



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS 20034

Examensarbete 30 hp
Oktober 2020

VR som verktyg vid kravställning för sjukhusbyggnation

Shahin Sateei



UPPSALA
UNIVERSITET

Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

VR as a tool for specification of functional requirement in construction of hospital facilities

Shahin Sateei

This paper investigates how virtual reality (VR) can facilitate the planning of new hospital premises from an end-user perspective and whether VR can minimize the risk of costly reconstructions close after commissioning.

Currently, review of hospital premises is done in 2D based blueprints and 3D models. These blueprints and models do not always provide sufficient understanding on the hospital staff's part. VR has been developed by suppliers to counteract this problem and to function as a design review tool for the end-users. VR is mainly used in the design phase of the building process, whereas it acts as a complementary design tool during the later phases of the building process, when the end-user participation is less tangible. Due to VR not being an established tool for all parties involved in the building process, it has consequently led to difficulties for the hospital in terms of understanding the value of said technique and knowing what set of requirements that should be taken into consideration when implementing VR into the building project.

The results in this paper have shown that VR is a better tool during the design process than other available review tools. This enhanced understanding is not only limited to the end-users, but the suppliers as well have shown a better understanding of what they offer to their hospital clients. The results also show that the value of VR mainly is apparent during the design phase and less evident during the later phases of the building process due to the technical limitations VR currently faces.

Handledare: Susanne Ek Rundblom, Anders Westermark
Ämnesgranskare: Bengt Sandblad
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS 20034
Tryckt av: Uppsala

Sammanfattning

Examensarbetet undersöker hur virtuell verklighet (VR) kan användas för att stödja vårdpersonalen att bli mer delaktiga i samband med nybyggnationer inom vården. Mer specifikt har syftet varit att undersöka huruvida VR-teknologi kan hjälpa Akademiska sjukhuset i Uppsala att få en genomarbetad och verifierad kravställning som bättre tillgodoser vårdens behov.

I dagsläget utgår granskning av arbetsflöden och lokalutformning från de 2D-baserade ritningar teknikleverantörerna tillhandahåller och i vissa fall från 3D-baserade modeller. Dessa ritningar ger dock inte alltid den förståelse som behövs för att inse hur de framtida lokalerna kommer att fungera i det dagliga vårdarbetet. VR-teknik har utvecklats på leverantörssidan som lösning på detta. Syftet är att stödja designsamarbetet såväl som granskningsarbetet. I byggprojektprocessen har VR använts huvudsakligen under programfasen, då verksamhetens inflytande är som störst. VR fungerar även som komplement under projekteringen, då verksamheten inflytande är mindre påtaglig. Då VR inte ännu är en mogen teknik, har det varit svårt för sjukhuset som beställare att veta hur nyttig tekniken är och vilka krav man bör ställa på dess användning.

För att få mer kunskap om hur sjukhuset bör gå tillväga för att kravställa VR-system i byggprocessen har detta examensarbete besvarat frågor om när och hur VR kommer in i byggprojektprocessen och vilka för- och nackdelar tekniken medför. Arbetet har genomförts med hjälp av insamling av data via intervjuer, nationella och internationella fallstudier samt data som erhållits från genomförda workshops för vårdpersonal vid Akademiska sjukhuset. Resultatet visar att VR är ett bra granskningsverktyg för såväl vårdpersonal som för de leverantörer som tillhandahåller VR-tjänster. Resultatet visar även att värdet av VR är störst i programfasen av byggprojektprocessen, men mindre under projekteringsfasen på grund av de tekniska begränsningar VR har idag. Utöver detta har följande rekommendationer formulerats för Akademiska sjukhuset i Uppsala kring kravställning av VR-stöd:

- Kravställ VR på ett sätt som utgår från vad leverantörer på nationell nivå är tekniskt kapabla till och som möjliggör att VR-nyttan kan inkorporeras i byggprojektprocessen och då främst i programfasen.
- Kravställ tydligt icke-tekniska faktorer som till exempel standarder som bör följas av samtliga involverade och hur det organisatoriska samarbetet bör utformas, exempelvis genom övergångsmöten mellan berörda parter under kritiska faser av byggprojektprocessen.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	0
Innehållsförteckning	1
1. Inledning	3
1.1 Bakgrund och problembeskrivning	3
1.2 Syfte och Mål	4
1.3 Avgränsningar	5
1.4 Ordlista	5
2. Bakgrund.....	7
2.1 Byggprojektprocessen	7
2.2 Möjligheten att påverka i ett projekt.....	8
2.3 Byggprojektprocessen sett från sjukhusets perspektiv	10
2.4 Standard som följs i samband med byggnation av vårdlokal	11
2.4.1 IFC	11
2.4.2 PTS.....	11
2.4.3 Typrum.....	11
2.5 Förändringsprocesser och digitalisering av vårdbranschen	12
2.6 VR-teknik – presentationstekniker och teknikkapacitet.....	13
2.6.1 Definition av VR.....	13
2.6.2 Displaysystem för VR	13
2.6.3 VR och förståelse	15
2.6.4 VR inom arkitektur, byggindustrin och ingenjörskonst	16
2.6.5 BIM och VR-implementering i BIM	17
3. Metod.....	19
3.1 Inledning till metodavsnitt	19
3.2 Litteraturinsamling	20
3.3 Intervjumetod	20
3.4 Frågor ställda till intervjuobjekt.....	24
3.5 Fallstudier	24
3.5.1 Vårdbyggnationer på Akademiska sjukhuset	24
3.5.2 Psykiatriblocket – Skaraborgs sjukhus i Skövde	25
3.5.3 Nya vårdbyggnaden Malmö	26
3.5.4 Westside Medical Center – Portland, USA.....	27
3.6 VR-workshop	28
3.6.1 Dedikerad VR-workshop för IVA-personal	31
3.7 Intervju med konsulter ej involverade i fallstudierna	32
4. Resultat	33

4.1	Vårdbyggnationer på Akademiska sjukhuset	33
4.1.1	Ingång 100/101.....	33
4.1.2	Ingång 70.....	35
4.2	Nya vårdbyggnader Malmö	37
4.3	Psykiatriblocket – Skaraborgs sjukhus i Skövde	41
4.4	Westside Medical Center – interventional radiology – Portland, USA	44
4.5	Fristående intervjuobjekt	49
4.6	VR-workshop – allmän och dedikerad.....	53
5.	Grafisk sammanställning av resultat	54
5.1	Uppsala – ingång 70	54
5.2	Malmö – NSM-projektet.....	54
5.3	Skövde – Skaraborg sjukhus.....	55
5.4	Portland, USA – Radiologirum	56
5.5	VR-workshop	56
6.	Diskussion	57
6.1	Organisatoriska förutsättningar	57
6.2	Syftet med VR i byggnationsfaserna	59
6.3	Diskussion av VR-workshop.....	63
6.4	Tekniska begränsningar med VR	64
6.5	När är VR lämpligt och vilka problem löser det?	66
6.6	Balans i kravställningen.....	68
7.	Slutsatser	70
7.1	Digitaliseringstrappa.....	70
7.2	Mål och rekommendationer till Akademiska sjukhuset för VR-implementering i kravställningsprocessen.....	71
7.3	VR-implementering för olika vårdrum.....	72
8.	Utvärdering	73
8.1	Vidare forskning.....	76
	Referenser	77
9.	Bilagor	83
	Paketfrågor till intervjuobjekt i Uppsala	83
	Paketfrågor till intervjuobjekt i NSM och Psykiatriblocket - Skaraborgs sjukhus	83
	Paketfrågor ställda till intervjuobjekt för Kaiser Permanentes radiologirum – Portland, USA	84
	Frågor ställda till deltagare under allmän workshop	84
	Frågor ställda till deltagare under dedikerad workshop	85
	Resultat från allmän workshop	85
	Resultat från dedikerad workshop.....	89

1. Inledning

I Sverige beräknas befolkningsmängden öka från 10 till 12,5 miljoner till år 2050 (SCB, 2016). Befolkningsökningen innebär att verksamheter inom den offentliga sektorn inklusive sjukvården måste följa med för att kunna hantera situationen där fler blir äldre och sjukare samtidigt som sjukvården blir allt mer resurskrävande.

För att kunna behandla fler krävs ändamålsenliga lokaler vilket märks i antalet om- och nybyggnationer som genomförs i Sverige just nu. Dessa byggnationer sker även på grund av att byggnadsbeståndet är gammalt; stora sjukhusbyggen från 60 och 70-talet som nu är föråldrade och slitna. Sjukvård bedrivs på andra sätt idag än för 40–60 år sedan, vilket ställer nya krav på utformningen. Resurserna är knappa och det blir då viktigt att dessa byggprojekt inte drar ut på tiden eller överskrider planerad budget. Med hjälp av visualisering av projekt i ett tidigt stadium, kan risken för det minskas.

Hur framgångsrik en ny vårdbyggnad är kan mätas i dess förmåga att tillgodose patienternas, anhörigas och personalens behov i förhållande till byggnationens kostnad. Detta innebär att kvalitén på behovsanalysen och medföljande kravställning är avgörande för ett lyckat resultat.

På Akademiska sjukhuset i Uppsala har det genomförts ett flertal byggprojekt. Två stora huskroppar, ingång 100 och ingång 10, är uppförda och gamla huskroppar renoveras ner till stommen (ingång 70). I syfte att fånga upp behoven för samtliga projekt har man bland annat byggt flera provrum och ett provhus. Syftet med dessa anläggningar har varit att skapa en känsla hos vårdpersonalen för hur deras framtida arbetsmiljö kommer att se ut. Kostnaden för provrummet för intermediärvård/barnintensivvård, vilken uppskattas till cirka 600 000 kr, gjorde det möjligt att spara in stora summor på lösningar som annars hade blivit fel och krävt omprojektering. Prototypmetoder som till exempel provhus och provrum visar att det både finns ekonomiska och praktiska fördelar med att använda sig av arbetssätt för visualisering under bygget av vårdlokaler.

Att använda sig av teknik som till exempel VR har potential att fungera som ett verktyg för att undvika felbyggnationer. Det ger också möjlighet för vårdpersonal och patienter att ta del av en god helhetsbild av hur den framtida vårdlokalen kan se ut. VR kan medföra en förenklad och förbättrad kommunikation mellan beställare och utförare vilket leder till att sjukhusets krav lättare och effektivare kan uppnås.

1.1 Bakgrund och problembeskrivning

Kommunikationen blir inte lika tydlig mellan de involverade aktörerna när 2D-ritningar används. Detta främst för att 2D-ritningar inte är något som beställaren alltid kan tolka rätt och därmed inte kan verifiera om sina krav är hanterade på ett bra sätt (Brännström och Ljusteräng, 2016). För vårdpersonalen på Akademiska sjukhuset blir det viktigt att få en uppfattning om hur deras framtida arbetsmiljö kommer se ut, något som inte alltid är lätt (Westermarck, 2020). Det kan vara komplicerat att få en uppfattning om samband

av olika flöden inom sjukhuset vid granskning av ritningar. Det kan också vara så att det är svårt att bedöma hur slutresultatet kommer bli före färdigställande (Westermarck, 2020). Ibland lyckas inte heller sjukvården med en korrekt kravställning av sina framtida lokaler, bland annat på grund av den snabba medicinska utvecklingen som gör att behoven och kraven kan ändras under projektets gång. Detta är något som kan få stora konsekvenser, då lokaler som inte bidrar till en utvecklad och modern vård leder till en dyr nota för ombyggnationer (Ek Rundblom, 2020)

De provhus och -rum som tidigare nämnts underlättar till viss utsträckning, särskilt gällande test av tekniska lösningar, höjder och rumsstorlek. Det är dock är det tidskrävande och förhållandevis dyrt.

VR-teknik har funnits sedan 1960-talet (Videum, 2020). De senaste åren har tekniken fått allt större uppmärksamhet och använts inom allt fler branscher, som exempelvis spel- och byggbranschen (Grand View Research, 2020). Tekniken har utvecklats så att interaktiva miljöer kan skapas med fri rörlighet i VR-modellen. Denna typ av funktioner har gjort tekniken redo för ett större kommersiellt genombrott (Videum, 2020).

VR-teknik och besläktade lösningar (Augmented Reality och Mixed Reality) är dock något som ännu inte fått fotfäste i branscher där dessa introducerats. Mycket talar dock för att detta kommer att ändras, då studier visar att besparingar kan göras när VR implementeras i bygget och att denna digitalisering är viktig för branschen (McKinsey, 2016).

Detta examensarbete behandlar frågan om hur kravställningen för Akademiska sjukhusets framtida vårdlokaler kan bli mer träffsäker genom att implementera VR. Arbetet utreder vad som krävs av samtliga aktörer inblandade i sjukhusbyggnationen för att genomföra detta i praktiken.

1.2 Syfte och Mål

Syftet med examensarbetet är att undersöka om VR-teknologi kan hjälpa Akademiska sjukhuset att ta fram en mer detaljerad och kvalitetssäkrad kravställning som bättre beskriver vårdens och de vårdanställdas behov.

Målet är att ta fram sådana förutsättningar som behöver skapas för att kunna integrera VR-teknik i kravställningsprocessen. Följande frågeställningar ska besvaras:

- När är det mest lämpligt att implementera och använda VR i byggprojektprocessen för vårdlokaler?
- Vilka för- och nackdelar medför användningen av VR-teknik för de olika aktörer som blir involverade i byggprocessen?
- Vilka tekniska utmaningar finns det med VR-tekniken i dagsläget och hur kan dessa lösas?

- Hur uppfattas tekniken av vårdorganisationen och de vårdprofessionella samt av beställare och leverantörer av VR-tjänsterna?
- Vilka erfarenheter finns av användning av VR-teknik i samband med vårdbyggnation i ett nationellt såväl som internationellt perspektiv?
- Hur bör, utgående från kunskaper och tidigare erfarenheter, utformningen och användningen av VR-system krävställas, dels generellt, dels specifikt för de behov som finns vid Akademiska sjukhuset?

1.3 Avgränsningar

Arbetet är avgränsat till personer i såväl bygg- som konsultbranschen med erfarenhet av VR och personal på sjukhuset som också jobbat med VR eller krävställning av nya vårdlokaler. Teknikmässigt är arbetet avgränsat till VR-teknik och berör inte övriga relaterade tekniker såsom AR- respektive MR-teknik.

Sett till byggprojektprocessen är arbetet begränsat till en redogörelse från förstudie fram till bygghandling.

På grund av den rådande Covid19-pandemin var den allmänna VR-workshopen för vårdpersonal begränsad till max 20 minuter.

På leverantörssidan avgränsades arbetet sett till vilka typer av projektörer som intervjuades där arkitektföretag och teknikkonsulter och entreprenörer ingick.

1.4 Ordlista

I detta kapitel förklaras ord och begrepp som förekommer i rapporten.

Simulering: Visualisering av en VR-modell

Ritprogram: Program som används för att rita och projektera i, t.ex. AutoCAD. Revit, SketchUP och ArchiCAD

BIM: *Building Information Modeling*. 3D-modell skapad i en byggprocess för projektering och visualisering, där målet är att samla information om byggnaden och processerna och besluten kring byggnaden

BIM-samordnare: Arbetar på taktik- och metodiknivå och ansvarar för processer, förutsättningar och specifika krav gällande byggnaden ifråga

IVA: *Intensivvårdsavdelning*

CIVA: *Centralintensivsvårdavdelning*

FOS: *Fastighet och Service*. Fastighetsägare inom Region Uppsala som ansvarar för fastighetsförvaltning och verksamhetsanknuten service inom Region Uppsala. Uppgifter

omfattar uthyrning av lokaler, ombyggnationer, bygga nytt och sköta drift och underhåll. Akademiska sjukhuset är största kunden

RFP: *Rumsfunktionsprogram*. Beskriver vilka funktioner som ska finnas i varje rum

Upphandling: Process att inhämta svar från entreprenörer/konsulter, välja en entreprenör/konsult och teckna avtal

VDC: *Virtual design and construction*. Företaget NCC:s sätt att arbeta med projekt som stöds av BIM

PTS: *Program för teknisk standard*. IT-system som fokuserar på att stödja tidiga skeden och projektering i projekt och på så sätt bidra till att vårdlokaler med rätt funktion och kvalitet byggs

IFC: *Industry foundation classes*. Ett öppet utväxlingsformat och ett filformat som används till byggnadsmodeller. Det agerar som ett gemensamt som möjliggör överföring av såväl information som modeller mellan olika program

ViCoDE: *Virtual Co Design*. Visualiseringsverktyg som används främst i sammanhang där verksamhetsnära workshoptillfällen äger rum

HMD: *Head mounted display*. Hårdvara i form av en bildskärm som bärs på huvudet

CAVE: *Cave Automatic Virtual Environment*. En VR-miljö som omsluter användaren i form av projektorer som återskapar en virtuell bild i en kubliknande yta, där samtliga väggar omger användaren och skapar inlevelse

LCD: *Liquid crystal display*. En typ av bildskärm. Tillgängliga i mindre moduler till större bildskärmar

Occlusion culling: Ett sätt att upptäcka och ta bort dolda objekt och ytor i samband med grafiska applikationer. Används i sammanhang där grafiken blir komplexa och detaljerade

Instansiering: Syftar på objekt som skapas. Objekt som har de egenskaper som tillhör en viss typ eller klass, där typ eller klass är mallen för vilket instansiering, skapandet, utgår från

Grafikoptimering: Förbättring av den visuella bilden

ÄTA: *Ändring, tillägg och avgående*. Syftar på åtgärder som genomförs av leverantörer utöver det initiala avtalet man haft med beställare

2. Bakgrund

Här tas teoretiska utgångspunkter upp som ligger till grund för rapportens innehåll. Ämnen som tas upp är den generella byggprojektprocessen; från förstudie och programfas till bygghandlingsfasen, möjligheten att påverka i byggprojektprocessen, standarder som ska följas i samband med byggnation av vårdlokaler, förändringsprocesser i dagens sjukvård, VR-teknik och de presentationstekniker som VR typiskt förknippas med.

VR-tekniken presenteras först i generella termer för att sedan mer ingående beskrivas hur tekniken uppfattas av samtliga aktörer som är inblandade i byggprojektprocessen (sjukvården, arkitekturfirmer och teknikkonsulter). Utöver detta beskrivs även de tekniska begränsningarna i dagsläget med VR. Detta för att tydliggöra hur såväl leverantör som beställare jobbar med tekniken, samt vilka förutsättningar som behöver förverkligas för att VR-användning ska kunna implementeras. Utifrån denna generella data kan sedan en god uppfattning skapas om hur Akademiska sjukhuset kan få en genomarbetad och verifierad kravställning.

2.1 Byggprojektprocessen

Nordstrand (2008) menar att man kan dela upp byggprojektprocessen i två skeden; programskedet och projekteringsskedet (Figur 1). Ytterligare uppdelningar kan göras för respektive skede. Under hela processen gäller det att gå fram stegvis och fatta viktiga beslut innan övergången till nästa fas äger rum. Denna iterativa process innebär även att de involverade ibland behöver gå tillbaka och ändra eller komplettera tidigare tagna beslut.

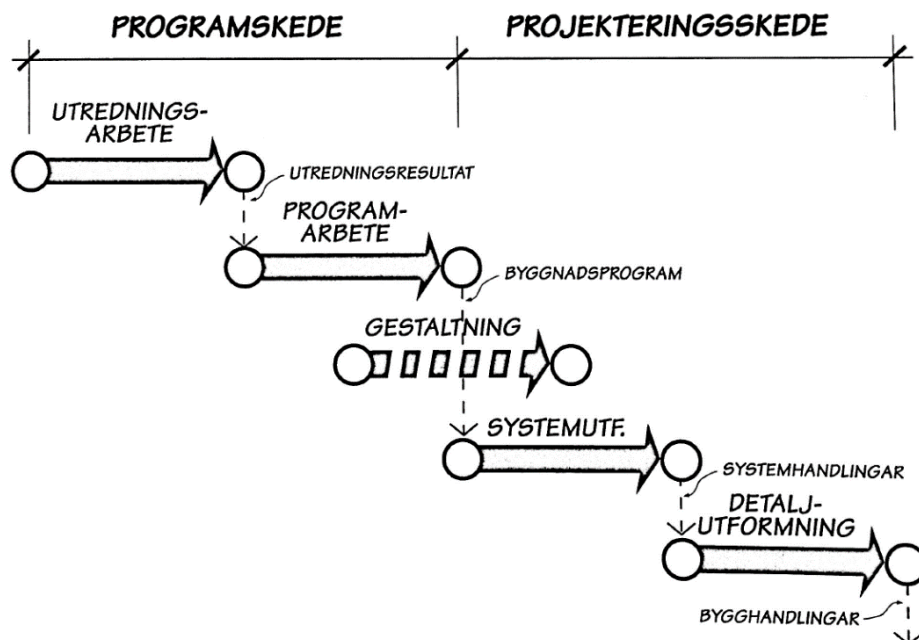
Det första skedet i byggprojektprocessen, utredningsarbetet, görs i form av en förstudie vilken sedan sammanställs i det dokument som kallas för program. Programskedets syfte är att precisera beställarens krav och önskemål för byggnationen. Det är även under programskedet som alla förutsättningar och avgörande faktorer som kan påverka projekteringen och till viss utsträckning produktionen kartläggs. RFP, eller rumsfunktionsprogram, representerar detta och berättar vad den tilltänkta ytan ska ha för funktioner, sett till mängd och typ av funktion (Nordstrand, 2008).

Byggnationens utformning sker under tidsperioden som Nordstrand (2008) kallar för gestaltning. Han betonar hur det på senare år blivit allt vanligare att vilja utforma byggnationen under programskedet och inte efter, som tidigare varit mer förekommande. Syftet med gestaltningen är att säkerställa att programmets krav säkert kan uppfyllas i den fortsatta projekteringen.

Under projekteringen skapas byggnationen som uppfyller beställarens önskemål och krav enligt programhandlingen. Det sker även en redovisning av byggnaden på ritningar och i beskrivningar. Dessa utgör bygghandlingarna som sedan används som underlag för produktion av själva byggnationen (Nordstrand, 2008). Nordstrand (2008) beskriver

hur projektering i regel uppfattas som ett svårt och komplext arbete, där beställarens miljö- och kvalitetskrav ska uppfyllas, och hur flera personer ska samverka under tidspress. Nordstrand (2020) fortsätter med att berätta hur arkitekten spelar en nyckelroll i byggnationer där valmöjligheterna är många, eftersom det gäller att hitta den mest lämpade utformningen av alla alternativ. För att beställaren ska kunna välja det bästa alternativet krävs att de olika designförslagen presenteras på ett så mångsidigt sätt som möjligt, något som är arkitektens ansvar.

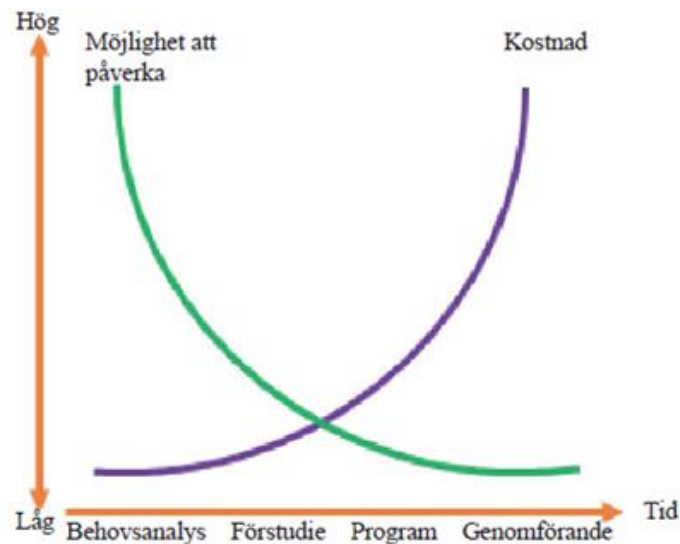
Nordstrand (2020) poängterar vikten av att respektive projektör informerar övriga projektörer om eventuella ändringar. Detta är nödvändigt för att undvika ”kollisioner” mellan olika projektörers installationer. För att detta ska vara genomföras krävs det ett väl fungerande kommunikationssystem.



Figur 1: Övergripande bild över byggprojektprocessen. Upprättad efter Nordstrand (2008)

2.2 Möjligheten att påverka i ett projekt

År 2017 tog FOS tillsammans med Akademiska sjukhuset fram dokument som lämnades till verksamheterna: ”Från idé till verklighet. Att arbeta med byggprojekt inom Region Uppsala.”. I denna finns det en illustration (Figur 2) som visar att ju senare i processen en ändring görs, desto högre kostnad leder det till. Det är huvudargumentet till varför det är viktigt att vara noggrann i de tidiga faserna av byggprojektprocessen.

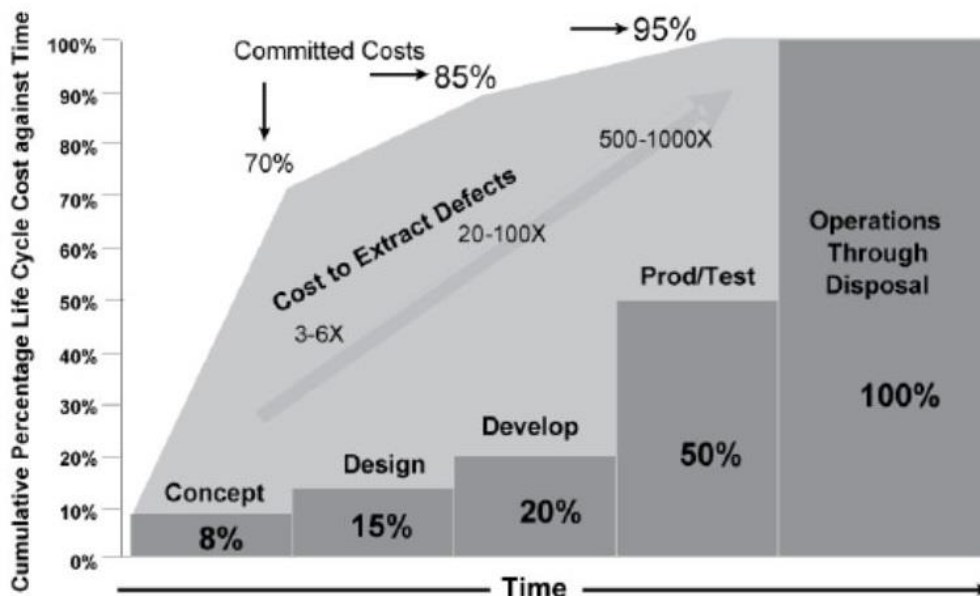


Figur 2: Illustration som visar möjligheten att påverka i tidigt skede och vilken relation detta har till kostnad

Detta är även något som beskrivs i *INCOSE System's engineering handbook* (2015).

Rent praktiskt används systemvetenskapliga metoder, beskrivet i INCOSE, i samband med komplexa projekt där syftet är att reducera riskerna dessa projekt präglas av. På vänstra axeln i figur 3 visas livscykelkostnaden över tid. Den initiala fasen, konceptualiseringen, utgör 8 % av den totala livscykelkostnaden (INCOSE, 2015).

Figuren illustrerar även konsekvenserna av att fatta tidiga projektbeslut utan att grunda dessa på bra informationsunderlag och analys. Kostnadsskillnaden i att genomföra en förändring i designstadiet istället för i konceptstadiet är inte påtaglig men en designförändring som genomförs i produktionsstadiet kan däremot innebära en avsevärt högre kostnad, 500 till 1000 gånger dyrare att genomföra än om det hade ägt rum i tidigare skeden av projektet (INCOSE, 2015).



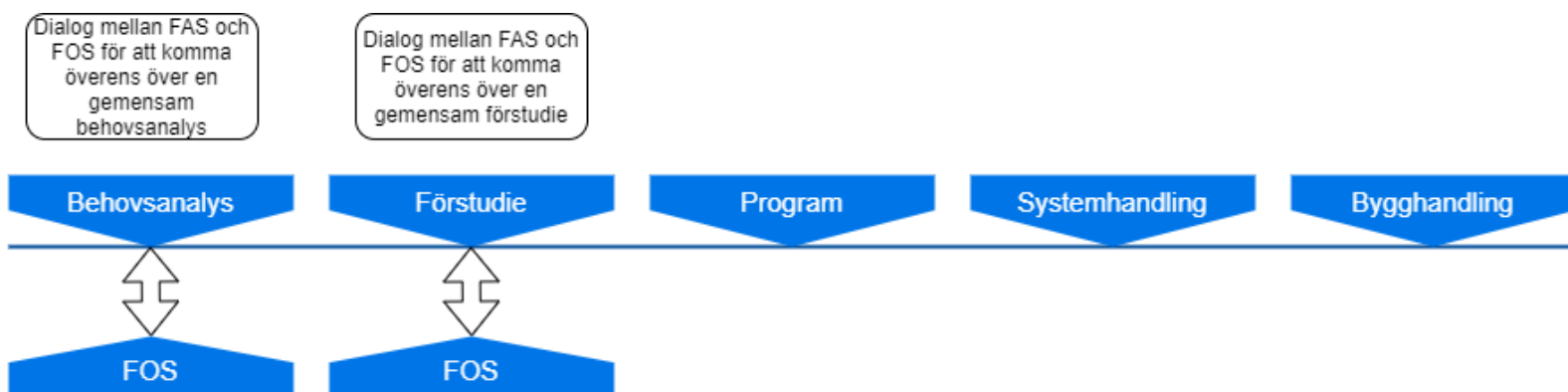
Committed life cycle cost versus time

Copyright: The INCOSE Systems Engineering Handbook

Figur 3: Livscykelkostnaden för ett projekt som illustrerar hur projektkostnaden förhåller sig gentemot projektfaserna.

2.3 Byggprojektprocessen sett från sjukhusets perspektiv

När ett behov uppstår från verksamhetssidan på Akademiska Sjukhuset börjar processen med att förmedla dessa behov till FOS, varvid en behovsanalys görs tillsammans med FOS. När behovsanalysen utförts övergår processen i en gemensam förstudie, vilken även denna tas fram tillsammans med FOS. När detta genomförts påbörjas programskedet följt av systemhandling och bygghandling.



Figur 4: De olika stegen i ett byggprojekt, sett från sjukhusets perspektiv

2.4 Standard som följs i samband med byggnation av vårdlokal

I samband med byggnationen av vårdlokaler är det viktigt att uppnå vissa standarder. Benämningen på dessa skiljer sig åt men grovt delas de in i de som berör byggprojektprocessen i stort respektive de som specifikt berör byggnationen av en vårdlokal. Dessa förklaras kortfattat i detta kapitel.

2.4.1 IFC

Det öppna utväxlingsformat IFC (Industry foundation classes), är ett filformat som används till byggnadsmodeller. Det agerar som ett gemensamt samordningsverktyg som möjliggör överföring av såväl information som modeller mellan olika program (Graphisoft, u.å.). BIM-programvaror i stort är kompatibla med IFC-filer, där det är möjligt att utvinna en IFC-fil innehållande modellen från BIM-programvaran. Solibri och Revit är exempel på två programvaror som stödjer användning av IFC-filer. Exempelvis kan en modell ritas upp och byggas med tillhörande information varvid all denna information kan överföras till en IFC-fil vilket i sin tur kan öppnas i Solibri (Solibri, u.å.).

2.4.2 PTS

Program för Teknisk Standard (PTS) är ett IT-system vars syfte är att stödja tidiga skeden och projektering i byggnationsprojekt av vårdlokaler. PTS underlättar byggprojektprocessen med att bygga vårdlokaler för såväl dagens som framtidens behov; ett sätt att säkerställa att vårdlokaler byggs med rätt funktion och kvalitet. Detta uppnås framför allt genom att standardisera utformning av vårdlokalsytor och även genom att agera som ett verktyg där flera av Sveriges PTS-an slutna regioner kan utväxla erfarenhet med varandra. Näst intill alla Sveriges regioner använder systemet idag (Program för teknisk standard, u.å.).

Akustik, fysisk vårdmiljö och tillgänglighet är några av de viktiga funktioner vilka PTS tagit fram riktlinjer för. Riktlinjerna i PTS beskriver mål och värden som bör tas hänsyn till i diverse byggrelaterade frågor. Dessa riktlinjer utgör utgångspunkten för PTS-standarderna, vilket påverkar vilken nivå de tekniska kraven läggs på. De gäller oberoende av byggnationstyp; såväl nybyggnation som ombyggnation av vårdlokal kan applicera PTS som standard (Program för teknisk standard, u.å.).

2.4.3 Typrum

I PTS finns de vanligaste förekommande rumstyperna inom Sveriges hälso- och sjukvård, såsom vådrum, operationssalar och jourrum. För närvarande finns ca 250 stycken typrum i databasen men respektive region avgör vilka typrum regionen vill använda i sin region. Utrymmena beskrivs med avseende krav på funktion, inredning/utrustning och ytskikt. Dessa typrum, likt ovannämnda riktlinjer och tekniska krav, utgör utgångspunkten för innehållet i PTS (Program för teknisk standard, u.å.).

2.5 Förändringsprocesser och digitalisering av vårdbranschen

Digitaliseringen av sjukvården har inneburit stora förändringar för allt från den patientnära medicinska dokumentationen såsom patientjournalen till avancerade system inom intensivvården. Med det sagt förekommer det fortfarande att vårdorganisationer inte ser digitaliseringen som en fråga om verksamhetsutveckling, utan mer som en införandet av ny teknik (Sandblad m.fl., 2018). Vidare brukar det även vara en person med IT-ansvar som har det översiktliga ansvaret för förändringsprojekten och inte de verksamhetsansvariga cheferna (Larsson, 2020). Detta leder bland annat till att vårdpersonalen inte upplever att förändringarna görs på deras villkor.

Undersökningar visar att klyftan mellan de medicinska verksamheterna och de som ansvarar för tekniken ökar (Vårdförbundet, 2013). Vårdpersonalen anser inte att IT-system stödjer dem som de önskar och de som ansvarar för IT-utvecklingen upplever att de vårdansvariga inte tar sitt ansvar när det kommer till att bidra med krav och att delta i de utbildningar som arrangeras (Vårdförbundet, 2013). Detta kan till stor del förklaras av att vårdpersonalen är pressad och har tidsbrist vilket gör det svårt för dem att delta vid tillfällen då deras behov i verksamheten ska inventeras.

Den generella digitaliseringsvågen i samhället är något som genomsyrat vårdbranschen. Internet of Things (IoT), Machine Learning, Artificiell Intelligens (AI), datautvinning av stora mängder data (Tresp m.fl., 2016) är exempel på några av de tillgängliga tekniker vilka används i olika utsträckning inom diverse branscher. Ny teknik har också visat sig öka effektiviteten på ett sjukhus då patientvården ökar i kvaliteten (Murphy, 2010 se Konttila m.fl., 2018).

Möjligheterna att fullt ut utnyttja digitaliseringens möjligheter begränsas av ett antal olika faktorer såväl i Sverige som internationellt. Exempel på detta är olika slags strukturella och byråkratiska hinder samt lagar och regelverk för datasäkerhet och integritet (Gopal m.fl. 2018). Konttila m.fl., (2018) pekar också på att det engagemang och den förändringsvilja som finns inom vården dessutom hindras av att de vårdprofessionella inte ges nödvändiga förutsättningar för att delta i förändringsarbetet. De resulterande vårdsystemen kommer därför inte att uppfylla deras behov och krav. Resultatet blir en digitalisering som vårdens personal till stor del inte uppfattar som tillräckligt stödjande, användbar eller verksamhetsnyttig. Se även rapporten ”Störande eller stödjande?” om eHälsosystemens användbarhet (Vårdförbundet, 2013)

Samma studier visar även att fördelarna med tekniken ifråga behöver vara tillräckligt tydliga för att få med alla intressenter, däribland vårdpersonalen, på förändringen inom verksamheten (Tresp m.fl., 2016). Gopal m.fl. (2018) säger samtidigt att den nödvändiga digitaliseringsförändringen varje vårdverksamhet väljer att göra behöver göras utifrån de förutsättningar som finns tillgängliga och ske på ett sätt som är skalbart, säkert och billigt. Konttila m.fl., (2018) uttrycker att förutsättningen som gör digitalisering genomförbar är att skapa tillräckligt med resurser och tid för innovationen att frodas. Detta kräver även att vårdverksamheten ger förutsättningar för

vårdpersonalen att ta del av den nya tekniken så att dessa kan komma i underfund med hur det kan fungera i verksamheten och vad det innebär för just deras arbetsuppgifter (Konttila m.fl., 2018).

Ett sätt att göra detta är med hjälp av ett nytt digitaliseringsverktyg, ViCoDE, framtaget på lärosätet Chalmers tekniska högskola. Målet har varit att skapa en dialogprocess med vårdpersonal i tidiga skeden och som även testats i samband med planering av vårdlokaler. Idén är att vårdpersonalen under dialogprocessen själva ska interaktivt utveckla, planera och bygga sin egen vårdmiljö med hjälp av en stor pekskärm och visualisering i VR. Avsikten var att stödja engagemang och dialog mellan deltagarna och att detta skulle öka kvalitén på återförening av erfarenhet och därmed kunskapsspridning till projekteringen (Roupé m.fl., 2020).

2.6 VR-teknik – presentationstekniker och teknikkapacitet

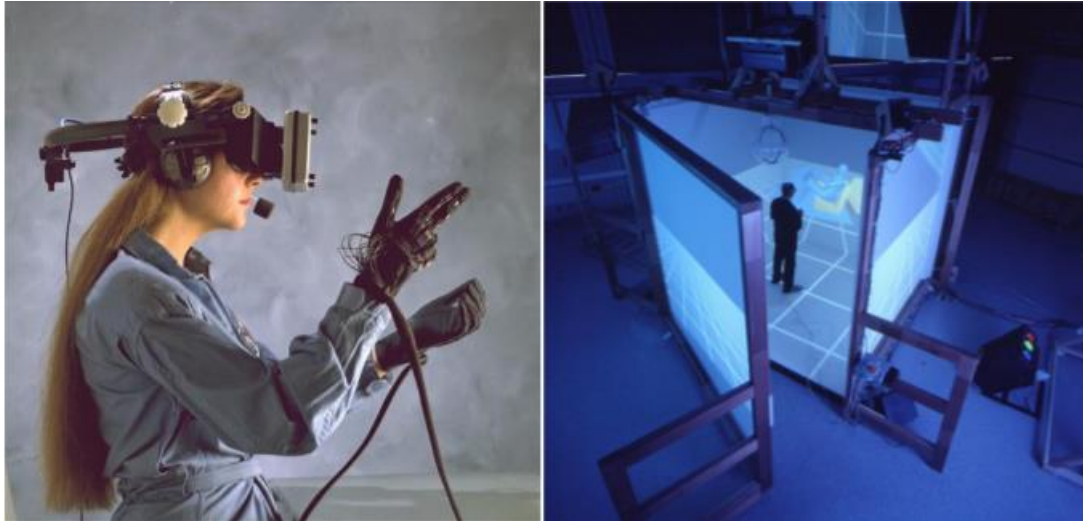
2.6.1 Definition av VR

Enligt Jerald (2016) använder sig populärmedia av VR som term för att beskriva påhittade världar som bara finns i datorer och våra tankar. Mer precist menar hemsidor såsom merriam-webster.com (merriam-webster, 2015) hur *”Virtual Reality är en artificiellt skapad miljö som upplevs med våra sinnen såsom seende och hörsel, skapat av en dator där ens handlingar delvis avgör vad som händer i miljön.”*

2.6.2 Displaysystem för VR

Realtids rendering är den huvudsakliga tekniken som producerar bilder på icke-existerande objekt eller miljöer. Denna rendering presenteras på olika sätt. Det kan visualiseras på en vanlig datorskärm eller i form av att användaren använder sig av en så kallad head-mounted display (HMD) (Burdea och Coiffet, 2003). Skillnaden grundar sig i nivån av inlevelse användaren upplever. Inlevelsenivån kan definieras utifrån den grad användaren känner sig helt omsluten av den virtuella världen (Johansson, 2016). En så kallad CAVE är ytterligare en presentationsteknik (Cruz-Neira m.fl., 1992). Bilder på dessa kan ses i figur 5.

HMD är ett naturligt sätt att förmedla stereoskopiskt synsätt, där användaren har en mindre skärm framför varje öga. Genom att rendera den virtuella världen från två något horisontellt separata (virtuella) kameror för respektive öga, kan användaren uppleva stereoskopiskt synsätt likt det de upplever i verkligheten (Kjellin, 2008). Den CAVE-baserade presentationen använder oftast LCD glas som agerar som slutare för att tillhandahålla det stereoskopiska synsättet. När en bild renderas framför vänstra ögat, blockerar slutarglasögonen synen framför det högra ögat. För det högra ögat äger samma process rum men i omvänd riktning. Denna växlingsprocess från ena ögat till det andra, synkroniseras sedan med grafik kortet och utförs med en hög frekvens, vilket i sin tur leder till att användaren kan bilda sig ett stereoskopiskt synsätt (Johansson, 2016).



Figur 5: HMD (till vänster) och CAVE (till höger) (bild från NASA och Chalmers)

Utöver ovannämnda alternativ finns det även det som Modjeska (2003) kallar för *Desktop VR* vilket syftar på de fall där real-tids renderingen sker på en vanlig datorskärm eller på en mobil portabel skärm, utan det stereoskopiska synsättet. Sett till nödvändig hårdvara är detta sätt att presentera visualisering den enklaste. Den kan även skalas upp för fler deltagare genom användning av exempelvis en projektor (Johansson, 2016).

Fram tills nyligen har HMD-enheter antingen varit i en lägre prisklass, vilket reflekterats i den låga teknikprestandan, eller i en väldigt dyr prisklass som inte alltid varit rättfärdigat utifrån den prestanda som enheten erbjudit. Detta ledde till att HMD-enheter var opraktiska att använda (Dörner m.fl., 2011). Denna trend har dock brutits i samband med genombrottet av en ny generation HMD-enheter, skapade för mer kommersiellt bruk, såsom Oculus rift och HTC Vive (Figur 6). HMD-enheterna har då fått en märkbar prestandaökning samtidigt som priserna har sjunkit. Den nya generationen av HMD-enheter erbjuder funktionaliteter såsom hög upplösning, stort synfält och positionsspårning av användaren till ett väldigt konkurrenskraftigt pris (cirka 6000–10 000 kr).

I detta arbete kommer den nya generationen av HMD-enheter vara den typ av VR-presentationsteknik som det syftas på när det skrivs om VR. Undantaget är ett illustrativt exempel från ett av detta arbetes fallstudier där Desktop-VR huvudsakligen använts.



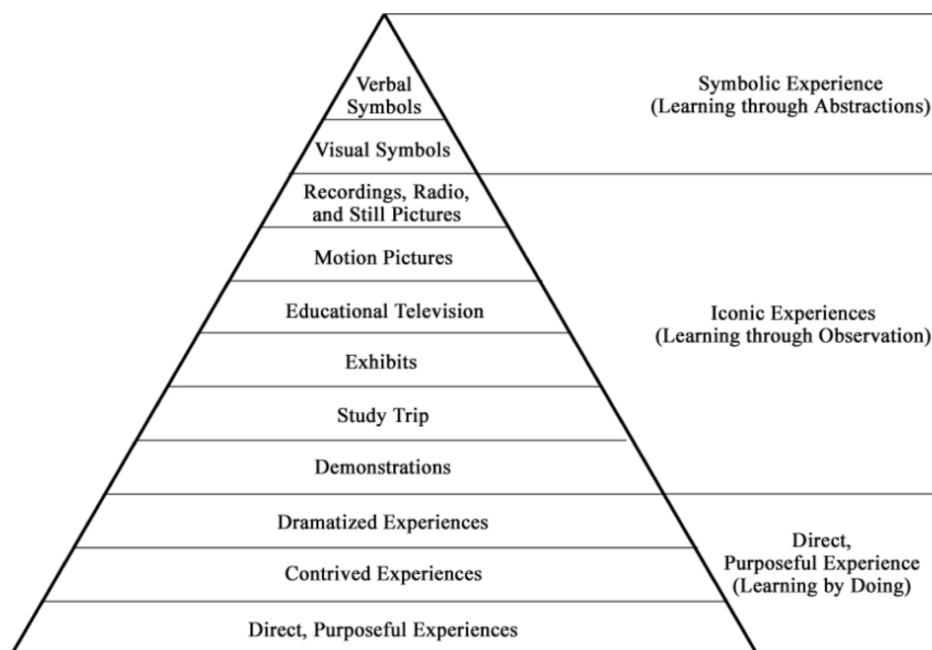
Figur 6: Oculus Rift (vänster) och HTC Vive (höger)

2.6.3 VR och förståelse

Oberoende av vilken bransch VR-teknik används i är den gemensamma nämnaren en förmåga att skapa inlevelse och förståelse för användaren (Jerald, 2016), oavsett om det rör sig om att skapa en tv-spelsupplevelse med maximal inlevelse eller att förse nästa generations vårdpersonal med verktyg i syfte att utveckla deras färdigheter. Utöver detta har forskning visat hur en aktiv användning av mänskliga sinnen och motoriska färdigheter bidrar till ökad förståelse (Dale, 1969 se Jerald, 2016). Detta är något som även Jerald (2016) lyfter fram i form av Edgar Dales *kon av erfarenhet* (Dale, 1969 se Jerald, 2016) som illustrerar detta fenomen; aktivt deltagande i en särskild handling, intuitiv förståelse för konceptet, uppmuntra ett särskilt beteende genom engagerande inlevelse och de tankar som personen ifråga målar upp i huvudet, är alla faktorer som bidrar till ökad förståelse.

I figur 7 visas de olika stegen för förståelse av ett koncept. Den visar att ju mer konkret och målinriktad erfarenhet personen ifråga får uppleva, desto större sannolikhet är det att kunskapen förankras hos personen. Jerald (2016) lyfter dock fram att detta inte nödvändigtvis innebär att väldigt konkret och målmedveten erfarenhet alltid är det bästa sättet att tillhandahålla god förståelse för ett koncept. Kunskapen som ska läras in kan då istället ske mer inkrementellt, stegvis, för att personen ifråga ska begripa kunskapen på bästa sätt. I fallet med VR kan detta exempelvis innebära, att presentera en enklare VR-modell som utvecklas till att bli mer konkret och precis och där abstrakt information läggs till, allt eftersom modellen utvecklas. I andra fall menar Jerald (2016) att det kan räcka med mer abstrakta modeller framför väldigt konkreta sådana för att förmedla ens budskap till användaren. Hur verklighetsförankrad VR-modellen är innebär enligt Jerald

(2016) att man bör fråga sig vem VR-modellen är ämnad för samt fråga sig huruvida det är nödvändigt eller rentav överflödigt att skapa en modell som är alltför detaljerad.



Figur 7: Konan av erfarenhet, där VR använder många nivåer av abstraktion. Baserad på Edgar Dale:s teori om erfarenhet.

2.6.4 VR inom arkitektur, byggindustrin och ingenjörskonst

Enligt Arnaldi m.fl. (2017) har VR rönt framgångar i arkitekturbranschen ända sedan dess introduktion. Dock betonar Arnaldi m.fl. (2017) att det som förhindrar tekniken från att användas i stor utsträckning och skalas upp grundar sig i arbetskulturen som präglar arkitekturföretag. Arnaldi m.fl. (2017) menar att arkitekterna använder sig av argument såsom att projektbeställaren har svårigheter att bilda sig en uppfattning om hur slutresultatet kommer att bli. Användningen av VR-teknik blir därmed oftast begränsad till slutpresentationen av projektet. Arnaldi m.fl. (2017) lyfter fram hur detta begränsar VR:s användning som ett kommunikationsverktyg i större projekt. Andra, som Noghabei m.fl. (2020), lyfter fram faktorer såsom brist på studier vilka visar kostnaden av teknikimplementering jämfört med nyttan det potentiellt kan ge som de huvudsakliga anledningarna till att VR har integrerats i en långsammare takt i arkitekturbranschen jämför med andra branscher. Detta förklarar Noghabei m.fl. (2020) är en av de främsta orsakerna till att företagsledning inom arkitektur, ingenjörskonst och byggindustri inte är villiga att investera i tekniken fullt ut då det rör sig om en kostnadsfråga som inte alltid är lätt att motivera.

Noghabei m.fl. (2020) sammanfattar bland annat en enkätundersökning gjord med 158 industriledande experter med bakgrund inom arkitektur, byggindustri och ingenjörskonst. Den visar bland annat hur VR-teknik kan bidra till en ökad förståelse för hur projektet kommer utvecklas från slutanvändarnas perspektiv. Bland annat

utfördes ett experiment som jämförde deltagarnas känsla av närvaro i VR jämfört med ett fysiskt rum. Resultatet visade hur deltagarna agerade på ett liknande sätt som när de var i det fysiska rummet. Noghabei (2020, refererad i Heydarian m.fl. 2017) visade då hur denna feedback förbättrade slutanvändarnas tillfredsställelse gällande design och förståelse för projektets utformning. Utredningen av Noghabei m.fl. (2020) tyder på att VR teknik är som mest effektivt i början av projektet, under visualisering och valideringen av modeller.

Den begränsade rumsliga uppfattningen 2D-ritningar förmedlar samt den allt billigare tekniken har möjliggjort VR-teknikens växande roll inom denna bransch (Arnaldi m.fl., 2017). Den lättförståeliga uppfattning av en ritning som VR och 3D illustrationer ger framför 2D ritningar är något som även Calderon-Hernandez m.fl., (2019) lyfter fram i en studie där en jämförelse görs i visualiseringsuppfattning mellan 2D ritning och VR-teknik. Calderon-Hernandez m.fl. (2019) kom fram till att VR är mer effektivt sett till användarnas noggrannhet och minne av hur modellen såg ut. Detta gällde även deltagare utan bakgrund inom arkitektur och ingenjörskonst som inte hade en lika bra rumsuppfattning som övriga deltagare med arkitektur- och ingenjörsbakgrund. Samtliga deltagare i studien föredrog att använda sig av VR-modellen framför 2D ritningarna när de skulle bilda sig en rumsuppfattning (Calderon-Hernandez m.fl., 2019).

2.6.5 BIM och VR-implementering i BIM

BIM, kortfattat för Building Information Modeling eller bygginformationsmodell på svenska, beskrivs av Nordstrand (2008) som en virtuell objektsorienterad modell. Den visar all tänkbar information om byggnaden, från programfas till efterföljande faser. Dessa samlas i en databas vilket möjliggör att alla aktörer involverade i byggnationsprojektet kan ta del av informationen. Den tillgängliga informationen har olika syften beroende på vilken del av byggprojektprocessen man befinner sig i. Nordstrand (2020) berättar även hur BIM oftast förknippas med projekteringssammanhang där samtliga projektleverantörer ska samordna och granska i samma modell.

BIM har enligt Arnaldi m.fl. (2017) varit den digitala katalysatorn vilken bland annat gjort VR-teknik till en möjlighet inom arkitektur. BIM i sig har setts som ett nytt tillvägagångssätt sett till design, konstruktion och förvaltning av byggnader där en digital presentation av byggprojektprocessen används som ett verktyg för informationsutbyte och beslutstagande (Arnaldi m.fl., 2017). Visualisering av en modell via BIM är dock något problematiskt då användare med icke-relevant branshbakgrund såsom slutanvändare för vilket projektet byggs för, har svårt att sätta sig in i BIM:s funktioner som möjliggör visualisering och inlevelse (Noghabei m.fl. (2020).

Konvertering från BIM till VR är något som även gjorts i undervisningssyfte men visat sig vara komplicerat på grund av belastning i form av data och interaktivitet i den erhållna VR-modellen. Detta då detaljnivån belastar bilduppdateringshastighet och interaktivitet; det vill säga ju mer detaljerad modellen är, desto långsammare blev

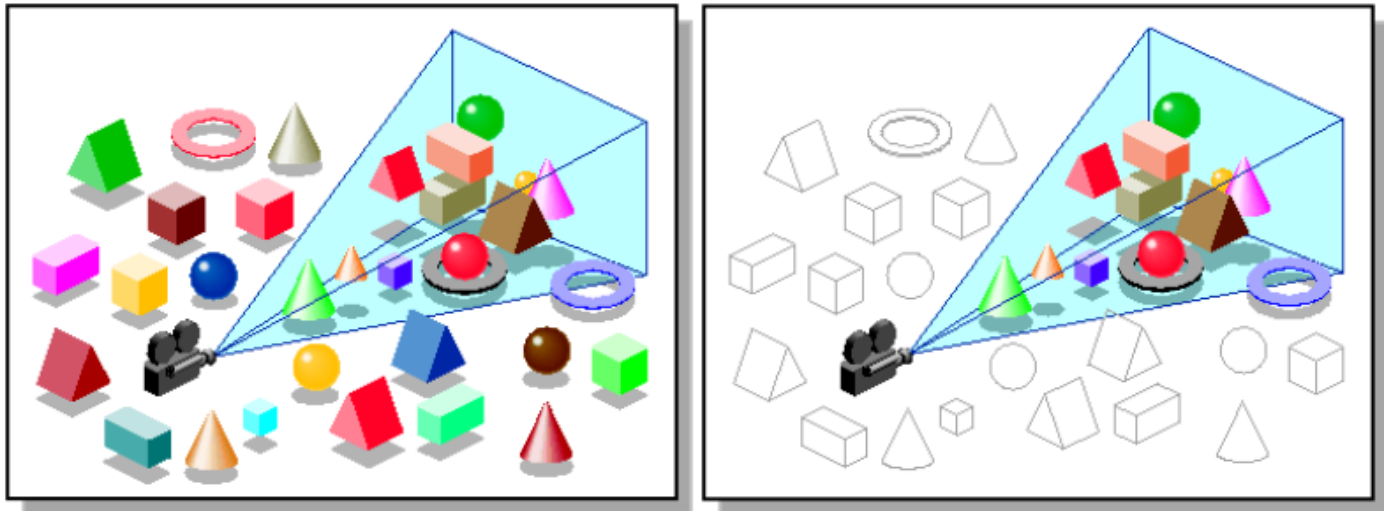
modellen att rendera och navigera med (Graham m.fl. 2019). Dock har forskning visat att det går att optimera realtidsvisualiseringen av BIM modeller kopplat till VR, genom att utnyttja BIM modellens karaktäristiska egenskaper (Johansson och Roupé, 2009; Johansson m.fl., 2014, Johansson m.fl., 2015; Roupé m.fl., 2016; Johansson, 2016). Detta sker genom att utgå från nyutvecklad BIM-mjukvaruprogramvara som baseras på en annan typ av renderingsalgoritm än den som nuvarande BIM-mjukvaruprogram på marknaden utgår från (Johansson och Roupé, 2009; Johansson m.fl., 2014, Johansson m.fl., 2015; Roupé m.fl., 2016; Johansson, 2016).

I de fall där det testats på ett riktigt projekt och under projekteringsskedet, har VR visat sig varit av stor nytta för förståelse kring hur olika discipliner hänger ihop. Resultatet som samlades in genom intervjuer och under observation när VR användes visade att samtliga deltagare uttryckte att den visuella upplevelsen bidrog till ökad förståelse för rumsuppfattningen, vilket i sin tur ledde till bättre beslutsunderlag och bättre lösning av designrelaterade problem (Roupe m.fl., 2016, Johanson och Roupé, 2019) Roupé m.fl., 2019).

Johansson m.fl., (2016) beskriver även hur ett av de största problemen med att i real-tid kunna rendera de stora BIM-filerna är att programmet som VR-modellerna visas i, är baserade på spelgrafiksmotorer. Dessa motorer används oftast direkt utan sådan grafikoptimering som görs vid spelutveckling. Konsekvensen av att inte grafikoptimera modellen och fullt utnyttja spelgrafiksmotorer är att all den tillgängliga informationen i modellen renderar, även det som inte syns visuellt från användarens perspektiv.

BIM-modellens karaktäristiska egenskaper är att väggars och golvs geometrier oftast begränsar vad som faktiskt syns på skärmen, det vill säga möbler syns inte bakom väggen eller mellan olika våningsplan. Genom att utnyttja dessa karaktäristiska egenskaper för BIM-modellen kan mycket detaljerade objekt automatiskt sorteras bort av datorn, vilket möjliggör att mycket detaljerade modeller nu kan användas i VR (Johansson, m.fl., 2016, Johansson m.fl. 2019). BIMxplorer är ett exempel på en sådan BIM-baserad programvara som automatiskt optimerar modellen då denna laddas in i VR-programmet. För att nämna några av de grafikalgoritmer och tekniker som tillämpas

automatiskt i en programvara som BIMxplorer finns occlusion culling, instansiering, minnes- och stereooptimering på grafikortet för VR (Johansson, 2016).



Figur 8: Genom att rendera endast det som syns visuellt via optimering av renderingsalgoritm, kan en avsevärd avlastning på hårdvaran genomföras

3. Metod

3.1 Inledning till metodavsnitt

Metoder som använts är litteraturinsamling, semistrukturerade intervjuer, fallstudie av tre olika byggnationer på Akademiska sjukhuset, fallstudie av Skaraborgs sjukhus i Skövde, fallstudie på ett nybyggt radiologirum på sjukhuset Westside Medical Center i Portland i USA, ett studiebesök till Region Malmö där VR tillämpats i bygget av nya sjukhusområdet och slutligen en genomförd workshop i VR för vårdpersonal på Akademiska Sjukhuset i Uppsala.

Intervjuer var den huvudsakliga metoden för att samla in material. Genom intervjuerna kunde intressen och eventuella intressekonflikter som aktörerna hade sinsemellan bli tydliga. Den stora mängden intervjuer från samtliga fallstudier och inkludering av det amerikanska sjukhuset, grundade sig i faktumet att det inte gjorts någon vetenskaplig studie som utrett VR:s implementering i byggnation av vårdlokaler. Den internationella aspekten av arbetet var tänkt att visa främst vilken potential tekniken har när den anammas på det sätt som den gjorts i USA.

Underlag för jämförelser bestod av frågor och ämnen som skulle vara av intresse för studien. Utöver detta ställdes vid behov relevanta följdfrågor eftersom intervjun fortsatte. Att kombinera följdfrågor fritt på detta sätt med inplanerade frågor, är vad Bryman (2013) menar kännetecknar semistrukturerade intervjuer.

Intervjuerna var semistrukturerade och frågorna följde en intervjuguide (Patton, 2002 se Fejes & Thornberg, 2015). Intervjuguiden (se bilaga) innehöll ett antal frågor av olika karaktär och fokuserade på de tidiga faserna av byggprojektprocessen: behovsanalysfasen och kravställningsfasen. Då det finns en risk för ledande frågor kom intervjun att vara mer av ett samtal där intervjuobjekten bads utveckla och fördjupa det som sades och ge relevanta exempel.

3.2 Litteraturinsamling

Litteratur som använts i arbetet består av rapporter, webbsidor och artiklar. Deras syfte är att ge bakgrund och information om VR:s roll i byggprojektprocessen och vilka förutsättningar som potentiellt behövs för att tekniken ska anammas av samtliga aktörer inom vården och leverantörer som tillhandahåller bygget av vårdlokaler.

3.3 Intervjumetod

Intervjuer med specifika konsulter på leverantörssidan som varit involverade i någon utsträckning med antingen VR-teknik eller sjukhusbyggnation, blev ställda frågor som berörde tekniken generellt och vilka förutsättningar de ansåg vara nödvändiga för att VR skulle implementeras mer än vad det görs i dagsläget.

Tabell 1: Intervjupersoner i Uppsala. Visar intervjupersonernas roller, vilken typ av kontakt som hölls, vilken organisation de tillhörde samt vilket projekt de varit eller är inblandade i. Vissa av intervjupersonerna har blivit ställda mer allmänna frågor kring bland annat kravställning och dessa har markerats med "allmänt".

Namn:	Roll:	Typ av intervju:	Organisation:	Projekt:
Elvira Kustmark	Projektledare för driftsättning av ingång 100	Personlig intervju	Akademiska sjukhuset	Ingång 100
Anders Fernlöf	Verksamhetens projektledare för ingång 70	Personlig intervju	Akademiska sjukhuset	Ingång 70
Maria Strid	Projektledare	Personlig intervju	Akademiska sjukhuset	Ingång 100
Viktor Näslund	Biträdande avdelningschef – ortopedi- och handkirurgi – verksamhetsrepresentant	Personlig intervju	Akademiska sjukhuset	Ingång 70

Maria Askelöf	Projektledare och funktionsplanerare	Personlig intervju	FOS	Ingång 70 och allmänt
Lena Lundberg	Funktionsplanerare - Enhetschef	Zoom-intervju	FOS	Ingång 100 och allmänt
Emma Eklöf	Biträdande projektchef	Zoom-intervju	FOS	Ingång 100 och allmänt
Thomas Lennartson	Fastighetsekonom	Personlig intervju	Akademiska sjukhuset	Ingång 100 och allmänt

En semistrukturerad intervjumetod användes då detta bidrar till att förstå hur olika nyckelpersoner ser på samma typ av problemställning. I detta fall innebar det perspektiv från inte bara sjukhuset men även beställare. Tabell 2 listar personer som intervjuades som agerade som leverantör, såsom konsultföretag, byggföretag och dedikerade VR-företag.

Tabell 2: Intervjupersoner på leverantörssidan ej involverade i någon av de utredda fallstudierna. Visar intervjupersonernas roller, vilken typ av kontakt som hölls och vilken organisation de tillhörde.

Namn:	Roll:	Typ av intervju:	Företag:
Jörgen Nätterlund	Specialist visualisering	Skype-intervju	Tyrens
Gustav Olsson	VDC-utvecklare	Skype intervju	NCC
Elke Schröter	Arkitekt specialiserad mot sjukhus	Zoom-intervju	Sweco
Johanna Eriksson	Forskare och konstnärlig lektor vid Centrum för vårdens arkitektur	Zoom-intervju	Chalmers

För att garantera att fokus låg på den intervjuade personen samlades data in med hjälp av ljudinspelning. Att utföra datainsamlingar på detta sätt är något som även Bryman och Bell (2013) argumenterar för, fokus kan läggas helt och hållet på intervjuobjektet.

Att återberätta en händelse över en längre tidsperiod lämpar sig bra för det Rosenthal (2005) kallar för livshistorieintervjuer, där intervjuobjektet berättar om det de fått erfara som en bok med övergångar mellan olika kapitel och en röd tråd som håller samman boken. I detta fall kan det uttrycka sig som att olika delar av projektet motsvarar delar av det Rosenthal (2005) kallar för kapitel, varvid övergångarna mellan olika projektfaser kan sägas åskådliggöra ”innan” och ”före” momenten i Rosenthals teori.

”Paketfrågor” ställs i samtliga intervjuer och mer nischade frågor, utifrån intervjuobjektets bakgrund, ställs utöver paketfrågorna. Detta då syftet med en semistrukturerad intervju är att processen ska vara flytande och att låta intervjupersonen få prata relativt fritt, därav beslutet att endast sammanställa de generella paketfrågorna.

Tabell 3 listar upp samtliga personer från beställarsidan som varit involverade i byggnationen av det nya sjukhuset i Malmö:

Tabell 3: Intervjupersoner på beställarsidan involverade i NSM. Visar intervjupersonernas roller, vilken typ av kontakt som hölls och vilken organisation de tillhörde.

Namn:	Roll:	Typ av intervju:	Organisation:
Astrid Hansson	Lokalplanerare för NSM vårdbyggnader	Personlig intervju	Regionfastigheter
Kirsti Marttila-Gaard	Verksamhetsledare för vårdavdelningar	Personlig intervju	SUS
Jörgen Andersson	Projektledare verksamhet	Personlig intervju	NSM
Wiebke Sundin	Planeringsledare	Personlig intervju	NSM
Helen Sjöström	Enhetschef för IVA	Personlig intervju	SUS
Kajsa Skog	Verksamhetsledare för IVA-processer	Personlig intervju	SUS

Tabell 4: Intervjupersoner på leverantörsidan involverade i NSM. Visar intervjupersonernas roller, vilken typ av kontakt som hölls och vilken organisation de tillhörde.

Namn:	Roll:	Typ av intervju:	Organisation:
Christoffer Andersson	BIM-koordinator	Personlig intervju	Projtools
Gustav Skarin	Arkitekt	Personlig intervju	White
Nadia Mohrmann	Arkitekt	Personlig intervju	White

Tabell 5: Intervjupersoner på såväl beställarsidan som leverantörsidan involverade i bygget av nya psykiatriblocket på Skaraborgs sjukhus Skövde. Visar intervjupersonernas roller, vilken typ av kontakt som hölls och vilken organisation de tillhörde.

Namn:	Roll:	Typ av intervju:	Organisation:
Anna Arvidsson	Arkitekt	Zoom-intervju	Semren och Månsson
Henrik Gustavsson	Projektledare	Zoom-intervju	Västgöte region
Håkan Ganelind	Verksamhetsansvarig	Zoom-intervju	Västgöte region

Tabell 6: Intervjupersoner på såväl beställarsidan som leverantörsidan involverade i bygget av radiologirummet på Westside Medical center i Portland, USA. Visar intervjupersonernas roller, vilken typ av kontakt som hölls och vilken organisation de tillhörde.

Namn:	Roll:	Typ av intervju:	Organisation:
Mark Kinsman	Emerging Technology Developer	Zoom-intervju	Mortenson

Ian D. Bowen	Senior Project manager	Zoom-intervju	Kaiser Permanente
--------------	------------------------	---------------	-------------------

3.4 Frågor ställda till intervjuobjekt

De frågor som ställdes till intervjuobjekten var medvetet lika varandra. Detta för att kunna se potentiella mönster i hur de såg på VR som teknik samt kunna urskilja eventuella organisatoriska skillnader mellan samtliga fallstudier, som exempelvis hur kravställningsprocessen gick tillväga.

Dessa frågor (bilaga 9.1, 9.2 och 9.3) var inte bara lika varandra utifrån de nationellt utredda fallstudierna men även i det internationellt utredda fallet. Likheten i frågor var av stor betydelse i detta fall, då frågorna kunde ge en insyn i hur VR ses på sjukhus såväl som leverantörssidan på den icke-svenska marknaden.

3.5 Fallstudier

Bland de studier och tidigare arbeten som finns tillgängliga så har ingen utrett eller kartlagt specifikt hur VR applicerats på byggnation av vårdlokaler, än mindre hur tekniken fungerat från ett kravställningsperspektiv. Det tillgängliga arbetet behandlar snarare specifika delar av en byggprojektprocess där VR använts eller hur framtidsutsikterna för tekniken ser ut; VR som komplement i projekteringsfasen (Karlsson och Larsson, 2018), hur VR kan underlätta förståelse för beställare och samtliga involverade i en byggprojektprocessen i tidigt skede (Woksepp m.fl., 2005, Zhang och Pai, 2017), hur industriexperter menar VR anammas mer och mer av diverse samhällssektorer och att hälsovården kommer vara den sektor som kommer anamma VR mest de närmsta 5–10 åren (Noghabaei m.fl. 2020) eller hur visualisering via VR-modeller är bland annat mer effektivt förståelsemässigt än typiska planritningar i 2D (Calderon-Hernandez m.fl. 2019).

Det blir då av extra betydelse att utöver tillgängliga studier även utreda ett flertal generella liksom unika fall där VR-teknik applicerats och då mer specifikt i byggnation av vårdlokaler. Genom att utreda både fall där det använts i liten utsträckning och fall där tekniken haft en central roll i byggprojektprocessen och genomsyrat arbetet från förstudie till bygghandling, blir det tydligare att dra slutsatser om hur exakt Akademiska sjukhuset ska gå tillväga för att ta fram förutsättningar som behöver uppfyllas för att kunna integrera VR-teknik i kravställningsprocessen.

3.5.1 Vårdbyggnationer på Akademiska sjukhuset

Akademiska sjukhuset har under de senaste åren genomfört ett antal ny- och ombyggnationer; allt från bygget av mindre provhus och provrum till helt nya

vårdlokaler som inneburit en byggtid på nästan tio år. Bland dessa projekt finns exempel på byggen som varit både mer och mindre lyckade, sett till bland annat antal byggändringar i samband med inflytt. Ingång 70 samt ingång 100/101 i mindre utsträckning, i form av organisationsperspektiv, är de fall som ska undersökas i fallstudien. Ingång 100/101 är färdigbyggt medan ingång 70, en ombyggnation av en äldre byggnad, fortfarande pågår.

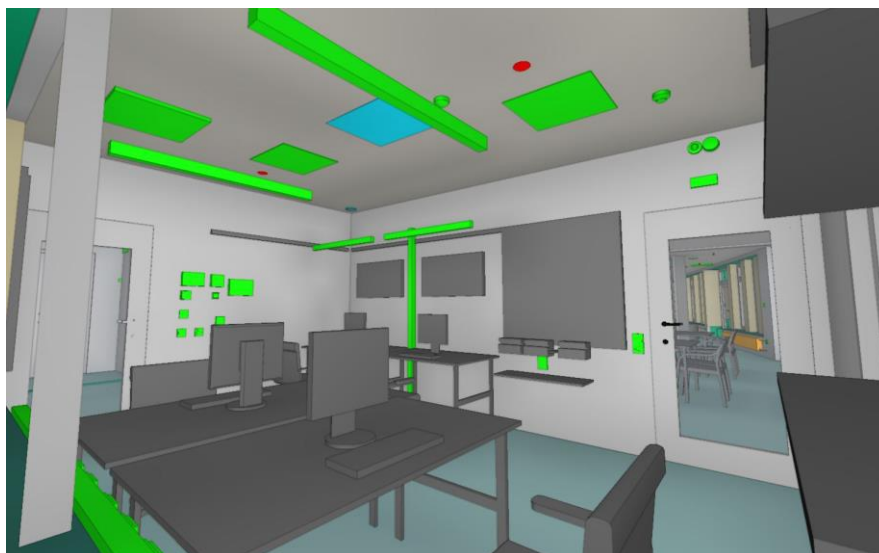
Valet grundade sig i att båda hade olika tillvägagångssätt sett till planerings- och byggprocessen. Det gällde bland annat vilka aktörer som var inblandade, hur de interagerade med varandra, projektstorlek och tidsomfång samt i vilken utsträckning som provrum och provhus nyttjades.

Att välja ett projekt som redan är färdigställt samt ett som fortfarande är aktivt, ger möjlighet att få insyn i om exempelvis lärdomar i byggprojektprocessen tagits tillvara, liksom vilka utmaningar det finns i att bygga om en existerande byggnad till skillnad från att bygga helt nytt.

3.5.2 Psykiatriblocket – Skaraborgs sjukhus i Skövde

Psykiatriblocket är en del av satsningen som sker på Skaraborgs sjukhus i Skövde där man bygger ett nytt akut-, service och psykiatriblock, eller ASP som det även kallas. Arbetet med ASP-projektet påbörjades tidigt 2019 och vid november 2020 beräknas hela stommen för psykiatriblocket vara på plats.

I hela ASP-projektet har man använt sig av en särskild programvara, kallad Dalux, där samtliga beställare och leverantörer samordnat sina modeller i programvaran, från förstudie till bygghandling. Till detta har man vid ett fåtal tillfällen använt sig av VR-teknik och då specifikt i psykiatriblocket för att bland annat få en klar uppfattning om siktlinjer och för att inkludera verksamheten på ett sätt som känns tydligare än planritningar i 2D. P-blocket har dock legat före AS-blocket och har inte använt Dalux på samma sätt som AS-blocket. Vidare är samtliga block uppdelade i det som kallas för RFP- 1, 2 respektive 3. RFP 1 är behovsskedet, RFP 2 är funktionsskedet där man körde 2D-planritningar och i RFP 3 som är detaljplaneringen körde man 3D-projektering och gick igenom rummen och genomförde granskning. Det var i övergången mellan RFP 2 och 3 som VR-tillfällen ägde rum där syftet var att med hjälp av VR validera systemhandlingen innan övergången till bygghandlingen ägde rum.



Figur 9: Teamstation i programvaran Dalux som visar teamstationen i psykiatriblocket. Ett exempel på Desktop-VR visualisering. Visualisering illustrerar E-konsultens projektering.



Figur 10: Vy från väntrum i psykiatriblocket. VR-modell tillhandahållen av arkitektfirman Semren och Månsson

3.5.3 Nya vårdbyggnaden Malmö

Målet med studieresan till Malmö var att se vilka utmaningar och lärdomar de fått i nya vårdbyggnaden Malmö eller NSM som det även kallas, och hur integrationen av VR i byggprojektprocessen har hjälpt till. Av samtliga fallstudier som utreds på nationell nivå är denna fallstudie den tyngsta sett till hur mycket VR använts i byggprojektprocessen och vilken central roll tekniken har för att bland annat fånga upp och validera verksamhetens behov.

VR har huvudsakligen använts under framtagandet av kravställningen från verksamheterna, men även för att säkerställa att projekteringen av bygghandlingar har

genomförts på rätt sätt enligt kravställningen. Man har gått igenom färdiga våningsplan och utgått från olika frågeställningar från programhandlingen och att den implementerats i bygghandlingarna. Vidare har VR använts i detaljprojekteringen som ett extra verktyg för att kontrollera samgranskning av installationer och arbetsmiljöfrågor. Allt material har projekterats i 3D där samtliga VR-modeller är framtagna som direkta exporter från projektörernas arbetsmodeller, där även bygghandlingsritningar tagits ut.

3.5.4 Westside Medical Center – Portland, USA

I detta projekt byggdes ett radiologirum på sjukhuset Westside Medical Center, beläget i Portland, USA. Själva projektet var ingen nybyggnation utan en byggnation som innebar att bygga ut radiologirummet i det projektledaren på sjukhuset kallade för ”template building”. Detta innebar att sjukhuset i sig var fastighet- och verksamhetflexibelt nog att kunna möjliggöra för diverse verksamheter att flytta sin verksamhet i de lokalerna. I detta fall var det radiologiverksamheten. Projektet påbörjades maj 2017 och avslutades mars 2019 (Bowen, 2020).

Själva sjukhuset är en del av Kaiser permanente. En amerikansk sjukvårdskoncern som tillhandahåller vård åt tolv miljoner amerikaner och är USA:s tredje största privata vårdkedja. Organisationen består av tre mindre grenar; försäkringsbolaget (Kaiser Foundation Health Plan) vilket är organisationens huvudsakliga inkomstkälla, sjukhusorganisationen (Kaiser Foundation Hospitals) samt de läkarägda vårdklinikerna (Permanente Medical Groups). Kaiser foundation hospitals är den delen av organisationen som är ansvarig för fastighetsrelaterade frågor vilket inkluderar byggnation från tidig design och byggnation till underhåll.

Utöver detta sker all typ av designarbete av vårdlokaler internt, vilket innebär att leverantörer som arkitekt och projektör upphandlas samtidigt. Detta tillsammans med den tidigare nämnda template building, vilket utgår från diverse byggnations-mallar. Beroende på vilken typ av verksamhet som ska flytta in i ett visst Kaiser Permanent ägt sjukhus, innebär att sjukhuset har total kontroll över hela processen fram tills bygghandlingen påbörjas. Till detta har man även vid huvudkontoret i staden Oakland i Kalifornien ett större provhus där man testar olika planlösningar med berörd vårdpersonal och utför studier på vilken layout som är mest effektiv sett till verksamhetseffektivitet. Dessa tester utgör sedan grunden för de ”mallar” som organisationen tillhandahåller till samtliga egenägda sjukhus i samband med nybyggnation eller ombyggnation där syftet är att ta fram de bästa vårdlokalerna i denna miljö som sedan kan skalas upp och gälla för samtliga av Kaisers ägda sjukhus. I samband med byggnation av en vårdlokal bjuds sedan de mest erfarna och kunniga från berörd vårdpersonal in och är då verksamhetsrepresentanter vilka sedan tillsammans med arkitekt, projektör och projektledare tar fram den vårdlokal som är bäst lämpad för deras ändamål, med den erhållna mallen som grund.

3.6 VR-workshop

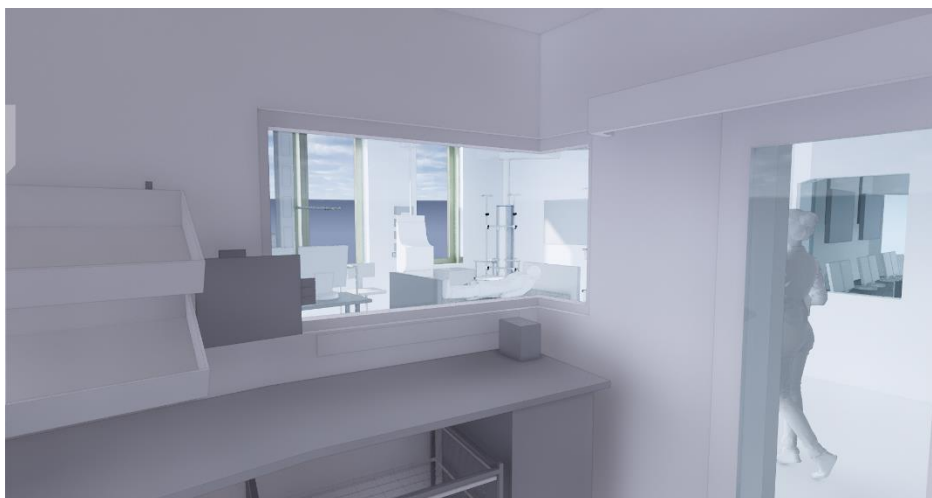
Baserat på de intervjuer som utfördes under besöket till NSM-projektet och intervjuer som ägde rum i samband med byggnationsprojekten i Uppsala, utformades det en workshop i VR-teknik för vårdpersonal på Akademiska sjukhuset. Även anställda på såväl Akademiska sjukhuset som FOS fick möjligheten att prova tekniken utifrån ett mer praktiskt sammanhang, där feedbacken dokumenterades och agerade som ett komplement till det intervjuarbete som hade gjorts. De VR-modeller som användes var Akademiska sjukhusets egna samt de tillhandahållna av Projtools, BIM-samordnare och VR-ansvariga i NSM-projektet. Modellerna tillhandahållna av arkitekten i Uppsala visualiserade intensivvårdsavdelningen (IVA) som ska byggas i ingång 70 i Uppsala och isoleringsrum i centralintensivvårdsavdelningen (CIVA). Modellen från Malmö visade en IVA-sal. Modellerna för Uppsala och Malmö kan ses i figur 11 respektive figur 12.



Figur 11: Isoleringsrum i CIVA i VR-modell, tillhandahållen av arkitektfirman Arkitema



Figur 12: Vårdrum i CIVA i VR-modell, tillhandahållen av arkitektfirman Arkitema



Figur 13: VR-modell av IVA med synvinkel från arbetsstationen. Modell av Projtools och arkitektfirman White



Figur 14: VR-modell av IVA. Modell av Projtools och arkitektfirman White

I och med att Covid-19-pandemin ägde rum vid skrivandet av denna rapport innebar det vissa begränsningar sett till hur workshopen kunde utformas. Bland annat innebar det att större folksamlingar inte var aktuellt vilket därför ledde till att workshopen begränsades till fjorton personer. Vidare innebar det även en tidsbegränsning på trettio minuter och inte en timme som Forsberg (2018) menar är en förutsättning för att få ut mest värde av en workshop.

Samtliga deltagare förutom berörd IVA-personal blev intervjuade (se bilaga 9.4). Detta angreppssätt att skräddarsy upplevelsen utifrån den deltagande personens behov är något som även Forsberg (2018) menar leder till en bättre förståelse för vad syftet med workshopen är.

Det gemensamma upplägget för samtliga deltagare var att visa alla VR-modeller, för såväl vårdbyggnationerna i Uppsala som vårdbyggnationen med IVA i NSM-projektet. Detta för att deltagarna skulle ha möjlighet att jämföra de två modellerna från varandra och kunna ge synpunkter på vad de bland annat upplevde som bra och mindre bra med respektive modell. Frågorna ställda till deltagarna gjordes då utifrån ett före- under- och efterperspektiv på workshopen. Detta för att få ett mer generellt perspektiv på hur deltagarna uppfattade kravställningsprocessen i dagsläget, hur de upplevde VR-tekniken i stunden det provades samt vilka förutsättningar som behövs för att VR skulle ha en roll i kravställningen och specifikt för att bemöta deras behov. Slutligen visades det även för vissa av deltagarna planritning i 2D. Varför en del deltagare och inte samtliga fick ta del av planritningarna grundar sig i att de berörda hade tidigare tittat på planritningarna och tidigare hade erfarenhet av det vilket gjorde workshopen mer effektiv rent tidsmässigt. Det bidrog även till att få en verklighetsförankrad tolkning av hur dessa personer skulle agera i ett scenario där VR-teknik skulle vara en del av Akademiska sjukhusets kravställningsprocess.

Tabell 10: Personer involverade i workshopen där samtliga blev ställda samma frågor för att fånga upp generella upplevelsen kring VR. Tabellen visar deltagande vård- och verksamhetspersonal samt om dessa granskade planritningen för CIVA-avdelningen.

Namn:	Roll:	Titta på planritning:
Sofia Stattin	Sjuksköterska	Ja
Ann-charlotte Claesson	Operationssjuksköterska - ortoped och anestesin	Nej
Joakim Burman	Överläkare - neurologen	Ja
John Berling	Säkerhetssamordnare	Ja
Lina Åkesson	Barnläkare - barnortoped	Ja
	Sjuksköterska	Nej

Gabriella Ählström		
Babett Jatzkowski	Sjuksköterska - ortopeden	Nej
Jessica Sundberg	Sjuksköterska - ortopeden	Nej
Ulla Danielsson	Undersköterska - ortopeden	Nej
Kalle Schölin	Läkare - neurologen	Nej
Viktor Näslund	Biträdande avdelningschef – Ortopedi- och handkirurgi – Verksamhetsrepresentant	Ja

3.6.1 Dedikerad VR-workshop för IVA-personal

För vårdpersonal verksam i IVA-avdelningen på Akademiska sjukhuset utfördes det även en mer verklighetsförankrad VR-workshop.

Den avgörande skillnaden mellan dessa dedikerade VR-workshops och de för den övriga verksamheten var att dessa deltagare skulle jobba på den arbetsplats vilken hade visualiserats i VR-modellerna. De synpunkter verksamheten tillhandahöll på plats till arkitekten under tillfället kom sedan att översättas till en reviderad modell som sedan visades vid ett senare tillfälle. Workshopen innebar även granskning av en RFP-relaterad ritning, varför detta inte åskådliggörs i det sammanställda resultatet (se bilaga 9.7), är för att det förutsattes att samtliga inblandade redan kunde tolka planritningar och fokus lades istället på de synpunkter de tillhandahöll via VR.

Verksamhetsdeltagarna som deltog vid workshop-tillfället kan ses i tabell 12.

Tabell 12: Verksamhetsdeltagare direkt involverade i CIVA-rummet.

Namn:	Roll:
Robert Kovax	Underskötare och medicinteknisk ansvarig
Eva Wahlbäck	Biträdande avdelningschef på CIVA
Britta Ulander	Undersköterska och medicinteknisk ansvarig

Tabell 14: Personer som ej var från verksamheten och som var direkt involverade i IVA-rummet.

Namn:	Roll:
Anders Fernlöf	Projektledare för verksamhet
Maria Askelöf	Funktionsplanerare från FOS
David Bergman	Arkitekt specialiserad på sjukvård och kontor

3.7 Intervju med konsulter ej involverade i fallstudierna

Syftet med att intervjua konsulter på leverantörssidan var för att bidra med en heltäckande bild av hur VR:s roll i byggprojektprocessen ser ut från olika leverantörers perspektiv. Dessa inkluderade företag som dedikerat en del av sin verksamhet till VR-teknik men även arkitektfirmor och entreprenadföretag, liksom forskare med

arkitektbakgrund som riktat sig in på vårdens arkitektur. Det mångsidiga perspektivet är menat att agera som ytterligare en dimension av uppfattningen VR-teknik har bland samtliga aktörer som tenderar vara involverade i byggnationen av en vårdlokal. Frågorna som därmed ställts till intervjuobjekten i detta kapitel är därför av en mer generell karaktär till skillnad från intervjuobjekten involverade i fallstudierna där frågorna skraddarsyfts med utgångspunkt från själva vårdbyggnationen som varit fallstudien.

4. Resultat

Inledningsvis presenteras den information som erhållits från samtliga intervjuer. Avsnittet börjar med att beskriva samtliga intervjuobjekts roll i de fallstudier som lyfts fram i kapitel 3.4 med bakgrund mot VR-implementering; hur de upplevde implementeringen av VR i deras respektive projekt, vilka utmaningar de såg med det, hur byggprojektprocessen var upplagd för samtliga aktörer och dylikt. Vidare presenteras resultatet som erhöles från deltagarna i den generella respektive dedikerade VR-workshopen för verksamheten vid ingång 70. Samtliga intervjuer beskrivs i löpande text.

Avslutningsvis redogörs även de svar som erhöles från konsulter från leverantörssidan som inte var inblandade i något av detta arbetes fallstudier. Då dessa inte varit involverade i något av fallstudierna görs det först en kortare presentation kring deras bakgrund och vilka typ av projekt de typiskt jobbat med för att sedan presentera deras uppfattning kring VR och vilken potentiell roll tekniken kan ha i byggnation av vårdlokaler.

4.1 Vårdbyggnationer på Akademiska sjukhuset

4.1.1 Ingång 100/101

Syftet med byggnationen av ingång 100 var att bygga för framtidens vård och är den enskilt största satsning som Region Uppsala gjort. Huset har utgått från patientens behov och detta syns bland annat i form av enpatientsrum och hur patienttransporter och besökare hålls åtskilda att skapa en lugn och trygg miljö med ökad integritet. Lokalerna har dessutom byggts på ett sätt som gjort de flexibla verksamhetsmässigt vilket möjliggjort bättre förutsättningar för olika typer av verksamheter att flytta in i huset, ifall det skulle vara aktuellt (Akademiska, 2020).

Maria Strid (2020) och Elvira Kustmark (2020) är ansvariga för flyttlogistiken respektive driftsättningen av ingång 100. Utifrån organisatoriskt perspektiv beskriver båda hur projektet präglats av flertalet utmaningar som inte alltid varit lätta att hitta orsaken till då det finns diverse påverkande faktorer; en byggnation som pågått i flera år vilket påverkat hur vårdbehoven förändrats med tidens gång, bristande dokumentation

gällande vilka verksamhetskrav Akademiska sjukhuset ställde mot FOS, balansen mellan personberoende behov och kravställning och vart den gränsen går beträffande beskrivning av grundbehoven och dylikt (Kustmark och Strid, 2020).

Vidare lyfter Strid (2020) värdet av att lyckas visualisera ritningar på ett enkelt sätt för slutanvändarna. Främst för att hjälpa till att skapa en gemensam bild och realistiska förväntningar på slutresultatet. Detta för att undvika sena och kostsamma ändringar på grund av missförstånd. Hon fortsätter med att beskriva hur detta är särskilt viktigt vid nybyggnation då slutanvändarna inte har någon byggnad att relatera till som vid renoveringar av befintliga byggnader.

”Långa ledtider har inneburit att många verksamhetsrepresentanter och chefer har bytts ut vilket försvårat spårbarheten, beslut och historik.” (Strid, 2020).

Kustmark (2020) poängterar även vilket ansvar verksamheten vid den tiden hade gentemot FOS; *”Idealt hade verksamheten drivit projektet på ett annat sätt. Verksamheten hade kunnat listat till FOS kraven mer tydligt på vad som gäller för att verksamheten ska fungera. Några av verksamheterna har fått vara med i designprocessen och kunnat tydligt redogöra vilka krav de haft. Tekniktunga verksamheter såsom strålbehandling har fått vara med i designfasen vilket visat sig vara effektivt då verksamheten fungerat bättre i slutändan. Det är en övervägning dock mellan vad verksamheterna vill ha och hur lokalen ska designas på ett sådant sätt som gör den framtidssäker och ”öppen” för olika typer av verksamheter.”*

Emma Eklöf (2020) som jobbar som biträdande projektchef för Region Uppsala och som agerade som arkitekt under byggnationen av ingång 100 beskriver hur det främst är organisationsförändringar som orsakat de problem som dykt upp först i senare skeden av projektet och vid inflyttning. *”Det var bra att programkontoret kom till. Otydligt innan; även om man säger att lokalplaneringen ska skötas av FOS så behöver sjukhuset bestämma över sina lokaler. Det var otydligt då tidigare när vem som sade vad. Det har blivit mycket tydligare med programkontoret. En enskild verksamhetsrepresentant kan inte skicka in en programändring och säga hur de vill ha det, utan det behöver i ex. ingång 70:s fall passera genom projektledaren och sedan programkontoret. Även den politiska processen har styrts upp och blivit mycket tydligare och det finns paralleller där. Det behöver oavsett fall finnas en balans mellan utförare och kravställare.”* (Eklöf, 2020)

På frågan om vilka lärdomar Eklöf (2020) drog av projekt som ingång 100 svarade hon på följande sätt: *”mina största lärdomar är just organisationsrelaterade frågor; hur viktigt det är att redan tidigt vara tydlig med organisation och författning och mandat och gör det tydligt för alla i organisationen. Sedan dokumentera. Sett till sjukhusprojektperspektiv så är det komplexitet och svårigheten över tid. Det kan vi se i samtliga projekt, det händer saker som är svåra att förutsäga.”* (Eklöf, 2020)

I relation till generell kravhantering menar Lena Lundberg (2020), funktionsplanerare på FOS, att man tittat mycket på ingång 100 när man planerat andra vårdbyggnationer. Lundberg (2020) själv kom in på ingång 100 projektet ganska sent då man hade kommit rätt långt i projektet. Vid det laget hade man haft tre möten för kravställningar och tre möten för ritningen och sedan stämde man av det och bestämde att man var klar i tidigt skede. Hon fortsätter med att berätta: *”När det hade stämts av sattes det igång med projekteringen och man var tvungen att gå tillbaka och ställa frågor till verksamheten. Man hamnar tillbaka på det oavsett; måste kunna ställa frågor till verksamheten.”* (Lundberg, 2020).

Sett till vilken potentiell påverkan VR-teknik hade kunnat haft i ingång 100 projektet är samtliga intervjuobjekt överens om att teknikens roll i ett tidigt skede hade kunnat vara betydande för att tillhandahålla förståelse sett till dimensionsuppfattning och inkludering av verksamhet. Lundberg (2020) trycker på hur det i många fall när det utgår från planritningar inte är tydligt hur det är placering av utrustning, hur trångt det faktiskt kan bli och att skymda siktlinjer är svåra att visualisera på en 2D-planritning. Askelöf (2020) betonar även faktumet att verksamhetens bakgrund inte grundar sig i byggnation då det inte är deras kunskapsområde vilket gör att man inte kan kräva av de att de ska förstå sig på ritningar.

Enligt Thomas Lennartson (2020), ekonom på Akademiska sjukhuset, hade VR kunnat agera som ett verktyg för att stämma av RFP som gjort och bygghandling då han menar att det är först i samband med att man flyttar in som man får se byggändringar. Han betonar hur viktigt det är att fånga kravställningen från beställaren i tidigt skede av byggprojektprocessen men också hur det kunde agerat som ett dialogsverktyg mellan verksamheten och FOS: *”Innan arkitekten gjort sitt första förslag utifrån någon kravställning, där kanske kan VR komma in. Det är mycket pengar man sparar då man har ett färdigt underlag och gör det enkelt för projektörerna. Samtidigt bör FOS kunna säga att det blir för dyrt fastighetstekniskt, för att markera och kunna möta varandra (Akademiska sjukhuset och FOS). De har sina tekniska krav, vi har våra verksamhetskrav. Hur kan vi mötas dialogmässigt?”*

4.1.2 Ingång 70

Anders Fernlöf (2020) och Maria Askelöf (2020) jobbar som verksamhetens projektledare respektive funktionsplanerare vid ombyggnationen av ingång 70 på Akademiska sjukhuset. Som tidigare nämnt är ingång 70 i behov av ombyggnation och modernisering och renoveras därför i tre etapper och får nya planlösningar. Vidare, i syfte att öka integriteten hos patienterna och minska risken för smittspridning, har det byggts enpatientsrum på verksamheterna tillhörande kirurgin och ortopedin. Även en ombyggd IVA-avdelning och administrativa ytor är en del av ingång 70:s ombyggnation.

Fernlöfs (2020) övertygelse är att de tack vare VR och provrum undvek bygga något som vore helt värdelöst. Han tror samtidigt att VR inte hade kunnat ersätta provrummet

men att man med hjälp av VR möjligtvis hade kunnat spara in upp till ett halvår i tid under fasen det argumenterades över huruvida det var för trångt och att visa detta i legomodeller. Komplexiteten i att utföra övergången från två till en-patientrum utan att bygga om och växla mellan dessa typer av vård som tillhandahålls, är dessutom något som inte gjorts tidigare. Detta bidrar till ytterligare en dimension av svårighet att veta vad som fungerar eller inte fungerar med endast ett provrum säger Fernlöf (2020). VR har framför allt en roll av att validera det man byggt i provrummet och testa att det verkligen fungerar, exempelvis hur det gjort möjligt att upptäcka vilken typ utrustning som behövdes i närheten av verksamheten när de jobbade på dessa ytor, liksom upptäckten av felplacering av handdukskrokar eller hållare för handskar. *”Detta går inte att se via ritningar då det är detaljerna som inte syns visuellt. Vilket hus res respektive avdelning ska vara placerad i och vilka verksamheter som ska flytta in i avdelningen ligger på programnivå. Det finns inte riktigt någon som fångar upp de mindre detaljerna.”* (Fernlöf, 2020)

Själva VR-implementeringen i projektet kom till kort tid efter byggnation av provrummet vilket initialt byggdes när Fernlöf (2020) hade argumenterat för bygget av ett provrum. Argumentet att betala för VR-teknik utöver provrummet visade sig vara enklare än övergången som ägde rum mellan legomodellerna och provrummet. Själva VR-ritningarna är dels på provrummet, dels på hela avdelningen som beställts från arkitektfirman.

Fernlöf (2020) fortsätter han med att berätta hur Akademiska sjukhuset och FOS i samband kommit överens om en gemensam förstudie som båda organisationerna tycker om, leder till upphandling där det är FOS som skriver kravspecifikationerna. Just denna tidpunkt enligt Fernlöf (2020) är då man märkt i dagsläget hur man från sjukhusets sida behöver vara mycket mer aktiva så det inte blir FOS som sätter samtliga krav. Han poängterar dock att Akademiska sjukhuset blir mer initiativtagande och FOS mer inbjudande. *”Akademiska sjukhuset och FOS behöver vara överens om vad det är som ska byggas. Sjukhuset som en förvaltning och FOS som en förvaltning kan inte ha olika syften. Detta har vi även märkt i byggnationer som lett till sena byggändringar. Ju mer anpassningar man behöver göra efter inflyttning, desto mer facit är det på att man inte vet vilka ska flytta in.”* (Fernlöf, 2020)

Kontinuiteten att behålla samma nyckelpersoner under byggnationsprojektets gång är en förklaring enligt Fernlöf (2020) till varför ingång 70 om byggprojektprocessen varit lyckad i många avseenden. Askelöf (2020) berättar dock hur det kan vara svårt att behålla samma personer vid längre projekt som sträcker sig över tio år. Byten av projektledare är inte vanligt vid kortare projekt men vid projekt som löper under längre perioder är det inte ovanligt att projektledaren byts ut, liksom entreprenörer och projektörer. Bygget kan även alltid säga nej om de exempelvis anser att byggnationen blir för dyr.

Viktor Näslund (2020), verksamhetsansvarig för ortopedin och som representerar ett av de tre verksamheter som ska flytta in i ingång 70, håller med Fernlöf (2020) och

Askelöf (2020) om att VR kan skapa en känsla av inkludering: *”Att se en ritning på en vägg säger ju inte så mycket – det är inte det man behöver. VR hade kunnat vara ett medel som får en att förstå hur det faktiskt kommer se ut.”* (Näslund, 2020)

Verksamhetsrepresentant Näslund (2020), menar specifikt att VR-teknik i planeringsstadiet är något sjukhus skulle vinna på. Han menar då hur den arbetsmetodik som äger rum idag med att anpassa lokalen utifrån de verksamheter som ska flytta in först efter att lokalen är färdigbyggd är något som inte alltid är gynnsamt för verksamheten. Utöver igenkänningsfaktorn som verksamheten kan ta del av via VR innan lokalen står färdig menar Näslund (2020) att det även kan bidra med förståelse för vilka arbetsflöden som är optimala när placering av bland annat utrustning sker i den virtuella miljön.

Näslund (2020) erkänner även att det ligger på verksamhetsrepresentanter som han själv att förmedla det som diskuterats på verksamhetsmöten likt det han och övriga verksamhetsrepresentanter för ingång 70 har tillsammans med Fernlöf (2020) och Askelöf (2020) och att denna process att ”ta hem” information som diskuterats på verksamhetsmöten till den egna verksamheten och att det underlättas ifall det finns en strukturerad form av kommunikation vilket han upplever i dagsläget. Tillgängligheten av såväl Fernlöf (2020) och Askelöf (2020) menar Näslund (2020) har gjort det enkelt att veta vem han och övriga verksamhetsrepresentanter ska vända sig till beroende på vilken typ av fråga de vill diskutera.

David Bergman (2020), arkitekt för ingång 70, berättar hur VR använts som en del i projekteringen under system- och bygghandlingsarbetet. Det har då agerat som ett komplement till provrum och planritningar. VR-implementering har enligt Bergman (2020) varit ett bra komplement i samband med inredning av utrustning. På frågan när han anser det vara lämpligt att introducera VR senare i programfas eller tidig systemhandlingsfas: *”Ofta behöver vi börja med att lägga det grova pusslet med ytor genom planritningar och sektionsritningar innan vi har tillräcklig information för att få nytta av en VR-modell. Sent i programfas eller tidigt i systemhandlingsfas passar det bättre att börja med VR.”*

4.2 Nya vårdbyggnader Malmö

Christoffer Andersson (2020), BIM-samordnare från Projtools och ansvarig för att hålla i VR-workshops i NSM byggnationen berättar hur det är tydligt att se värdet VR har tillfört till projektet. Funktionsplanerare, verksamhetsansvariga och projektledare har visat sig vara väldigt medgörliga, där han menar framför allt hur funktionsplanerarna varit drivande i dialogen att få med verksamheten.

Jörgen Andersson (2020), projektledare för verksamheten, berättar hur man från beställarsidan haft möten som skett utifrån en medveten strategi; informationsmöten och uppstartsmöten. Han menar att det behöver vara ett pedagogiskt upplägg och då handlar det om att ha mycket personlig kontakt och dokumentera ordentligt. Han betonar dock

att både verksamheterna och programkontoret saknar erfarenhet av storskaliga byggen såsom NSM-bygget, vilket medfört utmaningar. Jörgen (2020) påpekar dock att det inte heller förväntas alla inblandade ska ha erfarenhet av dessa byggen.

Tillsammans med digitaliseringsansvarig på Region Skåne har Projtools sett ett behov och tagit fram processen kring VR. Detta gör Projtools som en del av deras uppdrag i NSM. När processen var klar så initierades VR i verksamhetsprocessen tillsammans med verksamhetsledarna (Andersson, 2020). Detta ägde rum i processen kring programhandlingsstadiet. När man hade ritningar att visa upp och hade uppnått en viss detaljeringsgrad, där detaljeringsgrad innebar det som inte var byggnadspåverkande, bestämde man sig för att använda sig av VR.

Från beställarsidan har VR-implementering främst inneburit användning av ett verktyg som möjliggjort upptäckt av onödiga fel där provrummet har varit som komplement till VR. Liksom Christoffer Andersson (2020) håller Jörgen (2020) med om att tekniken lett till att verksamheten känner sig mer inkluderad och får en lättolkad version av ritningen. En annan fördel har varit att kunna bygga upp virtuella miljöer på väldigt stor skala för en bråkdel av vad det kostar att hyra eller köpa ett provrum eller provhus. I detta fall berättar Jörgen (2020) att man använt sig av hela lokaler som man hyr i utkanten av Malmö stad vilket använts som provrum. Jörgen (2020) fortsätter med att berätta att det är svårt att säga hur mycket man sparar in på att använda VR, men att det är möjligt att kravställningen blivit mer korrekt. Samtidigt säger han hur det från hans perspektiv som projektledare varit tydligare fördelar med provrummen än med VR.

På frågan när det passar att införa VR i byggprojektprocessen svarar Jörgen (2020) på följande sätt; *"Först måste det vara klart med behovsanalysen. Vad är uppdragsanalysen? Sedan behöver man ha ritningar på standardnivå. Det går inte att börja med VR från början då det inte finns något att visa. Modellen behöver baseras på något. Man måste kommit en bit innan man implementerat VR; när man kommit till standardnivå (kravställningen). Standardnivå innebär en viss detaljeringsgrad. När kravställningen är klar kräver projektering en viss hantering."* (Jörgen, 2020)

Denna åsikt delas av Astrid Hansson (2020), lokalplanerare NSM vårdbyggnader, som menar att VR-implementering hade idealt skett i tidigt stadie av programfasen av byggprojektprocessen. Ytterligare ett argument enligt henne att införa VR i det tidiga stadiet då man låst dimensionerna av rummet är att det går snabbare att revidera i en VR-modell jämfört med provrum. Hon berättar hur om man kommer snabbt in med VR i projektet blir det dessutom billigare än provrum. Hon menar att det är framför allt viktigt för verksamheten att kunna se och uppfatta hur rummet kommer se ut med dess utrustning och inredning. Hon fortsätter med att beskriva hur man i provrummet däremot fysiskt kan känna av rummets inredning och dess utrustning på ett sätt som idag inte fungerar med VR. Exempelvis går det att känna om man får en vass hyllkant i ryggen eller om man slår huvudet i en IVA-pendel. Den fysiska upplevelsen saknas än så länge i VR, vilket hon ser som utvecklingspotential.

Svårigheten att skapa sig en rumsuppfattning utifrån ritningar är något som även verksamhetsrepresentanten Kajsa Skoog känner igen. På IVA har man därför börjat med en enkel VR-modell och arbetat utifrån den och itererat modellen successivt. Det tomma, icke-fastighetspåverkande, rummet fick avdelningen ta del av vilket de upplevde som ”verkligt” enligt Sjöström (2020). Skoog (2020) fortsätter med att beskriva hur deltagare i VR-sessionerna vid varje tillfälle upptäcker något nytt: *”Det minimerar stora överraskningar”* (Skoog, 2020).

Det generella upplägget kring hur VR-implementeringen tillsammans med verksamheten går till skiljer sig åt beroende på bland annat i vilket typ av rum man kollar på, hur långt man kommit i byggnationen och huvudsakligen vilka typer av frågeställningar som är aktuella. I vissa fall med exempelvis operationsrum var flertalet möten bokade under flera veckors tid och för vissa andra ytor endast ett möte. Andersson (2020) har pushat för att man måste ha tydliga frågeställningar så att man kan få ut det mesta av möten, något som har gällt ända sedan VR implementerades i projektet.

På frågan om vilka behov man fångat upp svarar Andersson (2020) att det inte bara är fastighetsdimensioner utan även flöden av våningsplanen, siktlinjer från arbetsstationer och inkludering av verksamheten. Vidare berättar han att en anledning till att VR implementerades i projektet var för att involvera verksamheten och ta hänsyn till deras behov och krav så att de kan använda ett nytt verktyg att arbeta med. Det har inneburit kvalitetssäkring och validering av att verksamheten är på rätt spår och att det man kommit överens med arkitekten om stämmer. En annan stor fördel säger han är att VR kan komma in väldigt tidigt i ett projekt, redan vid behovsanalysen. Detta är något som inte alltid är fallet med ett provrum sett till den tid det tar att bygga upp ett verkligt rum jämfört med dess virtuella motsvarighet. Den korta inlärningskurvan är ytterligare en positiv faktor; *”verksamheten har inte behövt gå någon utbildning utan man har istället haft ett introduktionsmöte där verksamheten fått testa VR och känna på hur det känns.”* (Andersson, 2020)

”Det du ser är det du får; största styrkan ligger i dimensionsuppfattningen. Även om deltagarna vid en VR-workshop lämnar mötet med något annorlunda tolkningar kring det de fått uppleva, är dessa tolkningar mer lik varandra i jämförelse med den bredd av olika tolkningar som uppstår i samband med planritningsgranskningar.” (Andersson, 2020).

Bland de krav som Projtools ställt på övriga aktörer i projektet är att om programkontoret, SUS, vill ha VR, så gäller det att de tar kontakt med Projtools i god tid och att verksamhetspersonal följer de riktlinjer och diskuterar kring de frågeställningar som ska diskuteras för det aktuella VR-tillfället. Detta är även något som Andersson (2020) rekommenderar till andra leverantörer som kan tänkas ha en liknande roll som de själva i att implementera VR till en beställare som ett sjukhus; *”Det gäller att styra processen och det hänger på förberedelserna och planering så att*

man har rätt frågeställningar. Det finns en risk annars att det uppfattas bara som "cool" (Andersson, 2020).

På frågan om vilken roll VR har i relation till provrum och provhus beskriver Andersson (2020) att man inte kan välja bort provrum. Det går inte att kolla allt i VR säger han och menar att det gäller att ha en utvärderingsprocess med även provrum och provhus så att man vet vad vill få ut av det. Vidare blir det i VR-modellerna exempelvis ingen naturlig rörelse i form av inget motstånd, när man exempelvis flyttar en sjukhussäng. Detta förklaras av att interaktionen mellan olika material i VR blir onaturligt vilket gör att man exempelvis i vissa frågeställningar kan se nyttan med provhus och provrum på ett mer påtagligt sätt. Dock har Projtools utrett vilka typer av möjligheter det finns för att integrera flertal användare i samma VR-modell. Bland det som undersökts har det dock visat sig att systemet snabbt blir instabilt vid större modeller. Problemet grundade sig enligt Andersson (2020) på en osäkerhet kring hur renderingsprocessen klarar av högre nivåer. Han berättar vidare att han tror att det säkerligen går att utveckla tekniken i just den aspekten men att tekniken inte mognat än. Utöver det var programvaran som möjliggjorde flera användare inte särskilt nybörjarvänlig, vilket Andersson (2020) menar hade försvårat integreringen av sådan VR-tillägg i detta projekt ytterligare då verksamheten som i dagsläget deltar på VR-tillfällen inte har stor vana av teknik.

En utmaning med att implementera och projektera helt i VR i senare skeden av projekteringen är att samgranskningsmodeller i VR, där teknikkonsulter och andra leverantörer såsom konstruktörer och arkitekter kan gå in i modellen, i dagsläget är väldigt tunga filer, vilket inneburit att det inte varit möjligt att implementera samtliga projektörers filer i en och samma VR-modell.

Andersson (2020) tycker att datorer liksom grafikkort behöver bli bättre då grafikkorten inte klarar av att rendera i realtid. För vissa byggnader fortsätter han med att berätta att man gjort dessa i 3D modeller, där man bryter ned olika avdelningar för att rendera utan att det blir för tungt. Detta är något som fungerat riktigt bra och något som Projtools tror på. Andersson (2020) anser att det inte behövs bättre hårdvara i dagsläget utan snarare handlar det om att effektivisera möten och workshops, som är oberoende av tekniken. Detta märks särskilt i kommunikationen med White där det enligt Andersson (2020) gäller att ha framförhållning då det tar ungefär två till tre veckor att få fram iterationer av VR-modellerna.

Från arkitektsidan förklarar Nadia Mohrmann, arkitekt på White och kollega till Skarin (2020), följande; *"Vi har sett att det är väldigt svårt för vårdpersonalen att avläsa ritningar och där har de VR gjort det enkelt för de att förstå sig på vad vi modellerat. Det är riktigt bra granskning för de o i det avseendet har VR liksom 3D modeller varit väldigt hjälpsamt i det avseendet."* (Mohrmann, 2020) Hon fortsätter med att berätta hur det som oftast upplevs som "självklat" för arkitekten sett till visualisering i huvudet av hur något kommer bli, oftast inte är fallet för vårdpersonal.

På frågan på när det passar att införa VR i ett projekt svarar hon på följande sätt:
”Exempelvis när sjukhuset satt ihop ett rumsfunktionsprogram och att det diskuteras utifrån denna hur man ska gå tillväga genom att arkitekterna exempelvis ritar fram förslag som man diskuterar utifrån den lista av behov som sjukhuset lägger fram.”
(Mohrmann, 2020)

Idealt hade Mohrmann (2020) velat använda VR på ett sådant sätt som möjliggör att alla projektörer lägger upp sina respektive filter på en gemensam portal; där allt från ljusknappar och dylikt som inte syns på ritningar är inkluderat. Ett samordningsverktyg för att se vilka discipliner som möjligtvis krockar med varandra. I dagsläget saknas detta och det finns inget bra sätt att visa alla projektörers arbete i en VR-modell, där alla projektörer är länkade. Avsaknaden av ett samordningsverktyg uppbyggd på detta sätt har enligt Mohrmann (2020) lett till att verksamheten i samband med VR-sessionerna ställer frågor som rör placering av exempelvis styrpanel och att de inte kan se belysningen. Verksamheten enligt henne förstår hur arkitekten jobbar men förstår inte det hänger ihop med övriga installatörer. Här finns det förbättringspotential berättar hon. I dagsläget träffar verksamhetsrepresentanterna arkitekterna och sedan samtliga berörda installatörer och har inget sätt att förstå hur allt hänger ihop. Då VR-modellen inte har någon installatör-visualisering för samtliga installatörer inblandade i projektet blir det därmed svårt för verksamheten att verkligen förstå vad de får.

4.3 Psykiatriblocket – Skaraborgs sjukhus i Skövde

Henrik Gustavsson (2020), projektledare för psykiatriblocket på byggnationen vid Skaraborgs sjukhus i Skövde, har suttit i RFP-relaterade möten tillsammans med arkitekterna och verksamhetsrepresentanter som innefattat visuella planeringsmöten. Bland de mer intensiva faserna av byggnationen satt Gustavsson (2020) en gång i veckan hos arkitekterna. Möten med verksamheten har varit 6-7 möten i varje fas, vilket inneburit 1-2 stycken möten per vecka. Däremellan har det även varit säkerhetsmöten och diverse möten med olika arbetsgrupper. Nu är man i produktionsfasen då projekteringen av psykiatriblocket är över.

Den 3D-baserade programvaran som använts i byggnationen, Dalux, har agerat som en programvara vilket gjort det möjligt för alla från verksamhetsrepresentanter till entreprenörer ta del av de ändringar som sker. Dock har psykiatriblocket legat före i tidsplanen och inte jobbat med programvaran på samma sätt som Akut och Service blocket. Upplägget är i stort sett samma för samtliga block i Skaraborg sjukhus dock; RFP 1 vilket representerar behovsskedet, RFP 2 är funktionsskedet och RFP 3 är detalj. Under RFP 3 körde man 3D-projektering och gick igenom rummen och genomförde granskningen.

Gustavsson (2020) berättar att man hade en tydlig agenda som han och Anna Arvidsson (2020), ansvarig arkitekt för psykiatriblocket, hade och i och med att Gustavsson (2020) satt varje vecka med arkitekten så kände verksamheten att de kunde vända sig till Gustavsson (2020) för att ta tag i de verksamhetsberörande frågorna. Håkan Ganelind

(2020), verksamhetsrepresentant för psykiatriverksamheten, jobbade tätt med Gustavsson (2020). Dock menar Gustavsson (2020) att närvaron av teknikkonsulter i ett flertal möten där verksamhetsrepresentanter närvarade kanske inte alltid var nödvändig och drog exemplet med hur det inte är relevant för teknikkonsulterna hur kroklistor flyttas runt.

På samtliga RFP möten har Ganelind (2020) samt ytterligare en person från verksamheten deltagit. Den röda tråden har varit att Ganelind (2020) alltid varit närvarande; de som bytts ut har berott på vilken verksamhet man går igenom. Exempelvis om det handlat om säkerhetsansvarig på psykiatrin, skyddsombud, enhetschefer och dylikt. Dock betonar Gustavsson (2020) att psykiatrin inte är lika tekniktät som de övriga blocken.

När man gjort övergången från RFP 1 till RFP 2, under systemhandlingen, diskuterade Ganelind (2020) och Gustavsson (2020) hur det kan vara svårt att uppskatta rumsdimensioner utifrån ett papper. De trodde inledningsvis att man byggt för små utrymmen och kom därför överens om att bjuda in verksamheten till en mäsas de med hjälp av VR-glasögon kunde gå runt i byggnaden, på innergårdarna, se olika delar av byggnaden och liknande. Dessa var då avskalade modeller utifrån den BIM-baserade programvaran Solibri, där syftet var att se bland annat dolda vinklar. Mellan RFP 2 och RFP 3 gjorde man samma sak med skillnaden att modellerna var mer detaljerade gällande bland annat möblering. Sedan skulle man visa den fullskaliga modellen vid ett tillfälle under mars 2020 men detta ställdes in på grund av Covid-19 pandemin.

På frågan om varför det inte användes mer VR i projektet svarar Gustavsson (2020) att det främst handlade om okunskap. Nu känner man dock mer trygghet med det i och med att man jobbat med det. *”Nu har jag fått en minnesbild av att det blev som jag visualiserade det, vilket fått mig att lita på att tekniken är tillförlitlig. Därför räknar vi med att till nästa projekt införa VR i ett ännu tidigare skede, så att det blir en schematisk syn av byggnaden och har fortfarande den här överbyggnadsfasen och sakta fasa ut 2D-ritningar och införa mer 3D-modeller.”* (Gustavsson, 2020). Ganelind (2020) berättar även hur VR-användandet började initialt med endast en arkitekt och i efterhand ökade intresset från arkitekterna att driva vidare VR-frågan.

Gustavsson (2020) fortsätter med att berätta dock hur VR trots den upplevelse och det engagemang det tillför verksamheten inte innebär att man bör projektera utifrån det. *”Tekniken behöver komma längre fram så att exempelvis hela gruppen står i virtuella rummet. Då tror jag att sådana komplexa rum som OP-rum kan ha stor nytta av VR som ett underlag till det man precis projekterat och validera det. Man behöver växa in i tekniken.”* (Gustavsson, 2020)

Användning av mer VR är inte något som är aktuellt säger Gustavsson (2020) och berättar att programvaran Dalux har fungerat bra för att få in allt. Han trycker dock på hur rumsuppfattning på en skärm är svår och att VR har varit helt oslagbart i det avseendet. Samtidigt menar han att rummen i psykiatrin inte är särskilt tekniskt

komplikerade då psykiatrin ska vara en miljö som är vårdande. Samtidigt innebär det att suicidrisken är svår att fånga upp i VR, då man behöver gå runt exempelvis med ett snöre och slänga i olika delar av rummet. I det avseendet har provrum varit väldigt hjälpsamt i att projektera om många saker. ”i AS blocket kanske är frågeställningen istället hur mycket utrymme man har runt viss utrustning och hur långt det kan vara till skåpen, varvid för oss handlar det snarare om dolda vinklar och rumsuppfattning på en större skala.” (Gustavsson, 2020)

Anna Arvidsson (2020), handläggande arkitekt för en del av psykiatriblocket, berättar om balans mellan att nå en huslösning som är exakt vad verksamheten vill i dagsläget och att presentera något som är mer av en allmän lösning som kanske är mer långsiktig. Arkitektfirman kan då ge olika förslag som pekar i olika riktningar.

Provrummet var även något som kom till stor användning enligt Arvidsson (2020). Hon har då arbetat främst med slutenvårdsavdelning, där det är många rum som är lika varandra och där rumsdimensioneringen är viktig. Detaljer såsom ytskikt, detaljer, vilken toalettpappersrulle man ska ha och var duschen ska sitta är sådana aspekter som är viktiga att ta hänsyn till för att skapa goda ergonomiska förutsättningar för personalen. Diskussioner fördes även kring att skapa fysiskt suicid- och personsäkra rum så att man inte ska exempelvis kunna hitta en krok att hänga sig på eller att det finns glas som man kan krossa och använda som vapen. Väldigt många detaljer var då viktiga där och då ville man ha ett provrum för att se hur man exempelvis skulle montera alla redskap, klämma och känna och försäkra sig om att det skulle bli så bra som möjligt. För denna detaljnivå, för att exempelvis kunna känna på det sättet eller fysiskt lägga sig ned på ett visst sätt i rummet, anser Arvidsson (2020) vara en av de främsta anledningarna till att det är bättre att köra på ett fysiskt provrum i detta fall, framför ett virtuellt alternativ. Att exempelvis kunna diskutera kulörval och fönsterbrädor är ett viktigt komplement till VR-versionen. Vissa saker enligt Arvidsson (2020) går helt enkelt inte riktigt att återuppleva i VR.

På frågan när det kan vara lämpligt att införa VR i ett byggnationsprojekt svarade Arvidsson (2020) på följande sätt: ”Ju mindre frågan blir sett från ett storleksperspektiv, desto svårare blir det med VR nästan. Blir svårt att uppleva djup i rum på rätt sätt ibland. Ju större rummet är, desto lättare och rättvisande blir VR-modellen. Exempelvis en städskrubb ger inte så mycket, då det blir svårt med avstånd och rumsuppfattning. Beror även förstås på vilken fråga man vill diskutera.” (Arvidsson, 2020)

På frågan om huruvida VR är en bra början på ett projekt svarar Arvidsson (2020) att det kan vara svårt att börja med VR ifall man inte har ”stommen” för något i exempelvis en färdig 3D-modell. Hur tidigt man kan implementera VR beror på detaljnivån i modellen man vill uppnå. VR-implementeringen skulle då ske lagom tidigt i programskede beroende på vilka frågeställningar man har.

4.4 Westside Medical Center – interventional radiology – Portland, USA

Ian D. Bowen (2020) agerade projektledare för verksamheten, i samband med byggnationen av radiologirummet på Sjukhuset Westside Medical Center i staden Portland, USA. Rollen innebar att han representerade sjukhuset gällande design och entreprenörsrelaterade aktiviteter. Han anlät arkitekt och entreprenörer, jobbade internt med att utföra behovsanalysen och fånga upp verksamhetens behov, och översatte dessa behov till arkitekten. Kort sagt ansvarade han för faserna mellan design och upphandling av leverantörer till inflyttning och var då nyckelperson mellan samtliga leverantörer och sjukhuset.

Projektet sattes igång med ett kick-off möte där projektledare, arkitekt och entreprenör närvarade. Projekt enligt Bowen (2020) börjar typiskt sett med entreprenör, arkitekt och en projektledare som Ian själv.

Utöver ovannämnda möte berättar Bowen (2020) hur det även hölls möten under olika faser av projektet för att säkerställa att samtliga aktörer var med på samma blad och att det inte fanns utrymme för misstolkningar bland såväl leverantörer som sjukhuset. *”If you get individuals to work effectively together you are able to deliver the thing you want much cheaper and faster and with a lot less headache if the team hadn’t been able to go along very well.”* (Bowen, 2020)

Varför man började jobba med entreprenörsföretaget Mortenson och deras VR-tjänst grundar sig att man ville testa något nytt och som potentiellt kunde spara de mycket pengar: *”We wanted to explore and had never done it before. From the marketing side it was beneficial as well. But it started initially with starting it out and see if it could bear any fruit. I was also thinking that it would make us avoid building any physical mock-up. Ultimately, I think the value proposition I would sell other hospitals, is that it would enable the end-user to understand what they would get and how to do that effectively. Historically that has been a challenge. And having individuals understand what’s on a line-drawing, without being trained on those things. It’s also a way to avoid changes that you would have to work into the project later on. That’s how you would avoid spending money; by putting something in place and having to change it because it’s wrong. And it’s wrong because of that understanding, because we have different understanding of what’s drawn on the line drawing. The choice to go with VR was to drive that understanding. It is much more intuitive to understand the space you are in if you could walk up to things. People understand the 3D models way more than the line drawings.”* (Bowen, 2020)

På frågan hur ofta VR användes berättar Bowen (2020) att det skedde i designfasen av projektet, då man övergick från 2D-ritningar till 3D-modeller. Själva VR-sessionerna var begränsade till tre tillfällen på ungefär tre timmar per tillfälle där deltagarna fick närvara på Mortensons kontor. Där fick berörd vårdpersonal såsom läkare och sköterskor sätta på sig VR-glasögonen och tillfrågades bland annat om huruvida de hade

tillräckligt mycket med utrymme att röra sig runt fysiskt och utrymme för att kunna interagera med VR-modellerna. Sedan blev deltagarna presenterade olika arbetsscenarios de kan tänkas ha som en del av sin verksamhet. På så sätt menar Bowen (2020) att man kunde undersöka eventuella byggnadsrelaterade ändringar som behöver göras. Det visade sig att det i slutändan inte behövdes utföras några byggnadsrelaterade ändringar baserat på dessa VR-tillfällen. Bowen (2020) lyfter även fram faktumet att dessa VR-modeller utgår från att rumsfunktionerna och rummets dimensioner är låsta och att detta möjligen kan vara en påverkande faktor när VR implementeras: *"It is not like you are starting from scratch. You have all of the logic embedded in the design. If I did this in a brand-new organization that didn't have this direction, it would be a longer process. I don't know if the VR implementation would be longer, but the functional program would probably require more time prior to getting into design."* (Bowen, 2020)

På frågan när det är idealt att använda sig av VR besvarar Bowen (2020) på följande sätt: *"I would say design-development. That stage where you have locked your floor-plans."* (Bowen, 2020)

Den verklighetsförankrade upplevelse VR tillhandahåller deltagarna är något som inte alltid är lika lätt att återuppleva i ett provrum berättar Bowen (2020). Han drar exemplet med hur friheten med att ett företag som Mortenson gör det möjligt att ta del av diverse sjukhusutrustning i 3D-medium och hur det hjälper de att snabbt sätta upp virtuella scenarios som i ett provrum hade åtagit mycket mer resurser. Detta sker oftast i form av kartonger som exempelvis representerar pendlar: *"Given the context from a clinician standpoint in what we try to do is to get people to have thorough understanding of what they are signing up for and what they are asking for, so that we are doing it once and building it once. That is an important thing, the best way to drive understanding is to make it as similar as to what it would be in the real world."* (Bowen, 2020)

Bowen (2020) fortsätter med att berätta hur han personligen tycker att VR kan ersätta provrum och samtidigt kan se det som ett kompletterande verktyg till provrum. Provrumsrummet blir särskilt nyttigt då man ska bilda sig en uppfattning om planritningarna utifrån en dimensionell höjd. Dock ändras detta snabbt menar han när det gäller att besvara frågor såsom placering av utrustning eller specifika detaljer för hur en vårdprocedur i exempelvis ett radiologi- eller operationsrum ska gå till. Dessa nämnda exempel trycker han på är svåra att uppleva i en provrumsmiljö då man exempelvis behöver utgå från material som kartong som i stort sett är statiska och inte lika rörelseflexibla som 3D-modellerna av pendlarna i VR-medium. Avsaknaden av ett provrum är dock inget som påverkat framgången av byggnationen av radiologirummet då Bowen (2020) berättar hur man inte haft några sena byggändringar.

På frågan om Bowen (2020) behåller samma ståndpunkt kring VR-användning i byggnation av vårdlokaler ifall VR-modellerna inte hade varit interaktiva, svarar han att det fortfarande hade kunnat tillhandahålla värde till projektet men inte fullt ut som ifall

det vore interaktivt: *"I could see some value but I don't think you would be able to have the same value as if it would have been interactive."* (Bowen, 2020)

Innan VR användes i byggnationer såsom radiologirummet var det mer vanligt att använda sig av 3D-modeller som arkitekten visade för samtliga involverade i ett projekt. Bowen (2020) menar att VR blivit ett naturligt kliv i rätt riktning från de tidigare modellerna, och säger att verksamheten närvarade oftare vid VR än vid visning av de traditionella 3D-modellerna. Användarvänligheten i projektet var ytterligare en faktor i byggnationen av radiologirummet som gav kvitto på att det var enkelt för verksamheten att snabbt komma in i systemet. Om det uppstod förvirring kunde personal från Mortenson bistå med hjälp då de satt med en dator i samma VR-lokal och kunde utföra nödvändiga ändringar.

"When you can make changes on the fly, then that is a really positive response from that. Because that tells the end-users that their voice is heard, and they get to provide feedback which they later can see in their future workplace." (Bowen, 2020)

Att VR potentiellt kan eliminera all form av sena byggändringar är dock något som Bowen (2020) inte tror är aktuellt i dagsläget utan pekar snarare på vilken del av byggprojektprocessen man befinner sig i. Han menar att vissa saker behöver fortfarande utredas med hjälp av planritningar och att VR då är ett mindre lämpligt verktyg. Han förklarar vidare att det samma gäller vid samordning av projektörer i systemhandlingsfasen av projektet där det agerat mer som ett stöd när man bland annat utfört krockkontroller.

Nyckeln, oberoende av exakt vilken programvara eller verktyg man utgår från, är att kunna samordna samtliga leverantörers programvaror som inte innebär att behöva bygga om virtuellt varje gång man jobbar i en ny byggnationsfas.

En av de största fördelarna Bowen (2020) ser med VR är att det väcker frågor hos deltagarna som inte kan fångas upp med övriga verktyg, inklusive verksamhetsrepresentanter som kan tolka planritningar: *"It triggers thoughts in the end-users. Even if they understand historical construction documents, it does not necessarily translate into the questions you need to ask yourself around how it should be designed to get the most efficient outcome. If you are not even thinking about the tool itself when you are designing, you are not going to think about having a place for it to store. The benefit of VR is that you can create increasingly that allows those thoughts to show up."* (Bowen, 2020)

Mark Kinsman (2020), som jobbar som Emerging Technology Developer på Mortenson och ansvarar för VR-implementering när beställare efterfrågar det, berättar hur han anser att ansvaret att gardera sig mot sena byggändringar ligger på beställaren. Detta är också något han märkt under hans tid på Mortenson att beställare efter att ett byggnationsprojekt är över, gått in i byggnaden och sett hur det inte var som de initialt trodde. Enligt Kinsman (2020) hade flertalet av dessa fall kunnat undvikas ifall

beställarna kunnat se detta i förväg i VR, i de tidiga skedena av projektet: *”The expensive changes that happen down the road are fairly easy to find in VR; which are the dimensional-related questions. Is it large enough? Is it small enough? Can I move between the spaces? Can I push the cart here? For example, if I wish the gas outlet were 2 inches higher, which is a small change down the road because it affects the layout of other material in the room and what’s something you can understand very good in VR.”* (Kinsman, 2020)

Ett fenomen Kinsman (2020) stött på i fall där VR använts i byggnation av vårdlokaler är att beställaren tenderar att vilja se ”allt” i VR medium, varpå Mortenson fått berätta att detta inte nödvändigtvis kommer spara beställaren pengar. Typiskt sett jobbar man med högrisk-rum såsom operationssalar och undviker korridorer, allmänna ytor och liknande ytor. Detta då det är mer sannolikt att sena byggändringar uppstår på högriskförknippade ytor såsom operationssalar ifall det inte är som verksamheten får exakt som de vill. Detta innebär att en bra relation med beställarna är en förutsättning och det gäller samtidigt att rättfärdiga den extra kostnaden av att använda VR och förmedla dess värde.

VR-modellerna Mortenson tillhandahåller deras beställare är i dagsläget interaktiva och möjliggör ett flertal scenarios som kan byggas upp i modellerna där arbetsflöden hos verksamheten har testats i real-tid. Interaktionsfunktionaliteten, vilket Kinsman (2020) menar har varit en nyckelfunktion i att förmedla värdet för Mortensons kunder, innebär att material och övrig utrustning i ett vådrum kan röras runt och dokumenteras även i modellen, ifall användare så önskar. Detta menar han sparar revideringstid, då det säkerställer att man behöver hålla färre möten där sannolikt fler deltagare kan närvara och bidrar generellt till en byggprojektprocessen som tillåter mindre utrymme för sena byggändringar. Detta betonar Kinsman (2020) är också en nyckelfaktor till varför VR i dagsläget ibland kan uppfattas som endast något underhållande och inte något som tillför stort värde till byggprojektprocessen, såvida inte leverantören utvecklar tekniken fullt ut och lägger till ovannämnda funktioner i modellen. I dagsläget berättar han att det finns företag som erbjuder interaktion till mindre utsträckning eller flertal användare i samma VR-modell men dessa är funktionellt begränsade och erbjuder så vitt Kinsman (2020) vet inte både interaktivitet och flertalet användare i samma modell.

Utöver detta har man även en databas av färdiga modeller uppkopplade till ett datamoln, vilket i sin tur är kopplat till VR-modellen. Detta då många efterfrågat liknande modeller som har gjort VR-modellerna allt billigare att skapa. Flertal-användarvänligheten har även gjort det möjligt att förmedla värdet med tekniken på ett tydligt sätt. Flera deltagare från olika fysiska platser kan delta där samtliga deltagare är synkroniserade och uppkopplade mot samma VR-modell. I övriga fall kan beställaren befinna sig på plats på Mortensons egna kontor där alla kopplar upp sig mot samma VR-modell.

Vidare blir användarvänligheten enligt Kinsman (2020) väldigt tydlig av faktumet att Mortenson har en större, dedikerad VR-yta på sitt kontor, vilket möjliggör för

deltagarna att fysiskt röra sig runt i VR-modellen utan att behöva virtuellt teleportera sig för att navigera i modellen. På grund av modifiering i programvaran VR visas i, så har man även gjort det möjligt att undgå kalibrering av VR-sensorerna som vanligtvis behöver göras i samband med varje VR-tillfälle

Slutligen har man implementerat redigeringsverktyg i VR-modellen, vilket gör det möjligt för deltagarna att virtuellt kunna rita i modellen, ta skärmdumpar och ändra färger på olika delar av rummet, visualiserade i VR-modellen.

Den typ av feedback man får ut av VR, där man låter deltagaren själv uppleva och upptäcka saker som de inte direkt tänkt på via VR, gör tekniken allt mer populär bland beställare och cementerar teknikens roll på marknaden, berättar Kinsman (2020). ” *They will explore and find things that they are not immediately thinking about. That is what we get in VR because the person has their own ability to do what they want to do. They are not relying on somebody else and do not feel uncomfortable about asking someone else. They wander around and notice things and we get this great feedback that any other method has not provided us.* ” (Kinsman, 2020)

Kinsman (2020) fortsätter med att säga hur VR inte nödvändigtvis visar saker på ett bättre sätt utan att det får brukarna att känna sig inkluderade och att det är mer än bara dimensionsuppfattning. Detta har även, säger han, uttryckt sig i form av de nya frågeställningar som dyker upp som tidigare varit svåra att upptäcka.

På frågan om huruvida VR kan eliminera alla typer av designrelaterade problem förknippade med sena byggändringar svarar Kinsman (2020) att så inte är fallet utan att det snarare handlar om att identifiera vilket verktyg som kan tackla en viss typ av designrelaterat problem. För mer icke-verksamhetsrelaterade frågeställningar som är mer projekteringsrelaterade kollar Mortenson med hjälp av programvara såsom Naviswork att det inte sker några överlappningar och utför krockkontroller via denna väg för att säkerställa att det är i rätt ordning. Kinsman (2020) ser inte mycket nytta av att använda VR i dessa typer av projektorrelaterade sammanhang då han menar att det finns bättre verktyg för det. Särskilt i byggnation av vårdlokaler, annat än att agera som ett komplement till de 3D baserade programvaror som används i dessa projekteringsfaser.

Kinsman (2020) trycker även på faktumet att de funktioner de erbjuder i sina VR-modeller har lett till att de haft möjligheten att ha en annan typ av dialog med deras kunder än om modellerna inte hade varit så funktionella som de är i dagsläget; nu kan frågorna de ställer till deras kunder, oberoende om det är sjukhuskunder eller inte, centrera kring problemen de har och hur dessa behov kan mötas. I hans mening har det då skett en övergång från att VR används som ännu ett verktyg i raden av diverse tekniska verktyg till att använda det som ett verktyg vilket kan hjälpa kunden ifråga att få en klarare insyn i hur de kan få sina behov mötta.

På frågan om vilka för- respektive nackdelar tekniken har i dagsläget svarar Kinsman (2020) att fördelarna huvudsakligen innebär att det tar bort den tekniska inlärningskurvan, oberoende av deltagarens bakgrund, och tillhandahåller designen i princip till vem som helst. Nackdelarna i hans mening är främst att det fortfarande kan vara dyrt och att det krävs en del färdigheter för att göra det korrekt och med den funktionella kapacitet som Mortenson själva erbjuder, något man inte riktigt sett hos övriga företag. Det behövs även utrymme för att göra det bättre, eftersom hårdvaran snabbt blir utdaterad. Man befinner sig fortfarande i hans mening i det experimentella stadiet vilket gör att om man som företag vill satsa på VR behöver investera en hel del i det.

Sett till förbättringsfaktorer som kan göras trycker Kinsman (2020) på betydelsen av att ha ett tydligt arbetssätt kring tekniken, förbereda VR-sessionerna i god tid innan deltagarna anländer och idealt ha en dedikerad yta.

4.5 Fristående intervjuobjekt

Jörgen Nätterlund (2020), visualiseringsexpert på Tyrens, berättar hur definitionen av VR-teknik inte alltid är klar då det för en del kunder kan tolkas som en i raden av många programvaror med realtidsgrafik. I Tyrens fall har man använt VR när man bland annat byggt en tandläkarklinik i VR-modell och även lagt till en dimension av ljud i modellen. Potentialen med att använda sådana dimensioner beskriver Nätterlund (2020) som väldigt nyttigt då det kan bidra till nya frågeställningar som uppstår tillsammans med kunden. VR berättar han även är mer förlåtande än en vanlig 3D-presentation när det gäller komplexitet eftersom man inför stereoseendet som underlättar förståelse av former och skala. Dock betonar han att branschen generellt är trög när det gäller att anamma ny teknik. Konvertering mellan olika programvaror för att få fram VR-modellerna liksom själva iterationerna som äger rum för att få fram nya, detaljerade iterationer av VR-modellen, tenderar dessutom ta tid. Det är även en nackdel att VR i dagsläget är en enmansupplevelse vilket hämmar förmågan att få igång diskussioner berättar han. Det kan innebära exempelvis en sak som att visa mer detaljrik information i VR om man har synpunkter kring en sak i VR-modellen varpå 3D-modellen enligt Nätterlund (2020) är lättare att föra diskussioner kring och ett verktyg som är lättare att lägga till information i. Detta förklarar han grundar sig bland annat i att programmen som ansvarar för de olika filkonverteringar från exempelvis 3D till VR fortfarande är dåliga, att hårdvaran kan upplevas som klumpig och att tekniken fortfarande är dyr sett till personalkostnad då timmarna tillägnade åt VR-modellering och konvertering av filer är timmar som kostar. Detta är dock något som han tror kommer förändras i framtiden då framför allt flera användare i samma modell behöver bli en standard och att hårdvaran behöver bli av med tillhörande kablar, vilket är något som skett i dagsläget till viss utsträckning.

På frågan när det passar att införa VR i byggprojektprocessen tror Nätterlund (2020) på VR i ett tidigt skede där arkitekterna presenterar för de som ska jobba i byggnaden hur

det kommer se ut, med exempelvis VR-modeller framför planritningar då VR är mycket lättare att tolka för samtliga än planritningar. Dock lyfter han fram hur det inte går att undgå förutsättning för en organiserad struktur i byggprojektprocessen som möjliggör kontroll över byggprojektprocessen där utmaningen är att få alla att rita i 3D i alla led och för alla förslag: *”Kommunikation och ordning brukar vara problemet. Alla behöver vara överens om exempelvis vad en särskild vägg ska heta med tillhörande metadata där ID-nummer behöver vara precis. Arkitekt och projektör behöver vara ense om samma sak. Samordning är nyckeln.”* (Nätterlund, 2020)

Gustav Olsson (2020), VDC utvecklare på NCC, berättar hur de i sin erfarenhet som entreprenadföretag upplevt hur verksamheten märker de större dimensionerna och ändringarna i en VR-modell, framför mindre detaljer som potentiellt förekommer i VR-modellen. Det har även visats, fortsätter han, att projektörer som går in i VR-modellen tenderar gå dit de är vana att gå, då de enligt Olsson (2020) tänker utifrån sina egna arbetssammanhang.

Sett till när VR bör integreras i byggprojektprocessen betonar Olsson (2020) på hur det i projekteringsfasen sker ändringar veckovis och hur detta kan leda till modeller som inte kan uppnå samma detaljeringsgrad som VR-modellerna har i programskede. Storleken på filerna som kommer som ett resultat av att alla projektörer stoppar in sin respektive information i samma modell, gör modellen väldigt tung och påverkar renderingen av VR-modellen, vilket skapar illamående för användaren i VR-modellen. Istället menar han att det är optimalt att introducera VR i ett tidigt skede då dessa modeller kräver mindre detaljer för verksamhetens skull samt kan bidra med förståelse för arbetsflöden hos verksamheten. Ett tidigt skede kan enligt Olsson (2020) även innebära redan vid anbudstillfället, då sjukhuset kan låta en verksamhetsrepresentant delta och därigenom kunna kravställa värdet på VR i ett väldigt tidigt skede.

Johanna Eriksson (2020) har arkitekturbakgrund och jobbar nu som konstnärlig lektor vid Centrum för vårdens arkitektur där hon arbetar med att ta fram kunskap om vad vårdens fastighetsägare, verksamhet och arkitekter behöver veta för att kunna rita, planera och förändra vårdens lokaler. Eriksson (2020) berättar hur frågeställningen är densamma oberoende av projekt hon jobbar med; hur fångar vi upp den kunskap, de behov och de krav som finns hos slutanvändaren.

Det handlar i mångt och mycket om att tidigt involvera verksamheten samt skaffa kunskap och lösningar som inte finns från början, utan utvecklas utifrån den givna situationen. Genom att involvera verksamheten från ett tidigt skede kan det froda samarbete mellan slutanvändare och leverantör. Samarbetet i sin tur kan sedan utgöra de rätta förutsättningarna för att ta fram en flexibel och tillfredställande lösning.

Relationen mellan provrum och VR anser Eriksson (2020) vara tydlig i den bemärkelse att provrum kräver att projektet har en viss skala och ett rum ska multipliceras; skalan kan då sägas vara det måttstock som förenar VR och provrum. Hon fortsätter med att beskriva hur det kanske går att börja med provrum men att man riskerar tappa något

annat istället. Dock säger hon också att det man kan göra i provrummet i högre grad, jämfört med VR, är materialiteten.

Eriksson (2020) berättar hur alla medel som ökar förståelsen för hur ett byggprojekts planer kommer att upplevas och användas är bra, för det är det man vill komma åt; att de som har viktig input kan bidra med den. Beroende på vilket skede man befinner sig i kan VR användas för att exempelvis utforska (i tidigare skeden) eller utvärdera (senare skeden). Detta understryks av faktumet att det finns mindre utrymme att genomföra ändringar ju senare in i byggnationsprojektet man kommer då ändringar blir dyrare längre i projektet man kommit. Hon fortsätter med att säga hur VR definitivt kan minska risken för att genomföra sena fördyrande byggändringar men att det i dagsläget kräver väldigt mycket av tekniken för att eliminera det helt: *”Ju bättre förståelse verksamheten har av hur de själva ska jobba och hur de ska jobba i lokalerna som planeras, desto bättre blir det.”* (Eriksson, 2020)

På frågan om vem som bör driva VR-frågan för att tekniken ska få en cementerad roll på marknaden berättar Eriksson hur det inte kan vara vården själva då VR inte är deras expertis utan den finns enligt hennes erfarenhet hos arkitektkontor. Det handlar om att större förändringar drivs från beställarsidan och att denna efterfrågan i kompetens- eller arbetssätt leder till att det oftast dyker upp på arkitektkontoret. Hon fortsätter med att beskriva hur det inte hjälper mycket alls om exempelvis alla arkitektkontor går över till en viss programvara om det inte finns en efterfrågan från kund och beställare. Detta försvåras ytterligare, poängterar hon, av att många projekt har en pressad tidplan och varken leverantör eller beställare då har tid att testa nya saker. Detta gör den tidiga dialogen mellan arkitekt och beställare extra viktig, eftersom värdet och nyttan med ny teknik kan diskuteras.

”Ur arkitektvinkeln är det viktigt att poängtera att VR som buzzword inte bara kommer in som en lösning, utan att det är ett verktyg som det krävs kunskap om, när och hur det blir effektivt stöd i dialogen och på vilket sätt det bidrar till utvecklingen av processen och projektet.” (Eriksson, 2020)

Elke Schröter (2020), sjukhusarkitekt på Sweco och samordnare för företagets internationella sjukvårdssektor, berättar hur den generella bilden av hur VR upplevs bland många kunder inom bygg är något av en ”fin, flashig bild” som man kan visa upp för allmänheten och inget som gör någon nytta. Detta är dock något som förändrats med tiden och vårdpersonal börjar enligt Schröter (2020) inse mer och mer värdet av att bygga upp en vårdlokal innan det byggts upp något. Detta intryck är dock något som försvåras av faktumet att det, enligt Schröter (2020), mestadels är arkitektfirmor bland de involverade leverantörerna i byggnationen av vårdlokaler som driver VR-frågan: *”Vi (Sweco) är på god väg tror jag, det gäller dock att få med E och V konsulterna och övriga tekkonsulter att rita i 3D för att vi tar in deras 3D-modeller i Revit-filer och sedan kan vi ha väggvyer eller 3D modeller där exempelvis elkontakterna syns i väggen på vår uppställning och då märker de det först då. Då blir det att krokar syns på ett annat sätt och personalen inser även att vissa placeringar inte är vettiga. Att samtliga*

teknikkonsulter använder VR är en förutsättning ifall man vill använda VR-modellen som bygghandlingsleverans. De sena byggändringarna uppstår då som ett resultat av teknikkonsulterna inte kunnat samordna med varandra.” (Schröter, 2020)

På frågan om vilka krav man ställt på beställaren för att få in VR i byggnationen av vårdlokaler svarar Schröter (2020) att man fortfarande befinner sig i stadiet där fokus ligger på att sälja in det. Argumentet som presenteras för sjukhusen är att det är något som gör projektet bättre och billigare. Även om det initialt är dyrare blir det nämligen billigt i slutändan då man inte behöver göra om alla omtal. Det man huvudsakligen försöker övertyga sjukhusen om är att de ska kräva att samtliga leverantörer involverade i projektet ritar i VR eller i alla fall använder samma 3D-baserade programvaror som arkitekterna själva, i syfte att få en mer samordnad kommunikation och granskning av byggnationen och förändringar som äger under projektets gång. Samtidigt menar hon att det i dagsläget handlar om en försäljningsfråga. Det gäller att presentera idén på ett sätt som gör värdet tydligt för sjukhuset, och som gör dem benägna att se det som ett standardkrav istället för en tilläggskostnad (Schröter, 2020).

En problematik Schröter (2020) berättar om i relation till sjukhusens kravställningsprocess är att hon fått intrycket av att sjukhusen inte alltid förstår vad de kräver och vad de har i sina upphandlingar: *”I ett sjukhusprojekt hade vi att sjukhuset ville att vi (Sweco) skulle redogöra hur vi jobbat med programvaran Revit och kravställa ett ritprogram i sin upphandling för arkitekt men inte för övriga teknikkonsulter, vilket gjorde att det inte fanns någon större poäng att rita med 3D modeller i Revit när ingen annan gör det. Då får man intrycket att sjukhuset inte förstår vad de kräver och vad de har i sina upphandlingar.” (Schröter, 2020)*

Bland de behov som fångats upp hos vårdpersonalen lyfter Schröter (2020) fram hur avstånds- och rumsuppfattning varit ett återkommande mönster bland de sjukhusprojekt hon varit involverad i. Dock betonar hon betydelsen av att ha rätt frågeställningar till verksamheten och att veta vad man vill få ut av VR-tillfällena för att fånga upp behoven på ett så bra sätt som möjligt. Schröter (2020) fortsätter med att berätta hur de har möjligheten att tillhandahålla VR-sessioner där ena personen har på sig VR-glasögonen och berättar var utrustning, pendlar i operationssalar eller ett medicinskåp ska vara placerat, medan personen framför datorn kan ändra placeringen i realtid.

Att kunna fånga upp dolda krav i samband med VR-tillfällen är dessutom något som Schröter (2020) lyfter fram som en viktig faktor som särskiljer det från 3D-baserade modeller för att fånga upp behov: *”Jag tror att VR kan hjälpa i att upptäcka sådana krav som man inte formulerat i text för att det är en självklarhet som personal. Exempelvis att kunna se alla hörn vilket är självklart för verksamheten men inte arkitekten vilket man upptäcker först när man går runt i VR-modellen för man har aldrig sagt att man behöver det vilket man inte upptäcker via en 3D-modell.” (Schröter, 2020)*

På frågan när det passar att introducera VR i ett projekt svarar Schröter (2020) med att beskriva hur det kan vara lämpligt att börja med att ta fram en VR-modell som den tomta planlösningen som gjorts i förstudien, då det bara är väggar och rätt dimensioner. Syftet med denna avskalade modell skulle då vara för verksamheten att bilda sig en förståelse för rummets storlek, vilket förutsätter att det finns en 3D modell av det som tagits fram under förstudien. Denna modell kan man sedan fylla på med utrustning ju längre in i processen som man kommer, ända fram till systemhandlingen. Det är dock fortfarande nödvändigt med en planlösning för att man ska kunna navigera sig i byggnaden. Schröter (2020) säger även hur hon tror att PDF och ritningar i framtiden kommer användas allt mindre och fasas ut. Istället kommer man leverera via 3D-baserade programvaror och måtta i dessa modeller och utgå från dessa.

Ett större problem Schröter (2020) ser, oberoende av teknik, är hur information kan tappas mellan skeden i byggprojektprocessen. Särskilt mellan programhandling och systemhandling, vilket är något hon och hennes avdelning uppmärksammat vid ett flertal tillfällen i samband med sjukhusbyggnationer. Nyckeln enligt henne är att vara konsekvent med involverade personer i byggprojektprocessen, i synnerhet verksamhetsrepresentanterna. Utöver detta säger Schröter (2020) att det är nödvändigt att dokumentera tydligt och sammanfatta under överlämningsprocessen mellan de olika skedena av byggprojektprocessen så att viktig information inte tappas i samband med övergångarna.

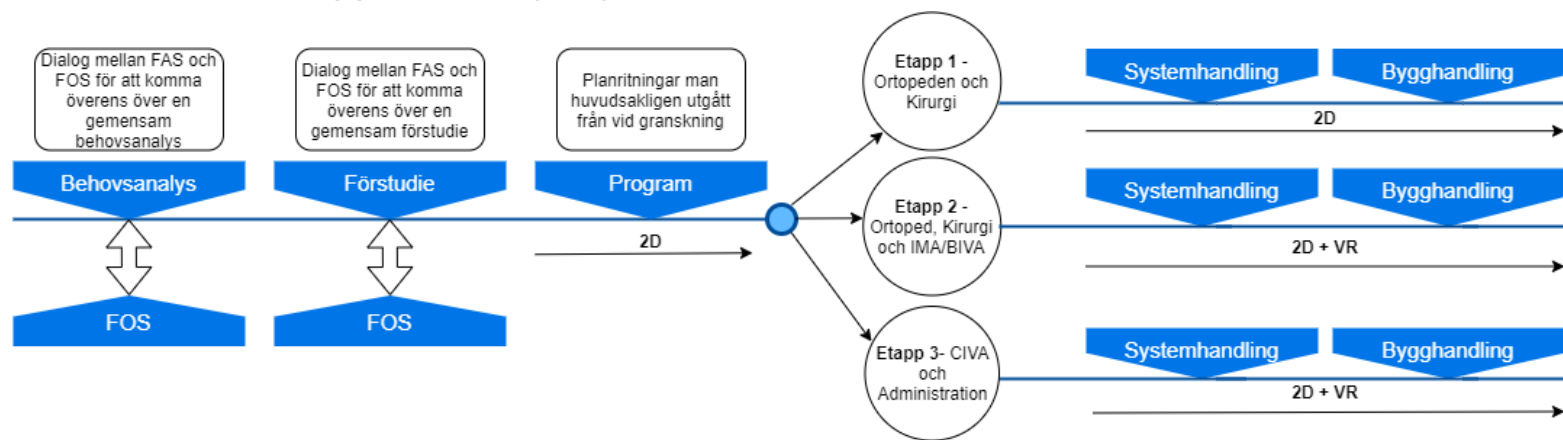
4.6 VR-workshop – allmän och dedikerad

De resultat som erhöles under den allmänna (se bilaga 9.6) såväl som den dedikerade workshopen (se bilaga 9.7), visade tydliga tecken på engagemang, ökad förståelse för rumsuppfattning samt upptäckt av tidigare upptäckta fastighetspåverkande observationer. De huvudsakliga ändringarna som genomfördes i VR-modellen efter den dedikerade VR-workshopen var att väggen i CIVA vådrummet hade blivit upplyft samt att det hade skett en omplacering av taklyftar.

Ytterligare en observation som blev tydlig och som gällde för båda workshoppar var deltagarnas preferens för VR som granskningsverktyg och för förståelse av rumsuppfattning. Detta gällde vårdpersonal som hade tidigare tolkningserfarenhet av 2D-baserade planritningar och som deltagit i kravställningsprocesser, men även de som inte hade granskat tidigare i 2D-ritningar.

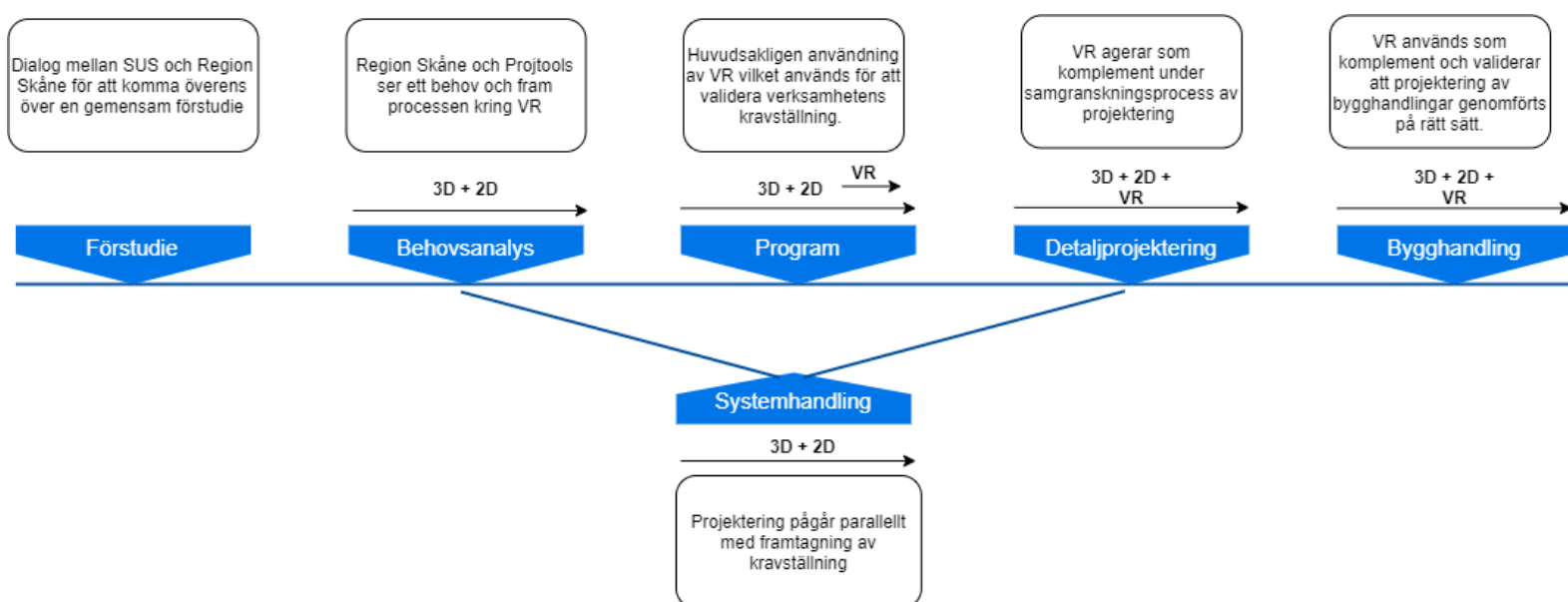
5. Grafisk sammanställning av resultat

5.1 Uppsala – ingång 70

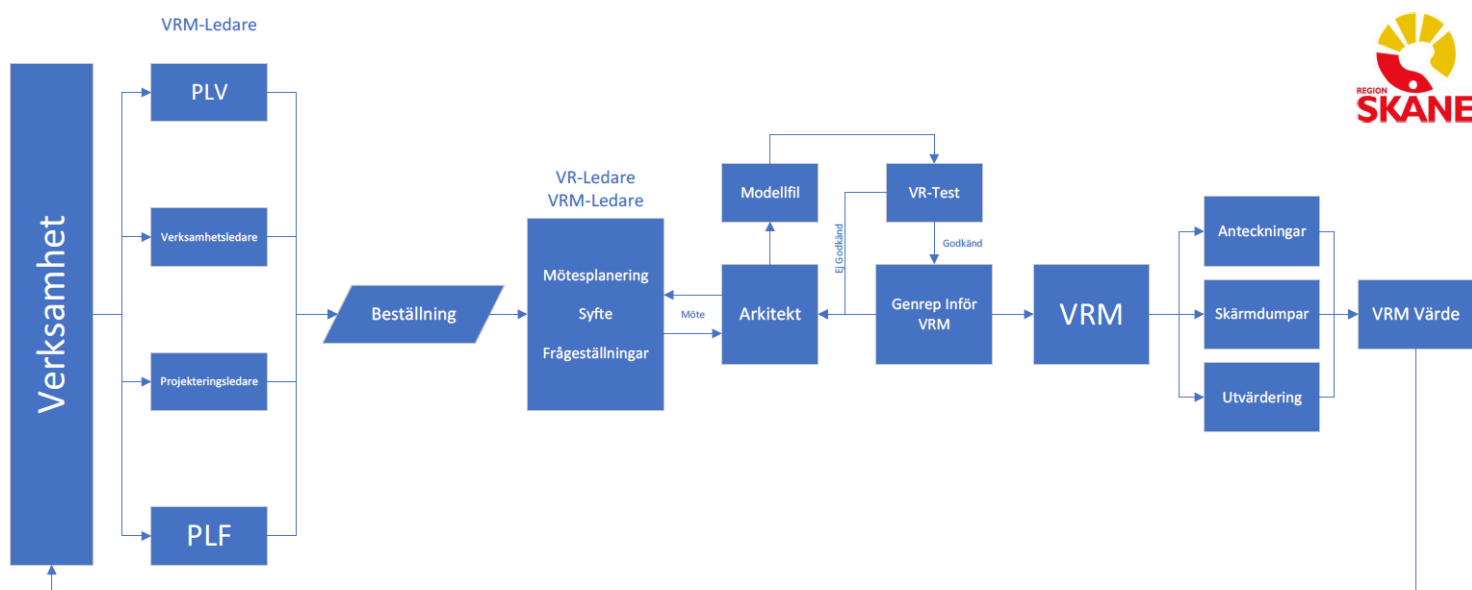


Figur 15: byggprojektprocessen för ingång 70

5.2 Malmö – NSM-projektet

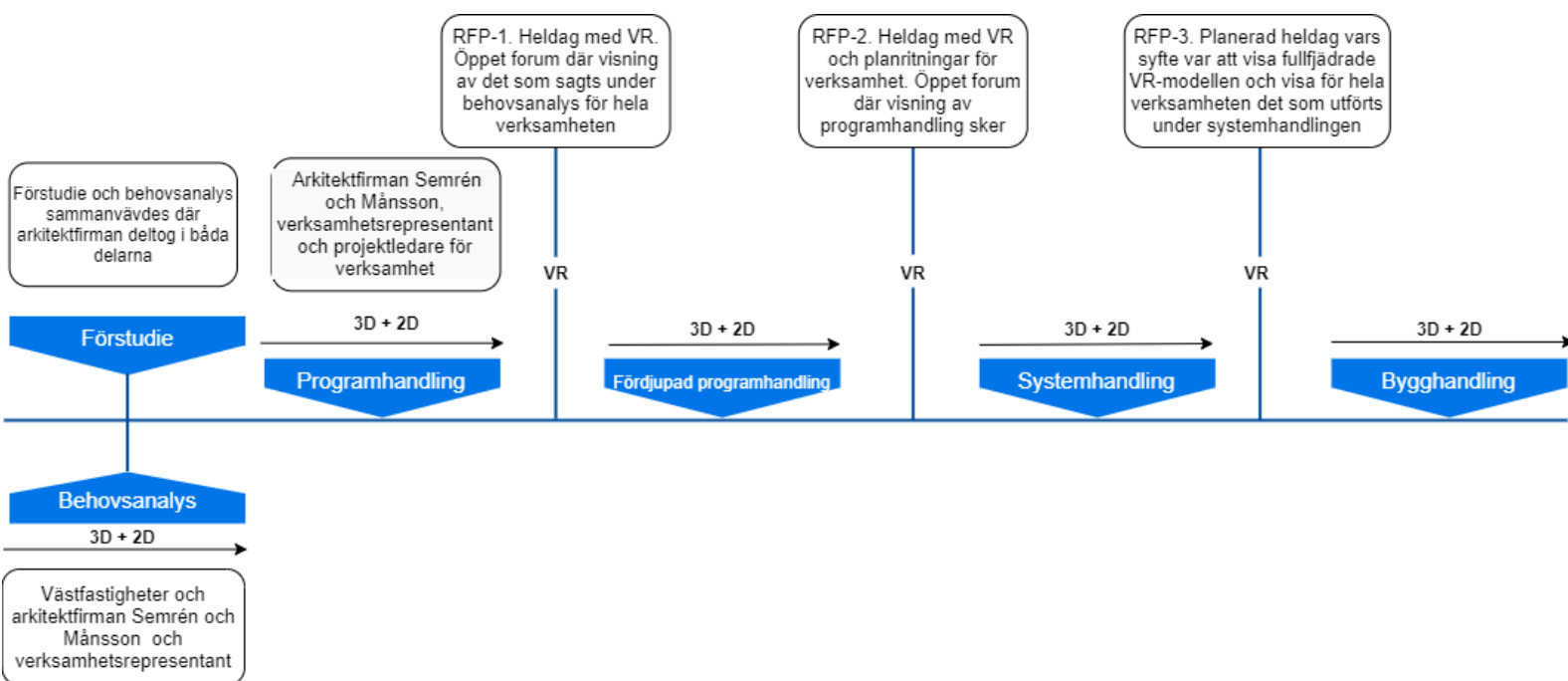


Figur 16: byggprojektprocessen för NSM projektet som illustrerar projektets samtliga aktörer och hur VR-implementerats i olika faser av byggprojektprocessen



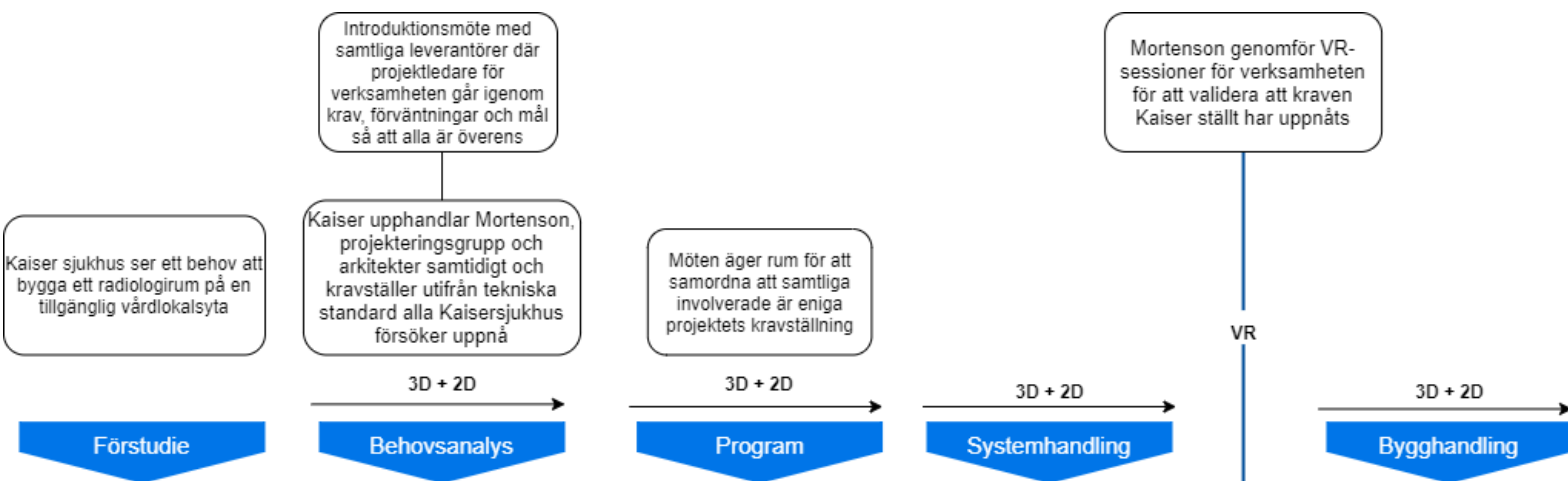
Figur 17: Upplägg för VR-workshops som genomfördes av Projtools under NSM-projektet i Malmö. PLF står för projektledare fastighet, PLV för projektledare verksamhet och VRM för VR-möten.

5.3 Skövde – Skaraborg sjukhus

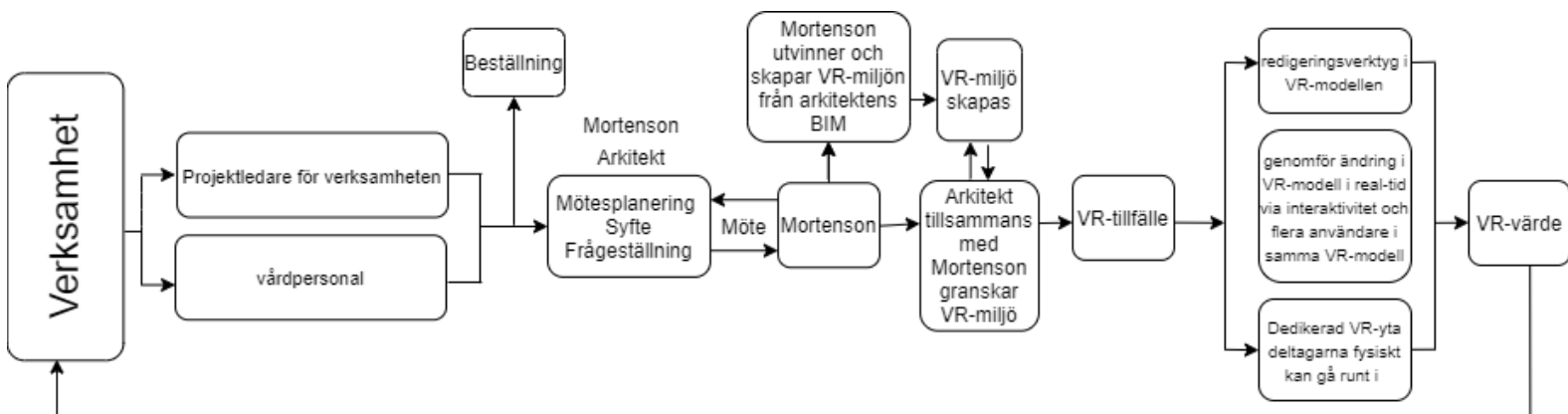


Figur 18: byggprojektprocessen för nya psykiatriblocket på Skaraborgssjukhus i Skövde. Bilden illustrerar involverade aktörer samt hur VR använts under byggprojektprocessen

5.4 Portland, USA – Radiologirum



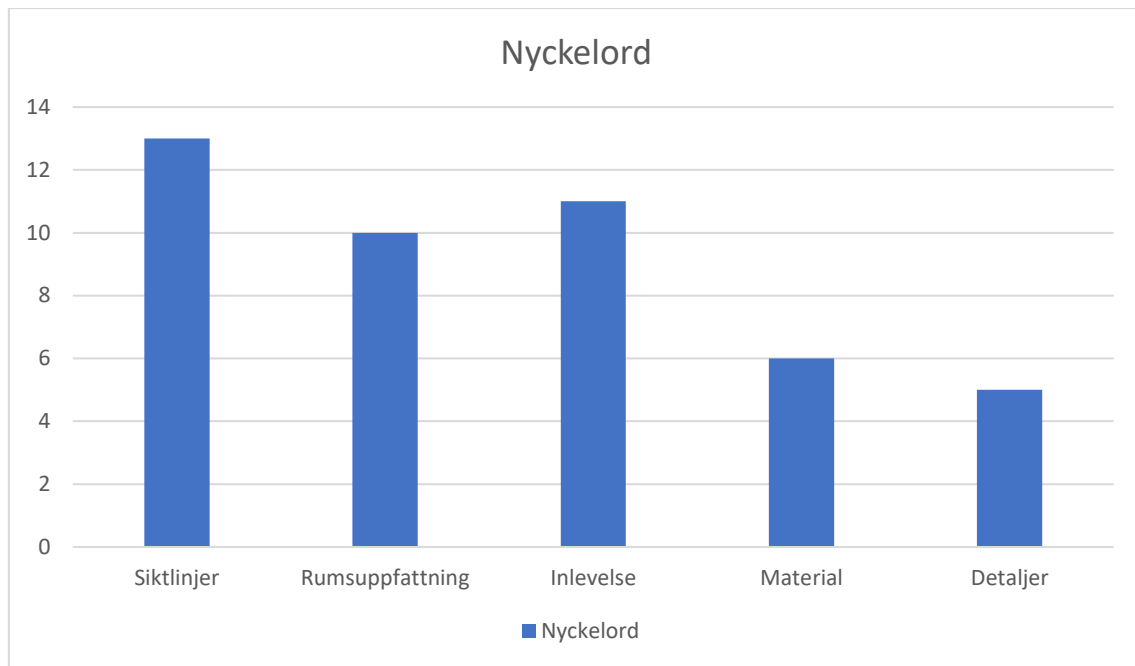
Figur 19: byggprojektprocessen för radiologirummet på Kaiser Sjukhus i Portland, USA.



Figur 20: Upplägg för VR-tillfällen i samband med byggnationen av radiologirummet på Kaiser Sjukhus i Portland, USA.

5.5 VR-workshop

Deltagarna uppgav under workshopens gång, i samband med att de fick sätta på sig VR-glasögonen, ett flertal ord som var frekvent och återkommande för samtliga 19 workshopdeltagare. Dessa ord uttrycktes som svar på de paketfrågor som ställdes till dem (se bilaga 9). Svaren i nedanstående graf illustrerar svaren som erhöles från såväl den allmänna som den dedikerade workshopen.



Figur 21: Illustration över de mest förekommande VR-relaterade ord som uppkom under workshop-tillfällen med verksamheten

6. Diskussion

I detta kapitel diskuteras resultatet utifrån arbetets mål med att ta fram förutsättningar som behöver uppfyllas för att kunna integrera VR-teknik i kravställningsprocessen för Akademiska sjukhuset.

6.1 Organisatoriska förutsättningar

Den organisatoriska faktorn är en avgörande faktor vilket lyfts fram i samtliga fallstudier. Både tydlighet i vem som hanterar vilka typer av frågor och hur denna kommunikation ska gå till och kontinuerlig dokumentation under hela projektets är avgörande faktorer. Dessa organisatoriska förutsättningar gäller både internt på beställarsidan/sjukhuset i form av att hålla en balans mellan personbundna krav från verksamheten och tekniska krav från fastighetsägaren, och den kommunikation som råder mellan sjukhus som beställare gentemot leverantörer som utför uppdraget.

I fallet Uppsala lyfts det fram genom intervjuer hur lärdomarna från ingång 100/101 har applicerats i projektet ingång 70 där det finns en tydlig kommunikationsstruktur. Det bör dock sägas att ingång 70 är en ombyggnation som skett i tre etapper medan ingång 100/101 är ett nybyggnationsprojekt och den enskilt största satsningen som Region Uppsala gjort. Såväl Eklöf, Lundberg, som Strid lyfter fram betydelsen av att ha en balans mellan verksamhetsbundna krav och FOS tekniska krav. Det blir tydligt bland intervjuerna hur viktigt det är att se till att kravställningen inte blir personbunden.

Den dialog som ägt rum i projektet ingång 70 mellan verksamheten och FOS genom Fernlöf och Askelöf är ett kvitto på dragna lärdomar och visar hur effektivt denna balans kan nås när samtliga involverade vet vem de ska vända sig till. Att även en verksamhetsrepresentant, Näslund, lyft fram den effektiva kommunikationen stärker argumentet om hur en välfungerande struktur bidrar till att det finns mindre utrymme för misstolkningar.

Detta kan även ses i NSM-projektet i Malmö där verksamhetsprojektledare Andersson berättar om det medvetet pedagogiska upplägget som präglat projektet; genom informationsmöten, uppstartsmöten, mejl och dylikt. Den stora skalan på projektet, vilket överstiger 100 000 kvadratmeter, är dock något som gör det svårt att gardera sig från eventuella sena byggändringar, oavsett organisationskultur. Detta då det saknas erfarenhet av att bygga på en sådan stor skala. BIM-samordnare och VR-ledare Christoffer Anderssons tydliga upplägg för VR-workshops, har även den bidragit till en tydlighet i att fånga upp behoven hos verksamheten.

Tydlighet i organisationsstruktur är något som även snabbt blir tydligt i intervjun med Bowen, projektledare för amerikanska vårdkoncernen Kaiser, i bygget av radiologirummet. Även i projekt i mindre skala går det inte att undgå betydelsen av en effektiv organisationsstruktur. Det bör dock betonas att i det amerikanska fallet skiljer sig från de svenska fallstudierna då Kaiser som beställare och sjukhus, hanterar all RFP-relaterat arbete internt utifrån de tekniska standarder Kaiser har för samtliga av sina sjukhus. Utöver detta har de även stöd i form av de byggnationsmallar som ska följas, beroende på vad för typ av vårdlokal som ska byggas. Balansen mellan personbundet påverkande från verksamhetssidan och den tekniska standard som bör följas är alltså inte en relevant frågeställning i detta fall, då detta i stor utsträckning redan bestämts utifrån nämnda faktorer.

Kaiser som sjukhus kan då sägas ha ännu bättre förutsättningar för samordning av samtliga involverade i byggprocessen, än sina svenska motsvarigheter. Mortenson har bidragit med VR-implementering i detta projekt bidrog till ett effektivt arbetssätt genom goda förutsättningar för VR-implementering i form av att ha en större, dedikerad VR-yta för deltagarna. Utöver detta har även VR-användningen inneburit funktionella VR-upplevelser såsom interaktivitet och ett flertal användare i samma modell, oberoende av fysisk närvaro, samt möjligheten att låta deltagarna själva dokumentera i modellen och omarbete VR-modellen på plats vilket skär ned VR-revideringstiden betydligt. Detta har bidragit till kortare projekteringstid och ökade möjligheter att förhindra eventuella sena byggändringar. Det kan då sannolikt sägas att med det tydliga VR-upplägget som var implementerat i NSM-projektet och hur lik det var upplägget i Portland, USA, att en ännu mer funktionell VR-modell i NSM-projektet hade lett till ännu kortare VR-relaterade revideringstider.

Dokumentationshantering är även det av stor betydelse och kan innebära framtida problem när det gäller att kunna spåra beslut, kontrollera vilka verksamhetskrav som ställts och dylikt. Detta märks i ingång 100-projektet där såväl Kustmark som Strid

lyfter fram svårigheterna i att hitta nödvändig dokumentation. Lärdomarna från ingång 100-projektet applicerades i ingång 70 men även Fernlöfs kommentar om kontinuitet i att behålla samma nyckelpersoner under längre projekt och svårigheterna med det är tecken på att det inte alltid är lätt att gardera sig från eventuella dokumentationsmissar.

Bland de utredda fallstudierna på nationell nivå är ingång 100 och 70 antingen slutförda eller snart slutförda (2021 för ingång 70). Jämförs detta med det 9 år långa NSM-projektet som beräknas vara klart 2024 eller den fem år långa byggnationen av psykiatriblocket som beräknas vara klart 2023, är det svårt att direkt dra en slutsats om hur bra dokumentationen varit, även om detta inte direkt lyfts fram som något problematiskt under intervjuprocessen. Det är sannolikt att dokumentationshanteringen och eventuella brister blir tydliga först i samband med inflyttning eller annan typ av verksamhetspåverkande beslut som behöver göras som kräver beslutsspårning i dokumentationen.

6.2 Syftet med VR i byggnationsfaserna

Utifrån de svar som erhållits under intervjuerna med verksamhetsrepresentanter, arkitekter och BIM-samordnare, är det tydligt att samtliga involverade ser på nyttan VR tillhandahåller med olika uppfattningar.

Sett från byggnationsperspektivet blir det tydligt att majoriteten av intervjupersonerna anser att VR har en passande roll i tidiga skeden. Det som skiljer sig åt är exakt när VR bör introduceras i de tidiga skedena av projektet; i tidigt anbudstillfälle (Olsson), i programskedet (Askelöf), eller tidigt i systemhandlingsfasen (Bergman). Detta kan bland annat bero på faktumet att verksamheten främst är involverad i projektet i tidiga skeden och därigenom ser projektet utifrån det perspektivet. I de mindre utredda projekten i detta arbete, såsom radiologirummet på Kaisers sjukhus eller psykiatriblocken, är intrycket utifrån de svar som erhållits under intervjuer, att verksamheten har bättre övergripande koll på hur samtliga leverantörers arbeten hänger ihop. Detta är dock inte fallet med större projekt såsom NSM-projektet där det framkommer via arkitekten Mohrmann hur verksamheten kan ha en tydlig uppfattning om vilket värde VR tillför till projektet i de tidiga skeden av projektet, men inte helt förstår hur projekteringen hänger ihop med programskedet. En påverkande faktor kan då vara de bristande mjukvaruprogrammen och hårdvaran som förhindrar samtliga involverade att kunna granska projekteringen i VR och därigenom göra det mer visuellt lättillgängligt för verksamheten.

Denna begränsning i teknik är även huvudargumentet som lyfts fram av Andersson, Nätterlund och Mohrmann i hur projektering i VR i dagsläget inte är möjligt då filerna blir för tunga när samtliga projektörers installationer ska köras i en och samma VR-modell. Det blir då även viktigt att ställa frågan; vilket syfte har VR i projekteringsfasen av projektet? Jämfört med tidiga faser bidrar VR med en visuell förståelse till en icke-teknisk målgrupp såsom vårdpersonal, vilket utifrån intervjusvar och resultat från VR-workshopen gjort det tydligt att det är ett verktyg som slår övriga granskningsalternativ

sett till förståelse och att 2D-ritningar istället kan användas som komplement för att kunna navigera. Detta valideras även av den tidigare forskningen presenterat i arbetet som pekar på hur VR i form av Vicode är klart bättre än 2D-ritningar, sett till visuell förståelse och engagemang.

I fallet med Psykiatriblocket i Skaraborg är det tydligt att den 3D-baserade programvaran som använts som samordning och samgranskningsverktyg lett till en större förståelse hos verksamheten i jämförelse med 2D-ritningar. I projekteringsprocessen däremot, där projektörer med expertis för sitt respektive område träder in i projektet, finns det ett mindre behov av visuell förståelse för att bilda sig en uppfattning om vad som ska byggas. VR agerar då mer som ett komplement. I fallet med NSM-projektet har VR agerat som komplement till projekteringen i samband med att behovet av ökad visuell förståelse uppstått och i fallet med psykiatriblocket på Skaraborgs sjukhus har VR agerat som komplementverktyg genom att validera det som sagts under de olika projekteringsfaserna. Syftet med VR under projekteringen blir då alltså att agera som komplement till samgranskningsmodellerna i 3D, där det kan verifiera och validera system- och bygghandlingen.

En risk med hur VR uppfattas av projektörer är att det kan uppfattas som något ”kul”, trots dess kompletterande roll under projekteringen. På samma sätt som verksamheten missar den övergripande bilden med hur deras VR-tillfällen i programskede hänger ihop med resterande delar av projekteringen, finns det en risk att projektörerna kan missa värdet i hur VR på ett effektivt sätt kan fånga upp verksamhetens behov och vilken innebörd detta har för slutresultatet. Övergångarna mellan programhandling till systemhandling och mellan system- och bygghandling, riskerar även att bidra till ökat missförstånd kring VR-värdet.

Ytterligare ett sätt att kunna cementera VR-nyttan som skapas i programskede och att säkerställa att nyttan uppfattas som mer än bara underhållande, är att främst projektera i 3D, vilket gjorts i alla fallstudier förutom Uppsala, i form av de BIM-modeller som använts. Då projektörer och verksamhet i dagsläget inte kan granska projekteringen av samtliga projektörers verksamhet i samma VR-modell på ett effektivt sätt kan granskning i 3D-baserade modeller vara ett effektivt verktyg för vilket samtliga aktörer kan visuellt förstå, möta varandra och samtidigt ta del av gemensamma verktyg. Med en 3D-baserad grund för vilket programskedet och projekteringen utgår från, och sedan utvinna VR-modellerna ur 3D-modellerna, skapas ett bra underlag för VR-baserade sessioner och samtidigt kan exempelvis bygghandlingsgranskningar göras på samma underlag, vilket är fallet i NSM-projektet. Nyttan och syftet med VR blir då mer tydligt än om granskningshandlingen främst utgår från 2D.

Ett annat argument som cementerar VR:s roll under programskedet är faktumet att den största möjligheten att påverka ett projekt för en mindre kostnad är i tidiga skeden av ett projekt (Figur 2). Detta är även något som genomsyrat detta arbete; möjligheten att påverka i tidigt skede och hur detta är något som såväl sjukhus som kravställare och leverantör, kan enas kring.

Utifrån livscykelkostnaden presenterad i figur 3 står det även klart att det finns tydliga incitament till att investera under de tidiga skedena av ett projekt. Det går även hand i hand med det som diskuterats tidigare; VR används huvudsakligen under programskedet när det finns ännu större anledning att vilja ta fram arbetsprocesser med hjälp av teknik såsom VR, för att validera att kravställningen blir så tydlig och träffsäker som möjligt. Kostnaden för att kravställa för tekniken, även om det i dagsläget ses som en ”tilläggstjänst” i såväl internationell kontext (Kinsman) och på nationell nivå (Schröter), kan anses vara rättfärdigat utifrån de observationer och resultat som presenterats i detta arbete.

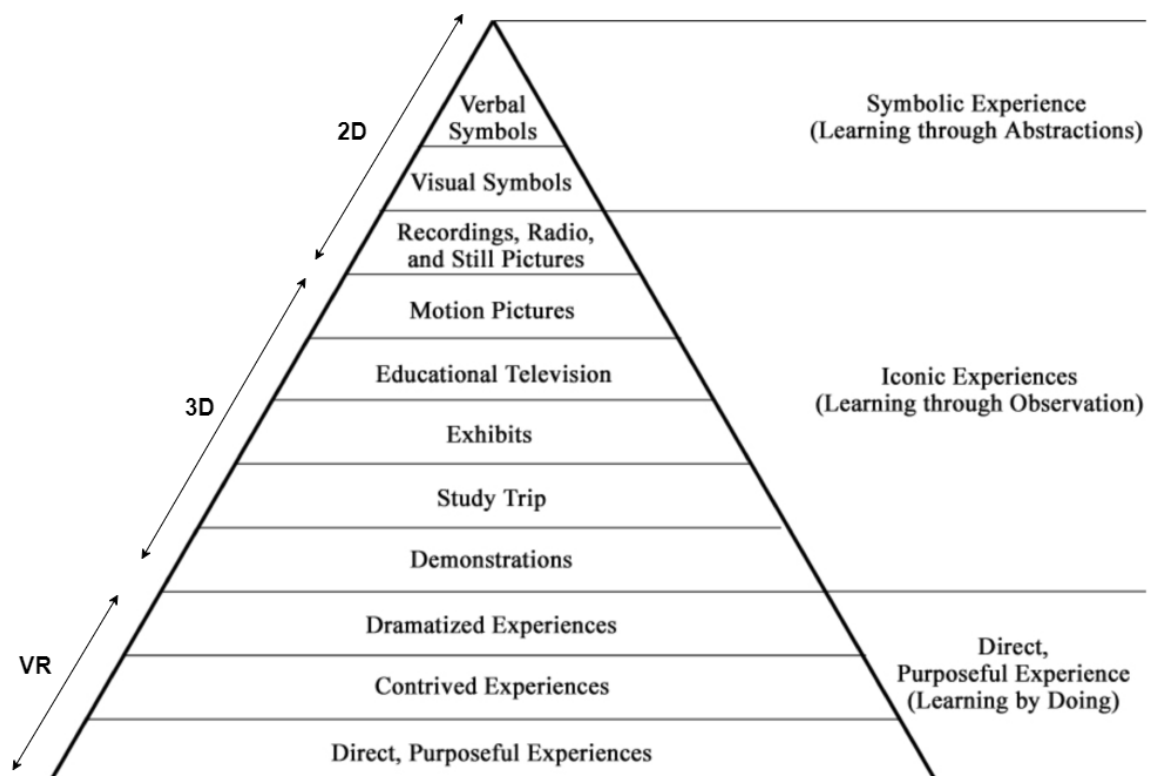
VR gör det även möjligt att hitta krav för verksamheten som man inte hade hittat utan VR, till exempel outtalade krav och självklarheter som är tydliga först i samband med VR-användning. Detta kan i sin tur leda till att ovannämnda krav inte riskerar dyka upp i ett senare skede av projekteringsskedet. Får man med samtliga leverantörer i VR, så kan man snabbare och tidigare göra krockkontroller med olika installationer via VR och lyckas tekniken bli mer av en branschstandard, kan modellen tryckas in hos entreprenören i samband med övergången från systemhandling till bygghandling. Detta bidrar ytterligare till att minimera risken för sena byggändringar. Man minskar även på revideringssnurren generellt och man behöver inte granska separata ritningar eftersom allt är i en och samma fil, förutsatt att samtliga leverantörer samordnar och granskar i samma fil.

Hur syftet med VR går ihop med vilken typ av förståelse tekniken tillhandahåller för användaren är även något som validerats i detta arbete. Det genomgående mönstret bland intervjupersoner har varit den typ av förståelse VR gett i jämförelse med 2D och 3D-baserade granskningsverktyg. Utifrån figur 22 kan anledningen till att vissa personer, oberoende om de är vårdpersonal eller projektör, ser på VR som inget mer än underhållande grunda sig i att personen ifråga försökt hoppa över från 2D till VR direkt. Detta beror främst på att personen inte hunnit bilda sig en verklighetstrogen bild från 2D ritningarna, vilket 3D kan bidra med innan man övergår till VR. Denna observation stärks ytterligare av det som observerats i fallet med ingång 70 där det huvudsakliga granskningsmediet varit 2D-ritningar, varvid VR introducerades först under projekteringen.

Såsom Jerald (2016) lyfter fram, är det ingen garanti att de nedersta delarna av Edgar Dales teori kring erfarenhetskön blir tydliga, om det inte har skett en successiv och medveten process vid de olika övergångarna. Processen innebär att gå från visuella symboler (oftast förknippade med 2D-ritningar) till rörliga bilder och inläring genom observation (oftast förknippat med 3D) till att slutligen hamna i inläring via utförande, vilket kan kopplas till den typ av upplevelse VR förknippas med.

Detta argument, att göra en medveten övergång från 2D till 3D och vidare till VR förklarar också betydelsen av att VR-implementering kommer på tal i ett projekt först när det sker en huvudsaklig granskning i 3D. Erfarenhetskön kan även förklara varför ingång 70:s arkitekt Bergman ansåg VR vara ett bra komplement och ytterligare ett

verktyg, likställt med provrum och övriga tillgängliga projekteringsverktyg, för att fånga upp verksamhetens behov. Jämfört med arkitekten Mohrmann i NSM-projektet, där det också byggdes en IVA-sal där VR användes, skiljde sig svaren åt. Mohrmanns syn på VR var att det var ett klart bättre granskningsalternativ för berörd verksamhet jämfört med 2D-ritningar. Varför svaren ter sig olika, trots samma typ av vårdlokal som ska byggas, kan bero på flera faktorer. Utifrån teorin presenterad i erfarenhetsskonen kan en förklaring vara att NSM-projektet huvudsakligen projekterar i 3D och sedan applicerar VR i projektet med ett medvetet VR-upplägg (Christoffer Andersson) för att utvinna nytta på ett så tydligt sätt som möjligt. Jämfört med ingång 70 där den huvudsakliga projekteringsgranskningen skedde med 2D-ritningar och där VR introducerades senare i byggprojektprocessen, kan dessa ”granskningshopp” för verksamheten från 2D direkt till VR vara en förklaring till varför tekniken riskerar uppfattas som bara underhållande. Detta kan även ses i fallet med radiologirummet i Portland, USA, där förutsättningar som projektering i 3D och ett tydligt VR-upplägg, fanns på plats innan det var aktuellt med VR-implementering. Detta påvisar alltså betydelsen av att ha dessa förutsättningar i åtanke när VR ska implementeras, oberoende om det handlar om statiska VR-modeller vilket observerats på nationell nivå i detta arbete eller högt funktionella VR-modeller som observerats i ett internationellt sammanhang.



Figur 22: Konan av erfarenhet och den korrelation det har med de olika granskningsverktyg för vilket används i byggprojektprocessen.

6.3 Diskussion av VR-workshop

Såväl den allmänna workshopen som den dedikerade VR-workshopen visade på bra respons från samtliga deltagare. Bland såväl nya användare som tidigare hade deltagit i någon form av kravställningsprocess och de som inte hade gjort det, var uppfattningen kring VR som verktyg gemensam: en ökad förståelse för rumsuppfattning, upptäckt av eventuella dolda siktlinjer och en inlevelsekänsla som är mer begriplig än via 2D-ritningar man vanligtvis utgått från. Denna verksamhetssyn på VR kan sägas valideras även utifrån övriga verksamhetsrepresentanter i de utredda fallstudierna. I detta fall utgick modellerna från en IVA-sal men uppfattningen kring vilken nytta VR tillför till verksamheten var densamma oberoende av vårdlokal; operationssal, psykiatrirum eller radiologirum. Den typ av engagemang VR skapat som verktyg stämmer även överens med Dale:s koncept av erfarenhet, där VR jämfört med 2D ritningar skapat mer engagemang hos verksamheten.

Bland de mer intressanta observationer som gjordes under den dedikerade workshopen var de synpunkter verksamheten gav till närvarande arkitekt Bergman; väggen förflyttades uppåt såväl som de fönster placerade i väggarna som separerar respektive patientsäng. Detta påvisar hur verksamheten la mindre fokus på detaljeringsgraden i VR-modellen och uppmärksammade istället det som kan påverka deras sätt att arbeta.

Den initiala känslan av ”underhållning” följs av en upplevelse som bidrar till att skapa engagemang hos deltagaren och ger en mer grundlig förståelse. Detta kan även vara en förklaring till det Kinsman och Schröter lyft fram i intervjun; VR kan utöver en tydlig rumsuppfattning även bidra till att dolda frågeställningar upptäcks. Detta backas upp av faktumet att under den dedikerade VR-workshopen ledde till att bland annat fönstren mellan patienter i CIVA vådrummet (Figur 7) blev omplacerade på grund av mindre bra siktlinjer, något som IVA-personalen tidigare inte hade märkt via granskning baserad på 2D-ritningar. Det var alltså först i samband med VR-tillfället verksamheten kunde upptäcka det de tidigare inte hade tänkt på under de 2D-baserade granskningarna.

En annan intressant observation som gjordes under den allmänna VR-workshopen var hur Belling, säkerhetssamordnare, var den deltagare bland samtliga, som ansåg att VR-modellen brast i detaljer och interaktivitet. Detta förklarade Belling med att det beror på den typ av verksamhet han arbetar med och hur den kräver detaljeringsgrad och interaktion i VR-modellen som är nödvändigt för att se VR som ett alternativt verktyg att granska i.

Interaktion prioriterades alltså i dessa fall högre än detaljeringsgrad. Detta stämmer även överens med det Jerald beskriver; man bör fråga sig vem VR-modellen är ämnad för samt huruvida det är nödvändigt eller överflödigt att skapa en modell som är alltför detaljerad. Detaljeringsgraden i modellen kan tänkas öka i takt med ju längre in i projekteringen man kommer. I tidiga skeden reflekterar detaljeringsgraden i VR-modellen behoven hos verksamheten, för att sedan öka i detaljeringsgrad i samband med att projektet går framåt och syftet ändras; från att fånga upp behov och

kravställning hos beställare under programskede till att validera dessa kravställningar under projekteringsskede.

Utifrån intervjuer med Kinsman och Bowen kan det vara intressant att diskutera om huruvida en ökad funktionalitet alltid korrelerar med att fler av ovannämnda dolda krav kan upptäckas och därmed hindra sena byggändringar under VR-tillfällen. Avsaknad av några sena byggändringar som Bowen lyfter fram behöver inte nödvändigtvis vara ett tecken på att detta är resultatet av den högt funktionella VR-modellerna Mortenson tillhandahöll Kaiser som beställare. En förklaring kan vara att Kaiser med dess tekniska standard och organisatoriska samordning av samtliga involverade i projektets olika faser, har skapat de rätta förutsättningarna för att VR-nyttan ska bli extra tydlig. Deras tillvägagångssätt att krävställa att samtliga leverantörer ska samordna i 3D-baserade programvaror kan alltså likväl vara en förklaring till varför VR-nyttan kan upplevas som den avgörande faktorn till varför VR-implementering lett till en avsaknad av sena byggändringar.

6.4 Tekniska begränsningar med VR

Som tidigare nämnts har de tekniska begränsningarna, och då främst bristande möjlighet att samordna och genomföra samgranskning av samtliga projektörers arbete i en och samma VR-modell, lett till att användning av VR främst skett i programskedet. Detta innebär dock inte att VR inte alls används under senare delar av projektet. I samtliga utredda fallstudier har det använts som komplement till övriga verktyg. För ingång 70 i Uppsala har det inneburit ett komplement till 2D-ritningar och provrum och likaså har det agerat som komplement i fallet med NSM-projektet och psykiatriblocket på Skaraborgs sjukhus.

Det som är tankeväckande är att VR:s roll som komplementverktyg under projekteringen även bekräftats i de fall där VR-funktionaliteten är högre, vilket är vad som visats i fallet med Mortenson och de funktionellt rikare VR-modeller som vårdpersonalen har fått ta del av jämfört med de svenska leverantörernas motsvarighet. VR:s roll i byggprojektprocessen blir då tydlig; huvudsaklig användning under programskede och komplementroll under projekteringen, oberoende av hur hög eller låg funktionalitet VR-modellerna har. Huruvida detta främst beror på den i dagsläget bristande möjligheten att kunna utvinna effektiva VR-modeller från BIM-modellen under projekteringen kan vara värt att undersöka vidare eller om det beror på allmän bristande kunskap kring VR på leverantörssidan.

Med det sagt finns det ett fåtal mjukvaruprogram som möjliggör real-tids rendering direkt från BIM-projekteringen till VR (Johansson). Bland det största problemet med de program leverantörer i dagsläget använder sig av, är baserade på spelgrafiksmotorer som medför tidskrävande grafikoptimering som görs vid spelutveckling. Dessa grafikoptimeringar innebär en teknisk flaskhals i det långa loppet ifall det önskas göras real-tids simuleringar av BIM-modellen. Genom att utnyttja dessa karaktäristiska egenskaper och information för BIM-modellen kan tidskrävande grafikoptimering

automatiseras bort, vilket möjliggör att mycket detaljerade modeller nu kan användas i VR (Johansson m.fl., 2016, Johansson m.fl., 2019). BIMxplorer är exempel på en sådan programvara som automatiskt optimerar modellen då denna laddas in i VR-programmet. I detta sammanhang kunde Östra barnsjukhusets BIM-modell, direkt från projekteringen i Revit eller via IFC, användas i VR via BIMxplorer (Johansson m.fl., 2019). För att ge en storleksuppfattning av modellen så innehöll den cirka 386 000 objekt och cirka 165 miljoner trianglar.

Detta innebär att den tekniska kapaciteten är låst till det som erbjuds, såvida inte, som är fallet med Mortenson, investeras det mycket resurser i att kunna utvinna så pass mycket funktionalitet som möjligt ur VR-modellerna och skräddarsy tekniken utifrån de ändamål som efterfrågas. Risken är annars att VR upplevs som ”bara underhållande” på leverantörsidan då man sannolikt vill ha något som fungerar effektivt, är kostnadseffektivt och är lätt att skala upp, oberoende av projektstorlek. Samtidigt riskeras VR långsiktigt att hamna i detta oförändrade tillstånd såvida det inte på leverantörsidan sker mer investering i att ta fram VR-tjänster specifikt under projekteringsskedet.

Denna utveckling hämmas dock av den tekniska okunskap beställare har kring VR, vilket såväl Schröter på leverantörsidan som Gustavsson på beställarsidan lyfter fram. Det skapas inte mycket incitament till teknikutveckling när sjukhus som beställare inte efterfrågar VR som tjänst, vilket i sin tur grundar sig i okunskap kring vad tekniken tillhandahåller för värde. Leverantörer upplever då sannolikt att VR inte är en efterfrågad tjänst, men även detta kan sägas grunda sig i okunskap om vilken nytta VR tillför till sjukhusprojekt.

Ett sätt att kringgå detta är att sjukhus som beställare skapar de rätta förutsättningarna via en korrekt kravställning så att VR som teknik kan frodas. Detta kan visserligen te sig problematiskt för såväl sjukhus som kravställare och för leverantörer som levererar utifrån det sjukhuset krävställer för, då det i dagsläget inte finns någon etablerad, teknisk standard på nationell nivå, kring hur sjukhus bör krävställa VR. Det gäller då för samtliga sjukhus på nationell nivå att krävställa utifrån egna premisser. Huruvida detta är något som gagnar konkurrens och teknikutveckling är en fråga värt att diskutera vidare.

Ansvar på leverantörssidan i sin tur blir då att investera i tekniken och skapa de rätta förutsättningarna från leverantörssidan. Exempelvis tydliggöra för sjukhus genom att lyfta fram sjukhusprojekt där VR-användningen lett till tydlig vinning för sjukhuset i form av att antalet sena byggändringar minskat avsevärt eller framhäva hur vårdpersonalen fått nytta via VR-implementering genom den höga igenkänningsfaktor de har för sin framtida arbetsplats.

6.5 När är VR lämpligt och vilka problem löser det?

Något som lyfts fram av bland annat Kinsman, Eriksson och Arvidsson är de förväntningar det kan finnas på VR som verktyg och hur denna uppfattning behöver delas av samtliga parter. Det krävs kunskap om när det bör användas och till vilket syfte.

Utifrån de observationer som gjorts i detta arbete är det tydligt att samtliga intervjupersoner, på såväl beställar- som leverantörssidan, anser att VR är mest lämpligt att introducera under programskedet. Som beskrivet i föregående kapitel har de tekniska begränsningar med hur VR-modellerna erhålls under projekteringen lett till att samtliga leverantörer ser VR-implementering främst under programfasen. Under projekteringen agerar det mer som ett komplement. Denna syn delas även på sjukhussidan vilket framkommit tydligt, i såväl de observationer som gjorts under workshopen till de projektledare och funktionsplanerare som intervjuats. Slutligen valideras denna observation även av det Noghabei m.fl. (2020) utredning pekar på, att VR teknik är som mest effektivt i början av projektet i form av visualisering och validering av modeller.

Exakt när VR bör introduceras är svårare att avgöra men i och med att majoriteten av Sveriges regioner utgår från PTS kan det vara mer än värt att inkludera PTS i kravställningsprocessen och även använda det som en måttstock för hur tidigt VR bör introduceras i byggprojektprocessen. Då det finns tillgängliga 3D-modeller i PTS databas blir det möjligt att utvinna dessa modeller i ett väldigt tidigt skede, förutsatt att det vådrum som ska byggas överensstämmer med de tillgängliga modellerna i PTS databas. Ifall det överensstämmer kan modellerna utvinnas i ett tidigt skede, i princip så fort de första mötena med arkitekt ägt rum. Utifrån dessa typrum som 3D-modellerna gestaltar kan berörd leverantör ta fram den första, avskalade VR-modellen för att sedan iterera och bygga på denna modell med såväl detaljeringsgrad som funktionalitet, fram tills modellen uppnått en godtycklig, representativ bild av den framtida vårdlokalen i VR-miljö i slutet av programfasen. Samma modell kan då revideras och anpassas för fortsatt användning under projekteringen i samband med att VR används som kompletteringsstöd när oklarheter under projekteringen uppstår.

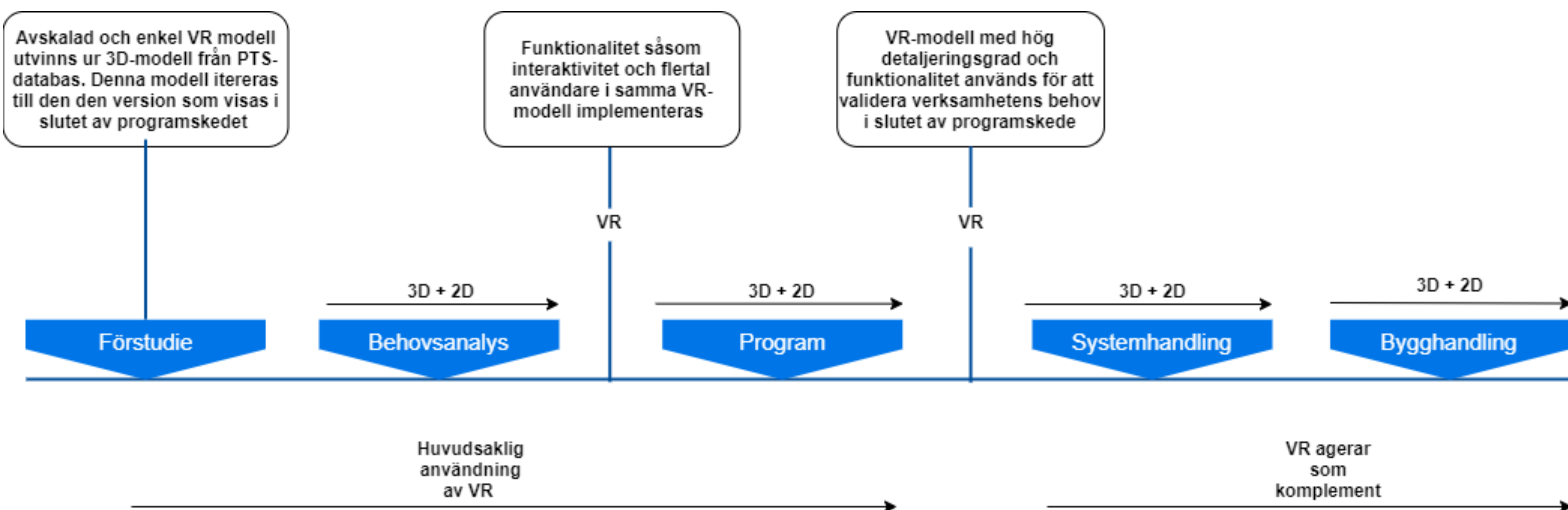
VR kan utifrån ovannämnda process föregå byggnationen av ett provrum, oavsett om ett provrum behövs eller inte. Detta då det är såväl billigare som mer praktiskt för samtliga involverade. Utöver det kan VR-modellen fyllas på i en snabbare takt med nödvändig medicinsk utrustning än den tid det tar att skräddarsy provrummet utifrån berörd verksamhets önskemål. Syftet med VR-modellen i tidiga skeden av byggprojektprocessen är avskalat och funktionellt obefintligt. Därmed är inte VR-funktionalitet en avgörande faktor till huruvida de första VR modellerna kan utvinnas i ovannämnda tidiga skeden, utan funktionalitetsaspekten blir relevant först under programskedet, då syftet är att precisera verksamhetens krav och önskemål för byggnationen.

Sett till olika behovsparametrar som är verifierbara via VR har det utifrån de resultat som erhöles under såväl den allmänna som den dedikerade workshopen blivit tydligt att deltagarna påpekade hur siktlinjer var av betydelse. Att såväl icke-IVA och IVA-dedikerad verksamhet delade denna åsikt tyder åtminstone på hur viktigt det är med siktlinjer i dessa typer av vårdmiljöer. Det är dock svårt att avgöra helt säkert om denna säkerhet hos deltagarna i att välja siktlinjer som viktig VR-dimension, grundar sig i faktumet att det var första VR-upplevelsen för samtliga workshopdeltagare och att detta kan ha påverkat deras uppfattning kring det som är den mest relevanta VR-dimensionen just för IVA-modellen de fick uppleva. Men i och med att den dedikerade IVA-personalen även lyfte fram siktlinjer som den egenskap som var viktigast för de, är det sannolikt att rum som kräver tydliga siktlinjer är särskilt nyttiga för VR-implementering. Att siktlinjer då kan ses som en karaktäristisk förutsättning för vårddytan det byggs för och då som en relevant förutsättning att implementera VR, valideras även av Gustavsson från psykiatriblocket. som lyfte fram hur det för de i psykiatriblocket varit viktigt med dolda vinklar och rumsuppfattning på en större skala. Det kan då alltså utifrån dessa observationer sägas att ett vådrum där siktlinjer är av stor betydelse, innebär hög lämplighet för VR-implementering för att visualisera för berörd verksamhet deras framtida arbetsplats i VR-modell.

I fallet med Mortenson och de typ av högriskrum, såsom operationssalar Kinsman lyfter fram som högriskrum vilka tenderar att präglas av sena byggändringar, blir det tydligt varför nyttan med VR blir stor i högriskförknippade ytor. I och med att de observationer som gjorts på nationell nivå begränsats till IVA-rum och psykiatri- och vårdverksamhet, är det svårt att validera den amerikanska observationen med de svenska. Dock vägs detta upp av de högt funktionella VR-modellerna Mortenson tillhandahållit till berörd radiologiverksamhet. De högt funktionella modellerna innebar att verksamheten hade möjlighet att testa olika scenarios och på ett mer träffsäkert sätt validera hur deras arbetsflöden skulle utspela sig på den begränsade ytan. Därmed har interaktivitet och flertalfunktionaliteten sannolikt inneburit andra typer av frågeställningar jämfört med de svenska motsvarande VR-träffarna. Det kan dock vara svårt att avgöra hur dessa frågeställningar exakt skiljer sig åt utifrån en såväl nationell som internationell aspekt, i och med att inga frågor i relation till specifika frågeställningar som uppstår under VR-tillfällen, ställdes till intervjuobjekten.

Oberoende av frågeställning stärker Kinsman tesen att högre funktionalitet i VR-modellerna leder till mer frihet sett till vilka typer av frågor man ställer till beställaren; när VR inte längre begränsas av vad som är funktionellt möjligt sker det även en förändring i de typer av dialoger som äger rum mellan leverantör och beställare. Istället för att föra en dialog med sjukhus som beställare om vad som är mest lämpligt att visualisera i VR-modeller utifrån de problem man stöter på under byggprojektprocessen, centrerar frågorna snarare kring vilka typer av behov sjukhuset har. Detta innebär att högre funktionalitet i VR-modellerna leder till dialogen frigörs från nuläget och de omedelbara lösningar man ser för att kunna rätta till nuläget. Detta i sin tur kan leda till verksamheten kan frigöra sig från sina egna förväntningar och i

mötet med ökad funktionalitet såsom interaktivitet och flertalanvändarvänlighet, upptäcka ännu tydligare de dolda kraven som Schröter lyfter fram som VR:s styrka jämfört med andra visualiseringssätt såsom via 3D-modeller.



Figur 23: Tidslinje för byggprojektprocessen som illustrerar hur VR, utifrån såväl nationell som internationell aspekt, bör implementeras.

6.6 Balans i kravställningen

Baserat på det som konstaterats i tidigare kapitel, utifrån de tekniska begränsningar som finns med VR samt de organisatoriska förutsättningarna som behöver vara på plats oberoende av teknikimplementering, innebär det att sjukhus som beställare behöver prioritera vissa faktorer mer än andra; samordning i form av organisatoriskt upplägg och dokumentation, en viss typ av funktionalitet i VR-modellerna samt att upprätthålla en viss standard vilket samtliga involverade utgår från.

Utifrån ovanstående gäller det att Akademiska sjukhuset, liksom övriga sjukhus i Sverige, som beställare är försiktiga med att inte kravställa VR-implementering för hårt. Speciellt då VR i dagsläget inte, sett till funktionalitetsnivån som observerats i USA, är på en nivå som garanterar att sjukhus får den kvalitet på VR-modeller som vore önskvärt.

Att VR inte heller är en teknisk mogen branschstandard, innebär att dialogen mellan sjukhus som beställare och leverantörer som tillhandahåller dessa tjänster behöver vara så tydlig som möjligt. Av denna anledning har fokus på arbetet inte varit att nämna några särskilda programvaror i samband med de rekommendationer Akademiska sjukhuset fått. Genom att inte nämna några särskilda programvaror kan sjukhuset gardera sig från att avskräcka eventuella leverantörer som i andra fall hade kunnat tillhandahålla en potentiellt effektiv lösning, även om det inte är den typ av VR-lösning man initialt hade förväntat sig. Kravställningen bör istället centrera kring funktionaliteterna och upplägget och vad man vill få ut av det.

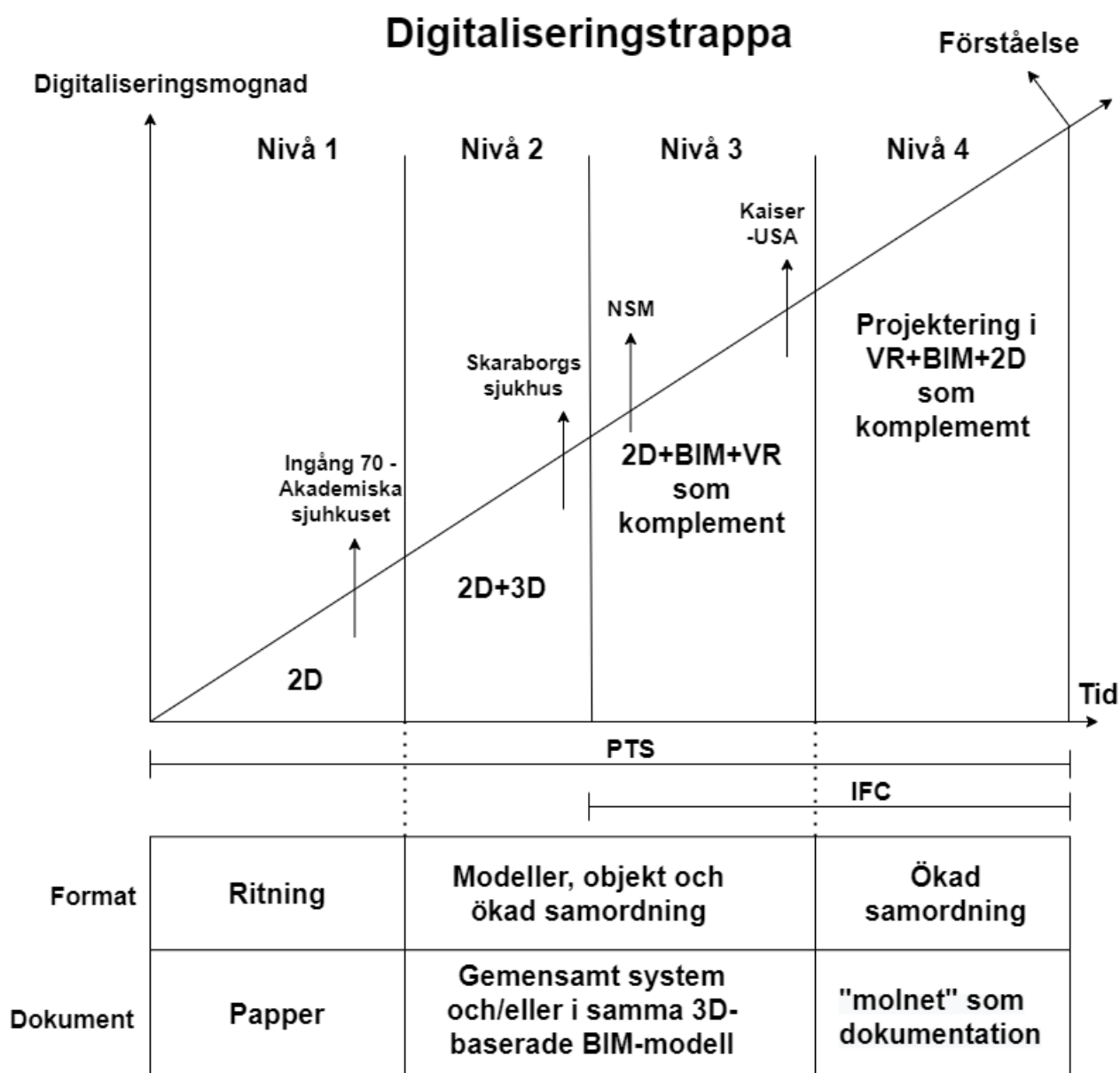
Kravställer sjukhuset samtidigt för lågt riskerar byggnationen präglas av ÄTA-fenomenet som leverantören lägger till, ifall det är en dålig kravställning. Det blir då tillägg i kostnad. Genom att kravställa rätt från början utifrån ovannämnda faktorer kan sjukhus gardera sig från detta fenomen.

7. Slutsatser

Följande kapitel behandlar samtliga delar av arbetet utifrån illustrativa figurer samt de mål och rekommendationer som tagits fram för Akademiska sjukhuset i Uppsala.

7.1 Digitaliseringstrappa

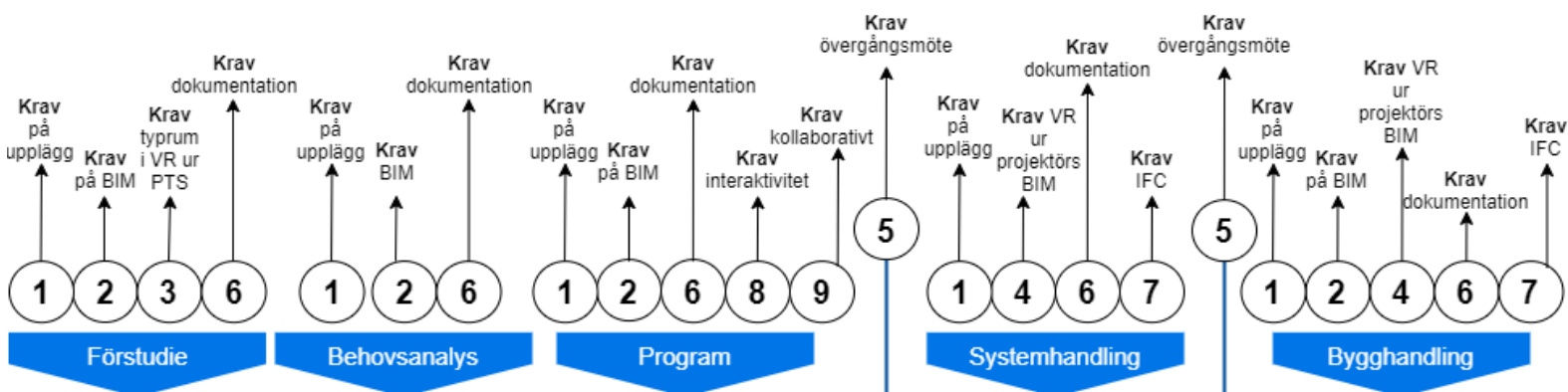
Arbetets fallstudier har lagts in i nedanstående digitaliseringstrappa (Figur 19) som visar hur korrelationen mellan digitaliseringsmognad sjukhusbyggnationen har, hänger ihop med den förståelse som digitaliseringen tillhandahåller.



Figur 24: Digitaliseringstrappan sammanfattar illustrativt arbetets innehåll.

7.2 Mål och rekommendationer till Akademiska sjukhuset för VR-implementering i kravställningsprocessen

De mål och rekommendationer som tagits fram för Akademiska sjukhuset utifrån den data som erhållit i detta arbete presenteras i detta kapitel på två sätt: en grafisk illustration (Figur 20) som åskådliggör för läsaren när kravställningsrekommendationerna passar in i byggprojektprocessen samt en mer beskrivande redogörelse för samtliga kravställningsrekommendationer.



Figur 25: Illustration kring kravställningsrekommendationer och vart i byggprojektprocessen dessa gäller

En mer detaljerad beskrivning kring vad som gäller för samtliga mål och rekommendationer givna till Akademiska sjukhuset:

- 1) Kravställa att VR-ansvarig leverantör har en genomarbetad rutin för hur VR-möten eller granskning i VR bör gå till. Det ska finnas ett tydligt upplägg och klara frågeställningar som leder till värde och återförening till berörd verksamhet. Varje deltagare som deltar i VR-mötet behöver förstå syftet med VR-visningen och vad som är målet.
- 2) Kravställa att samtliga leverantörer använder sig av 3D-baserad BIM programvara i projekteringsprocessen. VR-modellen tas fram från arkitektens BIM-modell. VR-modellen som agerar som komplement under projekteringen tas fram från projekteringsgruppen BIM-modell. Enligt intervjuerna framgick att det underlättar om samtliga leverantörer använder sig av samma 3D-baserade BIM-programvara.
- 3) I samband med att man arbetar med typrum/standardrum utifrån tillgängliga 3D-programbaserade modeller i PTS databas bör sjukhuset kravställa att arkitekten tar fram den första, avskalade VR-modellen via ovannämnda modeller. Dessa modeller utgår inte från en fastlagd planlösning utan kan upprättas enbart efter kraven på rummets funktionalitet och oberoende av placering i byggnaden.

Denna initiala modell byggs senare på med flera iterationer, fram till slutet av programmet där verksamhetens kravställning och behov valideras via VR-modellen.

- 4) Kravställa så att projektörerna tar fram VR-modellen från BIM-projekteringen. Syftet är då att använda VR-modellen som ett verktyg för att granska komplicerade rum eller våningsplan för att få en bättre rumsuppfattning och för att avgöra hur man ska komma vidare i projekteringen.
- 5) Kravställa att samtliga projektörer har övergångsmöten så att ingen information tappas bort avseende verksamhetens krav eller överenskommelser i samgranskning. Möten bör äga rum under faserna mellan Program och Systemhandling, respektive Systemhandling och Bygghandling.
- 6) Kravställa att samtliga leverantörer, arkitekt och projektörer såväl som projektörer inom olika discipliner, dokumenterar i samma system för att se vem som sagt vad och när, samt att man kan filtrera information genom byggprojektprocessen så att informationen blir relevant beroende på vem som använder programvaran. Det är viktigt att kunna återanvända information i andra processer och skeden i byggprojektprocessen.
- 7) I samband med samordning och samgranskning av projekteringen kravställa att IFC används som utbytesformat där den tillgängliga metadatan kan filtreras beroende på vem som använder sig av den 3D-baserade BIM-modellen.
- 8) Kravställa att möjliggöra interaktivitet i VR-modellen där användare kan interagera och flytta inredning och medicinsk utrustning.
- 9) Kravställa för att möjliggöra samarbete i VR-modellen där flera användare tillsammans kan interagera och flytta runt inredning och möblera medicinsk utrustning. Dialog mellan olika professioner gällande scenarios och flödeskritiska moment kopplad till funktionsytor.

7.3 VR-implementering för olika vårdrum

Utifrån den erhållna data som diskuterats och sammanställts i arbetet har en generell, enklare modell tagits fram för att ge sjukhus en klarare insyn i vilka instanser VR är som mest lämpligt att implementera. Denna hänvisning gäller för såväl statiska VR-modeller som observerats i detta arbete men även mer interaktiva och kollaborativa VR-modeller. Nyckelorden som används som måttstock är erhållna från den data som fångades upp under workshops för detta arbete, och agerar som riktlinjer för när VR kan implementeras i samband med byggnation av något av de presenterade vårdlokalerna. Varför valet föll på dessa typ av vårdlokaler, grundar sig i att det var dessa typer av

vårdlokaler som observerades under detta arbete och därmed är riktlinjerna för VR-implementering som mest tillförlitlig för just dessa typer av vårdlokaler.

Statiska och interaktiva VR-modeller

Typ av verksamhet och krav på VR	Psykiatri	OP-rum	IVA	Isoleringsrum	Radiologirum
Siktlinjer	✓	✓	✓	✓	✓
Rumsuppfattning	✓	✓	✓	✓	✓
Flöden	✓	✓	✓	✓	✓
Avstånd	✓	✓	✓	✓	✓
Utrustning	✓	✓	✓	✓	✓

✓	Primärt prioriterat
✓	Sekundärt prioriterat

Figur 26: Riktlinjer för när VR bör implementeras, utifrån vilket typ av vådrum som ska byggas. Exempel på hur det kan tänkas prioriteras för berörd verksamhet.

8. Utvärdering

Examensarbetets syfte har varit att ta fram sådana förutsättningar som behöver uppfyllas för att kunna integrera VR-teknik i kravställningsprocessen. Utifrån de observationer och material som samlats in, har de uppsatta målen uppnåtts. Frågorna som varit som mål att besvara har varit:

- När är det mest lämpligt att implementera och använda VR i byggprojektprocessen för vårdlokaler?
- Vilka för- och nackdelar medför användningen av VR-teknik för de olika aktörer som blir involverade i byggprocessen?
- Vilka tekniska utmaningar finns det med VR-tekniken i dagsläget och hur kan dessa lösas?
- Hur uppfattas tekniken av vårdorganisation och vårdprofessionella samt av beställare och de leverantörer som tillhandahåller VR-tjänsterna?

- Vilka erfarenheter finns av användning av VR-teknik i samband med vårdbyggnation i ett nationellt såväl som internationellt perspektiv?
- Hur bör, utgående från kunskaper och tidigare erfarenheter, utformningen och användningen av VR-system krävställas, dels generellt, dels specifikt för de behov som finns vid Akademiska sjukhuset?

Baserat på den stora mängd data som erhållits och analyserat i detta arbete kan det säkerställas att VR i dagsläget, sett ur såväl beställar- som leverantörsperspektiv, är som mest lämplig att introducera i programskedet. Att inkludera en internationell dimension i arbetet innebär att det gått att validera att de nationella initiativen går i den riktning som de internationella VR-satsningarna påvisar. Detta stärkte ännu mer tesen av att VR är som mest lämpligt i ett tidigt programskede.

En brist i hur denna frågeställning besvarades är det faktum att leverantörer som installatörer inom el, vatten, data och dylikt inte finns bland intervjuobjekten. Detta innebär att de erhållna slutsatserna inte kan garanteras fullt ut gälla i det som utreddes i ovannämnda fall.

Även den andra frågeställningen har kunnat besvaras, tack vare den stora mängden erhållna data och tidigare forskning som validerat datan. Detta tillsammans med den genomförda workshopen, vilket validerade såväl forskning som de för- och nackdelar intervjuobjekten lyfte fram med VR, medförde att för- och nackdelarna med tekniken kunde beskrivas. Den internationella aspekten bidrog även till en ökad förståelse för hur ökad funktionalitet i VR-modellen kan slå håll på argumentet att tekniken huvudsakligen kan ses som ett underhållande verktyg av de involverade i byggprojektprocessen, i synnerhet på leverantörssidan.

Genom att visa hur långt VR kan utvecklas utifrån ett funktionellt perspektiv kunde en tydligare förståelse skapas kring vilka handlingar leverantörer på nationell nivå behöver genomföra för att uppnå samma typ av funktionalitet som påvisats i den amerikanska fallstudien. Samma internationella dimension bidrog även till ökad förståelse för hur de tekniska utmaningarna, den fjärde frågeställningen i detta arbete, kunde besvaras. Samtliga fallstudier validerade även varandra utifrån de gemensamma utgångspunkter de hade, även om VR-funktionaliteterna och VR-användningen varierade mellan de olika fallstudierna. Hur de tekniska utmaningarna, i synnerhet hur VR bör användas som huvudsakligt granskningsverktyg framför den kompletterande roll det innehar i dagsläget under projekteringen, besvarades mestadels utifrån de hänvisade forskningsrapporter som gjorts inom området. I detta fall hade ett mer kvalitativt och träffsäkert svar kring VR i projektering kunnat erhållas ifall intervjuobjekten hade haft mer renodlad tekniskt ansvar bland de leverantörsföretag som inkluderades i studien. På så sätt hade de tekniska utmaningarna för att nyttiggöra VR-tekniken blivit ännu mer tydliga.

Hur VR-teknik ses av samtliga involverade aktörer på såväl sjukhus- som leverantörssidan, kunde i mångt och mycket besvaras på ett såväl kvalitativt som

kvantitativt sätt tack vare den stora mängden data som analyserades från intervjuobjekten och den genomförda workshopen. Det hade onekligen inte varit lika övertygande att dra de slutsatser som gjorts i detta arbete, liksom de mål och rekommendationer som getts till Akademiska sjukhuset, ifall mängden data att tillgå hade varit mindre. En brist kan dock vara att arbetet kanske blivit för stort för sitt eget bästa och den stora mängden erhållna data skedde på bekostnad av en djupare förståelse för hur VR uppfattas av samtliga aktörer. Detta är dock svårt att avgöra, då VR som en omogen teknik i många aspekter behöver utredas mer övergripande i flera forskningssammanhang. Genom att dyka för djupt inom ett visst område på en teknik som ännu inte etablerat sin roll på marknaden riskerar arbetet att missa hur tekniken ses och uppfattas av berörda aktörer. Att besvara ett arbetes frågeställningar på dessa grunder kan då leda till mindre tillförlitliga slutsatser.

Hur VR-användningen ser ut vid vårdbyggnationer i ett såväl nationellt som internationellt sammanhang har kunnat redogöras för på ett kvalitativt sätt utifrån fallstudier och hur respektive sjukhus använt VR i sin byggprojektprocess. Den internationella aspekten har även klargjort hur organisatoriskt relaterade faktorer kan vara avgörande för hur VR-nyttan fångas upp i byggprojektprocessen. Dock är det inte helt klart, vilket har varit en brist i arbetet, om VR-nyttan som fångats upp hos respektive sjukhus, huvudsakligen berott på VR eller av andra faktorer såsom sjukhusets organisatoriska struktur eller dialogen och samordningen mellan sjukhuset och leverantörerna.

Målet med att utreda hur VR bör kravställas utifrån ett generellt perspektiv och hur kravställningen för Akademiska sjukhuset kan utformas har uppnåtts på ett tillfredställande sätt. I och med att VR i dagsläget, såväl internationellt som nationellt, inte är en branschstandard och en etablerad teknik, är det svårt att dra direkta slutsatser som är långsiktigt tillförlitliga. För att gardera sig mot detta har därmed ingen namngivning av programvaror skett. Detta för att kunna säkerställa att kravställningen inte blir för hård, då VR på leverantörssidan fortfarande inte är något väl etablerat. Samtidigt har det genom att kravställa för funktionaliteter från den amerikanska fallstudien, möjliggjort för Akademiska sjukhuset och svenska sjukhus generellt, att kravställa på ett sådant sätt som möjliggör att sjukhus kan utvinna maximal VR-nytta utifrån dagens tekniska förutsättningar, och samtidigt skapa incitament på leverantörssidan att vilja investera i VR. Detta tillvägagångssätt i kravställandet hjälper långsiktigt mot de brister som präglar dagens VR-marknad: att sjukhusen ser det som en tilläggstjänst medan leverantörerna kan se nyttan av att inkludera sjukhusen i ett tidigt skede för att det ska kunna ge ett lyckat slutresultat för brukarna.

På många sätt är den VR-kravställning som rekommenderas för Akademiska sjukhuset lika den som rekommenderas för andra sjukhus. Detta grundar sig som tidigare nämnts på att tekniken fortfarande inte är någon branschstandard. De mer generella rekommendationerna, och den standard som rekommenderas, är tillräckliga för att kunna kravställa VR-användningen. Att kravställa för snävt som beställare riskerar att

leda till samma utfall som tidigare: ännu en tilläggstjänst där sjukhus som beställare missar nyttan med VR på grund av att de inte har nog kunskaper och erfarenheter kring tekniken och att leverantörerna inte har incitament eller vilja att investera i tekniken.

Detta examensarbete har klargjort hur såväl sjukhusanställda som beställare och de leverantörer som tillhandahåller VR-tjänsterna, inom sina respektive ansvarsområden, kan bidra till att VR-teknik på ett väl fungerande sätt kan stödja byggprocessen på de vårdprofessionellas villkor.

Utifrån de förutsättningar som givits, och den rådande situationen med Covid19-pandemin som pågått under hela examensarbetet, har de uppsatta målet uppnåtts på ett tillfredställande sätt.

Det bör även avslutas med att sägas hur arbetets omfattning förändrats under examenarbetets gång. Detta har reflekterat sig främst i den mängd intervjuer och fallstudier som inkluderats. Till en början var det främst NSM-projektet och ingång 70 i Uppsala som utreddes, varvid det insågs tidigt att frågeställningarna arbetet ämnade besvara, inte räckte med endast två fallstudier. Beslutet att sedan inkludera Skaraborgs sjukhus som en tredje nationell fallstudie samt en internationell fallstudie, bidrog även till att den internationella aspekten kunde leda till slutsatser som annars hade varit väldigt svåra att dra ifall den inte hade inkluderats.

8.1 Vidare forskning

Om man ska fortsätta med detta arbete bör följande punkter utredas vidare:

- Kostnad- och nyttoanalys av VR-användning i byggnationen av vårdlokaler jämfört med att bygga provrum.
- Genomföra en retrospektiv studie för att se i vilken utsträckning ökad VR-användning kan minska antalet sena byggändringar.
- Jämförande studier som ligger nära varandra i tid och plats för att se hur VR-användning i projekt resulterar i sena byggändringar i olika art.

Framför allt den sistnämnda punkten är av betydelse då samtliga nationella fallstudier i detta examensarbete innefattade ej färdigställda sjukhusprojekt. Detta försvårade möjligheten att se vilken korrelation som finns mellan VR-användning och sena byggändringar. Genom att endast studera sjukhus där det funnits relativt omfattande VR-användning utifrån svenska mått kan en tydligare koppling göras mellan VR-implementering i tidiga skeden av byggprojektprocessen och reducering av sena byggändringar till följd av denna implementering.

Referenser

Bok:

Arnaldi, Bruno, Guitton, Pascal och Moreau, Guillaume (2017) – Virtual reality and augmented reality, ISTE LTD: London

Bryman, Alan & Bell, Emma (2013). Företagsekonomiska forskningsmetoder. 2., [rev.] uppl. Stockholm: Liber

Fejes, A., 1977 & Thornberg, R., 1968 2015, Handbok i kvalitativ analys, 2., utök. Uppl. Edn, Liber, Stockholm.

Forsberg, Krister (2017), Workshops och arbetsmöten, Liber: Stockholm

Jerald, Jason (2015), the VR-book, The Association for Computing Machinery and Morgan Claypool publishers

Nordstrand, Uno (2008), Liber AB, 4.e upplagan

Patton, M. Q.(2002). Qualitative research & evaluation methods (3rd ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.

Rosenthal, G. (2005) ‘The Healing Effects of Storytelling: On the Conditions of Curative Storytelling in the Context of Research and Counseling’, I: Robert Miller (red.), Biographical research methods, vol. IV. London: Sage, s. 343–363.

Wiley (2020), INCOSE Systems Engineering Handbook, A guide for system life cycle processes and activities, John Wiley & Sons Inc

Rapport med författare:

Akademiska sjukhuset, Projektet ingång 100/101. Tillgänglig online:
<https://www.akademiska.se/om-oss/sa-jobbar-vi/framtidens-akademiska/ingang-100101/>

Balali, V.; Noghabaei, M.; Heydarian, A.; Han, K. (2018), Improved Stakeholder Communication and Visualizations: Real-Time Interaction and Cost Estimation within Immersive Virtual Environments. In Proceedings of the Construction Research Congress, New Orleans, LA, USA, 2–4; pp. 522–530.

Brännström, Erik och Ljusteräng, Fannie (2016), VR och VR-glasögon inom byggbranschen, BOMX03-16-08, Chalmers tekniska högskola/institutionen för bygg- och miljöteknik

Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). Virtual reality technology (Vol. 1). John Wiley & Sons.

- Calderon-Hernandez, Claudia & Paes, Daniel & Irizarry, Javier & Brioso, Xavier. (2019). Comparing Virtual Reality and 2-Dimensional Drawings for the Visualization of a Construction Project. 17-24. 10.1061/9780784482421.003.
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. (1992). The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, 35(6), 64-73.
- Dörner, R., Lok, B., & Broll, W. (2011). Social Gaming and Learning Applications: A Driving Force for the Future of Virtual and Augmented Reality?. In *Virtual Realities* (pp. 51- 76). Springer Vienna.
- Gopal, Gayatri & Suter-Crazzolara, Clemens & Toldo, Luca och Eberhardt, Werner. (2018). Digital transformation in healthcare - Architectures of present and future information technologies. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. 57. 10.1515/cclm-2018-0658.
- Graham, Katie & Chow, L. & Fai, Stephen. (2019). From BIM to VR: defining a level of detail to guide virtual reality narratives. *Journal of Information Technology in Construction*. 24. 553-568. 10.36680/j.itcon.2019.031.
- Grand View Research (2020), Virtual Reality Market Size, Share & Trends Analysis Report By Device (HMD, GTD), By Technology (Semi & Fully Immersive, Non-immersive), By Component, By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2020-2027, Grand View Research: San Francisco
- Johansson, Mikael (2016), From BIM to VR – The design and development of BIMXplorer, ISSN 0346-718X, Chalmers tekniska högskola
- Johansson, M., Roupé, M. (2009). Efficient Real-Time Rendering of Building Information Models. *CGVR09*, pp. 97-103.
- Johansson, M., Roupé, M. and Viklund Tallgren, M. (2014). From BIM to VR - Integrating immersive visualizations in the current design process, *eCAADe 2014*, Northumbria, 261– 269.
- Johansson, M., Roupé, M. (2019) "BIM and Virtual Reality (VR) at the construction site", *CONVR 2019 -19th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, Vol. 19, 1-10.
- Karlsson, Patrik och Larsson, Oscar, Widéen S (2018). VR som komplement i projekteringsfasen, Tillgänglig online: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:lnu:diva-77350>

Kjellin, A. (2008), Visualizing Dynamics –The Perception of Spatiotemporal Data in 2D and 3D. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis; Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Social Sciences.

Konttila J, Siira H, Kyngäs H, Lahtinen M, Elo S, Kääriäinen M, Kaakinen P, Oikarinen A, Yamakawa M, Fukui S, Utsumi M, Higami Y, Higuchi A, Mikkonen K (2018), Healthcare professionals' competence in digitalisation: A systematic review. *J Clin Nurs*. 2019 Mar;28(5-6):745-761. doi: 10.1111/jocn.14710. Epub 2018 Nov 22. PMID: 30376199.

Large Scale Data Analytics in Healthcare. *Proceedings of the IEEE*. 104. 10.1109/JPROC.2016.2615052.

Mikael Johansson, Mattias Roupé, Petra Bosch-Sijtsema (2015) Real-time visualization of building information models (BIM), *Automation in Construction*, Volume 54, 2015, Pages 69-82, ISSN 0926-5805

Modjeska, D. and Chignell, M. (2003), Individual Differences in Exploration Using Desktop VR, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 54, No. 3, pp. 216-228.

Murphy, J. (2010). Nursing and technology: A love/hate relationship. *Nursing Economics*, 28, 405-508

Noghabaei, Mojtaba, Heydarian, Arsalan, Balali, Vahid, Han, Kevin (2020), Trend Analysis on Adoption of Virtual and Augmented Reality in the Architecture, Engineering, and Construction Industry, *Data* 2020, 5, 26.

Roupé, M., Johansson, M., Viklund Tallgren, M., Jörnebrant, F., Tomsa, P. A. (2016). Immersive visualization of Building Information Models - Usage and future possibilities during design and construction, *CAADRIA 2016, Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing*, 21, pp. 673-682.

Roupé, M., Johansson, M., Elke, M., Karlsson, S., Tan, L., Lindahl, G., Hammarling, C., (2019) "Exploring different design spaces - VR as a tool during building design", *CONVR 2019 -19th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, Vol. 19, 94-102.

Roupé, M., Johansson, M., Maftai, L. , Lundstedt R., and Viklund-Tallgren, M. (Forthcoming 2020), "Virtual Collaborative Design Environment (ViCoDE), supporting seamless integration of multi-touch table and immersive VR", *Journal of Construction Engineering and Management*. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001935

Sandblad, B., Gulliksen, J., Lantz, A., Walldius, Å., Åborg, C. (2018). Digitaliseringen och arbetsmiljön. Studentlitteratur, Lund.

Tresp, Volker & Overhage, J. Marc & Bundschus, Markus & Rabizadeh, Shahrooz & Fasching, Peter & Yu, Shipeng. (2016). Going Digital: A Survey on Digitalization and

Woksepp, Stefan & Olofsson, Thomas. (2008). Credibility and applicability of virtual reality models in design and construction. Advanced Engineering Informatics. 22. 520-528. 10.1016/j.aei.2008.06.007.

Whyte, Jennifer, (2003). Innovation and users: Virtual reality in the construction sector. Construction Management & Economics. 21. 565-572

Zhang, Yuanyi och Pai, JenTe. (2017). Editorial Introduction: Special Issue on “BIM and VR Technology” </i>. International Review for Spatial Planning and Sustainable Development. 5. 1-3. 10.14246/irpsd.5.1_1.

Webbsida:

Graphisoft (2003), Graphisoft Leads the Global Industry Foundation Classes Initiative. Tillgänglig online: <https://graphisoft.com/es/press-releases/ifc-200305> (2020-04-30)

McKinsey & Company, Capital Projects & Infrastructure (2016), Imagining construction's digital future. Tillgänglig online: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future#> (2020-01-19)

Merriam-Webster (2020), Definition of virtual reality. Tillgänglig online: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual%20reality> (2020-01-30)

Program för teknisk standard (2020), vad är program för Teknisk Standard? Tillgänglig online: <https://www.ptsforum.se/> (2020-04-30)

SCB (2018), Störst folkökning bland de äldsta. Tillgänglig online: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningsframskrivningar/befolkningsframskrivningar/pong/statistik-nyhet/sveriges-framtida-befolkning-20182070/> (2020-02-30)

Solibri (2015), Solibri IFC Optimizer. Tillgänglig online: <https://www.solibri.com/learn/solibri-ifc-optimizer> (2020-04-25)

Videum, Vad är virtual reality? Tillgänglig online: <https://www.videum.se/vad-ar-virtual-reality> (2020-01-29)

Vårdförbundet (2013), Störande eller stödjande? Om eHälsosystemens användbarhet 2013. Tillgänglig online: https://www.vardforbundet.se/siteassets/engagemang-och-paverkan/sa-gor-vi-varden-battare/storande-el-stodjande_eha-slutrapport_rev2.pdf (2020-02-02)

Intervjuer:

Andersson, Jörgen. Projektledare verksamhet, NSM. Personlig intervju, 5:e mars

Andersson, Christoffer. BIM-koordinator, Projtools. Personlig intervju, 5:e mars.

Arvidsson, Anna. Arkitekt, Semren och Månsson. Intervju via Zoom, 15:e april.

Askelöf, Maria. Projektledare och funktionsplanerare, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Personlig intervju, 19 februari.

Bowen, Ian. Senior Project manager, Kaiser Permanente. Intervju via Zoom, 27:e maj.

Eklöf, Emma. Biträdande projektchef, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Intervju via Zoom, 18 februari.

Eriksson, Johanna. Forskare och konstnärlig lektor vid Centrum för vårdens arkitektur, Chalmers. Intervju via Zoom, 16:e april.

Fernlöf, Anders. Verksamhetens projektledare för ingång 70, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Personlig intervju. 18 februari.

Ganelind, Håkan. Verksamhetsansvarig, Västgöte region. Intervju via Zoom, 16:e april.

Gustavsson, Henrik. Projektledare, Västgöte region. Intervju via Zoom, 16:e april.

Hanson, Astrid. Lokalplanerare för NSM vårdbyggnader, Regionfastigheter. Personlig intervju 4:e mars.

Kinsman, Mark. Emerging Technology Developer, Mortenson. Intervju via Zoom, 19:e maj.

Kustmark, Anna. Projektledare för driftsättning av ingång 100, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Personlig intervju. 17 februari.

Lennartson, Thomas. Fastighetsekonom, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Personlig intervju, 20 februari.

Lundberg, Lena. Funktionsplanerare – Enhetschef, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Intervju via Zoom, 19 februari.

Marttila-Gaard, Kirsti. Verksamhetsledare för vårdavdelningar, SUS. Personlig intervju, 4:e mars.

Mohrmann, Nadia. Arkitekt, White. Personlig intervju, 6:e mars.

Näslund, Viktor. Biträdande avdelningschef – ortopedi- och handkirurgi – verksamhetsrepresentant, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Personlig intervju. 19 februari.

Nätterlund, Jörgen. Specialist visualisering, Tyrens. Intervju via Skype, 27:e februari.

Olsson, Gustav. VDC-utvecklare, NCC. Intervju via Skype. 27:e februari.

Schröter, Elke. Arkitekt specialiserad mot sjukhus, Sweco. Intervju via Zoom, 14:e april.

Sjöström, Helen. Enhetschef för IVA, SUS. Personlig intervju, 5:e mars.

Skarin, Gustav. Arkitekt, White. Personlig intervju, 6:e mars.

Skog, Kajsa. Verksamhetsledare för IVA-processer, SUS. Personlig intervju 5:e mars.

Strid, Maria. Projektledare, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Personlig intervju. 17 februari.

Sundin, Wiebke. Planeringsledare, NSM. Personlig intervju 5:e mars.

9. Bilagor

Paketfrågor till intervjuobjekt i Uppsala

Typ av fråga:	Frågor
Övergripande frågor	Vad jobbar du med? Vad är din huvudsakliga uppgift? Vad är de största utmaningarna sett till byggprojektering? Vad har varit de utmaningar som inte gått att lösa? Hur ser det i dagsläget ut sett till kravställningsprocessen och hur hade det idealt sett ut om det fungerat bättre? Och då specifikt sett till lokalanpassningar. Hur hade vi kunnat undvika de här förändringarna i lokalbehoven för länge sedan? Hur tror du det hade kunnat hjälpa med VR?
Behovsanalys och kravställning	Vilka behov tror du man kan fånga upp med VR? Vad hade ni ställt för krav på andra aktörer för att VR hade kunnat vara en del av projektet? Vilka krav hade ni som beställare ställt gentemot leverantören? Vilka förutsättningar tror du det hade krävts av sjukhuset för att kunna implementera VR?
Övriga typer av frågor	Hur var det att ha tillgång till provrummet/provhuset? Räckte det för att fånga upp behoven hos vårdpersonalen? På vilka sätt hade det kunnat förbättrats? Vilka utmaningar ser du i dagsläget som hindrar implementeringen av VR i er arbetsprocess? Vilka för och nackdelar ser du med tekniken?

Paketfrågor till intervjuobjekt i NSM och Psykiatriblocket - Skaraborgs sjukhus

Typ av fråga:	Frågor
Övergripande frågor	Hur ser er kommunikation ut med övriga aktörer? Vem har ni främst kommunikation med och hur har ni haft den kommunikationen (veckovisa möten, telefon, etc.)? Hur har den konversationen/kommunikationen förändrats under loppet av arbetets gång? Hur har ni använt VR som verktyg?
Behovsanalys och kravställning	Vilka behov hos slutanvändarna/vårdpersonalen har ni lyckats fånga upp med VR? Vad har ni ställt för krav på andra aktörer för att VR har kunnat vara en del av projektet? Vilka krav ni som leverantör ställt gentemot kunden/sjukhuset? Vilka krav ni som beställare ställt gentemot leverantören? Är VR ett komplement-verktyg? Eller huvudsaklig metod för att fånga upp behov? Har ni använt VR för inredning och för utrustning (maskiner osv.)?
Lärdomar	Vilka utmaningar ni haft? Vad har ni lärt er ifall ni skulle bygga om/göra om projektet? Vilka lärdomar kan ni en motsvarande aktör i Uppsala (Animech)? Vad fungerade mindre bra?
	Kostnad jämfört med andra verktyg såsom provhus och provrum? Hur mycket har man egentligen sparat in på att använda VR? Vad kostade det och vad krävdes det, hur stort osv. för att få fram VR-rummet? Vad krävs det från sjukhusets sida? Utbildning?

Övriga typer av frågor	
------------------------	--

Paketfrågor ställda till intervjuobjekt för Kaiser Permanentes radiologirum – Portland, USA

Typ av fråga:	Frågor
Övergripande frågor	How was your communication as a client/supplier with other parties (design team, Mortenson/hospital personnel)? How did this communication develop throughout the project? What challenges did you run into? Main reason as to why you wanted to implement VR in this particular project? What requirements did you set up in order for VR to be a part of the project? What role do you see VR have in comparison to physical mockups; complementary or potentially substitute it? What would require of VR in order to fully substitute physical mockups?
Behovsanalys och kravställning	When in the construction process is VR implemented? What implications does VR-implementation have in a hospital project, from the stakeholder perspective? How “user-friendly” did the hospital staff experience VR compared to floor plans? What kind of feedback did the hospital staff provide via VR? Do you believe VR can be a tool to be used that makes the stakeholders feel more included in the project? Why? Why not?
Övriga typer av frågor	Do you believe clients can via VR, eliminate design flaws early in a project or is it needed that one uses a combination of tools (VR, physical mockup, floor plans, workshop etc.)? What are the main benefits and drawbacks of VR? What can be improved further with the technology to gain more value from it?

Frågor ställda till deltagare under allmän workshop

Fråga – innan:	Fråga – under:	Fråga – efter:
Hur ser det ut i dagsläget när ni ska bidra med era behov? Vad vet du om VR? Vad har ni för förväntningar på sådant här verktyg? OM ni har varit med i kravställningsprocessen tillsammans med projektörer, projektledare för verksamhet och arkitekt, hur har ni upplevt det? Kan ni se flöden framför er utifrån ritningar?	Hur upplever du det? Vad ser du inte och vad skulle du vilja se mer av? Skulle du kunna ge förändringsförslag utifrån det du ser nu? Kan du skapa konstruktiv feedback utifrån det du ser? Har du svårt att förstå dimensionerna av rummet?	Vad hade du velat se mer av? Hur upplevde du den här typen av arbetssätt? Hur pass lättförståeligt var det jämfört med 2D ritningar?

Frågor ställda till deltagare under dedikerad workshop

Fråga – innan:	Fråga – under:	Fråga – efter:
Hur ser det ut i dagsläget när ni ska bidra med era behov? Vad vet du om VR? Vad har ni för förväntningar på sådant här verktyg? OM ni har varit med i kravställningsprocessen tillsammans med projektörer, projektledare för verksamhet och arkitekt, hur har ni upplevt det? Kan ni se flöden framför er utifrån ritningar?	Kan du röra dig runt i rummet såsom du planerar att göra? Såsom det krävs av dig i ditt vanliga arbetsmoment? Vad skulle du vilja se mer av i det här rummet? Vad finns det i ritningar som du saknar här? Hur pass väl tycker du VR-modeller visualiserar din framtida arbetsplats?	Om VR hade använts på det sättet som ni använder det nu, tror ni det hade räckt då med att träffas 5-6 gånger under träffar där ni utgår från 2D ritningar?

Resultat från allmän workshop

Namn:	Roll:	Svar – innan:	Svar – under:	Svar – efter:	Tittat på planritning:
Sofia Stattin	Sjuksköterska	"Lite halvt inkastade, men en del synpunkter har vi. Det har varit ganska rörigt då vi ska flytta och den delen varit på tal i många år så det har varit fram och tillbaka och då har vi fått planera och göra om och det har varit oklart och nu ska vi flytta på knappt 2 veckor på grund av Covid-19." "Glasögon är det första jag tänker på när jag hör VR. Att se något som inte finns där än."	"det är tydligt; överskådligt och sätter perspektiv på saker och ting." "Skalor och rumsuppfattning är relativt lika verkligheten. Bra överblick överlag och utrymme emellan."	"Mer förståeligt och tydligt. Man är där och ser och kan titta runt. Och en ritning är en ritning. Nu kan man dessutom se från flera vinklar jämfört med en ritning som gör att man bara kan kolla från en vinkel."	nej
Ann-charlotte Claesson	Operationssjuksköterska på ortoped och anestesi	"inte varit med i någon process. Har varit med på ett projekt där jag suttit i grupp och jobbar och kollar	"Svårt att tolka planritningarna; svårt att tolka	"Skulle vilja se mer tillbehör. Tror bägge två	

		på flöden bland annat så det förstås.” – ”Den bild jag har av VR är att man sätter på sig glasögon och upplever en annan värld.” – ”förväntningar är att det ska vara spännande och nyfiken.” – ”	diverse symboler men kan urskilja generella saker.” – ”svårt att veta exakta flödena då jag inte jobbar i de här lokalerna men spontant tycker jag att det borde vara mer personal och utrustning.” – ”levde upp till förväntningar.” – ”inte svårt att förstå dimensionerna av rummet	(planritning och VR) behövs för att få överblick och hitta sig själv och kunna navigera för annars befinner man sig i ett rum bara och svårt att veta hur det förhåller sig till övriga rum.” – ”det kanske kan uppfattas som läskigt att sätta sig in i till en början, ifall inte det finns någon ansvarig som visar hur det fungerar.”	nej
Joakim Burman	Överläkare på neurologen	”Sett till kravställningsprocessen så händer många ändringar utan att man får reda på det och om man har en idé att man vill ändra något så kan man ta upp det med en chef. Ex. hur vi vill ha bättre belysning i vår mottagning, i korridoren, i väntrummet men så går det inte igenom. Varvid i andra fall händer saker utan vilket kan upplevas något konstigt, eftersom det är en sådan stor organisation.” – ”ser VR mer som en leksak, Tv-spel relaterat. Någon gång har vi upplevt det på en konferens för att användarna en känsla av hur patienter med synnedsättning har det.”	”Såg mindre ut än jag trodde när jag jämför med hur det såg ut på skärmen. På skärmen kändes avstånden väldigt små och nu upplevs de inte så.” – ”Får en känsla av att det är väldigt öppet.”	”På ett sätt kändes det som man förstod bättre än när man tittade på skärmen.” – ”Om det gick hade jag velat modellera, testa ljudmiljöer, speciellt i sådana här öppna landskap. Och även andra grejer som att flytta runt föremål; interaktivitet i modellerna.”	nej
John Berling	Säkerhetssamordnare	”Kommit in ett helt byggprojekt där jag varit med och kollat på tillträde; kollar tillsammans med FOS. Kollat på verksamhetsbehov sett utifrån säkerhetsaspekt.” – ”provat det på en fest, underhållning förknippar jag det med.” – ”sett till förväntningar, hoppas jag kunna hitta vinklar och synvinklar som är svåra att avläsa från planritningar.” – ”sett till ritningar, ser jag mig som en logisk person så kan det hyfsat. Men vissa saker förstår jag dock inte alls. Går runt och kollar fysiskt vilket jag är en förutsättning för mig att förstå på	”känns tydligt med avstånd. Du kan se från säng till vägg exempelvis och det är tydligt. Jag	”skulle vilja röra mig mer i lokalen och kunna gå lite mer fysiskt och kunna röra mig mer naturligt istället för	Ja

		vissa saker." – "generellt känner jag mig inkluderad, då jag känner att jag är en viktig del av processen."	kan inte se detaljer vilket viktigt för den typ av verksamhet jag jobbar med." – "mycket bättre än jag trodde."	att teleportera. I vårt jobb är det viktigt med detaljer dessutom vilket det kändes som man tappade här." – "måste lära sig detta med. Måste förstå systemet."	
Lina Åkesson	Barnläkare på barnortopeden	"Vänder mig i första hand till sektionschefen, annars verksamhetschefen. Har inte deltagit i någon form av kravställningsprocess." – "Har testat på VR på museum." – "Förväntningarna är att det ska vara pålitligt och naturligt som möjligt som gör att man kan göra ordentliga bedömningar." – "Om jag hade varit med i någon form av kravställningsprocess så tror hade jag velat ha bra ett bra styrande då det är viktigare än någon form av teknik."	"utifrån ritningen framför mig kan jag se korridorerna och kan avgöra att det är en avdelning men svårt att urskilja detaljer. Förstår flöden till viss utsträckning om jag kollar på arbetsstationer och liknande." – "utrustning ser jag inte. Viktigt att se då det tar plats och påverkar flöden och gör det mer realistiskt." – "förstår rymligheten bra."	"Skulle vilja se mer material så att man får bättre uppfattning om rymden och flöden. Just nu kändes det avskalat jämfört med modellerna från NSM-projektet."	Ja
Gabriella Åhlström	Sjuksköterska	"inte deltagit i processen av kravställning. Det jag tänker är att det är svårt för lokalerna som finns redan där men en helt ny byggnad och att det finns struktur och hitta någon form av struktur i det vardagliga arbetet, så att saker hänger ihop på samma ställe så man inte behöver springa fram och tillbaka. Svårigheterna just nu är att utrymma inte finns, små rum ex."	"nu tycker man att det finns gott om plats så det skulle vara nyttigt att få veta hur det är med utrustning."	"nu tycker man att det finns gott om plats så det skulle vara nyttigt att få veta hur det är med utrustning."	nej
Babett Jatzkowski	Sjuksköterskor - ortoped	"just nu flyttar man och kollar bland annat mycket på material och arbetsytor och liknande." – "sett till förväntning hoppas jag kunna få ta del av något som är mer klart än planritningar."	"får en bra rumsuppfattning. Man kan se hur det kommer vara och hur det kan bli att jobba där." – "skulle vara lättare att förstå när man kan se vad man kommer	"skulle vilja se olika förslag i VR. Kunna få en uppfattning om flöden genom att flytta på	Nej

			få på det här sättet jämfört med en planritning.”	utrustning och liknande.”	
Jessica Sundberg	Sjuksköterskor - ortopederna	”Skulle vilja ha alternativ i VR och veta vad som kan göras bättre så att man kan känna sig mer inkluderad.”	”Skulle vilja se mer, exempelvis patienter. Skulle kunna ge förändringsförslag utifrån det jag ser.”	”Vart en helt annan upplevelse än ritning. Annars är det svårt med planritning. Annars är det svårt med planritning där man ex. säger att det ser trångt ut vilket inte alltid är lätt att veta utifrån ritningen men här fick jag en annan känsla och rumsuppfattning för det.”	nej
Ulla Danielsson	Undersköterska på ortopederna	”Anser mig själv vara teknikfientlig och har inga större förväntningar.” – ”ifall jag hade varit med i någo form av kravställningsprocess hade jag velat vara med i projektet hela vägen.”	”saknas lite folk så man ser hur det blir när det blir klart för att få en uppfattning om det finns gott om utrymme.” – ”hade kanske kunnat ge förändringsförslag utifrån det jag ser, möjligtvis om jag kunde påverka placering av utrustning.”	”svårt att säga från 2D ritningen hur stort det verkligen är. Säger inte mycket. Men här var det tydligt med rumsuppfattning.” – ”hade velat se mer av apparater som ska vara med och personal och patienter för att se hur trångt det blir. Det mesta ser stort ut när det är tomt.” – ”mer lättförståeligt än 2D-planritningar då man ser ett rum nu istället för massor av streck på ett papper.”	nej
Kalle Schölin	Läkare på neurologen	”Det är enkelt att ta upp saker om man vill något, men sedan om det genomförs är en annan sak.” – ”VR är något som folk har tro på och som inte riktigt levererat det man trott på. Jag har kommit i kontakt med det i samband med flygsimulatorer.”	”förstår hur rummet är uppbyggt. Ganska stort rum. Annars finns det grejer i taket; akustikplattor, pumpar, handskar, bord, fönster man kan titta igenom.” –	”På ett sätt kändes det som man förstod bättre än när man tittade på skärmen, sedan var det ganska avskalat, men när jag väl var i själva modellen gav det en helt annan känsla sett till rumsuppfattning.”	Nej

			”jag hade inga förväntningar så det levde upp till förväntningar. Behöver också även personal som kan gå runt och få en känsla av flödet.”		
Viktor Näslund	Biträdande avdelningschef – ortopedi- och handkirurgi – verksamhetsrepresentant	”Svårt att se på en 2D-ritning hur stort det blir och det är en stor skillnad att titta på hur det blir via VR.”	”Hade kunnat ge förändringsförslag utifrån det jag ser just nu.” – ”levde upp till mina förväntningar. Mer skarpt än jag trodde. Får ett djup i det hela och en rumsuppfattning som jag inte trodde jag skulle få uppleva; det är 3D på ett sätt som jag inte trodde kunde upplevas.”	”rumsuppfattningen var helt annorlunda och det blir ju en översättning mot en verklighet. Får en känsla vad längd är och att det är detaljerat.”	Ja

Resultat från dedikerad workshop

Namn:	Roll:	Svar innan:	svar under:	svar efter:	Kommentar på VR-modell från NSM – under:
Eva Wahlberg	Biträdande avdelningschef på CIVA	”Man lyssnar mycket på vad man tycker. Och vi ger oss inte förrän vi fått igenom det. Måste ha goda argument. Ibland måste vi nöja oss och vara överens om en gemensam lösning.” – ”ritningar matchar verkligheten rätt	”Häftigt. Upptagen med vad jag ser; mycket att se och uppleva. Det är ganska stort mellanrum mellan olika saker. Kanske flytta hela väggen närmare fönstret så man kan se bättre.” – ”gäller att ha fönstret lägre så jag kan se nästa	”Det jag tänkte på var hur vi kan nyttja det här golvrummet, kan vi minska det på något och dimensionering av rummet generellt.” – ”tror inte det kan ersätta planritningar utan det kompletterar	”Inte så beroende på att det ska vara mer utrustning vilket det var i den här modellen jämfört med vår version, utan hellre uppleva ytan. Ytan är det stora behovet för oss. På grund av erfarenheten vi har tidigare så kan vi förstå

		så bra men vissa detaljer inte som vi tänkt oss och vissa saker vi tänkt på och i vissa fall har vi fått saker som vi inte tänkte på i början.”	patient.” – ”man ser riktigt bra i arbetsstationen.”	det snarare. Enklare att diskutera förändringar när man har en ritning framför sig och få 2D perspektivet, varvid VR blir ett begränsat synfält då man rör sig runt i modellen och tappar lite av helheten.”	känslan för flödet redan.”
Robert Kovax	Underskötare och medicintekniskt ansvarig	”Det är alltid svårt med en ritning som är platt på ett papper. Jag har fått synpunkter från annan personal att de inte förstått riktigt hur det kommer se ut när det blir klar. Vissa har tolkat väggar som halvväggar exempelvis.”	”Skulle kunna tänka mig att fönstret skulle kunna vara lite bredare, typ 10 cm till in mot avdelningen så att det blir mer rektangulärt och då hade vi sett ännu bättre.” – ”brister lite materialmässigt.”	”Går inte att diskutera avstånd och förändringar när ena personen har på sig glasögonen, och att kunna diskutera förändringar tillsammans.”	Intervjuobjekt blev illamående och testade därmed inte NSM:s VR-modell av IVA
Britta Ulander	Undersköterska och medicintekniskt ansvarig	”Sett till förväntningar har jag höga förväntningar; vill se hinder, vilka möjligheter och vad vi ska förändra. Förhoppningsvis något helt annat än att kolla på en ritning.” – ”konstiga glasögon är det jag tänker på.”	”Skulle vilja se mer; ger mig dock en bild vad vi kanske behöver förändra.”	”När man ser på det 5-6 gånger så är det så att man kan uppleva iterativa VR-modeller tillsammans.”	”Tycker jag såg tillräckligt sett till material i Uppsala-modellen.” – ”Gillar modellen på sängen för skaluppfattning.”