellbaserat arbete inneburit för projektet?
- Vilka lärdomar tar ni med er till framtida projekt?
- Hur ser ni på att arbeta kan vara helt BIM baserat framöver?
- Tycker du att det finns funktioner som saknas för att du ska kunna utföra dina arbetsmoment?
- Har det förekommit att modellen inte har varit uppdaterad?
 - o Har det blivit fel i produktionen?