CHALMERS

VR och VR-glasögon inom byggbranschen

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

ERIK BRÄNNSTRÖM
FANNIE LJUSTERÄNG

Institutionen för Bygg- och Miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete BOMX03-16-08
Göteborg, Sverige 2016

EXAMENSARBETE BOMX03-16-08

VR och VR-glasögon inom byggbranschen

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ERIK BRÄNNSTRÖM

FANNIE LJUSTERÄNG

Institutionen för Bygg- och Miljöteknik

Avdelningen för Construction Management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2016

VR och VR-glasögon inom byggbranschen

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

ERIK BRÄNNSTRÖM

FANNIE LJUSTERÄNG

© ERIK BRÄNNSTRÖM & FANNIE LJUSTERÄNG, 2016

Examensarbete BOMX03-16-08 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2016

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
En laptop med programmet BIMXplorer och VR-glasögon inkopplade med handkontroll. Fotokälla: Författare

Institutionen för bygg- och miljöteknik, avdelningen för Construction Management
Göteborg 2016

VR och VR-glasögon inom byggbranschen

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ERIK BRÄNNSTRÖM
FANNIE LJUSTERÄNG
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Byggnadsinformations modeller (BIM) och Virtual reality (VR) har haft en revolutionerande effekt inom byggindustrin. Med hjälp av BIM har många moment kunnat effektiviseras och det är nu möjligt att bygga projekt som förut inte ansågs vara möjliga. För drygt ett år sedan påbörjades implementering av VR-glasögon på NCC, ett verktyg som gör Immersive virtual reality (IVR) möjligt.

Syftet med detta examensarbete är att utvärdera VR och VR-glasögon samt undersöka dess potential i framtiden. Vad rapporten försöker besvara är hur kan VR och användandet av VR-glasögon utvecklas vidare inom byggindustrin? Samt vad har hänt inom branschen sedan VR-glasögon kom in i bilden och vilka möjligheter finns? Arbetet grundas på intervjuer av personer inom branschen där samtliga har någon form av anknytning till VR eller användning av VR-glasögon i sitt arbete.

Resultatet visar på en mycket positiv effekt av VR. Genom att sätta samman olika discipliners 3D-modeller till en gemensam samordningsmodell blir det möjligt att upptäcka eventuella kollisioner mellan de olika modellerna och på så sätt förhindra problem från att uppstå ute i produktion. VR-glasögon är fortfarande nytt inom branschen och befinner sig i en “testa på” fas. Under intervjuerna har det framgått att det finns en mycket positiv inställning till tekniken och inom projektering har användningsområden hittats, men på grund av avsaknad av funktioner begränsas användningen av VR-glasögon till den grad att i nuläget används det mer som ett komplement.

Studien påvisar att VR och VR-glasögon har störst slagkraft när de agerar som en brygga bestående av förståelse och kommunikation mellan personer där kunskapen att läsa ritningar varierar. Med VR-glasögon ges en upplevelse som är så pass nära verkligheten att en känsla för en byggnad kan ges och vem som helst, oberoende bakgrund, kan förstå och alla får en gemensam bild. För att VR-glasögon ska ha en fortsatt framtid inom byggbranschen krävs det dock att det implementeras på ett konkret sätt och att fler funktioner utvecklas som låter användaren interagera med modellen samtidigt som VR-glasögonen används.

Nyckelord: Virtuell miljö, VR-glasögon, kommunikation, byggindustri

VR and HMD within the construction industry

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

ERIK BRÄNNSTRÖM
FANNIE LJUSTERÄNG
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Construction Management
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) and Virtual Reality (VR) have had a revolutionizing effect on the construction industry. Thanks to 3D models it is now possible to build projects that were once considered impossible. About one year ago a new equipment, the Head Mounted Display (HMD), was introduced to NCC. With the HMD it is now in a simple way possible to enter an Immersive Virtual Reality (IVR) of these 3D models.

The purpose of this thesis is to evaluate VR and the HMD technology and examine its future potential. How can VR and the HMD further be used and develop in the construction industry? What has happened since the HMD entered into the picture and what are the possibilities? The report is based on interviews of people active within the construction industry, all who in some way are working with this technology.

The result shows that VR has generated a very positive impact since it was implemented. Putting together different work disciplines' 3D models into one joint 3D model makes it possible to discover collisions between the various models, find a solution, and in doing so, preventing the errors from occurring on the construction site. The HMD is still relatively new and is currently in a test phase. The interviewees have all had a very positive attitude to this technology and although useful areas have been found, the lack of functions which allows the user to interact with the model during a session with the HMD, limits the use of IVR in some areas. Because of this, the HMD now function more as a complement.

The study has shown that for the time being, the biggest benefit from VR and the HMD is when people with different level of knowledge regarding blueprints are trying to communicate and understand each other. Furthermore, the HMD provides an experience so close to reality that a feeling and a deeper understanding for a building can be obtained and anyone, regardless of background, can understand and receive a common view. However, for the HMD to have a continuous future within the construction industry a clear and comprehensive implementation is required and a wider range of functions are needed, which allows the user to integrate with the model at the same time as the HMD is in use.

Key words: Virtual reality, HMD, communication, construction industry

Innehåll

SAMMANFATTNING I
ABSTRACT II
INNEHÅLL III
FÖRORD V
FIGURFÖRTECKNING VI

1 INTRODUKTION 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 2
1.3 Frågeställning 2
1.4 Avgränsningar 2
1.5 Metod 2

2 TEORETISK BAKGRUND 3
2.1 BIM och Virtual Reality 3
2.2 BIMXplorer 4
2.3 Olika typer av Virtual Reality 5

3 RESULTAT FRÅN INTERVJUER 8
3.1 BIM och visualisering 8
3.2 Virtual Reality med VR-glasögon 11

4 DISKUSSION 15
4.1 Framtid 18
4.2 Nya funktioner 19

5 SLUTSATS 21

6 REFERENSER 22

Förord

Detta examensarbete är ett avslutande moment på byggingenjörsprogrammet vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och har pågått från januari till juni 2016.

Vi vill tacka alla involverande från NCC Göteborg, Zynka BIM, Västfastigheter, Rstudio, Bengt Dahlgren och Liljevalls för den tid de tagit för att hjälpa oss. Vi vill särskilt tacka Karl Liberg för att ha hänvisat oss till engagerade och inspirerande personer att intervjua och Pia Hjalmarsson för att ha bjudit in oss till ett planeringsmöte där vi kunnat göra en observationsstudie.

Vi vill också tacka vår handledare på Chalmers tekniska högskola, Mikael Johansson samt examinator Mattias Roupé för allt stöd de gett oss. Ett sista tack går till Gustav Persson och Nils-Erik Felldin samt våra opponenter Sandra Svenring och Elin Dahlberg som kommit med bra kommentarer och synpunkter på vår rapport under arbetets gång.

Göteborg, juni 2016
Erik Brännström och Fannie Ljusteräng

Figurförteckning

Figur 1 Skärmavbild från programmet BIMXplorer med en modell skapad i modelleringsprogrammet Revit. Ett exempel på hur det ser ut med VR. 3

Figur 2 BIMXplorers två huvudsakliga sätt att öppna filer på. 4

Figur 3 BIMXplorers navigering med VR-glasögon inkopplade. 5

Figur 4 Non-immersive virtual reality. Navigering med tangentbord och mus. 5

Figur 5 Semi-immersive virtual reality med stora ihopsatta panoramaskärmar. 5

Figur 6 Fully immersive virtual reality med VR-glasögon där skärmar samtidigt visar vad personerna ser. Till vänster vandrar personen i en konstruktionsmodell och till höger vandrar personen i en arkitekturmodell. (Foto: M. Roupé). 6

Figur 7 Oculus Rift Development Kit 2 sett framifrån med handkontroll för navigering. 6

Figur 8 Oculus Rift Development Kit 2 sett bakifrån med en skärm för respektive öga. 7

Figur 9 Skärmavbild från BIMXplorer. Upplevt perspektiv från 100 cm. 17

Figur 10 Skärmavbild från BIMXplorer. Upplevt perspektiv från 170 cm. 17

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Byggbranschen uppfattas som traditionell och använder sig av handritade eller utskriva pappersritningar i 2D där eventuella ritningsprogram till en början främst användes av arkitekter vilket gav dem en större kontroll över sitt arbete (Laiserin, 2003). Ändringar av geometrin i en vy kan påverka utseendet på flera andra vyer som då kräver att man går in i varje ritning separat och korrigerar. Det är en tidskrävande process och felaktigheter kan uppstå. Detta resulterar i att gamla utskrivna ritningar på arbetsplatsen inte får uppdateringar eller ändringar förrän de skrivs ut på nytt (Jongeling, 2008). Om inte tydlig och kontinuerlig information finns kan det lätt leda till misstag och tid går till spillo i väntan på nya ritningar.

Allt eftersom datorer blivit kraftfullare och kan hantera program som klarar av att lagra mer och mer information så har BIM-modeller blivit möjliga, och blir allt bättre (Johansson, Roupé och Bosch-Sijtsema, 2015).

Dessa nya programvaror har banat väg för ytterligare utveckling och ny teknik möjliggör det som förut enbart fanns i teorin. Spelindustrin har utvecklat hårdvara för att få VR med hjälp av VR-glasögon. VR-glasögon är en typ av glasögon som ställer personen inne i en virtuell miljö, det vill säga helt omsluten av en datorgenererad värld, som i detta fall är byggindustrins BIM-modeller. På så sätt kan man vandra omkring i en virtuell modell av byggnaden i naturlig skala för att kunna se och uppleva byggnaden innan den ens är uppförd.

Ett tidigare examensarbete på Chalmers tekniska högskola undersökte hur implementeringsprocessen av ny teknik fungerar i ett företag, vilket i det fallet var VR med VR-glasögon. Projektet som detta testades på var det nya SCA-huset. Personerna som medverkade i underökningen var aktiva inom byggbranschen med olika mängd erfarenhet, men gemensamt för samtliga var att ingen hade använt tekniken tidigare. Dessa fick testa utrustningen en kort stund och utifrån det spekulera kring hur VR-glasögon skulle kunna användas, till vilken grad och i vilka sammanhang. Företaget tog sedan in tekniken och har haft tillgång till den i ett år.

1.2 Syfte

Denna rapport presenterar en utvärdering av VR-teknik med VR-glasögon och undersöker dess potential inom byggbranschen.

1.3 Frågeställning

Rapporten strävar efter att svara på följande frågor;

- Hur har VR och VR-glasögonen använts under det första året och vilka förbättringsmöjligheter finns?

- Hur kan VR och användandet av VR-glasögon utvecklas vidare inom byggindustrin?

1.4 Avgränsningar

Kontakt och intervjuer har gjorts med NCC Göteborg, Zynka BIM, Västfastigheter, Rstudio, Bengt Dahlgren och Liljevalls. Rapporten tar upp användandet av VR-glasögon ett år efter att det implementerades på NCC Göteborg, samt hur framtida utveckling av tekniken är möjlig. Vidare förs ett resonemang kring hur VR har påverkat och förändrat byggbranschen. Alla personer som intervjuats jobbar inom någon form av projektering.

1.5 Metod

Rapporten har en kvalitativ metod och baseras främst på intervjuer vilka var semistrukturerade för att hålla en mer öppen dialog kring ämnet. En semistrukturerad intervju utgår från några öppna specificerade frågor som allt eftersom blir mer detaljerade under intervjuns gång (Hedin, 1996). Dessa frågor kan även modifieras för att bättre passa den som blir intervjuad. Detta innebar att frågorna varierade en del från intervju till intervju beroende på vilken bakgrund och erfarenhet den intervjuade hade.

Utöver intervjuer har en deltagande observation genomförts vilket innebär att observatören interagerar med den grupp som observeras. Datainsamlingen är av informell karaktär och är subjektiv. Den samlas in och analyseras under observationens gång och består av anteckningar om exempelvis händelser, intryck och beteenden. (Robson, 2011)

Västfastigheter önskade att få testa VR-glasögonen på ett planeringsmöte för utbyggnaden av Östra Kvinnokliniken. Mötet involverade arkitekter och brukare som diskuterat planlösningen med pappersritningar och glasögonen skulle då ge en ny syn på ritningarna. Detta gav tillfälle till att utföra observationen då alla brukare under mötets gång fick testa VR-glasögonen och vandra runt i modellen. Ingen av dessa brukare hade använt sig av tekniken tidigare.

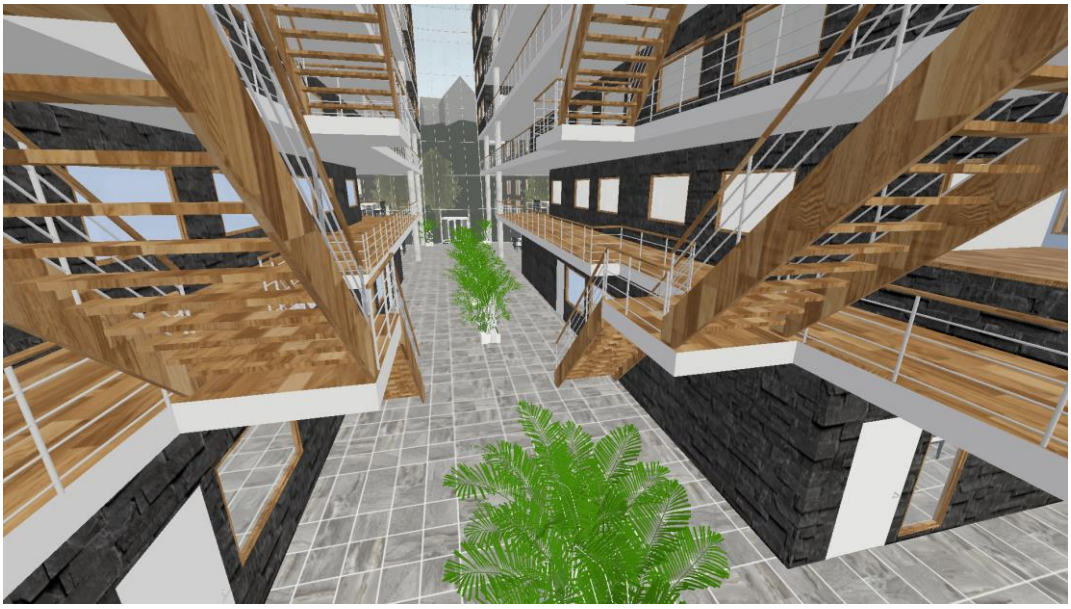
2 Teoretisk bakgrund

2.1 BIM och Virtual Reality

BIM är ett helhetstänk som grundar sig i en 3D-modell av den faktiska byggnaden och innehåller information som mått, material, volymer, massor etc. (Eastman, 2011). Utifrån denna modell kan ritningar tas fram från olika vyer och vid ändringar i geometrin uppdateras samtliga vyer per automatik. Tanken är att det enkelt ska kunna hämtas information om stora som små detaljer och att så mycket information som möjligt finns lagrat på ett ställe, i en samlingsmodell.

Olika discipliner kan fritt jobba i sina respektive 3D-modeller utan att störa eller inkräkta på andras arbetsmodeller. Dessa modeller exporteras till samma filformat och kan, i och med det, sammanfogas för att bilda en komplett modell. Vid granskning av denna modell kan man utföra en digital kollisionskontroll där det framgår om objekt krockar med varandra. Vid fall där kollisioner uppstår krävs en korrigering av modellerna som kan diskuteras på ett samgranskningsmöte där alla discipliner medverkar. Genom att kollisioner upptäcks via kollisionskontroller i modeller minskar liknande upptäckter ute på bygget (Jongeling, 2008).

Med BIM-modeller som bas kan modellering- och visualiseringsprogram skapa en digital värld, VR, som tillåter personer att virtuellt gå omkring i modellen liknande ett datorspel (se figur 1). Visuella kontroller kan göras med VR och VR-glasögon som då inte kräver manipulerande av 3D-modellen såsom att göra tvärsektioner eller dölja vissa delar (Johansson, Roupé och Viklund Tallgren, 2014). För att navigera i den virtuella modellen krävs ingen djupare kunskap om de olika modelleringsprogrammen eftersom navigering sköts med enkla kontroller (se figur 4). Detta gör det möjligt för vem som helst att gå runt i en modell.



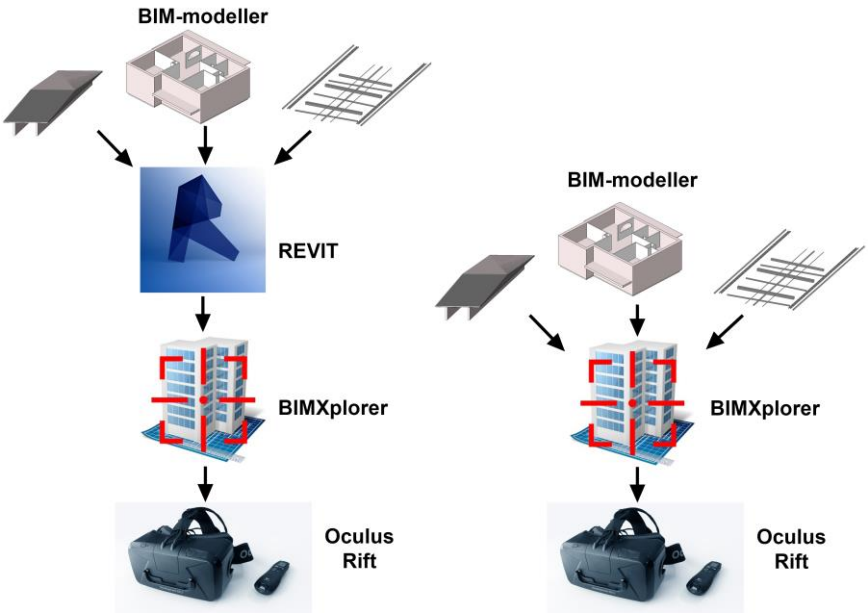
Figur 1 Skärmavbild från programmet BIMXplorer med en modell skapad i modelleringsprogrammet Revit. Ett exempel på hur det ser ut med VR.

2.2 BIMXplorer

BIMXplorer är en programvara som utvecklas på avdelningen Construction Management på Chalmers Tekniska Högskola. Programmet gör det möjligt att koppla in och använda VR-glasögon för att visa byggnadsmodeller i realtid (Johansson et al. 2014). Målet med programvaran är att sprida användandet och väcka intresse för VR samt VR-glasögon och på så sätt driva ämnet framåt i utvecklingen. Programmet går att koppla ihop med modelleringsprogrammet Revit och används för att enkelt växla mellan ett ”vandringsläge” och ritläge i Revit under modelleringsfasen (Johansson et al. 2014).

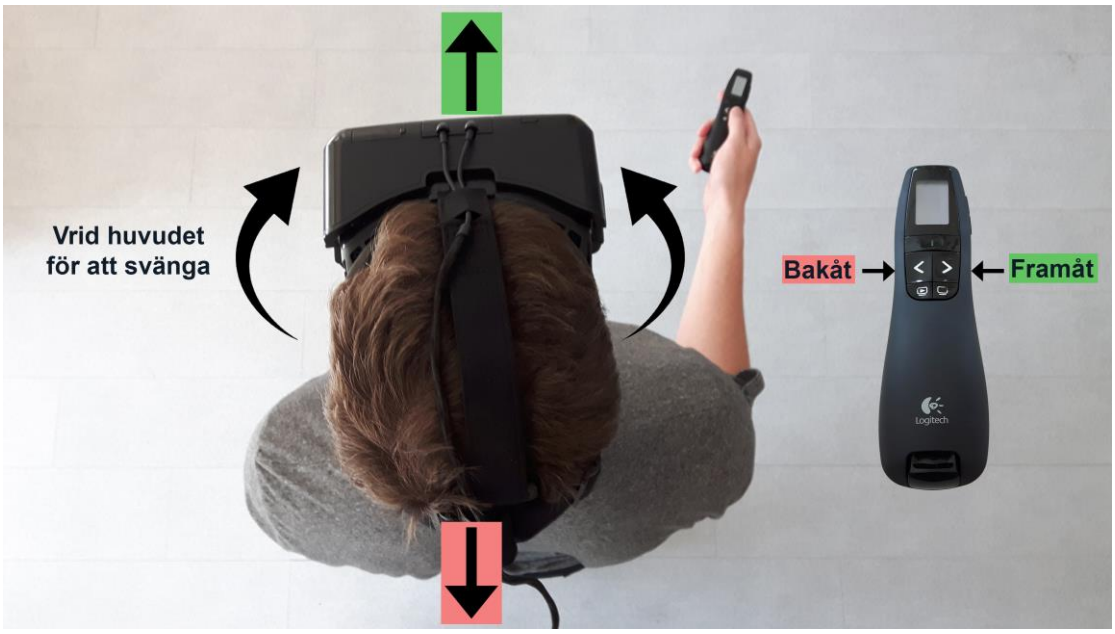
BIMXplorer har två huvudsakliga sätt att öppna filer på. Ena sättet är att använda BIMXplorer som en plug-in i Revit. Genom att lägga in externa filer med stödda filformat i Revit kan dessa sedan konverteras och visas som en samlad modell (Roupé, Johansson, Viklund tallgren, Jörnebrant, Tomsa, 2016). Dock kan sökvägen för material- och texturfiler behöva uppdateras i Revit.

Det andra sättet är att kringgå Revit genom att öppna BIMXplorer externt och öppna filer med kompatibelt format direkt i programmet (se figur 2). I dagsläget är BIMXplorer enbart en visuell upplevelse och ingen information som mått eller innehåll kan tas upp under tiden man är inne i vandringsläget (se figur 1).



Figur 2 BIMXplorers två huvudsakliga sätt att öppna filer på. Till vänster ses alternativet via Revit och till höger visas alternativet utan Revit.

För att navigera runt när VR-glasögonen är inkopplade används en fjärrkontroll med 5 knappar där främst två av dessa används. En för att röra sig framåt och en för att röra sig bakåt. För att svänga vrider användaren på huvudet och på så sätt tittar åt det hållet. Kontrollschemat är gjort så enkelt som möjligt så att vem som helst lätt kan navigera (se figur 3). När VR-glasögonen inte är inkopplade sköts navigering med hjälp av mus och tangentbord (se figur 4).



Figur 3 BIMXplorers navigering med VR-glasögon inkopplade.

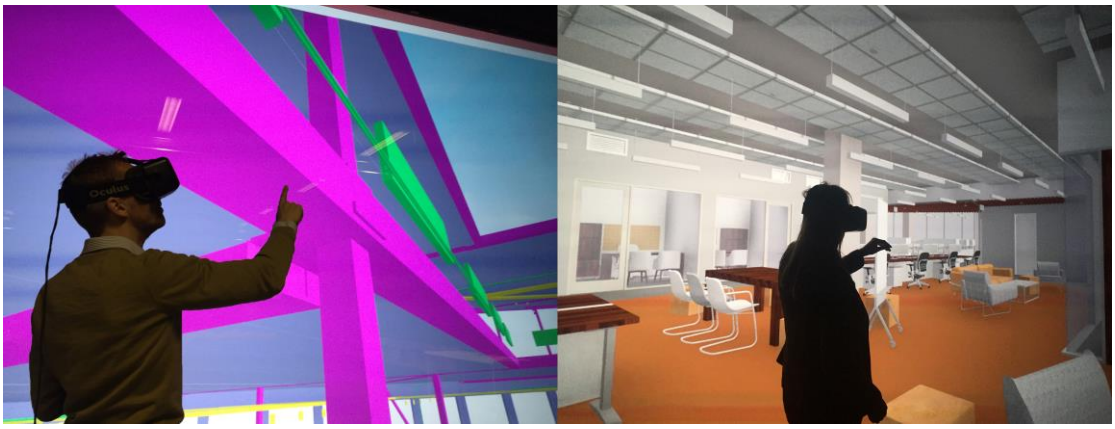
2.3 Olika typer av Virtual Reality

VR kan delas in i tre kategorier. Dessa kategorier tar hänsyn till saker som modellens komplexitet, skärmens upplösning och registrering av huvudrörelser för att skapa olika grader av upplevelser. Kategorierna har namngetts för att förtydliga dessa olika grader av upplevelse till; non-immersive, semi-immersive och fully immersive enligt Castronovo, Nikolic, Liu, Messner (2013). Immersive är ett engelskt ord och skulle kunna ersättas av svenskans "omslutande".

När projicering sker på en vanlig datorskärm eller med hjälp av projektor kallas detta non-immersive och är idag vanligt förekommande på möten där diskussion kring skärmen kan ske samtidigt som en person byter bild eller rör sig i en modell (Roupé, 2013). Semi-immersive innefattar projicering på stora ihopsatta panoramaskärmar vilka kräver stor plats och installation. Slutligen finns fully immersive som kan uppnås med HMD eller stora omslutande skärmar på golv, tak och väggar, ett så kallat CAVE-system (Castronovo et al,. 2013). (Se figur 4-6).

Figur 4 Non-immersive virtual reality. Navigering med tangentbord och mus.

Figur 5 Semi-immersive virtual reality med stora ihopsatta panoramaskärmar. (Foto: M. Miselowski)



Figur 6 Fully immersive virtual reality med VR-glasögon där skärmar samtidigt visar vad personerna ser. Till vänster vandrar personen i en konstruktionsmodell och till höger vandrar personen i en arkitekturmodell. (Foto: M. Roupé).

De VR-glasögon som har använts av NCC är Oculus Rift Development Kit 2 (Oculus DK2) (se figur 7). Den består av en skärm för respektive öga som projicerar två olika bilder som hjärnan lägger ihop till en för att skapa en 3D-känsla, precis som det mänskliga ögat (se figur 8). Utöver detta är den utrustad med sensorer för att registrera huvudrörelser och överföra dessa till de två skärmarna (Rift info, 2015).

När personen vrider på huvudet så vrider modellens synfält åt samma håll vilket styrker känslan av att befinna sig i det virtuella rummet. Det mänskliga ögat har upp till 180 grader synfält och Oculus DK2 har 100 grader synfält. Trots det minskade synfältet blir skillnaden inte särskilt anmärkningsvärd och majoriteten slutar tänka på det efter en kort stund. Jämförelsevis som att ta på sig ett par solglasögon. (Martin, 2010)

Figur 7 Oculus Rift Development Kit 2 sett framifrån med handkontroll för navigering.

Figur 8 Oculus Rift Development Kit 2 sett bakifrån med en skärm för respektive öga.

3 Resultat från intervjuer

Nedan sammanställs och presenteras vad som framkommit under intervjuerna. Kapitlet är uppdelat i två delar, kapitel 3.1 fokuserar kring VR via en skärm och kapitel 3.2 behandlar VR med VR-glasögonen.

3.1 BIM och visualisering

När BIM och VR diskuterades var alla intervjupersoners åsikt att det är en revolutionerande teknik och numera ett måste inom byggbranschen. Trots detta upplevs det fortfarande att många inom byggbranschen inte utnyttjar detta helt enkelt på grund av vana av att jobba på ett visst sätt. Under en intervju med VVS konstruktör P. Johansson (15 mars, 2016) och VDC-koordinator M. Alizadeh (24 mars, 2016) berättar de:

> *Den sammansatta modellen skulle jag säga är en revolution i branschen. 3D-programmen som finns, de är så fantastiskt bra. De gör så att vi kan bygga saker nu som vi inte kunde förut. När man inte kunde samordna så kunde man inte utnyttja utrymmena på samma sätt.*
>
> *Helt plötsligt så har du produkten framför dig i ett CAD-program, du behöver inte de där pappersritningarna eller det språket. Så då har vi plötsligt en bransch som är baserad på ett språk som vi kastar i papperskorgen och vad händer då? Då har du en revolution i branschen som kan påverka från start till slut i minsta detalj. Den här storheten har inte så många förstått än. I branschen är man upptagen med att fortsätta jobba på som vanligt, på det sättet man alltid har gjort i 20 år. Ingenting har ju gått fel så varför ska man byta arbetssätt?*

Varför det fortfarande finns ett motstånd kan bero på att när 3D-modellerna kom var tekniken inte tillräckligt avancerad för att hantera dessa samt att folk inte hade kunskap hur de skulle rita upp och hantera modellerna. Osäkerheten som skapades då lever kvar och kan vara orsaken till att man väljer att arbeta på ett traditionellt sätt istället för att byta. Därför menar M. Alizadeh att det är viktigt att man implementerar tekniken på rätt sätt:

> *När 3D-modeller kom så var det ju först jobbigt att byta arbetssätt, sedan var det att modellerna inte var tillräckliga och man kanske inte ritade dessa på rätt sätt. Vissa ritade bara en volym och sedan i AutoCAD vid sidan av med alla detaljer. Då fick detaljritningarna inte någon koppling till volymen. Allt det här skapade osäkerhet, så när modellen visades upp stämde den inte med ritningarna. Modellen hade inte heller stämpeln "bygghandling" och det är det som gäller juridiskt så det skapar också en osäkerhet. Det här har man inte råd med på ett bygge, det kostar pengar. Så det kräver en person eller grupp som implementerar på rätt sätt.*

Vidare verkar det finnas en viss rädsla att använda 3D-modellerna i ett för tidigt skede, till exempel mellan kund och arkitekt. Den detaljrikedom som modellerna medför skapar en för tydlig bild av något som fortfarande är långt ifrån färdigt, något som fortfarande befinner sig i en idé fas, vilket M. Alizadeh påpekar:

> *Den bromsklossen finns alltid. Folk känner att "det här vill jag inte visa för den visar inte den produkten jag i slutändan vill leverera". Det man måste påminna sig om då är att den här modellen egentligen bara visar geometri och volym. Man kan skippa alla ytskikt och liknande.*

Det är tack vare 3D-programmen möjligt att sätta samman olika discipliners 3D-modeller till en sammansatt modell och sedan utföra kollisionskontroller automatiskt i denna modell. Dessa kontroller kan upptäcka om det sker kollisioner mellan de olika modellerna eller om de krav som ställs på modellerna inte uppfylls. VVS-konstruktören P. Johansson påpekar dock att en visuell kontroll är ofta nödvändig eftersom objekt kan ligga inuti varandra utan att fysiskt krocka, till exempel en ledning inuti ett rör.

Nu är det möjligt att upptäcka problem som med stor sannolikhet inte hade visat sig förrän ute i produktion. Att lösa problem på plats innebär stora kostnader samt att det förlänger byggtiden, vilket i sin tur inte är särskilt lönsamt. *"Man brukar säga att för varje problem man fångar inom projekteringen istället för ute i produktion sparar man en tiofaktor"* förklarar P. Johansson. Projekteringsledare J. Lanneld (personlig kommunikation, 15 mars 2016) på NCC säger även:

> *Det är ju hela tiden ett spel mellan vad som är möjligt och vad som inte är möjligt, så vi använder 3D-modellen jättemycket och har gjort senaste åren. Det är ett jättebra verktyg. Det går mycket snabbare och vi ser kollisioner direkt. Utan den idag så känner jag att vi inte kan bygga de här husen. När vi har modeller kan vi bygga tightare. Vi kan vara mycket tuffare, men det gäller att se till att produktion också jobbar i modellform. Problemet kan ibland vara att de inte förstår att när det är ritat så här, så måste vi jobba såhär. En gång var det en rörläggare som inte tyckte att det var bra ritat, så han ändrade på rören så han fick bättre plats. Konsekvensen av detta blev att senare under projektets gång uppstod kollisioner med andra rör, så det blev lite galet och framförallt dyrt. Det gäller att få folk att förstå att det är en helhetslösning. Det blev bra för honom men inte för gruppen.*

Vidare har förståelsen, samarbetet och kommunikationen förbättrats med hjälp av VR. Detta är inte oväntat menar M. Alizadeh då ”*Människan är skapad för att se i 3D. Det här med att läsa 2D och skapa en bild av det i huvudet är onaturligt för människan och kräver utbildning*”. Genom att kunna visualisera på detta sätt får alla som medverkar i ett projekt samma bild och på så sätt kan missförstånd elimineras och tid sparas, vilket M. Alizadeh och VDC-gruppchef J. Lindqvist (31 mars, 2016) berättar under en intervju:

> *I varje möte pratar man minst 30 minuter om hur projektet ser ut. Man beskriver ritningar. Du har en nivå av förståelse för ritningar, jag har en nivå. Den bild vi skapar, varje person har sin egen bild i sitt huvud, ingen av de här bilderna stämmer med varandra och där skapas en osäkerhet. När det kommer en 3D-modell så sparar du de 30 minuterna och skapar ett gemensamt språk. Alla får samma bild. Så där kommer styrkan med 3D, att det blir ett gemensamt språk.*
>
> *Det blir bättre samarbete och i och med det bättre kommunikation kring det vi ska göra. Så istället för att folk ska måla upp sin egen bild av vad det kan tänkas vara genom att titta på oändligt många olika ritningar så har vi en modell. Då blir det en gemensam bild istället för massa olika och det underlättar jättemycket när beslut hela tiden ska tas vad gäller massa saker.*

Förutom att förbättra förståelsen kan dessutom 3D-modellerna agera som en brygga mellan erfarna och nya inom branschen. Att som ny direkt kunna se i modeller hur det kommer se ut underlättar då vana att läsa ritningar och erfarenhet av att se hur resultatet blir ännu inte erhållits. Det blir på sätt och vis en genväg för att skaffa sig erfarenhet. J. Lanneld med lång erfarenhet inom branschen och VDC-koordinator L. Li (personlig kommunikation, 13 april 2016) som är relativt ny säger:

> *Om man kommer ut som ny på byggen idag så tar det ju många år innan man förstår vad ritningen säger, jag kan ju se på en planritning och förstå vad den säger och genom erfarenhet visualisera hur el, rör och ventilation placeras. Men i en 3D-modell så ser man ju direkt hur det faktiskt ser ut. När man sitter på ett möte och har med sig en 3D-modell kan man sitta och vrida och vända i modellen och då förstår alla hur det faktiskt ser ut, så förståelsen är mycket lättare för alla.*
>
> *Jag känner att det underlättar för mitt arbete, jag vill gärna ha en bra modell att arbeta med. Jag kan inte tolka en ritning på samma sätt som vissa andra här, de har ju mycket mer erfarenhet. Så jag vill ha en bra modell som jag kan gå runt och titta i och se hur det blir.*

3.2 Virtual Reality med VR-glasögon

När det kommer till VR-glasögon märks det att tekniken är väldigt ny i byggbranschen och att den ännu inte fått ett riktigt fotfäste. Än så länge fungerar VR-glasögonen mest som ett komplement till det dagliga arbetet. VDC-specialist K. Liberg (personlig kommunikation, 3 mars 2016) säger:

> *Det är många som bara vill testa för att det är nytt och lite häftigt, men är inte riktigt intresserade av att börja använda det. Men på de projekt som vi har haft VR-glasögonen ute ganska länge har det börjat bli en naturlig del att man kan gå in och kika i VR-glasögonen. Jag skulle inte säga att alla gör det, för så är det verkligen inte och det har egentligen inte ändrat vårt arbetssätt hittills, utan det fungerar mer som ett komplement.*

K. Liberg menar att det är fullt möjligt för VR-glasögon att etablera sig inom byggbranschen. Problemet är att det fortfarande är svårt att se den största nyttan med VR-glasögonen, dock försvårar de inte heller arbetet. Det krävs alltså att hitta de områden där VR-glasögon verkligen gör en skillnad och just inom projektering där arbetet hela tiden involverar 3D-modeller har det hittills inte fått särskilt stor effekt. VVS-konstruktör P. Johansson säger ”*Man visualiserar upp saker i sitt huvud utan att behöva glasögonen, men det är ett jättebra verktyg för att bekräfta eller slå omkull det man tror. Det är mer så jag använder det*”. Ett område som K. Liberg tror kommer ha stor nytta av VR-glasögon är produktion:

> *Vi vill få ut våra BIM-modeller ut på arbetsplatserna, vilket är jättesvårt på grund av att när programvarorna är för krångliga så struntar yrkesarbetarna att gå in i modellerna. De är intresserade men de har inte tid att lära sig hur. Det måste vara enkelt och det ska fungera direkt. Men använder man VR-glasögonen så blir det mycket enklare. Då är det bara att ta på sig dom och ska man gå framåt, då trycker man på den knappen och bakåt då är det den andra knappen.*

Genom göra det möjligt för produktion att enkelt kunna se hur projektet kommer se ut förväntas det leda till ökad förståelse mellan de olika disciplinerna på arbetsplatsen, men även ge möjligheten att påverka projekteringen. K. Liberg menar att ”*Innan bygget startar kan de meddela om vi i projekteringen har tänkt fel och de känner att så här kommer vi inte kunna bygga*”.

Men det råder delade meningar om huruvida VR-glasögonen har en framtid inom projektering eller produktion. Vissa tror att det kommer vara vanligt att tekniken kommer finnas på kontor och arbetsplatser som ett komplement, men att området där VR-glasögonen kommer bli riktigt stora är visualisering för att sälja.

Marknadsföring och sälj är de områden där VR-glasögonen gjort störst intryck säger R. Wilhelmsson (personlig kommunikation, 18 maj 2016). Varför det blivit så användbart inom dessa områden beror till stor del på att personer som inte har erfarenhet att läsa ritningar enkelt kan kliva in i en modell och förstå vad det är de tittar på.

Det blir som med VR, ett gemensamt språk, fast ännu enklare och mer kraftfullt som M. Alizadeh poängterar ”*När du är inne i modellen med VR-glasögonen, efter en minut så har du glömt bort att det är fantasi och du är i det fysiska rummet*”. Vad som tillkommer med VR-glasögonen till skillnad från VR via en datorskärm är en ny dimension, nu är det möjligt att inte bara se utan att också känna. Det blir en annan upplevelse när det går att känna hur stort eller litet något är eller vilket intryck olika material kan ge vilket J. Lindqvist berättar:

> *Mycket kan man se rent visuellt i en modell i en granskning. Men det man kan se med glasögonen är hur andra dimensioner byggs på, känslor och hur saker upplevs. I SCA-huset var det många höga spiraltrappor som de gick ut på med glasögonen och då kunde de känna att glasräcke gav en obehaglig känsla, något som man inte såg när man bara tittade på skärmen.*
>
> *Jag är helt övertygad om att det kommer dyka upp alla möjliga olika gransknings-, förståelse- och kommunikationsbryggor. Jag ska inte säga att det bara är en rolig grej för det är det inte, utan det är något som ger oss samma dimension (3D) men med en annan upplevelse och andra sinnen som kopplas på.*

Vid besöket på planeringsmötet mellan arkitekter och brukare på nya kvinnokliniken som ska byggas fick brukarna, det vill säga kirurger och barnmorskor, använda VR-glasögonen och gå in i modellen. Vad som kunde observeras från detta var att de direkt kunde se vad som skulle eller inte skulle fungera i de olika utrymmena.

Det var väldigt tydligt att på många ställen hade de inte förstått fullt ut hur det faktiskt såg ut utifrån att enbart ha tittat på pappersritningar. Detta resulterade i att en hel vägg flyttades flera meter eftersom de tydligt kunde se och känna att den ursprungliga ytan kopplad till väggen var för stor. Med VR-glasögonen framkom det även att en öppning där prover skickas till analys var felplacerad för att fungera på ett funktionellt sätt och en korrigering på även detta gjordes.

Ett annat konkret exempel där VR-glasögonen har resulterat till ändringar var på ett projekt där stora tankar var placerade på ett tak. Detta ansågs inte vara ett problem när modellen inspekterades i VR, men vid granskning med VR-glasögonen framgick det att tankarna kunde ses från parkeringen samt upplevdes som störande och således förstörde byggnadens estetik berättar R. Wilhelmsson. Att använda VR-glasögonen i ett tidigt skede visar sig vara mycket givande, vilket även M. Alizadeh påpekar under en intervju när han delar med sig av sina erfarenheter:

> *Jag tycker att man ska blanda in VR-glasögonen väldigt tidigt i projekt. Redan när det bara är en arkitekt och en kund. Arkitekten kommer med sina skisser, det vill säga planlösningar som inte innehåller särskilt mycket, och kunden ska förstå och skapa en 3D-bild i sitt huvud om hur det kommer att se ut. Då är VR-glasögon väldigt enkelt och hjälper jättemycket. Du går in i en modell i skala 1:1, ingenting kan gå fel.*
>
> *Vissa var inne i modellen i 30-40 min för de är inte läskunniga när det kommer till ritningar, för det är inte deras jobb att vara det. De hade kämpat för att förstå ritningar i en vecka också kommer den här och du kan gå inne i modellen. Det blev direkt frågor som dök upp, till exempel "den här dörren blev lite konstig för vi ska ha lite större maskiner och hur ska vi få in maskiner genom den där?" Höjder är svårare att läsa av eller föreställa sig på en ritning, så det krävs en modell eller en sektion för att se, eller VR-glasögon. Det var frågor som påverkade deras arbete.*

Det är tydligt att användandet av VR-glasögon fyller en viktig funktion när det kommer till förståelse för personer som inte har en vana av att läsa ritningar, men huruvida det kommer att gå att använda VR-glasögon som något mer än bara ett komplement inom projektering, där det i nuläget jobbar många människor med stor branschvana och förmåga att läsa ritningar, är ovisst. Det finns ett visst motstånd och intrycket från de flesta intervjuer är att det krävs personer med ett stort intresse för tekniken, och viljan att denna teknik ska bli en naturlig del av arbetet, för att detta skall tas på ett större allvar än vad det idag gör. VDC-koordinator M. Alizadeh säger:

> *Den ständigt återkommande frågan för mig är "Vad det här verktyget har för kapacitet för att användas i till exempel projektering eller någon annanstans inom byggprocessen?". När de flesta kunder eller ansvariga i projekteringen tar på sig glasögonen så är det först häftigt i några minuter. Sedan är det bara byggrelaterade frågor. Så det där med att man tror att man blandar in lek och spel, det är en myt tycker jag. Att man tror att det blir en leksak på arbetet. Du har ett vardagligt dilemma med att du ska förstå ritningar och arkitekten. Nu har du ett verktyg som tar fram allt som det ska vara.*

För att användningen av VR-glasögon inom projektering, där många människor i nuläget har stor erfarenhet och branschvana, ska ta fart krävs att ett konkret tillämpningsområde snart hittas, vilket J. Lindqvist nämner ”*Användningen av VR-glasögonen behöver ta fart. Om folk testar lite men inte hittar något seriöst tillämpningsområde för det snart, så tror jag att man kommer tröttna på det*”.

NCC har använt VR-glasögonen i drygt ett år och tekniken befinner sig fortfarande i ett stadie där man testar sig fram. Vad som hämmar utvecklingen av tekniken inom projektering är saknaden av funktioner när man använder VR-glasögonen, som bland annat L. Li påpekar ”*VR-glasögonen skapar realism och då vill man kunna göra saker, man vill kunna interagera med modellen samtidigt som man är inne i den*”.

4 Diskussion

I nuläget verkar det vanligaste sättet att börja använda IVR vara genom att köpa in ett antal VR-glasögon på en VDC-avdelning och därifrån börjar testa sig fram. Än så länge har det inte dykt upp en självklar användning för VR-glasögonen inom granskningsprocessen eller underlättat för planeringen av moment, vilket gör att tekniken stannat kvar i en "testa på" fas. Viljan finns att hitta en plats för VR-glasögonen då känslan är att det förmodligen finns många möjligheter, man har bara inte hittat dessa än. Den generella inställningen är att man är för digitaliseringen som gör det lättare att kommunicera, samordna och roligare att arbeta.

Vad som förmodligen skulle göra skillnad är vilken strategi man väljer för att implementera VR-glasögonen. Så länge inställningen är "det här är enbart för att testa" kommer responsen att vara densamma, att det är häftigt men lite diffust. Är man däremot tydlig med vad som gäller och konsekvent med hur verktyget skall användas blir gensvaret med största sannolikhet mer konkret. Ett sätt att standardisera användandet skulle kunna vara att lägga till granskning med VR-glasögon som en godkännande del i en projektfas. Att innan en viss del blir godkänd och arbetet kan fortskrida krävs en visuell inspektion. På så sätt skulle VR-glasögon börja bli ett allt vanligare hjälpmedel och en naturligare del i arbetet. Dessutom känns VR-glasögon som en lättare teknik att få in i branschen jämfört med BIM eftersom 3D-modeller nu finns och används, det stora jobbet med digitalisering är redan gjort.

VR-glasögon har sina fördelar och just nu är de väldigt trendiga och roliga att testa på, men de kommer också med ett krav. För att kunna utnyttja VR-glasögon i samband med projektering, så måste modellen alltid vara uppdaterad till den senaste versionen. Om den inte är det blir det lite lönlöst att titta i den eftersom man då inte ser de senaste ändringarna, vilket i sin tur kan leda till att det blir missförstånd och fel. Att uppdatera modellen är kanske inte är något som tar lång tid, men det är visserligen ett extra arbetsmoment.

I ett tidigt skede när arkitekt och kund diskuterar planer så ska två kunskaper mötas. Det intervjuerna tydligt har visat är att det ofta uppstår en osäkerhet och en problematik kring förståelsen för varandra. Kunden kan sin verksamhet och vet hur det ska göras för att fungera så effektivt som möjligt, medan arkitekten förmedlar sina tankar i form av ritningar och skisser. Ett språk som kunden ofta inte är läskunnig i vilket skapar oklarhet. Det har medfört att de inte fullt ut förstår eller vet vad de kommer att få. Om en virtuell modell kan presenteras och VR-glasögonen kan kopplas på så når man ut till kunden på en helt ny nivå. Känslan om verksamheten ryms eller inte blir tydligare och kunden kan enkelt komma med synpunkter.

I det här läget kan arkitekten tveka till att använda en modell (och VR-glasögon) då denna är rädd att kunden ska läsa in mer än vad arkitekten vill visa. Vanligt är att man lägger till ytskikt och lite möbler som referenspunkter i modellen, för att tydligare visa sin vision, men rädslan finns då att kunden tror att "så här kommer det se ut" och får en missvisande bild av resultatet. Med andra ord, arkitekten vill inte presentera något som denna i slutändan inte kommer leverera. En modell kan uppfattas som mer "klar" än till exempel handritade skisser. Men är man tydlig med att till exempel ytskikt och inredning endast är inplacerade för att hjälpa med förståelsen och att som modellen ser ut nu inte är det slutgiltiga resultatet kommer man enkelt undan det här problemet. Det blir mer en fråga om arkitektens förmåga att kunna kommunicera på ett tydligt sätt.

Det kan också vara en fråga om vana för ett visst arbetssätt som man tycker fungerat bra tidigare. Uppenbarligen finns ett förståelseproblem bland vissa kunder som borde få företag att ställa sig frågan: Hur kan vi göra det här tydligare? Tid och pengar är givetvis en faktor men att snabbt lära varje kund att läsa ritningar känns som en längre, repetitiv och osäkrare lösning än att ändra på företagets presentationsteknik.

Samma resonemang kan föras mellan de olika disciplinerna i ett byggföretag. Olika medarbetare är duktiga och nischade på sitt område men har inte alltid förståelse för alla andra. Det är inte bara individen som ska klara av att arbeta utan det är en hel grupp, ett team, som ska samarbeta. VR skapar en gemensam bild som är identiskt med varandras samtidigt som det förstärks, och kan upplevas, med VR-glasögon (Roupé, 2013). Det gör att projekt som levereras eller beställs i 2D ändå har ett värde av att modelleras upp i 3D, även om den modellen enbart visas och används internt. Förståelsen och kommunikationen blir tydligare, rakare och lättare vilket underlättar arbetet samtidigt som tid sparas in.

I och med att skärmen visar vad personen med VR-glasögonen tittar på kan man lära sig vad olika personer finner intressant samt vilka områden denne rör sig i och på så sätt anpassa modellen till vem som ska se på den. En person från konstruktion är kanske mer intresserad av bärsystemet och att modellera inredning är kanske inte att prioritera i ett sådant fall. En husköpare med mindre byggteknisk kunskap är kanske mer intresserad av helhet och utseende än hur rör och ledningar är placerade.

Med anpassade modeller kan man kraftigare nå ut till personen i fråga utan att man egentligen behöver spendera mer tid med modellen. Det finns också en baksida med sådan information, modeller kan anpassas för att dölja brister eller områden som man är mindre benägen att visa i detalj. Om en viss person ska titta på en modell så kanske det uppstår en skönmålning av vissa områden för man vet att där kommer denna person att röra sig mycket i och titta på detaljer.

En annan aspekt där VR och VR-glasögonen kan underlätta är i situationer där någon form av specialistverksamhet pågår, som i ett sjukhus. Att låta brukare, till exempel kirurger, i ett tidigt planeringsskede gå in i en operationssal för att se användartillgängligheten öppnar upp möjligheten att enkelt kunna göra ändringar i planlösningen för att förenkla och effektivisera brukarnas dagliga arbete. På så sätt kan onödiga missförstånd undvikas för att man åter igen talar "olika språk". Att anta att en arkitekt ska förstå hur en kirurg arbetar är inte rimligt, på samma sätt som att det inte är rimligt att anta att en kund ska förstå ritningar. En annan specifik situation skulle kunna vara att se hur barn upplever en miljö, till exempel om den är skrämmande, då man enkelt kan variera ögonhöjden i BIMXplorer (se figur 9 och 10).

Figur 9 Skärmavbild från BIMXplorer. Upplevt perspektiv från 100 cm.

Figur 10 Skärmavbild från BIMXplorer. Upplevt perspektiv från 170 cm.

Ute på byggplatsen skulle VR-glasögonen även kunna användas för att få förståelse för svåra eller knepiga arbetsmoment. Istället för att visa steg-för-steg bilder kan man ta på sig VR-glasögonen och tydligt se hur det kommer se ut och på så sätt skulle man kunna öva på detta arbetsmoment innan det utförs. Visserligen skulle detsamma kunna simuleras upp och visas som en film, men det kanske inte fungerar i alla situationer. Ett annat exempel kan vara i samband vid försäljning där en väldigt detaljerad modell kan tillåta kunder från olika delar av världen att gå på visning. En befintlig byggnad som står inför en ombyggnation skulle kunna modelleras upp och ändringar göras för att testa olika varianter innan ändringar fastslås och arbetet påbörjas.

Det har tagits upp att VR-glasögonen ger en helt annan känsla och det är svårt att specificera vad det är som gör det utan att själv ha testat. Att titta på en datorskärm är inte samma sak som att ta på sig VR-glasögon och genom att kunna titta dit man vrider sitt huvud, samtidigt som man lägger till ljud, då har man en komplett upplevelse. VR-glasögon är kanske för närvarande ett komplement för många arbetare och för att komma förbi den barriären så behöver den upplevelse som VR-glasögonen ger sättas i ett tydligt sammanhang för komma till sin rätt. Det är väldigt high-tech och häftigt men samtidigt med tanke på hur användarvänligt det är så blir det ändå som att ta ett steg tillbaka i tekniken. Många av dagens program är så avancerade att de kräver utbildning och erfarenhet för att använda. Men den här mjukvaran gör det hanterbart för vem som helst och man kan gå omkring i modellen på sina egna villkor. Där har VR-glasögonen och dess användargränssnitt en stor fördel.

4.1 Framtid

Förutom att fortsätta arbeta mot att få hela byggindustrin att använda 3D-modeller och VR skulle ett sätt att ta dessa in i framtiden kunna vara att de helt ersätter pappersritningar. I dagsläget när det uppstår osäkerheter så är det ritningar som gäller för det är de som har titeln bygghandling och är juridiska dokument. Om 3D-modeller och VR ska kunna slå ut pappersritningar helt i framtiden, så krävs det att modeller kan få en stämpel som bevisar att det är en bygghandling och är hållbar i rättsliga frågor.

Men för att detta skall fungera då krävs det förmodligen ett verifieringssystem för modeller. Om en modell ska få titeln bygghandling så kräver det i sin tur att personal som godkänner bygghandlingar utbildas i BIM och modelleringsprogram. Det skulle i princip innebära en lika stor förändring där som modellerna har gjort hos byggföretagen. När det kommer till VR-glasögonen märks det tydligt att det enda som står i vägen för den här tekniken är varje individs egen öppenhet och intresse för nya saker.

4.2 Nya funktioner

Vad som skulle göra VR-glasögonen mer attraktiva inom projektering är fler funktioner i BIMXplorer som tillåter en att interagera med modellen medan man vandrar i den. Hade fler funktioner varit tillgängliga hade kanske fler tydliga användningsområden hittats direkt. Vad som framkommit under intervjuerna som önskvärda funktioner är följande:

- **Möjligheten att vara flera personer i samma modell samtidigt**
  Att kunna vara flera personer i samma modell och då kunna se varandra i modellen med hjälp av exempelvis avatarer. Detta hade underlättat om man vill gå in och visa för andra ett utrymme man kanske upplever trångt eller liknande, eftersom andra personer måste titta på skärmen, vilket inte ger samma upplevelse som att stå i rummet tillsammans.

- **Se information och kunna peka med kontroll**
  Möjligheten att kunna se information och att kunna använda kontrollen för att peka i modellen. Om man upptäcker ett problem vid okulär besiktning och direkt kan ta upp information om vilka delar som berörs förenklas spårningen tillbaka dit när ändringar skall göras i modelleringsprogrammet.

  Men bara det att kunna se och förstå vad det är man tittar på, eller att enkelt kunna peka på objekt med en markör när VR-glasögonen är på samtidigt som åskådarna ser markören på skärmen, känner intervjupersonerna hade gjort en stor skillnad. I nuläget börjar de flesta peka i luften, eftersom de virtuellt befinner sig på en helt annan plats än de utan VR-glasögon.

- **Tidssimuleringar**
  I ett projekt finns ett tidsschema som är kopplat till händelser. Det hade varit användbart att kunna växla mellan dessa olika händelser i modellen, till exempel före och efter väggar har monterats, samt möjligheten att spola tiden fram och tillbaka för att kunna se hela byggprocessen, från start till slut.

- **Skapa vypunkter**
  I dagsläget finns ingen möjlighet att lägga in eller spara sin position i BIMXplorer. Om ett problem eller en oklarhet hittas under en visuell granskning vore det smidigt att kunna spara den vyn för att sedan snabbt kunna återgå till den. Samma funktion skulle kunna användas för att snabbare förflytta sig i modellen. Vypunkter kan enbart skapas i modelleringsprogrammen innan filen för att använda VR-glasögonen skapas och det kan ibland vara väldigt svårt att i förhand förutse alla önskvärda vyer.

- **Planvy**
  När man navigerar runt i modeller kan det ibland bli svårt att förstå var man befinner sig, framförallt när många utrymmen är enkelt möblerade och det mesta ser likadant ut, vilket märktes under observationen på kvinnokliniken. Genom att ha en planvy i hörnet som visar var i modellen man befinner sig och på vilket våningsplan exempelvis, kan man enkelt orientera sig och behöver inte spendera tid på att förstå var man är.

5 Slutsats

Implementering är A och O när det kommer till VR och VR-glasögonen. Genom att vara tydlig och konsekvent med hur verktyget skall användas blir implementeringen konkret och tekniken blir enklare att ta till sig. VR och VR-glasögonens största styrka är när det kommer till förståelse och kommunikation mellan personer där erfarenhet av att läsa ritningar varierar. Den gemensamma bilden och språket som det skapar går att tillämpa på många användningsområden. Bara exempelvis genom att anpassa modeller utifrån vem det är som tittar kan presentationer och granskningar effektiviseras ytterligare.

För att VR och VR-glasögonen ska få en bredare användning inom byggbranschen behövs fler funktioner som låter användaren interagera med modellen samtidigt som VR-glasögonen används. Värt att lyfta fram är att oavsett hur mycket erfarenhet av att läsa ritningar en person besitter så är det inte samma sak att titta på en skärm som att ta på sig VR-glasögonen och gå in i en modell (Roupé et al. 2016). Det finns fall där VR via en datorskärm inte gett en tillräckligt tydlig bild utan det är först efter att ha gjort en granskning med VR-glasögonen som fel har upptäckts vilket resulterat i både stora och små ändringar. Oavsett om det är estetik eller funktion så framgår det tydligt att problemen inte hade kunnat upptäckas utan VR-glasögonen.

Upplevelsen från VR-glasögonen ger en djupare förståelse och har en större påverkan än vad en först kan tro. Hur ofta har inte beslut tagits baserat på en magkänsla? Den stora skillnaden nu är att dessa kan tas innan bygget ens har påbörjats.

6 Referenser

Castronovo, F., Nikolic, D., Liu, Y., & Messner, J. (2013). An evaluation of immersive virtual reality systems for design reviews. In *13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, London, UK*.

Eastman, C. (2011). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers designers, engineers, and contractors*. Hoboken: Wiley.

Hedin, A. (1996). *En liten lathund om kvalitativ metod med tonvikt på intervju*. Klerfelt, Anna & Qvarsell, Birgitta (red.)(2012). Kultur, estetik och barns rätt i pedagogiken, 1.

Johansson, M., Roupé, M., & Viklund Tallgren, M. (2014). From BIM to VR-Integrating immersive visualizations in the current design process. In *Fusion - Proceedings of the 32nd eCAADe Conference-Volume 2 eCAADe,* 2014, s. 261-269.

Johansson, M., Roupé, M., & Bosch-Sijtsema, P. (2015). Real-time visualization of building information models (BIM). *Automation in Construction*, *54*, 69-82. doi:10.1016/j.autcon.2015.03.018

Laiserin, J. (2003). Graphisoft on BIM. *The Laiserin Letter-Analysis, Strategy and Opinion for Technology Leaders in Design Business*.

Martin, L. (2010). *Att mäta syn: 2:a upplagan.* Visby: Nomen

Miselowski, M. (2015). *The Cave.* Hämtad 2016-05-06, från http://businessfuturist.com/wp-content/uploads/2015/08/the-cave.jpg

Rift info. (2015). *Dk1 vs DK2 comparison*. Hämtad 2016-05-04, från http://riftinfo.com/oculus-rift-specs-dk1-vs-dk2-comparison

Robson, C. (2011). *Real world research: A resource for users of social research methods in applied settings* (3.th ed.). Chichester: Wiley.

Jongeling, R. (2008). *BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt. En jämförelse mellan dagens byggprocess baserade på 2D-CAD och tillämpningar av BIM*.

Roupé, M., Johansson, M., Viklund Tallgren, M., Jörnebrant, F., TOMSA, P. A., (2016). Immersive visualization of building information models. In *Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing CAADRIA*, 2016, Melbourne, Australia, s. 673-682.

Roupé, M. (2013). *Development and Implementations of Virtual Reality for Decision-making in Urban Planning and Building Design* (Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknik, Construction management).