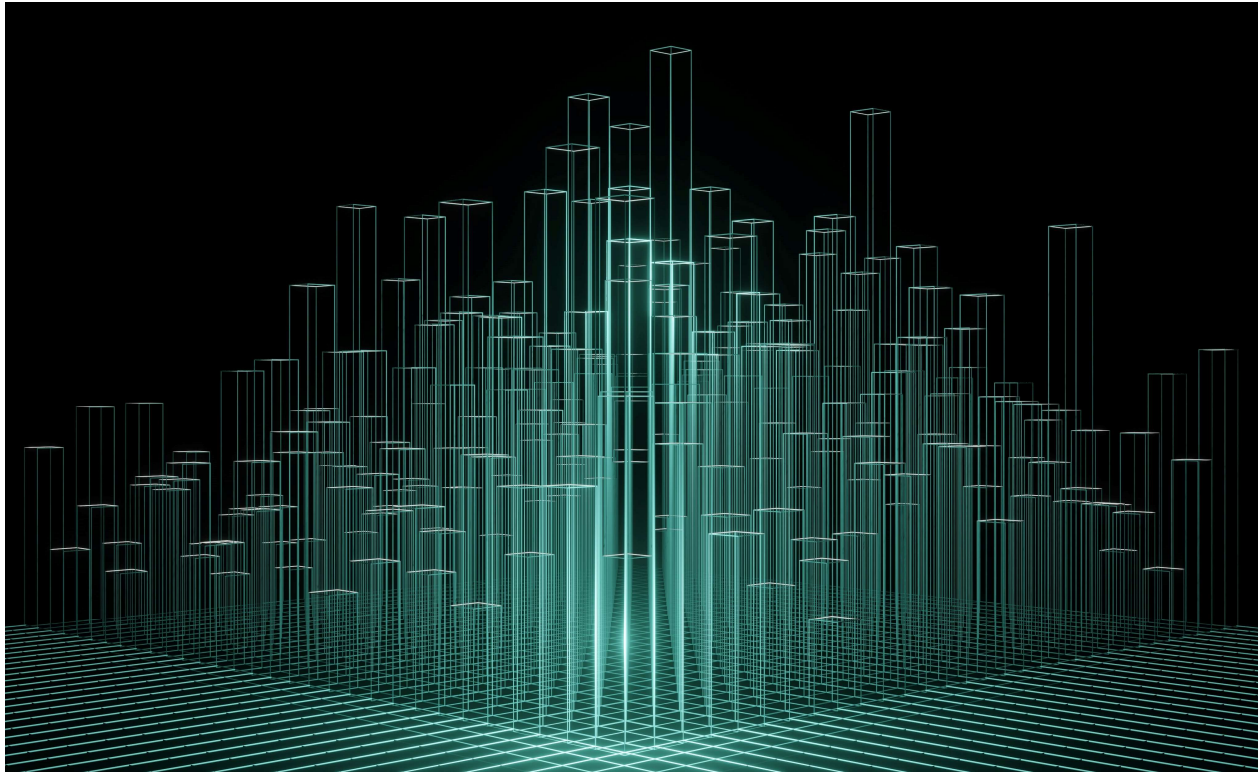




CHALMERS



Identifiering av repetitiva moment i projekteringsprocessen

Tidsbesparing genom applicering av generativ design

Kandidatarbete inom ACEX10-22-25

Lovisa Bjugård Fagerlund, Gustav Fryklund, Olga
Nikolajenko, Mohamad Rahmeh, Valter Samuelsson

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

Förord

Denna rapport är en del av kandidaten på civilingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers och omfattar 15 högskolepoäng.

Vi vill ta tillfället i akt och tacka samtliga respondenter som tagit sig tid för att ge insiktsfulla svar. Utan ert engagemang hade vi gått miste om värdefull insikt om hur branschen ser ut idag. Vi framför även ett tack till Caroline Ingelhammar för goda råd under det tidiga stadiet av rapportens utformning. Slutligen riktar vi ett stort tack till vår handledare Mikael Viklund Tallgren, vars stöd funnits nära till hands genom hela processen.

Sammanfattning

Digitaliseringen i byggbranschen ligger efter jämfört med andra branscher. Detta beror på ett åldrat arbetssätt och en bristande implementering av de hjälpmedel som finns tillgängliga. De digitala hjälpmedlen anpassas och utvecklas ständigt för att fungera för så många branschaktiva företag som möjligt. Det som gör det svårt för de digitala verktygen att få fäste trots sin anpassning är svårt att identifiera.

Den genomförda litteraturstudien visar att digitaliseringen behövs för att föra branschen närmare övriga industrisektorer vad gäller digitaliseringsgraden. Byggbranschen är allmänt känd som en förhållandevis ineffektiv och farlig bransch. Intervjustudien som genomförts påvisar att branschaktiva menar att det beror på arbetets varierande natur. Nya och tillfälliga arbetsplatser gör det enligt respondenterna svårt att standardisera arbetet.

Det är något som denna rapport kommer undersöka genom att intervjua ett Case där generativ design och artificiell intelligens förändrat arbetssättet för arkitekter, vilket har frigjort tid och minskat mängden repetitivt arbete. Syftet med rapporten är således att jämföra, om tekniken som Case utvecklar kan appliceras inom projekteringskedet i allmänhet och försöka identifiera konkreta arbetsmoment som kan effektiviseras med hjälp av tekniken.

När resultaten jämfördes mellan litteraturstudien och den semi-strukturerade intervjustudien, visade det sig finnas en skillnad i drivkraften att digitalisera. Litteraturen var tydlig med både behov och nytta medan respondenterna i allmänhet hade en mer avslappnad inställning till behovet. De uppfattades som öppna för förändring men få av dem var drivande i utvecklingen. Hur vida detta beror på deras personliga åsikt eller organisationens ståndpunkt i frågan är inget som utvärderats i denna rapport. Det som har identifierats som avgörande för användningen av ett digitalt verktyg, när de branschaktiva fått frågan, är funktion och användarvänlighet. Att svaren är just funktion och användarvänlighet kopplas tydligt ihop med teorins beskrivning av byggbranschen, som upplevs långsam i arbetssättförändringar.

Ett annat problem som identifierats är den allmänna uppfattningen av att det löser sig. Byggbranschen beskrivs i såväl litteratur som av respondenterna som en bransch med stor variation i arbetssätt, där mycket fortfarande löses på plats i produktionen. Respondenterna har identifierat ett samband mellan välutvecklade mjukvaror och arbete ute i produktionen, där smart teknik hittar kollisioner i systemet som i verkligheten inte är ett problem. Detta har identifierats som en svaghet i tekniken där de upplever verktygen som för smarta, men i själva verket kanske dom inte är smarta nog.

Slutsatsen att dra av detta är således, att det finns moment inom byggbranschen som idag inte utförs på effektivaste möjliga sätt. Dessa kräver dock en djupare analys över längre tid. Det finns också ett naturligt motstånd, inte angående programvarorna, utan

hos arbetarna som idag uppfattar sig ha ett fungerande sätt att jobba. Det mänskliga motståndet uppfattas således komma från rädslan att bli ersatt eller utkonkurrerad i kombination med att återigen behöva bli upplärd trots erfarenhet i branschen. Slutligen kokas det ner till att kraven på byggföretagen är för små för att de ska tvingas att utvecklas digitalt och många företag har för liten budget för att våga satsa.

Abstract

Digitalization in the construction industry is today falling behind in comparison to other industries. This is due to an outdated way of working and a lack of implementation of available digital tools. The digital tools are constantly being adapted and developed to work for as many industry-active companies as possible. Despite the constant adaptation of these digital tools, they are not being fully utilized in the industry, the cause of this is rather difficult to identify.

The literature study that has been carried out shows that the construction industry is in dire need of digitalization to bring it closer to other industrial sectors in terms of digitization rate. The construction industry is widely known as a relatively inefficient and dangerous industry. The interview study that has been conducted shows that workers active in the industry believe that this is due to the varying nature of the work. According to respondents, new and temporary workplaces make it difficult to standardize work.

This is something that this report will investigate by interviewing a Case where generative design and artificial intelligence have changed the way architects work, freeing up time and reducing the amount of repetitive work. The purpose of the report is thus to compare whether the technology that Case is developing can be applied within the design stage in general and try to identify concrete work steps that can be streamlined with the help of the technology.

When the results were compared between the literature study and the semi-structured interview study, there turned out to be a difference in the motivation to digitize. The literature was clear about both the need and the benefits, while respondents generally had a more relaxed view of the need. They were perceived as open to change but few of them were pushing for digital development. How much this depends on their opinion or the organization's position on the matter is something that has not been in focus for evaluation in this report. What has been identified as crucial for the use of a digital tool, when asking the respondents, is function and user-friendliness. This clearly links to the literature's description of the construction industry, which is perceived as slow in adapting change to existing working methods.

Another problem that has been identified is the general perception that everything will work out in the end. The construction industry is described in both literature and by the respondents as an industry with great variation in working methods, where much is still solved on site during the production stage. The respondents have identified a connection between well-developed software and work in production, where smart technology finds collisions in the system that don't become a problem. This has been identified as a weakness in the technology where they perceive the tools to be too smart, but in fact, they may not be smart enough.

The conclusion to draw from this is thus that there are steps in the construction industry that today are not being taken in the most efficient way. However, these require a deeper analysis over a longer period. There is also a natural resistance, not to the software, but rather by the workers who today perceive themselves to have an efficient way of working. We thus perceive this resistance to come from the fear of being replaced or outcompeted in combination with having to be re-trained despite their experience in the industry. Whether this is a true problem or something that can change by the will of companies, in the form of time and money, is difficult to answer but it has been perceived as the root of the problem. If profit is but a side to lay way for greater digital development a lot can happen in a short time, but this is based on a non-profit investment, in a profit-driven industry.

Innehållsförteckning

Förord	
Sammanfattning	
Abstract	
1. Ämnesintroduktion	1
1.2 Syfte.....	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
2. Metod	3
2.1 Litteraturstudietodik.....	3
2.2 Intervjumetodik	3
3. Teori.....	5
3.1 Projekteringsskedet	5
3.2 Erfarenhetsåterföring	5
3.3 Behovet av digitalisering.....	5
3.4 Byggnadsinformationsmodellering.....	6
3.5 Generativ design.....	8
3.5.1 Artificiell intelligens och maskininläring	9
3.5.2 Case	9
3.6 Samhälleliga och etiska aspekter	10
3.6.1 Arbetsmiljö	10
3.6.2 Arbetstider.....	11
3.6.3 Artificiell intelligens: yrkesroll och ansvar	11
3.7 Hinder och begränsningar	12
4. Resultat.....	14
4.1 Presentation av respondenter och organisationer.	14
4.2 Digitala verktyg idag.....	14
4.2.1 Användarvänlighet.....	15
4.3 Byggnadsinformationsmodellering.....	16
4.4 Hinder och begränsningar	17
4.4.1 Generationsskillnader	17
4.4.2 Arbetssätt	17
4.5 Erfarenhetsåterföring	19
4.6 Repetitiva arbetsmoment	21

4.7 Generativ Design	22
4.8 Artificiell intelligens och yrkesroll	23
4.9 Hållbarhet	25
5. Diskussion	25
5.1 Hinder och begränsningar	26
5.2 Digitala verktyg idag.....	27
5.2.1 Användarvänlighet.....	28
5.3 Byggnadsinformationsmodellering.....	28
5.4 Erfarenhetsåterföring	29
5.5 Repetitiva arbetsmoment.....	30
5.6 Generativ Design	31
5.7 Artificiell intelligens: yrkesroll och ansvar.....	32
5.8 Hållbarhet	33
5.9 Utvärdering.....	34
6. Slutsats	35
Källförteckning.....	36
Bilagor.....	40

1. Ämnesintroduktion

Digitaliseringen är väl implementerad och används i flera industrisektorer. Dock kan man se att byggbranschen har halkat efter i den utvecklingen, särskilt i Europa, där sektorn rankas som lägst inom digitaliseringsindexet (Manyika, et al., 2015; Industrifakta AB, 2017). I dagsläget lämnas övervägande del av information fortfarande i form av pappersritningar, vilket är ett stort problem i byggbranschen, då det är där de flesta felen uppstår (Borrmann, et al., 2015). Bristfälliga handlingar i följd av icke användandet av digitala verktyg leder till ÄTA-arbeten, merkostnader i produktionsskedet och därmed ökade arbetstimmar (Berglund, 2020).

Många företag har börjat implementera artificiell intelligens (AI) och maskininlärning (ML) i det dagliga arbetet på sina företag, där robotar har tagit över utförandet av vissa fysiska och digitala arbeten (Bennewitz, 2019). Dock finns det mycket att jobba på. Enligt Ulf Håkansson, teknikchef på Skanska Sverige finns ett hinder av att använda automation och AI vid produktion. Oftast finns det inte en färdig 3D-modell vid produktionens start, vilket enligt Ulf kan bero på tidsbrist (Bennewitz, 2019). Byggbranschen är i behov av förändringar, att ersätta de gamla arbetssätten med nya mer tidseffektiva.

Arbete med digitala verktyg startar redan under projekteringsprocessen. Det underlättar samordningen mellan olika discipliner. I dagsläget inom byggbranschen finns det flera digitala verktyg med olika funktioner anpassade för byggprocessen. Dessa digitala verktyg har funnits länge och brukar sammanfattas som ett helhetsbegrepp, byggnadsinformationsmodellering, vilket förkortas BIM. Med BIM inkluderas alla faser av projektet från planering, projektering, produktion till förvaltning. Detta är möjligt då modellen har flera dimensioner så som tid, kostnad, förvaltning, drift och säkerhet (Bongiorno, et al., 2019). (Bongiorno, Bosurgi, Carbone, Pallegriano, & Sollazzo, 2019) Syftet med det är att kommunicera och fokusera modellen. För att samordningen ska gå så smidigt som möjligt mellan olika discipliner används filformatet Industry Foundation Classes (IFC). Filformatet möjliggör exporten och importen av modellen mellan olika programvaror, vilket sedan kan användas för sammanföring av modellen och kollisionsskontroll.

För att vara tidseffektiv på sin arbetsplats och kunna leverera fler olika lösningsförslag på kortare tid, har det börjat introduceras generativ design (GD) i processen. GD är en computer aided design (CAD) baserad metod som är framtagen för att användas i alla designutvecklingsprocesser, konceptuella som detaljerade. Designlayouter som kan skapas av GD kan till exempel vara att säkerställa tillgänglighetsanpassade utrymmen som styrs av ändringar i geometrin, tillverkningsmetoder, hållfasthet, med mera (Krish, 2010). Medan BIM-verktyg skapar en modell som är fylld av information, där alla objekt är "smarta" och har en koppling till varandra, bygger GD upp en 3D komponent utifrån CAD modellen, genom samspel mellan designprogramvaran och tillverkningstekniken. Det kan teoretiskt minska det repetitiva arbete och producera fler CAD-ritningar med färre steg jämfört med den traditionella designmetoden som används i dagsläget.

Då byggbranschen har gått från enbart ha ett vinstdrivande perspektiv till att även tänka på hållbarhet. Man har börjat se över påverkan av oregelbundna arbetstider samt övertid i arbetsmiljön. Implementering av digitala hjälpmedel, så som BIM och GD i projekteringsprocessen skulle påverka byggprocessen positivt ur ett socialt hållbarhetsperspektiv.

Enligt artikeln Carbon emission of global construction sector stod byggsektorn år 2009 för 23 procent av de globala CO_2 -utsläppen, där hela processen är inkluderad i mätningarna som presenterades (Huang, et al., 2018). Idag blir i stort sett inget bygge som det planerats, vilket innebär mycket sista minuten arbete, dessutom vid felprojektering krävs ibland även ombyggnad. Detta innebär att fler resurser används och ofta kasseras de fel-projekterade delarna. Felprojektering är kostsamt inte bara på det ekonomiska planet, utan även ur hållbarhetsperspektiv, då ombyggnad står för ungefär 70 procent av branschens växthusgasutsläpp (Boverket, 2022). Den typen av arbetet skulle förhoppningsvis bli mindre förekommande, om fler moment standardiserades och färre moment utfördes för hand.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att undersöka och få förståelse för hur tidsbesparande olika digitaliseringsverktyg kan vara i projekteringsskedet. Detta genom att undersöka hur digitalisering i allmänhet och GD i synnerhet påverkar tidsåtgången vid repetitiva arbetsmoment. Samtidigt är syftet att utvärdera utgångspunkt idag och möjligheterna som tillgängliggörs genom användandet av GD. Via en semi-strukturerad intervjustudie i kombination med en litteraturinsamling är målet att få en bred förståelse för projekteringsskedet. Samtidigt söks en djupare förståelse för möjligheterna till tidseffektivisering genom GD. Resultatet utvärderas främst efter frågeställningarna, men också ur ett etiskt perspektiv och för möjligheten att få en djupare förståelse för branschen.

1.3 Avgränsningar

Vi kommer enbart undersöka moment under handlingsframställningsdelen i projekteringsskedet. Rapporten kommer att främst fokusera på hur en implementering av digitala verktyg kan resultera i tidsbesparingar inom projekteringsskedet med ett fokus på GD. Rapporten kommer inte att undersöka inverkan som digitalisering har på produktion och underhåll/förvaltning av en byggnad.

1.4 Precisering av frågeställningen

- Vilka arbetsmoment inom projekteringsprocessen möjliggör tidsbesparing?
- Hur påverkar digitalisering och generativ design projekteringsprocessen?
- Går det att hitta andra tidsbesparande åtgärder såsom Case inom projekteringen?

2. Metod

För att få en bred bild av digitaliseringen inom byggbranschen idag och historiskt, utförs en litteraturstudie. Detta kompletteras med en semistrukturerad intervjustudie som ger en bild av vilken syn de som verkar i branschen har på digitaliseringen. Den inhämtade informationen jämförs sedan för att undersöka potentiella skillnader i vad forskningen avhandlar och vad branschen behöver. För att kunna jämföra intervjuvaren med litteraturen på ett effektivt sätt används tematisering med nyckelord. För att få en så korrekt bild som möjligt genomförs flera tematiseringar av samma intervju. Dessa utförs för att öka sannolikheten att informationen uppfattas som den var avsedd.

2.1 Litteraturstudiemetodik

Syftet med litteraturstudien är att få en djupare förståelse kring digitaliseringen i byggbranschen. Vilka digitala verktyg används idag och om dessa verktyg är tidsoptimerande, samt undersöka möjliga framtida digitala verktyg som kan eliminera repetitivt arbete. Litteraturstudien baseras på källor hittade via Chalmers databas, google scholar, scopus databas, böcker samt vetenskapliga artiklar tillhandahållna från handledaren. Fokus var att identifiera teman i digitaliseringsvärlden som kan bidra med tidsbesparing inom byggbranschen.

2.2 Intervjumetodik

För att få en korrekt bild av vad branschaktiva tycker, valdes det att utföras semistrukturerade intervjuer. Metoden beskrivs av Bryman och Bell (2011) som möjlighet för variation i intervjun, samt möjlighet att få bättre bild av respondenternas åsikter och tankar. De beskriver ett intervjumanus bestående av några ämnesspecifika frågor med möjlighet för icke förberedda följdfrågor. I stort skall dock alla frågor ställas på ungefär samma sätt till de olika respondenterna (Bryman & Bell, 2011). Intervjuguiden som använts i rapporten återfinns i bilagor som Bilaga A. För att kunna jämföra de olika respondenternas svar skickades vissa av de allmänna frågorna ut på förhand för att få ett genomtänkt svar. Som komplement till dem, ställdes vissa följdfrågor samt vissa specifika frågor som inte skulle besvaras på förhand. Detta för att få inblick i respondentens spontana känsla snarare än genomtänkta svar.

Totalt genomfördes sex semistrukturerade intervjuer med anställda på olika organisationer verksamma inom byggsektorn. Samtliga respondenter arbetar under projekteringsprocessen i roller som exempelvis projektledare, BIM-samordnare och ritingenjör.

Intervjuerna spelades in och transkriberades sedan ordagrant för att kunna citera och med säkerhet inte förställa respondenternas ord på vägen. De transkriberade intervjuerna tematiserades i enlighet med Bryman och Bells (2011) beskrivning av en tematisk analys. Metoden används för att identifiera ofta återkommande ord, fraser och åsikter (Bryman & Bell, 2011). Det har enligt tabell 1 nedan valts nyckelord kopplade till syftet med rapporten för att skapa en effektiv metod för jämförelser. I Bilaga B redovisas de kodord som använts vid tematiseringen och i vilka av intervjuerna vardera tema identifierades. Färgkodning användes för att precisera vilken inställning

respondenten hade till temat. Rött identifierade en negativ inställning, gult en neutral och grön markering positiv. Utöver dessa användes dessutom blå färg för att markera textstycken som kunde vara intressanta att citera.

Tema
Digitalisering
Kontrakt (tim/fastpris)
Hinder
Erfarenhetsåterföring
AI
BIM
Projekteringsprocess
Moment med möjlig tidsbesparing
Generativ Design
Unikt Byggande
Tid
Verktyg (digitala)
Användarvänlighet
Miljö/hållbarhet

Tabell 1 Redovisar utvalda teman för tematisering av utförda intervjuer

Flera av respondenterna besitter inte en personlig erfarenhet av den typ av repetitiva moment som söktes i studien. Detta konstaterades efter intervjustudien som en förbättringspotential för att tydligare kunna svara på frågeställningen om repetitiva arbetsmoment inom projekteringen. Däremot gav respondenterna flera insikter om hur digitaliseringen påverkar byggbranschen.

3. Teori

Teorikapitlet sammanställer den litteraturstudie som genomförts angående digitalisering i byggbranschen i allmänhet och AI:s applicerbarhet i projekteringsprocessen i synnerhet. Nedanstående stycken kommer ligga till grund för den teoretiska basen vars syfte är att skapa tillsammans med resultatet från intervjuerna en holistisk bild av branschen ur ett digitaliseringsperspektiv.

3.1 Projekteringsskedet

Byggprocessen är en livscykel eller en helhetsbild av hur byggande går till efter att lovprocessen avslutats. Den består av fyra olika delar: förstudie, projektering, genomförande och avslut (Boverket, 2021). Detta kandidatarbete kommer behandla endast projekteringsskedet. Projekteringsroll i byggprocessen är att samordna projektet, här är det flera aktörer som är involverade bland annat arkitekter, konstruktörer, el- och VVS-projektörer. I komplexa projekt tillkommer även discipliner så som akustik, mark, miljö med flera. Alla dessa aktörer arbetar under ledning av en projektledare som ser till att all planering och formning sker på ett smidigt och effektivt sätt.

Under projekteringsskedet ska förutsättningarna för ett lyckat projekt fastställas. Platsen skall analyseras, utformning ska utredas, bygghandlingar skall framställas, tidplanen skall optimeras och säkerhetsrisker skall minimeras. Allt detta som tidigare nämnt, är det genom samordning mellan flertalet olika discipliner. Det är även under detta skede eventuella ändringar får lägst konsekvenser både i tid och kostnad (Akademiska Hus, 2021). Genomtänkta lösningar blir ofta mer effektiva än de som snabbt beslutas om på plats. All dokumentation, ritningar och underlag som skapas under projekteringsskedet kommer utgöra bygghandlingarna för kommande projekt.

3.2 Erfarenhetsåterföring

Begreppets innebörd syftar på insamling av erfarenheter över flera ärenden varpå dessa sedan kan nyttjas av individer eller grupper i liknande uppgifter (Wikforss, 2003). Det förekommer olika definitioner gällande erfarenhetsåterföring men konceptet uppfyller en viktig roll inom projekteringsprocessen för att motverka återkommande fel och att visualisera effekterna av tidigt beslutstagande (Rönn, 1991). Där tekniska lösningar som är svåra att producera under byggandefasen inte ska projekteras i följande projekt, medan lösningar som är väl fungerande under produktion bör upprepas vidare.

3.3 Behovet av digitalisering

Som en av de största globala ekonomiska sektorerna, står konstruktionsrelaterade varor och tjänster för 13 procent av den globala BNP (Ribeirinho, et al., 2020). Trots dess enorma påverkan på ekonomin är det fortfarande flera bromsklossar inom branschen som resulterar i att den årliga tillväxten inom sektorn endast ligger på 1 procent: Höga materialkostnader, långa leveranstider, låg produktivitet och bristfällig säkerhet på byggen. Dessa faktorer medför en lägre produktivitet än vad som potentiellt kan uppnås. Enligt en rapport från McKinsey (2015) så är en lovande lösning på den

undermåliga produktiviteten att öka digitaliseringen för att säkerställa en större vinstmarginal.

Vidare har det uppmärksammat att byggproduktiviteten har minskat avsevärt under flera decennier, denna nedgång har visats relatera till dålig kommunikation och dåligt samarbete mellan aktörer inom sektorn (Latham, 1994). Byggproduktivitetsens nedgång har ett samband till svag respons på ny teknik, långsam utveckling och förändring av arbetssätt inom byggsektorn, samt att vinsten av att implementera digitalisering sker över en längre tid. Alltså har byggsektorn svagheter och utmaningar som kräver en del stora förändringar i arbetssätt och i arbetsmetoder. Enligt Latham (1994) kan detta uppnås genom ständig förbättring av strategier samt öppen syn för ny teknik som dyker upp på marknaden.

Byggbranschen konsumerar även stora mängder råvaror. Bygg och fastighetssektorn stod 2019 för 21 procent av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser (Boverket, 2021) och en väl integrerad användning av BIM skulle resultera i färre designfel tidigt i projekteringen där användandet av dyrbara råvaror optimeras (Sakin & Kiroglu, 2017).

Vidare har pandemin varit en katalysator i att föra icke manuella arbetssysslor bort från byggplatsen och i stället använda digitala verktyg för fortsatt arbete på distans. Detta medför en rad fördelar då det minskar behovet av bodar, transporter, mat och andra indirekta kostnader till byggprojekt. (Mahomed, et al., 2020)

3.4 Byggnadsinformationsmodellering

BIM har många användningsområden och kan tolkas på olika sätt. Det har många olika funktioner vilket kan göra det svårt att definiera. BIM är dels en förkortning av byggnadsinformationsmodellering (Building Information Modeling), men det har även sagts stå för byggnadsinformationshantering (Building Information Management). Oavsett vilket, är det tydligt att det är hanteringen av information som står i fokus (Thydell, 2017). Inom BIM delas informationen upp i olika dimensioner, där till exempel dimension fyra kopplar tid och dimension fem kopplar kostnader till projektet.

Jongeling (2008) presenterar hur användningsområdet skiljer sig mellan olika yrkesroller. En arkitekt kanske vill utnyttja förmågan att visualisera i BIM, medan en samordnare vill dra nytta av smidigare förening av olika discipliners information. En konstruktör kanske vill utnyttja BIM:s förmåga att förenkla repetitiva moment, medan en fastighetsförvaltare vill kunna lägga upp en underhållsplan på ett smidigare sätt. Dessa aktörer samt många fler har potentiellt ett behov av att använda BIM.

BIM är ett arbetssätt som skiljer sig från de traditionella pappersritningarna, där BIM hanterar både design av byggnaden samt projektets tekniska data i ett digitalt format, som är relevant under byggnadens livscykel (Penttilä, 2006). Vidare är BIM ett tillvägagångssätt för att beskriva och presentera all information som behövs för att designa, bygga och underhålla byggnader. Denna information skapar en mer pålitlig grund att fatta beslut på. Beslut som omfattar planering, projektering, produktion samt

förvaltning och slutligen rivning, alltså hela byggnadens livscykel (J.Morris, 2006). Syftet med detta är att underlätta arbetsprocesser, genom att skapa smidigare kommunikation och informationsutbyte mellan samtliga involverade i projektet. BIM används också i projekteringsskedet för att upptäcka och korrigera kollisioner i projektet, vilket leder till effektivare projekt i avseende på tid men sparar även pengar (Granroth, 2011).

Bred användning av BIM underlättar, som Granroth (2011) tidigare presenterat, granskning av modellen. Detta sker genom att sammanföra alla discipliners design i en och samma modell och tillämpa 3D-visualisering och simulering. Det öppnar upp för möjligheter att upptäcka allvarliga designfel och kollisioner redan under projekteringsskedet. (Eastman, et al., 2008). Azhar (2011) uttrycker att BIM i sin struktur blir en lämplig plattform för informations- och kunskapsutbyte genom sin öppna miljö och förmåga att förbättra hållbarhetsanalyser i projekt.

BIM modellering innefattar även abstrakta objekt, där objekten har geometriska egenskaper, samt relation och koppling till varandra. Till exempel, en lampa som sitter på plushöjd 3000mm har en relation till det tak som den är fäst i, vilket i sin tur betyder att om taket flyttas, vet lampan att den ska följa med. För att modellera på detta sett, finns det ett stort antal olika program att dra nytta av. (Thydell, 2017)

Inom BIM finns dessutom fler verktyg som är användbara i ett tidigt skede av projekteringen. Projektets tidsplanering och kostnads kalkyl kan genom att de kopplas till den generella 3D-modellen beräknas i BIM. Vid simulering av tidsplanering kan man på ett enkelt sätt se projektet under alla dess faser. Man kan även se inaktiva tidsperioder och få överblick på hur denna inaktiva tid kan fördelas på annat arbete. Vid simulering av kostnads kalkyl får man mer noggranna kostnadsberäkningar. Dessa verktyg ger möjlighet för tidsbesparing samt god arbetsplanering (Eastman, et al., 2008). Förutom de två ovannämnda så finns det fler projektanalyser som kan genomföras inom BIM, bland annat energi, vind, lufttryckskraft och konstruktion. Dessa verktyg ger en övergripande bild av projektet redan från början, samt tillåter att styra projektet ur olika perspektiv (Thydell, 2017).

Användning av BIM har även visat bidra till tidseffektivisering och sänkta kostnader inom ett antal delar av projektet. En studie utförd av Center for Integrated Facilities Engineering på Stanford University analyserade 32 stora byggprojekt som använt sig av BIM i projekteringen (Knuz, 2007). Studien visade att tiden för kostnadsberäkning minskade med hela 80 procent och att noggrannheten av kostnadsuppskattning nådde ända upp till 97 procent. Oförutsägbara förändringar kunde undvikas med upp till 40 procent och tiden det tog att genomföra projekten minskade med 7 procent. Eftersom kollisionerna upptäcktes redan under projekteringen, gav det upp till 10 procent minskad kostnad, vilket också leder till tidsbesparing under produktion.

Dessutom tillåter simuleringen analyser av olika designalternativ, som kan genomföras på betydligt kortare tid än med det traditionella arbetssättet. (Eastman, et al., 2008)

Dock har användarna av BIM-verktyg börjat inse att inmatning av all potentiell information som BIM kan hantera är ganska avancerad och tidskrävande.

3.5 Generativ design

I och med att engagemanget i frågan om tidsbesparing och effektivisering är stort i byggbranschen, är det av stort intresse att undersöka möjligheten att implementera GD i projekteringsprocessen. Det existerar olika definitioner av GD. Enligt Krish (2010) kan den beskrivas som en algoritmisk designprocess som anpassar och skapar detaljer enligt uppsatta krav. I boken *Generative design* (2012) beskriver författarna GD som en regelbundet återkommande process som är baserad på en teoretisk idé, som är applicerad på en algoritm, vilken beskriver hur uppgiften ska lösas med en serie instruktioner. Sedan konverterar man detta till en programkod och efter genomgången databehandlingsprocess genereras det seriell utdata som flödar och vidarebefordrar feedback till avsändaren, som då har möjlighet att justera algoritmen och programkoden. Alltså är det en iterativ process som upprepar operationer tills ett önskat resultat uppnåtts. Med hjälp av GD kan det skapas en produkt med häftig design som är till exempel viktoptimerad, men ändå har bibehållit sin hållfasthet (Svensk vekstad, 2017)

När man tittar närmare på projekteringsprocessen vilket är undersökningsområdet, så kan man se att flera discipliner möts för att planera och projektera en byggnad som sedan blir till verklighet. Detta är en process som kräver tid och noggrannhet, då den består av många detaljerade moment. Varje moment kan potentiellt innehålla arbete som är repetitivt och har potential för optimering. Det är här man kan ta hjälp av AI och molnet och implementera GD i projekteringsprocessen, genom att utnyttja datorernas beräkningskraft i kombination med mänsklig intelligens. Tillverkningsindustrin har redan gått ifrån den traditionella designprocessen till att använda GD (Svensk vekstad, 2017). Detta kan betyda att ingenjörer i tillverkningsindustrin har större förståelse av hur man använder mjukvaror och GD vilket hjälper dem att lösa designutmaningar på hög nivå. Samspel mellan designprogramvaran och tillverkningstekniken bygger upp en 3D komponent utifrån CAD modellen utan några mänskliga begränsningar i designen, på så sätt kan de lösa komplexa tekniska utmaningar som minskad komponentvikt, minskad tillverkningskostnad eller optimerad prestanda (Junk & Burkart, 2021). Fördelen med GD är att programmet genererar tusentals lösningsförslag och jämför dem med varandra, vilket gör det möjligt för ingenjörer att välja den bästa och mest effektiva lösningen som passar projektet. På så sätt sparar de tid till att uppfinna andra innovationer.

Vissa enstaka byggföretag har redan implementerat GD i sina processer. Ett av användningsområdena är design av urban miljö, där GD skapar mer detaljerade lösningar. Programmet kan mäta mjuka och hårda värden. Alltså när designlayouter skapas, mäter programmet mjuka värden, som kundupplevelsen och kreativitet och sedan hårda värden, som lönsamhet och produktivitet. Detta möjliggör för företaget att se olika framtida scenarion som var och en layout kan generera. Då detta görs i tidigt skede, stödjer det beslutsfattande vid bedömning av handlingarna (Autodesk, 2020).

3.5.1 Artificiell intelligens och maskininlärning

Artificiell intelligens (AI) och maskininlärning (ML) är alltmer närvarande i vardagen och inte mindre i det dagliga arbetet på många företag. Det används för att till exempel anpassa en webbsida för att bättre tilltala den som besöker den, eller som chattfunktion för att besvara återkommande frågor som ett företag får. Det sistnämnda är ett tydligt exempel på att frigöra tid till annat, tid till att tackla mer utmanande och unika uppgifter som än inte fått sin lösning.

Bredare användning av AI och ML kan effektivisera några moment, och vissa processer skulle med fördel kunna omarbetas för att ta större nytta av allt vad AI och ML kan bidra med. Enligt Brynjolfsson, et al. (2018) kan AI och ML inte utföra allt vad människan gör, dock om AI och ML utnyttjas på rätt sätt kan många arbetssysslor effektiviseras. Framtiden kan innehålla maskiner som levererar samma eller bättre resultat än människan. Detta skulle tillåta individen att bättre bruka sin arbetstid till mer utmanande och innovativa uppgifter. Brynjolfsson, et al. (2018) anser även att om AI och ML:s egenskaper utnyttjades till sin fulla potential skulle inte skillnaden i arbetstillfällen nå den enorma inverkan som industrialiseringen innebar.

3.5.2 Case

Det finns idag ett antal företag som jobbar mot att ta ytterligare steg i utvecklingen av digitala verktyg med hjälp av GD. Ett av de företagen har intervjuats och hänvisas till i rapporten som Case. De utvecklar en produkt som utöver GD adderar adaptiv design. Med adaptiv design menas att projektmodellen blir flexibel och förändras utefter att specifikationer, på till exempel vägguppbyggnad, ändras. Alltså måste inte arkitekten återigen fastställa att alla tillgänglighetskrav möts utan arkitektens lösning anpassas utefter detta.

Case är idag programmerad som ett plugin som för stunden fungerar i Rhino. Ambitionen är att arkitekten ska kunna använda det i flera redan etablerade mjukvaror inom byggsektorn och ska därmed kunna utföra arbetet med program de känner sig bekväma med att jobba i.

"Detta är ett helt nytt arbetssätt så vi vill ju att de ska känna någon typ utav trygghet i bekant miljö"- Case VD

VD:n uttrycker att Case även kommer utvecklas till en fristående produkt. Mycket fokus har därför lagts på att utveckla produkten mot användarvänlighet. Detta för att de själva upplevt en brist i användarvänlighet hos många av de programvaror som de har arbetat med.

"... när man tittar på arkitektkontor så är det ungefär 10% av arkitektkontoren som kan använda tex Grasshopper... vi vill demokratisera den här tekniken och göra det tillgängligt för gemene arkitekt." - Case VD

Med hjälp av AI och ML så utför även Case simuleringar, vilka kan stå som underlag för beslutsfattande. Simuleringen kan till exempel användas för att testa prestationen på ett antal olika fasader eller för att simulera hur väl ett hus uppfyller olika hållbarhetskrav. Detta för att i framtiden bygga hållbarare städer. Viktig information som livscykelanalys och dagsljusanalys kommer idag sent i projekten vilket inte är optimalt enligt VD:n som menar att begränsningen i informationsflödet påverkar optimeringsmöjligheterna för BOA och BTA.

Enligt Case VD är det viktigt att sätta användaren i förarsätet, oavsett hur bra AI och ML är. Därför har teamet gjort ett medvetet och mer komplicerat val att tillåta editering på genererade förslag och alltså inte programmera en produkt som är 100 procent generativ.

”Att generera och sedan få låta användaren editera, så att det blir en dans mellan det genererade och det manuella har varit den stora utmaningen, men vi tror också att det är där magin händer.” - Case VD

Case riktar sig idag främst mot arkitekter men är i dialog med ett av de stora byggbolagen. Efter lansering skapades en väntelista där fördelningen är 80 procent arkitekter, 10 procent ingenjörer och 10 procent projektutvecklare. Således kan det konstateras att denna typ av produkt är efterfrågad inom fler arbetsmarknader. Med tanke på det förhållandevis breda intresset finns det planer att på sikt vara ett alternativ för flera discipliner utöver arkitekten.

”Ja, det vill vi på sikt. Just nu fokuserar vi på tidiga skeden, alltså från första skiss till färdigt bygglov. Och desto smartare vi blir desto mer funktioner kan vi bygga ut och desto djupare kan vi gå.” - Case VD

3.6 Samhälleliga och etiska aspekter

Vid alla typer av förändringar påverkas något eller någon. Det är då viktigt att analysera och utvärdera vad som påverkas, på vilket sätt för att säkerställa att förändringen görs så bra som möjligt för så många som möjligt. En viktig faktor är då etiska aspekter, speciellt där människor påverkas. Vid en implementering av programvaror likt den Case utvecklar påverkas arbetare och arbetsroller, vilket gör det relevant att utvärdera hur en implementering under projekteringen skulle etiskt påverka de som verkar inom den.

3.6.1 Arbetsmiljö

Arbetsmiljö är en faktor inom alla branscher och på alla arbetsplatser. Arbetet är dock uppbyggt och upplagt på olika sätt inom olika branscher vilket påverkar i form av förutsättningar. Globalt sett är olycksfrekvensen högre inom byggsektorn jämfört med andra yrkesgrupper. Dessutom har byggsektorn den högsta dödligheten jämfört med andra yrken. Rapporten från Skanska beskriver att beslut tagna under projektering har stor inverkan på arbetsplatsens säkerhet och leder till en säkrare arbetsmiljö (Holm, et

al., 2013). Detta tyder på att nedlagd tid under projekteringen resulterar i en säkrare arbetsplats vilket är oerhört viktigt. Att ha en högre olycksfrekvens och högsta dödligheten tyder inte på en säker och bra arbetsmiljö vilket gör branschen oattraktiv och otrygg att verka i. Då byggbranschen jobbar på varierande höjd med flera olika maskiner och en arbetsplats som förändras dagligen kan det leda till en naturligt mer olycksdrabbad arbetsplats. En arbetsplats med liknande risker men som i statistiken har betydligt färre olyckor är industrier som har en fast produktionsplats. Då arbetsplatsen som ser likadan ut varje dag finns det färre riskmoment i form av oväntade förutsättningar. Detta är en stor utmaning för byggbranschen för att skapa en hållbar arbetsmiljö oavsett förutsättningar.

3.6.2 Arbetstider

I byggbranschen finns ett vedertaget system som innebär återkommande övertid inom vissa faser av projekteringen. I en rapport utförd av Arbetarskyddsstyrelsen (2000) går det att läsa om arbetarnas övertidsvanor. Det beskrivs att hela 33 procent av kvinnorna och 39 procent av männen som deltagit i undersökningen har ett jobb som går ut över deras fritid. Det kan vara luncher eller att ta med jobbet hem och det redovisas också att över 50 procent av båda könen upplever att de har för mycket att göra (Arbetarskyddsstyrelsen, 2000). Inom byggbranschen kan ökad arbetsbörda bero på exempelvis felprojektering som upptäcks och därmed snabbt måste lösas. Den typen av problem uppstår ofta vid repetitiva moment som uppfattas som tråkiga där fokus tappas eller svåra moment som utmanar kunskaperna. Båda dessa aspekter påverkar projekterings arbetsbelastning vilket leder till övertid.

Det beror ibland också på en tung arbetsbörda när mycket händer på bygget samtidigt. En tyngre arbetsbörda under en kortare tid kan vara hanterbart, men enligt arbetstidslagen får ordinarie arbetstid max uppgå till 40 timmar per vecka (Arbetsmiljöverket, 2020). Om övertid är på ett strukturerat sätt återkommande, kan det hävdas att den ingår i ordinarie arbetstid. Från arbetsgivarens håll skulle en åtgärd av detta betyda att tillsätta fler tjänster, vilket i sin tur leder till större utgifter. För arbetstagaren är det viktigt att notera att övertid ger mer betalt, det ger även en bild av ambition och arbetsvilja, vilket är meriterande egenskaper, som chefer och företag i allmänhet uppskattar hos sina anställda.

Detta är något som SCB (2022) bekräftar med sin statistik kring övertid och mertid för chefer. De redovisar statistik att över 33 procent av cheferna arbetade övertid under året 2019. Inom byggverksamhet och tillverkning var andelen som jobbade betald övertid nästan en femtedel. De redovisar samtidigt att under 1 procent jobbar obetald övertid.

3.6.3 Artificiell intelligens: yrkesroll och ansvar

Inom diverse yrken finns det arbetsmoment som är olika bra lämpade för att utnyttja AI och ML i syfte att effektivisera momentet. Enligt Brynjolfsson et al. (2018) finns det många sådana nämnda moment inom de flesta yrken, men de har inte hittat något yrke som med utbredd implementering av AI och ML skulle klara sig helt utan sina mänskliga

kollegor. Alltså är tanken med implementeringen av digitalisering inte att tjänster ska ersättas utan att kompetenser skall användas på ett värdefullt sätt. Det förekommer naturligtvis variation i olika branscher och för olika personer i deras tolkning kring vad digitaliseringen kommer innebära. Att ett verktyg kan genomföra ens arbetsuppgifter kan anses som hotande på flera sätt, vilket är anledning till att det tydligt behöver poängteras att implementeringen av GD kan användas för att frigöra tid till mer värdefulla arbetsuppgifter som skapar en bättre arbetsmiljö för samtliga i branschen. Dock existerar det oro hos arbetare för den ökade mängd automation, vilket skulle kunna påverka lönekostnader för arbetsgivare och arbetstillfällen (Brynjolfsson, et al., 2018).

Ytterligare en aspekt som berörs i och med bredare implementering av AI är ansvarsfrågan. Ofta ställs frågan om vem som ska bära ansvaret för en design genererad av AI. En fråga som är komplex och situationsberoende och därför svår att besvara. Grunden till AI är otroliga mängder data som människan samlat (McAleenan , 2020). Där AI använder denna data för att analysera och dra informerade slutsatser oerhört snabbt. Men om den data som AI är given är fel eller ofullständig kan följden innebära felaktig projektering i fallet då en byggnad ritas. Den kommer att fortsätta dra slutsatser från ofullständiga data och göra antaganden utifrån mönster som den hittar och från detta generera och presentera olika förslag på exempelvis layouter, men kan inte på eget initiativ se vart felet är och behöver således mer korrekt data. Dagens byggindustri utmanas av digitalt ansvarstagande i en tid där AI implementeras alltmer i vardagen. Således kräver ny teknik att företag har en plan för att ta hänsyn till den sociala faktorn mot människan och samhället. En digital strategi är något som krävs enligt en studie av Weber-Lewerenz (2021) för en lyckad digital utveckling samt för att fullfölja ett ansvar gentemot beslut som tas med hjälp av AI. I denna fråga blir det tydligt att AI måste erkännas som ett verktyg gjort av och för människan att utnyttja och där människan har en tydlig roll som ytterst ansvarig (McAleenan , 2020)

3.7 Hinder och begränsningar

En underliggande anledning till dröjandet av den digitala utvecklingen har varit en relativt låg investering från byggbranschen sida i forskning och utveckling samt saknat förståelsen över de långsiktiga vinningarna. Sedan industrialiseringen har det uppkommit ett behov att satsa på forskning och utveckling för ett konkurrenskraftigt övertag. Ser man över olika industrisektorer så är det de ledande företagen som satsar tungt på teknik, främst inom digitalisering och datadrivna processer. Volkswagen satsade 130 miljarder SEK på forskning och utveckling år 2019, en siffra som de 25 största konstruktion och byggmaterialsfirmorna spenderade sammanlagt samma år (Ribeirinho, et al., 2020).

En grundläggande faktor för att bana vägen mot implementering av nya digitala verktyg är att bemöta attityden mot förändring som kan uppstå. Nya arbetsmetoder och ändringar i organisationen kan föra med osäkerhet och viss skepsis hos anställda om de är oroliga över att det ska påverka deras prestanda (Wanberg & Banas, 2000).

Avtalsstrukturen som råder i branschen leder till att nya innovationer inte prioriteras då det är främst ekonomiska incentiv som styr val av anbud (Schultz, 2020). Att implementera och använda sig av nya digitala verktyg anses inte vara värt det i jämförelse med ett traditionellt arbetssätt som är väl beprövat. Det här resonemanget menar att den initiala investeringen inte gynnar företaget i längden, särskilt gällande mindre företag vars marginaler inte heller tillåter en digital satsning. Trots att en markant ökning av digitala verktyg på marknaden har skett de senaste åren så saknas en strategi för att ta sig an och analysera eventuella vinster dessa innovationer skulle medföra till företag. I den globala undersökningen utförd av KPMG/Harvey Nash som Schulz (2020) hänvisar till svarade mer än hälften av de intervjuade företagen att de saknade en digital affärsstrategi och vision (KPMG/Harvey Nash) 2018 i Schultz, 2020).

4. Resultat

Nedanstående stycke presenterar resultatet från de utförda semistrukturerade intervjuerna. Det struktureras med citat från transkriberingarna som kopplas till teorin genom en tematisering. I 4.1 kommer respondenterna presenteras som anonyma men arbetstitel och företagsstorlek kommer framföras. Vi kommer även att hänvisa till respondenterna med sin relaterade siffra samt benämna organisationen med samma siffra.

4.1 Presentation av respondenter och organisationer.

Respondent 1 besitter titeln projekteringsledare och jobbar mycket med tidiga skeden i den rollen. Hen är anställd på ett av Sveriges största entreprenadbolag inom byggsektorn. De har ca 15 000 anställda över Norden och genererar över SEK 50 miljarder i årliga intäkter.

Respondent 2 innehar titeln projekteringsledare och är mest aktiv i systemskede samt bygghandlingsskedet. Koncernen har ca 520 anställda som är aktivt i flera nordiska länder och 2021 omsatte de SEK 3,8 miljarder. Koncernen ägnar sig åt entreprenad och projektutveckling.

Respondent 3 arbetar som digitaliseringsansvarig på ett konsultföretag med 8 600 anställda världen över och registrerade år 2019 en omsättning på drygt SEK 9 miljarder.

Respondent 4 besitter titeln BIM-strateg på ett konsultbolag som inriktar sig mot arkitektur och teknik med 18 000 anställda som under 2021 omsatte SEK 21.8 miljarder.

Respondent 5 är ritingenjör på ett konsultbolag som sysselsätter ingenjörer med expertis inom byggprojektering. Företaget har över 100 anställda och omsatte SEK 124 miljoner under 2020.

4.2 Digitala verktyg idag

Idag är det ingen som kan föreställa sig en arbetsplats utan digitala hjälpmedel. Under intervjuerna har respondenterna upprepade gånger sagt något i stil med tid är pengar och digitala verktyg är det bästa alternativet för att spara tid. Det används en stor variation av digitala verktyg av respondenterna. Allt ifrån Officepaketet till olika rit och ritningshanteringsverktyg. Efter en analys av respondenternas svar på hjälpmedlens funktion, kunde det konstateras att ingen av dessa mjukvaror är perfekta.

Respondenterna befinner sig ständigt i kontakt med mjukvareleverantören för att utveckla och anpassa mjukvaran efter egna behov, vilket medför kontinuerlig tidsåtgång för just optimering av mjukvaran.

”det är aldrig färdigutvecklat, det är alltid nya grejer man gör, alltid funktioner som inte finns” – respondent 5

Respondent 4 presenterar ett konkret tillfälle då de inte bara gav feedback till utvecklaren utan satte krav på mjukvareleverantören.

”När jag skrev avtal med Dalux för ett stort projekt, kom vi överens med vår samarbetspartner att vi skriver avtal, men vi betalar inget direkt, utan vi skriver en lista på saker vi vill ha utvecklade, och uppfyller dom det, så får dom betalt. Det Dalux som vi skrev avtal med 2017 är inte likt det vi har idag. Så ska det vara.” – respondent 4

Detta är en bild som återspeglas av Case som startup, dom är otroligt beroende av denna kommunikation, så förhållandet här finner sig i någon form av symbios. Case vill gärna tydliggöra att dom lägger mycket fokus på att produkten ska utvecklas utifrån vad användaren efterfrågar.

” Vi har valt att arbeta med väl utvalda företag som drivs och som har höga digitala visioner... Jag tror att det handlar väldigt mycket om att tillhandahålla teknik som löser riktiga problem på ett användarvänligt sätt...inte bara tillhandahålla tekniska lösningar utan faktiskt lösa riktiga problem med teknik.” – Case VD

4.2.1 Användarvänlighet

Det är återkommande att användarvänligheten hos ett verktyg är av stor vikt för respondenterna. När de fick frågan, var det i flera fall den första faktor de nämnde.

”Användarvänligheten är A och O. Den är viktigast av allt, Annars lyckas man inte.” – respondent 4

”Användarvänligheten är en sak som är viktig, samt kostnader.” – respondent 1

När vi frågade respondent 2 samma fråga så förklarade hen om deras nya rutiner vad gäller projekteringsmöte, där de under senaste tiden använt sig av Interaxo. Varför och vad som uppskattades med Interaxo var det just användarvänligheten och möjligheten till protokollskrivning.

”Användarvänliga och hjälpt till med tidsbesparingar.” - respondent 2

Användarvänligheten är något som Case har fokuserat mycket på. De uppfattar där att de har en utmaning kring GD, som funnits länge men inte riktigt nått ut i branschen.

”Det här med generativ design, det har funnits länge, ska vi säga genom Grasshopper och Dynamo, men det har inte riktigt plockats upp och blivit vad ska man säga mainstream.” – Case VD

Enligt Case beror det på otillräckliga kunskaper inom programmering. Det är inte många som kan skapa ett skript som sedan kan användas i praktiken. I utbildningen har det historiskt inte ingått den typ av programmering som krävs vilket syns i

kunskapsnivåerna. Då branschen historiskt haft svårt att utnyttja denna typ av produkt finns det en stor utvecklingspotential.

”det är ungefär 10% av arkitektkontoren som kan använda Grasshopper” – Case VD

4.3 Byggnadsinformationsmodellering

Idag kan vi hitta väldigt stort urval av olika BIM verktyg på marknaden. Bland de som används mest av våra respondenter är Revit, Tekla, BlueBeam, AutoCad, Dalux, Solibri, Trimble Connect. Det som våra respondenter till störst del utnyttjar BIM till är dess förmåga att visualisera ett projekt. Flera respondenter har samordnings och granskade roller, där vi kan se att de som tidigare granskat med pappersritningar tydligt framför att detta sätt är otroligt mycket smidigare.

”Det blir ju mer översiktligt och lättare att förklara och visa. Främst för folk som inte är insatta som kan få en bild av vad det ska bli.” – respondent 2

Även respondent 4 framför möjligheten att visualisera information som något branschen behöver och mår bra av.

”Jag skulle säga att jobba med information och visualisera information är något jag tycker är fascinerande. För att det är helt annorlunda gentemot det som man har tidigare gjort i branschen.” – respondent 4

Det blev även tydligt under intervjuerna att BIM inte utnyttjas till sin fulla potential eller har samma innebörd för respondenterna. En respondent menar på att så fort det är IFC filer som skapats är det BIM, medan en annan menar att de måste upp till en viss dimension eller utnyttjandegrad för att kalla ett projekt för BIM. Samtidigt som de ändå utnyttjar BIM verktyg i de projekt som de ej kallar BIM. Detta visar att det är en stor skillnad på textboksdefinitionen av BIM och hur det faktiskt upplevs och utnyttjas i olika organisationer.

”I den bästa av världar så får vi projektera hela, men i verkligheten är det många kockar involverade. Det är en jätteviktig bit i projekten att man börjar med att hitta samma BIM nivå mellan aktörer” – respondent 3

Samtidigt förklarar respondent 3 att användningen av BIM är något som tar tid. I stressade situationer bortprioriteras vissa delar som uppfattas som mindre nödvändiga. Detaljer förloras för att spara tid och kvaliteten minskar. I teorin kan ett stressigt projekt påverka kvaliteten negativt.

”Är man då en stressad projektör är det inte säkert att man gör det på ett korrekt sätt helt enkelt. Så det är ett stort problem med den digitala kvaliteten.” – respondent 3

Respondent 1 fyller på med att alla deras projekt ska modelleras i 3D men att BIM inte alltid strävas efter.

”Som jag nämnde tidigare så jobbar vi lite med för enkla projekt för att BIMa det, vi ser inte riktigt vitsen med det.” – respondent 1

Detta i samband med att ett flertal hyreshus uppförts, där nyttan med BIM sträcker sig över från produktion till förvaltning.

4.4 Hinder och begränsningar

Under intervjustudien nämnde respondenterna flera exempel på hinder och svårigheter med att driva digitaliseringen framåt inom sina organisationer. Det handlar om såväl tradition och bekvämlighet som de digitala verktygens begränsningar.

4.4.1 Generationsskillnader

En av respondenterna har uppmärksammat att yngre oftast är bättre på att ta till sig nya saker och arbetssätt varpå en mix bland äldre och UE-konsulter inte är lika mottagliga. Respondenten nämner att de har gjort ett försök i att engagera en ”gammalmodig” beställare att använda ett digitalt verktyg som samlar information på en plattform och på så sätt minskar mängd inkommande mejl, dock utan framgång.

”Om inte ens beställaren vill använda dessa program så smittar det av sig och till slut rinner det ut i sanden. Det gäller att få med alla på tåget.” – respondent 2

Respondenten tillägger att ett motstånd ligger även i den stora mängd projektportaler som finns på marknaden och avsaknaden på en industristandard. Detta leder till att projektörer kan behöva arbeta i lika många portaler som hen har aktiva projekt. Hen har upplevt detta att leda till ett motstånd att ta sig an nya portaler, så väl från äldre som från yngre. Respondent 4 fortsätter i detta spår men tydliggör att utvecklingen fortskrider men att någon måste vara drivande.

”Jag gick ut från Chalmers 2011 sedan dess har det hänt hur mycket som helst. Då när jag ställde krav på IFC filer som ni känner till, då var det bara en på mötet som visste vad IFC är. Men nu är det självklarhet.” – respondent 4

Och precis som hen uttrycker är idag IFC filer en självklarhet men till en start ifrågasattes användbarheten och kännedomen var nästan obefintlig. Viss utveckling tycks således ske naturligt när yngre generationer träder in på marknaden med ny teknisk utbildning i grunden.

4.4.2 Arbetssätt

Ytterligare ett mönster som noterades var att arbetssättet inom byggbranschen står som ett hinder för att anta användningen av nya digitala verktyg. Något som återkom var problemen med hur man ska fakturera eller ta sig an ett projekt, på löpande timpris eller fastpris. Konsulterna jobbade idag nästan uteslutande med projekt där de är timanställda.

”Nu pratar ni med en som har jobbat i konsultbranschen länge då, och då är det lite konstigt detta. För att dom flesta av våra avtal är ju att vi säljer timmar så om vi skulle optimera något för kraftigt så skjuter vi oss själva i foten.” - respondent 3

På frågan om hur organisation 4 beräknar tiden och kostnaden för ett projekt svarade respondenten att det är ett svårt moment då det kräver mycket arbete att få fram ett fastpris som stämmer överens med slutresultatet samt att:

”De flesta konsulter vill inte lämna fastpris för att definitionen av frågan är inte så exakt, för att man ska kunna lämna ett tryggt och fastpris. Därför gör de flesta konsulter på löpande, vilket jag inte tycker är bra.” – respondent 4

Respondenten utvecklar vidare att detta kan resultera i att marknaden tas över av de större bolagen som har råd att investera i sina egna teknikavdelningar och därmed konkurrera ut mindre aktörer. Hen utvecklar vidare att motståndet ligger i att konsulter vill *”ha sina timmar”*.

Ytterligare en aspekt gällande arbetssättet inom byggbranschen är dess projektstyrda struktur. Respondent 3 betonar detta och menar på kan ligga som grund till branschens låga ranking i digitaliseringsindexet och dess släpiga utveckling. Byggherrar handlar upp konsulter samt andra aktörer som är timanställda och den upphandlingsformen leder till att utvecklingen inte sker så snabbt.

”en ny process som du kan spara 1000 timmar på, fast den tar 1000 timmar att ta fram då kanske du inte vågar i de projektet att göra den förändringen för det är ju ett nollsummespel” – respondent 3

Denna aspekt är något som respondent 5 även tar upp, där hen nämner att företaget aktivt väljer att inte ligga i framkant med teknologin med syftet av att andra ska göra förarbetet åt dom.

”Hade vi velat utveckla de grejerna själva hade vi kunnat göra det, men vi vill att andra gör det åt oss.” - respondent 5

I intervjun med respondent 2 blir det också tydligt att licenser som ska ägas för alla i företaget som jobbar med programmet kan vara ett kostnadshinder. Det uppges att hen tidigare har arbetat med en licenserad programvara men nu i stället gått över till en konkurrent som är gratis och gör samma jobb.

”Jag själv använder mest Trimble connect som är ett gratisprogram där man kan slå ihop alla IFC filer. Du tar fram alla discipliners IFC filer och kan slå ihop dem i en modell och kan där göra egna granskningar och skriva ut och skicka synpunkter. Tidigare har jag också använt Solibri men det är mer av en licensfråga där du måste ha en extra licens för att kunna slå ihop filer.” - respondent 2

Att digitalisering kostar pengar är något som flera av respondenterna tagit upp. Respondent 3 tar upp samma problem men ur en annan synvinkel när hen pratar om arbetskraft som läggs och kompetensen som finns inom branschen. Dessutom förklaras det att respondenten tror detta är en nytta för branschen i stort.

”jag tror en nytta för vår bransch är att gå lite under radarn och att det inte sitter 10000 ingenjörer och tittar på de frågorna för då hade det gått väldigt mycket fortare nu sitter det 1000 ingenjörer på autodesk och funderar på hur detta ska gå fortare med det är fortfarande inte den farten som det är inom många andra områden.” – respondent 3

4.5 Erfarenhetsåterföring

Under intervjuerna har vi försökt få en bild av hur erfarenhetsåterföring sker för de olika organisationerna. Det är tydligt att varje organisation har ett system på plats men flera av respondenterna är till någon grad skeptisk om hur väl det fungerar. Återkommande från respondenterna är att det finns någon form av plattform där erfarenhet och kompetenser inom specifika ämnen ska matas in och olika banker med data skapas. Respondent 3 anser att dessa plattformar är relevanta i allra högsta grad när man kommer in som ny utexaminerad, men med tiden används dom mindre frekvent.

”När man är erfaren då är man aldrig där inne och kollar, då kan du din process, du jobbar ju med den”. – respondent 3

Dock på följdfrågan om hur frekvent de erfarna lägger in nya data framkom det att den återföringen brister, alltså uppdateras dessa banker sällan. Tiden mellan två olika projekt existerar inte, utan innan pågående projekt är avslutat så har man hunnit börjat på ett nytt.

”Det fina avslutet, där man kan lägga in de goa bitarna in i systemet finns i verkligheten väldigt sällan. Det finns ju såklart en process för hur vi ska skapa erfarenhetsåterföring och lägga in i ett sådant här projekt, men då finns inte tiden” - respondent 3

Respondent 1 menar att deras erfarenhetsbank är något som främst används för att dela med sig till projektörer anställda utanför organisationen, så att dessa projekterar lösningar utifrån hur organisation 1 vill ha dem. Dock ser hen stora svårigheter med mer praktisk erfarenhetsåterföring från produktion.

”Med all respekt, alla ute i produktionen tycker det är allra roligast att vara ute med hammaren och är inte så mycket för dokumentation. Man vill bli klar och komma därifrån och starta ett nytt projekt. Så nej, erfarenhetsåterföring är väl den här branschens största Akilleshäls tycker jag.” – respondent 1

Utöver att använda sig av olika plattformar driver organisation 5 ett koncept som de kallar "lunch & learn". Då är det personer på kontoret som är specialister inom ett ämne och delar då med sig av sina kompetenser under ett lunchmöte. Den intervjuade tar upp att man inte kan skicka 100 personer för att bli specialister inom till exempel brand, utan att det är specifika personer som besitter den kunskapen. Dyker det upp frågor gällande brand så är det dessa personer som man kan vända sig till.

"Du kan liksom inte lägga 40 timmar på att lära dig en ny grej, utan du utvecklas i samband med alla projekt" - respondent 5

"Lunch & learn" konceptet sker flera gånger i månaden. Även i slutet av varje projekt sker ett avslutningsmöte varpå det diskuteras vad som har gått bra, vad som har gått dåligt och vad som behöver tänkas på inför nästa projekt.

Det upplevs vara lätt att dela med sig av erfarenheten inom projekt och projektorganisationen man är med i, däremot är det svårare när man ska ha ett erfarenhetsutbyte mellan olika kontor som är placerade i olika städer.

"Erfarenhetsåterföring är en grej vi har brottats med i årtal och kommer fortsätta att brottas med...att sprida till min kollega i Stockholm eller att jag ska ta lärdom av något bygge i Malmö är svårt." – respondent 2

"Generellt sett så tror jag att man driver sitt bygge som ett eget företag som man lägger ner efter bygget." – respondent 1

Respondenten fortsätter i detta spår och förtydligar att projektet som vi besökte har utvecklats under produktionens gång.

"det finns saker i de första bostadsrättsföreningarna som vi inte har med till tredje och det är ofta för att de i arbetsledningen har tyckt att det varit krångligt eller ineffektivt eller rent utav dåligt. Då förfinar vi det till nästa så vi får med oss det." – respondent 1

Ytterligare en spännande observation som har gjorts från våra intervjuer är att flera nämner att de har en öppen dialog med sina konkurrenter och sitter med i olika intressegrupper för att dela med sig av sina erfarenheter. En sådan grupp är BIM Alliance som respondent 3 och 4 har positiv erfarenhet av. Respondent 3 fortsätter med att beskriva hur relationer inom branschen ser ut och förtydliga att det lönar sig aldrig att vara ovänner i denna bransch då dina konkurrenter inte sällan faktiskt kan bli dina kollegor i framtiden.

"i princip i vår bransch är man kollegor. Du är väldigt hård konkurrent när du skriver anbudet, då pratar du inte med varandra. Man gör det rätt och riktigt. Men när du sen har fått det projektet då kan du ringa konkurrenten och fråga om de har två konsulter som kan hjälpa till." – respondent 3.

I samma spår resonerar respondent 1 men under förhandlingen av olika inköp. Hen menar på att man som inköpare måste kunna ge och ta och förstå när gränsen är nådd så att båda parter är lite missnöjda men båda går plus från affären. Respondent 1 antyder att detta är svårt att lära ut utan behöver erfaras själv.

”Byggbranschen är lite speciell... man har ju ett liv efteråt. Som de här som har arbetsledande funktion och platschefer, om man prutat och förhandlat och varit för tuff i inköpsled, då får man tillbaka rätt mycket.” – respondent 1

Hen förtydligar att en för hårt pressad entreprenör blir ofta krångligare att arbeta med under produktion och inte sällan letar efter sätt att jobba tillbaka kostnaden. Alltså gäller det under inköp att båda går från förhandlingarna lagom missnöjda.

4.6 Repetitiva arbetsmoment

Under rubrik 3.5 benämns möjligheten till tidsbesparing vara kopplad till repetitiva arbetsmoment. Detta då AI har lättast för dem momenten som ska upprepas flera gånger på ett snarligt sätt. Detta beskrivs bland annat av respondent 2 som en utmaning i en ökad digitalisering med AI involverad.

”Det är väldigt sällan vi bygger upprepade saker. Ibland känns det som att vi uppfinner hjulet varje dag. Alla handlingar blir således olika vid varje nytt projekt. Vi försöker samla alla detaljer och moment som upprepas nästa gång men det är många faktorer som spelar in.” – respondent 2

Respondenten ger även en bakgrund till varför byggbranschen har ett så varierat arbetssätt.

”Först och främst är det platsen som har sina begränsningar. Man vill utnyttja tomt/markytor optimalt, planbestämmelser och sådant som styr. Oftast försöker man maxa byggrätten och husen blir därefter. Man vill inte ha miljonprojekten med massa upprepningar och vill oftast vara stolt över något man har varit med och byggt.” – respondent 2

Respondenterna hade i allmänhet svårt att nämna konkreta repetitiva moment de utför vilket ligger i linje med respondent 2:s uppfattning om det varierande byggandet. Detta bekräftade även respondent 5 under sin intervju.

”Varje projekt är utmanande, det är alltid någonting man lär sig. ... Man skapar nya komponenter. ... Man gör lite allt möjligt, så det skiljer sig väldigt mycket projekt till projekt.” - respondent 5

Respondent 3 upplever att det finns flera repetitiva moment i processen när man skapar datamodell, dessa skulle kunna automatiseras med hjälp av digitala verktyg.

Respondenten nämner även att de har jobbat med ett företag som heter Parametric Solutions, som använder sig av parametrisk design samt GD och hjälper att hitta den mest hållbara lösningen för sina projekt.

”... du matar in ett antal parametrar och så får du tio bästa alternativ som dator skapat och så får du själv ta fram de två bästa av det och gå vidare med dem.” – Respondent 3

Även respondent 1 upplever att det finns repetitiva moment i projekteringsprocessen.

”Varje byggprojekt är unikt, men exakt likadant.” – respondent 1

Det respondenten syftar på är skapandet av systemhandlingar, där man ska göra byggbeskrivningar *”Det är lite olika innehåll, men processen är precis likadan om du bygger ett runt hus eller en skola”* säger respondent 1.

Enligt respondent 4 finns det stor potential att effektivisera deras arbete, då de jobbar mycket med stora projekt. Filstorleken på modellerna blir alldeles för stora och det skapar olika moment av repetitivt arbete.

”Det finns massor olika former av repetitivt arbete i olika skeden i projektet och jag jobbar med de här frågorna faktiskt. Att effektivisera och dra ner den repetitiva arbete.”
– respondent 4

4.7 Generativ Design

Kännedom av GD bland respondenterna är relativt lågt, vilket också påverkar deras svar gällande implementeringen av den i projekteringsprocessen. Majoriteten kunde inte koppla GD till deras arbete, eller upplevde GD som komplicerad programmering. Något vi noterade var att entreprenörerna var mer positiva till att utnyttja GD i framtiden än vad konsulterna var, med detta sagt så var det enbart konsulterna som hade en bra förståelse för vad GD är innan vi förklarade det lite kortfattat. Detta kopplar tillbaka till svårigheterna för en konsult i hur den ska begära betalning för sitt utförda arbete och det faktum att GD potentiellt kortar ner arbetstiden.

Oavsett detta så var det två av konsultorganisationerna som aktivt tittar på hur GD skulle kunna implementeras. Organisation 4 gjorde ett samarbete mellan sitt finska och svenska kontor där konstruktörernas databaser slogs samman. Denna data användes sedan för att utnyttja GD som tog fram förslag till ett kommande projekt.

”...de kunde använda 20-40% av förslagen genererade. Detta medför att man i framtiden kan behöva ta betalt i fast pris. Men vi är inte där. Ledningarna har börjat kika på det och det går framåt.” – respondent 4

Detta medför, som vi har nuddat vid tidigare, att avtalen måste förändras i takt med den tekniska utvecklingen.

Ytterligare en spännande reflektion som respondent 3 framförde var sitt ifrågasättande av att vem kan säga vilket led som ska prioriteras med förmågan att editera det genererade förslaget. Hen poängterade att Autodesk idag äger ett företag vid namn Spacemaker som bakar ihop arkitektens kompetens med samtliga konstruktörers kompetens för att leverera en helhetsprodukt till byggherren.

”Vi sitter ju lite klämda eftersom vi inte äger värdekedjan utan värdekedjan börjar med byggherren och så går den via arkitekten och konstruktören och vidare till entreprenören. Men i princip kan du gå direkt från byggherren till entreprenören, om du har ett bra systemstöd.” – respondent 3

Hen menade att när dessa programvaror blir så pass smarta kan en stor del av både arkitektens och konstruktörens del i värdekedjan komma att krympa. Respondenten såg det inte som att konstruktörs- och arkitektyrket skulle försvinna helt utan kanske mer flytta till att optimera genererade förslag men då på entreprenör sidan.

Respondent 1 har positiv syn på GD. Hen ser potential i att effektivisera processer i tidigt skede så att man får med de tekniska kraven samtidigt med en bra planlösning.

”Man vill ha en schysst planlösning, men man glömmer bort tekniska lösningarna bakom. Det är väl bara positivt egentligen om man löser att få med alla dom parametrar som är svåra att få med.” – respondent 1

4.8 Artificiell intelligens och yrkesroll

I intervjustudien ställdes en fråga om respondenternas inställning till att programvaror kan ta över vissa arbetsuppgifter. Denna fråga ingick i manus för att tillåta respondenterna att utveckla en egen uppfattning av situationen som beskrivs i kapitel 3.5.3. Där beskrivs en framtid, där maskiner med hjälp av AI utför arbeten som idag utförs av människor. Samtliga respondenter som tillfrågades såg en ökad användning av AI och ML som oundviklig. Uppfattningen i om vilken utsträckning den skulle öka och inom vilket tidsspann varierade desto mer.

Respondent 4 menade på att vissa jobb redan drabbas eller förändras av den digitala implementeringen. Respondenten var tydlig med sin uppfattning av hur utvecklingen borde tolkas. Vid implementeringen av ett nytt digitalt verktyg som effektiviserade arbetet på sin förra arbetsplats fick respondenten kommentaren: *”Du vet att du tar vårt jobb ifrån oss?”* och svarade då: *”Det är definitivt inte det jag gör. Du har inte läst 3 år för att sitta på en PDF och bara mäta.”*. Denna kommentar är något som även respondent 2 håller med om som inte alls känner att arbetstillfällen hotas. Respondenten menar att det alltid kommer finnas delar av jobbet som behöver mänsklig handpåläggning. Detta fyller även respondent 4 på med och tillägger att vissa moment kommer gynna både arbetare och företag med intjänad tid och färre monotona moment.

Tidsaspekten i etableringen nämns av både respondent 3 och 5. De menar båda att det kommer krävas mycket tid för att branschen ska nå det stadie som Brynjolfsson et al. skriver om i kapitel 3.5.3. Respondent 3 menar att det till stor del har att göra med kompetens och ekonomi. Att driva utvecklingen kräver resurser och kunskap.

”Utmaningen är att det krävs extremt mycket ingenjörskompetens att sätta dom lösningarna i verket och att den typen av ingenjörer inte finns i vår bransch. Det är ett så stort risktagande och dom pengarna finns liksom inte.” - respondent 3

Respondent 5 fyller på med att utvecklingen kräver tid. Företaget har en mer defensiv approach på grund av kostnaden som krävs för att driva branschen framåt.

”Vi ligger inte i framkant med teknologin alls och där vill vi inte heller vara, utan vi vill att alla andra gör arbetet och vi ligger i fas några år efter.” - respondent 5

I intervjuerna med respondent 4 och 5 framgår det också att ritningar kommer påverkas av den ökade digitaliseringen, framför allt med avseende på BIM. Med den ökade digitaliseringen kommer sättet man kommunicerar ett projekt inom branschen behöva omvärderas och ändras.

”När man ritar i 2D då är det ett språk du använder för att rita och det språket använder du för att kunna definiera den produkten som ska byggas där ute... en erfaren platschef får 2D planritningar och sektionsritningar så bildar hen en bild i sitt huvud. Men om det är en praktikant då tar det ganska lång tid för att kunna förstå. Men om du tar bort hela det språket och behovet av det språket och då visar produkten direkt. Vad händer då, vi har ju en hel bransch som är baserad på det språket. Det skulle jag säga är den stora förändringen som händer i vår bransch. Det är inte så många som tar det på allvar.” – respondent 4

Respondent 2 som arbetar med samordning berättar att ytterligare ett arbetsmoment som påverkas är protokollskrivandet.

”vi har kört Interaxo visuella tavla... Det har varit bra att vi inte har skrivit ett regelrätt protokoll utan låter programmet göra det vilket sparar mycket tid. Det är viktigt att få med allt och programmets loggbok visar detta.” - respondent 2

Detta är något som även respondent 1 har använt sig utav. De har den senaste tiden haft alla projekteringsmöten på distans och då samtidigt använt sig av en visuell planering där de effektiviserat sitt arbetssätt.

”Istället för att som förr skriva långa protokoll om vem som ska kolla vad och så satt man tre timmar på möte och det enda som angick en var fem minuter på slutet.” – respondent 1

Med det nya systemet har mötesstrukturen förändrats till det bättre menar respondent 1. De använder sig också av särmöten där de som frågan angår får prata ihop sig och sedan ta upp resultatet av mötet på avstämningsmötet. Avstämningsmöten är inte bara kortare än tidigare, de sker nu också med längre mellanrum mellan varandra.

4.9 Hållbarhet

Återkommande för entreprenörerna var att de antingen har en satt eller får olika krav på miljöklassning som dom ska uppnå. Svanenmärkning gäller alltid för respondent 1 medan respondent 2 har mer varierande krav.

”Det är fler krav som bakas in i projekten idag, energi, miljö och andra certifieringar. Till skillnad från förr så innehåller idag nästan varje bygge någon form av certifiering.” – respondent 2

Men det är inte alltid smidigt med alla certifieringar. Olika moment kan vara beroende av varandras resultat. Ett exempel som respondent 1 tar upp är att hur dagsljusberäkningar och fönsterstorleken beror av varandra.

”vi svanenmärker alla våra bostäder, till exempel ska det göras dagsljusberäkningar och innan vi gör den så behöver vi sätta hur stora fönsterna ska vara, och innan vi sätter hur stora fönstren ska vara så är det bra att stämma av med dagsljus.” – respondent 1

Hen upplever att det funkar men att det blir en del bollande fram och tillbaka.

Organisation 1 har som Respondent 1 nämnde i sin intervju numer är alla projekteringsmöten på distans. Detta nämns framförallt i förhållande till att arbetet blir mer effektivt men det nämns också att färre resor behöver göras.

”Vi har nästan all projektering på teams... vi har aldrig träffats.” – respondent 1

Detta innebär mycket mindre resande under arbetstid vilket minskar koldioxidutsläppen och bygger en vana av färre resor på arbetstid. Detta är ett arbetssätt som även Organisation 2 arbetat med och tänkt fortsätta med när vi frågar om det är något som kommer sträcka sig vidare när Covid-19 är över.

”Det känner vi att vi kommer. Sen har vi ju kompletterat allt eftersom.” – respondent 2

5. Diskussion

Resultatet av semistrukturerade intervjuer och litteraturstudie ger en bild av en bransch med utvecklingspotential och starka traditionella sätt att utföra uppgifter. Det framgår också att det finns krafter som verkar för att förändra dessa traditioner för att utvecklas både som organisationer och ingenjörer. Varierande organisationsstorlekar och arbetsbeskrivningar ger en intressant bild av branschens bredd och utmaningar.

5.1 Hinder och begränsningar

Det är synd när den äldre generationen inte vill ta sig an de nya produkterna, då mycket erfarenhet går till spillo. Det är viktigt att få med sig hela organisationen vid digitala satsningar och det kanske behövs bättre ledning i den processen. Detta kommer hjälpa äldre att inse att samma arbete kan utföras snabbare. Alltså gäller det att bemöta attityden mot förändring på ett lämpligt sätt så som tas upp i kapitel 3.7. Att tillåta det ta tid att utbilda de som har det svårt att komma in i nya processer ger vinst i längden, genom att projekteringen går snabbare. Det som behövs är att identifiera och stödja dem som har viljan och drivet, hylla deras prestation. Vi tror att en arbetsplats måste ställa vissa krav på sina anställda för att de ska förstå produkten, samt ge dem tillgång till att utbildas under arbetstid.

Idag är det ett stort hinder om enstaka i en projekteringsgrupp inte besitter samma digitala nivå som resten. I vissa fall går det inte att jobba vidare och vissa personer behöver då bytas ut. Vi anser att digitaliseringen även är viktig för kommande generationer att sträva mot en mer hållbar arbetsplats, där möten inte alltid måste tas på plats utan att de flesta kan genomföras digitalt.

Ett annat hinder kan vara den allmänna uppfattningen om att saker funkar. Det är noga på ritningen men om slutresultatet diffar en centimeter så kommer det att funka ändå. Detta kan i förlängningen leda till en avslappnad och kanske slapp inställning till ritningar och riktlinjer. När då ritningarna blir mer och mer detaljerade trots att själva bygget blir gjort på ett sätt som funkar oavsett detaljering blir detta ett systematiskt problem. Vissa arbeten är väldigt exakta som lutning på badrumsgolv eller fuktspärr i yttervägg medan en innervägg som inte är i en rät vinkel utan någon grad fel inte kommer påverka husets fysiska kvalitéer. Detta är något som respondent 1 tar upp under sin intervju vilket styrker denna tanke. De brukar inte rita ut lutningen i badrummet utan brukar bara använda plushöjd. Detta ger en tydlig känsla av att det inte är så noga och det finns utrymme för att lösa det på plats på sitt eget sätt. Samtidigt kan man ifrågasätta om det är rimligt att rita ut en lutning på ett badrumsgolv i en 3D modell. Vissa detaljer kanske faktiskt inte måste bestämmas på ett kontor. Samtidigt kan det uppstå problem om man inte ritar ut rör och ventilation innan. Allt kan inte lösas men vissa uppgifter löses lättare av hantverkarna på plats.

Vad är det då som gör 3D-modellen användbar om det mesta går att lösa? Detta är en fråga som vi tror har en stor roll i den långsamma digitaliseringstakten. Hur ska man förmedla till någon som inte vill eller behöver använda en ritning att den innehåller det exakta svaret på hur det ska göras. Detta kan säkert också skapa en konflikt mellan hantverkare och projektörer. Hantverkarna vet vad som behöver göras utan att få reda på det, de har gjutit badrumsgolv tidigare. Samtidigt berättar projektören exakt vilken lutning de ska gjuta det till, information som hantverkaren inte behöver.

För att möta den digitala förändringen behöver branschens arbetssätt ifrågasättas. Motståndet till att ligga i framkant behöver adresseras. Det som framgått är att den ekonomiska avkastningen blir tydlig på sikt men inte direkt i korrelation till de projekt

där man väljer att investera i nya tekniker. Vi återkommer till respondent 3s tankar kring "nollsummespel" där hen tydligt kopplade investeringen till enbart ett projekt. Vi anser att man måste se det som en större helhet där implementeringen i ett projekt inte måste direkt generera vinsten på den tekniska investeringen utan att det behöver tillåtas ta tid.

I samband med denna struktur finns även problematiken framåt med konsulters anställningsform. Motståndet från våra respondenter låg mycket i att deras betalning sker per timbasis. Något som konsulter måste hantera i framtiden är deras sätt att ta betalt då digitala verktyg kommer att effektivisera deras sätt att arbeta så pass mycket att timanställning inte längre kommer att vara lönsamt. För att driva utvecklingen framåt måste konsultorganisationer bli bekväma med att sätta fastpris i större utsträckning.

Det finns en tydlig koppling mellan organisationernas storlek och deras sätt att arbeta med digitalisering. Organisation 5 som har en lägre årsomsättning är enligt intervjuerna mycket mindre måna om att driva utvecklingen än de större organisationerna 1, 3 och 4. Detta kan som tidigare nämnt kopplas till kostnaden det innebär att investera. Detta leder till att mindre bolag måste pressa sig ekonomiskt för att hänga med. Genom intervjuerna ges även bilden av att de större företagen är medvetna om detta och därför inte ger full fart. Respondent 3 målar upp en bild av att branschen går under radarn på grund av att antalet ingenjörer som besitter kunskapen att programmera dessa lösningar är få. Case VD:n styrker denna bild och menar också på att när tekniska lösningar introduceras inom andra branscher har det snabbare mottagits då IT-kompetensen generellt är högre. Vi delar denna övertygelse och tror att det finns kompetens utanför branschen som kan användas om viljan fanns. Om den kompetensen i samarbete med branschspecifik kompetens skulle utveckla effektiva, välfungerande och användarvänliga program finns det möjlighet att nå längre än idag.

Som kapitel 3.7 tar upp så råder en avtalsstruktur där företag lägger anbud i olika projekt och för att upprätthålla attraktiva priser hamnar inte en digital satsning i fokus. Det man missar är långsiktiga vinsterna av att satsa på digitalisering som exempelvis GD. Är det fler beställare som ställer krav på användandet av BIM eller 3d-modellering så kommer byggföretagen att behöva anpassa sig utefter. Detta är något som kan driva på utvecklingen, men om efterfrågan inte är där, blir utbudet därefter.

5.2 Digitala verktyg idag

Samtliga respondenter presenterade i sin intervju olika digitala verktyg de använder sig av i sitt yrke. Det som var intressant var att i många fall var dessa olika. Trots att nästan samma uppgift skulle utföras. Detta återkopplar till det breda spektrum av verktyg och funktioner som innehåller BIM funktioner. Dessutom presenterar alltså respondenterna att det finns flera olika BIM-verktyg för att utföra dessa. Det uppfattas nästan som ett överflöd av verktyg, vilket respondent 2 intygar genom att förklara att en projektledare som är aktiv i flera projekt samtidigt ofta också har olika projektportaler för de olika projekten. Att det finns så många olika projektportaler kan kopplas till utvecklarnas

ständiga försök att bli mer användarvänliga. Samtidigt som inget program löser allt då företaget vill ha olika saker vilket skapar en stor mångfald.

5.2.1 Användarvänlighet

Användarvänligheten uppfattas sedan innan men har också förstärkts av intervjuerna som avgörande för ett programs fortsatta användning. Något som berörs i 3.5.2, där Case VD:n tydligt visar på hur få som faktiskt kan utnyttja Grasshoppers programmeringsfunktioner. När programfunktioner är svårtillgängliga eller svåra att förstå uppstår frustration. När det dessutom finns en reell deadline blir det således enkelt att falla tillbaka i gamla processer. Detta är ett problem från båda håll och här behövs hjälp och stöd utifrån för att nå längre. Möjligheten att falla tillbaka på gamla metoder ger en bekvämlighetskänsla som i sin tur leder till en avslappnad känsla till digitaliseringen. Om det ställs krav på att en produkt som är användarvänlig ska vara en branschstandard så är känslan att detta skulle lösas. Precis som flera respondenter berättade om i sina intervjuer vad gäller projekteringsmöten. Dessa tvingades vara på distans och när man väl fått det att funka finns det inte längre någon mening med att flera gånger i veckan åka mellan kontor. Genom detta nya sätt sparas det in på såväl tid, pengar och miljön. En förhoppning kan då rimligtvis vara att detta exempel gör att branschen ser potentialen i nya lösningar för att effektivisera projekteringsprocessen.

Vidare behövs det en digital strategi för att jobba framåt så att alla blir involverade och förstår vart organisationen är på väg. Således är det även viktigt att kommunicera och utbilda gällande värdet av vissa digitala verktyg. Digitalisering ska inte ske för sakens skull utan ge ett värde till kunder och de som brukar dem. Därför är det av vikt att informera om dess presumtiva betydelse till alla medverkande i ett företag och få med alla på banan.

5.3 Byggnadsinformationsmodellering

Med alla fördelar som uppdagades i studien utförd av Stanford University, som presenteras i kapitel 3.4, har vi svårt att förstå varför BIM är lågt prioriterat av organisationerna. Det är tydligt att samtliga respondenter idag använder olika programvaror som klassas som BIM-verktyg. Dock har vi sett en tendens till att snarare utnyttja dessa för deras förmåga att agera ritverktyg än att fylla det som produceras med önskvärd information. Studien visar tydligt att det finns både tid och pengar att spara inom de projekt där BIM utnyttjas, det vi ifrågasätter är om organisationerna missat att ta del av denna information eller om deras förmåga att förklara denna nytta till deras anställda har brustit. Återigen något som vi reflekterat över tidigare att hela organisationen måste vara med på banan för att få ut störst nytta av ny teknik. Ytterligare ser vi en brist i att tänka långsiktigt med BIM. Det är som nämnt tydligt att det finns fördelar att ta del av för entreprenad- och konsultföretagen men det som missas är nyttan under förvaltning. Vi anser att detta måste läggas i fokus för att flytta branschen mot en hållbarare drift av byggnader. Att beställaren som i förlängningen ska förvalta byggnaden måste våga ställa krav på att deras byggnad finns som en fullständig BIM-modell.

5.4 Erfarenhetsåterföring

Erfarenhetsåterföring har uppfattats som positivt av samtliga intervjuade. En bild som är tydlig i kapitel 3.2, är att bra erfarenhetsåterföring leder till färre upprepade fel, vilket i sin tur är positivt. Dock har intervjuerna pekat mot att det sällan fungerar som det borde i praktiken. Tidsbrist är en förklaring då ett nytt projekt tas an så fort ett annat är avslutat eller till och med överlappar, således prioriteras inte tiden till erfarenhetsåterföring. Detta är även ett jobb som kräver manuell inmatning av personer som har varit med och drivit ett projekt, vilket återigen tar tid som istället används till nästkommande projekt.

Det kan man även märka på företag där erfarenhetsåterföringen sker under de anställdas lunchtider, där mat erbjuds och en specialist föreläser inom sin kompetens. Att det prioriteras så lågt att om det sker så blir det under anställdas lunchraster. Detta kan ses som ett tydligt ställningstagande av arbetsplatserna. Kunskapsåterföring sker på fritiden och inte som del av arbetet. Det är helt enkelt inte traditionellt något som man gör på arbetstid. Man lär genom att jobba och fråga de man jobbar med. Detta är en föråldrad inställning som klarat sig kvar då branschen haft liten mångfald och liten förändring.

I framtiden ser vi denna inställning förändras. Problematiseringen av beteendet har redan börjat och tillsammans med ett generationsskifte där nästa generation har vuxit upp medvetna om sina rättigheter till fritid och vila. Denna allmänna förändring av folkets inställning till arbete och självförverkligande bör föras över även på sättet arbetsplatser arbetar med att dela med sig av information. Informationen idag är inte heller lika auktoritär, man lyssnar på alla som har något att säga vilket medför såväl för som nackdelar.

Det resultatet visar och vad som framgår från respondent 3 så är det ett bra verktyg om man är ny på jobbet, men att dess användning avtar ju mer erfaren du blir i dessa processer. Vi tänker att det är här systemet faller platt. De mest erfarna bär på viktig kunskap som är exceptionellt viktig att föra över till kompetensbanker. Samtidigt ifrågasätter vi människans förmåga att vara självkritisk och vad säger att en erfaren inte har något nytt att lära.

Detta kopplar tillbaka till ett motstånd, där de erfarna har ett välbekant och beprövat arbetssätt, inte tar sig an nya metoder som har möjlighet till besparingar inom tid och innefattar ekonomiska fördelar.

Branschen präglas även av en kortsiktig syn när den på sikt har att tjäna på en fullt fungerande och effektiv erfarenhetsåterföring för att ta vara på den expertis och kompetens som anställda besitter. Skulle det vara tidsbrist som är orsak, så finns en tanke om att erfarenhetsåterföring skulle upprättas till en egen tjänst för att tackla detta. Men det bör även vara ett ekonomiskt incentiv, för det kommer ofta upp på tal om att en noggrann projektering leder till färre problem ute i produktion. Således bör en verksam erfarenhetsåterföring fungera på samma sätt, alltså att både lösningar och brister överförs till en kompetensbank vars syfte är att nyttja dessa vid liknande

situationer för att undvika misstag eller välja det mest effektiva alternativet till en lösning för att spara både pengar och tid.

Att branschen till stor del är positiv mot organisation överskridande samarbeten och erfarenhetsåterföring kan ses som en nyckel till en lyckad utveckling framåt. Desto fler organisationer som delar på ansvaret att röra sig framåt i den digitala utvecklingen ju mer risken sprids. Detta kan leda till att den initiala tröskeln till att testa på något nytt sänks.

Ytterligare ett perspektiv kring detta är att denna bransch står för en stor åtgång av resurser. Ju mer organisationer kan lära av varandra och utbytta erfarenheter större chans finns det att effektivisera denna åtgång och bespara miljön att till exempel kassera produkter för att man inom ett projekt har gjort för stora inköp.

5.5 Repetitiva arbetsmoment

Det är allmänhetens uppfattning att en ingenjör är en problemlösare. Utbildad för att kunna lösa komplexa uppgifter på ett genomtänkt sätt. Flera respondenter är inne på just detta spår. De ger också en bild av att ingenjören är utbildad för större, svårare uppgifter än att mäta på en PDF eller skriva mötesprotokoll. Dessa moment tas upp som tydliga exempel på situationer där anställda med en ingenjörsutbildning utför arbeten som de är överkvalificerade för. Samtidigt kan man diskutera hur deras arbetsroll skulle påverkas av att denna typ av moment försvinner. Litteraturstudien i kapitel 3.5 visar att ingenjörer i andra industrier har redan lyckats lämna den traditionella designprocessen och aktivt tillämpar olika mjukvaror som löser komplexa problem på ett mer tids effektivt sätt. Vilket skulle kunna innebära att byggingenjörernas arbetsroll förblir i stort sett oförändrad.

Case-studien tar tydligt upp den kreativa aspekten av att vara arkitekt. De är utbildade mer för att skapa och forma än att rita menar Case VD:n som arbetat som arkitekt. Hen menar bestämt att rollen som arkitekt inte kommer försvinna utan bara förändras till något mer kreativt. I förlängningen skulle detta innebära ett mer varierat byggande. Det varierade byggandet är något som alla respondenter pratat om. Någon nämner att de känns som de uppfinner hjulet varje dag. Om så redan är fallet och arkitektbranschen strävar mot att öka variationen, kommer med största sannolikhet även den känslan av variation för ingenjörerna kvarstå.

Det kan diskuteras huruvida byggbranschen är så varierad som respondenterna påstår. Visst är det så att varje plats är unik som respondent 2 säger, visst är det så att förutsättningar förändras. Men är det verkligen så att man bygger huset på olika sätt varje gång. Efter att grunden är gjord är uppfattningen från vår sida att i stort sett alla moment upprepas i nästan samma ordning i varje projekt. Det är olika komponenter med olika mått och leverantör. Men ett kök monteras och levereras på ungefär samma sätt som andra kök. Vid ungefär samma tidpunkt i processen som andra kök. Stommen reses på ungefär samma sätt som andra stommar av samma material. Innan detta har

möten skett, där ungefär samma saker har diskuterats, ungefär samma ritningar har skickats in, ungefär samma roller har löst ungefär samma problem från ritningarna, och allt ska leda till ett hus som oftast ser ut ungefär som andra hus.

Denna delade bild av projekteringsskedes variationsgrad kan bero på flera olika faktorer. De intervjuade har som 4.1 redovisar mestadels arbetsledande roller. Case har undersökt den repetitiva delen av arkitektyrket vilket innebär att kunskapen om den typ av arbete som avhandlas kanske inte finns i den utsträckningen hos respondenterna. Samtliga är å andra sidan erfarna inom branschen och har en förståelse för funktionen. Det är alltså möjligt att undersöka den repetitiva delen om fler ritingenjörer hade blivit intervjuade. Därför kan det vara intressant att fundera på om respondenternas svårighet att identifiera repetitiva moment beror på yrkesroll eller branschens funktion.

Skulle detta som respondenterna menar handla om branschen finns faktorer som pengar och yrkesstolthet i bilden. Det kan finnas ett underliggande motstånd mot att digitalisera för då blir en arbetare som varit bra på sitt jobb i årtal återigen en nybörjare. Detta kan vara utmanade moraliskt för medarbetaren och därmed skapa ett inre motstånd oavsett om arbetet blir enklare eller inte. Den ekonomiska aspekten påverkar också möjligheten att få lära sig nya sätt att arbeta. Det kostar också pengar för företaget att utbilda, och i en bransch som styrs av vinst är detta en utmaning i sig. Det krävs licenspengar, arbetstid och därmed förlorad projekteringstid för att någon ska ha tid att lära sig ett nytt sätt att arbeta. Då detta är en investering, blir det dessutom så att investeringarna går dit där företagen tjänar så mycket som möjligt på det. Det innebär att de som närmar sig pension eller inte är så tekniska ofta inte blir utbildade. I förlängningen skapas en ond cirkel av att de som kanske behöver utbildningen mest för att öka de genomsnittliga digitala kunskaperna inom en organisation inte får den. Respondent 1 beskriver också att ett projekts digitaliseringsgrad varierar beroende på vilka som är inblandade alltså sänks digitaliseringsgraden av att inblandade inte hanterar vissa digitala moment.

5.6 Generativ Design

Den låga kännedomen om GD bland intervjuade, kan kopplas till generellt eftersläp av digitalisering i byggbranschen. Ökad kunskap inom ämnet kan bidra till större förståelse av utvecklingsbehov samt förståelse av teknikens potential. Eftersom byggbranschen består av olika krav som styr utformningen samt att GD fungerar just på det sättet att man fördefinierat olika parametrar och sedan får output, vilket nämns i kapitel 3.5, så skulle det vara möjligt att kunna implementera GD i projekteringsprocessen och skapa funktionalitet. Ett hinder dock i processen är arbetarnas låga vetskap av teknikens potential, rädslan för AI som kan ta över samt låg insyn av mängd repetitiva arbetet man utför under varje projekt.

Eftersom GD är något som inte bara blir smartare, men också blir kreativ ju mer man använder det, så finns det rädsla hos konsulterna att deras framtida roll inte kommer behövas i samma utsträckning som i dag. Det förklarar också större kännedom av GD hos konsulterna än hos entreprenörerna. Men vi behöver inse att ny teknologi inte är

ett hot, utan något vi behöver anamma, och forma nya arbetsmoment samt arbetsroller därefter. Det är det som behövs för att gå framåt och bygga framtiden.

5.7 Artificiell intelligens: yrkesroll och ansvar

Under intervjuerna har främst en positiv syn på vad AI kan komma att bidra med framförts. En syn som vi delar i gruppen. Vi anser att den kommande digitaliseringen kommer till någon grad involvera AI och ML för att arbeta bort repetitiva moment, moment som vid bristande engagemang och/eller stress oftare utföras fel. Något som vi har fått erfara under utbildningen när vi fått i uppgift att i Revit rita ett flerfamiljshus. Vid denna kurs blev det tydligt att många fel uppstod för oss när samma sak skulle genomföras om och om igen samt när tiden började bli knapp.

I gruppen har även en av oss erfarenhet av att bygga ett eget hus. Vid detta så uppstod enkla projekterings fel på grund av den mänskliga faktorn. Hade detta istället genomförts av en AI programvara skulle detta misstag med största sannolikhet inte uppstått.

Något som framkommit under våra samtal med respondenterna är att det inte känns ett direkt hot att dessa programvaror kommer ta över deras arbete, men kommer att förändra deras arbetssätt. Detta stämmer överens med uppfattningen som presenteras i kapitel 3.6.3. En tolkning av detta som vi har gjort är att flera av respondenterna besitter en mer samordnande roll vilket inte lika direkt hotas av en förlust av de repetitiva momenten. Men vår övertygelse är att även de som besitter roller där mycket tid går åt till repetitivt arbete tror vi att den tid som blir över kan utnyttjas bättre till att lösa mer komplexa problem och utveckla nya metoder. Detta är ju även något som bekräftades av de två som utnyttjat protokollskrivnings funktionen i deras arbete, där har båda fortsatt haft mycket arbete att uträtta efter att den tid som tidigare gick åt försvunnit. Alltså fylls dagarna fortsatt av ansvar och uppgifter när några moment läggs över på AI.

En fråga som vi inom gruppen har brottats med angående implementeringen av AI inom bygg är ansvar, som nämns i kapitel 3.6.3. Det har historiskt varit tydligt vem som bär ansvar när en design inte fungerar men vem bär detta ansvar när det är en maskin genererad design. Detta kräver att organisationer utvecklar en digital strategi som har tydliga riktlinjer och mål gällande implementerandet av AI, som Weber-Lewerenz tar upp i sin studie. Vi tror att det måste finnas en försiktighet vid övergången för att företag ska våga ta steget mot att bygga utifrån en AI genererad design. För det kan finnas en viss problematik och initiala problem med programmeringen och datamängden som AI har att arbeta med. För att människan är just det bara människa och förstår sig bäst på sina egna förutsättningar, som följd av detta kan programmeringen bli diskriminerande mot individer vars förutsättningar inte speglar programmerarens, alltså kan en programvara generera layoutförslag som i slutändan inte blir funktionella för alla som kan komma att bruka den.

5.8 Hållbarhet

Hur stort inflytande ska arkitekter utan teknisk bakgrund ha över designen av en byggnad och vad för följderna uppkommer genom att alltid bygga unikt? Vi anser att det är en rimlig fråga att dyka djupare i gällande arkitekternas roll i projekteringsskedet framförallt när det gäller stora komponenter som en stomme. Här finns ett exempel i Amsterdam, varpå radhus upprättades med en standardiserad och gemensam stomme för att hålla nere kostnader och spara på resurser, medan arkitekten fick fria tyglar till att skapa just det som anses vara värdeskapande och värdesätt av människan, som fasad och interiör design. Utifrån vår litteraturstudie har det kommit till vår kunskap att off-site produktion kommer att fortsätta öka och på sikt närma sig en standardisering gällande skapandet av byggnader. Detta skulle innebära en välbehövlig effektivisering i en bransch som redan är enormt krävande på dyrbara råvaror. För att uppnå FN:s globala hållbarhetsmål 11, hållbara städer, så kommer det att krävas effektivare hantering av materialen vi tillhandahåller och se till att varje byggnad optimeras. Detta nämnde Case VD i sin intervju där hen menade att företaget tydligt har hållbarhetsmål 11 i åtanke när de utvecklar sin produkt.

Vi upplevde inte från någon av konsulterna att detta låg i fokus under deras projektering internt. Vi resonerade kring att det möjligtvis är på detta sett då dem helt enkelt följer de krav som ställs på varje bygge snarare än att organisationerna i sig vill hålla standarden vid en viss miljöklassning då dem endast ansvarar för en liten del av slutprodukten. Detta kan upplevas gå emot bilden av byggprocessen som en helhetsbild då det visar sig att många av de aktiva varken ser det så själva utan är en del av bygget en kortare tid och att de därför tar sig friheten att inte reflektera så mycket över samma helhet. Bilden av att samordningen är viktig har genomsyrat rapporten men bilden av företagens ansvarsuppdelade arbetssätt har gjort det samma. Detta styrker ju samtidigt teorins befästning av samordningens vikt i branschen.

Då många av respondenterna arbetade just inom samordningsdelen av projekteringen var det intressant att konstatera att ingen av dem fruktade för att deras jobb skulle försvinna. De poängterade även att digitaliseringen sparar in tid på moment som tidigare utförts utan digitala hjälpmedel. Med tanke på Arbetskyddsstyrelsens siffror på övertid måste detta ses som en positiv utveckling. Även om vi inte fått konkret svar på hur vida respondenternas arbetstid faktiskt påverkades positivt av förändringarna. Det som kan konstateras är ju dock som tidigare nämnt en minskad mängd arbetstid, miljöresurser och pengar som går åt till en så enkel sak som möten.

I en sektor som omsätter ofantligt stora summor och material så finns det, som exemplet med digitala möten ovan, enorma vinster att göra i även den minsta effektivisering. Att projektera mer noggrant och optimera byggnader med hjälp av teknik är något som kommer att reducera den mängd energi som krävs för att upprätta byggnader, underhålla dem och genom optimeringen säkerställa att dess energiåtgång under livscykeln sker så effektivt som möjligt. Således är det inte bara en vinst för miljön, utan även för byggföretagen.

5.9 Utvärdering

En av våra begränsningar var att vi inte hittat respondenter som har samma titel eller utför samma arbetsmoment, vilket gjorde att jämföra resultaten från intervjuerna blev något svårare. Brist på tid medförde att vi inte fick intervjua lika många som vi skulle önska, för att få bättre analys och bättre reflektioner. Tidsbristen resulterade också i att vi inte kunde vara selektiva med vilka vi ville intervjua utifrån om de passade eller inte.

Någonting som också påverkade resultatet tror vi är vår begränsade insyn i hur branschen är uppbyggd. Det var svårt att veta vilka discipliner vi skulle intervjua för att få svar på vår frågeställning. Bättre insyn på hur arbetsdagarna ser ut, insyn till dem organisatoriska moment som finns på företaget och mer tid för att leta upp de rätta personerna hade resulterat till mer träffsäker analys.

Något också påverkade rapporten är att samtliga intervjuade bär med sig varierande erfarenhet från branschen och även personliga åsikter som formade intervju svaren. En större urvalsstorlek hade lagt grund för fler jämförelser och hade möjligtvis bidragit till andra perspektiv än de som presenterats i denna rapport.

Vi använde semi-strukturerade intervjufrågor i enlighet med vad metoden redovisar, vilket betyder att vi ibland kunde ställa olika följdfrågor till våra respondenter. Detta försvårade jämförelsen mellan respondenternas svar även om det gav en bättre bild av deras personliga åsikt. Vi upplever att om vi hade haft bättre erfarenhet av att intervjua och analysera, hade vi kunnat skapa bättre intervjumall. Detta hade dessutom kunnat förebyggas av att genomföra en testintervju med någon som har erfarenhet av intervjusituationer. Då hade den troligtvis hjälpt till med att omformulera vissa frågor för att tydligare förmedla vad vi undrade. Detta förstärks ytterligare av vår känsla av att vi hade velat justera vissa frågor efter två intervjuer då vi märkte att vi behövde förtydliga vad vi menade för respondenterna.

6. Slutsats

Sammantaget har arbetet resulterat i en bredare förståelse för användningen av digitala verktyg i byggbranschen. Det har också gett oss en insikt i varför digitala verktyg inte används i större utsträckning och i vissa fall även gett oss möjligheten att förstå varför. Resultatet har som tidigare diskuterats varit begränsat i förhållande till vilka slutsatser vi hoppades kunna göra. Trots det tror vi att studien som vi har utfört kan vara en bra utgångspunkt för fler studier på området.

Av respondenternas svar kan vi dra slutsatsen att tillämpning av GD under projekteringsprocessen är komplext. Detta är på grund av många icke standardiserade projekt som innehåller många varierande krav och produktionsanpassade lösningar. I tidiga skeden är det däremot färre krav att beakta, vilket gör det möjligt för arkitekterna att ta nytta av GD.

Analysen tyder på att tillämpning av GD passar främst standardiserade moment. Dessa moment återfinns främst hos arkitekter och ritingenjörer. Applicerbarhet senare under projekteringen blir mer projektberoende och fungerar således vid byggande av fastigheter där våningsdesign upprepas. Om det standardiserade byggandet skulle öka skulle alltså även möjligheten för användningen av GD öka.

Byggbranschen strävar efter att bli mer digital. Det som har blivit tydligt för oss är att användarvänligheten måste ligga i fokus när produkter utvecklas. Branschen strävar även efter att bli mer hållbar. Vi tror på att en lösning kan vara programvaror med AI som genererar hållbara designlayouter på ett användarvänligt och tidseffektivt sätt. Mjukvaruutvecklare behöver förbättra sina produkter och tillhandahålla de tekniska lösningar som uppfyller dagens behov och vad användaren efterfrågar. Just nu vågar få ta risken att satsa och ser därför fram emot digital utveckling i branschen på någon annans bekostnad. För att dessa programvaror ska få korrekt data måste branschen bättre arbeta med erfarenhetsåterföring. Men erfarenhetsåterföring kräver tid, tid som har visats att företaget helst vill lägga på sina projekt.

Slutligen har en bild för oss börjat formas i att den största katalysatorn till förändring kommer att vara vi. Vi som kommer ut nya i branschen, som har utbildats med nya tekniker som grund. Att det kommer finnas flera av det äldre som gärna stöttar i denna ambition och hjälper oss driva utvecklingen framåt. Men att vi inte ska bli rädda för att fortsätta stå på oss tills vi hittat våra allierade och våga visa vilka fördelar som finns i att utnyttja den nya tekniken. Våga behålla vår tro på att en ledig fritid ger bättre prestation på arbetet.

Källförteckning

- Akademiska Hus. (2021). *Riktlinjer för projektering*. Hämtat från Akademiska Hus: <https://www.akademiskahus.se/globalassets/dokument/tekniska-publikationer--bilder/riktlinjer-projektering-211101.pdf>
- Arbetskyddsstyrelsen. (2000). *Arbetsmiljön 1999*. Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/globalassets/filer/statistik/arbetsmiljostatistik-arbetsmiljon-1999-rapport.pdf?hl=1999:3afs>
- Arbetsmiljöverket. (2020). *Arbetsbrottslagen*. Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/lagar-och-regler-om-arbetsmiljo/arbetsbrottslagen/>
- Autodesk. (2020). *Connecting People and Algorithms: Generative Design for Informed Decisions*. Hämtat från Autodesk University: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Connecting-People-and-Algorithms-Generative-Design-Informed-Decisions-2020>
- Bennewitz, E. (2019). *Så jobbar bygg med AI i dag*. Hämtat från Byggindustrin: <https://www.byggindustrin.se/affarer-och-samhalle/konjunktur/sa-jobbar-bygg-med-ai-i-dag/>
- Berglund, A. (2020). *Bristfälliga bygghandlingar, ÄTA-arbeten och dess medföljande ekonomiska konsekvenser*. [Examensarbete, Luleå tekniska universitet]. DiVA. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1507482/FULLTEXT01.pdf>
- Bohnacker, H., Groß, B., Laub, J., & Lazzeroni, C. (2012). *Generative Design. Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing* (ss. 460-463). New York: Princeton Architectural Press A McEvoy Group company.
- Bongiorno, N., Bosurgi, G., Carbone, F., Pallegriano, O., & Sollazzo, G. (2019). *Potentialities of a Highway Alignment Optimization Method in an I-BIM Environment*. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 63, 352-361. <https://doi.org/10.3311/PPci.12220>
- Borrmann, A., Köning, M., Koch, C., & Beetz, J. (2015). *Building Information Modeling: Why? i Building Information Modeling Technology Foundations and Industry Practice* (ss. 2-4). Switzerland: Springer.
- Boverket. (2021). *Olika skeden i byggandet*. Hämtat från Boverket: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/metod_byggande/skeden/
- Boverket. (2021). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>

- Boverket. (2022). *Minskad klimat- och miljöpåverkan till följd av byggprocess och materialval*. Hämtat från <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/avslutade-uppdrag/oversyn-av-boverkets-byggregler/minskad-klimat--och-miljopaverkan/>
- Bryman, A., & Bell, E. (2011). Business Research Methods. i A. Bryman, & E. Bell, *Business Research Methods* (ss. 624-626). New York: Oxford University Press.
- Bryman, A., & Bell, E. (2011). Business Research Methods. i E. B. Alan Bryman, *Business Research Methods* (ss. 467-470). New York: Oxford University Press.
- Brynjolfsson, E., Mitchell, T., & Rock, D. (2018). What Can Machines Learn and What Does It Mean for Occupations and the Economy? *AEA Papers and Proceedings*, (ss. 43-47). Hämtat från <https://doi.org/10.1257/pandp.20181019>
- Cangali, S., Azam, & Niuewland. (2015). *The construction productivity imperative*. McKinsey & CO. Hämtat från: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-construction-productivity-imperative> McKinsey & CO
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Granroth, M. (2011). *BIM - Byggnadsinformationsmodellering : orientering i en modern arbetsmetod*. Stockholm, Godoymedia
- Holm, N., Lidgren, C., & Montecios, C. (2013). *K1-En ritning för ökad säkerhet på arbetsplatsen*. SBUF. Hämtat från: <https://www.sbuf.se/contentassets/6b9802e0129347678232c27b825bb8da/14-23-k1--en-ritning-for-okad-sakerhet.pdf>
- Huang, L., Krigsvoll, G., Johansen, F., Liu, Y., & Zhang, X. (Januari 2018). Carbon emission of global construction sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (ss. 1906-1926). Hämtat från: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.001>
- Industrifakta AB. (2017). *Byggbranschen och digitalisering*. Hämtat från: https://info.byggjanst.se/rs/626-CSV-637/images/d5_digitaliseringsundersokning.pdf
- J. Morris, S. B. (2006). *Open specification for bim: sydney opera house case study*. Cooperative Research Centre for Construction Innovation. Hämtat från: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.425.4958&rep=rep1&type=pdf>
- Jongeling, R. (2008). *BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt*. Stockholm : Luleå Tekniska Universitet. DiVA. <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A998274&dswid=2401>
- Junk, S., & Burkart, L. (2021). Comparison of CAD systems for generative design for use with additive. *Science Direct*, 6. Hämtat från: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.126>
- Knuz, J. a. (2007). *Stanford University*. Hämtat från Values from VDC/BIM: <http://cife.stanford.edu/VDCsurvey.pdf>

- KPMG/Harvey Nash. (2018). *Construction/Engineering findings*. Hämtat från <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2018/09/harvey-nash-kpmg-cio-survey-2018-construction-engineering-industry-findings.pdf>
- Krish, S. (2010). A practical generative design method. *Elsevier*.
- Latham, M. (1994). *CONSTRUCTING THE TEAM*. the United Kingdom: HMSO. Hämtat från <https://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/Constructing-the-team-The-Latham-Report.pdf>
- Mahomed, S., Matta, P., Rosii, F., Theodory, S., & Pikul, P. (2020). *A new paradigm for project planning*. Hämtat från McKinsey: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/a-new-paradigm-for-project-planning>
- Manyika, J., Ramaswamy, S., Khanna, S., Sarrazin, H., Pinkus, G., Sethupathy, G., & Yaffe, A. (2015). *McKinsey Global Institute*. Hämtat från Digital America: A tale of the haves and have-mores: <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/digital-america-a-tale-of-the-haves-and-have-mores>
- McAleenan, P. (2020). Moral responsibility and action in the use of artificial intelligence in construction. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Management, Procurement and Law* <https://doi.org/10.1680/jmapl.19.00056>, ss. 166-174 .
- Penttilä, H. (2006). *ITcon*. Hämtat från DESCRIBING THE CHANGES IN ARCHITECTURAL INFORMATION Technology: https://www.itcon.org/papers/2006_29.content.02253.pdf
- Ribeirinho, M. J., Mischke, J., Strube, G., SJödin, E., Blanco, J. L., Palter, R., . . . David Rockhill, T. A. (2020). The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem. *McKinsey*.
- Rönn, M. (1991). Att återföra erfarenheter till projekteringsprocessen. *Arkitekturforskning*, s. 10.
- Sakin, M., & Kiroglu, Y. C. (2017). *3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM*.
- Salman Azhar, W. A. (2011). *ScienceDirect*. Hämtat från building information modeling for sustainable design and LEED rating analysis: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580510001482>
- SCB, S. (2022). *AM110 - Arbetskraftsundersökningarna – Tema Övertid och mertid 2005-2019*. Statistikmyndigheten SCB.
- Schultz, D. (2020). Återerövra innovationerna-Överbrygga teknikklyftan. *Built-The Bluebeam Blog*. Hämtat från <https://blog.bluebeam.com/se/technology-adoption-construction-industry/>
- Svensk verkstad. (2017). *Generativ Design vänder upp och ner på begreppet produktdesign*. Hämtat från Svensk verkstad: https://svenskverkstad.se/reportage/Generativ_Design_vander_opp_och_ner_pa_begreppet_produktdesign/6wm8

- Thydell, M. (2017). *BIM - Digitalisering av byggnadsinformation i offentliga fastighetsorganisationer*. Sveriges Kommuner och Landsting. Hämtat från: <https://skr.se/download/18.583b3b0c17e40e3038468508/1642690917793/7585-513-4.pdf>
- Wanberg, C. R., & Banas, J. T. (2000). Predictors and Outcomes of Openness to Changes in Reorganizing Workplace. *Journal of Applied Psychology*.
- Weber-Lewerenz, B. (2021). Corporate Digital Responsibility (CDR) in construction engineering-ethical guidelines for the application of digital transformation and artificial intelligence (AI) in user practice. *The Author*.
- Wikforss, Ö. (2003). *Byggandets framtidsteknologi*. Uppsala.

Bilagor

Bilaga A

Intervjufrågor

Dessa frågor ställs till alla respondenter och kan därför besvaras i text

- Inom vilken del av projekteringsprocessen är du aktiv?
- Vilken typ av projekt brukar du projektera?
 - Om olika, hur skiljer de sig åt?
- Hur ser din arbetsdag ut?
 - Vilka moment genomförs?
 - Hur fördelas din arbetstid över dessa moment?
- Hur mäter/uppskattar ni tid när ni projekterar? m2, antal ritningar eller på något annat sätt?
- Vilka digitala verktyg används på ert företag?
 - Vilka av dessa är kopplade till projekteringsskedet?
 - Hur har den ökade mängden digitaliseringen påverkat dina arbetsuppgifter?
- Hur definierar du BIM?
- Använder ni BIM?
 - Om inte, varför använder ni inte BIM?
- Hur och Varför använder ni BIM?
 - Vilka roller använder BIM?
 - Finns det något mönster i vilka som använder BIM och i vilken utsträckning?

- Vilken nytta får ni av att företag ni samarbetar med använder BIM?

Dessa frågor bygger mer på känsla och åsikt och bör därför besvaras i intervjun muntligt.

- Finns det arbetsmoment som du uppfattar som repetitiva i din arbetsroll?
 - Vilka (om några) digitala verktyg använder du under detta arbetsmoment?
 - På vilket sätt hjälper det dig utföra momentet?
- Finns det arbetsmoment som du uppfattar som kreativa/utmanande i din arbetsroll?
 - Vilka (om några) digitala moment använder du under detta arbetsmoment?
 - På vilket sätt hjälper det dig utföra momentet?
- I vilka moment hade du behövt/ haft nytta av mer tid?
- Hur ser du på erfarenhetsöverföring?
 - På vilka sätt jobbar ni med erfarenhetsöverföring internt?
 - Hur ser ni på att dela erfarenhetsöverföringen externt (exempelvis via en programvara)?
- Vilka funktioner önskar du hos ett digitalt verktyg?
- Vilka digitala verktyg har du positiv erfarenhet av?
 - Vilka funktioner var det som du uppskattade?
 - Hade verktyget funktioner som inte andra verktyg har? (vilka)
- Vad har du för uppfattning av generativ design?
- Inom vilka moment i din arbetsroll hade generativ design kunnat appliceras?
- Vilken är din spontana känsla inför att AI kan ta över vissa arbetsuppgifter?
 - Vilka utmaningar ser du med det?
 - Vilka möjligheter ser du med det?

Bilaga B

Tema	Tematisering	Återfinns i intervju:
Digitalisering	DIG1	1, 2, 3, 4, 5
Kontrakt (tim/fastpris)	KON1	1, 3, 4, 5
Hinder	HIN1	1, 2, 3, 4
Erfarenhetsåterföring	ERF1	1, 2, 3, 4, 5
AI	AI1	1, 2, 3, 4
BIM	BIM1	1, 2, 3, 4, 5
Projekteringsprocess	PRO1	1, 2, 3, 5
Moment med möjlig tidsbesparing	MMT1	1, 2, 4, 5
Generativ Design	GEN1	1, 3, 4
Unikt Byggande	UB1	1, 2, 3, 4, 5
Tid	TID1	2, 3, 4, 5
Verktyg (digitala)	VER1	1, 2, 3, 4, 5
Användarvänlighet	ANV1	1, 2, 4, 5,
Miljö/hållbarhet	MIL1	1, 2

