

Digitalisering av lågspänningsentreprenader i produktionskedet

- En kravanalys för främjande av digitalisering

Examensarbete i Byggproduktion
Lunds Tekniska Högskola

Gustav Bergström & Jesper Magnusson

© copyright Gustav Bergström
och Jesper Magnusson

Sammanfattning

- Titel:** Digitalisering av lågspänningsentreprenader i produktionsskedet
- Författare:** Gustav Bergström, Jesper Magnusson
- Handledare:** Radhlinah Aulin, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola
- Björn Dahlström, Eitech Electro AB
- Sead Behlic, Assemblin El AB
- Examinator:** Anne Landin, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola
- Problemställning:**
- Hur kan elinstallatören arbeta med BIM och digitalisering i produktionsskedet?
 - Hur fungerar digitalisering i praktiken mellan installatör och projektör?
 - Vilka krav måste elentreprenader ställa på modellen för att effektivisera digitalisering av projekt?
- Syfte:** Syftet med denna rapport är att undersöka vilka krav på information som krävs i samband med att implementera BIM i produktionsskedet inom elentreprenader, samt att beskriva implementeringen av BIM i produktionsskedet för densamma.
- Metod:** En deduktiv ansats i form av en litteraturstudie ligger till grund för den empiriska insamlingen av data.
- Denna studie genomförs med en kvalitativ metod där intervjuer av sju personer på projektet European Spallation Source, ESS, i Lund som ligger till grund för resultatet. Respondenterna är från Skanska Sverige AB, Skanska UK och Assemblin Installation AB.

Slutsats:

För att projektet ska vara komplett digitaliserat måste mycket av den allokerade projekttiden läggas i början av projektet, vid projektstart, programskede och projektering. Detta leder sedan till en naturlig fortsättning till ett digitalt arbete i produktionstiden. Elinstallatören kan även använda många olika datorprogram för att digitalisera sitt arbete, både i en totalentreprenad men även i en utförandeentreprenad. Om det har tagits fram en objektbaserad 3D-modell i förarbetet kan program som Revit eller Solibri Model Checker användas för att undersöka och visualisera modellen för att få en snabb överblick över vad som ska produceras och även för att identifiera problem eller kollisioner innan de uppstår i verkligheten.

Övergången från projekteringskedet till produktionsskedet sker idag med hjälp av 2D-ritningar samt en 3D-modell. 3D-modellen är en biprodukt och inte en stämplad bygghandling. Detta medför att BIM inte har implementerats i full potential. Mängdning görs förhand på 2D-ritningen istället för att mängda av från 3D-modellen. Detta för att modellen inte är komplett projekterad.

För att få ett mer effektivt arbete måste en komplett objektbaserad 3D-modell levereras av projektören. För att komplettera modellen måste den ritas i program som stödjer alla eltekniska funktioner användas. AutoCAD med MagiCAD är att föredra i dagsläget. Detta då Revit inte är anpassat för den svenska marknaden i dagsläget. Minst en gång i veckan ska installatören och projektören sitta ner och gå igenom ev. ändringar eller annat som på något sätt påverkar modellen och sedan implementera det i modellen. Modellen måste även vara stämplad som bygghandling. Viktigt är att samtliga discipliner arbetar i BIM modellen för att visualisera den färdiga produkten och även för att upptäcka krockar mellan de olika disciplinerna.

Elentreprenaden ska ta fram en BIM manual som sedan ska projekthanteras när ett nytt projekt startas upp. BIM manualen ska innehålla en kravspecifikation på hur entreprenören vill att projektören ska konstruera elanläggningen. Kraven måste anpassas efter projektets behov. Denna manualen ska sedan uppdateras kontinuerligt när det sker ändrings-, tilläggs- eller avgående arbete.

Nyckelord: BIM, Digitalisering, Utveckling, Produktionskedet, Installatör, Elentreprenad.

Abstract

- Titel:** Digitalization of low voltage contractor at the production stage
- Author:** Gustav Bergström, Jesper Magnusson
- Supervisors:** Radhlinah Aulin, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola
Björn Dahlström, Eitech Electro AB
Sead Behlic, Assemblin EI AB
- Examiner:** Anne Landin, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola
- Problem:**
- How can the electrical contractor implement BIM and digitalization at the production phase?
 - How does the digitizing work between the installer and the design in reality?
 - What demands must the electrical contractor place on the model to streamline the digitization of the project?
- Purpose:** The purpose of this report is to investigate the requirements on information required for implementing BIM in the production phase of electrical contracts, and to describe the implementation of BIM in the production phase for the same.
- Method:** A deductive approach has in form of an literature study lies as basis for collection of empirical data.
- This study is conducted with a qualitative method in which interviews of seven people from the project European Spallation Source, ESS, in Lund lies as basis for the result. Respondents are from Skanska Sweden AB, Skanska UK and Assemblin Installation AB.

Conclusion:

In order for the project to be fully digitized, much of the allocated project time has to be added at the beginning of the project, at project start, program phase and design. This then leads to a natural continuation of digital work in production. The contractor can also use a variety of computer programs to digitize the work, both in a turnkey contract and in a design plant. If an object-based 3D model has been developed in the process, programs such as Revit or Solibri Model Checker can be used to investigate and visualize the model to get a quick overview of what to produce and also to identify problems or collisions before they occur in reality.

The transition from the design phase to the production stage is today using 2D drawings and a 3D model. The 3D model is a by-product and not stamped for construction. This means that BIM has not been implemented in its full potential. Quantifying is done in advance on the 2D drawing, rather than quantifying from the 3D model. This because the model is not complete specified.

To get more efficient work, a complete object-based 3D model must be delivered by the design. To complete the model, it must be drawn in programs that support all electrical features used. AutoCAD with MagiCAD is preferred today. This is because Revit is not adapted to the swedish market at the present. At least once a week, the installer and the designer should sit down and go through the changes or anything else that affect the model and then implement it in the model. The model must also be stamped as approved for construction. It is important that all disciplines work with the BIM model to visualize the finished product and also to detect collisions between the various disciplines.

The electrical contractor should develop a BIM manual that will then be tailor-made to adept to the project when a new project is started. The BIM manual should contain a specification of how the contractor wants the designer to design the electrical plant. Requirements must be adapted to the needs of the project. This manual should then be updated continuously when there are changes, additional or outgoing work.

Keywords:

BIM, Digitalization, Development, Production, Installer, Electrical contractor.

Förord

Detta examensarbete har genomförts under våren 2017. Vårt arbete är på 22,5 hp och är det sista vi gör på vår utbildning, Högscoleingenjör med arkitektur på Lunds Tekniska Högskola.

Vi vill tacka vår handledare Radhlinah Aulin, LTH och våra handledare Björn Dahlström, Eitech Electro och Sead Behlic, Assemblin EL. Vi vill även rikta ett stort tack till alla som ställt upp på intervjuer.

Vi vill även tacka Magnus Leonardsson för all hjälp vi fått för att initiera arbetet.

Lund, 25 maj 2017

Gustav Bergström

Jesper Magnusson

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Abstract	6
Förord	8
1 Introduktion.....	13
1.1 Bakgrund	13
1.2 Syfte och frågeställning	14
1.2.1 Syfte	14
1.2.2 Frågeställningar.....	14
1.3 Mål.....	14
1.4 Avgränsningar	14
1.5 Begrepp och definitioner	15
1.5.1 Begrepp	15
1.5.2 Förkortningar	15
1.6 Disposition	16
2.0 Metod	17
2.1 Tillvägagångssätt	17
2.2 Litteraturstudie.....	17
2.3 Fallstudie	18
2.4 Intervju.....	18
2.4.1 Val av intervjumetod.....	18
2.4.2 Val av respondenter	18
2.4.3 Intervjumetodik.....	19
2.4.4 Struktureringsgrad.....	19
2.4.5 Analys av intervjuer	20
2.5 Reliabilitet	20
2.6 Validitet	20
3 Teori	21
3.1 Vad är BIM?	21
3.1.1 Den digitaliserande historien i byggbranschen	21
3.1.2 BIM som modell	22
3.1.3 BIM som arbetssätt	24
3.2 Hur används BIM i dagsläget	25
3.3 Skillnader med BIM mellan entreprenadformer.....	28
3.3.1 Totalentreprenad	28

3.3.2 Utförandeentreprenad	28
3.3.3 Construction Management	29
3.4 Förklaring av program tillhörande arbetet.....	29
3.4.1 AutoCAD	29
3.4.2 Revit.....	29
3.4.3 MagiCAD.....	30
3.4.4 ElWind	30
3.4.5 Solibri Model Checker	31
3.5 Byggprocessen.....	31
3.5.1 Projektstart	31
3.5.2 Programskede.....	31
3.5.3 Projektering.....	32
3.5.4 Upphandling av entreprenörer	33
3.5.5 Byggproduktion	33
3.5.6 Förvaltning	34
3.6 Elinstallationer och BIM	34
4 Empiri och resultat	36
4.1 Mål.....	36
4.2 Bakgrund	36
4.3 Utformning av resultat.....	38
4.4 Program	38
4.5 Utveckling	38
4.5.1 Utvecklingen i branschen.....	38
4.5.2 Utvecklingen i det personliga arbetet	39
4.5.3 Utvecklingen inom BIM	40
4.6 BIM.....	41
4.6.1 Förutsättningar och krav	42
4.6.2 Ekonomi med BIM	42
5 Analys och diskussion	44
5.1 Program	44
5.2 Utvecklingen av branschen.....	45
5.3 Utveckling av det personliga arbetet	46
5.4 Utvecklingen inom BIM.....	46
5.5 Krav och förutsättningar	47
5.6 Ekonomi med BIM	48

6 Slutsats, framtida studier och metodkritik.....	49
6.1 Slutsats.....	49
6.2 Framtida studier.....	50
6.3 Metodkritik.....	50
Referenser.....	51
Bilagor.....	54

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Tekniken utvecklas hela tiden i dagens samhälle. Inte minst inom byggbranschen där lösningar ständigt pressas mot mer komplexa utföranden. Att företag tävlar om att pressa ner produktionstider och viljan att kunna bygga snabbast och billigast är ingen hemlighet (Eckerberg, 2016). Detta medför en stor satsning på teknik inom företag, vars syfte är att utveckla kunskap som möjliggör att hävda sig i branschen (Eckerberg, 2016). Ett resultat av denna ständiga tävling är Building Information Model (BIM). BIM innebär att med hjälp av en digital modell kunna utföra tester och granskningar mellan olika discipliner för att säkerställa att så få problem som möjligt sker ute på arbetsplatsen. Detta är den generella uppfattningen av BIM, men BIM innefattar mycket mer vilket beskrivs under kapitel 3 (Eastman et al., 2011).

För att övergå från 3D-modell till en BIM modell ska hela modellen vara utrustad med mer än bara plushöjder och positionsangivelser. Den ska även innehålla teknisk information ner på komponentnivå. Med detta menas att en dörr inte bara ska vara streck på x-, y- och z-axeln utan ska vara en dörr med information kring fabrikat, material och färgkod samt pris, monterings- och miljöklassificering kan åskådliggöras (Autodesk, 2017 A). All den informationen som är relevant för att kunna styra upp ett modernt projekt genom att använda modellen kan då åskådliggöras. Därför står BIM även för Building Information Modelling, vilket är ett sätt att arbeta inom projektstyrning genom hela byggnadsprocessen. Med hjälp utav modellen kan mängdning, kalkylunderlag, tidplaner, ekonomiska prognoser, byggnadshandlingar och relationsunderlag fås fram för att användas under förvaltning och hela vägen fram till rivningsarbete (Autodesk, 2017 A).

Installationsbranschen bygger på en yrkeskunskap, att det arbetas på samma sätt som det alltid har gjort. Vägen till projektledare går undantagslöst via en yrkesarbetarbakgrund. Detta innebär att den kunskap som krävs för att arbeta med BIM som verktyg inte har följt med i utvecklingen (Larsson, 2016). Då ett installationsarbete alltid kommer i andra skedet, blir installationsbranschen beroende av det arbetet som arkitekt och konstruktör upprättar. Detta medför att arbetssättets standard sätts innan installationsentreprenaden är upphandlad. Eftersom byggbranschen länge har utvecklat sina kunskaper inom digitalisering och BIM, har detta system redan implementerats och då blir installatören tvungen att applicera samma arbetssätt i sitt projekt. Det kan då uppstå ett glapp mellan byggnadsentreprenören och installatören eftersom byggnadsentreprenader har kunskaper inom digitalisering och BIM som installatören eventuellt inte besitter (Skanska, 2016; Eckerberg, 2016).

1.2 Syfte och frågeställning

1.2.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att undersöka vilka krav på information som krävs i samband med att implementera BIM i produktionsskedet inom elentreprenader, samt att beskriva implementeringen av BIM i produktionsskedet för densamma.

1.2.2 Frågeställningar

- Hur kan elinstallatören arbeta med BIM och digitalisering i produktionsskedet?
- Hur fungerar digitalisering i praktiken mellan installatör och projektör?
- Vilka krav måste elentreprenader ställa på modellen för att effektivisera digitalisering av projekt?

1.3 Mål

Målet med detta examensarbete är att analysera och undersöka dagens brister och svårigheter med BIM, särskilt under produktionen. Vidare undersöks vilka krav som ska hjälpa projekt att effektivisera sitt arbete med BIM. Kraven kommer beröra modellen, arbetssättet och eventuellt andra områden. Syftet är att exempelvis en projektör kan ställa krav mot en beställare eller att en underentreprenör ställer krav mot en entreprenör. Detta för att underlätta arbetet, effektiviseringen och eventuellt kommunikationen för de delaktiga i projektet.

1.4 Avgränsningar

Rapporten innefattar användningen av BIM som metod i produktionsskedet med avgränsningen att användas inom installationsbranschen och mer specifikt inom lågspänningstreprenaden. Rapporten innefattar inte BIM i förvaltningsskedet, anbudsskedet samt BIM som metod i produktionsskedet för övriga discipliner än ovanstående.

Vidare kommer följande parametrar att undersökas:

Modell användning för att ta fram underlag för produktionskalkyl samt hur denna sedan kopplas vidare mot tidplan, resursplan och inköpsplan.

I rapporten kommer även fokus ligga på det flöde av datautbyte som sker mellan de olika styrmedlen.

Definitionen av BIM har i det här arbetet begränsats till den definition som beskrivs av Eastman et al. (2011). Valet av definitionen är gjord på grund av att den appliceras bäst i detta arbetsstruktur samt är mest komplett. Andra definitioner av BIM är Granroth (2011) och Garber (2014). Dessa tillämpas ej i detta arbete.

1.5 Begrepp och definitioner

Här beskrivs vanliga begrepp och förkortningar i studien och dess innebörd.

1.5.1 Begrepp

Kollisionskontroll	Kontroll av handlingar ifall objekt krockar med varandra.
Egenkontroll	Kontroll att eget arbete har utförts korrekt.
Visualisering	Synonym till att föreställa sig och synliggöra.
Databas	Central bas för fil- och dokumenthantering som är öppen för fler än en person.
Beställare	Uppdragsgivare enligt förfrågningsunderlaget.
Mängdning	Beräkning av mängder som måste göras för upprättning av kalkyl.
Disciplin	Gren alternativt område inom företaget.

1.5.2 Förkortningar

BIM	Building Information Modelling
CAD	Computer Aided Design
AEC	Architecture Engineering Construction
IFC	Industrial Foundation Classes
AB	Allmänna bestämmelser
ABT	Allmänna bestämmelser för totalentreprenad
ESS	Företagsnamn samt byggarbetsplats med namnet European Spallation Source
BAS-U	Byggarbetsmiljösamordnare i utförandeskedet
BAS-P	Byggarbetsmiljösamordnare i projekteringskedet
2D	Två dimensioner
3D	Tre dimensioner

1.6 Disposition

Examensarbetets upplägg ser följande ut:

Kapitel 1	Inledning. Beskrivning av arbetets bakgrund, syfte, frågeställningar, mål, avgränsningar.
Kapitel 2	Metod. Beskrivning av arbetets tillvägagångssätt och metoderna för utredningarna.
Kapitel 3	Teori. Grunden för arbetet och resultatet, teorin.
Kapitel 4	Empiri. Redovisning av resultat från intervjuer.
Kapitel 5	Analys och diskussion. Redovisning av resultat av intervjuer samt teori.
Kapitel 6	Slutsats. Arbetets frågeställningar besvaras.
Kapitel 7	Källhänvisning. Källor som ligger till grund för arbetet.
Kapitel 8	Bilagor. Intervjumall.

2.0 Metod

2.1 Tillvägagångssätt

En litteraturstudie ska utföras i examensarbetets inledning. Denna litteraturstudie kommer ge en teoretisk grund för framtida vidareutveckling av arbetet. Hädanefter ska sju intervjuer genomföras av kvalitativ karaktär, vilket kommer ge djup och förhoppningsvis bred kunskap. Respondenterna som kommer tillfrågas för intervjun ska önskningsvärt inte besitta samma arbetsroller, utan ha olika roller i samma arbetsområde. Syftet med intervjuerna är att tillförskaffa djupare kunskap inom specifika problemområden men även kontrollera om och hur litteraturstudiens teori fungerar i praktiken.

Data insamlad från både empiri och litteratur kommer ligga till grund för arbetets analys och resultat. Efter detta kommer även författarnas egna åsikter tas upp i metodkritik samt i slutsatsen.

2.2 Litteraturstudie

Enligt Merriam (1998) kan man enkelt hitta en stor mängd information med flertalet olika vinklar på det ämne man söker. Hon menar även på att all upphittad information bör beaktas med ett källkritiskt öga då författarens kunskap inom området är okänt. Författarens kunskap kan man verifiera genom att hitta andra författare som citerar den andres egna verk, eller att dennes information hittas i andra författares verk. Merriam (1994) förklarar även tidigare att när en ny forskning påbörjas bör man iaktta äldre forskningsresultat inom det området. Forskare som inte har kunskap om detta riskerar att begå misstag som andra redan gjort, eller forska på ett ämne där resultatet redan finns. Forskning ska förnya och vidga kunskaper och detta kräver en grundlig förundersökning av litteraturen.

Enligt Forsberg och Wengström (2008) ska en litteraturstudie vara metodiskt sökt, analytiskt granskad och ställa samman litteratur, vilket ligger till grund för denna studie.

Litteraturen i detta arbete består av vetenskapliga artiklar och böcker som har hittats både via sökmotorn Google, men även utlånade av biblioteket. Böcker som hittas via sökmotorn Google hittas med sökorden BIM, Revit, MagiCAD, Solibri, AutoCAD, Autodesk och ElWind.

I detta arbete väljs att arbeta med litteraturstudie med tanke på det undersökningsområde som arbetet berör. Det är ett mycket tekniskt område som ständigt utvecklas. Litteraturstudien är särskilt bra med tanke på områdets bredd. Litteraturstudien ger oss en bra grund, vilket behövs längre fram i examensarbetets gång. Med tanke på den stora utveckling som skett i detta området krävs ett så kallat källkritiskt öga.

2.3 Fallstudie

Fallstudier ligger till grund till mycket för hur detta arbetet har skapats. Enligt Yin (2007) är fallstudier en rekommendation då ens personliga kontroll över händelseförloppet i situationen som ska granskas är minimal.

En fallstudie kan antingen baseras på en kvalitativ- eller kvantitativ grund. Den kvantitativa grunden syftar på inhämtning av statistisk information, gärna i form av siffror medan den kvalitativa grunden syftar på helhetsbilden kring dilemman då uppdragstagaren vill tillförsäkra sig en klar bild av händelseförloppet, detta genom intervjuer, observationer och tester. Kombination mellan dessa tre är gynnsamt för arbetet (Stukát, 2012; Merriam, 2010).

Vi väljer den kvalitativa fallstudien eftersom arbetet ska ha en djupare förståelse för helhetsbilden av problemområdet. Fallstudien kommer vara lokaliserad på ett projekt. Enligt Patel och Davidson (2003) kan en studie innebära bland annat en organisation men även en individ eller en grupp av individer.

2.4 Intervju

2.4.1 Val av intervjumetod

Före intervjuerna måste val av intervjumetod bestämmas, om det ska vara en kvalitativ- eller kvantitativ metod. Dessa metoders funktionella värde beror på situationen. En kvantitativ metod ger en kvalitativ avspegling på undersökningsfrågorna med hjälp av ett stort antal intervjupersoner medan den kvalitativa metoden kan ge rikligt med information om svåra och djupa undersökningsfrågor med få antal intervjupersoner (Holme & Solvang, 1991).

Den kvalitativa metoden har valts med hänsyn till den information som behövs till arbetet. Valet av den kvalitativa metoden är inte bara för svårigheterna att tillförsäkra intervjupersoner med färdigheter och kunskaper om detta ämne som få personer besitter, utan att informationen som behövs är djupgående.

2.4.2 Val av respondenter

Den kvalitativa metoden ger rikligt med information på få intervjupersoner. På grund av detta krävs att valet av intervjupersoner sker omsorgsfullt för maximal och korrekt tillförsäkring av information. Intervjupersonerna som är tillgängliga för detta arbetet befinner sig i företagen Skanska, Assemblin och Skanska ESS Construction (SEC), där flertalet utav dem arbetar på byggarbetsplatsen ESS. Med tanke på den djupgående men samtidigt breda information som arbetet behöver kommer sju personer med olika arbetsroller tillfrågas. De tillfrågade arbetar antingen under projekteringen eller produktionen.

2.4.3 Intervjumetodik

Utformningen på intervjuerna kan ske på flera olika sätt. Begreppet djupintervju är det vanligaste. Huruvida begreppet menar att intervjun har skett på ett personligt och "djupt" sätt eller att intervjuaren har varit djup i sina frågeställningar är svårt att förutse. Enligt Annika Lantz ska utformningen av intervjun beskrivas annorlunda med till exempel skillnader i struktureringsgrad (Lantz, 2007). Intervjuns frågor bör undvika ord som är oklara frekvensord, fackuttryck, värdeladdade eller ord som möjligtvis kan uppfattas fel. Även ledande, förutsättande och långa frågor bör undvikas (Patel & Davidson, 2003).

Detta arbetets intervjumetodik kommer bli djupintervju med avsikt att de svarande ska ge ifrån sig personliga och "djupa" svar. Detta för att respondenten ska ha möjlighet att bestämma hur "djupt" svaret blir.

2.4.4 Struktureringsgrad

En intervju kan innehålla öppna men även strikta frågeställningar. Detta beror på strukturen på intervjun. I en ostrukturerad intervju innebär att ställer intervjuaren en öppen fråga som respondenten kan bemöta med ett fritt svar. I andra änden av struktureringsgraden finns strukturerad intervju. En strukturerad intervju innebär att intervjuaren ställer förutbestämda frågor där respondenten erhåller olika svarsalternativ, som Lantz (2007) skriver "*en form av intervju där intervjuaren är ett levande "frågeformulär"*" (Lantz, 2007).

De olika struktureringsgraderna på intervjuer passar i olika situationer. Struktureringsgraderna bidrar till skillnader i "svarsutrymme" (Patel & Davidson, 2003). Med den öppna ostrukturerade intervjun får den intervjuande svar utifrån personens perspektiv på frågan och utifrån personens egna referensramar. Svaren kan vara avsevärt varierande, då den intervjuande personen avgränsar och definierar frågeställningen. Svaret som tillförskaffas är därför ihopsatt i det personliga sammanhanget och svarsutrymme respondenten får är stort (Patel & Davidson, 2003; Lantz, 2007). Den ostrukturerade intervjun är synnerligen bra då det skriftliga svaret inte alltid är det kompletta svaret. Hur benämningen, tonfallet alternativt pauser i svaret avges kan även ge upplysningar till följdfrågor (Stukát, 2012).

I den strukturerade intervjun tas det personliga sammanhanget ut ur intervjun, detta via förutbestämda frågor vars innehåll redan har fördefinierats och avgränsat frågeställningen. Svarsutrymme i den strukturerade intervjun är litet och tar inte upp den svarandes tankar ur personens egna referensramar och synvinkel (Lantz, 2007; Patel & Davidson, 2003).

I detta arbete används en halvstrukturerad, även kallad semistrukturerad mall för intervjuerna. Enligt Stukát (2012) är en halvstrukturerad intervju en kombination av strukturerade och ostrukturerade frågor. Frågorna är förutbestämda som i den strukturerade intervjun dock med större svarsutrymme. Följdfrågorna är inte förutbestämda utan bestäms av svaret på första frågan alternativt responsen på svaret. Den halvstrukturerade intervjun ger alltså stort svarsutrymme med förutbestämda frågor samt bidrar till att följdfrågor enkelt kan ställas.

2.4.5 Analys av intervjuer

Intervjuerna kommer att spelas in och i efterhand transkriberas. I första skedet är intervjuernas fakta i talspråk och inte i vetenskapligt språk. Detta behöver formateras om till vetenskapligt språk och sedan koncentreras och slutligen placeras i en temagrupp. Tabell 4, kapitel 4.2 visar exempel på hur detta har utförts.

2.5 Reliabilitet

Reliabilitet tar sikte på hur tillförlitligt tillvägagångssättet i studien har genomförts. Tillförlitligheten kan rubbas av felvärden. Ett felvärde kan inneha varierande storlek och är väldigt svårt att förutspå (Patel & Davidson, 2011). Reliabiliteten är alltid svårbedömd. Studiens reliabilitet har ökat med antalet respondenter, sju stycken. Arbetsrollerna på respondenterna har varit mycket varierande, vilket även bidrar till bättre tillförlitlighet. Detta eftersom fler personer tittar med olika synvinklar på samma objekt.

Då ljudinspelningsutrustning används för intervjuerna ökar reliabiliteten. Det ger möjligheten att "återuppliva" intervjun (Patel & Davidson, 2011). Ljudinspelning skedde på samtliga intervjuer, efter att samtliga respondenter givit tillåtelse.

2.6 Validitet

Patel och Davidson (2011) menar att validitet är vetskapen om vad och hur något undersöks. Innehållsvaliditet innebär i vilken grad studien har täckt problemområdet och kan säkerhetsställas om en kunnig individ validerar och analyserar studien. Innehållsvaliditeten bedöms vara god i denna studie eftersom den har granskats av två personer på byggarbetsplatsen ESS, vilka är kunniga inom problemområdet.

3 Teori

I detta kapitel kommer BIM förklaras, samt beskriva de möjligheter som BIM medför och hur det används i dagsläget i olika entreprenadformer i byggprocessens olika skeden. Förklaringar av program kommer även tas upp. Slutligen kommer elinstallationer knytas samman med BIM.

3.1 Vad är BIM?

Enligt Eastman et al. (2011) är BIM ett nytt synsätt på konstruktion, design och förvaltning. BIM medför inte enbart ny teknologi utan även en ny process. En process som innefattar hela byggnationsförloppet samt alla inblandade aktörer. I BIM är ritningar inte bara tomma linjer, utan har komponenter inom sig som bär på detaljerad information gällande objektet. Dessa komponenter har även förståelsen och information hur relationen mellan komponenter är. Med BIM blir modellen intelligent. Detta ger upphov till nytt tillvägagångssätt hur man ritat och visualiserar byggnadsobjekt. Informationen som komponenterna besitter gör modellen smart, och kan användas i de alla sammanhangen som tillhör byggnadsprocessen. BIM är ett effektivt, tids- och kostnadssparande sätt som ändrar hur ritningar och hur byggnader ser ut.

3.1.1 Den digitaliserande historien i byggbranschen

Under fyra årtionden har datorverktyg finslipats med forskning och utveckling för att nå dagens objektbaserade programvara. Historien handlar om enskilda företag som har växt fram och utvecklat produkter i samband med datorernas pris och prestanda. Syftet med forskningen och utvecklingen var inte enbart för byggnationsbranschen men även för filmer och spel. Det första steget i historien togs av Ivan Sutherland. Sutherland skapade programmet Sketchpad år 1960. Efter detta programmet togs många små steg mot ett mer komplett program, varav nästa stora steg togs av United Computing år 1969. Syntha Vision, som programmet namngavs, ansågs av många vara det första modellbaserade programmet. Samma år skapades och såldes även det första kommersiella CAD-systemet, från Computervision till Xerox. År 1971 skapades MCS. Företagets ansågs särskilt bra för deras mekaniska CADD/CAM mjukvara. Ungefär 70% av dagens CADD/CAM koder kan spåras till MCS:s originalkoder på 70-talet. År 1979 skapades det första neutrala filformatet, IGES. Filformatet blev fort populärt (Eastman et al., 2011). Enligt Autodesk (2017 B) betyder CADD computer-aided design and drafting. Enligt Gindis (2012) betyder CAM computer-aided manufacturing.

”CAD (computer-aided design)”

(Gindis, 2012)

Nästa stora steg i branschen togs år 1973, då möjligheten att ändra och skapa solida 3D-figurer var möjlig. Dessa 3D-figurer var de första praktiska 3D-verktygen för modulering. Dessa figurer hade inte full potential från början utan forskning och utveckling ledde det framåt till att inneha större potential. Att modulera byggnader i 3D var nämligen en punkt som ej var möjliggjord. Detta var dock möjliggjort sent 70-tal alternativt tidigt 80-tal (Eastman et al., 2011). Ett stort steg i branschens utveckling var år 1982 då Autodesk grundades som senare under året släppte AutoCAD. Autodesk har en stor betydelse för hur produkternas prestanda är

idag. Efterfrågan för bättre programprestanda ökade med branschens utveckling. År 1986 introducerades MCS ANVIL-5000 på marknaden. Programmet som var ett 3D-CADD/CAM/CAE program ansågs vara det mest kraftfulla programmet under 80-talet (Eastman et al., 2011).

”CAE (Computer Aided Engineering)”

(Gindis, 2012)

Under slutet av 80-talet och framåt skapades många tillhörande verktyg till branschens alla program, men särskilt till AutoCAD. Tillhörande program öppnar fler möjligheter för programmet. År 1992 släppte Autodesk AutoCAD 12 för Windows, programmet för anses vara ett av de mest framgångsrika programmen någonsin. Under mitten av 90-talet tar Autodesk över marknaden successivt. För att visa detta hade Autodesk sålt en miljon kopior år 1994 medan nummer två och tre på marknaden hade sålt 180 000 respektive 155 000 kopior (Eastman et al., 2011). Nästa steg i utvecklingen är BIM. Vad som är BIM, hur det fungerar eller vad som särskiljer BIM kan ses under kapitel 3.1, 3.1.2 och 3.1.3. Decennier av utveckling har lett till dagens kompletta verktyg. Autodesk har varit betydande. Stor roll har även de individer och företag som utvecklade produkter innan dess tid (Eastman et al., 2011).

3.1.2 BIM som modell

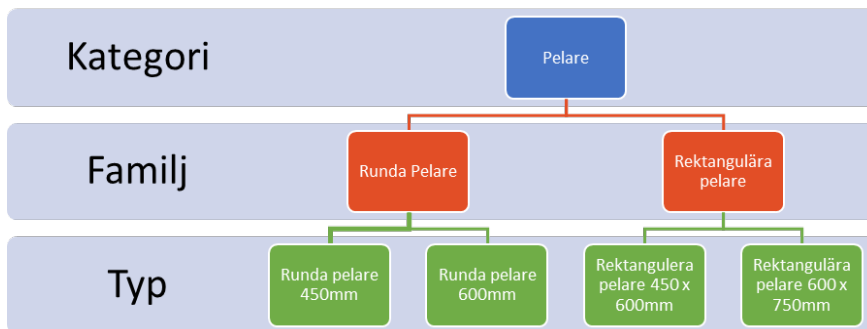
Building Information Model eller mer känt under förkortningen BIM blev först myntat år 2001 av AEC (Architecture, Engineer and Construction) industrin. Vidare beskrivs att BIM i sin begynnelse var en påbyggnad av den digitaliserade 3D-modellen som kom år 1982 (Beskrivs i kapitel 3.1.1). BIM var först tänkt att hantera “smarta” 3D-modeller i en digital miljö. För att förstå hur en “dum” 3D-modell skiljer sig mot en “smart” 3D-modell måste begreppet parametrar introduceras. En parameter i en digital miljö är en regel eller information som ska gälla för en modell eller objekt i modellen (Eastman et al., 2011). Autodesk (2017 A) delar upp huvudparametrar i kategorier:

Projektparametrar är de parametrar som styr ett projekt. En projektparameter kategorisera tillhörighet till exempel hurvida modellen är baserad på en arkitektbas eller en konstruktionsbas. En projektparameter kan också klassa objekt i kategorier (Autodesk, 2017 A). Strukturen för vad en kategori är kan ses i figur 1.

Familjparametrar är information per objektillhörighet, till exempel om en typ av dörr (familjen) placeras i en 3D-modell ska familjens standardparametrar såsom positionsangivelse, höjd, bredd och djup vara angivet innan objektet placeras i modellen. De mjuka parametrar eller **objektparameter** såsom typ, material, säkerhetsklass, färg med mera är parametrar som brukaren kan ange i efterhand på varje valt objekt i sammanhörande familj (Au, 2011). Strukturen för familjer kan ses i figur 1.

För att ange parametrar i dess huvudkategorier används enligt Au (2011) olika typer av parametrar. En textparameter är helt anpassningsbar och kan bestå av vilka tecken som helst. Denna typen av parameter kan användas för att ge ett objekt en identitet eller för att ange information i text kring objektet. En annan typ av parameter som används är heltalsparameter. Denna typen används oftast för att ange mängd av objekt. Heltalsparameter kan även anges som

nummerparameter, skillnaden mellan de två är att en nummerparameter kan vara både heltal, negativa tal och decimaltal. Dessa används för att definiera en eller flera formler för ett objekt eller familj (Au, 2011).



Figur 1. Visar den hierarkiska ordningen för Revit (Autodesk Inc., 2010).

Längdparameter, areaparameter och volymparameter anger längden, arean eller volymen på ett objekt eller standardlängden, standardarean eller standardvolymen på en familj alltså en typ av familjen, se figur 1. Samtliga av dessa storleksparametrar anges i siffror och kan anges som både heltal och decimaltal, dock ej negativa tal (Au, 2011).

För att starta ett projekt kan brukaren ange en mall eller template. I denna mallen finns redan förinställda projektparametrar som påverkar hur modellen kommer att agera utifrån hur den används. Brukaren kan använda en mallfil som brukaren tidigare har skapat eller använda en förprogrammerad mall. Om ingen mall väljs måste brukaren ange samtliga projektparametrar som brukaren vill ska gälla för modellen (Autodesk, 2017 A).

I många av CAD-aktörers program finns det flera templates eller mallar som är förprogrammerade, dock finns två som används mest och som definierar projektet. Architecture design template, arkitektdesign eller construction design template, konstruktionsdesign. Då ett projekt startas med ingångsparameter att använda modell bör Architecture design template användas då dess projektparametrar är angivna utifrån ett arkitektoniskt perspektiv. För att skapa en konstruktion bör en construction design template vara de valet brukaren använder. En annan aspekt vid val av template är att välja rätt numeriskt system till exempel om programmet ska räkna längder och areor i SI-enheter, det vill säga i meter och millimeter eller om programmet ska räkna i foot och inches (Autodesk, 2017 A).

Skillnaden mellan en "dum" 3D-modell och en objektbaserad "smart" 3D-modell är således att med hjälp av parametrar öppnas möjligheten att en objektbaserad 3D-modell att utbyta information mellan disciplinerna. Att snabbt kunna mängda modellen för att identifiera antalet objekt av samma typ, till exempel antalet av en viss typ fönster eller en viss typ av dörr. En "dum" 3D-modell kan alltså endast användas för visualisering medan en "smart" objektbaserad

3D-modell används som arbetsverktyg och datautbyte mellan programvaror (Eastman et al., 2011).

För att datautbytet mellan program ska vara möjligt måste ett öppet filformat användas. I regel används filformatet IFC, Industry Foundation Classes som filformat för dataöverföring. IFC är ett neutralt och öppet filformat som inte är knutet till någon speciell CAD-aktör eller annan leverantör av programvaror. Filformatet används för att lättare kunna överföra information mellan olika programvaror och för att förhindra inkompatibilitet (Eastman et al., 2011).

IFC har tagits fram av BuildingSMART som en vidareutveckling av Autodesk's initiativ att år 1994 utveckla ett övergripande filformat ur dataspråket C++. Detta ledde till att tolv amerikanska företag bildade ett konsortium med Autodesk i spetsen, som döptes till Industry Alliance for Interoperability. Det eftersom fler företag från olika länder gick med i organisationen döptes sedermera om till International Alliance for Interoperability. Detta ideella konsortium hade som uppgift att marknadsföra det nya filformatet IFC under början av 2000-talet. År 2005 döptes organisationen om ytterligare en gång till BuildingSMART som fortfarande är den drivande kraften i frågan kring IFC (Eastman et al., 2011).

3.1.3 BIM som arbetssätt

När arbetssättet BIM används som metod för ett projekt ska enligt Eastman et al. (2011) en 3D-modellen vara en central bit av projektet. När modellen är redo kan dataöverföring till andra program ske. Först bör en produktionskalkyl upprättas vilket kan göras med hjälp av modellen.

Enligt Eastman et al. (2011) kan objekt som tagits fram i modellen användas genom att föra över dem i ett kalkylprogram så slipper kalkylatorn prissätta varje komponent för sig utan bör endast lägga ett påslag, ett entreprenörsarvode. Kalkylen integreras då med modellen och modellen i sin tur är redan beklädd med ett recept, till varje komponent, vilket gör att de blir enkelt att se vilka objekt som är kopplade mot de olika komponenterna. Enligt Eastman et al. (2011) är modellen utformad efter kalkylatorns behov, eftersom det redan finns mängdning i modellen innan kalkylatorn får den. Detta medför att kalkylatorn slipper arbeta med mängdning vilket i sin tur ger mer lönsamhet i produktionen.

När kalkylen är gjort bör en tidplan upprättas. Om en BIM modell är uppdaterad med tider, eller om modellen har blivit tidsatt från start kan modellen användas för att bygga upp en tidplan i till exempel ett tidplansprogram (Eastman et al., 2011). För att tidsätta en tidplan kan en ackordtidlista, ATL användas. Detta för att enkelt kunna tidsätta objekten i en modell. Genom att tidsätta modellen kan även en resursplan utvinnas från modellen. Detta hänger ihop med tidplanen. Genom att konstruktören anger hur lång tid ett objekt tar att montera/bygga på en YA/arbetstimme kan alltså modellen räkna fram vad objektet skulle ta att bygga/montera på två YA/arbetstimme och därefter kan en resursplanering konstrueras (Eastman et al., 2011).

Efter att produktionskalkylen och tidplanen har skapats kan en inköpsplan tas fram. Inköpsplanen kopplas mot tidplanen för att leveranser ska koordineras så komponenter och annat material samt underentreprenader finns på plats när de ska användas. Istället för att projektledaren ska studera tidplanen för att skapa en inköpsplan kan alltså modellen skapa den automatiskt (Eastman et al., 2011).

3.2 Hur används BIM i dagsläget

Möjligheterna att använda BIM till nästintill allt från projektering till förvaltning är självklara. Projekt och företag världen över använder inte BIM till sin fulla potential utan enbart till ett begränsat område. Detta kan bero på flera olika saker, till exempel om projekten eller företagen ens behöver BIM:s fulla potential, har tillräcklig kunskap inom BIM alternativt om de har resurserna att använda detta hjälpmedel. Eastman et al. (2011) har undersökt hur stor del av BIM som använts. Detta har skribenten Eastman undersökt genom analyserat tio projekt där BIM har använts och där BIM har varit en betydelsefull roll. Sex av dessa tio projekt har använt BIM för första gången. Projekten var varierande, allt ifrån en bro till en arena. Projekten visar skillnader i hur BIM används men visar även uppskattning av varierande delar inom byggnationsprocessen. Se tabell 1. Projekten pågick under tiden då boken BIM Handbook skrevs, alltså något år innan 2011 då boken släppts.

Tabell 1. Visar de tio projekten och deras användning av BIM i olika skeden (Eastman et al., 2011 s.392).

FEASIBILITY	CONCEPT DEVELOPMENT	DESIGN DEVELOPMENT	DESIGN DOCUMENTS	PRE CONSTRUCTION	CONSTRUCTION	OPERATION
	9.1 Aviva Stadium, Dublin, Ireland					
			9.2 Marriott Hotel Renovation, Portland			
	9.3 Sutter Medical Center, Castro Valley, CA					
		9.4 Maryland General Hospital, Baltimore, MD				
		9.5 Crusell Bridge, Helsinki, Finland				
	9.6 100 11th Ave., New York City, NY					
		9.7 Onel Island East Project, Hong Kong				
		9.8 Music Center, Helsinki, Finland				
		9.9 Hillwood Commercial Project, Dallas, Texas				
	9.10 Coast Guard					

Enligt Eastman et al. (2011) hade inte ett enda projekt hade insett majoriteten av alla potentiella fördelar som BIM ger, även om alla möjligheter kanske inte är identifierade i dagsläget. Projekten använde BIM i den riktning som gav dem mest vinning. Gemensamt

för alla projekt var att de under resans gång mötte svårigheter med BIM vilket genererade mer kunskap och erfarenheter i slutändan.

De tio projekten använde BIM under olika skeden av byggnadsprocessen, med det krävdes olika nyttor av BIM. Av de tio projekten hade enbart två använt BIM under hela produktionstiden. I tre av återstående åtta projekt användes BIM vid begynnelsen av produktionen men upphörde användningen innan slutdatumet. Ett projekt använde inte BIM vid begynnelsen av produktionen däremot användes det vid slutet av produktionen. Återstående fyra projekt använde inte BIM under produktionen utan enbart under tidigare skeden för projekterings syften (Eastman et al., 2011).

Tabell 2. Visar BIM Handbooks checklista med tillhörande projekt samt vilka punkter som klarlades (Eastman et al., 2011 s.393–394).

Project Phase	Benefits	Aviva Stadium	Marriott Hotel Renovation	Sutter Medical Center	Maryland General Hospital	Crusell Bridge	100 11th Avenue NYC	One Island East Office Tower	Music Center	Hillwood Commercial Project	Coast Guard
Feasibility study (Chapter 4)	Support for project scoping, cost estimation	•		•						•	•
Concept design (Chapters 4 and 5)	Scenario planning	•		•					•	•	•
	Early and accurate visualizations	•	•	•			•		•		
	Optimize energy efficiency and sustainability										
Integrated Design/	Automatic	•	•	•		•	•	•	•		•
	Enhanced building performance and quality	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Checks against design intent			•		•			•	•	•
	Accurate and consistent drawing sets	•	•	•		•	•	•	•	•	•
Construction execution/ coordination (Chapters 6 and 7)	Earlier collaboration of multiple design disciplines		•	•		•	•		•	•	•
	Synchronize design and construction planning	•	•	•		•	•	•	•		
	Discover errors before construction (clash detection)		•	•		•		•	•		
	Drive fabrication and greater use of prefabricated components	•	•	•		•	•				
	Support lean construction techniques		•	•	•	•					
	Coordinate/ synchronize procurement		•	•	•	•	•				
Facility operation (Chapter 4)	Lifecycle benefits regarding operating costs		•		•			•			
	Lifecycle benefits regarding maintenance				•					•	

De två projekt där BIM användes under hela produktionen var ett hotell i Oregon, USA och en bro i Helsingfors, Finland. I Finland var alla aktörer delaktiga, däremot i USA var inte beställaren delaktig. Med samtliga aktörer menas beställare, arkitekt, ingenjörer, entreprenör, underentreprenörer/leverantörer och slutkund. De använde majoriteten av BIM:s fördelar. Eastman klarlade en checklista med BIM:s alla fördelar med 16 punkter. Se tabell 2. Dessa två projekt checkade av 9 respektive 10 av dessa 16 punkter. Projekten använde till exempel inte BIM till att optimera energieffektiviteten, budgetering eller livscykelanalys med hänsyn på underhållsarbete. Projektet i Finland använde inte heller BIM till tidig och noggrann visualisering eller livscykel fördelar angående driftskostnader. För dessa projekt var det viktigt att BIM tillgodosåg deras informationsflöde som behövdes för till exempel LEED-utmärkelse, feedback inom projektering, prefabricering av tunga element men även information som var till hjälp vid konstruktionsberäkningar på ursprungligt material vid tillbyggnad. Dessa två projekt hade insett svårigheterna med BIM, däremot värderades projektens inlärning om BIM högt. Detta på grund av framtida syften, att BIM var framtiden i byggnationsbranschen och att denna inlärning ska ge stor utdelning i framtida projekt (Eastman et al., 2011).

De tre projekt som använde BIM i begynnelsen av produktionen men inte mot slutet var en arena i Dublin, Irland, ett sjukhus i Sacramento, USA och ett musikcenter i Helsingfors, Finland. Dessa tre hade alla aktörer delaktiga fränsett slutkund för projekten i Irland och i USA. De hade 8, 13 respektive 10 punkter checkade. Gemensamt hade de inte tagit hänsyn till optimering av energieffektiviteten eller livscykelanalys med hänsyn på underhållsarbete. Projekten i Irland och USA hade heller inte använt BIM till livscykelanalys med hänsyn till driftskostnader. Projekten i Irland och Finland hade gemensamt åtskilliga punkter som de inte använde BIM till. Dessa projekt uppskattade BIM under projekteringen på ett sätt som föregående två projekt inte gjorde. Till exempel uppskattade de att samarbetet mellan aktörer hade ökat avsevärt tack vare användningen av BIM med tillhörande mjukvaruprogram. Samarbetet hade ökat avsevärt tack vare samtliga aktörer i två av projekten arbetade mot en centralserver som gav aktuella ritningar. De drog slutsatsen att den höga samarbetsgraden och produktkvalitén inte hade kunnat nås för låg kostnad om det inte vore för BIM. Ett av dessa projekt såg värdet i förvaltningsskedet med BIM, att de skulle producera en komplett modell som kunde nyttjas under förvaltningsskedet (Eastman et al., 2011).

Det projektet där BIM användes från produktionens mitt till slut var ett sjukhus i Baltimore, USA. Alla aktörer fränsett arkitekt och ingenjörer var delaktiga och de använde BIM till enbart 5 av de 16 punkterna. De använde BIM till livscykelanalyser med hänsyn till underhåll och driftskostnader, koordination, medhjälp till LEAN construction och förbättrad byggnadsprestanda och kvalitet. Trots att BIM användes under kort tid under byggnationstiden ansågs BIM komma med fördelar. Den visuella förståelsen ökade mycket, för beställaren innebar den ökade förståelsen att ändringar påverkade tid och kostnad, vilket ledde till att beställaren enklare kunde ta beslut om ändringar som ledde till lägre kostnad. Arkitekten såg fördelen att designändringar ledde till ändrad byggbarhet och hur det resulterade i ändrad kostnad. Arkitekten ansåg även på att kollisionskrascher minskade i betydande utsträckning. BIM var även en stor nytta då kvalitetskontroller i form av egenkontroller skulle göras, då det skedde på ett digitaliserat sätt (Eastman et al., 2011).

Oavsett när och vad till BIM användes i dessa projekt var valet om mjukvaran kraftigt varierande, fränsett AutoCAD som merparten använde. Oavsett när BIM användes under byggnationstiden var storleken på modellen ett problem för merparten och hade svårigheter med interoperabiliteten mellan mjukvaruprogram som till exempel Revit och Tekla. Merparten såg även stor nytta av den inlärningsprocess som projekten gav, de såg framtida nyttor av detta (Eastman et al., 2011).

3.3 Skillnader med BIM mellan entreprenadformer

Byggherren har vanligtvis fyra olika sätt att organisera ett projekt, total-, generalentreprenad, delad entreprenad och construction management. De olika organisationssätten har varierande struktur inom organisationen (Nordstrand & Révai, 2011).

3.3.1 Totalentreprenad

Totalentreprenad innebär att byggherren handlar upp och sluter avtal med entreprenör för både projektering och produktion. Entreprenören kallas i detta fallet totalentreprenör. I de flesta fall är denna entreprenör en byggentreprenör men det är inte alltid fallet. För att entreprenören ska klara av detta stora åtagande behöver entreprenören upphandla konsulter och specialistföretag, även kallade underentreprenörer (Nordstrand & Révai, 2011). Underentreprenörerna upphandlas på lägsta bud basis (Eastman et al., 2011). Entreprenören står för projekteringen men har funktionskrav från beställaren som måste uppfyllas. Funktionskravet innefattar de kvaliteter byggnaden måste besitta för att antas användbar. Fördelen med denna entreprenadform är att byggnationstiden ofta är kort, eftersom produktionen kan påbörjas innan projekterings slut (Nordstrand & Révai, 2011). När produktionen börjar har totalentreprenören rättighet att utföra förändringar på modellen inom de fördefinierade gränserna. Kostnader för felaktigheter inom produktionen står även på entreprenören. Det är därför särskilt viktigt för entreprenören att produktionen fortlöper smärtfritt (Eastman et al., 2011).

Användningen av BIM som totalentreprenör underlättas av en rad fördelar. Modellen eliminerar till exempel risken för tvister i samband med att besluta vilket företag som ansvarar för eventuella felaktigheter i produktionen. Att tidigt i projekteringskedet kunna integrera delaktiga att arbeta ur samma modell är väldigt fördelaktigt. De fall då inte alla inblandade brukar BIM utan 2D eller 3D CAD används, går en stor del av BIM:s fördelar förlorat (Eastman et al., 2011).

3.3.2 Utförandeentreprenad

Utförandeentreprenad innebär att konsulter anlitas som genomför projekteringen och upprättar iordningställda bygghandlingar. Med iordningställda bygghandlingar upphandlas en eller flera entreprenörer. Inom utförandeentreprenader finns två olika strukturer, general- och delad entreprenad. Om en entreprenör upphandlas kallas det generalentreprenad, om flera entreprenörer upphandlas kallas det delad entreprenad. De entreprenörer som anlitas kallas i båda fallen sidoentreprenörer. I båda fallen upphandlar sidoentreprenörerna underentreprenörer för specialistarbeten. Både general- och delad entreprenören har utförandekrav. Detta betyder enbart att entreprenören ska uppföra byggnaden helt enligt bygghandlingarna (Nordstrand &

Révai, 2011). Innan arbetet påbörjas ska uppdaterade och kompletta ritningar finnas. Ändringar sker ofta under byggnationstiden och informationsflödet mellan inblandande aktörer är viktigt. Användningen av BIM underlättar uppdateringarna av ritningarna till relationshandlingar.

Enligt Eastman et al. (2011) underlättar BIM även informationsflödet vid till exempel ändrade materialval eller ny design, vilket leder till ökad tidseffektivitet och större förståelse. Även prefabricering av material underlättas vid bättre informationsflöde. Fabricering av material på arbetsplatsen tar längre tid samt att det även finns en risk att kvalitetsnivån inte uppfylls. Dessa problem har även de andra entreprenadformerna dock inte i samma grad. Utförandeentreprenader har flera aktörer inblandade och har historiskt sett sämre kommunikation (Eastman et al., 2011).

3.3.3 Construction Management

Construction Management eller CM betyder att byggherren får stor hjälp under byggnationstiden av en projektledare (Eastman et al., 2011; Nordstrand & Révai, 2011). Byggherren anlitar ett CM-företag. Byggherren och CM-företaget utarbetar tillsammans fram ett förslag hur byggnaden ska utformas. Därefter sker projekteringen samt en succesiv upphandling av entreprenörer. Denna organisationsform är särskilt bra då byggherren behöver en hjälpare hand (Nordstrand & Révai, 2011). Projektledaren hjälper till exempel byggherren med förberedelse, koordination vid anbud, planering och värdering av ingenjörsvetenskapen. En skillnad mellan Construction Management och utförande- samt totalentreprenad är att konstruktören har inflytande under designarbetet. Detta medför att vid eventuell kostnadsöverskridning skulle inte beställaren bära ansvaret till fullo (Eastman et al., 2011).

3.4 Förklaring av program tillhörande arbetet

3.4.1 AutoCAD

AutoCAD har länge varit ett väldigt populärt 2D ritningsprogram. AutoCAD har varit med och lett utvecklingen inom denna bransch till det den är idag (Eastman et al., 2011). I AutoCAD ritas flertalet linjer som i slutändan bildar en figur eller objekt och till skillnad från Revit innehåller dessa ritningar ingen bakomliggande information. I programmet kan inte fler än en brukare arbeta i samma ritning samtidigt. Detta eftersom det är den privata filen som arbetas mot. AutoCAD har fördelen att det är enkelt att komma igång med och att programmet är väletablerat på marknaden. Eftersom AutoCAD är väletablerat på marknaden så kan i många fall ritningar exporteras i AutoCAD:s filformat .dwg utan att behöva göra om detta filformat till exempel .ifc. Brukaren behöver enbart ha kunskap om en handfull kommandon för att komma igång, dock innehåller programmet ett väldigt stort antal kommandon som kräver lång tid av inläring för att bemästras. AutoCAD:s ritningsteknik anses vara snarlik ritningstekniken för hand, eftersom ett objekt har ritats av flertalet linjer (Gindis, 2012).

3.4.2 Revit

Revit är en central plattform inom BIM. I Revit konstrueras byggnadsverket parametriskt och virtuellt i 2D men kan ses i programmet i både 2D och 3D. Det finns flertalet olika ritningar i programmet där de alla hämtar samtlig information från den bakomliggande modellen. Vid ändring av en ritning följer denna ändringen med på samtliga ritningar, om denna inställning

inte har ändrats manuellt. Arbetet med byggnadsverket kan även ske gentemot en server, vilket möjliggör att flera personer kan arbeta i samma modell. I programmet finns dessutom flertalet hierarkiska ordningar (Autodesk Inc., 2010). För objekt kan den hierarkiska ordningen se ut som i figur 1, kapitel 3.1.2.

Detta medför att ändringar möjligtvis kan påverka flertalet objekt samtidigt. I fallet enligt figur 1 medför ändringar i kategorin (Kolumner) även ändring på objekt lägre ner i den hierarkiska kedjan. Ändringar av typen, till exempel runda kolumner 450mm berör ändringen enbart objektet som ändras. Självklart finns fler inprogrammerade egenskaper i programmet men den hierarkiska ordningen, att flertalet människor kan arbeta i samma modell och att det är parametriskt gör Revit väldigt funktionellt. Revit är populärt av denna anledning samtidigt som det är enkelt att exportera och importera information från och till programmet (Autodesk Inc., 2010).

3.4.3 MagiCAD

MagiCAD är ett kompletterande program till både AutoCAD och Revit. Här kommer MagiCAD för Revit tas upp. MagiCAD är det ledande BIM programmet inom el och VVS. MagiCAD består av fyra moduler för Revit. Modulerna är för ventilation, rörläggning, el och sprinklersystem. Dessa programmen kompletterar Revit med en vid produktdatabas, en noggrann beräkningsfunktion och slipade verktyg i ritningsteknik. I MagiCAD sker projekteringen med produkter tagna ur verkligheten. Då en produkt behövs utsätts importeras den valda produkten ur MagiCAD:s produktdatabas. Deras databas innehåller mer än en miljon produkter. Om den specifika produkten inte skulle finnas i produktdatabasen finns även plugin program som kompletterar MagiCAD med desto fler produkter. Brukaren besparar även tid på rutinarbete, eftersom programmet automatiserar arbete som görs på rutin, som till exempel att skapa eller ändra de vanligaste anslutningarna eller att göra ändringar på korsande kanaler. Beräkningsfunktionen i MagiCAD har ytterligare en fördel eftersom beräkningen sker på fysiska produkter vilket gör beräkningen mer exakt. Beräkningsfunktionen kan till exempel innefatta beräkning på ljudnivåer, tryckfall, energikonsumtion och kylningskapacitet. Programmet har även förmåga att utfärda kollisionkontroller, vilket innebär att programmet kontrollerar ifall olika system kolliderar. Med denna funktionen blir projekteringen desto bättre och säkrare eftersom missar alternativt svagheter upptäckts tidigt i projektet (MagiCAD, 2016).

3.4.4 ElWind

ElWind är ett kalkyleringsprogram som är utformat efter såväl små som stora företag. Programmet innehåller priser och eventuella rabatter på enskilda material men även recept. De enskilda materialen hämtas från de grossister som finns. I ett recept ingår flera enskilda material som bildar delar av en installation. Recept förenklar arbetet då det är mindre tidskrävande. ElWind innehåller även färdiga byggnadsdelar och kompletta installationer, så kallade modellrecept. Modellrecept förenklar arbetet desto mer. Programmet uppdateras kontinuerligt för att hindra att priser, recept och modellrecept blir föråldrade. Programmet kan även jämföra priser mellan grossister. När val av grossist valts kan även en order göras i programmet (ElWind, 2017).

3.4.5 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker är ett mjukvaruprogram som noggrant undersöker BIM-modeller gällande kvalitet, säkerhet och tillgänglighet. För 3D-projekt erbjuder programmet visualisering i form av en rundvandring i modellen, så att eventuella svagheter, brister eller framtida besvär kan upptäckas. Programmet utfärdar även kollisionskontroller, det vill säga att programmet validerar, kontrollerar och analyserar BIM-modellen från regler som antingen har förprogrammerats eller har ändrats manuellt av brukaren. Programmet kan då visa på om modellen har objekt som till exempel inte är sammansatta eller ifall objekt överlappar varandra. Kollisionskontrollerna gör att missar och felaktigheter uppdagas tidigt i projektets gång istället för att den eventuella felaktigheten skulle skapa problem under produktionen, vilket hade varit mer kostsamt och tidskrävande (Solibri Inc., 2014).

Företaget Solibri Inc. ger även ut ett gratis program, Solibri Model Viewer. Detta program besitter inte analyseringsförmågan som Solibri Model Checker. Gratisprogrammet är enbart utformat för att inspektera 3D-modeller visuellt (Solibri Inc., 2014).

3.5 Byggprocessen

För att beskriva BIM:s fördelar och nyttor i byggprocessen ska först byggprocessen förklaras. I Nordstrands bok *Byggprocessen* (2006) delas byggprocessen ner till projektstart, programskedet, projektering, upphandling av entreprenörer, byggproduktion och förvaltning.

3.5.1 Projektstart

Enligt Nordstrand (2006) ska övergripliga frågor bestämmas då ett projekt startar. Vart får man bygga? Kommunen har planmonopolet i Sverige och bestämmer vart man får bygga, detta via översiktsplaner, detaljplaner, områdesbestämmelser och bygglov. Byggnaden som ska upprättas måste passa in i kommunens detaljplan, översiktsplan och områdesbestämmelser för att projektet ska få godkänt bygglov.

Vilket behov finns för byggnadens ändamål? En förstudie görs med inriktning på behovet av byggnaden. Detta för att säkerhetsställa att behovet av byggnaden finns innan vidare utveckling av projektet. Ibland är behovet en självklarhet, däremot kan andra alternativ vara lämpliga. En verksamhet har bland annat alternativen att hyra en befintlig lokal, renovera alternativt bygga till i en befintlig lokal eller nybyggnation (Nordstrand, 2006).

Hur ska projektet organiseras? Ett byggprojekt kan organiseras på flertalet olika sätt. Beställare behöver oftast en projektledare till hjälp, eftersom svåra beslut tas längs projektets väg. Vem som väljs till projektledare reflekterar även hur projektet organiseras i hög grad. Projektet kan till exempel organiseras som en total-, mycket delad- eller utförandeentreprenad (Nordstrand, 2006). Huruvida BIM ska användas under projektets gång tas även upp under projektstarten. Om BIM beslutas att användas tillkommer BIM i nästa skede (Eastman et al., 2011).

3.5.2 Programskede

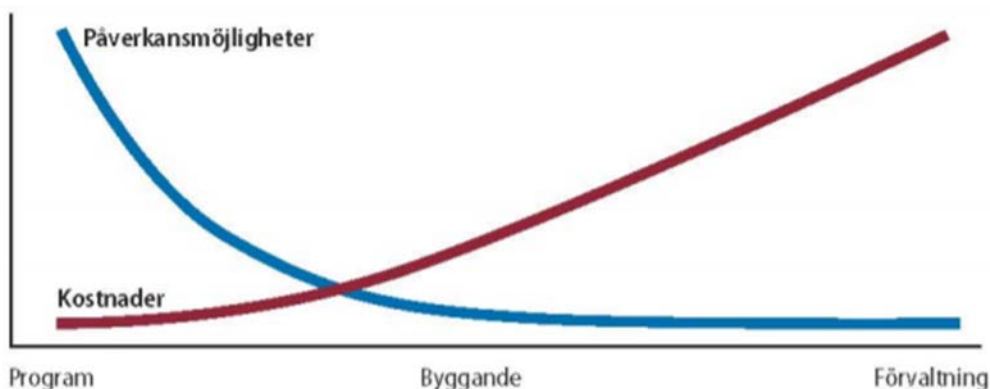
Detta skede består av både utredningar och byggnadsprogram. Syftet med programskedet är dels att utreda byggherrens exakta krav och önskemål för byggnaden och sedan utforma dessa krav och önskemål i ett dokument, så kallat byggnadsprogram. Detta görs dels för att belysa de

förutsättningar och villkor som möjligtvis kan beröra projekteringen (Nordstrand, 2006; Nordstrand & Révai, 2011).

Utredningarna av projektet bör strama åt projektets ramar med avseende på beställarens preferenser. Byggnadens verksamhetssyfte bestäms. Utformning bestäms med avseende på antal och storlek på rum med hänseende på verksamhetsytan. Möjligtvis krävs en speciell relation mellan rummen alternativt en speciell utformning på byggnaden för att bedriva verksamheten. Om lokaliseringen av byggnaden är oklar vid nybyggnation krävs även lokaliseringstudier som utreder vart byggnaden ska lokaliseras med hänsyn till verksamheten och miljöpåverkan. En preliminär och övergriplig kalkyl samt tidplan färdigställs dessutom. All denna information ifrån utredningsskedet sammanställs i byggnadsprogrammet. Sammanställningen utlöper i flertalet olika dokument som i nästa skede ges till projekteringen (Nordstrand, 2006). Enligt Eastman et al. (2011) är nyttorna med BIM under detta skedet begränsande eftersom det utförda arbetet sker övergripligt och preliminärt. BIM kan hjälpa kalkyl- och tidplanarbetet samt utformningen av byggnaden då eventuella miljömässiga krav kommer från beställaren.

3.5.3 Projektering

Projekteringen skapar den framtida byggnaden i bygghandlingar, det vill säga i ritningar och i beskrivningar. Dessa bygghandlingar är det underlag som produktionen i senare skede arbetar efter. Projektering är väldigt komplext och många misstag begås i detta skedet. Arbetet är väldigt stort och risken att arbete glöms bort längs vägen är stor (Nordstrand, 2006). Projekteringen tar enbart en liten summa av den slutgiltiga totalkostnaden. Möjligheterna för ändringar är stora samtidigt som kostnaden för ändringarna är minimala. Därför förespråkas att göra projekteringsarbetet noggrant och ambitiöst. Se figur 2 nedan för att se möjligheterna samt kostnaden för ändringar längs projektets gång (Hansson et al., 2015).



Figur 2. Visar möjlighet att påverka ändringar och kostnad för ändringar i relation med tiden (Hansson et al., 2015 s. 132).

Projekteringen kan delas in i tre delar: gestaltning, systemutformning och detaljutformning. I gestaltningen ska ett alternativ tas fram för hur byggnaden ska utformas med avseende på

funktionalitet och estetik. I detta skedet har arkitekten ansvaret. Alternativet arbetas senare ner i detalj i det så kallade systemutformningen. I systemutformningen färdigställs konstruktionen och de installationssystem som tillhör byggnaden. Konstruktionen och installationssystemen ska klara de krav och villkor som ställs på byggnaden, både från beställaren men även från de lagar och föreskrifter som finns (Nordstrand, 2006; Nordstrand & Révai, 2011).

Slutligen ska detaljer bestämmas i detaljutformningen. Detta innefattar till exempel val av material på ytskikt inomhus, fast inredning och färgval. Resultatet av detta är det slutgiltiga underlaget till produktionen och redovisas bland annat i form av ritningar och beskrivningar (Nordstrand, 2006). Enligt Eastman et al. (2011) är BIM:s möjligheter under projekteringen stora, då BIM kan användas för mycket. Nedan är ett urval fördelar skrivna då BIM används under projekteringen. Bland annat blir produktkvalitén generellt sett bättre och säkrare. Budgetering blir enklare men även säkrare då mycket kostnadsdata kan nås via BIM. Samarbetet mellan aktörer förbättras då arbetet sker mot en gemensam server som laddar upp uppdaterade dokument. BIM kommer till stor användning då byggnaden har krav på sig. Krav som kan innefatta miljömässiga krav som energi- eller materialanvändning. Konstruktionsberäkningar underlättas även av BIM eftersom modellen kan exporteras till ett konstruktionsprogram.

3.5.4 Upphandling av entreprenörer

Mängden av upphandlade entreprenörer som krävs kan variera mycket beroende på projekten. När byggnationen ska bedrivas genom en totalentreprenör behöver enbart en entreprenör upphandlas, däremot då en mycket delad entreprenör ska bedriva byggnationen behövs ett stort antal entreprenörer upphandlas (Nordstrand, 2006; Nordstrand & Révai, 2011). Däremot ser upphandlingsprocesserna snarlika ut. Processen är skriven för utförandeentreprenad. Beställaren skickar först ut förfrågningsunderlag, det vill säga ritningar, beskrivningar och administrativa föreskrifter till entreprenörer. Entreprenörerna gör sedan en beräkning på projektet vad arbetet kostar samt deras privata arvode, en så kallad anbuds-kalkyl. Entreprenörerna lämnar sedan anbud på förfrågningsunderlaget som beställaren i sin tur granskar. Då valet av entreprenör gjorts beställs de entreprenörer och kontrakt skrivs (Nordstrand, 2006). Anbudsprocessen underlättas med användningen av BIM. Detta med säkrare och mer exakta kalkylberäkningar. Förståelsen mellan parterna förbättras samtidigt som risken för missförstånd och misstag minskar då entreprenören visuellt kan se förfrågningsunderlaget (Eastman et al., 2011).

3.5.5 Byggproduktion

I detta skedet skapas den verkliga byggnaden från de bygghandlingar som har färdigställts. Det är i detta skedet misstag och brister upptäcks. Misstag och brister som inte nödvändigtvis skapas under detta skedet, utan tidigare under projekteringen. De kan leda till personskador, förseningar men även spräckning av budget (Nordstrand, 2006). Under produktionen försöker arbetet ske effektivt samtidigt som mycket material och personer är i rörelse på arbetsplatsen. Då produktionen är färdig sker en slutbesiktning och då besiktningen är godkänd sker även en överlämning (Nordstrand, 2006; Nordstrand & Révai, 2011). BIM underlättar hela produktionen, detta med digitaliserade egenkontroller, större uppfattning och förståelse för

kostnaden, arbetsplanering, bättre uppfattning och mer precisa materialinköp och materialtransporter (Eastman et al., 2011).

3.5.6 Förvaltning

Förvaltningen är den tiden då byggnaden är i bruk. Under denna tiden sker underhåll- och renoveringsarbeten (Nordstrand, 2006). Beställaren kan i detta skedet effektivisera underhållsarbeten med information från relationshandlingar samt information om den installerade utrustningen i den uppförda byggnaden. Renoveringsarbeten kan möjligtvis bli underlättade tack vare kompletta modeller som visar ingående material i byggnaden. Beställaren har även större vetskap om driftkostnaderna angående byggnaden då livscykelanalyser angående detta använts. Generellt sätt har byggnaden även en förbättrad kvalitet då BIM har använts, vilket i sin tur leder till längre livslängd och mindre arbete med till exempel underhållsarbeten (Eastman et al., 2011).

3.6 Elinstallationer och BIM

När en bostad eller byggnad ska produceras tas en elkonstruktör in i projektet. Konstruktörens uppgift är att se till att elanläggningen fungerar utifrån de krav som ställs från kund (Nästén, 1974). För att projektören ska kunna använda BIM när elkonstruktionen ska tas fram bör konstruktören förhålla sig till BIP-koder, Building Information Properties. BIP är en bas för gemensamma beteckningar, koder och egenskaper som en komponent kan tänkas ha. När basen för BIP är skapad kodas sedan dessa (Eastman et al., 2011). Enligt BIM Alliance Sweden (2014) ger detta en stor fördel för entreprenaden i produktionsskedet då de är av stor vikt att arbetet är strukturerat. Projektören ska ta fram en BIM-modell som är så produktionslik som möjligt. Tillsammans med elinstallatören ska projektören klargöra vilken information som ska vara med i modellen. Överflöd av information kan överbelasta BIM-modellen.

”Objekten bör om möjlig och praktiskt utformas så som de ska byggas/monteras”

BIM Alliance Sweden (2014).

Projektören ska efter att ha skapat elkonstruktionen överlämna en färdig bygghandling till produktionsledningen. Detta kan ske med hjälp av Native CAD-format, IFC eller en direktkopplad databas eller på annat sätt enligt kundens önskan (BIM Alliance Sweden, 2014).

När det bestämts att ett BIM projekt ska uppföras så måste samtliga discipliner enligt BIM Alliance Sweden (2014) ta fram en BIM manual. Detta är ett styrdokument för att hantera ett BIM projekt. BIM manualen för elinstallatören ska fyllas i för att klargöra vilka nyttoeffekter som installatören vill uppnå med BIM projektet. Manualen är företagsanpassad och bör innan upphandling även projektanpassas. Efter det projektanpassas den ytterligare efter överenskommelse mellan parterna. Detta görs vid ett startmöte.

I BIM manualen bör installatören tillsammans med kunden nämna hur informationshanteringen ska gå till i CAD-systemen och andra berörda system för produktionen men även för projektering och förvaltning samt hur informationsflödet ser ut mellan de olika systemen. Denna manual ska sedan följas genom hela projektet. Den ska dock anpassas stegvis när behov

uppkommer, till exempel när en ny part ansluter till projektet. Om någon part inte upprätthåller sin del av BIM manualen gentemot elinstallatören ska detta rapporteras till projektledningen och därefter ska ändringar justeras eller godkännas på ett samordningsmöte (BIM Alliance Sweden, 2014).

En projektorganisation för elinstallatören består traditionellt av en projektchef, produktionsledare, ledande montör och eventuellt biträdande projektledare/projektingenjör. I ett BIM projekt så bör även en BIM samordnare tillsättas i projektorganisationen. Dennes uppgift är att upprätta BIM manualen samt att se till att den följs. Det kan även krävas att BIM samordnaren initialt även utbildar personal i projektet vad som gäller för BIM i det specifika projektet. BIM samordnaren ska även utföra kollisionskontroller mot andra installatörsdiscipliner men även mot andra discipliner i projektet. Detta görs tillsammans med BIM samordnare för övriga discipliner (BIM Alliance Sweden, 2014).

BIM samordnaren ska enligt BIM Alliance Sweden (2014) även utforma rutiner och hantering av information samt dokument. För elinstallatören är detta en viktig uppgift då det är väldigt många komponenter som ska hanteras i form av produktdatablad, miljödatablad med mera. Vid överlämning är det viktigt att dessa dokument hamnar på rätt plats.

Vid överföring från objektmodell till kalkyl så det viktigt för elinstallatören att mängder levereras på ett korrekt sätt. Detta kan ske via en så kallad BOM-lista, Bill Of Material – lista. Detta är en manuell inmatningsmetod som saknar tydlig information om förläggningssätt, höjdläge med mera. Enligt BIM Alliance Sweden (2014) är detta inte en korrekt arbetsmetod för användning av BIM. Ett korrekt sätt att överföra denna data är via en mjukvara, till exempel Solibri Model Checker, för att snabbt kunna mängda av modellen och föra in datan i ett kalkylprogram, till exempel ElWind (BIM Alliance Sweden, 2014).

4 Empiri och resultat

4.1 Mål

Litteraturen gav teori kring digitalisering, hur det används idag samt möjligheterna med det. Målet med intervjuerna är att undersöka om digitaliseringen i branschen även är tillämpad praktiskt.

4.2 Bakgrund

I detta avsnitt förklaras respondenternas bakgrund. Sju respondenter valdes noggrant ut på en noggrant utvald byggarbetsplats. De sju respondenterna skulle för intervjuernas skull arbeta inom projektering alternativt produktionen fastän med varierande arbetsroller. Respondenterna arbetar på projektet ESS. Valet speglar dessvärre inte hela byggnationsbranschen, då det är kraftigt varierande hur projekt är digitaliserade. Respondenterna arbetar på tre olika företag Assemblin, Skanska och Skanska ESS Construction.

Respondenternas ålder är mellan 28 och 58 år. Eftersom digitalisering är nytt i samhället kan respondenternas ålder möjligtvis påverka deras svar. Detta möjliggör att svaren kan jämföras i åldersgrupper. Samtliga respondenter är män. Medelåldern är 46 år och medianåldern är 50 år, se tabell 3.

Intervjuerna har transkriberats via ljudinspelning, se tabell 4 som exempel.

Tabell 3. Visar respondenternas ålder samt arbetsroller.

Respondent	Ålder	Arbetsroll
Respondent 1	28	Installationssamordnare
Respondent 2	29	Projektingenjör
Respondent 3	49	Designkoordinator
Respondent 4	50	BIM Lead Coordinator
Respondent 5	55	MEP Lead Coordinator
Respondent 6	55	Projektledare
Respondent 7	58	Kalkylatorchef

Tabell 4. Nedan visas ett exempel på hur fakta via tre steg har framställts ur intervjuerna. Exempel taget från Respondent 2.

Mening	Kondens	Nyckelord	Tema
Om montörerna skulle bli det minsta oroliga eller nyfikna vart alla andra kommer, det är trots allt en cykel där en stannar och en börjar. Den första kanske är bra för honom hur resterande installationer kommer att se ut. Som en samordningsfråga egentligen.	Om montörer skulle haft ett mer digitalt arbetssätt kan de vid minsta orolighet kontrollera ifall de utför arbetet korrekt. Montörerna kan visualisera andra discipliners framtida arbeten.	Montörerna skulle bli det minsta oroliga eller nyfikna Alla andra kommer Samordningsfråga	Fördelar med BIM för montörer
och de olika discipliner att vara med i ett tidigt skede. Det är nån typ av en nyckel att få detta att fungera	Nyckeln till att få projektet att fungera är att samtliga discipliner ska komma in i ett tidigt skede.	Olika discipliner Tidigt skede Nyckel att få detta att fungera	Krav för BIM
Alla är ju intresserade av förenklingar och pengar sparande aktiviteter. Kan man hitta dem, identifiera dem och presentera dem är man en bra bit på vägen.	Digitaliseringen medför förenklingar och kostnadsbesparingar. Då de presenteras har utvecklingen kommit en bra bit.	Intresserade av förenklingar och pengar sparande aktiviteter. Presentera dem Bra bit på vägen	Utveckling av digitaliseringen

4.3 Utformning av resultat

De första två frågorna berörde arbetsroll och ålder, som redan har utretts. Nedan presenteras intervjustudiens resultat från fråga 3 till fråga 24. Svaren har reducerats och kategoriserats för överskådliga skäl. Resultatet är presenterat i tre teman: Program, Utveckling och BIM. Under temat Program presenteras respondenternas tycke om de program som används samt deras fördelar och nackdelar. Under temat Utveckling presenteras den digitala utveckling som lett utvecklingen till det den är idag, vad som behövs vidareutvecklas samt vad som krävs för detta. Under temat BIM presenteras de förutsättningar och krav som finns för att bedriva ett BIM projekt men även de ekonomiska perspektiven kring BIM.

4.4 Program

Även fast det finns extremt många digitala verktyg så använde sig flertalet av respondenterna av samma programvaror. De mest populära programvarorna var Navisworks, Tekla BIMsight, AutoCAD och Bluebeam Revu. Även Solibri, Revit, ElWind och OneNote användes av några. Respondenternas val av programvara var beroende på den arbetsrollen personen besatt. Även fast många program är väldigt snarlika och ger ungefär samma möjligheter, har de små vinklingar som underlättar arbetet för diverse personer och arbetsroller.

”Alla har svagheter ”

(Respondent 4)

Även fast inte alla respondenter kunde ange specifika exempel, nämnde de att alla program har svagheter. Svagheter som märks av då de arbetar i programmen. Projektingenjör (Respondent 2) önskade att samtliga skulle använda OneNote, detta för liveuppdateringar på aktuella dokument. Detta är en potentiell fördel vars fördelar inte alltid utvinns.

4.5 Utveckling

4.5.1 Utvecklingen i branschen

”Det går fruktansvärt trögt”

(Respondent 3)

Samtliga respondenter var överens att branschen kommer att bli mer digitaliserad. I dagsläget ligger byggbranschen efter i jämförelse med andra branscher, däremot sker utvecklingen kontinuerligt i dagsläget även om det går sakta. Med utvecklingen kommer även ett nytt arbetssätt implementeras, detta med till exempel snabbare information, ny ritningshantering och digitala egenkontroller. Om intresset för digitalisering i branschen är en generationsfråga kunde inte utläsas från respondenterna, då många hade varierande svar. Däremot noterades det att hos tjänstemän är intresset stort för utveckling, däremot är intresset inte densamma för yrkesarbetare. Yrkesarbetarna har generellt sett svårt att ta till sig fördelarna. Intresset kunde dock skilja sig i det enskilda fallet.

Respondenterna besvarade en fråga kring hur digitaliseringen i branschen ser ut om tio år. Även om alla inte var överens om hur långt digitaliseringen kommer att utvecklas så var de överens om vilken riktning digitaliseringen kommer ta. En menade på att det krävdes mer än tio år för att något väsentligt skulle hända, medan några menade att utvecklingen skulle gå snabbare. Riktningen som digitaliseringen kommer att ta är att 3D-modeller kommer att användas väldigt flitigt, även nästan ner på villa nivå. Det vill säga mindre projekt. Modellerna kommer även anpassas av kameror och Virtual Reality, VR, som redan finns idag men som kommer finnas i större utsträckning. Varje person nämnde även utveckling för sitt arbetsområde, som robotar för att naja armering. Några av respondenterna främjar utvecklingen genom att vara envisa och drivande i frågor som berör digitalisering. Respondent 7 menar att företagen måste utveckla de digitala verktygen. I respondentens fall är det kalkylprogram, med fler och mer exakta recept. Medans respondent 2 menar att drivande individer är viktigt. Respondent 2 driver ett sidoprojekt med att digitalisera egenkontroller. Respondent 2 menar på att desto fler som blir digitaliserade desto fler måste anpassa sitt arbetssätt ut efter det.

BIM Lead (Respondent 4) menar att slutkunden kommer ta tillvara på den data som finns i framtiden. För att detta ska ske krävs en beställare som ställer krav på detta. Nu för tiden skapas data som sedan inte används, även om den är värdefull. Respondenten menar på att den data kommer bli mer populär i framtiden, när intresset för den växer. Slutkunden kan exempelvis kontrollera husets material och installationer men även garantitider.

Samtliga respondenter som fick svara på följdfrågan om vad som krävs för att digitaliseringen ska utvecklas. Följdfrågan ställdes till fem respondenter. Fyra av dessa fem respondenter, respondenterna 1, 3, 4 och 7 menar att det kommer att ske självmant med tiden. Respondent 2 menar däremot på att ett generationsskifte är ett måste för att digitaliseringen ska ta fart. Respondent 4 menar också på att företag måste utvecklas i samma takt som branschen, annars försvinner företagen.

4.5.2 Utvecklingen i det personliga arbetet

”Man är ju inte lika insatt i kalkylen till 100% som när man satt själv”

(Respondent 7)

Samtliga respondenter förutom respondent 7 nämnde enbart de positiva effekterna som digitalisering medför. Allt från snabbare information, mer effektivitet till bättre förståelse. Respondent 7 nämnde en väsentlig nackdel med digitalisering för respondentens egna arbetsroll. Kalkylatorer kan nu för tiden tillförskaffa sig informationen om mängder direkt via programvaror. Respondenten använder inte denna funktionen i dagsläget, utan mäter manuellt på 2D-ritningar för att tillförskaffa sig mängder. Även om det går långsammare, införskaffar sig respondenten på sig vis en egen känsla över sitt egna arbete men också över projektet, genom en slags ritningsgranskning. Känslan gör respondenten mer självsäker för kalkylen men ökar också förståelsen för projektet.

”i många fall väljer man att det är ok att inte ha med vissa saker i 3D-modellen och då kommer den aldrig funka till 100%.”

(Respondent 1)

För att effektivisera det personliga arbetet önskar installationssamordaren (Respondent 1) och projektledaren (Respondent 6) att krav borde ställs på samtliga delaktiga aktörer att föra in allt material i 3D-modellen. I nuläget godkänns att enstaka discipliner inte för in vissa saker i 3D-modellen. Detta gör att modellen inte blir komplett, vilket hämmar arbetet med modellen samt att modellen aldrig kommer fungera till 100%. För att uppnå full potential krävs högre krav än vad som ställs i dagsläget. Detta kan BIM Lead (Respondent 4) intyga med erfarenhet från tidigare projekt. Respondent 4 menar att irrelevant information borde tas bort. Desto mer information som befinner sig i projektet desto svårare är det att hitta önskade information.

Enligt kalkylatorchefen (Respondent 7) önskas korrekt måttsättning. Med korrekt måttsättning kan mängder föras ut från modellen, vilket ligger till grund för kalkylen. Designkoordinatören (Respondent 3) önskar tydliga krav i tidigt skede av vad som förväntas av slutprodukten. Detta för att hjälpa respondentens personliga arbete med att ställa krav gentemot andra. Projektingenjörernas (Respondent 2) arbete hade underlättats om modellen vore bygghandlingsstämplad. Om modellen inte är det får inte entreprenören bygga utifrån den. Respondenten menar även på att visualiseringsförmågan med modellen hjälper även till under inspektioner, då det är enklare att fastställa om ett visst arbete har utförts korrekt.

Samtliga respondenter var eniga om att montörernas arbete kommer underlättas med användningen av BIM i produktionen. Respondent 3 menade även att det kan underlätta montörernas arbete om BIM dessutom blir ett hjälpmedel under planeringen. Om montörerna använder det enbart för montering ser respondenten inte att montörerna kommer att ha nytta av det. Respondent 6 och 1 nämnde att arbetsledningen behöver hjälpa produktionen med dessa verktyg och måste ha acceptans att det infinner sig en viss osäkerhet kring digitala verktyg för montörer. Montörernas arbete skulle underlättas med den snabba information som digitala verktyg medför. Speciellt då distansen mellan arbetsledning och arbetsplatsen är stor, som på ESS nämnde respondent 2. Snabbare information förenklar övergången mellan discipliner då de ska arbeta integrerat på samma komponenter. Respondent 2 menar också att detta gynna montörer som arbetar på ackord.

4.5.3 Utvecklingen inom BIM

”BIM har utvecklats från att vara det lilla B:et till att vara BI. Vi är inte där man borde, det vill säga dit man kan komma.”

(Respondent 3)

Det respondent 3, designkoordinator, ville påpeka i citatet var att vi inte utnyttjar BIM till dess fulla potential. Även fast tekniken finns används den inte till maximal effekt. Ett exempel är att modellen måste uppdateras och underhållas kontinuerligt, helst varje vecka eller i alla fall varannan vecka. Om inte detta görs ofta nog kan information i modellen föråldras, vilket gör att tilliten till modellen reduceras. Enligt installationssamordaren (Respondent 1) kan

informationen inte litas på till 100%, det krävs en blandning mellan erfarenhet och 3D-modellen för att skapa förståelse av informationen.

Även fast byggbranschen ligger efter andra branscher när det gäller digitaliseringen finns det också skillnader mellan installationsdisciplinerna i hur digitalt de arbetar. Grova installationer, som ventilation och VS ligger före mindre installationer. Eldisciplinen har även grova installationer, exempelvis kabelstegar, samt mindre installationer exempelvis kablar och armaturer. Att olika discipliner har olika designverktyg har utformat utvecklingen hos disciplinerna. Somliga program är mer anpassade än andra. Exempelvis fungerar ventilation och VS dugligt i Revit medan el fungerar mindre bra. Enligt respondent 5, BIM Lead borde eldisciplinen ha störst nytta av att arbeta digitaliserat fullt ut, i jämförelse med resterande discipliner. Att el ligger efter kan bero på deras arbeten tar längre tid. Det kan också bero på det stora antal komponenter som eldisciplinen använder.

Samtliga respondenter med undantag av respondent 7 fick besvara en fråga angående vad som krävdes för att använda BIM alternativt digitalisering i sin fulla potential i ett projekt. Merparten av respondenterna avgav egna svar som samtidigt var snarlika varandra. Respondent 1, 2 och 3 ansåg att avsättning av tid och resurser samtidigt som att börja arbetet i ett tidigt skede var viktigt. Respondent 4, BIM Lead ansåg att arbete mot databaser skulle vara en nyckelfaktor. I dagsläget används Excel till en för stor del. Om samtliga aktörer hade arbetat gentemot databaser på ett korrekt tillvägagångssätt hade det besparat mycket tid. Respondent 6 hävdade att användningen av BIM till sin fulla potential möjligtvis kan vara en kollektivavtals svårighet för elsidan, då el har väldigt starka kollektivavtal.

Respondenterna fick även besvara om något saknas i dagsläget för att implementera BIM i sin fulla potential i ett projekt. Denna följdfråga ställdes till respondent 1, 2 och 4. Respondent 1 uttryckte att avsättning av tid och resurser samt introducering av digitala verktyg för yrkesarbetare prioriteras bort, samt att det saknas delar i projekteringen i dagsläget vilket skapar sämre effektivitet. Respondent 2 antydde att installationsbranschen ligger så pass långt efter resterande branscher, så ett försök att digitalisera ett projekt fullt ut är ett för stort steg. Steget till full implementering skulle innehålla för många frågetecken och för många delar. Respondent 4 menade att de databaser som krävs för att implementera BIM fullt ut inte finns i dagsläget.

4.6 BIM

Betydelsen av BIM finns det inget gemensamt svar på. För några innebär BIM att de arbetar med en 3D-modell. Andra ser BIM som ett arbetssätt, där BIM innebär att en modell finns, modellen innehåller information som kan exporteras om så önskas samt det digitala arbetssättet som informationen erbjuder.

BIM underlättar delaktiga aktörers arbete. Detta via snabbare information, större förståelse och förenklade arbetsuppgifter. För somliga är BIM ett krav för anställningen, då deras arbete enbart har med BIM att göra. Då BIM implementeras i ett projekt medför det inte nödvändigtvis mer arbete. Enligt respondent 3 är det väldigt viktigt att man är tydlig av vad som förväntas av till exempel konsulten.

4.6.1 Förutsättningar och krav

”Har inte jag rätt förutsättningar kan inte jag ställa rätt krav. Antingen blir det för högt eller för lågt.”

(Respondent 3)

För att respektive respondent ska kunna utföra sitt arbete i BIM krävs även att någon gör ett förarbete till dem. För att till exempel projektingenjören (Respondent 2) ska kunna utföra sitt arbete måste installationerna vara uppdelade per disciplin, helst färglagt per disciplin. Modellen måste även ha undergått en kollisionsskontroll. För designkoordinatören (Respondent 3) däremot är det ytterst viktigt att det finns tydliga krav på vad som projektet förväntas få ut. I respondentens arbetsuppgift ingår att ställa krav, om detta inte finns tydligt kan inte respondenten själv ställa krav mot andra. Oavsett vilken arbetsroll respondenterna besitter verkar det tydligt att de är beroende av att andra utför sitt arbete, vilket de kan vidarearbeta på.

Frågan ställdes angående vilka aktörer som respondenterna själva hade som en förutsättning för att möjliggöra arbete. Enbart projektledaren (Respondent 6) hade svar på frågan, vilket var BAS-U och BAS-P. BAS-U och BAS-P borde ha inflytande över design. Med hjälp av visualiseringsförmågan med BIM kan BAS-P redan innan produktion konstatera att vissa arbetsmoment kan bli arbetsmiljömässigt problematiska eller omöjliga.

Med rätt parametrar vid projektstart skapar konsulten korrekt produkt från början. Annars måste konsultens skapande rättas till i efterhand, det vill säga ett merarbete. Med ordet parametrar menas de förutsättningar som finns, till exempel om beställaren behöver data för slutanvändaren alternativt drift och underhåll. Respondent 4 menade på att vid implementering av BIM så förskjuts arbetet till det tidiga skedet. För att få den digitala informationen att flyta krävs det att problem diskuteras och löses innan produktionen. Även om det är möjligt att praktiskt bygga innan en teoretisk genomgång, ska det teoretiska genomgå innan det praktiska genomförs. Kortfattat kan man att respondent 2 och 4 menade att mycket arbete krävs i tidigt skede med rätt ingångsparametrar.

4.6.2 Ekonomi med BIM

”Man vill ju vara säker på en payoff i investeringen. Det kanske är svårt att mäta det.”

(Respondent 6)

Implementering av BIM påverkar ekonomin i projektet. Projekt som lyckas skapa ett effektivt arbete med snabb information har stora fördelar ur en ekonomisk synvinkel. Om för mycket information alternativt irrelevant information finns på projektet kan det stundtals vara svårt att hitta önskat dokument, vilket är motsatsen till snabb information. Det går långsamt och trögt, vilket är en nackdel. Det kan även talas om andra mer specifika områden i processen, till exempel inköp. Med BIM blir inköpen mer exakta, vilket leder till mindre spill. I detta exempel är det en stor fördel för ekonomin, men även miljön. Respondent 7 nämnde ett exempel på projektet Malmö Live. Med hjälp av modellen kunde de montera kabelstegar innan mellanväggar var monterade. Med exakt information från modellen angående positionering var

genomföring av kabelstegar genom väggar möjligt. Teoretiskt sätt ska BIM vara en stor ekonomisk fördel ur alla synvinklar, dessvärre har implementeringen av BIM i dagsläget inte fungerat praktiskt sätt exemplariskt. Vissa led i processen skadas av att det digitala arbetssättet inte är helt fungerande. Det finns även en process i processen, att lära sig användningen av BIM till fullo. Detta kräver tid och kommer så småningom förbättras med större kunskap.

Respondenterna 2, 3, 6 och 7 fick en följdfråga om BIM är mer lönsamt i AB kontra ABT. Två av de fyra respondenterna, respondenterna 2 och 7 såg ingen skillnad på BIM i AB alternativt ABT. Respondent 3, designkoordinator, däremot ansåg att en ABT möjligtvis inte bekostar en modell i samma utsträckning som en AB, då detta inte alltid är ett krav från beställaren. Respondenten ansåg att BIM kostar pengar. Respondent 6, projektledare, besvarade frågan nästintill tvärtemot respondent 3. Projektledaren ansåg att det är större möjlighet att uppnå lönsamhet i en ABT.

5 Analys och diskussion

Med digitalisering menar Eastman (2011) att hela byggnadsbranschen kommer att utvecklas och att de entreprenader och beställare som inte följer med kommer att bli utanför och då inte kunna få några jobb. Detta ligger i linje med vad BIM Lead (respondent 4) svarade när han blev tillfrågad hur den tror att framtiden ser ut. På frågan ”Vad innebär BIM för dig?” svarade många av respondenterna att BIM är en 3D-modell. Den valda definitionen av BIM i detta arbete är enligt BIM Handbook det vill säga att Building Information Modelling, som är ett arbetssätt som främjar digitalisering av projekt. Vid jämförelse mellan Eastmans definition och den definition som majoriteten av respondenterna har givit så kan en enkel källanalys ge svaret att Eastmans definition är bättre för främjandet av digitaliseringen.

Med full implementering underlättas alla inblandade aktörers arbete. Detta kan både litteraturen men även samtliga respondenter intyga. Med BIM kommer större förståelse med hjälp av visualisering av en objektbaserad 3D-modell, snabbare information med hjälp av databaser som förser individer med relevanta, uppdaterade och aktuella dokument men även förenklade arbetsuppgifter som exempelvis kalkylberäkning och konstruktionsberäkning.

Fler fördelar tillkommer även med BIM. Alla individer använder alternativt behöver inte lärdom om hela BIM. Eastman et al. menar att exempelvis montörer behöver använda modellen avseende på visualisering och ett program för skapande av digitala egenkontroller. Eastman et al. beskriver även problematiken med storleken av modellerna. I dagsläget blir modellerna väldigt stora i form av diskutrymme, detta medför att modellerna blir svårhanterliga och långsamma. Då utvecklingen av datorer sker kontinuerligt kommer förhoppningsvis även detta problem lösas kontinuerligt.

5.1 Program

Vid frågor kring vilka program som används av de olika respondenterna så har svaren blivit väldigt snarlika. I litteraturstudien har Autodesk AutoCAD och Autodesk Revit hanterats. Majoriteten av respondenterna använder AutoCAD men endast två stycken använder Revit. Detta eftersom yrkesrollerna för de två respondenterna 3 och 4 har en mer konstruktör inriktad arbetsroll. Revit är ett relativt nytt program och en faktor till att det inte används lika frekvent i lågspänningsentreprenader som i till exempel i byggentreprenader. Vidare är inte Revit utvecklat inom elteknik. När en kabel ritas i AutoCAD så ritas den som ett streck eller, om den ingår i en kabelmotorväg, som ett tjockt streck.

När kabel ritas i Revit så ritas den på samma sätt som i AutoCAD, alltså i 2D och blir då inte en objektbaserad komponent i 3D-modellen. Detta medför att fel uppkommer i 3D-modellen och den blir inte komplett. Eftersom Autodesk är ett amerikanskt företag så upprättade Autodesk ett program som i första hand är anpassat för den amerikanska marknaden. I USA ritas inte kabel ut alls utan all kabel finns med i så kallade kabellistor. För att Revit ska få ett större slag på den svenska marknaden måste alltså Autodesk anpassa Revit efter de ritningsregler som gäller i Sverige inom elteknik. Många av respondenterna svarade att detta är ett stort problem när det gäller att gå från traditionella 2D-ritningar till den objektbaserade modellen. Eftersom kabel är en så pass väsentlig del av en elritning så måste den finnas med i

modellen. Majoriteten av respondenterna menade att ytterligare ett problem uppstår vid övergången från 2D till 3D nämligen att 3D-modellen inte är stämplad som bygghandling. En ritning måste alltid vara stämplad som bygghandling innan byggnation påbörjas efter ritningen. Detta innebär att modellen inte går att bygga/montera efter vilket i sin tur gör att modellen bara blir en bihandling till 2D-ritningen. En minoritet av respondenterna hävdar dock att modellen visst är stämplad som bygghandling.

Som beskrivet i kapitel 3.4.4 är Solibri ett program som används frekvent. Eftersom Solibri är ett kollisionskontrollprogram så används det mest av BIM Lead (Respondent 4). Detta då respondenten är den enda av respondenterna som har vana vid programmet. Solibri är ett program som fler i produktionsledningen bör använda eftersom det ger en enkel och tydlig bild över vilka krockar som sker i den objektbaserade 3D-modellen. Då många företag idag väljer att endast köpa licens på en programvara i samma genre bör Solibri vara det självklara valet för program med kollisionskontrollfunktion. Dess gratisutgåva Solibri Model Viewer som motsvarar NavisWorks använder majoriteten av respondenterna för att överskåda 3D-modeller. I det här fallet är Solibri ett bästa val.

Vid valet av kalkylprogram så passar ElWind bäst eftersom det är ett program som är utformat för el- och teleentreprenader. Detta är också de alternativ som respondent 7 använder. Som beskrivs i kapitel 3.4.4 gör även de så kallade modellrecepten det enkelt för brukaren att producera kalkyler inom lågspänningsentreprenaden. Det är även bra att programmet uppdateras kontinuerligt då det förhindrar att priser, recept och modellrecept blir föråldrade.

5.2 Utvecklingen av branschen

Digitaliseringen av branschen kommer att ske, det är bara en tidsfråga enligt respondenternas svar. Vid en jämförelse med industribranschen som ligger i framkant när det gäller digitalisering så kommer byggbranschen dit inom en tio års period. Detta är vad Eastman et al (2011) talar för och det är även vad samtliga respondenter är överens om. Vid utvecklingen menar respondenterna att nya system kommer implementeras. Enligt kapitel 3.1.2 är det redan implementerat i viss form. Respondenternas svar på hur långt digitaliseringen kommer inom en tioårsperiod skiljer sig markant. De två som har en mer konstruktionsinriktad yrkesroll menar att digitaliseringen borde komma väldigt snart eller att den redan är här, vilket även BIM Alliance (2014) pekar på i kapitel 3.6.2. Andra respondenter menar att det tar mer än 10 år för att arbetsätten ska ändras i branschen. Det kan bero på inställningen till digitalisering som en del personer har vilket kan verka som en bromskloss.

Respondent 6 menar att intresset för digitalisering är högt på tjänstemannanivå men att det även måste implementeras i produktionen, hos yrkesarbetarna. Detta borde inte vara något problem utan det ligger i tjänstemännens ansvar att uppmuntra och främja digitalisering hos yrkesarbetare. I teorin kan digitalisering vara till stor nytta för både tjänstemän och yrkesarbetare. Ta VR-glasögon som exempel, precis som respondenterna nämner i kapitel 4.5.1 så kommer dessa glasögon att användas betydligt mycket mer och kanske få en stor roll i utformningen av byggnader i framtiden. Om arbetsledaren och yrkesarbetarna i tidigt skede tittar på en naken byggnad med VR-glasögon och kan se samtliga installationer får alla

inblandade en god förståelse för hur installationerna ska fungera gentemot andra installationssystem men även mot byggnaden. Kanske kan till och med VR-glasögon användas under själva montaget, för att se exakt placering och funktion på installationer.

Vid frågor angående hur digitaliseringen har implementerats idag så blev svaren från respondenterna olika, givetvis eftersom arbetsrollerna var så varierande men det finns även en generationsaspekt. Samtliga av de respondenter som är under 50 år svarade att de aldrig skulle använda en penna och papper för att anteckna eller rita ändringar medan respondenter över 50 år svarade att mycket av det dagliga arbetet görs manuellt. Vid frågor om i vilken omfattning som det dagliga arbetet var digitalt så svarade den yngre generationen mellan 90-100% av deras arbete sker digitalt i någon form medan procentsatsen var lägre i den äldre generationen, mellan 70-85%. En av anledningarna är att många av de i den äldre generationen har arbetat i branschen långt innan den moderna datorn började användas. Respondent 5 började i branschen som 17-åring år 1977 och har enligt dess vant sig vid att använda papper och penna. Respondenten menar därför att inlärningsperioden blir längre än för en yngre person som har växt upp i en digital värld. Respondent 4 menar däremot tvärtom, att eftersom yngre personer får kunskaper i digitalisering ”gratis” under uppväxten så är det extra viktigt att den äldre generationen utbildar sig i hantering av digitala verktyg.

5.3 Utveckling av det personliga arbetet

Det är nästan bara positiva effekter som kommer med digitaliseringen. Projekt kommer att kunna byggas snabbare och billigare och kvalitén på byggnationen kommer att öka. Det kan dock påverka kvalitén på det personliga arbetet vilket leder till att ett projekt i framtiden inte kan hålla samma kvalitet på det personliga arbetet som projekt har haft historiskt sätt.

Det var bara en respondent som svarade att digitalisering kan vara en nackdel. Detta för att kvalitén på det arbetet som denna personen utför kan bli sämre på grund av att personen i fråga inte får samma helhetsbild över projektet som person får när arbetet sker manuellt och tar längre tid. Detta blir alltså en fråga kring vilket prioritet som ska gälla. Om kvalitet ska gå före tidsaspekten och den ekonomiska aspekten. Detta kan betyda att digitalisering avhumaniserar ett projekt vilket i sin tur leder till mindre arbete för människan. Det är en filosofisk fråga vilket inte kommer att hanteras vidare i detta arbetet.

5.4 Utvecklingen inom BIM

I kapitel 3.1 har litteraturen i denna studien beskrivit många möjligheter och fördelar med BIM då implementering sker till fullo. Samtliga av respondenterna hävdar däremot att det inte används till fullo. Litteraturen har stadgat att modellen måste uppdateras för funktionella syften. Respondent 3 har erfarenheter från tidigare projekt då detta inte gjorts kontinuerligt. Respondenten hävdade att modellen förlorade sitt syfte. Respondent 1 menade också på att den modell ESS besitter inte heller kan litas på till 100%, utan en blandning mellan erfarenhet och modellen själv behövs för att extrahera och bedöma informationen.

Studiens litteratur har även kommit fram till att olika branscher men även discipliner har utvecklats olika i digitaliseringen. Detta kan samtliga respondenter intyga, då de är väl medvetna om de stora skillnaderna. Varför olika discipliner har utvecklats i olika takt finns det inget gemensamt svar på. Det kan möjligtvis vara eftersom de digitala verktygen har utvecklats i olika takt och anpassat sig bättre för diverse discipliner, vilket har medfört att somliga discipliner som exempelvis eldisciplinen har utvecklats långsammare. Det kan också bero på antalet komponenter och svårighetsgraderna i dessa komponenter. Eldisciplinen har väldigt många fler komponenter än andra discipliner. Respondent 3 trodde däremot att det kan bero på antalet tjänstemän i disciplinen, att en disciplin har fler eller färre tjänstemän per yrkesarbetare än andra. En respondent nämnde även att grövre komponenter har anpassats bättre i digitala verktyg än de mindre. Möjligtvis kan mindre komponenter vara mer problematiska att implementera än större. Det behöver inte bero på en av dessa specifika orsaker utan kan även bero på fler av dessa orsaker tillsammans.

Litteraturen stämmer överens med det svar som samtliga respondenterna har givit för vad som krävs för att använda BIM till sin fulla potential i ett projekt. Respondenterna 1, 2 och 3 trodde att avsättning av tid och resurser i ett tidigt skede skulle vara en nyckelfaktor för att få ett fungerande arbetssätt, precis vad studiens litteratur stadgade. Däremot ansåg respondent 4 att användningen av databaser skulle vara en nyckelfaktor. Där samtliga inblandade skulle arbeta gentemot en central databas som gav ut uppdaterade och aktuella dokument. Respondent 4 hävdar att de databaser som respondenten menade är en nyckelfaktor som inte finns i dagsläget. Utveckling av detta måste ske innan BIM kan användas till sin fulla potential. Litteraturen och respondent 4 menar att BIM till stor del handlar om snabb återkoppling och snabb information. Om detta inte fungerar förloras en stor del av nyttorna. Dessvärre kan respondenterna intyga att avsättning av tid och resurser är bortprioriterat i dagens läge. Möjligheten att tidigarelägga projekteringsarbetet finns fortfarande kvar. Möjligtvis menar respondenten 2 att tidigareläggning av projekteringsarbetet är detsamma som avsättning av tid. Många individer har inte kunskap om dessa verktyg än, och enligt respondent 1 är introducering av dessa verktyg till yrkesarbetare ett bortprioriterat fall. Även om implementering av BIM till fullo kan vara möjligt, är det väldigt svårt. Enligt respondent 2 är installationsbranschen så pass långt efter i jämförelse med liknande branscher. Om BIM skulle implementeras till fullo under ett projekt skulle steget dit vara för stort, eftersom installationsbranschen har lång väg kvar i den digitala utvecklingen.

5.5 Krav och förutsättningar

Enligt respondent 3 är det viktigt vid implementering av BIM att tydligt veta vad som förväntas av produkten. Om tydligheten fallerar kan inte krav tillkomma angående digitala arbetssätt. Respondentens egna exempel var upphandling av konsulter. Då entreprenören inte har tydliga krav, kan entreprenören inte upphandla konsulter med tydliga krav. Kraven blir antingen för låga eller för höga.

Eastman et al. (2011) har beskrivit att BIM är ett arbetssätt med ett flöde mellan inblandade aktörer. Flödet går från en person till en annan. Detta medför att en viss person måste göra ett förarbete för en annan. Detta kan samtliga respondenter intyga. Huruvida de gjorde förarbetet för någon annan var det inte många som visste. Möjligtvis var frågan vilseledande eller att respondenterna aldrig tänkt i de tankebanorna. Enbart en respondent hade svar, respondent 6

som svarade att arbetet var ett förarbete för BAS-U och BAS-P. De har i ansvar att kontrollera att byggnationen av byggnaden alternativt byggnaderna sker på ett arbetsmiljömässigt sätt.

Vissa respondenter och Eastman et al. (2011) menade då att implementering av BIM sker, krävs tidigareläggning av arbeten. Eastman et al. beskriver det digitala flödet genom processen. För att få detta att ske kan respondent 4 bekräfta att det krävs en grundlig teoretisk genomgång över vad och hur det ska byggas innan produktionen sätter igång. Detta är ett krav för att få den digitala informationen att flöda. Det är fullt möjligt att producera en byggnad utan en teoretisk genomgång, Dock kan det enligt respondent 4 vara mycket svårt att få den digitala informationen att följa med.

5.6 Ekonomi med BIM

BIM påverkar ett projekts ekonomi. Ett lyckat BIM projekt, där det har implementerats i stor grad och med ett fungerande dataflöde ger det en vinst ur ekonomiskt perspektiv. Sannolikheten för att någonting fallerar, exempelvis att mycket irrelevant information finns i projektet minskar när BIM används. Irrelevant information i ett projekt kan medföra att enkla moment blir tidsödslände, till exempel att hitta korrekt dokument i en databas. Både Eastman et al. (2011) och somliga respondenter berättar att BIM minskar övergångstiden från en aktör till en annan. Detta skapar effektivitet. Ett exempel som respondent 7 nämnde var att med hjälp av modellens exakta positioneringsinformation kunde kabelstegar monteras som genomgick mellanväggar, innan mellanväggarna var monterade. Enligt Eastman et al. (2011) är BIM en ekonomisk fördel ur alla synvinklar, dessvärre har respondenterna bekräftat att BIM i dagsläget inte innehar alla fördelar som Eastman et al. (2011) nämner. Respondenterna har bekräftat som tidigare har sagts, att tid är faktorn för att möjliggöra implementering av BIM till fullo. Även om det inte är lika väl fungerande i den praktiska verkligheten kommer detta utvecklas kontinuerligt mot att bli mer ekonomiskt lönsamt.

I kapitel 3.3 beskrivs med Eastman et al. (2011) som referens att BIM har nyttor i alla entreprenadformer. Samtliga respondenter fick besvara en fråga angående skillnaden av BIM i AB kontra ABT ur ekonomisk synvinkel. Frågan ställdes svart på vitt, att det enbart fanns AB och ABT. Enbart två respondenter såg små skillnader mellan dem. De två respondenterna gav svar som stred mot varandra. I nuläget verkar skillnader i BIM mellan utförande- och totalentreprenad vara väldigt få, dock med vidareutveckling av implementering av BIM och digitalisering kanske detta i framtiden utmynnas i en större skillnad mellan entreprenadformerna.

6 Slutsats, framtida studier och metodkritik

6.1 Slutsats

• Hur kan elinstallatören arbeta med BIM och digitalisering i produktionsskedet?

För att projektet ska vara komplett digitaliserat måste mycket av den allokerade projekttiden läggas i börjar av projektet, vid projektstart, programskede och projektering. Detta leder sedan till en naturlig fortsättning till ett digitalt arbete i produktionstiden. Elinstallatören kan även använda många olika datorprogram för att digitalisera sitt arbete, både i en totalentreprenad men även i en utförandeentreprenad. Om det har tagits fram en objektbaserad 3D-modell i förarbetet så kan program som Revit eller Solibri Model Checker användas för att undersöka och visualisera modellen för att få en snabb överblick över vad som ska produceras och även för att identifiera problem eller kollisioner innan de uppstår i verkligheten.

• Hur fungerar digitalisering i praktiken mellan elinstallatör och projektör?

Övergången från projekteringsskedet till produktionsskedet sker idag med hjälp av 2D-ritningar samt en 3D-modell. 3D-modellen är en biprodukt och inte en stämplad bygghandling. Detta medför att BIM inte har implementerats i full potential. Mängdning görs förhand på 2D-ritningen istället för att mängda av från 3D-modellen. Detta för att modellen inte är komplett projekterad.

• Vilka krav måste elentreprenader ställas på modellen för att effektivisera digitalisering av projekt?

För att få ett mer effektivt arbete måste en komplett objektbaserad 3D-modell levereras av projektören. För att komplettera modellen måste den ritas i program som stödjer alla eltekniska funktioner användas. AutoCAD med MagiCAD är att föredra i dagsläget. Detta då Revit inte är anpassat för den svenska marknaden i dagsläget. Minst en gång i veckan ska installatören och projektören sitta ner och gå igenom ev. ändringar eller annat som på något sätt påverkar modellen och sedan implementera det i modellen. Modellen måste även vara stämplad som bygghandling. Viktigt är att samtliga discipliner arbetar i BIM modellen för att visualisera den färdiga produkten och även för att upptäcka krockar mellan de olika disciplinerna.

Elientreprenaden ska ta fram en BIM manual som sedan ska projektanpassas när ett nytt projekt startas upp. BIM manualen ska innehålla en kravspecifikation på hur entreprenören vill att projektören ska konstruera elanläggningen. Kraven måste anpassas efter projektets behov. Denna manualen ska sedan uppdateras kontinuerligt när det sker ändrings-, tilläggs- eller avgående arbete.

6.2 Framtida studier

I det initiala skedet var tanken att ta fram en kalkyl på en ursprunglig byggnad på ett fullt digitalt sätt, sedan jämföra detta med ursprungskalkylen och den slutgiltiga kostnaden för byggnaden. Denna idén avslogs med tanke på tidsbrist. Om en liknande rapport skulle göras kan detta vara en rekommendation, detta för att få väldigt djupgående information och eventuellt intressant resultat.

Om studien representera branschen i helhet är svårt att säga. Respondenterna arbetar på ESS, vilket anses vara väl digitaliserat i jämförelse med branschen. Studiens tidsram tillät inte fler intervjuer. Om fler intervjuer gjorts på exempelvis två andra projekt kunde dessa jämförts och sammanfattats, vilket hade kunnat representera branschen bättre.

Intervjuerna kretsar kring tjänstemän. Det vore intressant om yrkesarbetare skulle inkluderas i intervjuerna. Yrkesarbetarna skulle då besitta olika arbetsroller och åldrar för bred informationstillförskaffning. Detta hade möjliggjort att studien kunde representera en entreprenör och inte bara tjänstemanssektorn hos en entreprenör.

6.3 Metodkritik

Studiens produkt är krav som ska hjälpa entreprenader att bli desto mer digitaliserade. Litteraturen gav en bra grund som visade enbart möjligheter och fördelar. Intervjuerna drog isär denna grund för att se de brister och svagheter som finns i dagsläget men visade även vad som krävdes för att åtgärda dessa brister eller svagheter. Kraven kan vara en stor nytta för de entreprenader som innehar intresset för digitalisering och önskar att bli mer digitaliserade.

Spridningen mellan respondenternas arbetspositioner är en stor styrka i denna rapport. Resultatet av intervjuerna sammanfattar stor del av tjänstemanssektorn. Respondenternas kraftigt varierande ålder och erfarenheter har även möjliggjort frågeställningar vilket styrker rapporten.

Ämnesområdet studien berör varierar kraftigt mellan länder. Vissa har kommit längre i utvecklingen än andra. Det hittades inte tillräckligt med referenser från Sverige, därför togs referenser mestadels från utlandet även fast det har skrivits för svenska bolag. Källor har inte hittats där Sverige jämförs med andra länder.

Referenser

Au, Z. (2011). *BIM Parameter List User Guide*. InfoComm Nyhetsbrev.

Autodesk. (2017 A). *Transformera verksamhetsfördelar med BIM*.

<http://www.autodesk.se/solutions/building-information-modeling/overview> [2017-02-23].

Autodesk. (2017 B). *What is CAD? software?* <http://www.autodesk.com/solutions/cad-software>. [2017-03-22]

Autodesk, Inc. (2010). *User's Guide*. USA: Autodesk, Inc.

http://images.autodesk.com/adsk/files/revit_architecture_2011_user_guide_en.pdf

BIM Alliance Sweden. (2014). *Virtuella Installationer* (SBUF projekt 12700). Stockholm: BIM Alliance Sweden.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, contractors*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, inc.

Eckerberg, K. (2016). *BIM förändrar byggbranschen*. Swedish Standards Institute Nyhetsbrev 2016-04-07

ElWind. (2017). *Ett kalkylprogram specialutvecklat för såväl små som stora elinstallatörer och konsulter*. USA: Consultec.

Forsberg C. & Wengström, Y. (2008). *Att göra systematiska litteraturstudier: värdering, analys och presentation av omvårdnadsforskning*. Stockholm: Natur och Kultur.

Garber, R. (2014). *BIM design: realizing the creative potential of building information modelling*. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Inc.

Gindis, E. (2012). *Up and running with AutoCAD 2012: 2D version*. USA: Academic Press.

Granroth, M. (2011). *BIM - Byggnadsinformationsmodellering: orientering i en modern arbetsmetod*. Arkitektur och samhällsbyggnad. Stockholm: Kungliga Tekniska högskolan.

Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R. & Persson, U. (2015) *Byggledning – Projektering*. Lund: Studentlitteratur.

Holme, I. & Solvang, B. (1991). *Forskningsmetodik: om kvalitativa och kvantitativa metoder*. Lund: Studentlitteratur

Lantz, A. (2007). *Intervjumetodik*. Studentlitteratur. Pozkal, Poland.

Larsson, S. (2016). *BYGG- OCH INSTALLATIONSBRANSCHEN I DIGITAL STARTGRUP*. Installationsföretagen Nyhetsbrev, 2016-03-22.

MagiCAD. (2016). *MagiCAD för Revit*. Sverige: MagiCAD. https://www.magicad.com/wp-content/uploads/2016/05/SWE_brochure_MagiCAD_Revit_2016.pdf

Merriam, S. B. (1994). *Fallstudien som forskningsmetod*. 1. Uppl. Lund: Studentlitteratur.

Merriam, S. B. (1998). *Fallstudien som forskningsmetod*. 2. Uppl. Lund: Studentlitteratur.

Merriam, S. B. (2010). *Fallstudien som forskningsmetod*. 3. Uppl. Lund: Studentlitteratur.

Nordstrand, U. (2006). *Byggprocessen*. Falköping: Elanders.

Nordstrand, U. & Révai, E. (2011). *Byggstyrning*. Polen: Dimograf.

Nästén, A. (1974). *Elektronik för elektriker*. 2. Uppl. Stockholm: LiberYrkesutbildningar-Teknik.

Patel, R. & Davidson, B. (2003). *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Hungary: Studentlitteratur.

Patel, R. & Davidson, B. (2011). *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. 4. Uppl. Hungary: Studentlitteratur.

Skanska. (2017). *BIM*. <http://www.skanska.se/om-skanska/skanska-i-sverige/building-information-modeling-bim/> [2016-03-03].

Solibri, Inc. (2014). *Solibri Model Checker V9.5*. Scottsdale, Arizona, USA: Solibri, Inc. <https://www.solibri.com/wp-content/uploads/2014/12/Getting-Started-v9.5.pdf>

Stukát, S. 2012. *Att skriva examensarbete inom utbildningsvetenskap*. Lund: Studentlitteratur AB.

Svensk Byggtjänst. (2015). *AMA EL 16*. Stockholm: Edita Bobergs AB.

Yin, R. K. (2007). *Fallstudier: design och genomförande*. Malmö: Liber AB.

Bilagor

Bilaga 1: Intervjufrågor

1. Vilken arbetsroll har du?
2. Hur gammal är du?
3. Hur mycket arbetar du med digitala verktyg? Och vilka digitala verktyg använder du dig av?
4. Vilka är fördelarna med de programmen?
5. Vilka är nackdelarna med de programmen?
6. Hur ser du på digitaliseringen av byggbranschen?
7. Utför du manuellt arbete som egentligen kunde utföras på ett digitalt tillvägagångssätt? Om ja, i så fall vad och hur skulle man göra det digitalt?
8. Vilka ekonomiska för- och nackdelar ser du med digitaliserade projekt?
9. vad innebär BIM för dig?
10. Medför BIM olika mängd arbete under olika skeden under projektets gång? Kan det finnas en fördel eller en nackdel i det?
11. Underlättas ditt arbete av att projekt använder sig av modeller?
12. Vilka förutsättningar måste du ha för att arbete med BIM? Och vilka aktörer måste göra förarbetet?
13. Vilka krav skulle ställas på modellen för att din yrkesroll skulle få effektivare arbete?
14. Har du krav på dig att utföra ett moment digitalt för att en annan yrkesroll ska kunna utföra sitt arbete? Om ja, vilka krav är det?
15. Har du arbetat på BIM projekt tidigare och vilka erfarenheter har dem lärt dig?
16. Finns det delar av BIM som du skulle vilja arbeta med som du inte arbetar med i nuläget? Om ja, vilka delar av BIM är det och varför arbetar du inte med det i nuläget?
17. Hur tror du att digitaliseringen av branschen ser ut inom en 10-års period?
18. Hur kan du arbeta för att främja en digitalisering av branschen?
19. Ser du någon skillnad på användningen av BIM mellan olika discipliner?
20. Hur tycker du att elbranschen arbetar med BIM och digitalisering?
21. Tror du att det är skillnad mellan att arbeta med BIM som arbetssätt gentemot att arbeta på ett mer traditionellt sätt?
22. Tror du att montörens arbete underlättas av digitalisering under produktion?

23. Vad hade krävts för att använda BIM till sin fulla potential under ett helt projekt?
Finns det något som saknas i dagsläget?
24. Vad tror du krävs för att få branschen att arbeta mer mot digitalisering?