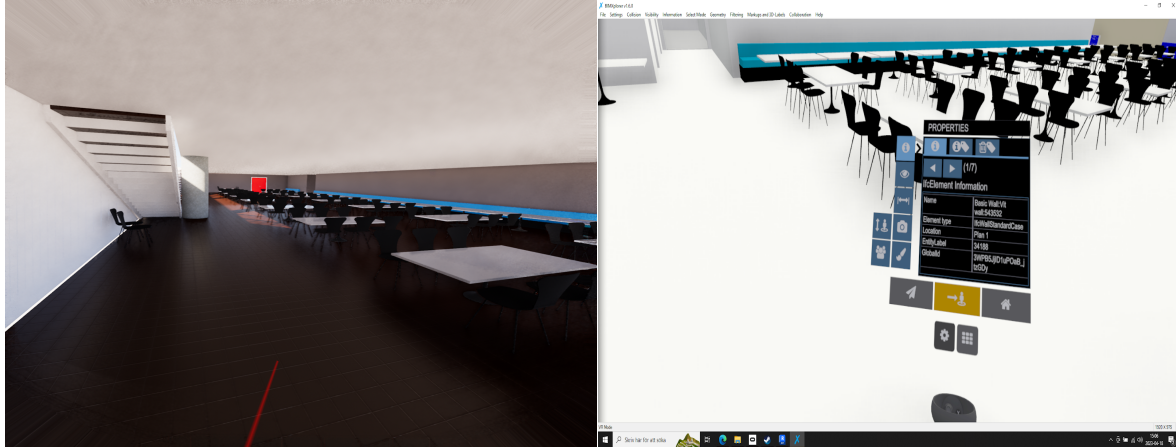




CHALMERS



Hur VR och detaljeringsgrad påverkar uppfattning av verkligheten

En rapport om VR som kommunikationsverktyg
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik

Jusuf Ali
Sadjad Hussein

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNINGEN FÖR CONSTRUCTION MANAGEMENT

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Hur VR och detaljeringsgrad påverkar uppfattning av verkligheten

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Jusuf Ali

Sadjad Hussein

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelning för Construction management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2023

Hur VR och detaljeringsgrad påverkar uppfattning av verkligheten

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Jusuf Ali

Sadjad Hussein

© JUSUF ALI SADJAD HUSSEIN, 2023

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2023

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Constructions management

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag: Bild från modellen som används i undersökningen tagen i Enscape och BIMXplorer

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2023

Hur VR och detaljeringsgrad påverkar uppfattning av verkligheten

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

Jusuf Ali

Sadjad Hussein

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

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete går ut på att undersöka om användning av VR med olika detaljeringsgrad kan underlätta förståelse och uppfattning av verkligheten, samt om de olika nivåerna i detaljeringsgrad påverkar på olika sätt gällande förståelse och perception. Rapportens frågeställningar som ska besvaras är fokuserade på VR och detaljeringsgrad. Frågeställningarna är som följande, hur påverkar detaljeringsgraden i VR-miljöer förståelsen för samband mellan möblering och utrymme av yta, hur orientering i virtuella miljöer påverkas av fotorealism och olika detaljeringsgrad samt hur detaljeringsgrad och fotorealism påverkar deltagarnas förmåga att genomföra en given uppgift i VR.

För att kunna besvara dessa frågor så utfördes en praktisk undersökning med studenter som deltagare. För att utföra undersökningen utfördes två workshops vid olika tillfällen för att undersöka möjligheterna som VR-tekniken kan ha om man implementerar verktyg i projekteringsarbete och produktionen. Resultatet från undersökningen tyder på att genom VR-tekniken kan man åstadkomma högre förståelse mellan detaljeringsgrad, utrymme och skala jämfört med 2D-ritningar och 3D-modeller. Andra indikationer från undersökningen påvisar även att navigering i VR kan vara svårare i högre detaljeringsgrad. För hög detaljeringsgrad samt fotorealism-läget kan även ha andra betydningar som att det kan bli distraherande.

Undersökningen som helhet pekar på att VR-teknikens användning inom byggindustrin kan leda till att aktörerna kan dra nytta av en mer immersiv och engagerande upplevelse som resulterar i att förståelse och bedömning av utrymme och dimensioner ökar. Detta kan resultera i att samarbeten effektiviseras och problem kan enklare bli upptäckta. Dock beror det på vilken detaljeringsgrad som används.

Nyckelord; VR, 2D-ritningar, 3D-modeller, detaljeringsgrad, fotorealism, distraktion

How VR and level of detail affects perception of reality

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

Jusuf Ali

Sadjad Hussein

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

ABSTRACT

This thesis aims to investigate whether the use of VR with different levels of detail can facilitate understanding and perception of reality, and whether the different levels of detail affect understanding and perception in different ways. The report's questions to be answered are focused on VR and level of detail. The questions are as follows, how does the level of detail in VR environments affect the understanding of the relationship between furniture and surface space, how orientation in virtual environments is affected by photorealism and different levels of detail, and how the level of detail and photorealism affect the participants' ability to complete a given task in VR.

In order to be able to answer these questions, a practical survey was carried out with students as participants. To carry out the research, two workshops were implemented on different occasions to investigate the possibilities that VR technology can have if one implements it in design work and production. The results of the survey indicate that through VR technology, a higher understanding can be achieved between level of detail, space and scale compared to 2D drawings and 3D models. Other indications from the survey also show that navigation in VR can be more difficult in higher levels of detail. Too high a level of detail and the photorealism mode can also have other meanings such as it can become distracting.

The survey as a whole points out that the use of VR technology in the construction industry can lead to the actors being able to benefit from a more immersive and engaging experience that results in increased understanding and assessment of space and dimensions. This can result in collaborations becoming more efficient and problems can be more easily discovered. However, it depends on the level of detail used.

Keyword; VR, 2D drawings, 3D models, level of detail, photorealism, distraction

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1. Inledning	1
1.1 Syfte	1
1.2 Avgränsningar	1
1.3 Frågeställning	2
2. Teoretisk bakgrund	3
2.1 VR	3
2.1.1 Oculus Rift S	3
2.1.2 VR i projektering	4
2.2 Programvaror	5
2.2.1 BIM	5
2.2.2 Autodesk Revit	6
2.2.3 BIMXplorer	6
2.2.4 Enscape	7
2.3 Visualiseringsmetoder	7
2.4 Detaljeringsgrad och fotorealism	7
2.5 Distraktioner i VR	9
3. Metod	11
3.1 Modellering	11
3.1.1 Detaljeringsgrad 1	13
3.1.2 Detaljeringsgrad 2	13
3.1.3 Detaljeringsgrad 3 / fotorealism	14
3.2 Undersökning	15
3.2.1 Uppgift 1	15
3.2.2 Uppgift 2	15
3.2.3 VR-system	16
3.3 Metoddiskussion	16
3.3.1 Intervjufrågor	17
4. Resultat	19
4.1 Tidigare erfarenheter	19
4.2 Orientering	20
4.3 Uppfattning av utrymme och skala	22
4.4 Fotorealism	23
4.4.1 Distraktioner	23
5. Diskussion	24
5.1 Traditionella metoder och VR	24
5.2 Utrymme och skala	24
5.3 Detaljeringsgrad och orientering	24
5.4 Distraktioner	25

6. Slutsats	27
6.1 <i>Framtida arbeten</i>	27
<i>Referenser</i>	28

Förord

Vi vill tacka Chalmers tekniska högskola och alla studenter som svarat på intervjufrågorna samt tagit sig tiden att engagera sig i testerna som utfördes med BIMXplorer och Enscape samt för visat intresse i detta examensarbete.

Ett extra stort tack vill vi ge till Mikael Johansson och Shahin Satei som hjälpt oss med upplägg för testerna, diskuterat idéer, handlett oss i digitaliserings programmen BIMXplorer och Enscape, samt lånat ut utrustning för förberedelser och genomföranden till intervjuerna.

Göteborg Juni 2023

Jusuf Ali, Sadjad Hussein

Beteckningar

2D-ritningar	Tvådimensionell: två dimensioner på ritningar
3D-modeller	Tredimensionell: tre dimensioner på en modell
LOD	Level of detail även kallad för detaljeringsgrad
BIM	Building Information Modeling är en teknik som används för att digitalisera information.
BIMXplorer & Enscape	Programvaror som möjliggör för personer att uppleva 3D modellerna i en virtuell miljö och utforska dem.
VR	En datateknik som används för att simulera en miljö virtuellt.
HMD	Head-mounted display: En bildskärm som används på huvudet
IFC	Industry Foundation Classes: Ett filformat som utnyttjas för BIM-modeller

1. Inledning

2D-ritningar och 3D-modeller är de vanligaste kommunikationsmedlen som används i dagens byggbransch. Det kan dock vara svårt att uppfatta utformningen av ytor och deras utrymmen utifrån ritningar och modeller. Därför är det viktigt att dra nytta av ny teknik för att vidareutveckla byggbranschen.

Virtual reality (VR) eller "virtuell verklighet" är en datorteknik vars syfte är att simulera en digital tredimensionell miljö. Tekniken är relativt ny och det är inte många som använder VR till vardags. Dessutom finns det inte mycket forskning om hur VR som verktyg kommer att påverka byggbranschen och dess potentiella effektivitet i byggbranschens olika faser (Sateei, 2021). Men tillgänglig forskning visar att tekniken används inom en mängd olika branscher för att skapa verkliga upplevelser i virtuella miljöer. Med fortsatt utveckling kommer det troligtvis att finnas många fler applikationer för VR i framtiden.

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att undersöka effektiviteten av VR och detaljeringsgrad som ett verktyg för att förmedla information samt ge en djupare förståelse till ytdesign och utrymme. Utöver det kommer det även diskuteras om denna teknik kan ge nytta till byggbranschen jämfört med den traditionella metoden som 2D-ritningar och 3D-modeller. Det kommer på liknande vis att granskas om det finns eventuella större skillnader i förståelse vid olika detaljeringsgrad och fotorealism, således hur detta kan påverka orientering och andra aspekter som distraktioner och navigering.

1.2 Avgränsningar

För att undvika att examensarbetet avleds från sitt ursprungliga syfte och blir alldeles för stor kommer det att sättas gränser för undersökningen. Avgränsningarna är som följande;

- Undersökningen behandlar bara "fully immersive VR" och behandlar inte VR-teknikens alla användningsområden som "semi immersive" VR.
- Intervjuerna och observationer riktas mot studenter som studerar samhällsbyggnadsteknik eller arkitektur, eventuellt studenter inom andra avdelningar.
- Programmen för att få fram modellerna har gjorts i Revit och plug in för VR-tekniken är Enscape och BIMXplorer.
- VR-hårdvaran som har använts är Oculus Rift S

1.3 Frågeställning

Denna rapport kommer besvara följande frågeställningar;

1. Hur påverkar detaljeringsgraden i VR-miljöer förståelsen för samband mellan möblering och utrymme av yta?
2. Hur orientering i virtuella miljöer påverkar när det är fotorealistiskt samt i olika detaljeringsgrad?
3. Hur påverkar detaljeringsgrad och fotorealism deltagarnas förmåga att genomföra en given uppgift i VR?

2. Teoretisk bakgrund

2.1 VR

VR, som är en förkortning till virtual reality även kallat för “virtuell verklighet”, är en datateknik som simulerar en digital tredimensionell miljö genom användning av en VR-headset. Denna teknik ger användarna möjligheten att få en realistisk upplevelse i en virtuell miljö.

VR uppfanns först runt 1960 och var relativt begränsat till en början, eftersom användare endast kunde uppleva ett fåtal vyer. Men cirka 30 år senare, runt 1990-talet utvecklades tekniken och spreds till olika branscher, inklusive byggbranschen. Tekniken användes för varierande ändamål såsom utveckling av enkla CAD-modeller och simuleringar med VR. (Berni & Borgianni, 2020). Efter 2000-talet har tekniken fortsatt att utvecklas och blev dessutom billigare. VR används nu för underhållning ändamål, exempelvis för att skapa immersiv spelupplevelse. Men VR används också för mer seriösa syften som utbildning och träning, där användare kan öva på farliga situationer eller tekniska färdigheter utan att riskera skador (Beh m.fl., 2022).

Det finns dock olika typer av VR, exempel på detta är “semi immersive” VR, “fully immersive” VR etc. ”Fully immersive” VR använder vanligtvis HMD:er som är förkortning för det engelska ordet “head mounted display”. HMD använder sig av två skärmar för varje öga för att få den tredimensionella visionen att efterlikna verkligheten och ge en mer immersiv upplevelse. I “fully immersive” VR möjliggörs det även att rörelsen reproduceras i den virtuella representationen. Vid "semi-immersive" VR kan detta inte göras då man exempelvis använder CAVE eller Powerwall, där visualisering av den virtuella miljön sker bara i vision men utöver det kan man inte uppleva en immersiv visualisering (Kyriakou m.fl., 2017).

Utöver de två tidigare nämnda finns det även det som kallas för “non-immersive” VR eller desktop VR. Detta är när den virtuella miljön presenteras utan VR-glasögon men direkt på datorn eller någon annan typ av skärm.

2.1.1 Oculus Rift S

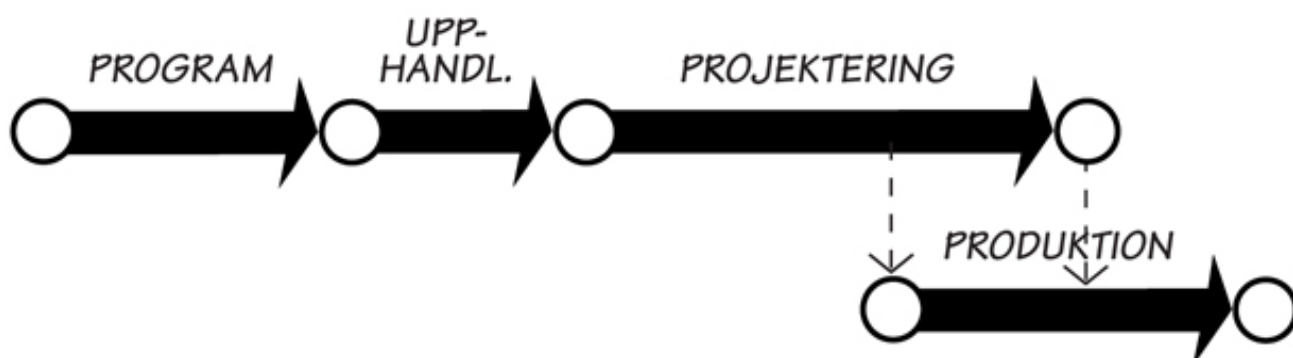
Oculus Rift S är VR -glasögon som använder sig av HMD, se figur 1. VR-glasögonen är “fully-immersive” och fungerar med programvaror såsom Enscape och BIMXplorer. Oculus Rift S har två handkontroller som möjliggör att dina rörelser och gester i verkligheten visas i den virtuella miljön. VR-glasögonen använder sig av Oculus Insight, som tillåter dina rörelser att replikeras till VR oberoende till vilket håll du står och ger spårning i rumsskala utan att behöva använda externa sensorer (Oculus, u.å).



Figur 1: Oculus Rift S.

2.1.2 VR i projektering

Syftet med byggprocessen är att planera och genomföra konstruktionen av en byggnad eller anläggning. Processen omfattas av förstudie, program, projektering och slutligen produktion, se figur 2. Med samtliga skeden är målet att uppnå ett hållbart resultat som uppfyller kundens behov med hänsyn till ekonomi, lagstiftningar och rekommendationer (Nordstrand, 2010).



Figur 2: Den traditionella byggprocess modellen (Nordstrand, 2010).

VR kan användas under projekteringsfasen för att visualisera byggnader och modeller. Verktöget möjliggör ett enklare sätt att presentera platsinformation till skillnad från de traditionella 2D- och 3D- modellerna. Studier visar att anpassning av VR i projektfasen ökar förståelsen av projektet och ger chansen till produktionspersonal att känna sig inkluderande (Johansson & Roupé, 2021). Beställare har oftast svårt att läsa av 2D-ritningar och får därför en bättre rumslig upplevelse med VR. Användarna får en bättre syn på storlek då modellen visas upp i skala 1:1 och objekt i modellen kan jämföras med verkligheten. Detta leder till

bättre projektering då personalen får chansen att ge åsikter kring modellen som visualiseras och eventuella förbättringar. Det har visats i andra studier (Lin & Woldegiorgis, 2015) att referensobjekt skapar en mer korrekt slutsats vid bestämmande av avstånd. Studien uppger att när referensobjekt är närmare i avstånd fås en mer korrekt bedömning.

3D-modeller som visas på skärmar är den vanligaste metoden som används för att upptäcka fel i byggnation. Att använda sig av 3D modeller fungerar bra i vanliga fall men när fler discipliner inkluderas i modellen med exempelvis elinstallationer eller VVS-rör så kan en del kollisioner vara svåra att upptäcka. Detta är viktigt då att undvika fel i projekteringsfasen ger kostnads- och tidsbesparingar på arbetsplatsen. VR ökar användarens immersiva upplevelse vilket gör det enklare att visualisera och upptäcka problem som är kopplat till konstruktion, estetik och ergonomi. En studie som utfördes på Sanford Fargo Medical Center användes VR för att ge kirurgerna på sjukhuset möjligheten att bidra med åsikter om projektets resultat. Kirurgerna kunde använda sig av sin medicinska erfarenhet för att ge feedback, som enligt byggföretaget Mortensen Construction senare ledde till att en kostnad på \$675,000 kunde undvikas i form av förflyttning av medicinsk utrustning och ombyggnation (Cruz, 2018).



Figur 3: Operatinsrum i VR (Cruz, 2018).

En lyckad byggprocess kräver god kommunikation mellan alla aktörer. VR skapar nya möjligheter för kommunikation och interaktion under byggprocessen. Istället för att använda e-post och andra metoder som kommunikationsmedel kan aktörer använda sig av multi-user i VR. Multi-user tillåter flera användare att koppla upp sig till den virtuella världen från olika ställen. Detta anses vara en effektiv metod då det möjliggör produktiva möten med aktörer som inte har möjligheten att dyka upp (Johansson & Roupé, 2021).

2.2 Programvaror

2.2.1 BIM

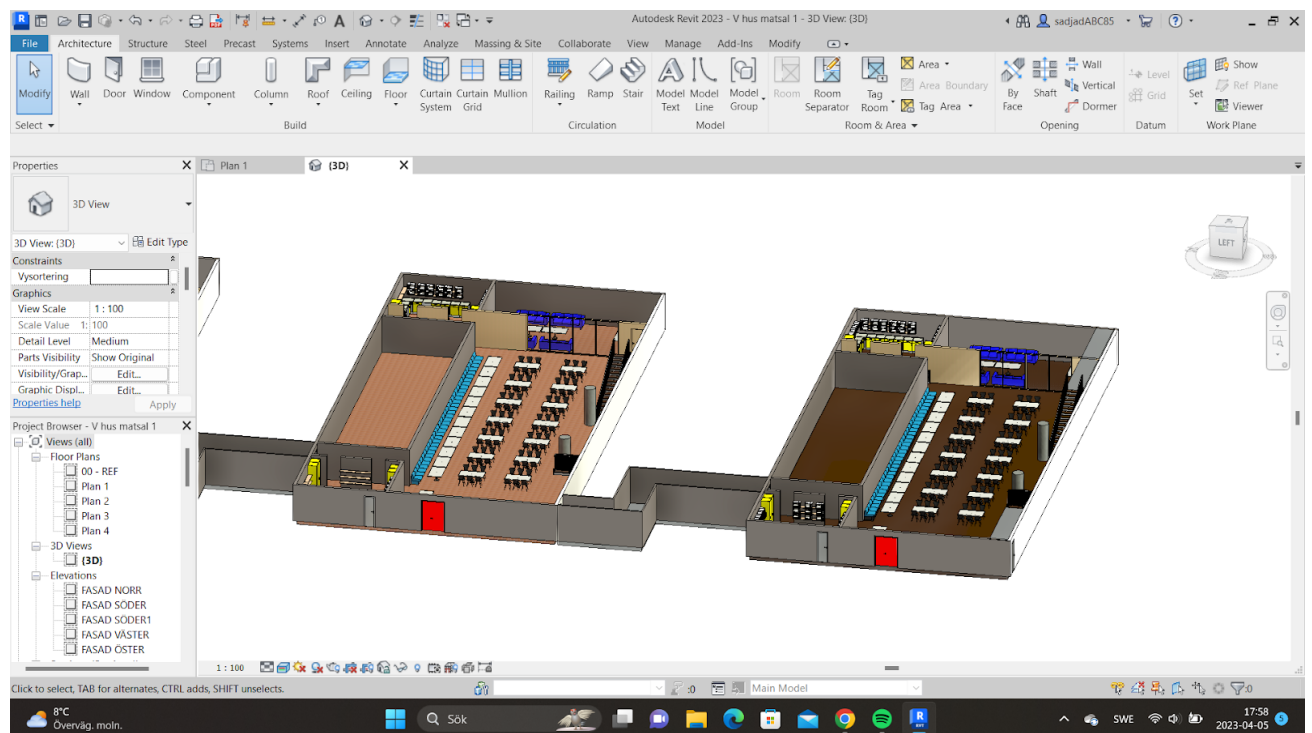
BIM, som är en förkortning för Building Information Modeling, är ett samlingsbegrepp och verktyg som används i byggbranschen vars syfte är att skapa och hantera nödvändig

information. BIM, eller det så tidigare kallat Building Product Model, var redan runt 1970-talet ett begrepp som användes. Dock var det i teoretiska sammanhang detta skede. Men detta slutade senare när CAD-leverantörer som den tidigare nämnda Autodesk och andra företag började använda detta samlingsbegrepp (Jongeling, 2008).

BIM innehåller information om byggnadens konstruktionsdelar, installationer, livscykel, dess geometriska data, med mera. Verket används för att underlätta kommunikationen mellan olika byggtreprenörer i ett projekt där informationen lagras i ett gemensamt filformat, IFC, som används av alla discipliner. Genom att alla discipliner använder sig av BIM så kan tids- och kostnads kalkyler optimeras för att förutsäga kostnader och minska onödiga utgifter (Jongeling, 2008).

2.2.2 Autodesk Revit

Revit är en programvara inom BIM som används inom byggbranschen för att skapa 2D- och 3D-modeller av byggnader och infrastruktur. Revit stödjer en del filformat som bland annat IFC, vilket möjliggör samarbete med andra discipliner som jobbar med andra programvaror. Programvaran möjliggör även en ökad produktivitet då arkitekter, ingenjörer och andra byggtkniker kan jobba med samma modell vilket även underlättar kommunikationen (Autodesk, U.Å).



Figur 4: Revit i 3D-vy.

2.2.3 BIMXplorer

BIMXplorer är en relativt ny mjukvara som lanserades för allmänheten 2016, men tidigare år har den använts av företag både i Sverige och utomlands. Funktionen med denna programvara är att tillhandahålla en snabb och lättanvänd applikation som möjliggör realtidsvisualisering av såväl standard BIM-modeller men också större och mer komplexa BIM-modeller.

BIMXplorers kan både ge en mer immersiv upplevelse med VR som den tidigare nämnda Oculus, men fungerar även utan VR- verktyg där man kan visualisera BIM-modellerna på realtid med en desktop. BIMXplorers kan användas både som en plugin till Autodesk Revit men även enskilt genom IFC-filer (BIMXplorers, U.Å) .

Gällande navigering vid användning av VR med BIMXplorers som applikation så har programvaran möjliggjort en mer användarvänlig navigering, detta uppfylldes genom att använda en SDK som kallas PhysX. En mer användarvänlig navigation innebär i detta fall att personen som navigerar i modeller med hjälp av BIMXplorers inte navigerar genom olika objekt som dörrar, väggar, etc (Johansson, 2016).

2.2.4 Enscape

Enscape är en programvara väldigt lik BIMXplorers (Johansson, 2016). Det vill säga att Enscape också är ett program för realtidsvisualisering genom 3D-rendering. Enscape har ett antal funktioner som exempelvis VR, BIM-läge, etc. Genom dessa funktioner kan man lätt orientera sig samtidigt som man kan bestämma tidpunkt på dygnet, eller direkt tillsätta möbler i Enscape för att skapa en mer realistisk miljö (fotorealism). En av funktionerna som tidigare nämnt är BIM-läget. I BIM-läget visas information om de olika objekten direkt i Enscape-fönstret. Detta möjliggör att all BIM-data visas framför användaren, även vid användning av exempelvis VR (Enscape, U.Å).

2.3 Visualiseringsmetoder

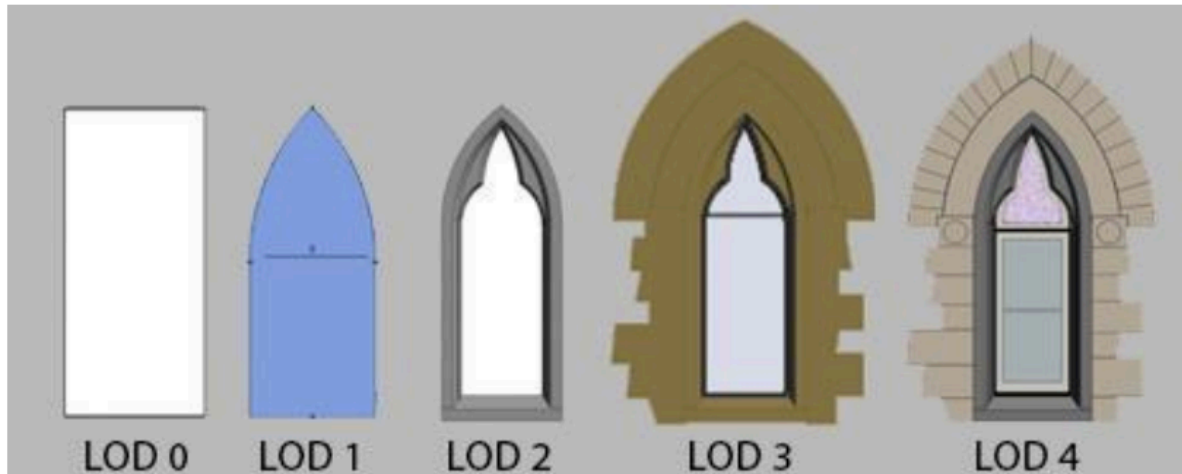
I byggprojekt används olika visualiseringsmetoder för att kommunicera designkoncept, konstruktion och slutprodukt. Visualiseringsmetoder väljs vanligtvis efter projektets omfattning och behov för kommunikation mellan olika intressenter. Visualisering genom desktop-interface (DI) är den vanligaste metoden som används idag där ritningar tas fram i 2D- och 3D-format genom olika CAD-program. Ritningarna som modellerats med datorprogram kan sedan redovisas genom datorskärmar.

I en tidigare studie har skillnaden i rums uppskattning för 3D-modeller via VR och DI undersökts. Studien fann att de största skillnaderna mellan VR och DI förekom i modeller med högre komplexitetsnivå. Som ett resultat av studien gav VR en bättre rumslig upplevelse, vilket anses viktigt vid granskning av 3D-modeller. Granskningen med VR gav även en bättre dimension uppskattning i jämförelse med visualisering i DI (Horvat m.fl., 2019).

2.4 Detaljeringsgrad och fotorealism

Detaljeringsgrad, även så kallad level of detail (LOD), används ofta för att åstadkomma relativt verkliga miljöer i VR. Tanken med detaljeringsgrad är att påverka presentationen av den virtuella miljön. I datorgrafik används detta genom att simplificera detta komplexa genom att exempelvis inte rendera oviktiga eller avlägsna geometrier för att skapa ett enklare dataobjekt som resulterar i att avläsningen sker i önskad takt. I VR använder man vanligtvis modeller där man tillsätter olika detaljeringsgrad för att få bättre visningsprestanda, genom att på samma sätt som datorgrafiken inte rendera oviktiga eller mindre viktiga detaljer i en

modell. Detaljnivån bestäms genom modellens tillgängliga referensmaterial. Men för att kunna göra detta måste man även förstå syftet med modellen och dess representation (Seo m.fl., 1999; Graham m.fl., 2019). Exempel på detta är figur 5, där man gradvis ökar detaljeringsgrad genom rendering av fler detaljer och geometrier.



Figur 5: Fyra detaljeringsgrader där den lägsta är LOD 0 och LOD 4 är den högsta (Graham m.fl., 2019).

Dock så är hög detaljeringsgrad (LOD) inte önskvärt i alla situationer. När det kommer till att fatta viktiga beslut i tidiga skeden på möten är det viktigt att alla aktörer fokuserar på det som är relevant. Studier har visat att under tidiga konstruktion utvecklingskedan kan en hög LOD hindra produktiviteten av möten. För mycket information i den virtuella miljön kan ge aktörer som inte är bekanta med designprocessen fel tolkning. Användandet av mindre detaljer i VR-modeller resulterar därför i ett effektivare konstruktions möte. Dock kan en realistisk virtuell miljö med hög LOD anses vara mer önskvärt när det exempelvis kommer till att presentera en slutprodukt (Liu m.fl., 2014). Andra studier som (Satei m.fl., 2022) och (Abouelkheir m.fl., 2022) menar att ökad LOD med möbler etc inte bara skapar en djupare förståelse i rumslighet men även tillför mer fokuserad och djupare diskussion om exempelvis designfel. Fortsatt visas det i (Abouelkheir m.fl., 2022) studie att med ökad LOD där man har med föremål och möbler, fysiska detaljer, ökar förståelse för avstånd etc.

Modellering i VR med avancerad teknik resulterar i en bättre virtuell verklighet. För att skapa en mer immersiv upplevelse i VR används fotorealism utöver LOD, där syftet är att skapa bilder och modeller som ser verkliga ut. Fotorealism effektiviserar VR som verktyg till olika ändamål och ökar användarens sociala närvaro. Detta fastställdes i en tidigare studie med 900 deltagare som fick testa tre olika realistiska nivåer i VR. Nivåerna utgick från en enkel svartvit sketch till en hög realistisk nivå, se figur 6. Studien resulterade i att majoriteten av deltagarna ansåg att den fotorealistiska modellen gav högst känsla av social närvaro och miljön kunde liknas till verkligheten (Zibrek m.fl., 2019). Fotorealism uppnås genom datorgrafikteknik som skapar detaljerade modeller med hög textur och belysningseffekter. Att integrera fotorealism i VR kan dock vara utmanande på grund av behovet att rendera den höga upplösningen i realtid.

Vid användning av VR kan det förekomma att användarna upplever illamående, yrsel, ansträngda ögon etc, detta brukar kallas för "cybersickness". Studier likt (David m.fl., 2015) där deltagarna berättade om sin upplevelse, indikerar att modeller med högre nivå av grafisk realism har större sannolikhet för "cybersickness".

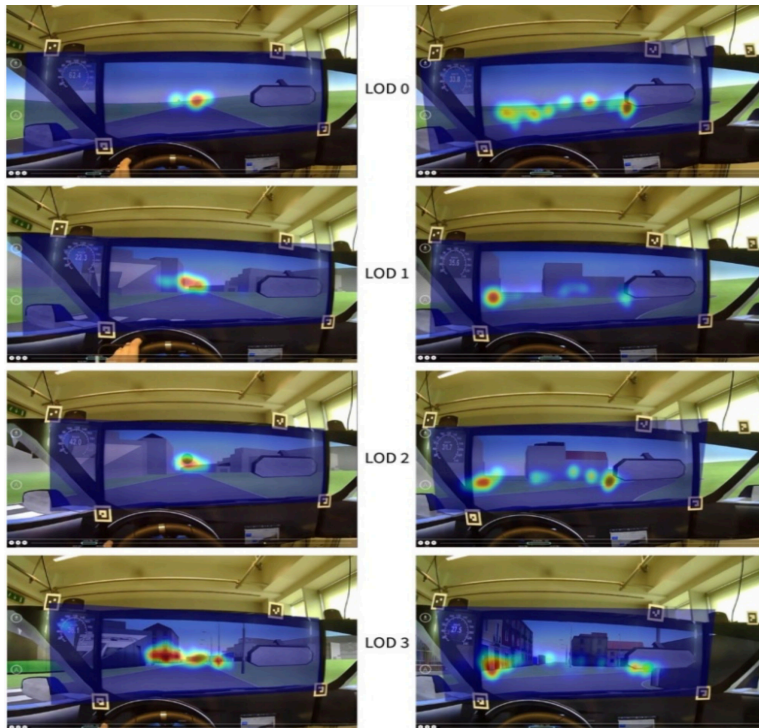


Figur 6: De 3 nivåerna fotorealism (vänster), medel (mitten) och sketch (höger) (Zibrek m.fl., 2019).

2.5 Distractioner i VR

Att ha en för verklig virtuell miljö kan även påverka prestandaförmågan för personer som använder VR. Genom en realistisk virtuell miljö samt om man är ny till denna typ av teknik kan det ha en motverkande effekt istället för att uppfylla den funktion som man ville. Detta kan man se i studien *“Developing engineering students' capabilities through game-based virtual reality technology for building utility inspection”*. Studien handlar om hur man kan ändra från fysisk till virtuell byggnadsutbildning. En stor andel av studenterna som var med i experimentet som utfördes kommenterade att navigering i VR var nytt och att de blev distraherade av den virtuella miljön. Detta orsakade svårigheter att koncentrera sig på föreläsningen och de uppgifter som tillgavs (Beh m.fl., 2022).

Detaljgrad är även en faktor som påverkar uppmärksamheten. I (Shi m.fl., 2022) studie undersökte man om förare blir påverkade av LOD i virtuella scenario. Genom undersökningen kunde man fastställa med hjälp av en rad olika tester med olika detaljeringsgrad i virtuella miljöer, att förarens uppmärksamhet spred sig till andra föremål när detaljeringsgraden ökade. Det var i detaljeringsgrad 3 där uppmärksamheten var som mest spridning och i detaljeringsgrad 0 var uppmärksamheten på vägen som högst, se figur 7.



Figur 7; Olika detaljeringsgrad med ögonspårning i (Shi m.fl., 2022) studie.

I (Umair m.fl., 2022) studie använde deltagare Oculus Quest 2 och fokuserade enbart på den omslutna virtuella miljön. Studien tar upp att designgranskare måste utföra olika uppgifter samtidigt, där det kognitiva är i fokus. Designgranskarna måste vara medvetna om sin omgivning, samtidigt som de utför uppgifter som att analysera och ge eventuella alternativ.

3. Metod

För att kunna fastställa om VR är en realistisk lösning för en ökad förståelse för utrymme och utformning av ytor jämfört med traditionella metoder, måste man veta dess olika fördelar samt nackdelar med verktyget. För att identifiera dessa för-och nackdelar så kommer rapporten hänvisa till litteraturstudier samt göra ett test där en modell konstrueras på programmet Revit för att sedan använda Enscape och BIMXplorer till att möjliggöra användning av VR. Denna modell kommer att ha olika detaljeringsgrad för att sedan tillämpas som grund inför de senare frågorna i intervjuerna som kommer att ställas till de studenter som deltog i experimentet.

För att göra experimentet så realistiskt som möjligt kommer modellen baseras på matsalen i SB-huset som ligger i Chalmers. Modellen kommer ha tre olika detaljeringsgrader.

3.1 Modellering

Modell på SB-huset matsal har modellerats med programvaran Revit och kommer att vara den modell som intervjufrågorna samt uppgifterna kommer att utgå från.



Figur 8: Matsal i verkligheten.



Figur 9: Matsal i fotorealism från Enscape.



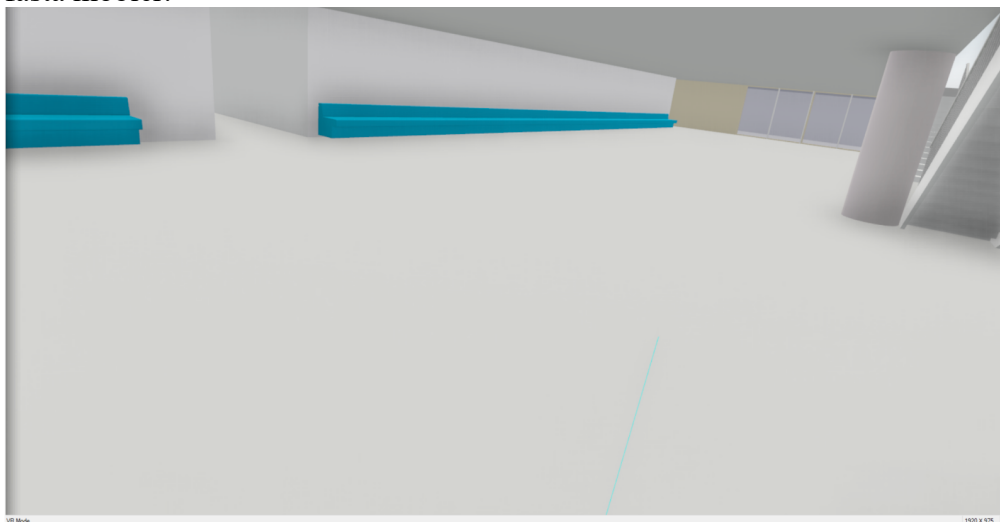
Figur 10: Kök i verkligheten.



Figur 11: Kök i fotorealism från Enscape.

3.1.1 Detaljeringsgrad 1

Detaljeringsgrad 1 är den lägsta detaljeringsgraden för modellen. Modellen har enbart de mest essentiella delarna av utrymmen. Modellen består av väggar, golv, tak, pelare, trappa och fasta möbler.

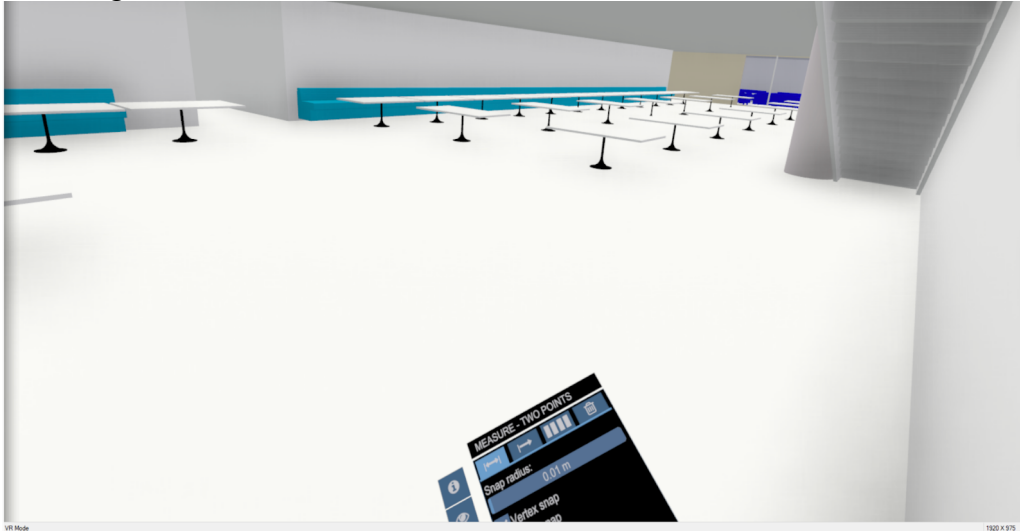


Figur 12: Matsal i detaljgrad 1 från BIMXplorer.

3.1.2 Detaljeringsgrad 2

Detaljeringsgrad 2 är den detaljeringsgrad som modellen efterliknar mer verklighet. Modellen har utökats utöver de mest essentiella delarna av utrymmen. Modellen består av de tidigare nämnda delarna men har även detaljerat mer i faktorer såsom färg, lös inredning likt

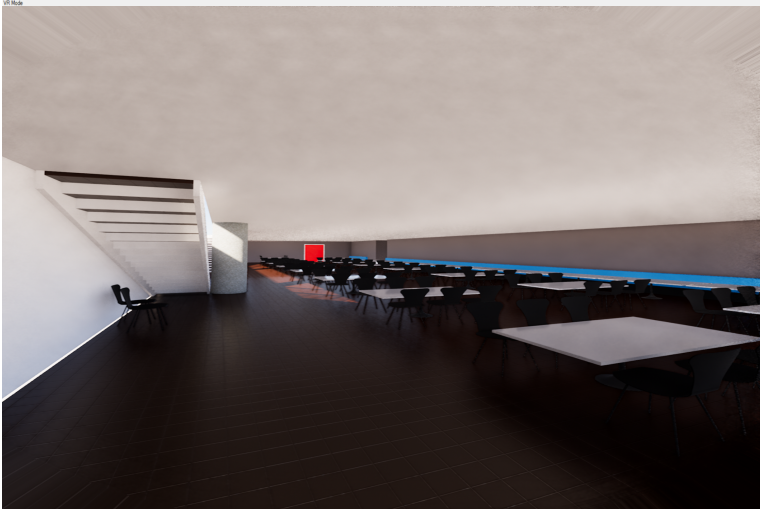
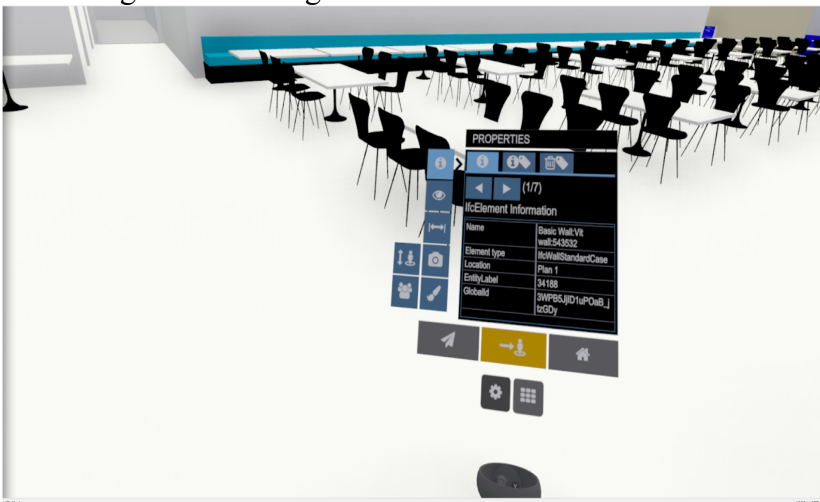
mikrovågs och bord.



Figur 13: Matsal i detaljgrad 2 från BIMXplorer.

3.1.3 Detaljeringsgrad 3 / fotorealism

Detaljeringsgrad 3 är den modell som är den mest likadana till verkligheten. Modellen har tagit med alla faktorer och delar som utrymmet i verkligheten är utrustad med och alla omständigheter som färg och möbler har försökt efterliknas så mycket som möjligt.



Figur 14: Matsal i detaljgrad 3 och fotorealism från BIMXplorer och Enscape.

3.2 Undersökning

I testet så kommer deltagarna att orientera sig i modellens olika detaljeringsgrad samt fotorealism. Undersökningen omfattar 25 personer. Deltagarna kommer först få några frågor om tidigare erfarenhet av VR, samt få förståelse av hur användning av VR och dess olika funktioner fungerar innan testet börjar. I samband med detta kommer ett antal deltagare direkt få göra uppgifterna, medan de andra deltagarna kommer få ett visst antal tid för att bli bekanta med VR och den virtuella miljön. Detta görs med samma mål som i uppgift 2, det vill säga om användare av VR blir distraherade av den virtuella miljön. Utöver detta kommer traditionella visualiseringsmetoder även användas. Orsaken till detta är att visualiseringsmetoder blir en referens och därmed möjliggör en djupare förståelse för hur effektiv VR egentligen är.

3.2.1 Uppgift 1

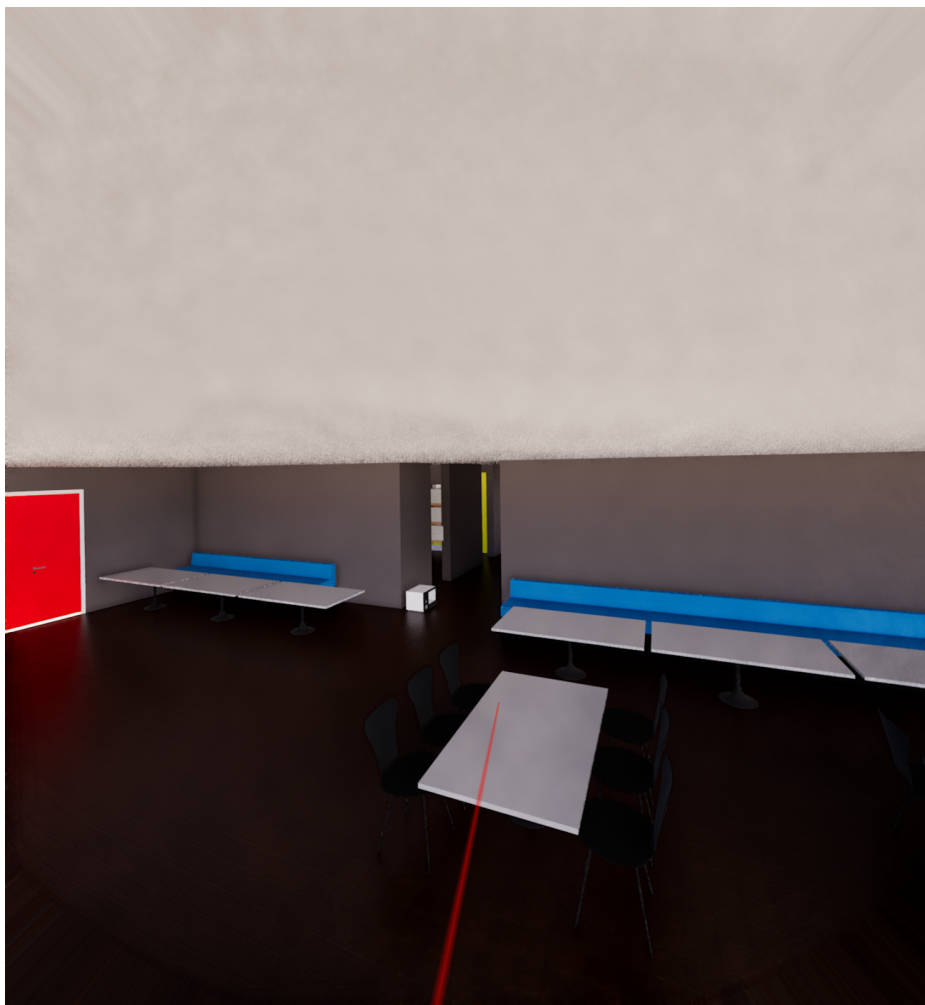
I denna uppgift kommer deltagarna att få i uppdrag att orientera sig i olika detaljeringsgrad och berätta hur de upplever miljön i jämförelse med verkligheten, hur de upplever deras förståelse av yta och eventuella skillnader, samt svårigheter som uppstod med att navigera mellan de olika detaljeringsgraderna. Deltagarna kommer även att få se de olika detaljeringsgraderna i 2D och 3D, se figur 15.

Utöver deltagarnas upplevelse kommer de även att observeras genom datorskärmen om de blir distraherade från själva uppgiften (genom att ta tid mellan de olika grupperna) samt hur stor inverkan detta kan ha i de senare resultaten.

Deltagarna kommer också variera i vad de studerar samt få prova på alla de olika detaljeringsgrad. Detta görs för att kunna få så nyanserade resultat som möjligt.

3.2.2 Uppgift 2

I uppgift 2 kommer deltagarna försöka hitta en distinkt detalj, mikrovågsugnen, som har tillagts i fotorealism. Det vill säga att själva uppgiften är att deltagarna ska kunna hitta något annorlunda i modellen. Fotorealism-modellen kommer att dupliceras där den ena är den "riktiga" modellen, medan den andra har ett objekt som inte tillhör modellen. Detta görs i samband med att få en djupare förståelse av hur VR påverkar människors uppfattning och om man blir allt mer fokuserad på helhetsbilden, och glömmer bort de mindre detaljerna vid användning av VR jämfört med de traditionella metoderna.



Figur 15: Duplicerade modellen i fotorealism med extra objekt (mikrovågsugn) från Enscape.

3.2.3 VR-system

Vid undersökningen användes HMD-baserade VR-systemet. Den bestod av en dator för en smidig drift av VR-modellerna. Anslutet till datorn var ett Oculus Rift S VR-headset med externa sensorer. Detta används då man vill få en korrekt position detektering och för att sätta gränserna både horisontellt och vertikalt för det utrymme som deltagarna fysiskt kan röra sig i. Slutligen fanns det handkontroller för att tillåta användare att navigera i den virtuella miljön via teleportering (Al Zayer m.fl, 2020). Teleporteringen eller förflyttningen sker när deltagarna flyttas omedelbart till en måplats genom att sikta med kontrollenheten och välja den specifika platsen. I BIMXplorer och Enscape förflyttar/teleporterar användaren genom att sikta med handkontroll mot det önskade positionen samtidigt som man med joysticken eller knappen bakom handkontrollen används för att genomföra navigeringen. För Enscape trycker man och för BIMXplorer dras joysticken bakåt/framåt för att få en markör på vart i modellen man kommer teleporteras. När användaren släpper joysticken eller knappen görs förflyttningen i programvaran.

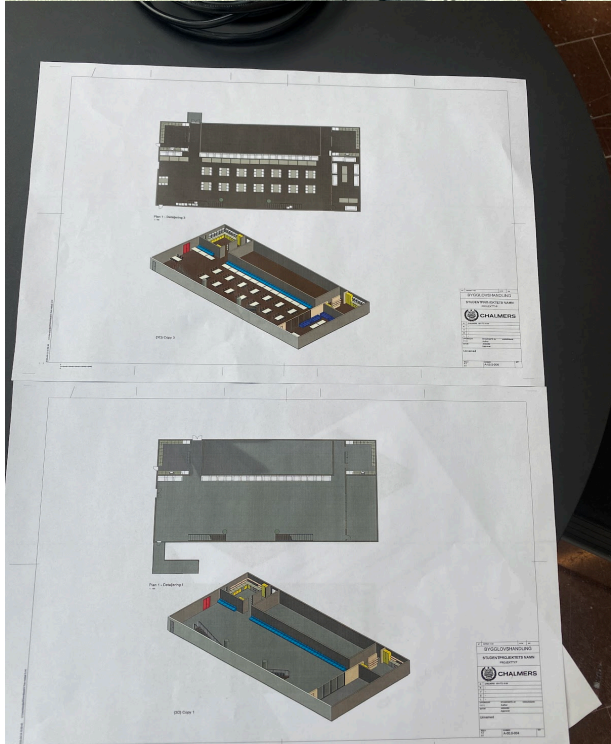
3.3 Metoddiskussion

För att besvara frågeställningarna har kvalitativa metoder som semistrukturerade intervjuer och observationer använts. Semistrukturerade intervjuer valdes då det ger möjlighet till djupare förståelse och ger möjlighet för deltagarna att kunna expandera på sina svar.

Intervjuerna genomfördes mellan april och maj 2023 och omfattade 25 deltagande. Studenterna var i majoriteten personer som studerade på Chalmers tekniska högskola inom arkitektur eller samhällsbyggnadsteknik. De andra deltagarna som inte studerade inom dessa program var antingen utbytesstudenter eller studenter som studerade inom andra program i Chalmers tekniska högskola. För att uppnå urval representativitet bland slutanvändare valdes deltagarna ut utifrån tre kriterier: 1) utbildning, 2) tidigare erfarenhet av traditionella visuella metoder (2D-ritningar & 3D-modeller) och 3) tidigare användning av VR.

3.3.1 Intervjufrågor

- Har du tidigare använt någon typ av VR? (innan uppgifterna)
- Tidigare erfarenhet att läsa 2D-ritningar eller 3D-modeller? (innan uppgifterna)
- Hur var det att navigera/orientera i VR mellan olika detaljeringsgrad?
- Upplever du att förståelse av ytor skiljer sig mellan olika detaljeringsgrad?
- Finner du någon olikhet av uppfattning mellan 2D-ritningar, 3D-modeller och fotorealism?
- Blev du på något sätt distraherad av de olika miljöerna i detaljeringsgrad/ fotorealism när du utförde uppgiften? Vad upplevde du som distraherande?
- Observera du någon märkbar skillnad mellan fotorealism och verkligheten? (i samband med uppgift 2)



Figur 16: Upplägg vid workshopen.

4. Resultat

4.1 Tidigare erfarenheter

De studenter som deltog i undersökningen fick börja med att svara på två frågor kring deras tidigare erfarenhet av VR. Frågorna var följande:

- Har du tidigare använt någon typ av VR?
- Tidigare erfarenhet att läsa 2D-ritningar och 3D-modeller?

Svaren var baserade på studenternas tidigare erfarenheter. Utifrån de 25 deltagarna var det 8 personer som svarade att de tidigare haft erfarenhet med alla tre presentationsmetoder. Utav 22 deltagarna svarade 13 att de endast hade tidigare erfarenhet av att använda de traditionella presentationsmetoderna och ingen form av erfarenhet av VR. Samtidigt hade samtliga 22 deltagare någon form av erfarenhet med dessa metoder. Utöver det var det 9 personer som hade erfarenhet av tidigare användning gällande VR. Det fanns 2 deltagare som varken hade använt eller haft tidigare erfarenhet gällande dessa presentationsmetoder. Se diagram 1 och 2. Diagram 1 visar deltagarnas tidigare erfarenhet av både 2D-ritningar och 3D-modeller.

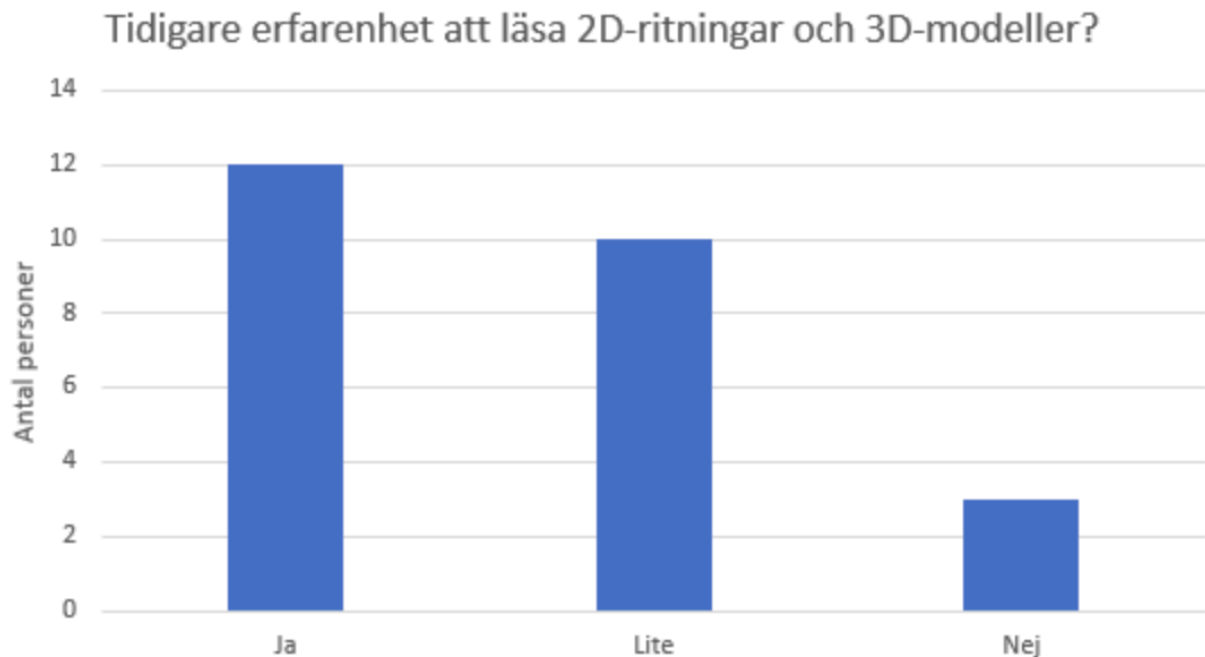


Diagram 1: Summering av svar från intervjufrågan.

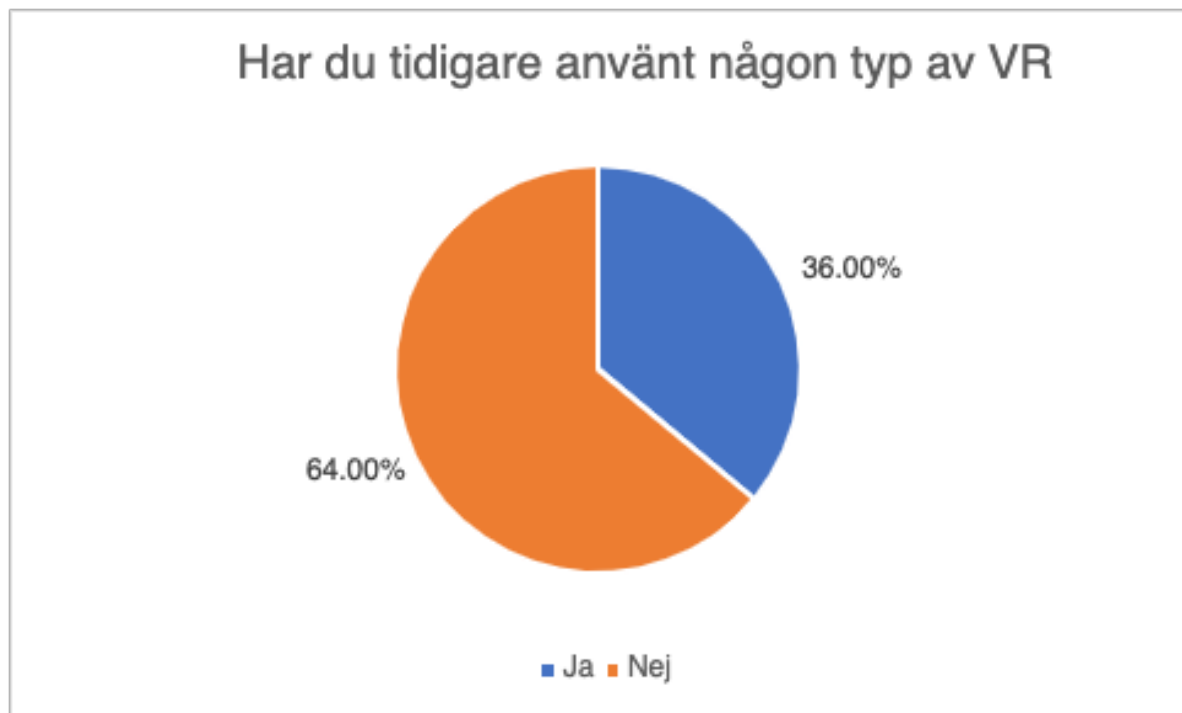


Diagram 2: Summering av svar från intervjufrågan (Orange; Ja), (Blå, Nej).

Utav de deltagare som tidigare har använt VR så hade de använt VR främst inom spelsammanhang.

4.2 Orientering

Gällande orientering och navigering var det varierande svar mellan deltagarna. Majoriteten tyckte att det var ganska enkelt att navigera med VR. Däremot tyckte de att det blev svårare att navigera vid högre detaljeringsgrad. Orsaken till att de högre detaljeringsgraderna upplevdes svårare beror på att möblerna utgjorde ett hinder, då deltagarna behövde navigera sig runt omkring dem för att komma till den önskade positionen. Vidare tyckte ett par studenter att det var möblerna som underlättade navigering då man kunde lättare orientera sig och hitta till olika utrymmen i den virtuella miljön. Anledningen till svaret var att vid detaljeringsgrad 2 och 3 kunde de identifiera vad modellen (matsal i SB-huset i Chalmers) föreställer.

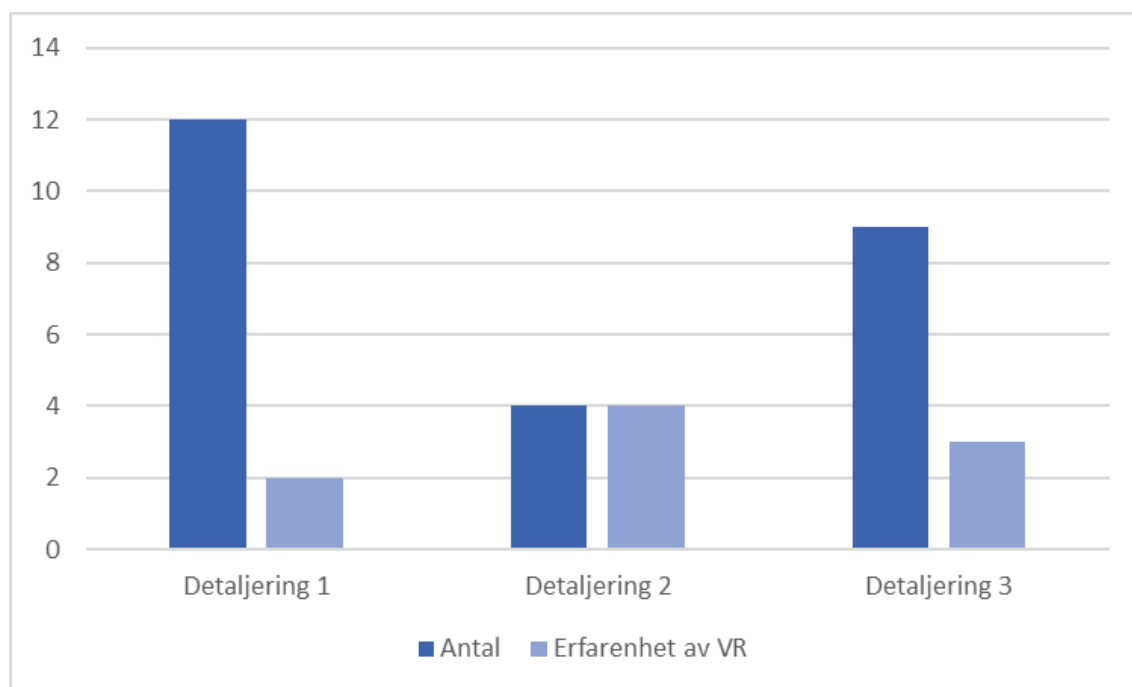


Diagram 3: Korrelation mellan orientering i olika detaljeringsgrad och erfarenhet av VR.

Enligt diagram 3 ansåg 12 deltagare att detaljeringsgrad 1 var mest optimalt för navigering, och enbart 2 av 12 hade tidigare erfarenhet av VR. Vidare, vid detaljeringsgrad 2 hade 4 av 4 VR-erfarenhet, och vid detaljeringsgrad 3 hade 3 av 9 VR-erfarenhet.

Deltagarna noterade även skillnader i navigering mellan de två mjukvaruprogrammen, BIMXplorer och Enscape. I båda programmen använde deltagarna handkontrollerna för att “teleportera” till en vald plats. Det var en blandning av svar där det tycktes att Enscape var lite känsligare med handkontrollen som förenklade navigering i modellen.



Figur 17: Deltagare som genomgår uppgifterna i VR

4.3 Uppfattning av utrymme och skala

Majoriteten av deltagarna uppfattade ytan i detaljeringsgrad 1 som störst då den till mestadels består av tomrum. Vid detaljeringsgrad 2 som är mer möblerat började deltagarna inta en förståelse för skala och utformning. De lösa möblerna användes som referens vilket gav studenterna en bättre förståelse av rummets storlek och avstånd. Ett fåtal fick en skalauppfattning redan vid detaljeringsgrad 1 då de observerade kökets komponenter som handfat, etc. Detaljeringsgrad 3 ansågs vara bäst gällande uppfattning av dimensioner och skala då den är högst detaljerad vilket gav mer referenser att utgå ifrån.

I jämförelse med 2D-ritningarna och 3D-modellerna så tyckte deltagarna att ytan uppfattades större på ritningarna än i VR. Ritningarna antogs dock vara bättre för att visualisera helheten av rummet medan VR gav en bättre uppfattning av dimensioner och detaljer.

4.4 Fotorealism

Enligt många deltagare ansågs fotorealism som mer realistisk och jämförbar med verkligheten. Anledningen till detta var att detaljerna i modellen är högupplösta vilket kunde ge en bättre jämförelse till verkligheten, vissa menade även att skuggningen fick modellen att se mer verklig ut. Däremot hävdade andra att modellen såg bättre ut i BIMXplorer än i Enscape. Anledningen var att modellen i Enscape såg skimrande och suddig ut, vilket gjorde den mindre realistisk. Dessutom upplevdes färgerna vara för starka, vilket gjorde det svårt för deltagarna att utföra uppgiften.

4.4.1 Distraktioner

Gällande distraktioner var det väldigt få av deltagarna som berättade att de blev på något sätt distraherade av modellerna. De flesta tyckte att uppgifterna utfördes utan att de blev påverkade av varken detaljeringsgraderna eller fotorealism. Dock gjordes observationer och det togs även tid på hur länge deltagarna utförde uppgiften i varje modell. Resultatet var att för majoriteten tog det ca 15–30 sekunder längre, ju högre detaljnivå.

För de deltagarna som svarade att de blev distraherade, så handlade majoriteten om färger eller ljus, speciellt i fotorealism. Studenterna svarade då att det handlade om kontraster på färgerna och ljus som gjorde det distraherande då man jämförde med verkligheten.

En annan observation var att det i uppgift 2 var en skillnad mellan de som hittade mikrovågsugnen i den duplicerade modellen och de som inte gjorde det. Normalt sett tog det ca 45 sekunder i medelvärde för deltagarna att förflytta sig från ena köket till det andra. Ungefär hälften som gjorde uppgift 2 upptäckte mikron efter ca 1–2 minuter. Andra hälften av deltagarna hade missat att upptäcka något annorlunda med den duplicerade modellen.

5. Diskussion

5.1 Traditionella metoder och VR

När det kommer till skildring av uppfattningen mellan de traditionella metoderna som 2D-ritningar och 3D-modeller jämfört med fotorealismen i VR påvisade svaren från deltagarna en ganska enhetlig åsikt. Deltagarna berättade att en samverkan mellan dessa tre metoder skulle vara optimal. De förklarade att det som man enkelt kan missa eller är svårare att uppfatta med traditionella metoder kan enklare förstås i VR. Detta bekräftas av tidigare studier (Horvart m.fl., 2019), som anser att skillnaden mellan de traditionella metoderna och VR är mer synlig på en högre nivå av modellkomplexitet. Deltagarna ansåg likt litteraturen att VR gav en bättre rumslig upplevelse och dimension uppskattning vid högre detaljeringsgrad.

Resultaten varierade mellan de olika deltagarna i undersökningen, men det observerades även att vissa resultat blev ganska likriktade gällande svar av intervjufrågor. Detta kan sägas bero på att de deltagarna som var med på workshopen var i majoritet studenter inom antingen arkitektur eller samhällsbyggnadsteknik.

5.2 Utrymme och skala

Utifrån resultatet kan vi konstatera att VR går att använda som en effektiv metod för att presentera samt visualisera utrymmen och design inom byggindustrin. VR- tekniken ansågs även vara en bättre metod för att få en högre förståelse av rumsligheten på en skala 1:1 i jämförelse med de traditionella metoderna. Modellering med hög detaljeringsgrad fick deltagarna att känna igen sig i modellen och gav därmed en positiv respons. De lösa möblerna som användes kunde därmed jämföras med verkligheten och användas som utgångspunkt för skala enligt majoriteten av studenterna. Exempel på detta är när en av studenterna blev distraherad av de lösa möblerna såsom mikrovågsugnen för att undersöka om dimensionerna och skalan som var i den virtuella miljön motsvarar den i verkligheten. Detta stämmer överens med den tidigare litteratur (Johansson & Roupé, 2021) där det nämns att beställare har svårare att förstå 2D-ritningarna och upplevde att VR gav en bättre rumslig upplevelse. I Lin & Woldegiorgis (2015) tyder de på att objekt kunde användas som referens för att bättre förstå avstånd och deltagarna i detta fall fick bättre förståelse för dimensionerna av modellen. Detta förstärks även av andra studier som (Abouelkheir, 2022). En möjlig faktor som kan ha påverkat resultatet är att deltagarna tidigare har erfarenhet av modellen i den verkliga världen. Detta kan ha medfört att den tidigare upplevelsen i verkligheten har gjort att deltagarna har det enklare att uppskatta avstånd och dimensioner i VR. Dock kan resultatet användas som indikation för byggindustrin för hur VR kan användas för att underlätta kommunikationen i byggnadsprojekt med tidiga upptäck av eventuella problem eller förbättringsmöjligheter och bidra till en allmänt förbättrad projektering.

5.3 Detaljeringsgrad och orientering

I viss teori så som (Liu m.fl. 2014) uppfattas hög detaljeringsgrad som negativt, särskilt när man vill åstadkomma effektiva projekteringsmöten. Detta stämmer bra överens med våra resultat då majoriteten av studenterna upplevde detaljeringsgrad 1 som enklast vid utförande av den angivna uppgiften. Deltagarna hade det enklare att navigera i den lägre detaljeringsgraden och kunde förflytta sig på ett smidigare sätt utan att stöta på hinder. Dock

så upplevde även en stor andel av studenterna detaljeringsgrad 3 som enklast för genomförandet av uppgiften. Detta kan även ses i andra studier som (Sateei m.fl., 2022) studie där högre detaljeringsgrad ökade deltagarnas förståelse och orientering av modellen. Anledningen till varför deltagarna i denna undersökningen har tyckt att högre detaljeringsgrad är lättare att navigera i kan bero på att workshopen startade med detaljeringsgrad 1 och avslutades med detaljeringsgrad 3. Detta kan då ha gett deltagarna ett bättre program vana till att utföra uppgiften vid detaljeringsgrad 3. En annan faktor som skiljer resultatet från (Liu m.fl., 2014) studie är modellen som ritats upp och använts i workshopen kunde kännas igen av deltagarna i detaljeringsgrad 3. Detta resulterade i att deltagarna kände sig mer bekväma att navigera och orientera sig från de olika rummen i modellen.

En intressant observation i samband med det tidigare nämnts är korrelationen mellan navigering i detaljeringsgrad och erfarenhet av VR som man kan se i diagram 3. De deltagarna som tyckte att detaljeringsgrad 2 var enklast att navigera i hade alla tidigare erfarenheter av VR. Slutsatsen som dras från detta är att de som tidigare använt VR kunde snabbare vänja sig med programmet då de redan kände till VR funktioner och därmed redan vid nivå 2 hade enklare att hantera verktyget. Dock så skall man ha i åtanke att alla deltagare är olika, och att inlärningsförmågan varierar från person till person, därför bör man utföra arbetet i större utsträckning för att kunna dra en tydligare slutsats.

5.4 Distraktioner

Testerna som utfördes konstaterar de studier som tidigare gjorts. Under tiden deltagarna utförde uppgifterna observerades att det var vid de högre detaljeringsgraderna som allt fler deltagare blev distraherade eller påverkade vid utförande av uppgiften. I Shi. Y (2022) studie så ökade förarens fokus till andra objekt vid högre LOD. Detta observerades även i testerna då deltagarna blev lite mer intresserade av modellen och VR som helhet när modellen ökade i LOD. Dock var det under en väldigt kort tid tills de blev återigen fokuserade på uppgiften. En annan orsak till att deltagarna tog längre tid när de navigerade i högre detaljgrad kan vara i samband med avsnitt 5.3, att navigering i hög detaljgrad upplevdes som svårare. Därmed har en blandning av distraktion och navigering lett till undersökningens resultat. Modellerna som användes för denna studie var inte väldigt stora och kan därmed inte ge en exakt representativ bild av hur det skulle kunna påverka användning av VR vid exempelvis projekteringen gällande större projekt.

Undersökningen visade även att deltagarna spenderade mer tid att navigera under uppgift 2. Detta kan bero på att de blev distraherade av själva uppgiften för att kunna hitta något annorlunda i modellen som därmed tillför extra tid jämfört med hur lång tid de normalt tar att navigera mellan de två olika positionerna. I avsnitt 2.5 tog det även upp att designgranskare utför flera olika uppgifter samtidigt. Detta kan korreleras till uppgift 2 där deltagarna behöver navigera, analysera och söka.

Andra distraktioner som uppkom i fotorealismen som är intressant är när deltagarna beskrev att det var väldigt skimrande färger. Detta kan förklara varför flera av deltagarna missade att upptäcka mikrovågsugnen i matsals korridoren då de blev distraherade av kontrast mellan de intensiva färgerna vilket gav en mer verklighet artigt miljö jämfört med den tidigare uppgiften i BIMXplorers. Detta förstärks av en tidigare studie där fotorealismen beskrivs vara utmanande att integrera i VR, på grund av de tekniska begränsningar som krävs för att rendera de högupplösta texturerna. Det fanns även deltagare som tog upp att de fick ansträngda ögon och yrsel efter uppgift 2 på grund av att det var skimrande, intensiva färger etc. Detta kan tyda på

att fotorealism inte är att föredra. Dock bör det undersökas djupare för möjligheter för hur fotorealism istället kan på ett effektivt sätt användas där man minimerar det skimrande, flimmer etc för att undvika "cybersickness".

Dock så skiljer det sig mellan erfarenheten bland studenter, etablerade konstruktörer och andra aktörer inom byggindustrin. Därför kan resultat från denna undersökning inte ge en fullständig och komplett illustration av hur det skulle kunna se ut om VR används inom exempelvis projekteringen eller produktionen. Detta kan man även konstatera genom att denna undersökning och andra studier har i vissa fall haft motstridiga resultat.

6. Slutsats

Resultatet av denna undersökningen har påpekat att detaljeringsgrad användning för VR-miljöer ökar förståelsen för samband mellan möbler och ytor. Deltagarna har under undersökningen använt möbler som referens för att förstå skala och dimensioner inom VR i jämförelse med verkligheten. Detta ger svar på studiens första frågeställning och resultaten kan användas som grundindikation för att VR potentiellt skulle kunna effektivisera byggprocessen, speciellt vid tidigare skeden inom aspekter liknande förståelse av ytor.

Rapportens andra frågeställning angående navigering i fotorealism och olika detaljeringsgrad har givit många intressanta och oväntade resultat, men som är förståeliga. Exempel på detta är att detaljeringsgrad 2 tycktes vara enklast att orientera och navigera i enbart för deltagare med tidigare erfarenhet av VR. Från rapportens tidigare avsnitt kan det förstås att orienteringen och navigering i VR påverkas när det är fotorealistiskt samt i olika detaljeringsgrad. Men det individuella tillkommer i denna punkt då aspekt som inlärningsförmåga och identifiering av modell kan ha en viss effekt på resultatet, dock behövs vidare undersökning för att öka förståelsen inom detta område.

I de högre detaljeringsgraderna påverkades deltagarna av omgivningen vid genomförandet av uppgiften. Påverkningen skedde i största del i form av att deltagarna blev distraherade. Detta kan även ses i tidigare studier, där det nämns att hög detaljeringsgrad kan hindra produktiviteten under projektering. Att utföra uppgiften i fotorealism ansågs vara mer utmanande på grund av den höga upplösningen och den skimrande effekten som ansågs även vara distraherande. Slutsatsen som kan dras från rapportens resultat gällande den sista frågeställningen är att för hög detaljeringsgrad och fotorealism i byggprocessen kan möjligtvis ha en moteffekt till en lyckad projektering eller liknande stadier i byggprocessen.

VR-teknikens användning inom byggindustrin kan leda till att aktörerna kan dra nytta av en mer realistisk och engagerande upplevelse som underlättar förståelse och bedömning av utrymme och dimensioner. Dessutom kan detta resultera i att samarbeten effektiviseras och problem eller hinder som kan eventuellt uppstå blir enklare upptäckta. Föregående kapitel pekar på den potential som VR-tekniken har för att förbättra processen inom byggindustrin såsom projekteringen för att öka precisionen inom projekten i byggbranschen.

6.1 Framtida arbeten

Denna studie har gått ut på att undersöka hur detaljeringsgrad påverkar förståelse och prestation i VR-miljöer. Arbetet har utspelat sig i Chalmers där deltagarna endast bestått av studenter av olika åldrar. En intressant fortsatt studie hade kunnat vara att involvera projektörer från byggbranschen med erfarenhet av VR, eventuellt aktörer med annan sorts erfarenhet av visualiseringsmetoder. Ett annat förslag för en fortsatt studie är att använda sig utav en modell som inte deltagarna känner igen alternativt utföra workshopen på en annan avdelning i Chalmers.

Referenser

Abouelkhier, N., Shawky, D. and Marzouk, M. (2022), "Evaluating distance perception for architecture design alternatives in immersive virtual environment: a comparative study", *Construction Innovation*, Vol. 22 No. 2, pp. 205-221.

<https://doi.org/10.1108/CI-11-2020-0188>

Autodesk (u.å). *Vad är Revit?*

<https://www.autodesk.se/products/revit/overview?panel=buy&term=1-YEAR&tab=subscription&plc=RVT>

BIMXplorer (u.å). *BIMXplorer*. Hämtat från:

<https://www.bimxplorer.com/>

Beh, H.J., Rashidi, A., Talei, A. and Lee, Y.S. (2022), "Developing engineering students' capabilities through game-based virtual reality technology for building utility inspection", *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 29 No. 7, pp. 2854-2877.

<https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2021-0174>

Berni, A., & Borgianni, Y. (2020). "Applications of Virtual Reality in Engineering and Product Design: Why, What, How, When and Where. *Electronics*". Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen-Bolzano

https://www.researchgate.net/publication/342542171_Applications_of_Virtual_Reality_in_Engineering_and_Product_Design_Why_What_How_When_and_Where

C. J. Lin, B. H. Woldegiorgis, D. Caesaron, L-Y. Cheng (2015) "Distance estimation with mixed real and virtual targets in stereoscopic displays". Department of Industrial Management, National Taiwan University of Science and Technology

<https://doi.org/10.1016/j.displa.2014.11.006>

Cruz, T. V. (2018). *Virtual reality in the architecture, engineering and construction industry*. University of porto

<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/111295/2/258986.pdf>

Davis, S., Nesbitt, K., and Nalivaiko, E., 2015, "Comparing the Onset of Cybersickness Using the Oculus Rift and Two Virtual Roller Coasters," 11th Australasian Conference on Interactive Entertainment (IE), Y. Pisan, K. Nesbitt, and K. Blackmore, eds., Sydney, Australia, Jan. 27–30, Vol. 167, pp. 3–14.

Enscape (u.å). *Enscape*. Hämtat från:

<https://enscape3d.com/>

Horvat, N., Škec, S., Martinec, T., Lukačević, F., & Perišić, M. (2019). "Comparing Virtual Reality and Desktop Interface for Reviewing 3D CAD Models". *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*. 1. 1923-1932.

10.1017/dsi.2019.198.

Johansson, M. (2016). "From BIM to VR - The design and development of BIMXplorer". Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Johansson, M. & Roupé, M. (2021). *KAN VR FÖRBÄTTRA KUNSKAPSÅTERFÖRING FRÅN PRODUKTIONEN UNDER PROJEKTERING*. Göteborg: SBUF

Jongeling, R., (2008). “*BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt: en jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade på 2D-CAD och tillämpningar av BIM*”. Luleå tekniska universitet.

Katja Zibrek, Sean Martin, and Rachel McDonnell. 2019. “*Is Photorealism Important for Perception of Expressive Virtual Humans in Virtual Reality?*”. *ACM Trans. Appl. Percept.* 16, 3, Article 14 (September 2019), 19 pages.
<https://doi.org/10.1145/3349609>

Kyriakou, M, Pan, X, Chrysanthou, Y. (2017).” *Interaction with virtual crowd in Immersive and semi-Immersive Virtual Reality systems. Comput Anim Virtual Worlds*”. Department of Computer Science, Pure and Applied Sciences (FST-01), University of Cyprus
<https://doi.org/10.1002/cav.1729>

Liu, Y., Lather, J., & Messner, J. (2014). “*Virtual Reality to Support the Integrated Design Process: A Retrofit Case Study*. A retrofit case study.” In *Computing in Civil and Building Engineering* (2014), 801–808. Reston VA: ASCE
DOI:10.1061/9780784413616.100

Oculus. (u.å). *Oculus*. Hämtat från:
https://www.oculus.com/experiences/quest/?locale=sv_SE

S. Pastel, C. H. Chen, D. Bürger, M. Naujoks, L. F. Martin, K. Petri & K. Witte (2021) “*Spatial orientation in virtual environment compared to real-world, Journal of Motor Behavior*”, 53:6, 693-706,
DOI: 10.1080/00222895.2020.1843390

Sateei, S., Eriksson, J., Roupé, M. et al (2021). “*How Virtual Reality is used when involving healthcare staff in the design process*”. *Proceedings of the Conference CIB W78*, 38: 419-428

Sateei, S., Roupé, M., Johansson, M. (2022). “*Collaborative Design Review Sessions In Virtual Reality: Multi-Scale And Multi-User*”. *POST-CARBON, Proceedings of the 27th International Conference of the Association for ComputerAided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2022*, 1: 29-38

Seo, J., Kim, G.J. and Kang, K.C., (1999). “*Levels of detail (LOD) engineering of VR objects*”. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology* (pp. 104-110).
DOI:[10.1145/323663.323680](https://doi.org/10.1145/323663.323680)

Y. Shi, M. Boffi, B. E. A. Piga, L. Mussone and G. Caruso, (2022). “*Perception of Driving Simulations: Can the Level of Detail of Virtual Scenarios Affect the Driver's Behavior and Emotions?*,” in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 71, no. 4, pp. 3429-3442,
DOI: 10.1109/TVT.2022.3152980

Umair, M., Sharafat, A., Lee, D.E. and Seo, J., (2022). *“Impact of Virtual Reality-Based Design Review System on User’s Performance and Cognitive Behavior for Building Design Review Tasks”*. Applied Sciences, 12(14), p.7249.



CHALMERS