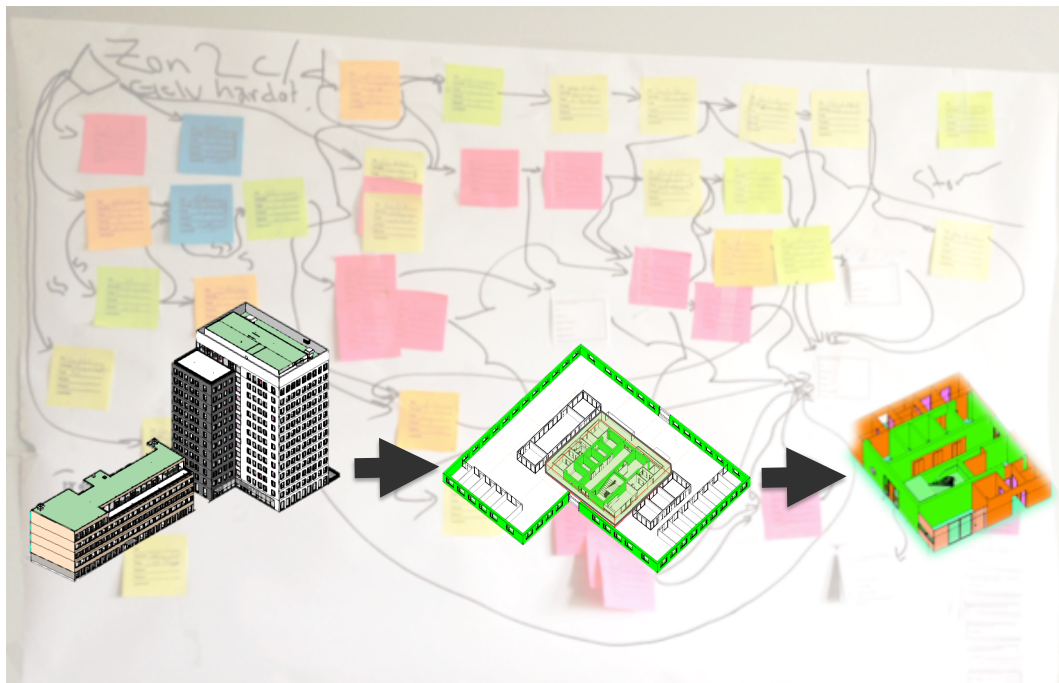


VIRTUELLPRODUKTIONS PLANERING

MED HJÄLP AV BIM OCH VISUALISERING



Mattias Roupé, Chalmers Tekniska Högskola
Mikael Viklund-Tallgren, Chalmers Tekniska Högskola
Mikael Johansson, Chalmers Tekniska Högskola
Roger Andersson, Peab AB

Förord

Denna rapport presenterar resultatet från en genomförd förstudie som undersöker möjligheten med en ny planerings metodik dvs. Virtuell Produktions Planering.

Ett varmt tack riktas till de nätverk, organisationer och individer som bidragit till genomförandet av förstudien som lett till denna rapport.

- *Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond* (SBUF) och *Centrum för Management i Byggsektorn* (CMB) som båda har finansierat förstudien
- *FoU-Väst* utskott inom Sveriges Byggindustrier och BIM Management-gruppen inom CMB för stöttning, diskussioner under projektet.
- Examensarbetarna Nilla Lindfors och Ebba Birging som undersökte produktionsmodeller och Carl-Axel Bergstrand och Claes Moberg som undersökt VPP-app och tidsättning av produktionsaktiviteter.
- Medverkande företag var Peab, NCC, Veidekke, Reinertsen.
- Alla företag och personer som har medverkat i intervjuer och tester av de framtagna prototyperna.

Göteborg, Maj, 2014

Mattias Roupé

Innehållsförteckning

1. SAMMANFATTNING	1
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUKTION	3
4. SYFTE.....	5
5. GENOMFÖRANDE	5
6. BAKGRUND	6
6.1. BYGGNADS INFORMATIONS MODELLER	6
6.2. PLANERING	7
6.3. STRUKTURPLANERINGSWORKSHOP PÅ PEAB I DAG	8
7. RESULTAT	11
7.1. OBSERVATIONSSTUDIE STRUKTURPLANSWORKSHOP, PEAB	11
7.1.1. <i>Förbättringspotential: 3D visualisering och BIM-modell</i>	11
7.1.2. <i>Förbättringspotential: Strukturplaneringsworkshop</i>	12
7.2. INTERVJUSTUDIE PRODUKTIONSMODELL	13
7.3. VPP-METODIK – TEORETISKT HUR METODIKEN FUNGERAR I FRAMTIDEN	15
7.4. VIRTUELL PRODUKTIONS PLANERING PROTOTYPER	19
7.4.1. <i>BIM-viewer</i>	19
7.4.1. <i>VR-glasögon</i>	21
7.5. BIM-INFORMATION OCH DATABAS	23
8. SLUTSATSER	25
9. FRAMTIDA ARBETE	26
10. REFERENSER	27

1. Sammanfattning

Denna rapport presenterar resultatet från en genomförd förstudie som undersöker möjligheten med en ny planeringsmetodik dvs. Virtuell Produktions Planering (VPP). Avsikten med planeringsmetodiken är att få olika delaktiga aktörer i projektet att samarbeta och utnyttja varandras kunskap och erfarenheter genom att gemensamt virtuellt bygga och planera produktionen av byggobjektet innan det verkställs i verklig produktion. VPP utnyttjar 3D-visualisering (interaktiv visualisering/Virtual Reality) och BIM-modellen under denna process.

Arbetsordningen för denna planeringsprocess är följande:

1. BIM-modell och dess komponenter från projektering grupperas efter yrkesgrupper dvs. vem som har ansvaret att installera/bygga dessa under byggproduktionen.
2. De olika ansvariga yrkesgrupperna får sina tilldelade komponenter som de tid- och resurssätter.
3. Modellen och dess komponenter byggs sedan ihop i rätt ordning gemensamt av de olika involverade yrkesgrupperna och resultatet är en tidplan som visualiseras i 4D.

Vad denna förstudie rapporterar så finns stora möjligheter till en effektivare planeringsprocess med VPP. De framtagna VPP-prototyperna under förstudien har visat att det är tekniskt möjligt att implementera ett VPP-system. Vidare visade observationsstudien från en strukturplaneringsworkshop på utvecklingspotential av den befintliga processen. Observationsstudien visade även att denna typ av workshop ger bättre:

- granskning och identifiering av felkällor i projekteringen
- testning och granskning av byggbarhet av projektet
- sammanförande av kunskap och erfarenheter från projektering och produktion
- laganda och Team Building för projektet
- gemensam målbild och målplan

I slutändan skulle VPP med största sannolikhet tillföra ökad tillförlitlighet och effektivitet i produktionen.

2. Abstract

This report presents the results of a feasibility study that examines the possibility of a new planning methodology, Virtual Production Planning (VPP). The purpose of the planning methodology is to get the different actors involved in the project to collaborate and leverage each other's knowledge and experiences. This is done by constructing and planning the production with an virtual build before enforcing it in real production. VPP utilizes 3D visualization (interactive visualization / virtual reality) and BIM model during this process.

The basic designs of this planning process are as follow:

1. BIM model and its components from the detail-design are grouped into construction professionals, i.e. who is responsible to install / build the component during construction.
2. The various responsible professional groups will receive their allocated components, which they apply construction resources upon.
3. The different professional groups involved, then jointly build up the virtual model and its components in the right order and the result is a time schedule in 4D.

What this study reports is that there are great opportunities for a more efficient planning process with VPP. The developed prototypes during this study have shown that it is technically possible to implement a VPP-system. Furthermore, observational study from a planning workshop has shown development potential of the existing planning process. The observation study also showed that this type of workshop environment provides better:

- Review and identification of error sources in the detail-design
- Testing and examination of the constructability of the project
- Sharing of knowledge and experience between the design and production
- Teamwork and Team Building for Project
- Common vision and target plan

In the end, VPP will most likely bring increased reliability and efficiency in production.

3. Introduktion

Byggindustrin befinner sig i ett tidigt skede av en historisk förändring i hur projektering utförs i byggprocessen. Från att ha varit en bransch där mer eller mindre allt informationsutbyte baserades på ritningar och beskrivningar ser vi nu hur digitala modeller, Building Information Models (BIM), kan representera ett objekt från skiss till förvaltningsstadiet. Dock tillför införandet av BIM att branschen måste utveckla nya metoder för styrning och ledning av projekt, samt nya arbetsformer för att nyttan skall bli fulländad. Tillgången på BIM-modeller möjliggör inte enbart en mer effektiv projektering utan också helt andra typer av informations- och diskussionsunderlag som kan användas i produktionsplanering.

I dagsläget finns det ett antal mjukvaror som fokuserar på hur man tekniskt kan utnyttja BIM och dess information för att åstadkomma effektivare kalkylering, mängdning av byggprojektet. Vissa mjukvaror har även stöd för att koppla mängdning och kalkylen till produktionsplanering och därigenom ge möjligheten att simulera/visualisera tidplanen för byggprojekt (4D-, 5D-simulering). 4D-simuleringar har visat sig vara ett bra kommunikationsverktyg, en nackdel med dessa programvaror är dock att de är uppbyggda på idén att en individ/planerare manuellt kopplar ihop redan befintlig tidplan med 3D-modellen (Zhou et al, 2011).

Det ovan nämnda arbetssättet utgår från hur den befintliga planeringsprocessen ser ut idag och inbjuder inte till förändring av nya arbetssätt och metoder där man involverar människor med olika kunskap och erfarenhet från byggproduktion, dvs. att de som faktisk skall utföra arbetet i slutändan är med och planerar. Detta resulterar till att det gemensamma ägandet och målbilden av produktionsplaneringen faller bort, men man förlorar också chansen att ta del av övriga inblandade aktörers erfarenhet, kunskap och inflytande på tidplanen, vilket ger att fel och problem byggs in i tidplanen (Büchmann-Slorup and Andersson, 2010). Arbetsmetoder som utnyttjar dessa existerande tillgångar hittas i arbeten kring LEAN och i anknytning till *Visuell planering* (Dalman, 2005) och *Last planner* (Ballard & Howell, 1997), där man utnyttjar människor med olika yrkeskompetens och erfarenheter för att skapa en gemensam målbild och ägande av projektet.

Inspiration från dessa idéer finns på Peab idag, där man i planeringsskedet av produktionen samlar olika aktörer med olika kompetens, bakgrund och erfarenhet till en gemensam planeringsworkshop, se kapitel 7.3. I dagsläget är denna workshop frikopplad från BIM och dess information, visualisering och 4D och bedrivs i huvudsak ”manuellt” (whiteboard, post-it lappar uppsatta på tavlor, etc.) utifrån traditionellt ritningsunderlag. Resultatet av processen i denna workshop måste digitaliseras för att få koppling till planeringssystemet och denna digitalisering medför merarbete och fördröjning av planeringsprocessen. Denna rapport är ett resultat av en förstudie som syftade till att undersöka och utveckla en ny arbetsmetod, Virtuellt Produktions Planering (VPP), för denna typ av workshop. Detta med avsikten att utnyttja 3D-visualisering (interaktiv visualisering/Virtual Reality) och BIM-modellen i planeringsprocessen. Denna nya arbetsmetod skulle därigenom bidra till

att underlätta kommunikation, förståelse och minska missförstånd och feltolkningar av ritningar.

Detta genom att utnyttja informationen i BIM-modellen och på så sätt effektivare förmedla hur delar av modellen sitter ihop och hur lösningar ser ut. Avsikten med arbetsmetoden är att få olika delaktiga aktörer i projektet att samarbeta och utnyttja varandras kunskap och erfarenheter genom att:

Gemensamt virtuellt bygga och planera produktionen av byggobjektet/huset innan man verkställer planeringen i verklig produktion.

Tanken är att man plockar isär BIM-modell i byggbara komponenter som man delar ut till de olika ansvariga yrkesgrupperna som sedan tidsätter dessa. Modellen och dess komponenter byggs sedan ihop i rätt ordning gemensamt av de involverade yrkesgrupperna. Genom att bygga upp byggobjektet/huset virtuellt, sammanförs kunskap och erfarenheter från projektering och produktion. Detta underlättar vid testning och granskning av byggbarhet av projektet, då detta kan göras virtuellt innan det omsätts och tillämpas skarpt ute i produktionen. Från denna process kommer en planerad strukturplan fram som alla involverade i projektet har arbetat igenom tillsammans och därigenom har en gemensam målbild bildats.

Med hjälp av den föreslagna nya planeringsmetoden, *Virtuell Produktions Planering*, skulle också ökad produktivitet i produktionen kunna erhållas genom:

- Bättre granskning och identifiering av felkällor i projekteringen
- Effektivare planeringsprocess genom användning av BIM informationen, så som kalkylering och mängdning etc.
- Bättre testning och granskning av byggbarhet av projektet
- Bättre sammanförande av kunskap och erfarenheter från projektering och produktion
- Bättre utnyttjande av kunskap och erfarenheter (hantverkare och produktionsledning) byggbarhet/produktionsmetodik/planering
- Skapande av bättre laganda och Team Building för projektet
- Bättre gemensam målbild och målplan.

4. Syfte

Denna förstudie representerar en del i ett övergripande mål att utveckla och implementera en *ny arbetsmetod* för att planera byggproduktion genom att utnyttja 3D-visualisering och BIM. Den föreslagna planeringsmetoden, *Virtuell Produktions Planering*, bygger på att de olika aktörerna i ett projekt *gemensamt* virtuellt bygger och planerar produktionen av byggnaden/byggobjektet innan planen tillämpas i verkligheten. Detta för att åstadkomma en bättre planering och i slutändan ett mer effektivt byggande. Syftet med förstudien är att synliggöra möjligheter och svårigheter med att implementera *Virtuell Produktions Planering* i praktiken. Målet är att denna förstudie skall kunna ligga till grund för ett mer omfattande FoU-projekt där fokus kommer att ligga på faktisk implementering av den föreslagna metoden.

5. Genomförande

För att kartlägga möjligheten med VPP-metodiken har en litteraturstudie legat som grund för arbetet. I senare del av studien har intervjuer på byggarbetsplatsen och observationer under en strukturplaneringsworkshop gjorts. De tekniskt relaterade frågeställningarna har valideras med hjälp av undersökningar och tester av modeller som har kommit från BIM-projekt i industrin. Utveckling av prototyper har skett parallellt under projektet. Prototyper som har utvecklats är BIM-viewer, VPP-app och VPP-server. Prototyperna ligger till grund för att utvärdera möjligheter och svårigheter med att införa Virtuell Produktions Planering i produktionsprocessen.

6. Bakgrund

Här ges en introduktion till viktiga begrepp för förstudien. Initialt beskrivs BIM med fokus på användandet av information och mängder för planering och BIM-modellens tillämplighet i planering allmänt. Därefter följer en kort genomgång av planeringsprocessen i produktionsfasen i dagsläget varpå hur det omsätts och fungerar i praktiken beskrivs efter det.

6.1.Byggnads Informations Modeller

Utvecklingen i branschen går allt mer från 2D ritningar till 3D modeller. Detta öppnar upp för ett helt nytt fält med parametriska 3D modeller som kan innehålla mängder av information kopplat till en geometri utöver ren geometrisk data. Begreppet för denna typ av informationsberikade modeller är ofta Byggnads Informations Modeller (BIM). BIM-modeller innehåller inte bara information om byggnadens geometri utan kan också innehålla information om kostnader för byggnadsdelar, enhetstider för nödvändig arbetstid för själva byggandet, information om material, ingående delars koppling till varandra med mera. En BIM-modell är en stor databas där ritningar och visualisering av 3D-modellen bara är ett sätt att presentera delar av informationen som den innehåller. För att sammanfatta det hela har bland annat det amerikanska institutet National Institute of Building Sciences gett ut en standard där de definierar BIM som *en digital representation av fysiska och funktionella attribut hos en byggnad*.

Genom att använda BIM-modellen som bas för att koppla på tidplanen möjliggör detta att man kan simulera och analysera den tänkta produktionsplanen (Waly & Thabet, 2003). Det blir alltså möjligt att plocka isär och bygga upp byggnaden rent visuellt enligt det schema och de byggklossar man använt. Förutsättningarna för att göra detta möjligt är att både modell och tidplan är ungefär likvärdigt detaljerade. Här är egentligen inge stora problemet idag bristen på information utan ett överflöde av information. Byggarbetsplatser översvämmas med ritningar och andra handlingar som dränker den som planerar i information vilket gör det än viktigare att kunna filtrera ut den information som är viktigt i just det specifika fallet.

Här anses 3D-modellen och mer specifikt BIM-modellen kunna hjälpa till genom att underlätta detta arbete (Bühmann-Slorup & Andersson, 2010; Johansen & Wilson, 2006; Waly & Thabet, 2003). Vidare kan användandet av BIM-modeller överbrygga och minska skillnaden mellan huvudtidplaner skapade innan produktionen och mer detaljerade produktionstidplaner. Detta genom att informationen i modellerna bygger på data direkt från byggklossarna i modellen och på så vis förser tidplanen med direkt och aktuell information, för att detta skall bli möjligt fullt ut krävs nya verktyg (Bühmann-Slorup & Andersson, 2010). Viktigt här är att se modellen som en källa till tidplanen, så att inte tidplanen utvecklas vid sidan av och sedan ”klistras in” på byggklossarna.

6.2.Planering

Planering i byggprocessen sker i flera steg, men fokus här är att kika på produktionsplanering. I regel sker en hel del av planeringsarbetet i byggstarten, genom att man som byggtreprenör skapar en initial strukturtidplan som ligger till grund för en mer detaljerad produktionstidplan. Beroende på projektets omfattning krävs olika mängd planering (Nordstrand, 2010). I vissa projekt inleds vissa delar av planeringen av platschefen redan innan denne flyttar ut till arbetsplatsen (Christiansen, 2012), i andra fall inleds planeringen genom en workshop där underentreprenörerna/yrkesgrupperna själva är med och planerar sina respektive aktiviteter vilket beskrivs noggrannare under rubriken strukturplaneringsworkshop på Peab idag nedan. Mycket av den traditionella planeringen på byggarbetsplatser idag sker genom blockteknik metoden, vilken ofta redovisas i form av så kallade Gantt-scheman (Friblick & Olsson, 2009).

Problemet med denna metod är att med ökande komplexitet av projektet så blir kopplingarna mellan aktiviteter mer komplexa och planerna blir fort svåröverskådliga, vilket även gör dem svåra att uppdatera (Friblick & Olsson, 2009; Winch, 2010). Detta gör att traditionella planeringsmetoder blir stelbenta och svårföränderliga. De kan därmed anses som sämre lämpade för en industri där ändringar och osäkerhet hör till vardagen (Christiansen, 2012).

Sedan den senare hälften av 1990-talet har flertalet alternativa planeringsmetoder blivit populära, exempel på dessa är Last Planner och Lägesbaserad planering. Den senare metoden bygger på att maximera användningen av det fysiska utrymmet i byggnaden, metoden har använts framgångsrikt i projekt med stor repetition. Last planner däremot är en metod där planen byggs upp av milstolpar där utgångspunkten är färdigställandedatum och samband byggs upp bakåt, genom att identifiera milstolpar som måste vara klara för att komma vidare. Den mer detaljerade planeringen sker så nära utförande som möjligt, på detta sätt får man en tidplan som bygger på Lean-termen ”pull”, det vill säga att ingen ny aktivitet påbörjas förrän föregående är klar (Ballard, 2000, Ballard & Howell, 2003; Winch, 2010). Genom att bruka denna teknik går det att skapa en större flexibilitet genom att detaljplanering av aktiviteten sker av de som utför först när alla förutsättningar för att utföra aktiviteten finns.

Flera angreppssätt för att stödja planering genom digitala hjälpmedel har genom åren kommit upp, tre huvudstråk listas av Waly & Thabet (2003). Det första stråket bygger på kunskapsbaserade helautomatiserade system. Detta är system där regler och samband programmeras in i programvaran och på så sätt skapar en så kallad svart låda. Problemet med detta är att användaren distanseras från själva planeringen och att regler och samband måste fördefinierats i programmet. Det andra stråket är det dominerande i dagsläget, det bygger på kopplingen av 3D-modeller och tidplaner, där modellen och tidplanen tas fram i olika programvaror. Nackdelen här är att kopplingen kräver mycket handpåläggning och är tidskrävande. Det tredje stråket kombinerar de ovanstående stråken genom att avancerad simuleringsteknik

kombineras med modeller och programmerad kunskap. Sacks m.fl. (2010) har studerat BIM i förhållande till Lean-koncepten och funnit att BIM kan stödja många av aspekterna i Lean som även är intressanta för att få en bra produktion.

Aspekter som de tar upp är till exempel möjligheterna att verifiera och styrka designen genom BIM-modellen, vidare kan kvaliteten höjas då kollisioner och problem kan undvikas tidigt, vilket i sin tur kan minska ledtider i design processen vilket i sin tur kan påverka produktionen. Alltså kan slutsatsen dras att i och med mognadsgraden på BIM i dagsläget så finns goda belägg för att integrerade system har en framtid.

6.3. Strukturplaneringsworkshop på Peab i dag

Målet med strukturplaneringsworkshopen är att få med alla yrkesgrupperna i planeringen och på så sätt få en bättre tidplan som är förankrad i processen.

Därför är det viktigt att rätt människor är med dvs. yrkesgrupperna rör, el, ventilation, sprinkler och bygg, där bygg representerar traditionella byggarbeten såsom gipsväggar, matt-läggning och målning. Yrkesgrupperna ska representeras av lagbas eller ledande montör samt projektledaren och projekteringsledaren.

Arbetet kring strukturplaneringsworkshopen inleds med att projektledningen bearbetar objektet/huset och bryter ner det i lägen/zoner¹. På så sätt blir överskådligheten av planeringsuppgiften bättre, detta medför att projektet i slutändan består av ett antal zoner där exempel på zonindelning kan vara ett våningsplan. Zonernas antal och storlek beror på komplexiteten av projektet men också av husets fysiska utformning, i stora byggnader eller byggnader med varierande komplexitet kan delar av ett plan utgöra flera zoner. För varje zon i byggnaden görs en strukturplan med hjälp av post-it lappar där sambanden mellan aktiviteterna åskådliggörs. När planeringen av alla zoner är klar kopplas dessa samman till en stor tidplan över projektet.

I dags läget använder Peab en 3D-modell för att visualisera för deltagarna hur zonen ser ut. 3D-modellen kommer från projekteringen och bäst resultat erhålls om 3D-modellen har status ”granskningshandling”. Detta då det oftast under mötet identifieras brister och förbättringsförslag från de olika yrkesgrupperna. En fördel är om navigeringen i modellen görs av projekteringsledaren för då kan denna svara på frågor direkt eller ta med sig dessa till projekteringen.

¹ Efterföljande text kommer använda zon för att underlätta för läsaren.

Mötet börjar med att gruppen gemensamt visas runt i en zon som ska behandlas i 3D-modellen, detta för att få en gemensam bild av den aktuella zonen. Därefter delas yrkesgrupperna upp för sig och de stolpar upp de aktiviteter som skall utföras av dem i det specifika läget. Aktiviteterna symboliseras på post-it lappar och informationen som ska framgå är:

1. Läget
2. Aktivitetsnamn
3. Varaktighet i dagar
4. Resursbehov (antal personer/maskiner)

De olika yrkesgruppernas aktiviteter färgkodas genom att varje yrkesgrupp har en specifik färg på post-it lappen. Detta gör det lättare att visuellt tolka och förstå samband mellan olika aktiviteter och yrkesgrupper under planeringsövningen. När yrkesgrupperna återsamlas, börjar planeringsövningen med ett vitt papper. En workshopledare frågar efter aktiviteten som ska starta och sätter upp den post-it lappen på pappret, därefter sätts aktiviteterna upp i den arbetsordning som de ledande montörerna bestämmer. Sambanden åskådliggörs med kopplingspilar som följer samma logik som blockteknikmetoden inom planering. När alla aktiviteterna är uppe så är övningen klar, och nästa zon går igenom och planeras på samma sätt.

Resultatet efter workshopen är att gruppen har skapat en strukturplan, vilket ligger till grund för vad som matas in i planeringsprogrammet, se figur 1.



Figur 1. Strukturplan som är resultatet efter strukturplansworkshopen. Olika färgerna på post-it lapparna används för att färgkoda olika yrkesgruppernas aktiviteter.

När strukturen är inmatad i ett planeringsprogram så är tidplanen skapad (se figur 2). Fördelen med denna typ av workshop är att slutresultatet, dvs. tidplanen redan är förankrad hos de som skall utföra jobbet, därigenom undviks det svåraste steget traditionellt sett, nämligen att sälja in tidplanen till de som skall realisera den.

7. Resultat

I detta kapitel presenteras resultatet från en observationsstudie från en Strukturplansworkshop, en intervjustudie som handlar om produktionsmodeller. Efter dessa kapitel knyts resultatet från dessa studier till VPP-Metodiken och hur metodiken skulle fungera i framtiden. Slutligen beskrivs de olika prototyperna som har utvecklats för att stödja VPP-metodiken, dvs. BIM-viewer och VPP-app som delar BIM-information via en server och support för VR-glasögon.

7.1. Observationsstudie Strukturplansworkshop, Peab

Under denna workshop utfördes på liknade sätt som presenterades under kapitel 7.3. Detta kapitel kommer handla om förbättringspotential av den befintliga processen. Under denna workshop hade de tillgång till en BIM-modell som användes som diskussionsunderlag. Det var BIM-modellen som var det mediet som användes mest men i vissa fall användes även ritningar och beskrivningar som referens. Nedan presenteras observationer av potentiella förbättringsområden under respektive kategoriserade rubriker.

7.1.1. *Förbättringspotential: 3D visualisering och BIM-modell*

Under visualiseringen av BIM-modellen observerades att vissa deltagare hade svårt att orientera sig i modellen. Ibland använde de 2D-ritningar som referens för att visa var de befann sig i den virtuella byggnaden. De olika zonernas indelningar för planeringen fanns inte med i BIM-modellen, vilket mynnade ut i ett antal diskussioner om vilken zon man befann sig i. *Förbättringsåtgärder* från dessa observationen skulle vara att använda en orienteringsvy längst nere i vänstra/högra hörnet under visualiseringen av BIM-modellen. Denna orienteringsvy skulle kunna interaktivt uppdateras med information om var man befann sig i modellen samt visa en kamera symbol som visade riktningen av vyn, se figur 3. I denna orienteringsvy skulle även information om vilket zon integreras. Denna orienteringsvy skulle kunna reda ut mycket av problemen kopplade till orientering i modellen.



Figur 3. I högra hörnet av bilden finns en illustration på hur orienteringskarta kan integreras in i 3D-vyn i BIM-viewern.

En annan observation var att filtrering och färgkodning av visualiseringen av BIM-modellen skulle kunna förbättra förståelsen av vad zonen innefattar och vilka delar som tillhör olika yrkesgrupper. Vidare skulle även en 3D vy snett uppifrån ge en översikt över vilka aktiviteter och objekt som krävs för att bygga den specifika zonen i byggnaden. En annan observation var att man använde systemlinjer från ritningar när man diskuterade var i byggnaden man befann sig. Ytterligare en observation var att de saknade verktyg för att ta mått i modellen.

De vanligaste diskussionerna som kom upp gällde mått på höjd på undertak jämfört med ventilationssystemets höjd. Denna typ av granskning kan härledas till granskning av detaljprojektering och byggbarhet. Oftast diskuterades om olika installationer får plats att monteras dvs. finns det plats för isolering av ventilationskanalerna, el och sprinkler etc. Det kom upp ett flertal detaljprojekteringsfrågor som skulle bearbetas av projekteringen. Det kan därför med säkerhet sägas att denna typ av workshop också fungerar som en granskning av detaljprojektering och byggbarheten av byggnaden. Dock fanns det stora möjligheter att förbättra visualiseringsverktyget, som skulle kunna ge en ännu bättre granskning av byggbarheten av byggnaden.

7.1.2. Förbättringspotential: Strukturplaneringsworkshop

Under det *enskilda arbetet* med att tillverka aktiviteter och resurs sätta dessa skulle en visuell representation av objekten med tillgång till information som är viktig för att tidsätta och resurs sätta aktiviteterna underlätta arbetet. Observationen under workshopen var att yrkesgrupperna främst använde ritningarna som bas för sin uppskattning av aktiviteterna och dess resurs sättning. Dessa ritningar kan vara svår tolkade och kan ge fel tolkning då mycket av installationerna är komplexa med mycket samordningsproblem (Wallin, 2012). Den föreslagna mobila VPP-appen skulle underlätta mycket av det ovan nämnda arbetet och skulle antagligen ge en bättre indata till strukturplanen. VPP-appen är tänkt att ha en visuell representation av objekten men också information som är viktig för att tidsätta och resurs sätta

aktiviteterna.

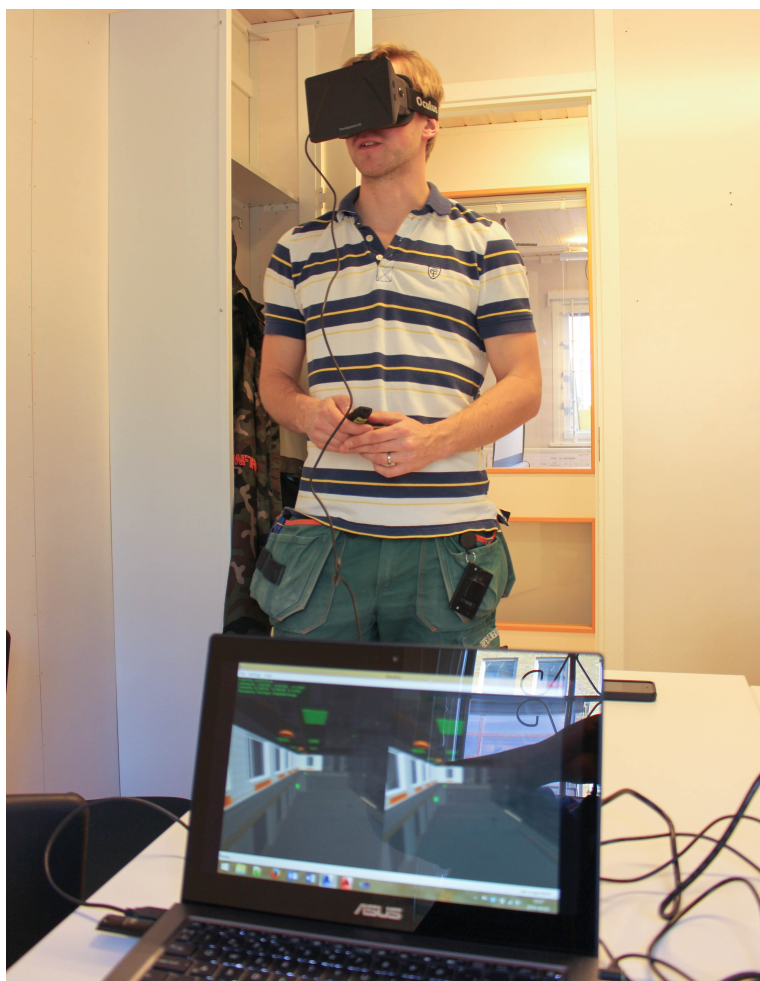
Under själva *strukturplaneringsworkshopen* med post-it lapparna blev det tydligt att en filtrering av 3D-modellen över zonen skulle underlätta för yrkesgrupperna. Diskussionen bland deltagarna var vilken ordning aktiviteterna skulle utföras, detta skulle kunna underlättas genom en filtrerad och färgkodad 3D-modell enligt ovan. Att visualisera de planerade aktiviteternas sekvenser, genom att tända upp objekt som tilldelad en ordning, skulle underlätta och öka förståelsen av samordningsproblem än mer. Denna typ av verktyg kontrollerar även att alla objekt är tilldelade aktiviteter och att inget arbete glöms bort under planeringen.

När det kom till själva strukturplaneringen observerades det visa aktiviteter skulle behövas brytas i objektnivå i zonen. Ett sådant fall var att elinstallatören skulle vilja montera el-stegarna så tidig som möjligt och föreslog att ventilationsinstallatören skulle börja installera ventilationssystemen längs väggarna först för att möjliggöra för elinstallatören att kunna montera el-stegarna där. Ett annat fall var att innerväggar skulle var färdiga före installationen av ventilations-systemen, men i vissa fall krävdes att installationen av ventilations-systemen var klart före innerväggarna. Dessa typer fall skulle kunna behandlas i det tänkta VPP-systemet där både visuell representationen av aktiviteten och själva objekten skulle kunna visas i sin sekventiellt planerade ordning.

Som nämnds ovan finns det en stor förbättringspotential med ett VPP-system som stöd för processen. Där VPP-systemet skulle ge bättre förståelse, information, ordning och stödja denna typ av strukturplaneringsworkshop. Detta skulle ge bättre granskning och identifiering av felkällor i projekteringen, bättre granskning av byggbarhet, samt ge en effektivare planeringsprocess genom att användning av BIM informationen för mängdning och resurssättning etc.

7.2. Intervjustudie Produktionsmodell

I detta avsnitt av rapporten presenteras en kort sammanfattning av resultat från intervjuer som har gjorts ute på byggarbetsplatsen med olika yrkeskategorier nämligen yrkesarbetare från prefab, ventilation, sprinkler, el samt platschef. Under intervjuerna fick de testa att navigera omkring i BIM-modellen för det aktuella projektet. Detta genomfördes med hjälp av vår BIM-viewer och ett par VR-glasögonen och en laserpekare för power point, se avsnitt 8.4 för mer detaljer. Med hjälp av VR-glasögonen kunde det enkelt navigera omkring i BIM-modellen och uppleva den i skala 1:1, se figur 4.



Figur 4. Med hjälp av VR-glasögon kan arbetsledare och yrkesarbetare navigera omkring i modellen i skala 1:1 för att få bättre förståelsen av arbetsmomenten och därigenom få effektivare planering och utförande av arbetsmomentet.

Det som kom upp under intervjuerna var att yrkesarbetare från ventilation och sprinkler saknade viktiga detalj- och sektionsritningar för sina installationer vilket gjorde att de uppskattade BIM-viewern för att få bättre förståelsen av arbetsmomentet och hur deras arbetsmoment påverkar andra yrkesgrupper. Anledningen till att det inte fanns sektionsritningar var att det var en extra kostnad kopplad till att producera dessa ritningar och att det är svårt att bestämma vilka sektioner som är viktiga att tas fram under projekteringen. Detta avhjälpas lätt med hjälp av BIM-viewern och en visualisering av 3D-modellen, då den visuella informationen fås utan att någon extra kostnad kopplas till projektet.

I samband med intervjuerna efterfrågades även de intervjuade yrkesarbetarna möjligheten att kunna få information kopplat till de olika komponenterna. Informationen som efterfrågades var dimensioner, produkt ID/namn, material och mått. Att ta mått i modellen var också ett önskemål och att modellen skulle vara färgkodad efter vilken yrkesgrupp som utförde arbetet. En möjlighet att filtrera modellen genom att släcka och tända andra yrkesarbetares komponenter/modeller var också önskvärt. Nedan presenteras en sammanfattning resultatet från intervjustudien i en tabell.

Resultat / Discipliner	Rör	Ventilation	Sprinkler	Plats chef	Prefab	El
1. Positiva till VR-glasögonen	✓	✓	✓	✓	✓	
2. Skulle vilja ha en översikt	✓		✓	✓	✓	
3. Information om platsen i modellen				✓	✓	
4. Möjlighet att skriva ut 3D-vy från modellen	✓	✓	✓	✓		
5.1 Alla "ritningar" visualiseras tillsammans	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.2 Möjlighet att få "sektionsritningar" där alla discipliners "ritningar" visualiseras tillsammans	✓	✓	✓	✓	✓	
6. Färgkod för olika discipliners arbetare	✓	✓	✓	✓		
7. Filtrera modellen: kunna slå på/av andra discipliner	✓	✓	✓	✓		
8. Detalj nivå i modell: LOD	350	350	350	350	350	500
9. Information om dimensioner, material, höjd och avstånd	✓	✓	✓	✓	✓	
10. Möjlighet att mäta i modellen	✓	✓	✓	✓		

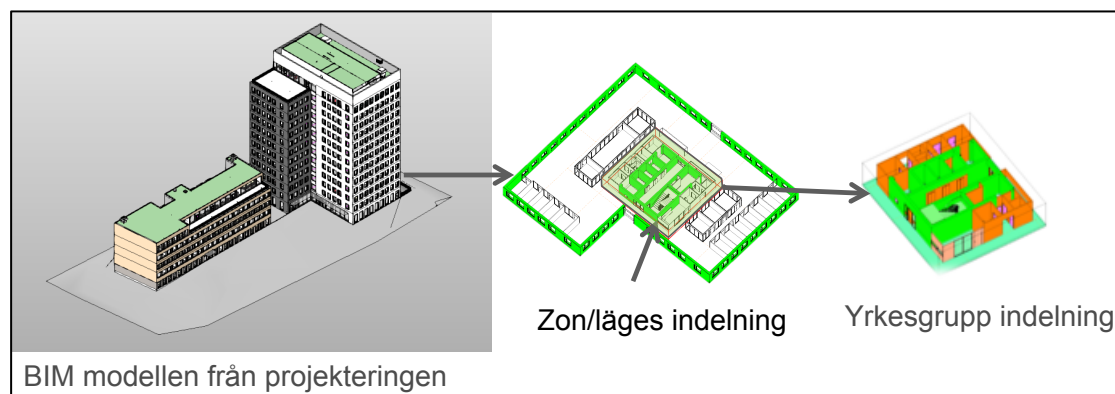
Tabell 1. Visar en sammanfattning av resultatet från intervjustudien kopplad till produktionsmodeller och BIM-viewer med VR-glasögon.

7.3.VPP-Metodik – teoretiskt hur metodiken fungerar i framtiden

Baserat på erfarenheter från Peab samt vad som framkom under observationsstudien, kapitel 8.1, så fungerar konceptet med strukturplaneringsworkshops mycket tillfredsställande. Dock finns mycket förbättringspotential, främst genom att se till att allt kan ske digitalt och att på ett bättre sätt utnyttja visualisering och BIM-modellens information. Utnyttjade av visualisering och BIM-modellens information undersöktes under intervjustudie produktionsmodell, se kapitel 8.2. Baserat på det som framkommit under förstudien och de observationer och intervjuer som gjorts följer nedan ett teoretiskt hur VPP-metodiken kan fungera i framtiden.

Utgångspunkten för VPP-metodiken är att det finns en BIM-modell över projektet. BIM-modellen bör vara produktionsanpassad dvs. att de olika objekten i modellen är grupperade efter vilken yrkesgrupp som skall montera/installera/bygga objekten i verkligheten. Anledningen till detta är att det skall gå att filtrera modellen för att ge yrkesgrupperna möjlighet att välja vilken information som är relevant för dem och vilka andra yrkesgrupper som de är beroende av. Grupperingen efter yrkesgrupp var något som kom fram under intervjuerna med yrkesarbetarna samt under observationen som gjordes under strukturplaneringsworkshopen. Gruppering av BIM objekten görs av projektansvariga tillsammans med BIM-koordinatör. Som framgått under kapitel 7.3 skall även byggprojektet zon-indelas dvs. att man bryter ner projektet i mindre delar som ger en överskådlighet i planeringen. BIM-modellens objekt, så som väggar, ventilationskanaler etc., kopplas/grupperas ihop med deras tillhörande zon. BIM-modellens objekt kan splittras eller slås ihop till aktiviteter som beskriver arbetsmomentet i verkligheten. Denna sekvens av aktiviteter kan visuellt färgkodas i

BIM-modellen, där en specifik färg/transparans motsvarar en aktivitet. När BIM-komponenten är färdig planerad med dess tillhörande aktiviteter visas objektet i sitt originalutförande. Det kan även finnas aktiviteter som inte har något grafiskt BIM-modellobjekt kopplat till sig, exempel på sådana kan vara tillfälliga produktionshjälpmedel så som ställningar etc. Dessa aktiviteter kan visualiseras med temporära visuella objekt. En nedbrytning av projektet skulle kunna illustreras så som i figur 5.



Figur 5. Projektet och BIM-modellen bryts ned i zoner och grupperas efter yrkesgrupper.

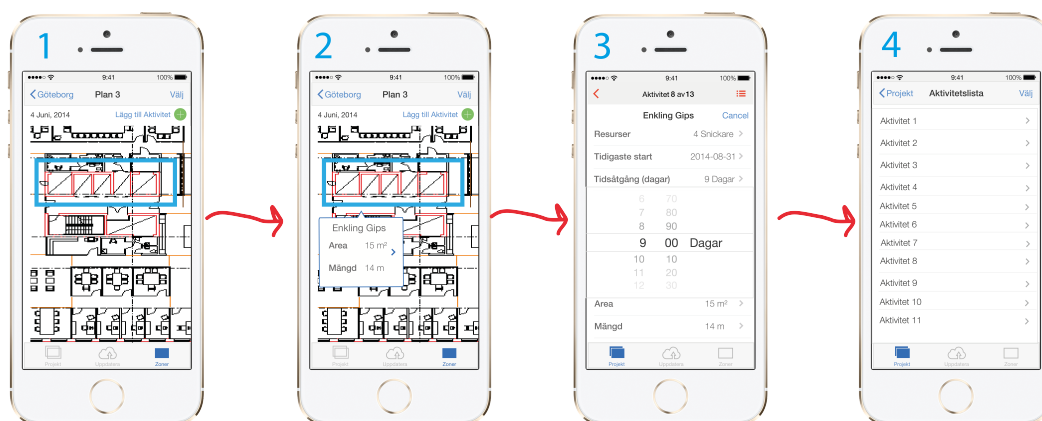
Efter förberedandet av BIM-Modell/produktionsmodell enligt ovan är det dags för en strukturplaneringsworkshop som olika representanter från olika yrkesgrupperna medverkar i, dvs. lagbasar och ledande montörer. I denna workshop är det viktigt att få med själva utförarna av själva arbetena. De är dem som sitter på kunskapen på hur arbetena utförs på byggarbetsplatsen. Workshopen börjar med att introducera byggprojektet och den tillhörande BIM-modellen och dess zon indelning för att se om den är lämplig för projektet.

Under denna visualisering av modellen granskar man modellen och ser byggbarheten och om projekteringen har gjort några fel eller missat något. Möjligheten finns nu att visualisera modellen genom att filtrera modellen för de olika yrkesgrupperna genom att tända och släcka vad som är intressant för just deras genomförande. Man filtrerar modellen så att bara den aktuella zonen syns och visualiserar de olika BIM objekten och dess tillhörande yrkeskategori. En mer detaljerad introduktion och diskussion av den aktuella zonen inleds med utgångspunkt från BIM-modellen. Introduktion och diskussion tar upp frågor som byggbarhet, logistik, ytskikt, brandtätning, vägg-typer etc. Mycket av denna information finns tillgängligt via BIM-modellens inneboende information. Efter denna introduktion och diskussion bryts workshopen för kort eget arbete där var och en av yrkesgrupperna skall planera sina aktiviteter i den specifika zonen i projektet.

Yrkesgrupperna tilldelas sina BIM-objekt som tillhör de aktiviteter som utgör deras arbete i projektet. De tidsätter och tilldelar aktiviteterna personella resurser. Denna del av det enskilda arbetet sker via den mobila VPP-appen på telefonen/läsplattan eller i en dator. VPP-appen har en visuell representation av objekten men också information som är viktig för att tidsätta och resurs-sätta aktiviteterna, så som namn på

byggkomponenter och objekt, mängder etc.

Resultatet av det enskilda arbetet är ett antal aktiviteter som är resurssatta och tidsatta. Indata som läggs till i VPP-appen under det enskilda arbetet kopplas direkt till BIM-modellen via en VPP-server. Därigenom kopplas och integreras aktiviteternas tider och resurser automatiskt mot BIM-modellens motsvarande objekt.



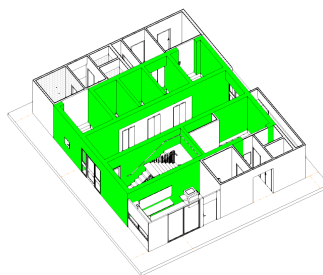
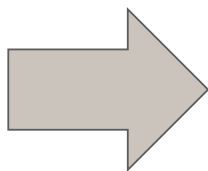
Figur 6. VPP-appen används i det enskilda arbetet för att tillverka aktiviteter och att resursställa dessa med tid och bemanning.

Nästa steg är att samla ihop alla yrkesgrupper igen och göra en strukturplansworkshop med hjälp av BIM-modellen. Denna del av workshopen börjar med att den specifika zonen som skall planeras för tillfället visualiseras med hjälp av BIM-modellen. Efter denna introduktion sätts alla objekten i modellen som transparenta. Tanken är att dessa objekt senare skall bli solida efter att aktiviteterna har kopplats till strukturplanen.

I detta skede av workshopen diskuteras vilka ordning byggnaden skall byggas med hjälp av de framtagna aktiviteterna. BIM-modellen visas på en stor skärm och en diskussion förs över vilken sekvens och ordning aktiviteterna skall utföras. När en aktivitet skall göras aktiv i BIM-modellen skickar yrkesgruppen upp denna aktivitet via VPP-appen. Den tillhörande BIM objektet tänds upp som solid i BIM-modellen när det är aktiverat i strukturplanen.



**Aktivitet aktiveras
via VPP-appen**



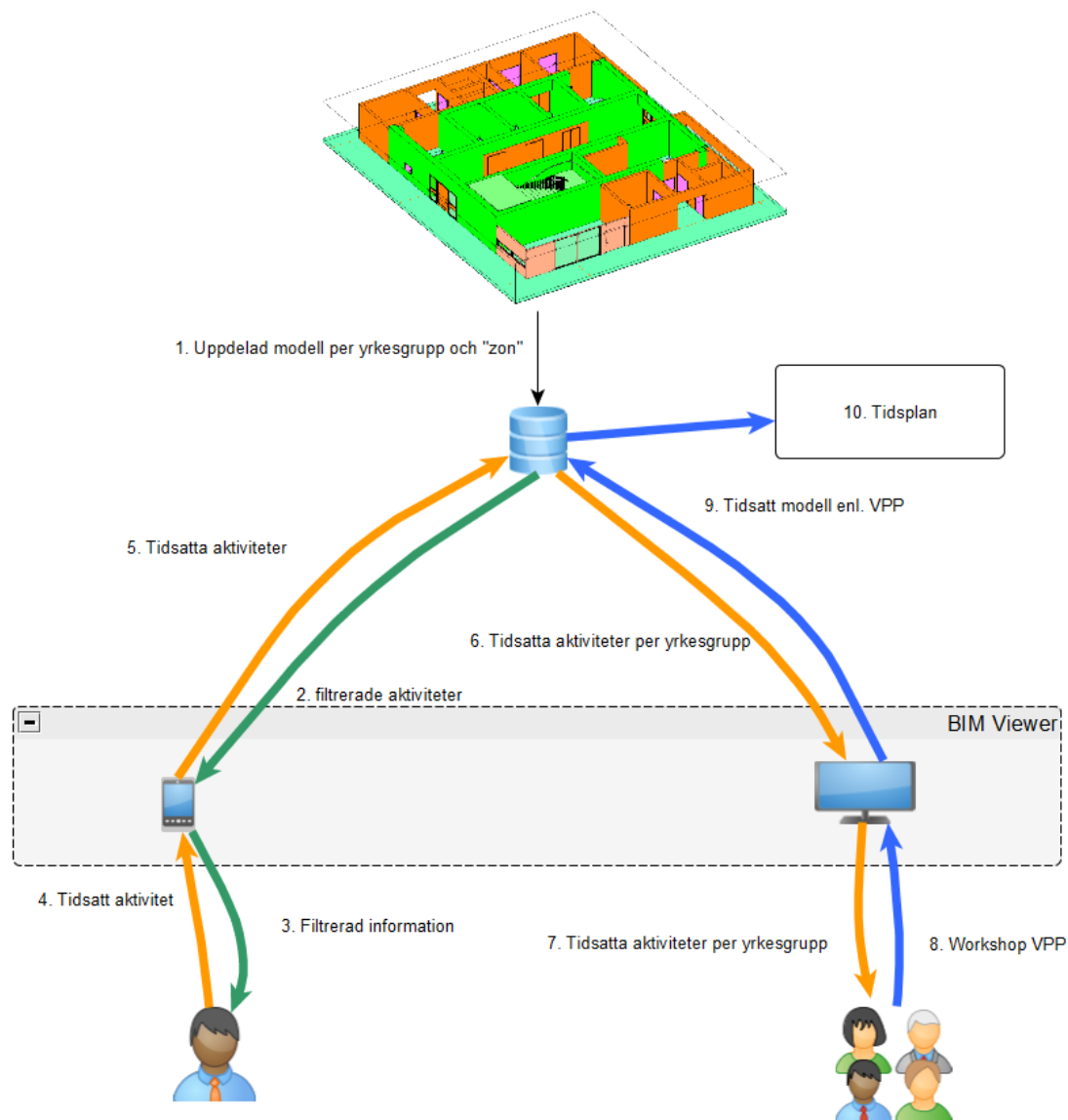
**BIM objekt tänds upp när
de är aktiverade**



**Vem skall starta?
... och sedan...
... när kan du börja...
... är du beroende av någon...**

Figur 7. När en aktivitet skall göras aktiv i BIM-modellen skickar yrkesgruppen upp denna aktivitet via VPP-appen. Den tillhörande BIM objektet tänds upp som solid i BIM-modellen när det är aktiverat i strukturplanen.

När alla aktiviteter och BIM-objekt är kopplade är strukturplanen klar. Nu visualiseras den färdigställda strukturplanen i 4D och alla kan se hur byggnaden växer fram i 3D. Denna visualisering ger en extra granskningskontroll på att den sekvenserade strukturplanen stämmer. När granskningen av de planerade sekvenserna är klar, exporteras strukturplanen ut som en fil och bearbetas ytterligare i ett planeringsprogram. Figur 8 summerar och beskriver VPP-arbetsgången och den tekniska plattformen.



Figur 8. Bilden ovan beskriver arbetsgången och den tekniska plattformen som gör detta möjligt.

7.4. Virtuell Produktions Planering Prototyper

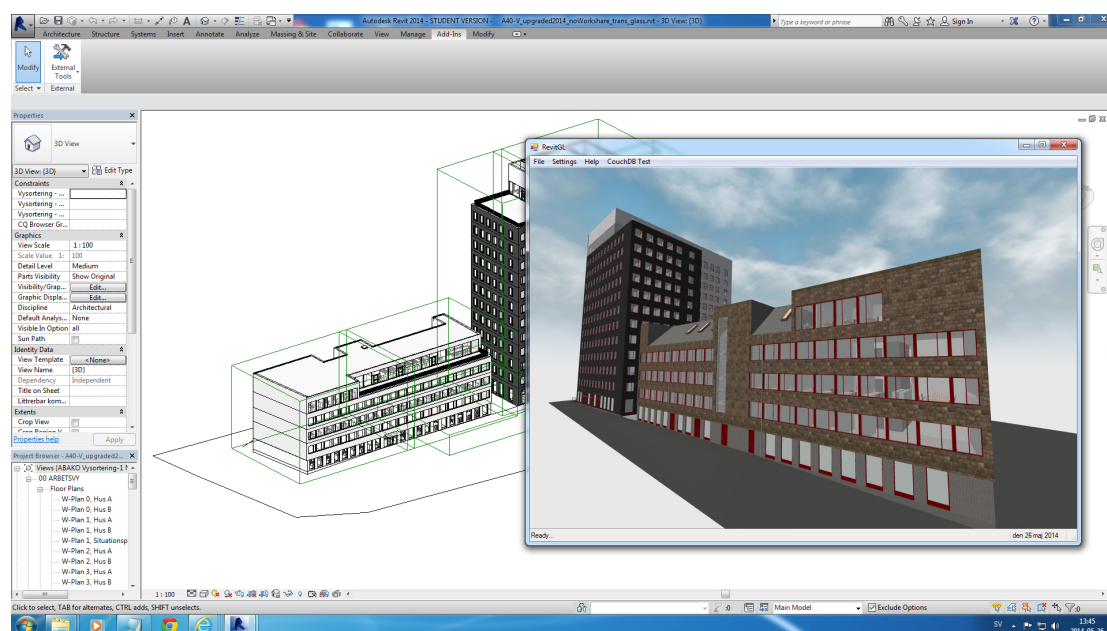
7.4.1. BIM-viewer

För att kunna realisera VPP-konceptet i praktiken behövs tillgång till en BIM-viewer-applikation som kan visualisera BIM-modeller i realtid. Kraven på en sådan applikation är dock högre än vad man initialt kan tro. Även om processorer och grafikkort kontinuerligt blir snabbare och snabbare innehåller kompletta BIM-modeller ofta alldeles för många objekt och detaljerad geometri för att kunna visualiseras i realtid med konventionella metoder. Sedan tidigare har en BIM-viewer med primärt syfte att kunna hantera komplexa BIM-modeller i realtid utvecklats internt på Chalmers Visualiseringsteknik.

Enkelt sett så utnyttjar denna BIM-viewern en teknik som sällan används i traditionella BIM-verktyg idag, nämligen det faktum att alla objekt i en BIM-modell inte är synliga samtidigt, utan ofta är skymda av andra objekt, dvs. står man i ett rum

så ser man inte vad som är i nästa rum om det inte finns ett fönster eller en dörr till det rummet. Från varje given vy punkt kan BIM-viewern alltså snabbt identifiera vilka objekt som INTE är synliga och lägger sedan datorkraft endast på synliga objekt, med ökad bilduppdateringsfrekvens och interaktivitet som resultat. Jämfört med övriga alternativ på marknaden, såsom BIMSight eller Solibri, är den Chalmersutvecklade viewer mellan 10-20 gånger snabbare och kan således hantera stora och komplexa BIM-modeller i realtid.

BIM-viewern är implementerad som ett plugin till Revit, och när viewer-kommandot körs så öppnas ett nytt fönster där "visualiserings-versionen" av modellen blir synlig efter att all geometri/data lästs från Revits "interna" databas, se figur 9.



Figur 9. BIM-viewern är implementerad som ett plugin till Revit, och när viewer-kommandot körs så öppnas ett nytt fönster där "visualiserings-versionen" av modellen blir synlig.

Från pluginet finns även möjlighet att spara ut en binärfil innehållande all modelldata, vilket gör det möjligt att visualisera modellen i en fristående version av BIM-viewern (utan beroende av Revit). Under förstudien så har Revit använts som plattform för att undersöka och utvärdera den 3D-data/information som varje enskild disciplin skapar under ett typiskt BIM-projekt. Detta föll sig naturligt i och med att den befintliga BIM-viewern möjliggjorde extrahering av all geometri och BIM-data från Revit. I de fall då berörd disciplin använt sig av ett annat projekteringsprogram än Revit, så har IFC-filer exporterats från gällande projekteringsmiljö (t.ex. MagiCad) och sedan importerats i Revit. För framtida lösningar behöver dock inte VPP-konceptet vara begränsat till Revit som plattform. En möjlighet skulle då vara att direkt använda sig av IFC-filer och importera dessa i BIM-viewern med hjälp av xBIM (Lockley 2014) som är ett open source-bibliotek för att läsa och tolka IFC-filer.

Den Chalmersutvecklade BIM-viewer har sedan tidigare primärt utvärderats med A-modeller, på grund av begränsad tillgång till modeller från övriga discipliner (E, K, V). Under förstudien kunde vi dock se att BIM-viewern fungerade tillfredsställande

även med kompletta BIM-modeller innehållande data/information från alla inblandade discipliner. Dock upplevde vi att IFC-modeller exporterade från Magicad inte var ”konstruerade” på ett optimalt sätt. Både IFC- och Revit-modeller utnyttjar typiskt det faktum att en komplett byggnad består av många objekt som är av samma typ, fast placerade på unika ställen (ex: en specifik fönstertyp finns på flera ställen i en byggnad).

I och med detta så kan man, rent datamässigt, ”återanvända” den geometriska representationen av fönstertypen på alla ställen där den är placerad. På så sätt kan man utnyttja datorns minne bättre vilket gör BIM-modellen snabbare att öppna och hantera i BIM-viewern. När det gäller IFC-filer exporterade från MagiCAD utnyttjades inte denna ”komprimeringsmöjlighet” vilket gjorde att dessa modeller tog längre tid att importera samtidigt som de utnyttjade onödigt mycket av datorns prestanda och minne. När det gäller MagiCad som plugin till Revit har vi dock sett att denna aspekt fungerar tillfredsställande.

7.4.1. VR-glasögon

I syfte att kunna låta användare visuellt ta del av BIM-modellen på ett mer intuitivt sätt, har även en prototyp av en ny typ utav VR-glasögon, benämnda Oculus Rift, testats. Dessa är beräknade att introduceras på konsumentmarknaden under slutet av 2014 alt. början av 2015 och då till ett mycket fördelaktigt pris av runt 2000-3000kr. VR-glasögonen möjliggör stereo-seende och jämfört med tidigare produkter inom detta segment erbjuder de större synfält och högre upplösning samtidigt som de innehåller hårdvara för att kunna erhålla användarens huvudrörelser och därigenom veta åt vilket håll i en virtuell miljö som betraktaren tittar. Inom ramen för denna förstudie har stöd för VR-glasögonen implementerats i den Chalmersutvecklade BIM-viewern. Under detta arbete så blev det också tydligt hur viktigt det är med en BIM-viewer som kan erbjuda hög prestanda i form utav bilduppdateringsfrekvens (s.k. frame rate). I och med att det är huvudrörelserna som bestämmer var användaren tittar i modellen är det väldigt viktigt att BIM-viewern beter sig responsivt för att undvika åksjuka hos användaren. För detta krävs en bilduppdateringsfrekvens på minst 30,Hz men helst 60 Hz Utöver detta behov tillkommer kravet på BIM-viewer att generera två unika bilder, en för varje öga, för att användaren skall erhålla stereo-seende. Enkelt sett innebär det att om en BIM-viewer har möjlighet att visa en modell i 30 Hz utan stereo (mono) kommer uppdateringsfrekvensen endast bli 15 Hz med stereo, dvs. en bra bit under den nivå som generellt krävs för god användarkomfort. När det gäller den Chalmersutvecklade BIM-viewern har stor vikt lagts på att erbjuda god prestanda även för stora BIM-modeller. Tack vare detta så kan uppdateringsfrekvensen som VR-glasögonen kräver uppfyllas även för stora BIM-modeller. En tidigare studie visar att ingen av de på marknaden förekommande BIM-viewerna (Solibri, Naviswork, BIMSight) klarar av kravet på 30-60Hz i stereo för stora BIM-modeller (Johansson et. al. 2013, Johansson & Roupé 2012).

Användandet av VR-glasögonen gör dock traditionella sätt att navigera i 3D-modeller, såsom med mus och tangentbord, svårare att bemästra. Eftersom användaren inte kan

se någonting ”i verkligheten” då de har VR-glasögonen på sig, blir till synes enkla uppgifter, som att trycka på rätt tangenter på tangentbordet eller ”hitta” musen, en utmaning. För väldigt erfarna ”piloter” som dagligen navigerar i 3D-modeller med hjälp av tangentbord och mus, innebär detta inte ett lika stort problem, men för personer med mindre eller ingen erfarenhet blir det ett stort hinder.

Tidigare studier har även visat att navigering med mus och tangentbord inte är det optimala navigeringssättet då en stor kognitiv belastning uppstår då användaren inte är van vid detta navigeringssätt (Roupé et.al. 2014). Utgångspunkten var därför att utveckla så enkelt navigeringssätt som möjligt och som tar tillvara på användarens tidigare färdigheter. Målet var att icke IT kompetent personal skulle kunna hantera navigeringen i modellen. Under förstudien testades därför ett nytt sätt att navigera med hjälp av en s.k. PowerPoint-fjärrkontroll och VR-glasögon, se figur 10. Enkelt sett innebär detta gränssnitt att användaren trycker på framåt- resp. bakåt-knappen för att röra sig fram eller bak i modellen, samtidigt som riktningen bestäms av det håll som man för tillfället tittar åt.



Figur 10. Navigeringen i modellen realiserades genom att användaren trycker på framåt- resp. bakåt-knappen för att röra sig fram eller bak i modellen, samtidigt som riktningen bestäms av det håll som man för tillfället tittar åt.

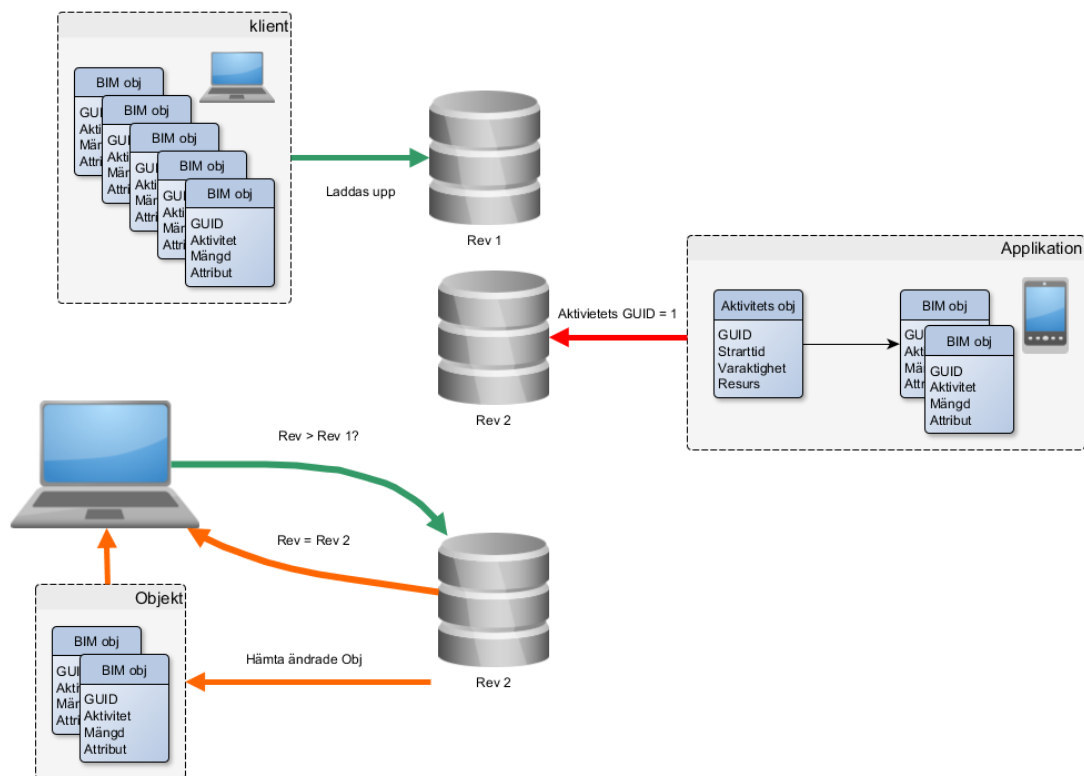
Under förstudien testades detta gränssnitt ute på arbetsplats. Trots att användarna hade ingen eller väldigt liten erfarenhet av att arbeta med, eller navigera i 3D-modeller, kunde de röra sig bekymmersfritt i modellen och betrakta dess ingående komponenter med hjälp av VR-glasögonen och ”fjärrkontrollen”.

7.5. BIM-Information och databas

Under förstudien så har BIM-modeller erhållna från olika discipliner (A, K, E, V) studerats med avseende på den information, förutom geometri, som de innehåller. Utifrån detta så kan vi konstatera att den information, såsom komponenttyper, mängder (längder, areor, volymer) och unika id:n, som krävs för att realisera VPP-konceptet finns tillgängligt från alla discipliner.

För att möjliggöra kommunikation mellan BIM-viewern och VPP-appen har en databaslösning utvärderats. För detta ändamål valdes en databas av typen CouchDB, vilken erbjuder ett förhållandevis generiskt sätt att lagra information som en samling av databasdokument. Det framtagna konceptet och hur BIM-viewern och VPP-appen samverkar illustreras i figur 11.

I detta koncept är en grundprincip att endast den information som både BIM-viewer och VPP-appen behöver tillgång till lagras i databasen. Exempel vis så lagras all geometrisk information från BIM-modellen istället i ett binärt filformat, antingen lokalt på hårddisken eller på samma server där databasen ligger.



Figur 11. Illustrerar tre "operationer" gentemot databasen.

I den första så laddas information om alla objekt som finns i BIM-modellen upp som en samling av "databasdokument". Varje dokument representerar ett BIM-objekt och innehåller, förutom ett unikt id, en samling med attribut/parametrar, exempelvis vilken aktivitet objektet tillhör. Initialt tillhör dock inte objektet någon aktivitet, utan aktivitets id är därmed 0.

I och med denna "operation" så får databasen revisionsnumret 1, och denna

information sparas också lokalt i BIM-viewern. I den andra "operationen" så skapas i VPP-appen en aktivitet, och denna aktivitet "tilldelas" två objekt.

Själva "tilldelningen" innebär att de två objektet får sin parameter "aktivitet" satt till id:t för den nyligen skapade aktiviteten. I och med denna "operation" får databasen revisionsnumret 2. Själva kommunikationen och uppdateringen mellan BIM-viewern och VPP-appen sker genom att de respektive applikationerna kontinuerligt "frågar" databasen vilket revisionsnummer den har. På så sätt vet respektive applikation om databasen har blivit uppdaterad på något sätt.

Detta illustreras i den tredje "operationen" där BIM-viewer frågar databasen vilket revisionsnummer den har. I detta fall har databasen revisionsnummer 2, vilket innebär att något är ändrat i databasen (senast viewern kommunicerade med databasen så var ju revisionsnumret 1). Viewern hämtar då de objekt som lagts till/ändrats i databasen sedan revision 1, dvs. en aktivitet och två objekt. I och med detta så finns nu informationen i BIM-viewern att en aktivitet är skapad som innehåller två objekt.

8. SLUTSATSER

Vad denna förstudie har visat, är att det finns stora möjligheter till en effektivare planeringsprocess med *Virtuell Produktions Planering*. De framtagna prototyperna under förstudien har visat att det är tekniskt möjligt att implementera ett VPP-system. Vidare visade observationsstudien från strukturplaneringsworkshop på utvecklingspotential av den befintliga processen. Observationsstudien visade även att denna typ av workshop ger bättre:

- granskning och identifiering av felkällor i projekteringen
- testning och granskning av byggbarhet av projektet
- sammanförande av kunskap och erfarenheter från projektering och produktion
- utnyttjande av kunskap och erfarenheter (hantverkare och produktionsledning) byggbarhet/produktionsmetodik/planering
- laganda och Team Building för projektet
- gemensam målbild och målplan

I slutändan skulle *Virtuell Produktions Planering* med största sannolikhet tillföra ökad effektivitet och produktivitet i byggproduktionen.

Intervjustudien ute på byggarbetsplatsen visade att en BIM-viewer och produktionsmodeller ute på byggarbetsplatsen skulle underlätta arbetet och ge bättre förståelse av arbetsmoment samt hur arbetsmoment påverkar andra yrkesgrupper. Studien visade att yrkesarbetarna saknade viktiga detalj- och sektionsritningar för sina installationer vilket gjorde att de uppskattade BIM-viewern och produktions-modellen.

Färgkodning och filtrering av modellen efter yrkesgrupp var ett annat önskemål.

Yrkesarbetarna efterfrågade även möjligheten att mäta och kunna få information kopplat till de olika komponenterna i modellen. En lätt tillgänglig BIM-viewer och produktionsmodell ute på byggarbetsplatsen skulle ge en effektivare arbetsberedning vilket skulle ge ökad produktivitet i produktionen.

9. Framtida arbete

I framtida arbete skulle fokus främst att ligga på analys av problemet och planeringsmetoden samt att utvärdera den framtagna prototypen (VPP-systemet, dvs. VPP-metoden och VPP-appen). Detta arbete skulle forskningsmässigt kunna koppla den nya föreslagna planeringsmetodiken till vetenskapsfältet inom planering och ICT inom bygg. Vidare skulle det slutliga VPP-systemet testas och utvärderas i verkliga projekt och därigenom studera effekterna och bidraget till vetenskapsfältet och planerings- och produktions-processen. Målsättningen med ett sådant arbete skulle vara att åstadkomma en bättre planering och i slutändan en mer effektiv och produktivare byggproduktion.

Framtida möjligheten att föra ut VPP-systemet ut på byggarbetsplatsen skulle också vara intressant. Några typer av användnings områden skulle kunna vara:

- Uppföljning och veckoplanering där varje yrkesgrupp uppdaterar status på aktivitet via VPP-app.
- Visa arbetsmoment/aktivitet visuellt i 4D.
- Användning av VR-glasögon ute på byggarbetsplatsen.
- Liknade VPP-system för anbudsskedet dvs. en central databas som delar ut byggnadsdelar/BIM-objekt för prissättning av arbete.

När det kommer till tillgängliggörandet av BIM-modeller ute på byggarbetsplatsen skulle en implementering av BIM-viewern och VR-glasögonen och de föreslagna verktygen i rapporten vara intressant att utvärdera. Ett sådant verktyg ute på byggarbetsplatsen skulle tillgängliggöra BIM-modellen och dess information för yrkesarbetare och arbetsledning ute på byggarbetsplatsen genom att visualisera modellen och informationen i skala 1:1. Detta skulle antagligen leda till enklare tillgång till informationen relaterade till arbetsmomenten, bättre förståelse av de fysiska installationerna och bättre förståelsen av arbetsmomenten och hur dessa påverkar andra yrkesgrupper. Vilket antagligen kommer att leda till effektivare planering och utförande av arbetsmoment, mindre krockar mellan arbetsmoment och yrkesgrupper, mindre feltolkningar av ritningar och dokument. Vilket skulle ge mindre bygg fel och ökad produktivitet och effektivitet i byggproduktionen.

10. Referenser

- BALLARD, G. & HOWELL, G. A. 1997. Improving the Reliability of Planning: Understanding The Last Planner Technique.
- BALLARD, G. & HOWELL, G. A. 2003. An update on Last Planner.
- BALLARD, H. G. 2000. The last planner system of production control. Birmingham, The University of Birmingham.
- BÜCHMANN-SLORUP, R. & ANDERSSON, N. BIM-based scheduling of Construction—A comparative analysis of prevailing and BIM-based scheduling processes. Proc., 27 th Int. Conf. of the CIB W78, 2010. 113-123.
- CHRISTIANSEN, F, 2012, The planning process at a construction site, Chalmers University of Technology.
- DAHLMAN, C. 2005. *Visuell planering*, Projektrapport. Peab: Stockholm.
- JOHANSEN, E. & WILSON, B. 2006. Investigating first planning in construction. Construction Management and Economics, 24, 1305-1314.
- JOHANSSON, M., ROUPÉ, M. 2012. Real-Time Rendering of large Building Information Models. *CAADRIA 2012, Beyond Codes & Pixels, Chennai, India*, 17 pp. 647-656.
- JOHANSSON, M. 2013. Integrating Occlusion Culling and Hardware Instancing for Efficient Real-Time Rendering of Building Information Models. *International Conference on Computer Graphics Theory and Applications (GRAPP 2013)*.
- LOCKLEY, S. 2014. <http://xbim.codeplex.com/> (2014-06-02)
- NORDSTRAND, U, 2008, 4:de upplagan, Byggprocessen, Stockholm, Liber.
- ROUPÉ, M., BOSCH-SIJTSEMA, P., JOHANSSON, M. 2014. Interactive navigation interface for Virtual Reality using the human body, Computers, Environment and Urban Systems, 43 pp. 42-50
- SACKS, R., KOSKELA, L., DAVE, B. A. & OWEN, R. 2010. Interaction of lean and building information modeling in construction. Journal of construction engineering and management, 136, 968-980.
- WALLIN, E., 2012, BIM som en effektivisering av processindustrin- en fallstudie på COWI Management AB, Institutionen ingenjörshögskolan, Högskolan i Borås, Borås
- WALY, A. F. & THABET, W. Y. 2003. A virtual construction environment for preconstruction planning. Automation in construction, 12, 139-154.
- WINCH, G. M. 2010. Managing construction projects, Wiley-Blackwell.
- ZHOU, W., GEORAKIS, P., HEESOM, D. & FENG, X. 2012. Model-Based

Groupware Solution for Distributed Real-Time Collaborative 4D Planning through Teamwork, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 26(5), 597-611.