

Rådgivervirksomheder i forandring

- Retningslinjer for koordinering og brug af BIM processer

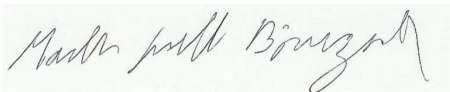
ANDERS MÜLLER

MADS BJERREGAARD



TITELBLAD

Titel	Rådgivervirksomheder i forandring - Retningslinjer for koordinering og brug af BIM processer
Fakultet	Aalborg Universitet Institut for Byggeri og Anlæg
Uddannelse	Cand. Scient. Techn. I Bygningsinformatik
Projektperiode	1. september 2014 – 8. januar 2015
Projektgruppe	Gruppe 1
Forfattere	Mads Falk Bjerregaard og Anders Müller
Vejleder	Kjeld Svdt, Lektor Institut for Byggeri og Anlæg
Udgivelsesdato	8. januar 2015
Oplag	Digital aflevering
Sidetæl (ekskl. Bilag og Appendix)	118
Anslag i brødtekst (inkl. mellemrum)	294.296



Mads Bjerregaard



Anders Müller

FORORD

Rapporten er udarbejdet i perioden fra d. 1. september 2014 til d. 8. januar 2015 og er et produkt af projektgruppens kandidatspeciale. Kandidatspecialet er udarbejdet ved Aalborg Universitet under fakultetet Byggeri og Anlæg på linjen Cand.Scient.Techn. Bygningsinformatik.

Specialet henvender sig til rådgivervirksomheder, der lige har skiftet eller skal til at skifte deres 2D projekteringsværktøj ud med et BIM understøttende værktøj. Specialet skal illustrere, hvilke udfordringer en virksomhed gennemgår under denne forandring i et organisatorisk og teknologisk perspektiv.

Formålet med rapporten er at sætte fokus på den retning byggebranchen er på vej imod, hvor tendensen er, at der stilles større krav til digital aflevering. Dette kan tvinge rådgivervirksomheder til at anvende et BIM projekteringsværktøj uden, at virksomheden besidder den nødvendige erfaring eller kompetence. Specialet kan derfor ses som en guide til, hvilke retningslinjer, der kan understøtte virksomhedens nye arbejdsprocesser og hvordan disse kan bidrage til en opbygning af forståelse og gradvist kompetencer inden for modeludveksling og kvalitetssikring.

I forbindelse med udarbejdelsen af specialet, har projektgruppen været i kontakt med en mellemstor arkitektvirksomhed, som har bidraget med information om deres udskiftning af projekteringsværktøj og hvilke udfordringer, virksomheden har stået overfor. I henhold til virksomhedens ønske om anonymitet er der ingen kildeangivelse i afsnit 1.1 og 1.2. Virksomheden skal have stor tak for deres bidrag til specialets problemafklaring.

Der skal yderligere rettes tak til konsulentvirksomheden, der har faciliteret kontakten til arkitektvirksomheden.

Slutteligt skal Kjeld Svidt have stor tak for sin indsats som vejleder igennem specialets udformning.

RESUMÉ

Byggebranchen påvirkes af krav og retningslinjer stillet af myndigheder vedrørende anvendelse digitale bygningsmodeller og aflevering. Ifølge rapporter inden for feltet, dannes et billede af, at en stor mængde virksomheder står overfor et skifte at projekteringsværktøj for at kunne efterleve disse krav. Derfor er det nødvendigt med uddannelse og erfaringsopbygning af virksomheders ansatte for at byggesager med digitale bygningsmodeller og nye arbejdsprocesser forløber mest hensigtsmæssigt.

For at kunne problemafklare udfordringer ved skiftet til et BIM understøttet projekteringsværktøj, anskues en arkitektvirksomheds forhenværende- og nuværende arbejdspraksis, hvor den mest opsigtsvækkende forandring er selve modelparadigmeskiftet. Forandringen skaber et behov for nye kompetencer hos de ansatte i virksomheden, da de står overfor helt nye arbejdsprocesser grundet det nye modelparadigme. Modelparadigmet og myndigheders krav til digital aflevering påvirker ligeledes arkitektens måde at projektere bygninger på. Der skal laves en plan for skiftet af projekteringsværktøj og nye arbejdsprocesser skal planlægges, så de understøtter hinanden. Hvis ikke, står virksomheden med ineffektive BIM processer, som kun suboptimere deres arbejde.

For at opnå effektive BIM processer kræver det, at alle fagligheder i projektorganisationen anvender et BIM understøttet projekteringsværktøj og har fokus på et tæt samarbejde. Dette samarbejde skal indledningsvis anvendes til at koordinere og debattere, hvordan forskellige typer af opgaver løses på tværs af organisationen. buildingSMART's standarder kan inddrages som retningslinjer for samarbejdet under hele projekteringen, hvor IDM standarden sikrer, at 3D modellen indeholder de rigtige informationer på det rigtige tidspunkt, som derefter udveksles med fællesformatet, IFC. Ved at anvende disse standarder får virksomheden planlagt og struktureret deres arbejde på en måde, som understøtter BIM processen for projektering og den senere udveksling. Modelparadigmet giver derudover anledning til en ny form for kvalitetssikring af modellen, da den skal indgå som fagmodel i det tværfaglige projektsamarbejde. For at opnå en mere gnidningsfri kvalitetssikringsproces i samlingen af fagmodeller, anbefales det, at projektorganisationen anvender interne og eksterne kollisionskontroller med forskellige fokusområder.

Anvendelsen af disse standarder og værktøjer skal implementeres på alle niveauer i virksomheden for at sikre en fuld udnyttelse af alle aspekter af redskabernes funktioner. Her skal ledelsen såvel som medarbejderne bidrage til udbredelsen af gevinsterne for de nye processer, så forandringen foregår så problemfrit som muligt. Denne forandringsproces er opdelt i faser med varierende udfordringer samt fokusområder og kræver derfor planlægning fra ledelsen for at implementeringen når ud til hele virksomheden.

ABSTRACT

Law and legislation, placed by the authorities regarding the use of digital building models and deliverables, influence the building industry. According to field reports within building industry, a large amount of companies stands on the verge of replacing their design tools to commit to the demands. This replacement of design tools necessitates education and further gathering of knowledge for employees. By educating the employees, the chance of correct digital building models improves.

To clarify challenges in changing the design tool, it is relevant to analyse an architect firm's former and current work practice where the most notable is the change of model paradigm. There is a need of new qualifications, as the change in model paradigm creates a new workflow for the employees. The model paradigm and authorities requirements affect the way in which architects design buildings. An implementation plan for the new work processes is needed in order for them to support each other. If not, the company will experience sub optimized BIM processes during their design work.

In order to effectively use BIM processes, all disciplines within the project organization need to use a BIM supported design tool and to focus on collaboration. This collaboration, within the project organization, can be used to coordinate how different types of tasks are solved. For this collaboration, buildingSMART standards can be used as in the design phases. The IDM standard ensures that the 3D model contains the right information at right time for the pending exchange. The exchange is facilitated by the open file format, Industry Foundation Class (IFC) which is the only solution for sharing building models with the use of different design tools. The use of these standards ensures a planning and organizing of tasks that support the BIM processes and the exchange. The model paradigm gives cause of a new way to quality assurance the model, as the collaboration features the use of discipline models. To obtain a smoother quality assurance process in assembling the discipline models, it is recommended that project organization use both internal and external clash detections with focus domains.

The employment of standards and tools needs to be implemented on all levels of the organization. This will ensure a full usage of all aspects of the functions of the tools. The management as well as the employees must contribute to the dispersion of the gains that the new tools yield to make the change as smooth as possible. The change process is divided into different phases with different challenges and focus domains. This diversification demands that the board of directors plan the implementation. That way the new tools and processes expand to all corners of the organization.

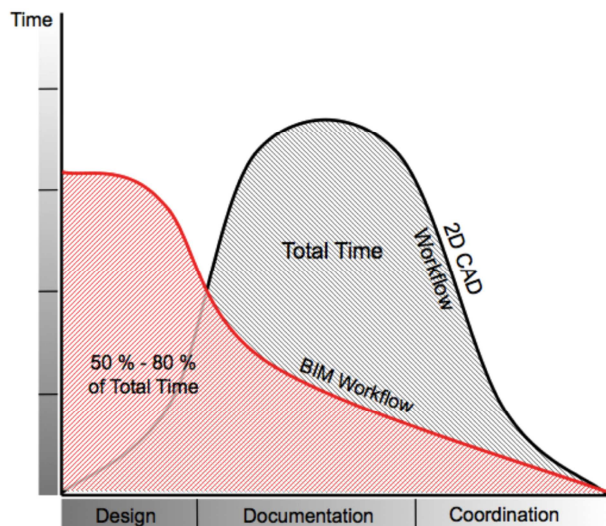
INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Indledning	1
1.1. Virksomhedsbeskrivelse.....	2
1.2. Casebeskrivelse.....	3
1.3. Initierende problemstilling.....	4
1.4. Initierende problemformulering.....	4
2. Metode.....	5
2.1. Undersøgelsesdesign.....	5
2.2. Rapportens formål.....	8
2.3. Rapportens struktur.....	9
2.4. Contextual Design.....	12
2.5. Afgrænsning.....	18
3. Skiftet fra 2D/3D til BIM.....	19
3.1. Den forhenværende arbejdspraksis.....	19
3.2. Den nuværende arbejdspraksis.....	27
3.3. Forandringsanalyse.....	49
3.4. Opsamling af analyseresultater.....	64
4. Løsningsforslag.....	69
4.1. Opsætning af forsøg.....	69
4.2. Analyse af projektspecifik IDM.....	71
4.3. Teamwork og IFC Eksport til ingeniør.....	75
4.4. Ingeniørens arbejdsproces.....	82
4.5. Kollisionskontrol og rapportering i Solibri.....	85
4.6. Delkonklusion.....	92
5. Diskussion af løsningsforslag.....	94
5.1. IDM.....	94
5.2. Fællesmodel i teamwork.....	96
5.3. IFC.....	98
5.4. Solibri.....	101
6. Retningslinjer for løsningsforslag.....	105

6.1.	Retningslinjer for udvekslinger	106
6.2.	Indblik i modellens detaljeringsgrad ift. fase	107
6.3.	Koordinering og brug af software og koordinatorrolle	108
6.4.	Kompetencer for koordinering af fællesmodel	109
6.5.	Opfyldelse af tværfaglige informationsbehov	109
7.	Konklusion.....	111
8.	Ledelsesmæssige perspektiver for fremtidig forandring.....	113
8.1.	Skabe en nødvendighedsfølelse	113
8.2.	Dannelse af en magtfuld koalition.....	114
8.3.	Udvikling af en vision.....	115
8.4.	Udbredelse af vision.....	116
8.5.	Fjernelse af modstand.....	116
8.6.	Brugen af kortsigtede sejre.....	117
8.7.	Udvid forandringen på eksisterende forbedringer	117
8.8.	Forandring i kulturen	117
9.	Billedliste	119
10.	Bibliografi.....	121
11.	Appendix.....	124
12.	Bilag	125

1. INDLEDNING

Der stilles stadig større og større krav til projekteringsarbejdet i byggebranchen. Dette sker igennem krav og retningslinjer fra de offentlige myndigheder, i form af krav til digitale bygningsmodeller og digitalt udbud. Kravene til et digitalt byggeri giver anledning til en fælles forståelse og begrebsafklaring hvilket findes indenfor BIM begrebet. Begrebet omhandler definitioner og sammenhænge mellem objekter, som digitale bygningsmodeller udgøres af. Objekterne udstyres med informationer samt processer, som skal yde økonomiske og ressourcemæssige fordele for virksomhederne. Denne tankegang ændrer samtidig på arbejdsstrukturen, da den er fortaler for et tættere samarbejde imellem aktørerne på et projekt. Samtidig indbefatter begrebet en tidligere beslutningstagen af designmæssige årsager. Denne tidlige beslutningstagen skal minimere omkostningerne ud fra præmissen, at beslutninger er billigere, jo tidligere de er taget. Dette illustreres i nedenstående graf, hvor der sammenlignes med det generelle beslutningstidspunkt ved brug af 2D. (Graphisoft, 2014)



Billede 1: Illustration af beslutningstidspunkt, 2D versus BIM (Graphisoft, 2014)

For at udbrede BIM vil der i 2016, træde en lov i kraft i England. Denne dikterer, at alt offentligstøttet byggeri skal foregå på *level 2* BIM, som indebærer separate fagmodeller med tilknyttet data, der løbende under projektets levetid, samles til fælles modeller med faglighedernes samlede informationer. Forretningsdata såsom tid og økonomi, bliver styret af entreprisens planlægningssoftware. Dette medføre, at bygningsmodellerne kan anvendes til 4D planlægning og/eller 5D omkostningsinformationer.

I forbindelse med denne lov, udarbejdes der årlige rapporter, der skal vise udviklingen af brugen af BIM i byggebranchen i England. Ifølge National BIM Report 2014(NBR 14) fremgår det, at 54 % af de adspurgte har kendskab til og bruger BIM i deres arbejde og ligger man den mængde, der kun har kendskab til BIM oveni, får man 95 %. I rapporten fremgår det yderligere, at 95 % i 2013 svarede, at de inden for 5 år vil anvende BIM. Det giver en indikation om, at inden for ganske få år, vil størstedelen af byggebranchen bruge BIM i deres arbejde. Derfor er det nødvendigt, at der lægges en indsats i at udbrede viden om det generelle arbejde i et BIM modelleringsværktøj og tilhørende processer og ydermere hvordan samarbejde på tværs af BIM værktøjer foregår. Dette understøttes yderligere af statistikken der også viser, at der inden for de næste fem år vil være en stor mængde virksomheder, der ingen eller utilstrækkelig erfaring har med anvendelsen af BIM på projektniveau og derfor har behov for en kompetenceopbygning. (National Building Specification (NBS), 2014)

I Danmark er der lavet tilsvarende bekendtgørelser og undersøgelser, som fra 1. april 2013 trådte i kraft. Analyserne er fra sommeren 2014 og viste at 36 % af medlemmerne af DANSKE ARK har deltaget i undersøgelserne og halvdelen af dem anvender BIM, men det er sjældent, at de adspurgte virksomheder møder IKT kravene, selvom det omhandler projekter, hvor lovgivningen gælder (DANSKE ARK, 2014). Bekendtgørelserne rammer det danske byggeri, da alt offentligt og offentligstøttet byggeri samt renovering med en samlet entreprisenum på over 5 mio. kroner og almennyttigt byggeri samt renovering heraf med en samlet entreprisenum på over 20 mio. kroner er omfattet af bekendtgørelsen. (Retsinformation, 2011a) (Retsinformation, 2011b)

For at undersøge påvirkningen af ovenstående krav og bekendtgørelser har projektgruppen haft kontakt til en arkitektvirksomhed, som har skiftet projekteringsværktøj med henblik på at anvende BIM i projekteringen. Virksomheden og rammerne for skiftet af projekteringsværktøj er beskrevet nedenfor.

1.1. VIRKSOMHEDSBESKRIVELSE

Virksomheden er en mellemstor tegnestue beliggende i København, etableret i 2006. Tegnestuen har 15 ansatte og har kompetencer indenfor rådgivning på tværs af alle arkitektfagets opgaver og markedsfører sig ligeledes ved at have kompetencer i bæredygtigt byggeri. Tegnestuen har vundet mange priser gennem projekter, som indeholder elementer af byplanlægning.

Arkitektvirksomheden har gennem flere af deres projekter, brugt eksterne rådgivere til at hjælpe dem på fagområder, hvor deres kompetencer ikke var fyldestgørende eller hvor virksomheden mente, at de kunne blive bedre. Det er denne tankegang, de anvendte, da de indgik aftale med et konsulentfirma på et nuværende projekt. Dette firma fungerer som konsulent på projektet og bistår arbejdet med BIM software i virksomheden i form af Graphisoft's ArchiCad 18, som skal bruges på projektet.

Samarbejdet er indtil videre udmundet i et tre dages kursus, hvor et projektteam fra tegnestuen er blevet undervist i brugen af ArchiCad 18. Ud fra dette kursus er der ligeledes blevet udarbejdet et *white paper*, som beskriver tekniske handlinger i softwaren, som f.eks. håndtering af data i diverse bygningslementer.

Som opfølgning tilbyder konsulentvirksomheden løbende assistance ved hjælp af ugentlige *floor walks*, hvor de har en udsendt fra virksomheden tilstede ved tegnestuen til at hjælpe med eventuelle problemer, samt den generelle koordinering af arbejde. Dette samarbejde løber i tre måneder, hvorefter arkitektvirksomheden skal tage stilling til en fuld implementering af softwaren i virksomheden.

1.2. CASEBESKRIVELSE

Projektet hvor ArchiCad skal anvendes er et boligprojekt i Ørestadsområdet omkring Bella Center, der består af flere sammenhængende karréer, der samlet set, danner en lukket karréstruktur om et fælles gårdrum. Projektet omhandler en karré, der består af 112 boliger.

Bygherren på projektet er en virksomhed, der udvikler ejendomme i Storkøbenhavn. Deres primære fokus er at udvikle boliger, nye erhvervsbygninger og omdanne tidligere industribygninger til tidssvarende kontorer. Bygherren lægger vægt på, at deres udviklingsprojekter stemmer overens med Københavns vision om at blive mere grøn, således deres boligkoncept er indrettet i grønne og hjemlige omgivelser og deres kontorkoncept understøtter og integrerer virksomhedens brand, så rammerne tilfører værdi til alle involverede. Bygherren har kompetencer i udvikling, myndighedsbehandlinger, byggestyring til udlejning og salg. Ydermere har de et tæt samarbejde med deres datterselskab, som er specialist i entreprisstyring.

Selve designet for området omkring Bella Center tager udgangspunkt i en udarbejdet masterplan for området. Omdrejningspunktet er her de centrale pladser og grønne arealer omkring Bella Center, som er forbundet med kvarterets gennemgående alléer. Det er i disse arealer at beboere, conferencegæster og cykelister mødes.

Arkitekturen til projektet skal på nytænkende vis fortolke den klassiske københavnermåde at se karréstrukturen på, både i sit udtryk og med materialer med lang holdbarhed og patineringssevne.

De projekterende parter på projektet består som nævnt af en mellemstor arkitektvirksomhed, som med deres forslag vandt opgaven i samarbejde med en af landets største ingeniørvirksomheder.

Ingeniøren er en rådgivervirksomhed, hvis vision er *Masterminding Sustainable Progress*, hvilket vil sige, at de ønsker at levere innovative og bæredygtige løsninger.

Ingeniørvirksomheden leverer ydelser i en hver tænkelig ingeniørdisciplin og proces, hvoraf BIM også er en af dem. Deres projekter indeholder BIM processer for at de kan anvende modellen som kommunikationsmiddel, samt til konsistens- og kollisionskontrol. Disse processer ses som en del af kvalitetssikringen og gør udbud med mængdeudtræk fra modellen muligt.

Der er ikke fastsat nogen tidsramme for projektet endnu, lige såvel som bygherren ikke har valgt entreprenører, hvilket kan være et produkt af projektets nuværende stadie. Et overslag på anlægssummen er beregnet ud fra en kvadratmeterpris på knap 11.000 kr/m², hvilket i alt løber op i 117.000.000 kr. (Se Appendix 1 – Interview 1)

1.3. INITIERENDE PROBLEMSTILLING

IKT bekendtgørelsens krav vedrørende anvendelsen af 3D bygningsmodeller kan skabe incitament for, at danske rådgivervirksomheder får skiftet 2D projekteringsværktøj ud med et BIM program, da de retsligt, ikke ville kunne få de ønskede opgaver fra det offentlige.

Virksomheden er en af de virksomheder, der for nyligt har skiftet AutoCAD ud med ArchiCad for at kunne efterleve lovgivningen. Dette skifte har ligeledes betydet, at virksomheden har været nødsaget til at indhente ekspertise fra en konsulentvirksomhed, som har den tilstrækkelige viden omkring opbygningen af de digitale bygningsmodeller og de processer der går ind i at udarbejde disse på tværs af projektteammedlemmer og ligeledes på tværs af fagligheder.

Projektgruppen har på indledende møde, med arkitektvirksomheden d. 24. september 2014, fået et overordnet indblik i deres arbejdsprocesser før og efter deres udskiftning af projekteringsværktøj. Ydermere er deres overordnede organisationsstruktur, hvilke supplerende arbejdsredskaber virksomheden bruger i deres hverdag og hvilke problemer de har stødt på i forbindelse med deres projektering før og efter systemskiftet blevet debatteret. Til sidst blev virksomhedens tanker og visioner til brugen af projekteringsværktøjet ArchiCad, belyst. Som følge af systemskiftet har virksomheden skulle gennemgå et paradigmeskifte, da de går fra at skulle projektere i 2D/3D til at projektere i 3D med parametriske objekter, hvor der lagres informationer i objekterne. Dette har medvirket til, at der er sket ændringer i arkitektvirksomhedens arbejdsprocesser. Disse nye arbejdsprocesser indebærer selve den parametriske forståelse og nye arbejdsvaner i forhold til at tegne streger i 2D, men det åbner også op for en lang række muligheder, som kan optimere kvaliteten af deres arbejde og på sigt reducere omkostninger.

På mødet blev der lagt vægt på, hvilke problemer arkitekten var stødt på, i særdeleshed efter skiftet til ArchiCad og her kom det frem, at der var indledende styrings- og koordineringsudfordringer internt, som dermed viste vigtigheden af kommunikation og et tæt samarbejde når der er tale om et BIM system. Da disse udfordringer kan have konsekvenser for det eksterne arbejde på tværs af fag, er det fundet relevant at undersøge både de interne udfordringer for virksomheden og de nye processer systemet skaber, samt de eksterne konsekvenser et skifte i paradigme på det specifikke projekt, kan have for f.eks. udvekslinger.

1.4. INITIERENDE PROBLEMFORMULERING

Som det er observeret i casen og hvad tallene fra NBR 14 og DANSKE ARK fortæller, så står branchen overfor en stor mængde virksomheder, der ikke har stor eller slet ingen erfaring i koordineringen og styringen af en BIM projektering. Dette giver anledning til en undersøgelse af:

"Hvordan virksomheder, med fornævnte forudsætninger, på bedst muligvis kan indgå i en BIM projektering med særlig henblik på koordinering, styring og udveksling?"

For at kunne analysere på koordineringen af arbejdet i en BIM projektering vil der i det følgende blive skabt et overblik over specialets metoder og teorier der anvendes til at afdække emneområdet. Derudover beskrives rapportens formål og struktur som skal hjælpe til at anskue relevansen for den enkelte læser, samt give et overblik over rapportens indhold.

2. METODE

Følgende afsnit har til formål at belyse metodiske overvejelser, som projektgruppen har gjort sig. Her vil der være en beskrivelse af det valgte undersøgelsesdesign, som inkluderer hvilket case studie, der ligger til grund for specialet og hvordan dataopsamling er foretaget. Herefter oplyses rapportens formål, som vil give læseren en ide om specialets relevans for den enkelte. Dette afsnit suppleres med en overordnet gennemgang af specialet. Til sidst vil strukturen på specialet blive illustreret og vise læseren, hvilke metoder og teorier der er anvendt, samt hvorfor de er anvendt og i hvilken sammenhæng.

Specialets emne anses for at være af overvejende samfundsvidenskabelig natur. Derudover vil der være begreber fra den naturvidenskabelige metode datalogi, som vedrører læren og behandlingen af data. Til udarbejdelsen af indeværende metodeafsnit, er bogen "Den skinbarlige virkelighed – vidensproduktion i samfundsvidenskaberne", anvendt. Denne beskriver forskellige undersøgelsesdesign til samfundsvidenskabelige studier af organisationer og virksomheder. Bogen er derfor brugt af projektgruppen som inspiration til valg af de forskellige metodiske aspekter i en samfundsvidenskabelig undersøgelse. (Andersen, 2013)

2.1. UNDERSØGELSESDSIGN

Et undersøgelsesdesign skal ses som måden, hvorpå projektgruppen har indsamlet, analyseret og fortolket data med henblik på at kunne svare på en problemstilling. (Andersen, 2013)

2.1.1. SINGLE CASESTUDIE

Der er taget udgangspunkt i single casestudier, som vil sige, at casen udelukkende omhandler én organisation. Der er tre forskellige typer af single casestudier:

- Casen er kritisk – stiller sig kritisk overfor kendt viden
- Casen er Unik – opstiller en, i undersøgelsesøjemed, ny kombination af teori og virksomhed
- Casen er fænomenafslørende – undersøger et fænomen som ikke før er undersøgt

Indeværende speciale er anset som unik i og med at virksomheden ikke før har været mål for en undersøgelse vedrørende skiftet af modelleringsværktøj. (Andersen, 2013)

2.1.2. INDUKTIV/DEDUKTIV

Der findes to metoder, hvorpå vidensproduktion kan opnås, ifølge litteraturen. Deduktion eller Induktion. Deduktion tager udgangspunkt i, at man anskuer generelle forhold og derudfra konkluderer på enkelte tilfælde. Induktion fungerer modsat og vil sige, at man tager udgangspunkt i et enkelt tilfælde og derefter tilslutter sig en generel forståelse. (Andersen, 2013)

I indeværende speciale er der, i form af førnævnte single casestudie, anvendt en overvejende induktiv fremgangsmåde. Dette vil sige, at specifikke udsagn og situationer fra casen, afprøves på relevante teorier, som kan hjælpe med at belyse løsninger for den givne virksomhed. Der er

dog også anvendt aspekter fra deduktion, da virksomhedens situation er beskrevet ud fra en generel forståelse og statistik fra byggebranchen. Derudover er der, i forsøgene af løsningsforslag, anvendt en videnskabelig hypotetisk deduktiv metode, som tager udgangspunkt i et "videnskabeligt problem" (problemformuleringen), som der opstilles en hypotese for. Disse sammenholdes derefter med et forsøg eller eksperiment som efterfølgende diskuteres og udmunder i et løsningsforslag. (Henriksen, 2010)

2.1.3. DATAINDSAMLING

Et casestudie udgøres af kvantitative og kvalitative dataindsamlingsteknikker. Disse indsamles som primære og sekundære kilder. De primære ses som data, projektgruppen selv har udarbejdet og sekundær for data andre har udarbejdet og som projektgruppen har anvendt. De kvalitative data anvendes for at undersøge fænomener, som er svære at iagttage og måle, hvorimod de kvantitative data anvendes til at oplyse om matematiske, eller talfikserede oplysninger som f.eks. statistik. (Andersen, 2013)

I indeværende speciale er der anvendt følgende dataindsamlingsteknikker:

- Primære kvalitative data
- Sekundære kvalitative data
- Sekundære kvantitative data

Primære kvalitative data

Der er foretaget interviews med casens virksomhed for at belyse deres situation og eventuelle problemstillinger. Interviewene er udarbejdet ud fra det delvist strukturerede interview. Her har interviewer en grundlæggende viden omkring det emne, som interviewet omhandler og interviewer benytter samtidig, typisk en interviewguide til at styre interviewet. Dette skal sikre, at alle relevante spørgsmål bliver besvaret. (Andersen, 2013)

Projektgruppen har til interviewene udarbejdet spørgsmålene på forhånd og sendt dem til den interviewede før interviewet. Under selve interviewet er spørgsmålene brugt som guide for, hvor langt man er kommet og for at sikre, at man får besvaret det som var hensigten.

Derudover er der anvendt principper fra Contextual Design og trinnet der i, kaldet *contextual inquiry*. Dette har projektgruppen anvendt, da denne dikterer, at man opsamler data om det eksisterende system først og derefter om det nye system, som skal erstatte det tidligere.

Det første interview har til formål at belyse den forhenværende, samt gældende arbejdspraksis i virksomheden samtidig med, at interviewet skal give projektgruppen en idé om eventuelle problemer virksomheden har oplevet i den forhenværende arbejdspraksis. For transskription af interviewet se Appendix 1 – Interview 1.

Det andet interview som projektgruppen har foretaget, vedrører virksomhedens arbejde i det nye system og hvilke overvejelser og udfordringer dette har medbragt. Dette interview bliver brugt til den videre analyse, hvor projektgruppen vil kortlægge årsager til udfordringerne. Lydfilen for dette interview ses i Appendix 2 – Interview 2.

Citater fra interviews vil i specialet fremstå som projektgruppens fortolkninger af udsagnene fra transskriptionen og lydfile. Dette er fundet nødvendigt for at frembringe essensen af udsagnet for læseren og dermed give en bedre læse oplevelse. Derudover vil de interviewede parter bliver refereret til ved deres initialer, for at bevare deres anonymitet.

Sekundære kvalitative data

Som supplement til informationerne opsamlet i interviewene, er der anvendt sekundære data kilder i form af udleveret materiale fra virksomheden, såsom byggeprogram og beskrivelser af arbejdsmetoder i en såkaldt *white paper*.

Disse data anvendes ligeledes til at få en mere omfattende viden omkring virksomhedens generelle struktur.

Sekundære kvantitative data

For at tilegne sig viden omkring de generelle forhold i byggebranchen og dennes situation i forhold til specialets emne, er der indhentet sekundære kvantitative data i form af relevant statistik.

2.1.4. RELIABILITET/VALIDITET

Undersøgelsens reliabilitet og validitet skal ligeledes med i de metodiske overvejelser. Reliabilitet skal forstås som måden, hvorpå man sikrer, at målinger der er foretaget i undersøgelsen, er foretaget korrekt. Dette kan illustreres ved, at man sikrer, at de interviewede parter er repræsentative for undersøgelsens emne. En kvalitativ undersøgelse vil dog oftest være svær at måle og vil derfor mere omhandle en begrundet argumentation for de udvalgte metoder for dataindsamling og analyse. Validitet betyder, at det undersøgte har grund i undersøgelsens emne og virkeområde.

Ovenstående begreber skal være med til at reducere subjektiviteten i specialet og på den måde gør det indsamlede empiri til troværdigt data på emnet. Projektgruppen har udvalgt følgende tiltag for at sikre reliabiliteten og validiteten i specialet:

- Anvendt nøje udvalgt software som er testet og anerkendt til de tekniske forsøg
- Transskription af interviews, samt lydfil sikrer reliabiliteten
- En nøje fortolkning af interviews, igennem brugen af konceptuelle modeller
- Gennemskuelighed i dataindsamlingen, ved brug af kilder, citater, etc. (Guba, 1990)

Det skal dog siges, at man i efterfølgende undersøgelser er nødsaget til at finde en virksomhed i samme situation og fase, for at kunne genskabe de resultater, der er til stede i indeværende speciale.

2.1.5. KILDEKRITIK

I indeværende undersøgelse er der anvendt kilder af forskellig art. Disse kilder er nøje vurderet og fortolket for at klarlægge, om den individuelle kilde er relevant og troværdig for specialet. I det følgende vil de forskellige former for kilder blive beskrevet. Deres relevans og troværdig omtales ligeså.

Bøger, rapporter og videnskabelige artikler:

Søgning og indsamling af litteratur er foretaget ud fra eksisterende litteratur, som er fundet relevant for emnet i specialet. Denne litteratur er vurderet ud fra, hvor troværdig den menes at være, om den har en nutidig relevans (forældet eller ej) og forfatterens faglige kendskab til emnet. Litteratur skrevet af anerkendte forfattere på området er vurderet som troværdige, da disse må anses for at have en fyldestgørende viden omkring deres virkeområde.

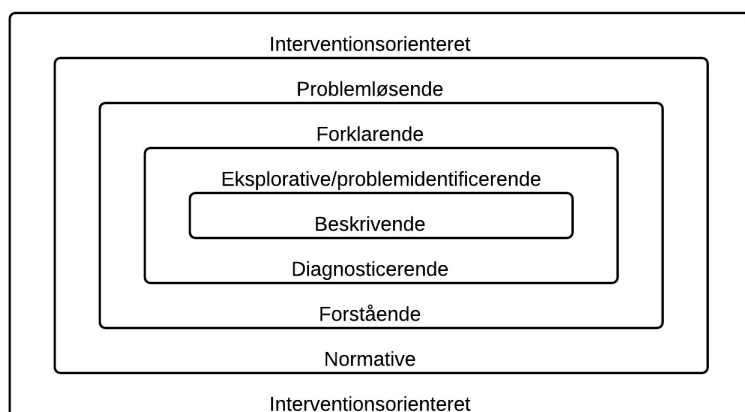
Hjemmesider:

Til overordnet viden og begrebsklarlægning er der i specialet anvendt diverse hjemmesider. Projektgruppen har her forholdt sig kritisk til informationen, da det ikke altid er gennemskueligt, hvem der har skrevet de specifikke afsnit og hvornår. Hjemmesider omhandlende virksomheder, myndigheder og lignende bliver vurderet som yderst troværdige og dermed brugbare i specialet. Statistik fundet på internettet er ligeledes vurderet ud fra relevans og troværdighed f.eks. ved hjælp af dato for den givne statistiske analyse.

For en komplet oversigt over kilder se 10 Bibliografi.

2.2. RAPPORTENS FORMÅL

Rapportens formål er nødvendig at få klarlagt så tidligt i processen som muligt for at sikre, at de data, man indsamler og behandler, har relevans for emnet. Dette er således et trin i afgrænsningsprocessen, hvor man sikrer, at der favnes tilpas bredt uden at miste overblikket. På den måde har formålet også indvirkning på, hvad der bliver undersøgt og hvordan det indsamlede data bliver undersøgt. Formål kan kategoriseres på følgende måder: (Andersen, 2013)



Billede 2: illustration af niveauinddelte formål

Den ovenstående niveauinddeling af formål kan anvendes i indeværende speciale. Ved hjælp af dataindsamling, projektgruppens kompetencer og den givne case forventes det, at specialet udmunder i en problemløsende rapport, som kan gavne både casens virksomhed, såvel som virksomheder, der står i en lignende situation. Specialet begynder beskrivende med at klarlægge et generelt problem ved hjælp af den initierende problemformulering. Dette problem gøres derefter relevant til casen, hvor virksomhedens forhenværende- og nuværende arbejdspraksis skal bidrage med at identificere og forklare problemet mere specifikt. Denne forklaring uddybes gennem diverse analyser for at kunne klarlægge et konkret problem og en endelig problemformulering. Herefter analyseres og testes udvalgte procesforslag, som skal bidrage til en endelig problemløsning. Specialet afsluttes med en perspektivering, hvor løsningsforslagene anskues fra et ledelsesmæssigt synspunkt og hvor der analyseres på mulige fremtidige udfordringer ved implementeringen af disse.

Specialets emne findes relevant, da der ikke førhen er udarbejdet en lignende undersøgelse, hvor systemudviklingsmetoder såsom Contextual Design og organisationsteorier som Leavitt's systemmodel, anvendes sammen for at løse det specialespecifikke problem, omhandlende koordinering af en BIM projektering i en arkitektvirksomhed.

2.3. RAPPORTENS STRUKTUR

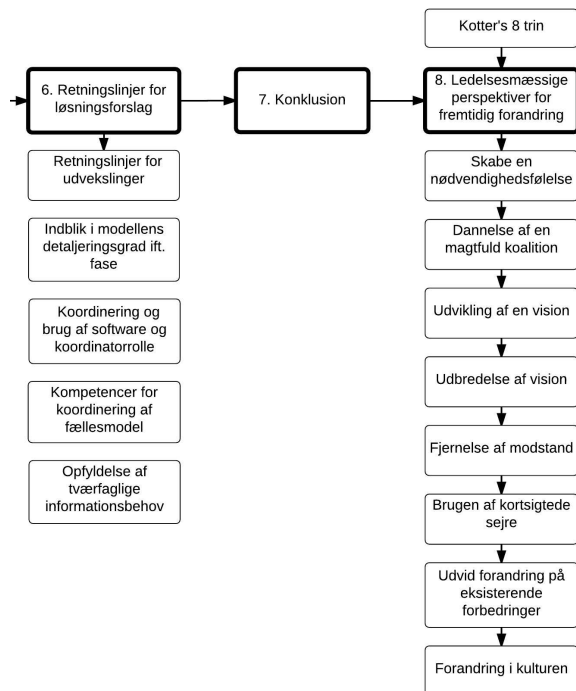
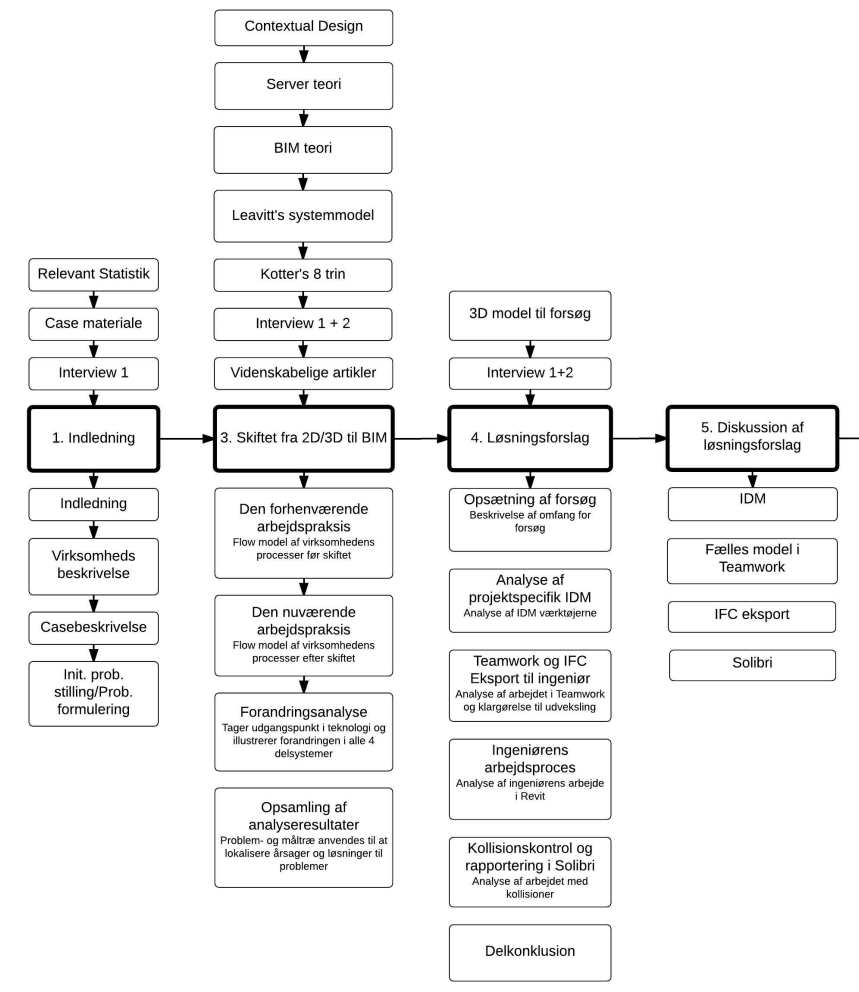
Rapportens struktur er inspireret af ideen bag IDEF0 modellen, som kan læses i Appendix 3 – IDEF0. Denne model anvendes som en metode til at tilegne sig et overblik over et systems funktionalitet. Dette opnås gennem en visualisering af hver del af systemet og hvordan denne styres og bidrager til det overordnede system. (Rasmussen, 1996)

Rapportstrukturen er visualiseret i en model på Billede 3 nedenfor og er beskrevet i det følgende.

Modellen udgøres af specialets kapitler, som er markeret med fed. Disse indgår i en sekventiel orden, hvor det foregående kapitel agerer input til det efterfølgende. Over hver kapitel ses den litteratur, eller information som findes nødvendig til at udarbejde de afsnit, som kapitlet vedrører og kan altså anses som *Control* fra teorien. Under hvert kapitel ses afsnit som kapitlet indeholder og i visse tilfælde, udstyres disse med en overordnet beskrivelse af afsnittet. Disse kan på den måde ses som *Mechanism*.

Rapportens struktur bærer således præg af projektgruppens proces. Derfor vil rækkefølgen på afsnittene indikere den vidensopsamling som projektgruppen er gennemgået for at kunne opnå de resultater som er tilfældet.

I udarbejdelsen er der, som vist i modellen anvendt en bred vifte af teorier, værktøjer og metoder til at understøtte afsnittene. Disse er yderligere beskrevet i det følgende.



Billede 3: Rapport struktur model

2.3.1. TEORIER, VÆRKTØJER OG METODER

De forskellige teorier og metoder er listet op ud fra rækkefølgen som de indgår i, i specialet.

- **IDEF0:**
Ideen bag denne model, anvendes som nævnt af projektgruppen som procesværktøj og derudover som redskab til at få et overblik over sammenhængen af rapportens separate kapitler.
- **Contextual Design:**
Der er her anvendt konceptuelle modeller i form af *flow model* og *cultural model*. Disse er brugt af projektgruppen for at skaffe sig overblik over den case specifikke virksomheds arbejdspraksis, samt at tilegne sig en viden omkring virksomhedens ansatte og deres forståelse og kompetenceniveau. Derudover bruges metoden gennem den såkaldte *artifact model*, som skal illustrere, hvordan virksomheden anvender det nye system. Dette bidrager til en forståelse af, hvad et eventuelt løsningsforslag skal tage højde for. Til sidst anvendes *sequence model* fra metoden til at illustrere specialets løsningsforslag.
- **Leavitt's systemmodel:**
Anvendes til at illustrere og beskrive, hvilken indflydelse et teknologiskifte har på organisations aktører, struktur og hovedopgave.
- **Kotter's 8 trin:**
Teorien anvendes først og fremmest i forbindelse med ovenstående, hvor den bidrager til at kunne beskrive den mulige kulturændring og modstand, der kan opstå ved et modelparadigmeskift. Herefter skal teorien anvendes i sammenhæng med en fremtidig implementering af specialets løsningsforslag, hvor projektgruppen vil klarlægge, hvilke problemstillinger virksomheden kan stå overfor og hvordan den bedst mulig undgår/fjerner disse.
- **Logical Framework Approach (LFA):**
LFA bruges til at opsamle de problemer analysen viser, virksomheden står overfor. Efterfølgende undersøges problemernes årsager og virkninger for at kunne anskue mulige løsninger på disse. Arbejdet med LFA metodens problemtræ og måltræ gør projektgruppen i stand til at udarbejde en endelig problemformulering som skal besvares igennem de tekniske forsøg og løsningsforslaget.

Da Contextual Design metoden, af projektgruppen, anses for at indeholde centrale værktøjer til analyse af specialets emne, er denne beskrevet yderligere nedenfor. En mere dybdegående beskrivelse af de øvrige teorier anvendt i specialet findes i Appendix 4 – Leavitts systemmodel, Appendix 5 – Forandringsledelse og Appendix 6 – Logical Framework Approach. Denne placering i appendix er fundet nødvendigt for at bevare flowet i specialet.

2.4. CONTEXTUAL DESIGN

Contextual Design er tænkt som en metode, som systemudviklere anvender til en brugercentreret udviklingsproces, hvor brugerne af det fremtidige system bliver involveret i hele udviklingsprocessen. Metoden består af syv trin og starter allerede før den egentlige systemudvikling, da udviklerne undersøger den tidligere arbejdspraksis for brugerne af systemet, så de får en forståelse for, hvad det nye system skal kunne udføre af arbejdsopgaver. Fra den indledende undersøgelse af arbejdspraksis, til test af systemet med brugerne, er der som nævnt syv trin og disse trin skal anses som en iterativ proces, hvor trinnene køres igennem flere gange for at sikre, at alt data om brugernes arbejde er indsamlet og indarbejdet i systemet. Trinnene er som følger: *Contextual inquiry, Work modeling, Consolidation, Work redesign, User environment design, Mock-up and test with customers* og *Putting into practice*. (Holtzblatt & Beyer, 1998)

Contextual Design metoden omhandler som nævnt udviklingen af et nyt system som skal erstatte et eksisterende igennem brugen af nogle forskellige trin og modeller. I forhold til indeværende speciale virker dele af metoden relevant i og med specialet omhandler skiftet fra 2D/3D projektering til BIM projektering. Projektgruppen har derfor udvalgt de trin og modeller som findes relevant i forhold til opgaven og suppleret dem med organisationsteorier for at gøre metoden mere fokuseret på projekteringen på en byggesag. Der er på den måde udelukkende anvendt aspekter som findes relevante for skiftet og ikke for udviklingen af et nyt system, da dette er uden for specialets virkeområde. Derfor er trinnene fra Consolidation og fremefter ikke anvendt i indeværende speciale. Denne afgrænsning er ligeledes foretaget, da et valg af metoder som ikke stemmer overens med specialets formål, kan skabe forkerte retningslinjer for projektgruppen og medvirke at problemstillinger og udfordringer bliver overset til fordel for at anvende, de i forhold til metoden, rette processer. Derudover har projektgruppen ikke haft mulighed for at involvere brugerne på det niveau som Contextual Design påkræver, både på grund af logistiske begrænsninger og fordi "det nye system" allerede er taget i brug i virksomheden. Beskrivelse af de anvendte organisationsteorier som involveres i Contextual Design trinnene kan læses i Appendix 4 og Appendix 5. Hvordan de forskellige teorier og metoder anvendes kan læses i afsnit 2.3.

2.4.1. CONTEXTUAL INQUIRY

Første trin omhandler indsamling og analysering af data. Her interviewes brugerne separat, imens de udfører deres arbejde. Denne interviewform anvendes, da den giver muligheder for at interviewereren kan komme med uddybende spørgsmål undervejs i arbejdsprocessen. Hver bruger interviewes således ud fra deres arbejdsproces og på den måde får man en masse information omkring de forskellige måder brugeren anvender det eksisterende system på og giver derfor udvikleren en idé om alle de forskellige måder systemet kan anvendes på. Al den information bliver derefter gransket og sammenholdt i såkaldte *interpretation sessions*, hvor udviklingsteamet kommer med deres synspunkter og opfattelser. Dette bruges til at få en fællesforståelse for, hvordan det eksisterende system anvendes og hvordan det nye system bedst understøtter denne anvendelse. Til disse *sessions* bruges *work models* til at skabe overblik og til at illustrere hvert aspekt af systemet. (Holtzblatt & Beyer, 1998)

2.4.2. WORK MODELING

Work models bruges som nævnt til at opsamle de data, der er indsamlet under interviews. *Work models* anvendes til at illustrere hver enkelt brugers arbejde på forskellige måder og med forskellige fokusområder. *Work models* anvendes også til at illustrere, når der er kommunikation eller anden form for arbejde på tværs af arbejdsstationer. Dette er ligeledes vigtigt, da disse arbejdsprocesser skal understøttes af det system, som erstatter det eksisterende. *Work models* bruges også til at vise arbejdsprocessen i trin og til at vise, hvordan brugeren anvender hvert enkelt redskab på arbejdspladsen. Metoden består af følgende *work models*: *flow model*, *sequence model*, *cultural model*, *artifact model* og *physical model*. For en mere dybdegående beskrivelse af de *work models*, som bliver anvendt i indeværende speciale se de nedenstående afsnit (Holtzblatt & Beyer, 1998)

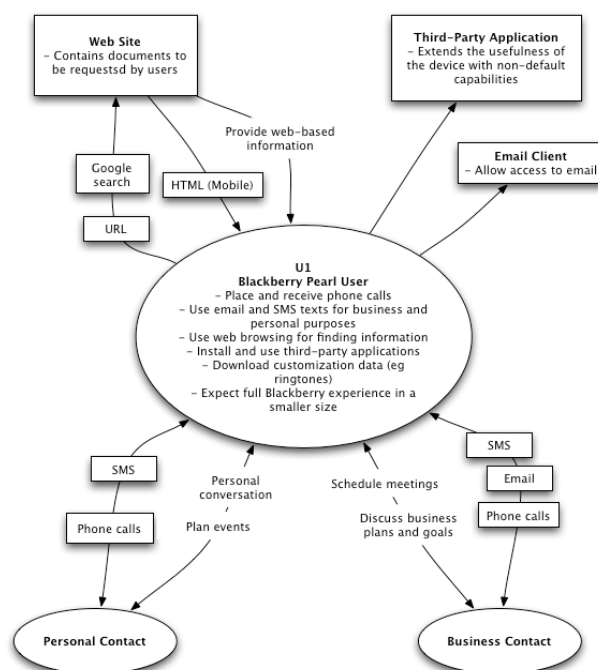
FLOW MODEL

Flow models beskriver, hvordan en organisation er opdelt i forskellige aktører og ansvarsområder. Derudover illustrerer modellen kommunikationen imellem aktørerne og hvilke redskaber de hver især bruger til denne kommunikation eller udveksling af information. Således viser en *flow model*, hvordan arbejdet er brudt op i afdelinger/aktører, som samarbejder med hinanden for at udføre en specifik opgave.

Modellen opbygges ved hjælp af bobler, hvor hver enkelt fungerer som en person eller gruppe i organisationen. Boblerne defineres ud fra en jobbeskrivelse og et ansvarsområde som personen eller gruppen varetager. Herefter illustreres *flowet* i organisationen i form af pile imellem boblerne. Dette *flow* kan foregå på flere forskellige måder, da der både kan være tale om samtale og koordinering af arbejde, eller det kan være udveksling af *artifacts*. Disse *artifacts* kan forstås som dokumenter eller e-mails, der udveksles imellem aktører og vises på modellen som bokse på *flow* pilene. Baggrunden for kommunikationen eller udvekslingen vises ligeledes på *flow* modellen i form af tekst ved *flow* pilen. Dette giver således et indblik i, hvad der

udveksles og hvorfor denne udveksling sker. For at kunne se hvilke steder

og lokaler aktørerne anvender for at løse deres opgaver, tilkendes disse også på modellen i form af en separat boks med navn på sted/lokale og en kort beskrivelse af den opgave som stedet/lokalet løser. Det sidste symbol som *flow modellen* indeholder, omhandler problemer eller afbrydninger i kommunikationer og udvekslinger. Disse kaldes *breakdowns* og illustreres



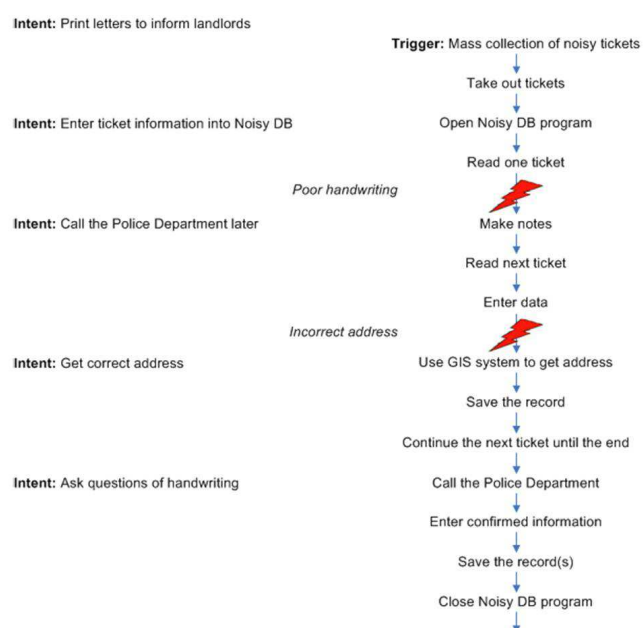
Billede 4: Eksempel på flow model (Holtzblatt & Beyer, 1998)

ved hjælp af et lyn og en kort beskrivelse af årsagen til problemet. Dette er brugbart for udvikleren, da denne kan bruge disse breakdowns til at vise, hvor det nye system optimerer *work flowet* for organisationen. For et eksempel på en flow model og de nævnte symboler kan Billede 4 anvendes. (Holtzblatt & Beyer, 1998)

SEQUENCE MODEL

Denne model viser en sekvens, som illustrerer kundens handlinger i et givent system. Sekvensen viser det forløb der påkræves, for at løse en specifik opgave i systemet. Udvikleren af et nyt system kan således anvende denne model, til at lokalisere de fundamentale trin og derigennem se hvilke funktioner det nye system skal indeholde og hvilke det kan optimere.

For at kunne optimere processen for brugeren er det nødvendigt at afklare brugerens overordnede mål. Det nye system skal således understøtte dette mål, for at blive succesfuldt. Målet kortlægges ved at anskue de beslutninger, som brugeren tager på vej mod målet. Hvor nogle valg vil vise en tvivl om, hvordan opgaven skal løses, kan andre valg fortælle udvikleren om valg, som ikke er relevante for opgaven, men som er pålagt brugeren igennem fastlåste arbejdsprocesser. Det er disse valg, et nyt system skal optimere eller eliminere, for at brugeren accepterer det. Brugeren vil udover hovedmålet for opgaven have mål, som er med til at definere brugerens proces igennem opgaveløsningen. Disse er ligeledes vigtige at inkludere i det nye system. F.eks. vil et nyt planlægningssystem miste noget funktionalitet, hvis der ikke er mulighed for at redigere i kalenderen.



Billede 5: Illustration af Sequence model (Wordpress, 2008)

For et eksempel på opbygningen af en *Sequence model* henvises der til Billede 5. Her ses hovedmålet i form af en Trigger i modellen. Dette suppleres af *Intents* eller undermål, som understøtter brugerens proces. Registrerede problemer i processen visualiseres ved hjælp af et lyn.

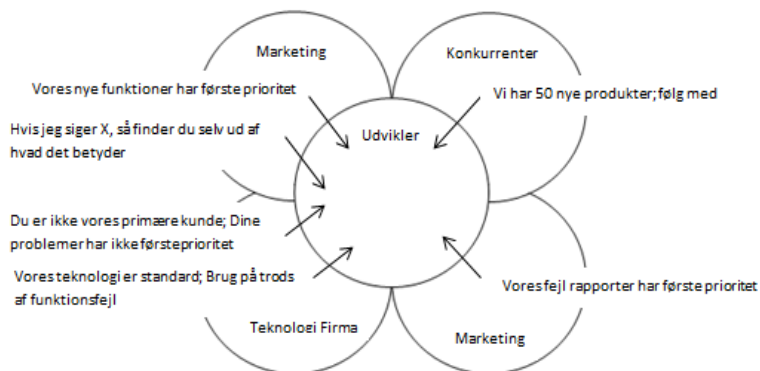
CULTURAL MODEL

Et andet aspekt i den måde som brugeren arbejder på, er den kultur, som findes i organisationen. Denne kultur er et resultat af de værdier, den forretningspolitik og de krav organisationen underlægges fra ledelsen. Denne kultur og selvforståelse skal understøttes af det nye system for, at det bliver godkendt af organisationen. F.eks. vil superbrugere af et givent kommunikationsværktøj ikke tage imod et nyt system, som taler ned til dem. Modsat vil en afdeling med novicer inden for et felt have svært ved at godkende et system som behandler dem som superbrugere. Kulturen kommer til udtryk ved den måde brugeren omtaler arbejdet og

hvordan brugeren har organiseret sig på sin arbejdsplads. F.eks. vil en stringent arbejdsplads have svært ved at acceptere et rodet design i det nye system.

Oplysningerne om kultur er svære at strukturere og analysere på. Derfor bruges *cultural models* til at give et overblik over dette aspekt af organisationen. Nedenfor ses et eksempel på en

cultural model, hvor cirklerne visualiserer forskellige parter som kunden interagerer med og hvordan deres meninger kolliderer med kundens. Meningen, der er vist, er opfanget under interviews og kommer derfor fra brugeren selv og giver et indblik i hvordan han opfatter virksomheden såvel som konkurrenter og øvrige afdelinger. (Holtzblatt & Beyer, 1998)



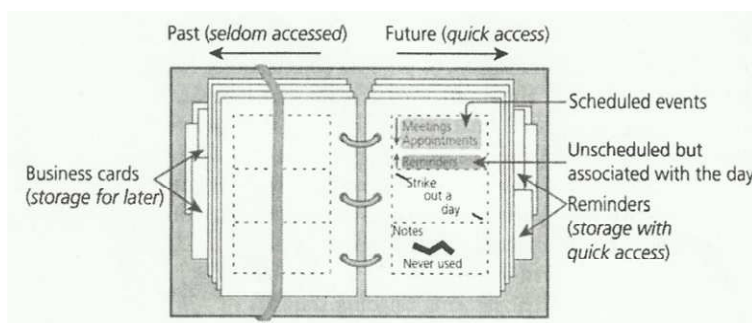
Billede 6: Eksempel på cultural model (Holtzblatt & Beyer, 1998)

ARTIFACT MODEL

For at løse forskellige opgaver bruger, ændrer og skaber personer værktøj, som kan hjælpe dem med udførelsen af denne opgave. Disse kaldes i Contextual Design for *artifacts*. En forståelse for de forskellige *artifacts* kan give indblik i, hvilke krav brugeren har til et nyt system i forhold til funktioner og muligheder. F.eks. kan det være en idé at forsøge at fusionere flere funktioner i et *artifact* til det nye system og på den måde gøre arbejdsprocessen mere enkel for slutbrugeren. Et indblik i brugernes interaktion med *artifacts* i deres daglige arbejde giver således en forståelse for deres måde at forstå arbejdet på og hvordan de bruger de værktøjer, som er til rådighed.

Forskellige brugere kan på den måde bruge det samme værktøj på forskellige måder og alle disse måder skal indarbejdes i det nye system, hvis det skal have en positiv modtagelse hos brugerne.

Informationerne omkring brugernes *artifacts* opsættes i *artifact models*, som viser de ovenstående overvejelser omkring arbejdsproces og brug af værktøjer. Modellen opbygges som en grafisk repræsentation af den givne *artifact*, som udvikleren kan notere under interviewet med brugeren. Et eksempel på en artifact model kan ses på Billede 7. (Holtzblatt & Beyer, 1998)



Billede 7: Eksempel på artifact model (Holtzblatt & Beyer, 1998)

Efter en gennemgang af metoden og de trin projektgruppen anvender, vil der i det følgende blive beskrevet hvordan projektgruppen har brugt de forskellige værktøjer metoden besidder.

2.4.3. VORES BRUG AF CONTEXTUAL DESIGN

Det første trin i metoden, *contextual inquiry*, anvendes i indeværende speciale i form af interviews med arkitekten på projektet, hvor projektgruppen har fået et indblik i deres overvejelser og problemer ved skiftet, samt deres gængse arbejdsproces. Disse interviews skal ses som en iteration, da projektgruppen i et efterfølgende interview undersøger om skiftet til det nye system er foregået som forventet. Projektgruppen har som nævnt ikke haft mulighed for at følge deres arbejdsgange på klodshold som metoden dikterer, men der er igennem tests af arkitektens arbejdsprocesser, som f.eks. arbejdet på en BIM server, opnået et indblik i hvordan deres koordinering og arbejdsfordeling er foregået og dette har givet en ide om steder der kan sættes ind for at afhjælpe diverse udfordringer og problematikker.

Ud fra de ovennævnte interviews er der udarbejdet *flow models* over den forhenværende arbejdspraksis før skiftet såvel som arbejdspraksis efter skiftet. De er udarbejdet for at få et overblik over processer og ansvarsfordeling på en projektering, da disse kan ændre sig ved skifte af et system. Denne ændring er vigtig at have for øje i forhold til at opnå den mest optimale implementering af systemet. Den første *flow model*, omhandlende den forhenværende arbejdspraksis, er udarbejdet ud fra informationer fra det indledende interview med arkitekten, samt projektgruppens generelle erfaringer og overvejelser omkring byggebranchen. Denne model bruges ligeledes til at give viden om mulige indsatsområder for et nyt system.

Herefter er der udarbejdet en *flow model* for det nye system og hvordan dette fungerer i praksis. Denne model er skabt ud fra det indledende såvel som det efterfølgende interview med arkitekten. Her vises, hvordan det nye system kan optimere processerne, imens den ligeledes visualiserer mulige problemstillinger. Disse *flow models* er således grundlag for den videre analyse om ændringen i organisationen og dennes arbejdspraksis.

Et andet aspekt i forhold til specialets emne, skiftet mellem 2D/3D og BIM er den forståelse der ligger i den parametriske tilgang som forandringen faciliterer (En kort beskrivelse af modelparadigmer kan læses i afsnit 3.2.1). For at få et overblik over holdninger og meninger omkring denne parametriske forståelse er der udarbejdet en *cultural model*, som illustrerer de observationer som projektgruppen har foretaget hos arkitekten. Disse observationer bruges fremadrettet til at vise den specifikke arkitektvirksomheds kompetenceniveau i forhold til BIM projektering og bidrager ligeledes til at synliggøre de problemer der kan opstå, hvis ikke denne forståelse er på plads. Derudover bruges modellen til at vise den kultur, der er til stede i virksomheden og som er vigtig at have fokus på, når man skal kigge på den videre implementering som er tilfældet i kapitel 8.

Den næste konceptuelle model, som er anvendt i specialet er en *artifact model*. Denne model anvendes for at illustrere, hvordan en serverløsning er anvendt på projektet for derefter at analysere om denne anvendelse er fordelagtig for den specifikke opgave og hvilke tiltag der kunne optimere brugen af værktøjet.

Til sidst har projektgruppen anvendt en *Sequence model* i forlængelse af det tekniske forsøg. Modellen har til formål at illustrere gennemgangen af projektgruppens løsningsforslag, heriblandt de forskellige retningslinjer og arbejdsopgaver disse indeholder. Modellen er fundet relevant, da den giver unikke muligheder for at dele løsningsforslaget op i undermål, som viser de forskellige aspekter der gennemgås i specialets diskussion.

På den måde anvendes aspekter fra metoden altså til at skabe overblik over parternes arbejde og ansvarsfordeling, den kulturelle selvforståelse i organisationen og måden, hvorpå værktøjer bruges til specifikke opgaver.

2.5. AFGRÆNSNING

Der er i specialet foretaget afgrænsninger af det valgte projekt. Specialet henvender sig først og fremmest til rådgivervirksomheder som står i en lignende situation som på projektet og skal til at skifte deres eksisterende modelleringsværktøj ud, med et BIM understøttet værktøj. Dette kommer til udtryk ved at der udelukkende fokuseres på projekteringen imellem de projekterende parter, arkitekt og ingeniør. Tanker og overvejelser omkring konsekvenserne ved skiftet, kan dog anvendes af alle byggeriets parter, da der er udfordringer som disse har til fælles som f.eks. en omfattende kompetenceændring.

I specialet er der fokus på den indledende fase af en projektering, da det er her virksomheden befinder sig på pilotprojektet under specialets udførelse og det har derfor kun været muligt for projektgruppen at indsamle empiri omkring denne fase. Derfor omhandler de tekniske forsøg i specialet ligeledes det indledende arbejde for virksomheden. Dette er samtidig relevant, da mange beslutninger som nævnt skal tages i starten af en projektering, når man arbejder ud fra BIM begrebet.

I løbet af Forandringsanalysen, afsnit 3.3 er der dog ligeledes analyseret på de senere faser i projekteringen for at få et indblik i, hvilke komplikationer disse skaber. Derudover omhandler specialets perspektivering den fremtidige implementering af systemet såvel som projektgruppens løsningsforslag og indeholder derfor problemstillinger vedrørende de senere faser, samt fremtidige projekter for virksomheden.

De økonomiske aspekter ved et skifte af modelleringsværktøj er ligeledes afgrænset i specialet. Da valget om skiftet er foretaget, fokuserer specialet på virksomheder som har besluttet sig for skiftet og derfor vil der f.eks. ikke være overvejelser omkring tidshorizonten for en effektiviseret arbejdsproces. Det økonomiske aspekt bliver dog berørt i afsnit 3.3 ud fra, hvilke konsekvenser de enkelte udfordringer ved skiftet vil have for virksomheden.

Den opsamlede empiri har givet projektgruppen et indblik i hvilke software virksomheden har anvendt til at løse deres opgaver og derfor vil de tekniske forsøg i specialet tage brug af denne software. På den måde sikres det, at virksomheden kan anvende de overvejelser og løsninger, som projektgruppen udarbejder i denne del af specialet. Softwaren er derudover, fra projektgruppens synspunkt, at opfatte som velkendt for branchens øvrige virksomheder. Dermed sikres det, at forsøgenes resultater er brugbare for et bredere læsersegment.

3. SKIFTET FRA 2D/3D TIL BIM

For at undersøge den initierende problemformulering er det nødvendigt at kortlægge virksomhedens udvekslingsprocesser og hvordan disse er foregået tidligere, samt hvordan de foregår på nuværende tidspunkt. Dette skal hjælpe med at give svar på i hvilket omfang virksomheden har ændret deres processer både internt og eksternt. Denne del efterfølges af en analyse af den forandring, der har fundet sted imellem de to forskellige arbejdspraksis. Analysen er på den måde opdelt i tre overordnede afsnit, som hver især indeholder uddybende teori om hvert afsnittets emner. Der er ligeledes anvendt empiri i form af de førnævnte interviews med arkitektvirksomheden. Her har virksomheden stillet den hovedansvarlige for skiftet af modelleringsværktøj til rådighed, samt et medlem yderligere fra deres projektteam. Derudover indeholder afsnittene konceptuelle modeller fra Contextual Design metoden, samt problemtræ og måltræ fra Logical Framework Approach metoden. Disse bliver introduceret og forklaret, hvor det er fundet relevant.

3.1. DEN FORHENVÆRENDE ARBEJDSPRAKSIS

Denne del omhandler som nævnt virksomhedens forhenværende arbejdspraksis og vedrører udvekslinger, kommunikationsveje og ansvarsområder i denne.

For at kunne analysere på de udvekslinger, der er fundet sted i virksomhedens gængse arbejdspraksis, er det af projektgruppen fundet nødvendigt at indsamle teori omkring servere og databaser. Dette er derudover fundet relevant, da der i den forhenværende arbejdspraksis er anvendt en server løsning, i form af et projektWEB.

3.1.1. SERVER

En server skal forstås som et program, der kører på en dertil dedikeret computer. Programmet er i stand til at modtage og afsende data, som er efterspurgt af klienten. Servere opbygges som en klient-server struktur, hvor serveren skal ses som programmet, der administreres på den dedikerede computer og klienten som det program, brugeren på en anden computer anvender til at afsende og modtage data til og fra serveren. Klienten kan både koble på serveren via en ekstern computer med en internetforbindelse, eller køre på den samme computer som serveren. Derfor kan servere anvendes af organisationer til at udveksle informationer og data som f.eks. projekter og opgavebeskrivelser.

Til dette formål kan der anvendes flere forskellige typer af servere, som lagrer og håndterer informationerne på forskellige måder. Nedenfor beskrives filservere generelt efterfulgt af et indblik i filservere med databaser. (Microsoft Official Academic Course, 2011)

3.1.2. FILSERVER

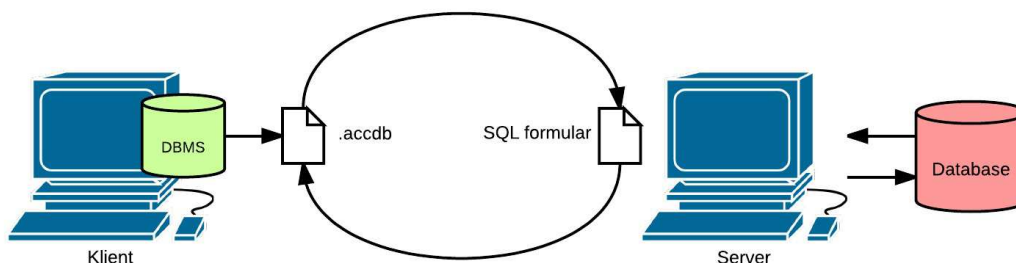
I filservere skal server forstås som et program, der har som hovedformål at levere lagringsplads for data i en organisation. Serveren tilgås fra organisationens netværk og hjælper med kommunikation og udveksling af informationer og data. Disse data kunne være dokumenter, lydfiler eller billeder. Klienten skal her ses som en arbejdsstation, som f.eks. en anden

computer. Et eksempel på en filserver kan være en FTP server, som anvender en File Transfer Protocol til at udveksle data over en internetforbindelse. Denne protokol bygger på server-klient strukturen, hvor serveren skal have installeret en FTP server og klienten skal have en FTP klient som f.eks. Total Commander, installeret. Data lagres oftest her i mapper, som visualiseret ved mappetræet i Windows stifinder. (Sarkar & Zangwil, 1992)

Database i filserver

Filservere er typisk suppleret af en tilhørende database. Dette fungerer ved, at serveren tilbyder databasetjenester så som lagring af data til andre programmer. Her anvendes server-klient strukturen igen i og med, at serveren typisk er udstyret med et DBMS (Database management system) som f.eks. Oracle Database, hvilket tillader, serveradministratoren at ændre indhold i databasen. En server database kan tilgås på to forskellige niveauer. Front-end som er den måde brugerne tilgår databasen. Dette sker igennem et interface, hvor man kan lave forespørgsler på informationer fra databasen. Back-end skal så ses som administratorens adgang, hvor man via det førnævnte DBMS får adgang til bagvedliggende data og strukturen af dette.

Kommunikationen imellem databaser og programmer foregår typisk ved hjælp af SQL (*Structured Query Language*), som oversætter brugerens efterspørgsel til et sprog som serveren forstår, hvorefter den lokaliserer informationerne i databasen og sender data tilbage til brugeren, hvis program oversætter det til et forståeligt sprog for brugeren. Nedenfor er processen illustreret ved interaktion med en database server via database programmet Microsoft Access (Ullman, 1997).



Billede 8: Illustration af data udveksling med databaseserver

3.1.3. FILSERVERE I BYGGEBRANCHEN

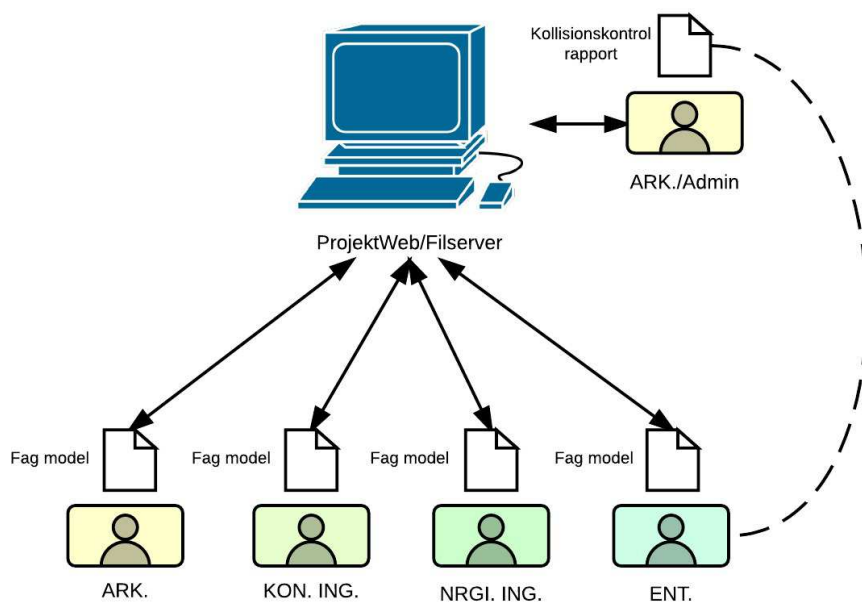
Efter en gennemgang af server- og databasemuligheder vil der i det følgende blive undersøgt, hvordan disse bruges i byggebranchen generelt. Der vil være fokus på arbejdet internt i et projektteam, såvel som eksternt på tværs af fagligheder.

ProjektWEB

Koordineringen af arbejdet på et stort projekt med tværfaglige kompetencer og ansvarsområder, kræver et samarbejdsredskab, som kan skabe overblik over tegninger, dokumenter og tidsplaner både internt i den enkelte projektgruppe og ligeledes eksternt imellem fagligheder. Her anvendes projektWEB ofte som en løsning. ProjektWEB fungerer som en filserver, hvor parterne i byggeriet kan uploade alt projektmateriale, så det er tilgængeligt for hele projektorganisationen. På den måde kan der foretages en projektstyring, hvor man igennem et mappetræ kan organisere f.eks. mødereferater efter dato og tegninger efter revisionsnummer.

Serveren understøtter ligeledes rettighedsstyring, så man kan administrere, hvem der skal have adgang til specifikke dele af projektmaterialer. (Jørgensen, et al., 2008)

En oversigt over den eksterne arbejdsproces med et projektWEB kan ses nedenfor. Internt vil processen inkludere projektteamets medlemmer i stedet for de viste fagligheder.



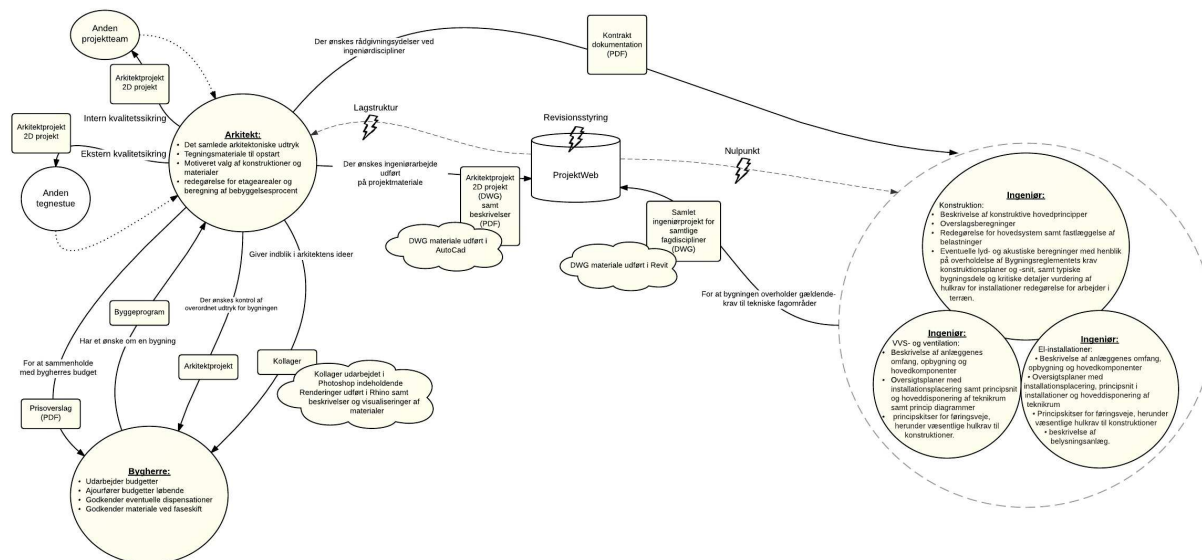
Billede 9: Illustration af arbejdsprocessen med projektWEB

Efter denne gennemgang af serverløsninger vil der i det følgende være en analyse af hvordan udvekslinger er foretaget i virksomheden og hvordan servere er anvendt i disse udvekslinger.

3.1.4. ANALYSE AF WORKFLOW I DEN FORHENVÆRENDE ARBEJDSPRAKSIS

I den følgende analyse er den konceptuelle model, *flow model* fra Contextual Design anvendt. Derudover er der i analysen brugt viden etableret fra ovenstående teori-afsnit om servere. Analysen indeholder ligeledes informationer opsamlet fra interviews med byggesagens arkitekt, til at etablere en viden om den forhenværende arbejdspraksis. Analysen skal på sigt give indblik i forskelle på den forhenværende arbejdspraksis og den nuværende. Derfor tager modellerne udgangspunkt i situationer som blev synliggjort under førnævnte interviews og derfor kan modellerne illustrere, hvor der er betydelige ændringer i *work flow*. Disse flow modeller indeholder udvekslinger imellem projektorganisationens parter, som er visualiseret i form af bobler indeholdende det respektive fags ansvarsområder i en projektering. Indholdet af disse ansvarsområder stammer fra DANSKE ARK's ydelsesbeskrivelser.

Til denne del af analysen er nedenstående flow model udarbejdet. Modellen kan ses i større format i Appendix 7 – Forhenværende arbejdspraksis og omhandler virksomhedens forhenværende arbejdspraksis, set fra arkitektens synspunkt. Der vil i analysen være screenshots fra modellen for at illustrere de forskellige arbejdsprocesser.

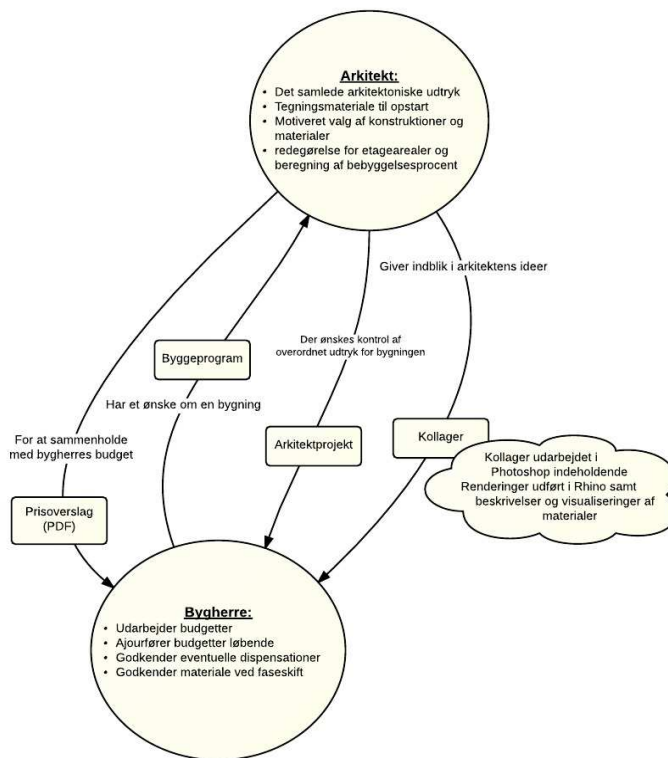


Billede 10: Illustration af forhenværende arbejdspraksis

Udvekslinger mellem arkitekt og bygherre

Denne type udveksling indeholder typisk et byggeprogram til arkitekten med krav fra bygherren som f.eks. bestemte materialer, rumprogram og overordnet stil og koncept for bygningen. Dette byggeprogram vil variere alt efter, hvor bevidst bygherren er om sine krav. Dette vil være efterfulgt af en kontraktforhandling imellem de to parter. Senere i projekteringen vil der blive udvekslet tegningsmateriale, som bygherren skal godkende, så arkitekten kan fortsætte arbejdet på projektet. Dette materiale er detaljeret ud fra, hvilken fase udvekslingen sker i. Udvekslingerne suppleres oftest af et møde, hvor arkitekten præsenterer sine idéer for bygherren.

Under interviewet med arkitekten kom frem, at de på tidligere projekter anvendte 3D skitseringsværktøjet Rhino til visualiseringer og renderinger af bygningen til eget brug i skitseringsfasen, men ligeledes til kommunikation med bygherre. Her var renderinger brugt til kollager, som oplyste bygherren om det overordnede udtryk for projektet. Disse blev derfor brugt i alle faser af projekteringen. Yderligere kommunikation skete ved, at alt projektmateriale blev konverteret til PDF format, da bygherre ikke altid havde det mest hensigtsmæssige software. Det vil sige at tegninger, dokumenter og regneark med prisoverslag blev udvekslet separat. Dette gjorde sig også gældende med modtaget materiale, hvor arkitekten fik et byggeprogram i PDF format. Brugen af PDF filer til udvekslinger skabte uomtvisteligt et større behov for datagenskabelse, da hver plan, snit og facade skulle have hver sin fil. De spørgsmål bygherre havde, ville blive behandlet på et møde. Eventuelle ændringer som fremkom fra bygherres spørgsmål skulle derefter rettes i AutoCAD tegningsmaterialet.



Billede 11: Illustration af udveksling imellem ARK og bygherre

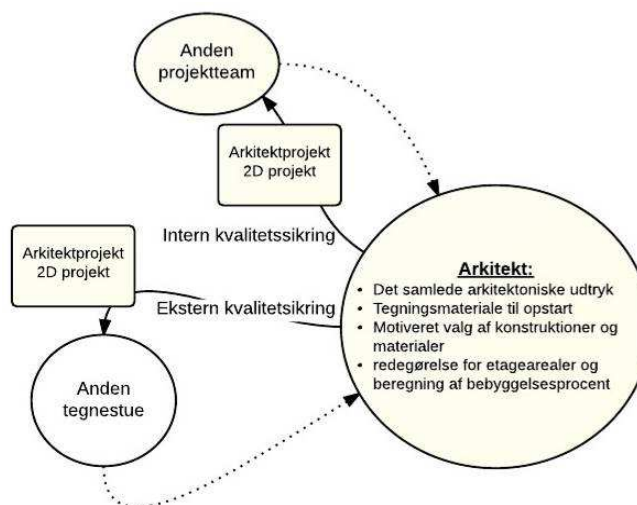
Kvalitetssikring internt i arkitektvirksomheden

Kvalitetssikring skal sikre at man undgår fejl og mangler i byggeriet, ved hjælp af kvalitetssikringshåndbøger og virksomhedsspecifikke kvalitetssikringsprocesser.

Arkitektens kvalitetssikring vil, med et 2D projekteringsværktøj, typisk omhandle to forskellige processer. Der er mulighed for at printe alt materiale ud i papirform og få andre til at gennemgå dette med en rettepen. En anden metode er at bruge projekteringsværktøjets indbyggede revisionsværktøj, som f.eks. AutoCAD's Design Review, hvor man ved hjælp af forskellige illustrationer viser, hvor rettelsen er.

Arkitektvirksomhedens interne arbejdsproces på mindre byggesager bestod i, at mindre projektteams udarbejdede projektmateriale i AutoCAD, hvorefter dette materiale blev kvalitetssikret af et internt projektteam fra virksomheden. På større projekter indgik man ofte i et samarbejde med en anden tegnestue, som således kvalitetssikrede deres materiale. Her skete udvekslingen igen ved DWG formatet. Denne type kvalitetssikring gav tegnestuen mulighed for at få friske øjne på projektet og ligeledes få idéer fra tegnestuer med andre kompetencer end

deres egne. Der var dog stadig en hvis genskabelse af data, da det må antages at det materiale som virksomheden fik retur, skulle tegnes ind i det sæt tegninger arkitekten arbejdede på.



Billede 12: Illustration af kvalitetssikring hos arkitekten

Udvekslinger mellem arkitekt og projektWEB

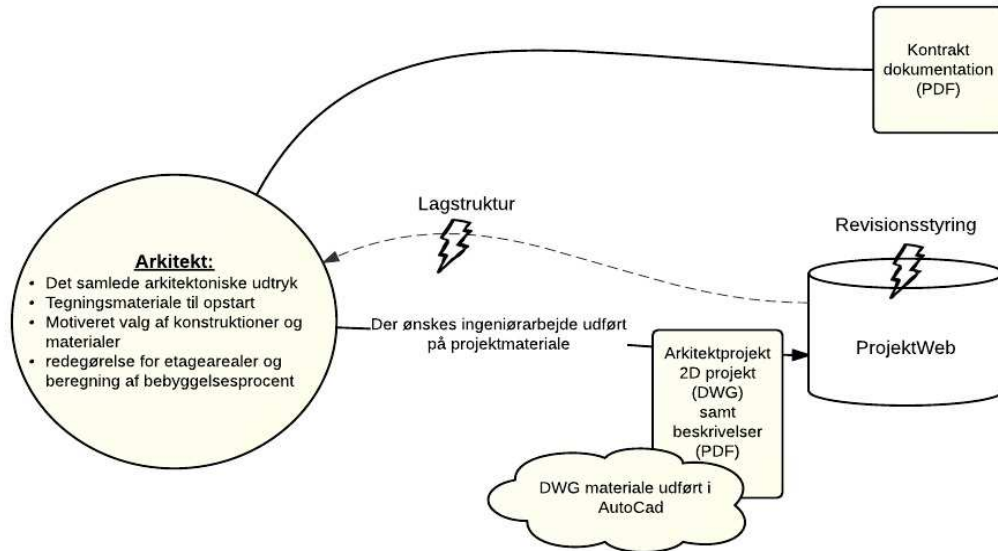
Denne udveksling skal ses som udveksling til et ProjektWEB hvor materiale gøres tilgængeligt for de øvrige parter. Denne type udveksling vil oftest omhandle et tegningsmateriale over det overordnede bygningskoncept, udarbejdet af arkitekten. Senere hen udveksles og samles arkitektens og ingeniørens tegninger, så bygherren på sigt får et samlet projektmateriale til projektafleveringen. Arkitektens ansvar ligger her i at sørge for at det overordnede arkitektoniske udtryk for bygningen, samtidig med at han gør plads til de konstruktioner som ingeniøren beregner.

På virksomhedens tidligere byggesager startede kommunikationen med ingeniøren typisk ved, at der blev udvekslet dokumenter vedrørende de kontraktmæssige forhold på det specifikke projekt. Dette skete typisk ved brug af PDF format. Under det efterfølgende samarbejde med ingeniørerne, blev der etableret en udvekslingsportal som f.eks. projektWEB eller Dropbox. Dette fungerede på den måde at arkitekten, ved aftalte deadlines, uploadede tegningsmateriale i DWG format, som ingeniørerne derved brugte som underlag og baggrund for de udregninger deres arbejde berørte. Udover udvekslingen af tegningsmateriale var det ligeledes nødvendigt at supplere med beskrivelser omkring materialer og konstruktionsforslag, da der udelukkende var udarbejdet 2D tegninger. På den måde opnåede arkitekten de krav, der var stillet til hans ansvarsområder som set på Billede 13.

Tegnestuen har i den ovenstående arbejdsproces oplevet problemer både i forhold til udvekslinger med ingeniøren, men ligeledes ved arbejdet med en udvekslingsportal. Disse problemer er visualiseret i form af lyn på modellen Billede 13.

Arkitekten oplevede problemer med det materiale, som de fik retur, hvor ingeniørens egen lagstruktur var blevet implementeret i materialet. Dette forårsagede, at ingeniøren overskrev arkitektens eksisterende lag. Derudover var der problemer med brugen af projektWEB, hvor det kunne tyde på, at der ikke blev anvendt en aftalt mappestruktur og tidspunkt for generel up- og

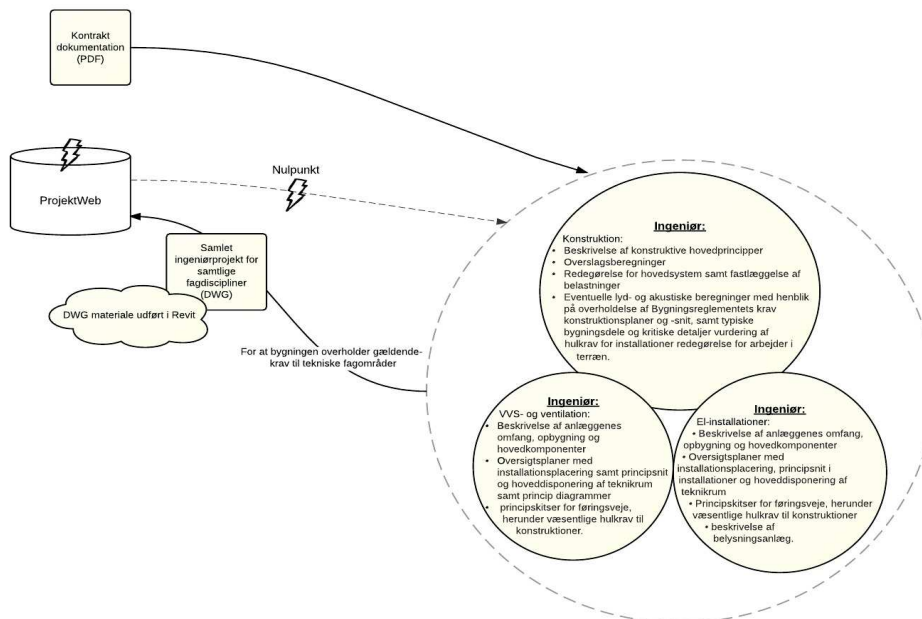
download af modeller. Arkitekten udtrykte, at de ofte ændrede i strukturen for de uploadede filer. Enten var tegningsmaterialet samlet i en fil med alle planer, imens der andre gange var anvendt separate filer for hver plan, snit og facade.



Billede 13: Illustration af udveksling til projektWEB

Udvekslinger mellem ingeniør og projektWEB

Denne udveksling vil typisk begynde med, at ingeniøren indgår i kontraktforhandlinger med arkitekten, eller direkte med bygherren. Her vil ingeniørens arbejde bestå i at beregne konstruktionerne i arkitektens materiale. Derudover vil ingeniøren typisk have som opgave at udarbejde analyser som f.eks. varmetab, statiske analyser, samt brandteknisk analyse. Ansvar for at samle tegningsmaterialet vil ligge hos både arkitekten og ingeniøren.



Billede 14: Illustration af udveksling imellem ingeniør og projektWEB

Arkitekten nævnte i forbindelse med ingeniørens arbejde, at der var registreret problemer i forhold til de konverterede DWG filer, som var udarbejdet ud fra landinspektørens opmåling af bebyggelsesområdet. Dette problem kom til udtryk ved, at AutoCAD tegningerne lå placeret langt fra Revit modellen, når ingeniøren lagde dem sammen. Det kunne tyde på, at parterne har udarbejdet deres tegningsmateriale ud fra forskellige nulpunkter. Dette problem var ud fra arkitektens kommentarer ikke et enkeltstående tilfælde i forhold til udvekslinger imellem AutoCAD og Revit og ligeledes imellem AutoCAD og AutoCAD.

Grundet brugen af forskellige modelleringsværktøjer var Ingeniøren nødsaget til at konvertere den udarbejdede Revit model til DWG tegninger, for at arkitekten kunne anvende dem. Under den indledende kontakt med arkitekten havde ingeniøren modtaget DWG tegninger over den overordnede arkitektur, samt nogle generelle konstruktionsforslag. Disse var efter arkitektens bedste overbevisning blevet anvendt som underlag i det videre arbejde hos ingeniøren.

Opsummering af forhenværende arbejdspraksis

Den overordnede proces i flow modellen med at samle diverse modeller både internt og eksternt kan på sigt resultere i fejl og mangler i materialet, da der er mange processer og udvekslingsobjekter involveret i forløbet. Derudover er der den menneskelige faktor, som har indflydelse da alle processer udføres manuelt hos arkitekten.

I udvekslingerne imellem arkitekt og bygherre blev det synliggjort, at anvendelsen af PDF filer kan skabe problemer. Et projektmateriale i PDF format kan på sigt forårsage en uoverskuelig mængde afleveringsmateriale til bygherre samtidig med, at arkitektens arbejde bliver besværet af den førnævnte konverteringsproces, hvor der potentielt kan forsvinde data. Med dette menes at lag i DWG filen kan være inaktive ved konverteringen og derfor ikke kommer med.

Ud fra udvekslingerne med ingeniøren og den måde, hvorpå samarbejdet med denne foregik, er der plads til forbedringer. Processen virker generelt kompliceret, da der tilsyneladende ikke er taget stilling til samarbejdsvilkår som fælleslagstruktur, før projekteringen er påbegyndt. Arkitekten nævner selv, at der er brug for en udførelig IKT-aftale, hvor disse emner bliver beskrevet.

Ovenstående giver ligeledes et billede af, hvor problematisk arbejdet med 2D tegninger er i forhold til en eventuel proces med 3D modeller med indarbejdet data. Her ville de forskellige planer automatisk indgå i den samme model og man ville derfor være foruden det førnævnte problem omkring separate filer. Denne proces vil indeholde andre udfordringer som f.eks. koordineringen af arbejdet i en fagmodel, samt hvilke informationer modellen skal indeholde på specifikke tidspunkter i projekteringen.

Ovenstående kan ligeledes referere til ingeniørens arbejde. Her var det nødvendigt med beskrivelser ved siden af 2D tegningsmaterialet, da der stadig ikke blev benyttet objektbaserede bygningsmodeller som f.eks. kunne indeholde supplerende informationer om konstruktionsopbygning. Dermed var der også tale om en redundansskabelse af informationer imellem arkitekt og ingeniør.

Ovenstående illustrerer ligeledes, at brugen af BIM værktøjer i enkelte virksomheder ikke automatisk fremmer BIM processer på projektniveau, da andre parter på et projekt f.eks. bruger AutoCad og derfor tvinger udvekslingsprocessen tilbage til 2D tegninger og en mulig

redundans. Dette står i skarp kontrast til DANSKE ARK's statistik, som viser, at brugen af BIM værktøjer hos enkelte virksomheder er et succeskriterie. Der kræves altså en fælles indsats for, at byggebranchen opnår en fyldestgørende BIM implementering, da det ikke er tilstrækkeligt at enkelte parter af en projektorganisation har BIM værktøjer.

3.2. DEN NUVÆRENDE ARBEJDSPRAKSIS

I virksomheden er der som nævnt foretaget et skifte til et BIM understøttet modelleringsværktøj i form af ArchiCad 18. For at tilegne sig forståelse for, hvad dette skifte betyder, er det fundet relevant med et afsnit omkring teorien bag BIM og de begreber dette indbefatter.

Afsnittet vil først beskrive BIM begrebet overordnet, hvor tanken bag begrebet ligeledes bliver belyst. Derefter omtales BIM *maturity levels*, som skal hjælpe med at udbrede og skabe overblik over brugen af BIM i byggebranchen. Herefter følger en kort beskrivelse af BIM værktøjer, platforme og miljøer, der skal forstås som forskellige funktionalitetsniveauer for BIM programmer. Parametriske objekter er en betydelig del af arbejdet i et BIM værktøj og bliver derfor også beskrevet i afsnittet. Disse værktøjer skal arbejde sammen for, at man kan udnytte alle gevinster ved BIM. Dette sammenspil imellem software kaldes interoperabilitet og beskrives ligeså i de følgende afsnit. Til sidst beskrives buildingSMART's fælles standarder for IFC og IDM, da disse understøtter brugen af parametriske objekter, interoperabilitet og den overordnede proces, som BIM indeholder.

3.2.1. BUILDING INFORMATION MODELING

BIM begrebet rummer to begreber henholdsvis *Building Information Modeling* og *Building Information Models*, der henvender sig til processen og modellen. I USA er National Building Information Modeling Standard (NBIMS) en komité i National Institute of Building Sciences (NIBS), som har lavet en vision for og en definition af BIM teknologien. Ifølge Eastman et al. Definerer NBIMS BIM således:

“an improved planning, design, construction, operation, and maintenance process using a standardized machine-readable information model for each facility, new or old, which contains all appropriate information created or gathered about that facility in a format useable by all throughout its lifecycle”

BIM defineres som en modelleringsteknologi og et sæt forbundne processer til at producere, kommunikere og analysere en bygningsmodel. En bygningsmodel er karakteriseret ved:

- Bygningskomponenter som indeholder dataattributter, der identificerer dem for applikationer såsom Revit og ArchiCad
- Komponenter, hvis data beskriver deres visualisering under analyser og arbejdsprocesser
- Konsistent og ikke redundant data
- Koordineret data, som sørger for at alle views i en model er vist på en koordineret måde (Eastman, et al., 2011a)

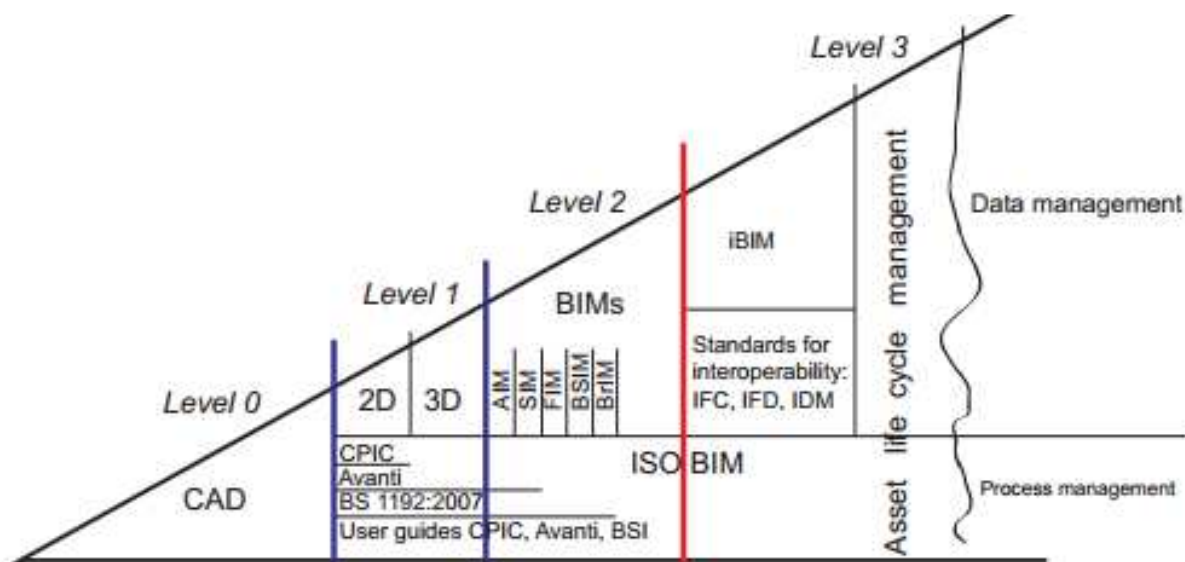
NBIMS beskriver Building Information Modelling som en digital repræsentation af bygninger med fysiske og funktionelle karakteristika. En Building Information Model er en delt videnskilde

for information om en bygning, der over tid skal skabe et troværdigt grundlag for fremtidige beslutninger over bygningens levetid. (buildingSMART, 2014a)

BIM skal flytte branchen fra projekters nuværende arbejdsprocesser, som omhandler 3D CAD, forbundne databaser, regneark og 2D tegninger til en integreret arbejdsproces. Disse arbejdsprocesser kan flere parter deltage i, hvor de nuværende arbejdsopgaver er slået sammen til én koordineret samarbejdsproces, som optimerer beregningsressourcer, kommunikation og den samlede mængde data til én informations- og vidensbank. Dette bliver brugt til at simulere og manipulere modeller, som kan styre miljøet inden for en vidensbaseret, gentagende og valid beslutningsproces. Denne proces minimerer risici og forøger kvaliteten af handlinger og bygningsmodeller i hele branchen. (Eastman, et al., 2011a)

BIM maturity levels

For at udbrede BIM begrebet og lave en fælles indsats for at hjælpe novice virksomheder på vej er der udarbejdet nogle såkaldte BIM *maturity levels*. Disse *maturity levels* skal hjælpe til at skabe overblik over de processer, værktøjer og kompetencer det kræver at implementere BIM i en virksomhed. Derudover er de udarbejdet for at skabe en fælles standard som kan vise, hvor virksomheder er placeret i diagrammet Billede 15. Dette kan således vise hvilke virksomheder der er langt fremme i forhold til BIM implementeringen og hvilke der kræver mere fokus. Dette kan anskues nationalt såvel som globalt. Derudover skal de informere virksomheder, der overvejer en BIM understøttet projektering, så de kan se fordelene heraf. Som nævnt tidligere har England anvendt disse *levels* til at presse udviklingen frem, da det er et krav at alt støttet byggeri fra og med 2016 skal understøtte *level 2*. Disse BIM *maturity levels* er ledsaget af et diagram, som skal illustrere de forskellige niveauer og hvad de indebærer. De forskellige *levels* bliver forklaret nedenfor.



Billede 15: BIM maturity levels diagram (Royal Institute of British Architects, 2012)

Level 0 anses for at være brugen af 2D CAD tegningsmateriale med dertilhørende tekstdokumenter. Dette level vil omhandle udvekslinger i papirform eller i PDF form. I dette niveau er der ikke anvendt fælles standarder eller processer imellem parterne.

Level 1 omhandler brugen af både 2D og 3D informationer på projekter. Her vil arkitekter typisk anvende 3D modeller til visualiseringer til bygherre samtidig med, at han anvender 2D i form af f.eks. DWG, til udvekslinger med ingeniøren. 3D modellen er på den måde ikke brugt i samarbejdet imellem parter. På dette niveau er der anvendt fælles processer som f.eks. et fælles format til udvekslinger og en fælles lagstruktur de projekterende imellem.

Level 2 indebærer produktionen af 3D BIM modeller af alle projekterende parter. Modellerne skal således fungere som separate fagmodeller. På dette niveau er der behov for et overblik over informationer, som skal udveksles imellem parterne, da der her kan være tale om komplekse 3D modeller. Til dette formål er der i England udarbejdet en standard ved navn BS 1192:2007. Denne standard skal hjælpe parterne med at udveksle den rette information på det rette tidspunkt ved hjælp af nogle generelle retningslinjer.

Dette niveau inkluderer ligeledes brugen af 4D og 5D i de relevante fagmodeller. Her er der tale om tidsplanlægning og prisberegninger ud fra modellens objekter.

Level 3 er det højeste niveau af BIM anvendelse og omhandler brugen af en fælles model på tværs af fagligheder. Dette foregår gennem online løsninger som f.eks. model servere, der understøtter fælles standarder som IFC og IDM. Denne brug af en fælles model vil gøre det muligt at have et tæt samarbejde gennem hele projekteringen. Dette samarbejde vil ligeledes inkludere Facility Management data, som kan anvendes til drift og vedligehold efter aflevering. På dette niveau kræves derfor nogle retningslinjer for brugen af den omtalte model server, hvor forskellige brugere har forskellige opgaver og ansvarsområder.

Disse BIM *maturity levels* giver som nævnt en idé om, hvor en specifik virksomhed befinder sig og giver ligeledes nogle mål for hvad den skal gennemgå for at stige et niveau. (Royal Institute of British Architects, 2012)

BIM miljø, platform og værktøj

Når man snakker om BIM i virksomheder eller organisationer, bruger man typisk flere forskellige programmer til forskellige opgaver i f.eks. design, konstruktion eller udførelsesfaser i et projekt. Hvert værktøj understøtter forskellige delopgaver i det samlede projektførløb. Der er således udarbejdet visse termer som bliver brugt informativt til at betragte BIM programmer i følgende hierarki:

- BIM værktøj (tool): omhandler et opgavespecifikt program, der fremstiller et specifikt output. Et output af denne størrelse er ofte objekter, der står alene, som rapporter, tegninger mv. Disse outputs kan i nogle tilfælde være input i andre tool-programmer til eksempelvis fra mængdeudtræk til prisestimering.
- BIM platform: Er et program, der fremstiller data til flere forskellige formål. Programmet leverer en primær data model, der høster informationen på platformen. Langt de fleste BIM platforme har integreret BIM tools som funktionalitet og anvendes mest for designmæssige formål.
- BIM miljø: Består af datastyringen fra en eller flere informationsdistributører som integrerer programmer (Tools og platforme) inden for en organisation. BIM miljøers åbenlyse brug er automatisk generering og styring af BIM værktøjers data, men når der anvendes flere BIM platforme og heraf flere datamodeller kræver det et større niveau af

styring og koordinering. Dette henvender sig til sporing og koordinering af kommunikation mellem aktører lige såvel som platforme.

BIM miljøer giver muligheden for at opbevare meget større mængder og former af informationer end blot modeldata, hvilket platforme ikke kan. BIM miljøer indeholder ligeledes et objekt og delelements-bibliotek. Model servere er det nyeste produkt til at understøtte et BIM miljø (Eastman, et al., 2011b). Disse vil blive beskrevet i afsnit 3.2.2.

Parametriske objekter

For at kunne forstå BIM begrebet og de ovenstående BIM værktøjer, samt omfanget af disse er det vigtigt at have en forståelse for de parametriske objekter som BIM modeller indeholder.

Disse er defineret som:

- Består af geometriske informationer og tilhørende data og regelsæt
- Geometrien for objekter er opbygget således, at der ikke opstår samme data flere steder
- Objekters parametriske regelsæt ændrer automatisk tilhørende geometrier, når de bliver sat ind i en model eller når der laves ændringer
- Et objekt kan defineres på flere niveauer, således både objektet og de relaterede komponenter kan reguleres. F.eks. hvis man ændrer vinduesstørrelsen eller vinduestypen, regulerer væggen sig efter komponenten.
- Objekternes regler eller regelsæt kan identificere, når en ændring bryder objektets gennemførlighed i forbindelse med størrelse, fremstilling etc.
- Objekter har evnen til at referere til eller modtage, sende eller eksportere en eller flere attributter (Eastman, et al., 2011c)

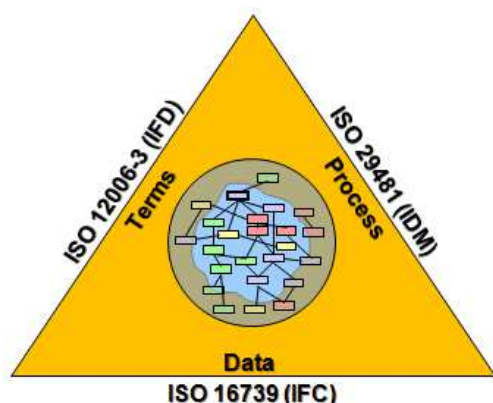
De mest almindelige objekter, primære objekter, i de mest gængse BIM værktøjer er vægge, søjler, tag, trapper, dæk og bjælker. Disse er kernen i BIM værktøjet. Hvert BIM værktøj (applikation) inkluderer andre objekter, som bruges til at ændre primære bygningsobjekter. Dette gælder åbninger og fuger i mure og dæk, åbninger for ovenlysvinduer og kviste og samlinger for bjælker, søjler og andre statiske objekter. Der er dog en forskel i de objekter, der interagerer med andre objekter, de primære objekter, der har en kompleks adfærd og objekter, som ikke behøver parametriske adfærd, som døre og vinduer fra producenter med faste mål, samt andre objekter, der ikke veksler i deres sammenhæng. Denne sekundære type af objekter er skabt på en mere enkelt måde og er gjort tilgængelig i eksterne objektbiblioteker, da de ikke er afhængige af de mere bevægende parametre i de primære objekter. Den tredje type objekter er speciallavede objekter kun skabt til deres kontekst. Dette omhandler *curtain wall*-komplekse loftsystemer, skabe, gelændere etc. Denne type objekter kan både være simple og komplekse parametriske objekter, hvis definition kræver samme omhu i at bestemme deres adfærd som primære objekter. Indledningsvis arbejder arkitekter ofte ud fra en bygningsform, som ikke indeholder parametriske objekter, hvor ingeniører og producenter bliver nødt til at arbejde ud fra former, der kan fabrikeres og tilføres informationer. Bygningsmodeller bliver med tiden mere brugt i produktionen, og disse aspekter af parametriske modellering og formgenerering stiller større krav til BIM softwaren. Parametriske modellering er en vigtig produktionsressource, som tillader automatisk opdatering af de mindste ændringer. (Eastman, et al., 2011d)

Interoperabilitet

For at kunne indgå i en integreret arbejdsproces, hvor flere forskellige fagligheder er til stede og som bruger forskellige programmer til deres specifikke arbejde med overlappende datakrav, kræver det, at programmerne kan snakke sammen på den ene eller den anden måde. Software applikationer lagrer, som udgangspunkt, informationer i deres eget format, hvilket kan forårsage udvekslingsproblemer i byggebranchen, hvis der anvendes et format til eksternt brug, der gør informationen utilgængelig for andre aktører i projektet. Interoperabilitet er evnen til at udveksle data mellem programmer med et fordelagtigt workflow. Denne evne er nøglen til et godt samarbejde i et projekt med forskellige fagligheder og programmer, der understøtter hver faglighed.

Til at afhjælpe problemer vedrørende interoperabilitet mellem software har buildingSMART organisationen udarbejdet nogle fælles standarder, som kan anvendes på en bred vifte af projekter i byggebranchen.

BuildingSMART er en åben nonprofit organisation, der står for udvikling og anvendelse af åbne standarder for BIM på tværs af platforme. BuildingSMARTs datamodel Industry Foundation Class, benævnt IFC, er derfor en løsning for at få forskellige programmer til at samarbejde i en fælles model. Som udgangspunkt kan modellen indeholde alt digital information om både en bygning, processen i byggeriet, samt drift og vedligeholdelsesinformation. Den næste buildingSMART standard vedrørende interoperabilitet er benævnt IDM (Information Delivery Manual). Denne specifikation vedrører interoperabilitet for informationsbehov parterne imellem og omhandler derfor de interne og eksterne processer i et BIM samarbejde. Den sidste standard er IFD (International Framework for Dictionaries). Denne omhandler en fælles begrebsafklaring for de informationer som udveksles og skal være med til at sikre at IFC modellen fortolkes ens på projektorganisations forskellige software. En oversigt over disse tre standarder ses nedenfor på Billede 16. De følgende afsnit beskriver IFC og IDM standarderne mere dybdegående. (buildingSMART, 2013b)



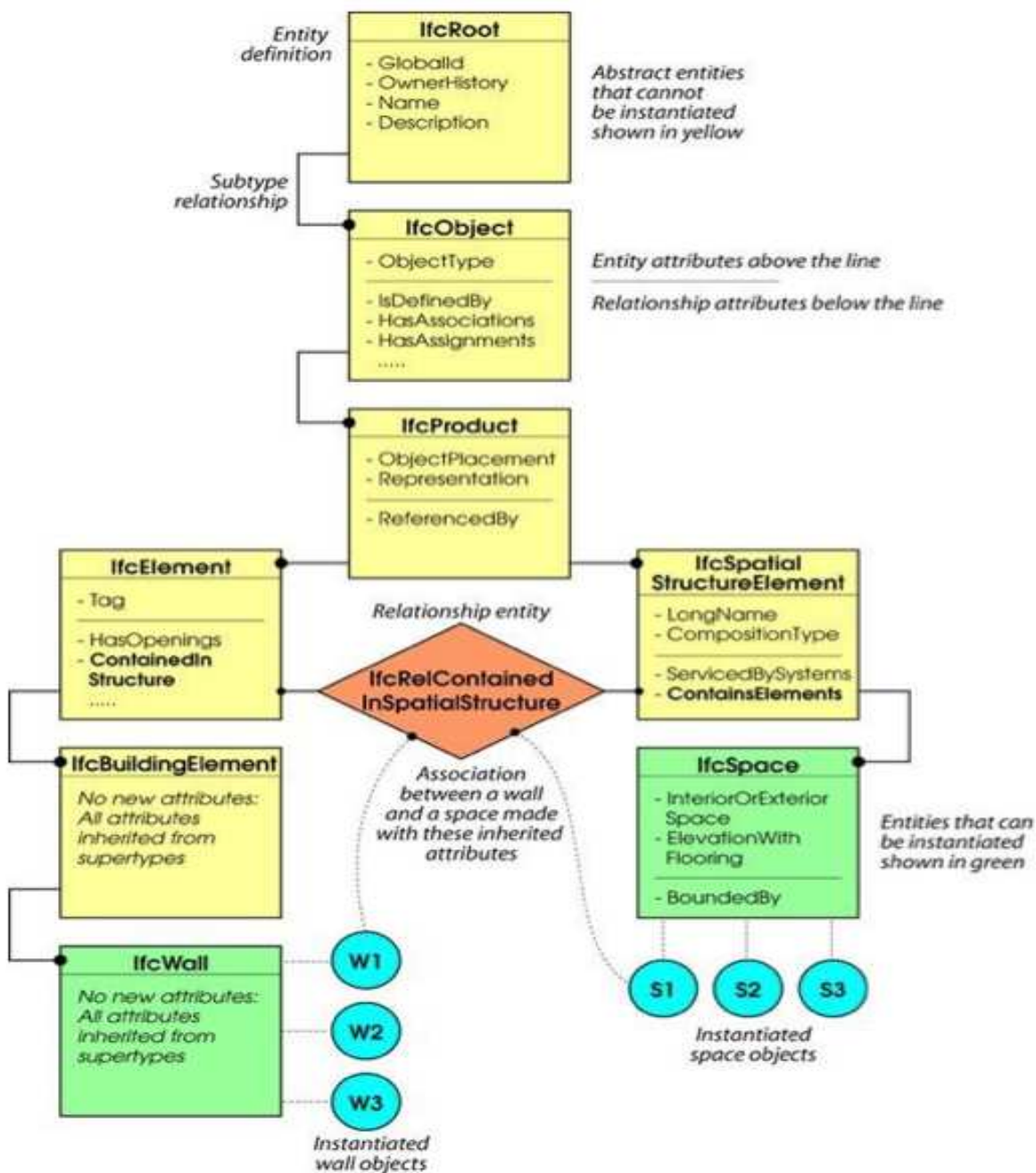
Billede 16: Oversigt over buildingSMART standarder (buildingSMART, 2013b)

INDUSTRY FOUNDATION CLASS (IFC)

IFC datamodellen er opbygget efter en relationsdatabasestruktur (relationsdatabaser er beskrevet i afsnit 3.2.2), hvor der hersker et hierarki. Hierarkiet består af fire forskellige lag som omfatter forskellige *schema's*, hvori de enkelte entiteter er defineret. *Schema's* er derfor en

måde at strukturere data på. I hierarkiet er IfcRoot den øverste entitet, der udstyrer alle underliggende entiteter med attributter som ID, Ownerhistory, Name og Description. Der eksisterer grundlæggende tre undertyper af IfcRoot. Disse benævnes IfcObjectDefinition, IfcPropertyDefinition og IfcRelationship. Disse beskriver objekter, karakteristika af objekter og deres indbyrdes relationer. (Karlshøj, u.d.)

Hver af disse undertyper kan yderligere opdeles i flere undertyper, der beskriver entiteter i forhold til forskellige områder af bygningens livscyklus. Dette findes dog ikke relevant at uddybe yderligere, da det er den grundlæggende forståelse af en IFC models objekter og indbyrdes relationer, der er interessante for specialets emne for projektgruppen. På nedenstående billede vises en vægs tilfælde af *Subtyping*, hvilket vil sige, hvordan en væg arver attributter fra dets supertyper og hvordan den relaterer sig til space entiteten.

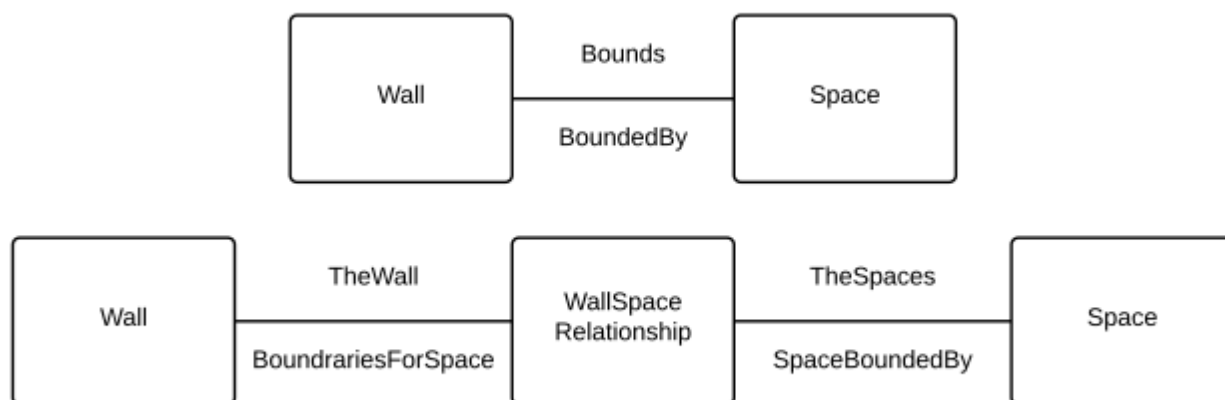


Billede 17: Væg entitets tilfælde af subtyping

For at kunne beskrive forholdet mellem to objekter, eksempelvis forholdet i mellem en væg og et rum, som omkredses af væggen, så startes der med at forklare væggenes placering i entitetshierarkiet. Der tages udgangspunkt i en specifik væg, et instance af `IfcWall`, hvilket vil sige, at den er repræsenteret visuelt i modellen. Der kan være flere forskellige tilfælde af `IfcWall`, idet der nødvendigvis ikke kun findes en type væg i en bygning. `IfcWall` er en undertype af `IfcBuildingElement`, som igen er en undertype af `IfcElement`. Et `IfcWallInstance` arver attributter fra alle dens supertyper helt op til `IfcRoot`, der bl.a. tillægger den specifikke væg med et unikt ID, Name og description. Alle supertyper af et element, som `IfcWall`, er ikke visuelt repræsenteret i modellen, men er med til at definere `IfcWall` med de attributter den arver fra supertyperne.

Som nævnt er `IfcObjectDefinition` en undertype af `IfcRoot`. Denne placerer den specifikke væg i bygningsstrukturen, hvilket beskrives nærmere i `Ifc Spatial Structure`. Ydermere identificeres komponenter til væggen også i denne entitet, så som vinduer, døre og andre åbninger. `IfcProduct` entiteten bestemmer placeringen og formen for væggen og `IfcElement`-entiteten indeholder relationen til andre elementer. (Eastman, et al., 2011e)

Det der forbinder væggen til det rum, den omkredser, er dens *Relationship*. I dette tilfælde er der tale om, at relationen mellem væggen og rummet objektificeres, så der ikke er en direkte relation mellem objekterne som vist på nedenstående billede. (Karlshøj, u.d.)



Billede 18: Objectified Relationship

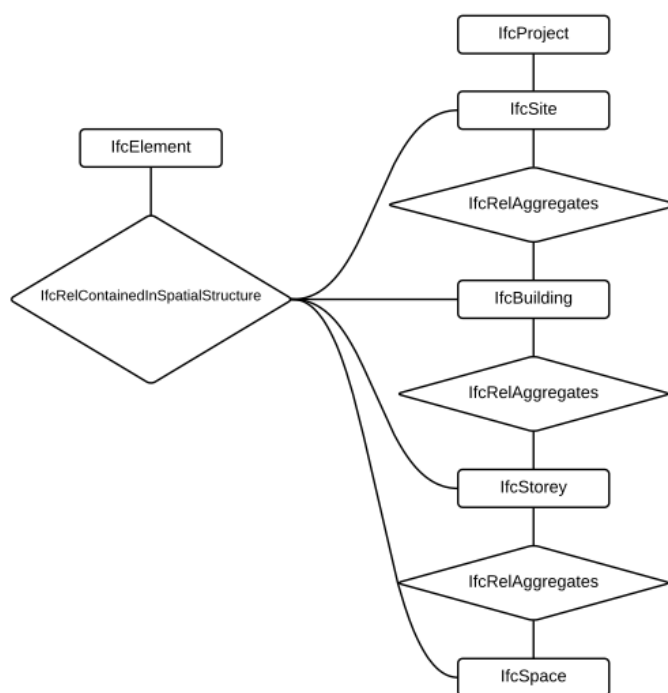
En type af et *Objectified Relationship* er `IfcRelAggregates`, som kan opdele mindre dele i større dele eller omvendt. Denne kan bruges til at opdele en etage i rum eller inddele rum til én samlet etage. Denne form for relation er også anvendt i, *Spatial Structure*, som en måde at opdele en IFC model i mere håndterbare dele. Alle IFC modeller har denne struktur. *Spatial structure* organiserer alle objektinformationer i følgende hierarki:

Ethvert niveau i *spatial structure* er således en sammenlægning af de underlæggende niveauer heri. (Eastman et al., 2011)

Således kan ethvert tilfælde af IfcElement være en del af en spatial structure gennem IfcRelContainedInSpatialStructure.

PROPERTY SETS

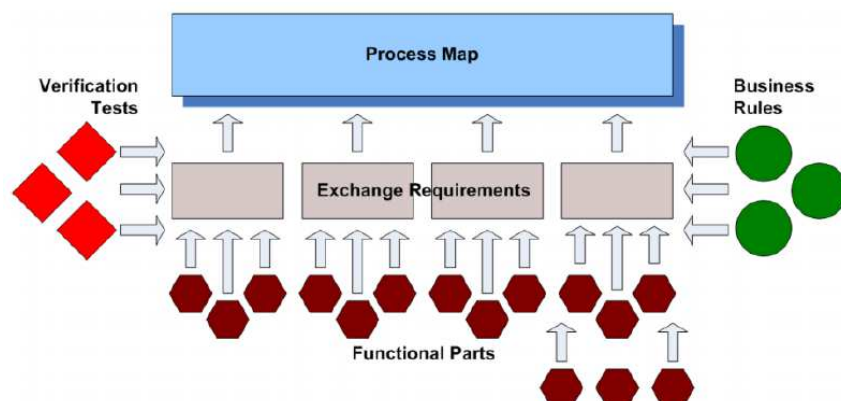
Forskellige entiteter har tilknyttet en række properties, der beskriver entiteten. Er disse properties universelle for entiteten, vil de være indkodet som attribut. Kan proprietien fortolkes eller forstås på forskellige måder af forskellige grupper, bliver den defineret i et property set, som kan tilknyttes entiteten gennem et objectified relationship. (buildingSMART, 2007)



Billede 19: Spatial Structure

INFORMATION DELIVERY MANUAL (IDM)

Denne standard omhandler som nævnt procesaspektet af buildingSMART's standarder og kan ses som en manual for udveksling af information i et projekt. Standarden udgøres af en procesdel og en datadel, som objektificeres ved et *process map* og dertilhørende *Exchange Requirements*. Disse Exchange Requirements udgøres af flere dele og et samlet billede af IDM specifikationen kan ses nedenfor.



Billede 20: IDM'ens opbygning

Udviklingen af IDM standarden sker, da IFC formatet ikke omhandler, hvordan informationer er skabt og udvekslet imellem parter. IDM'en kan udarbejdes på forskellige måder. Først og fremmest kan den blive udarbejdet af projektlederne fra de forskellige virksomheder i projektorganisationen. Udarbejdelsen kan ligeledes ske ved, at bygherren og hans rådgiver stiller specifikke krav til hvilke informationer, der udveksles. Udarbejdelsen sker før projekteringen og vil indeholde alle de informationer, som udveksles over projektets levetid. Dette giver parterne et unikt indblik i hinandens behov og skal være med til at sikre et optimeret informationsflow. Som nævnt tidligere består en IDM af to dele og disse vil blive beskrevet i det følgende. (buildingSMART, 2010a)

PROCESS MAP

Et *Process Map* skal visualisere alle udvekslinger imellem projektets parter ved hjælp af *Business Process Management Notation (BPMN)* formatet. Idéen ved udarbejdelsen af et Process Map er at identificere aktiviteterne i processen og afgrænse hvilke informationer, der skal udveksles på det givne tidspunkt. Hver udveksling vil blive understøttet af en *Exchange Requirement*, som beskriver mere detaljeret, hvad udvekslingen skal indeholde for, at den modtagende part får indfriet sit informationsbehov.

BPMN formatet udgøres af et proces diagram, som indeholder grafiske objekter. Disse objekter er opdelt i fire kategorier:

- Flowobjekter
- Forbindelsesobjekter
- Svømmebaner
- Artefakter

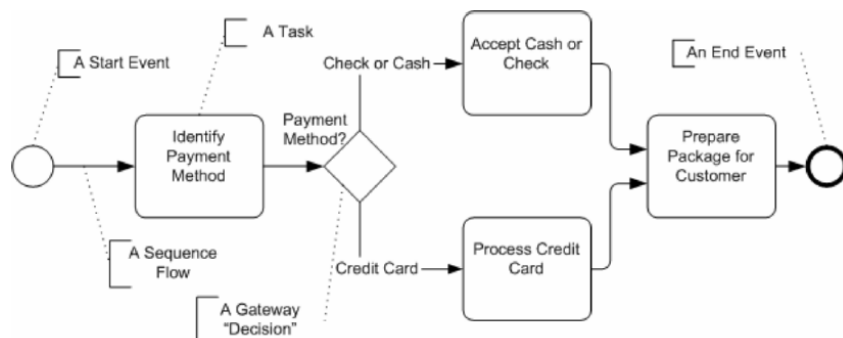
Flow objekterne udgøres af tre elementer: events, aktiviteter og gateways.

Et event visualiseres ved en cirkel og skal vise "noget der sker" i processen.

En aktivitet udgøres af en rektangel og giver udtryk for, det arbejde den givne virksomhed udfører.

Det sidste element objekt er *gateways*, som er illustreret ved en diamant og skal ses som et kontrolpunkt i processen.

Nedenfor kan de forskellige objekter ses i et *Process Map*.



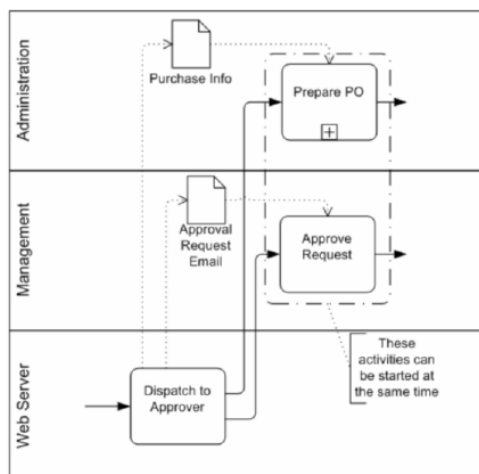
Billede 21: Overblik over flow objekter

Det ovenstående viser ligeledes forbindelsesobjekterne, som visualiseres ved de pile, der forbinder objekterne. Disse forbindelsesobjekter kan ligeledes opdeles i kategorier: Sekvensflow, som viser rækkefølgen på aktiviteterne, et messageflow, som viser informationsflowet mellem to parter og associationer som knytter tekst, data og andre artefakter til flow objekterne.

Artefakter tilføjes af udviklerne af diagrammet for at løse projektspecifikke opgaver. Artefakter opdeles i dataobjekter, grupper og annotationer. Dataobjekter illustrerer, hvilke data er påkrævet og hvilke aktiviteter, der producerer dem.

En gruppe er til at vise hvor flere aktiviteter skal bruges sammen til f.eks. analyser.

Annotationer giver en mulighed for at supplere diagrammet med yderligere tekst. Disse begreber kan ses nedenfor.



Billede 22: Illustration af artefakter, samt svømmebaner

Det ovenstående billede viser ligeledes svømmebaner. Disse illustrerer skellet imellem forskellige funktioner eller ansvarsområder f.eks. arkitekt, ingeniør og lignende. Svømmebaner inddeles i en pool og en bane.

En pool repræsenterer en deltager i processen, hvorimod en bane skal ses som en underopdeling af en pool. Baner bruges således til at organisere og kategorisere aktiviteter. (buildingSMART, 2010a)

EXCHANGE REQUIREMENTS

Efter udarbejdelsen af et *Process Map*, som beskrevet ovenfor, har projektets parter et overblik over processerne i projekteringen. Herefter skal udvekslingerne i processen undersøges nærmere. Dette sker ved at udarbejde de såkaldte *Exchange Requirements*, som indeholder en detaljeret beskrivelse af hvilke informationer, hver enkelt udveksling skal indeholde.

Dette vil sige, at hver udveksling specificeres i et separat dokument, som typisk bliver udfyldt af projektlederen for den udvekslende part. Når dokumentet er udfyldt, vil det beskrive i overordnede termer, hvilke informationer den modtagende part vil få ud af udvekslingen. Hver enkelt udveksling påføres ligeledes et identifikationsnummer og navn som skal stemme overens med udvekslingen på den dertilhørende *Process Map*. Hver *Exchange Requirement* indeholder en *change log*, som beskriver, hvilke faser af byggeriet den pågældende udveksling finder sted samt hvilke ændringer, der er sket på den specifikke udveksling gennem processen. Dette kan f.eks. henvende sig til navneændring eller hvis udvekslingen skal finde sted flere gange i løbet af projekteringen. Dokumentet udfyldes herefter med et formål, som f.eks. kan være at give konstruktionsingeniøren de relevante data, som der kræves for at han kan udføre de statiske beregninger. Dette formål suppleres af en overordnet beskrivelse, som fortæller, hvordan dette informationsbehov indfries. Dette kunne således være, at behovet indfries gennem en 3D model med de relevante data. Herefter oplystes de informationer som udvekslingen indeholder. Dette vil f.eks. inkludere bygningens overordnede geometri.

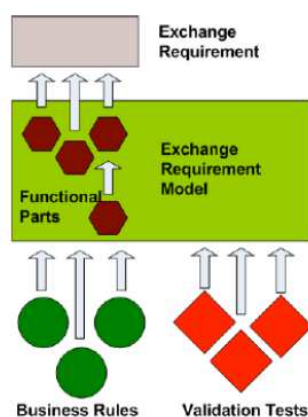
Næste punkt i den pågældende *Exchange Requirement* omhandler informationskrav og beskriver hvilke data, der går forud for denne *Exchange Requirements*. Disse informationer opstilles i en tabel, som er opdelt i de modelspecifikke objekter. Dette inkluderer de projektspecifikke informationer som f.eks. *Project ID* og *Building ID*. Derudover vil de rumlige informationer som f.eks. *Space* og *Space boundaries* være at finde i tabellen. Ligeledes vil de organisatoriske egenskaber som f.eks. *Organization ID* og *Name* være at finde heri. Til sidst vil tabellen uddybe de enkelte bygningsobjekter, som er specificeret i form af f.eks. *Beams*, *Columns* og *Walls*.

Disse informationer udstyres derefter med en datatype, som skal vise, om der er tale om information i tekst form, geometri eller et nummer. Denne datatype suppleres således med en enhed som f.eks. kunne være grader, meter eller minutter. Denne tabel ses illustreret nedenfor.

Type of Information	Information Needed	Descriptions and Comments	Req'd	Data Type	Units
Project/Building Information					
Project	The following properties should be included:				
	o Project ID	Unique identifier for the project	X	string	n/a
	o Project Name	Name assigned to the project by the client or designers		string	n/a
Building	The following properties should be included:				
	o Building ID	Unique identifier for the building	X	string	n/a
	o Building Name	Name assigned to the building by the client or designers		string	n/a
	o Geographic Location	Geographic location, expressed in degrees, minutes, and seconds longitude and latitude.		latitude, longitude	degree, minutes, seconds of rotation
	o Elevation	Base (datum) elevation for the building – relative to sea level	X	real number	feet or meters
Building Stories	The following properties should be included:				
	o Building Story ID	Unique identifier for the building story	X	string	n/a
	o Building Story Name	Name assigned to the building story by the client or designers		string	n/a
	o Story height	Vertical length measure from top of slab to top of slab for the building story above	X	real number	feet or meters

Billede 23: Eksempel på tabellen fra et *Exchange Requirement* dokument (buildingSMART, 2010a)

Som omtalt tidligere indeholder udarbejdelsen af disse *Exchange Requirements* processer. Disse kan ses på billedet nedenfor og vil i det følgende blive beskrevet i et omfang som findes relevant.



Billede 24: Illustration af ER komponenter

Som Billede 24 viser, understøttes en *Exchange Requirement* af *Functional Parts*. Disse skal ses som separate dokumenter, som i tekniske termer beskriver udvekslingen gennem de entiteter, attributter og *property sets*, som den indeholder. På den måde linkes udvekslingen til IFC formatet, hvor en *Functional Part* f.eks. kan beskrive, hvilke *IFC data types*, der bruges til den enkelte *Functional Part*. Sammensætningen af disse *Functional Parts* i en datamodel skaber en *Exchange Requirement Model*.

Denne model skal ses som den tekniske løsning af de informationer, som står beskrevet i de tilhørende *Exchange Requirement* dokumenter. Modellen udgøres på den måde af IFC parametre og understøttes af brugerens software.

Business rules skal ses som restriktioner, som er inkluderet i en *Exchange Requirement Model*. Dette kunne f.eks. henvende sig til specifikke krav vedrørende et rums størrelse.

Restriktionerne kan ligeledes skyldes krav som brandklasse. Når den tilføjes en *Functional Part* vil den være indkodet i de relevante IFC attributter for at sikre, at kravene bliver overholdt.

Herefter udføres der *Validation Tests*, som skal undersøge, om informationsudvekslingen sker tilfredsstillende i forhold til *schema'et* i den dertilhørende *Exchange Requirement model* og samtidig om den lever op til de *Business Rules*, som er specificeret i den givne *Exchange Requirements*. Testene eksekveres med software løsninger som f.eks. Solibri Model Checker. Disse tests udføres både af afsender og modtager af informationerne.

For at implementere projektets udarbejdede *Exchange Requirements* i det modelleringsværktøj, som anvendes på den specifikke sag udarbejdes *Model View Definitions (MVD)*. Disse er nødvendige, da de forskellige software understøtter forskellige opgaver og de har derfor kun behov for at læse dele af *IFC schema'et* for at løse disse opgaver. Disse dele kaldes *views* og

minimerer indholdet i modellen til kun at vise de informationer, som den pågældende *Exchange Requirement* indeholder. Dette er med til at optimere informationsflowet, da alt overflødig data er skåret væk og modellen derfor fremstår mere overskuelig for den modtagende part. Et eksempel på et *view* er *Coordination view*, som er udarbejdet af buildingSMART for, at byggeriets største discipliner, såsom arkitekter og ingeniører, kan udveksle relevante informationer i en bygningsmodel, som udelukkende indeholder de objekter, som skal anvendes for at koordinere design informationer mellem disciplinerne.

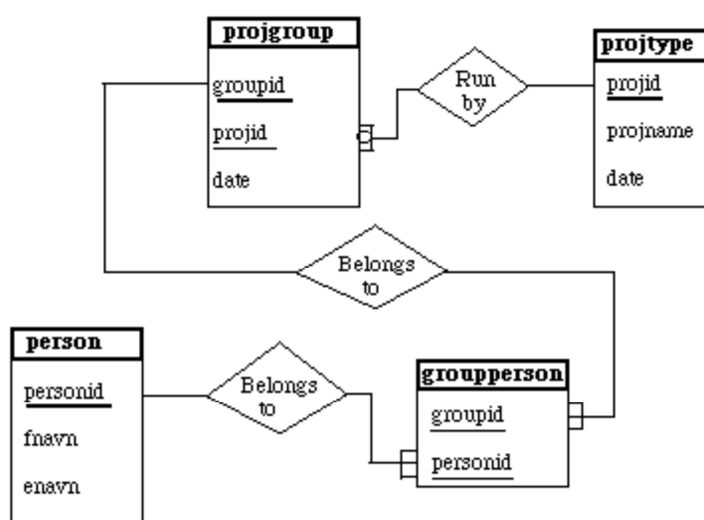
Efter en gennemgang af hovedbegreberne i BIM, *BIM maturity levels*, Parametriske objekter, samt interoperabilitets standarderne IFC og IDM, vil det følgende vedrøre brugen af model servere i en BIM projektering og samarbejdet på en digital bygningsmodel. Dette skal på sigt anvendes til at analysere brugen af en sådan server i virksomheden. (buildingSMART, 2010a)

3.2.2. MODEL SERVER

På projektet understøttes det interne arbejde i virksomheden nu af en model server i form af ArchiCad Teamwork. For på sigt at kunne analysere på brugen af model serveren, er det derfor fundet nødvendigt først at beskrive teorien bag model servere og hvordan disse typisk fungerer. For at kunne forstå strukturen bag model servere generelt, er det i det følgende fundet relevant at beskrive relationsdatabaser som typisk vil danne det bagvedliggende grundlag for en sådan server. Efter en gennemgang af model server begrebet og brugen af disse i byggebranchen, vil forskellige software, som understøtter arbejdet på en model server blive beskrevet. Dette indbefatter model serveren ArchiCad Teamwork og kollisionskontrol værktøjet, Solibri Model Checker. Disse beskrivelser er fundet nødvendige for at kunne analysere på en proces indeholdende fagmodeller lignende den virksomheden står overfor, efter skiftet af system.

Relationsdatabase

Databaser skal ses som lagring af data i en specifik struktur, som afspejler den måde den givne data skal anvendes på. Relationsdatabaser er en hyppigt anvendt databasetype, som har til hensigt at sikre brugerne mod data redundans. Måden hvorpå dette sikres er igennem en opsætning i tabeller (entiteter). Entiteterne kan relateres til håndgribelige elementer som f.eks. en etage i en bygning. De forskellige entiteter udstyres med kolonner (felter eller attributter), som indeholder oplysninger om entiteten og som kan gå igen i andre entiteter. Denne relation imellem entiteter varierer alt efter, om der er en mange til mange relation, eller en én til mange relation. I tilfælde hvor der er mange til mange relationer, er det nødvendigt med en entitet, som kan afhjælpe denne, så man opnår en én til mange relation på begge sider af de to entiteter, da f.eks. en person kan indgå i flere grupper. Personen kaldes i det tilfælde en primær nøgle. De øvrige felter i entiteten udgøres af fremmednøgler, som relaterer til en primær nøgle i en anden entitet. Disse relationer forhindrer, at den samme data lagres flere forskellige steder på databasen og derfor vil der ikke opstå redundans i en relationsdatabase (Ullman, 1997). En simpel illustration af en relationsdatabase kan ses nedenfor.



Billede 25: Illustration af relations-database (Design Pictures, 2013)

3.2.3. MODEL SERVERE I BYGGEBRANCHEN

En model server er oftest kompatibel med IFC formatet og fungerer som en database server (se afsnit 3.1.2). Den indeholder således en relationsdatabase, der lagrer objekterne i en fælles model, ud fra IFC *spatial structure* hierakiet (se afsnit 3.2.1). Denne type server bliver tit omtalt som en BIM server, da den stimulerer mange af de tanker som BIM omhandler, som f.eks. tæt samarbejde på tværs af projektteamet og muligheden for at tage beslutninger tidligt i processen, igennem en fælles modelopbygning. (Jørgensen, et al., 2008)

Model serveren inkluderer nogle af de samme idéer som projektWEB løsningen som f.eks. rettighedsstyring, men hvor projektWEB udelukkende omhandler lagringen af separate dokumenter og modeller lagrer modelservere en fælles model med de objekter, denne indeholder. På den måde udgøres model servere af en mængde objekter som indeholder informationer om f.eks. konstruktion, varmetab og lignende på det givne objekt. Disse objekter deles internt af alle i projektteamet og derfor arbejder alle ud fra de samme objekter og man sikrer sig hermed mod redundans af data. Dette arbejde kræver dog strikse aftaler omkring koordineringsopgaver som f.eks. reservering af objekter. Her vil model servere typisk være udstyret med et integreret DBMS hvor en modelkoordinator, igennem et interface, styrer, hvem der skal have adgang til forskellige dele af modellen. Koordinatoren vil ligeledes have overblik over ændringer, der er foretaget over projektets levetid samt overblik over ressourceforbrug til tidsplanlægning.

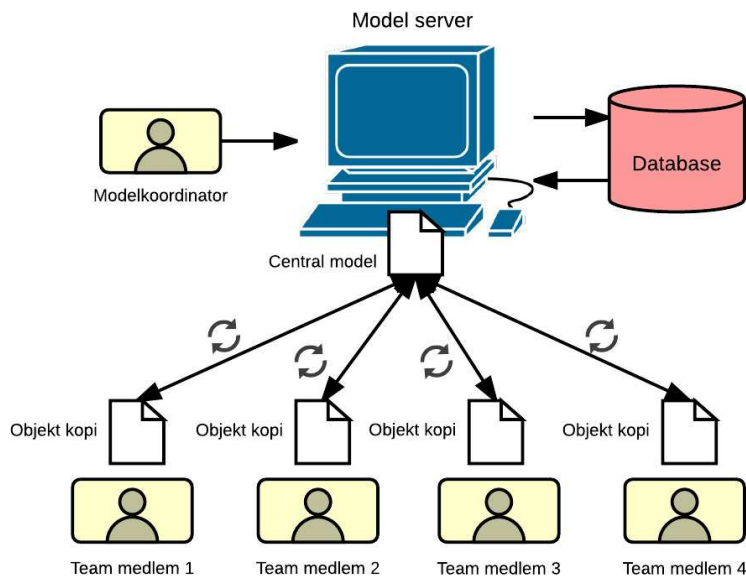
Arbejdet i modellen foregår fra forskellige computere eller klienter, hvor softwaren afgøre, hvordan synkroniseringen forløber. Det kan enten forgå manuelt ved en knap eller automatisk.

Der findes en bred vifte af serverløsninger på markedet med hver deres fokusområder og funktioner, men fælles for dem alle er, at de indeholder deres eget interface, hvor brugeren kan interagere direkte med den fælles model. (Shafiq, et al., 2013)

Model servere ses også som en løsning på projektniveau, hvor en fælles model vil blive brugt på tværs af fagligheder. Denne idé kræver dog klient software som understøtter alle fagligheders arbejdsområder, da det samme software skal anvendes af alle fagligheder. Derudover vil denne arbejdsproces kræve et omfattende forhåndsarbejde, da man kan forestille sig, at reserveringer af objekter og generel koordinering af arbejde vil kræve et betydeligt fokus på samarbejde og en tæt kommunikation på tværs af fagligheder i projekteringen. (Jørgensen, et al., 2008)

I indeværende speciale er der fokuseret på model servere som internt koordineringsredskab, da dette perspektiv understøttes af forholdene i virksomheden og denne brug menes at være det mest relevante udgangspunkt for specialets målgruppe, arkitektvirksomheder, som er novicer i BIM processer i projekteringen.

For et overblik over den interne arbejdsproces med en model server, se nedenstående.



Billede 26: Illustration af arbejdsproces med model server

ArchiCad Teamwork

For at illustrere nogle af de muligheder der findes på markedet vil der i det følgende blive taget eksempler fra ArchiCad's Teamwork, til at forklare nogle af de tiltag, som model serverne typisk understøtter. Denne serverløsning er ligeledes valgt, da den er taget i brug i virksomheden.

Teamwork understøtter arbejde i en fælles model ved, at der løbende sker en synkronisering af alle kopier af modellen, imens arbejdet udføres. Synkroniseringen sker gennem en delta-database teknologi, som fungerer på den måde, at det udelukkende er ændringerne der udveksles, hvilket samtidig sikrer et bedre *workflow* med mindre filoverførelser, da det ikke er hele modellen, der skal uploades og downloades, hver gang en ændring gemmes.

Deltadatabase teknologien fungerer ved, at den tager de enkelte objekter, som brugeren har reserveret og downloader til klienten, så vedkommende kan foretage ændringer som derefter uploades til serveren igen.

Den nye måde at samarbejde på kræver som nævnt nye redskaber i forhold til at koordinere arbejdet mellem parter. Derfor indeholder Teamwork reservation af arbejdsområder, hvor et medlem af projektteamet kan reservere et område eller objekt i modellen, som derefter er låst for de øvrige medlemmer. Denne reservation suppleres af et kommunikationssystem, hvor igennem medlemmerne kan annoncere sin reservering. Efter arbejdet på området er færdigt frigiver brugeren området og systemet vil automatisk erstatte objekter, der er ændret i fællesmodellen.

Et andet vigtigt redskab i koordineringen, er den førnævnte mulighed for at administrere adgangen til modellen, til de forskellige medlemmer. Et eksempel kunne være at projektlederen fungerer som koordinator og derfor har det overordnede ansvar for modellen, lagstrukturen og lignende, imens projektteamet har beføjelser til at ændre i modellen. Derudover giver model servere generelt en bedre mulighed for bygherre til at kunne følge processen end f.eks. ProjektWEB, da bygherren vil have mulighed for at undersøge modellen løbende og ikke kun ved deadlines. Dette kan sikre, at bygherres ønsker overholdes løbende i stedet for, at bygherren først opfanger fejl ved aflevering. Bygherres rettigheder vil være begrænset til at vise

modellen og eventuelt komme med beskeder via et objektspecifikt notatsystem på specifikke områder, som vedkommende ønsker ændret. (Graphisoft, 2014)

Da ArchiCad Teamwork primært understøtter arkitektarbejde og ikke indeholder beskrivelser eller retningslinjer for tværfagligt arbejde, er det stadig nødvendigt med yderligere software som kan sammenholde og undersøge projektorganisationens fagmodeller igennem en kollisionskontrol. Derfor er det fundet nødvendigt at beskrive et sådan software i det følgende.

Solibri Model Checker

For at kontrollere og kvalitetssikre bygningsmodeller både internt og eksternt kan virksomheder anvende Solibri Model Checker. Denne software understøtter IFC formatet og giver projektorganisationen mulighed for at samle deres fagmodeller i en fællesmodel. Dette skal sikre samhørighed mellem designmæssige og tekniske beslutninger i hele projekteringen. På sigt kan brugen af Solibri derfor minimere fejl i projekteringen og give bygherren en bygningsmodel, som lever op til vedkommendes krav.

Solibri kan undersøge forskellige aspekter af bygningsmodellen og finde ud af om der er kollisioner imellem fagmodeller. Dette kan f.eks. henvende sig til vægge og dæk fra arkitektens model, som kolliderer med ingeniørens bærende system. Disse kollisioner rapporteres efterfølgende gennem Solibri's kommunikationsfunktioner. Den ansvarlige for kollisionskontrollen udarbejder rapporter indeholdende de kollisioner, som henvender sig til den givne faglighed. Rapporterne kan være udført i forskellige filformater, hvor et af dem er BIM Collaboration Format eller BCF. (Solibri, 2013)

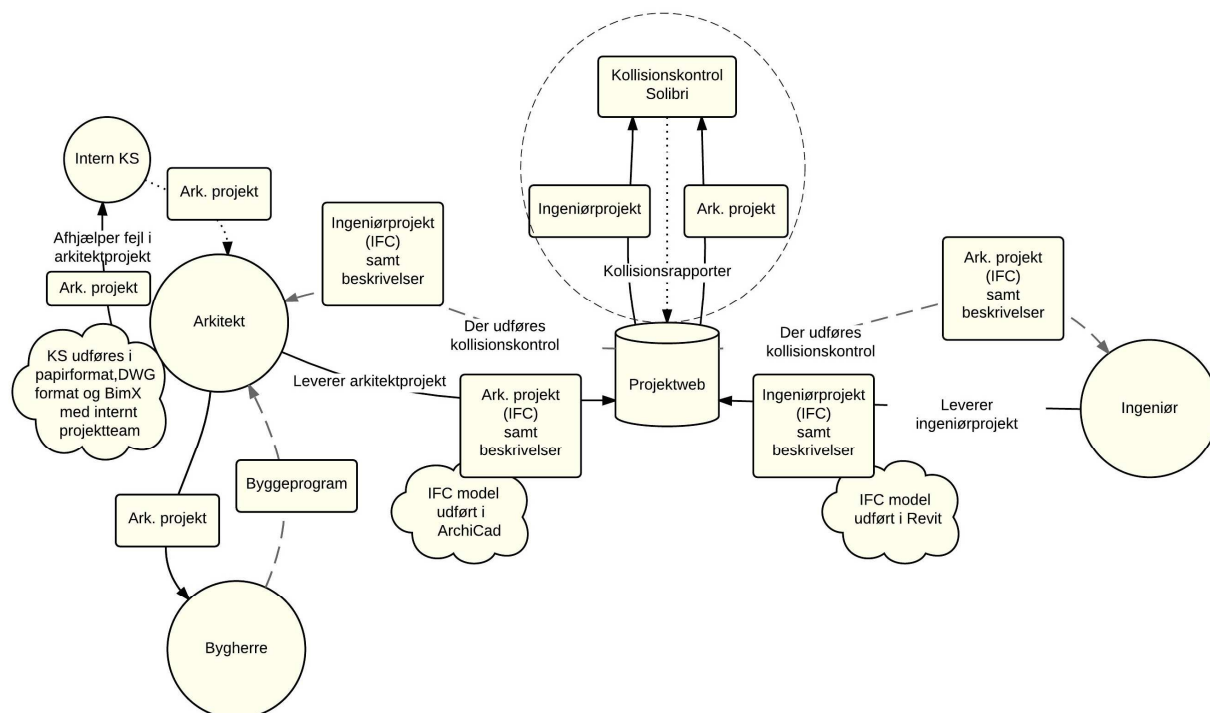
BCF er oprindeligt udarbejdet af virksomhederne Solibri og Tekla og har til hensigt at optimere kommunikationen af fejl i modellerne, mellem projekteringsparter. Måden det fungerer på, er ved at fejlene, som registreres i Solibri, bliver gemt i et skema, hvor de kollisionsspecifikke objekter tilknyttes de beskrivelser og indstillinger brugeren giver den specifikke kollision i Solibri ved hjælp af deres GUID. Skemaet er baseret på XML (Extensible Markup Language), som er et opmærkningssprog, hvis primære funktion er opbevaring af data og kan anvendes af en bred vifte af software. BCF fungerer derfor som et åbent udvekslingsformat, der kan videregive informationerne fra Solibri til modelleringsværktøjer som f.eks. ArchiCad gennem IFC modellen. Her linkes beskrivelserne til det specifikke IFC objekt. (buildingSMART, 2014b).

I det følgende vil virksomhedens nuværende arbejdspraksis blive analyseret ud fra informationer opsamlet fra ovenstående teori, samt empiri fra interview (se Appendix 1 – Interview 1). Der bliver kigget på brugen af Teamwork og en mulig brug af Solibri i virksomheden, for på sigt at kunne analysere, hvordan projekteringen kan optimeres, eller ændres så den fremmer det daglige arbejde for virksomheden. For en mere detaljeret beskrivelse af udvalgte funktioner i ArchiCad Teamwork og Solibri henvises der til de tekniske forsøg i kapitel 4.

3.2.4. ANALYSE AF WORKFLOW I DEN NUVÆRENDE ARBEJDSPRAKSIS

Virksomheden har taget ArchiCad 18 og dennes Teamwork funktion, i brug på et 3 måneders pilotprojekt. På pilotprojektet har virksomhedens projektteam en dedikeret computer til at agere server for Teamwork. I det følgende afsnit vil deres nuværende arbejdsprocesser i en projektering blive beskrevet. Al empiri til opbygning af flow model og til afsnittet som helhed

stammer fra interviews (Se Appendix 1 – Interview 1 og Appendix 2 – Interview 2). Flow modellen er bygget op efter samme princip som i afsnit 3.1.4 og aktørernes ansvarsområder er de samme jfr. DANSKE ARK og FRI's ydelsesbeskrivelser. Det materiale som arkitekten og ingeniøren leverer til projektWEB, skal ses som tegningsmateriale, beskrivelser og 3D model, der er fremkommet af aktørernes arbejde og er i flow modellen benævnt som arkitekt- og ingeniørprojekt. Flow modellen kan ses nedenfor og i Appendix 8 – Nuværende arbejdspraksis.



Billede 27: Nuværende arbejdspraksis

Det stiplede område på flow modellen angiver en ønsket arbejdspraksis for arkitektvirksomheden, da den involverede proces er noget de har gjort sig mange tanker om.

Udvekslinger mellem arkitekt og bygherre

Som i den forhenværende arbejdspraksis foregår kontakten til bygherre typisk ved, at arkitekten modtager et byggeprogram i PDF format. Krav og ønsker fra byggeprogrammet formidles af arkitektens udviklingsafdeling i både Rhino og Autocad, hvorefter projektet gives videre til arkitektvirksomhedens projektteams. Ifølge CL og JB, som er hovedansvarlige for pilotprojektet, så er det materiale, de modtager fra udviklingsafdelingen svært at anvende i det videre forløb.

”Vi modtager som regel AutoCAD eller Rhino materiale fra udviklingsafdelingen. I det materiale kan de have oprettet nye lag, som ikke eksisterer i firmaets lagstruktur. Dette medfører, at vi kun kan tage udgangspunkt i materialets arealer, men vi håber det bliver bedre, når udviklingsafdeling også begynder at bruge Archicad 18” – CL og JB (Appendix 1 – Interview 1)

Ovenstående citat er et udtryk for et problem, som allerede finder sted inden projekteringen egentlig er begyndt. Problemet er gældende i den forhenværende arbejdspraksis såvel som den nuværende i og med, at det kun er pilotprojektet, som udføres i Archicad. Derfor må man formode, at den forhenværende arbejdsproces stadig er gældende her. Som arkitekterne selv nævner, kan det se anderledes ud, når udviklingsafdelingen også anvender Archicad. Grundet

den utilstrækkelige mængde brugbart materiale projektteamet kan anvende fra udviklingsafdelingen må det antages, at der er en masse arbejde, der skal gentages og dermed være spildt arbejde. Under interviewet blev det nævnt, at det er aftalt med bygherre, at der ikke skal afleveres noget digitalt, da bygherren menes at være ligeglad med BIM og dermed formentlig også IFC.

"I princippet er bygherren ligeglad med BIM. Han vil bare have en færdig bygning, der er så præcis som muligt, og hvordan vi leverer det, er underordnet." - CL (Appendix 2 – Interview 2)

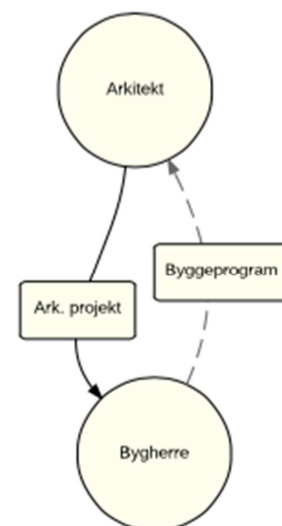
CL påpeger, at det kommer an på, hvilken slags bygherre, det er og om han føler, at han får noget ud af at modtage noget digital dokumentation. Hvis det for eksempel var andelsboligforeninger eller større udlejningsfirmaer, kunne det være aktuelt for bygherren, da vedkommende skal beholde bygningerne og skal bruge den information, der lagres i en IFC model. Anlægssummen på byggesagen er på 117 mio. kr., hvilket overstiger kravet på 20 mio. kr. fra den gældende IKT bekendtgørelse, som fastslår at bygherren skal kræve en digital aflevering. På projektet er der dog tale om en privat bygherre og derfor er kravene ikke nødvendigvis gældende. Typen af bygherre og om bygningen er til hans eje er derfor afgørende for, hvilke krav han stiller til rådgivernes aflevering af dokumentation. Rådgivervirksomheder, der er overvejende nye i BIM og digital aflevering, kunne lære meget af at blive krævet en digital aflevering, da det ville tvinge dem til at forholde sig til, hvad dette indebærer. Til denne digitale aflevering som er tiltænkt bygherren vil det typisk være drifts- og vedligeholdsmæssige informationer, så vedkommende har dokumentationen i en 3D model og lettere kan vælge et bygningselement eller objekt og se hvilke forhold, der er gældende for eksempelvis materialers levetid eller serviceeftersyn for diverse aggregater.

Dette er ikke det eneste, der afleveres til bygherren. Typisk er der en fremvisning af arkitektprojektet løbende og især ved faseskift, hvor bygherren skal godkende diverse forslag. I den nuværende arbejdsproces er disse udvekslinger ikke ændret betydeligt. Arkitekten afleverer stadig plan, snit og opstalter i papirformat, samt renderinger af designmæssige tiltag i fasen, med henblik på at illustrere diverse ændringer eller nye forslag bedst muligt.

Som funktion af arkitektens nye setup i form af serverløsningen til samarbejdet på projektet, står virksomheden også her overfor nye muligheder i forhold til at skulle fremvise projektmateriale. Her kan man tilbyde andre parter adgang til 3D modellen med begrænsede rettigheder og adgang. Udfordringerne ved dette undersøges i Forandringsanalysen afsnit 3.3.

Intern kvalitetssikring i arkitektvirksomheden

I forhold til den forhenværende arbejdspraksis, hvad angår kvalitetssikring, så er formålet det samme. Projektets arkitekt har i den nuværende arbejdspraksis valgt at udføre kvalitetssikringen på pilotprojektet ved at skrive tegningsmaterialet ud, sende det over til et andet projektteam, som streger med rød tusch og sender materialet tilbage til pilotprojektets projektteam, som går hver fejl igennem og retter til i modellen. En af grundene til at man kan have valgt at gøre sådan er, som nævnt tidligere, at man har oplevet problemer med importen



Billede 28: Ark - Bygherre

af en DWG fil i forhold til nulpunkt. Man kan dog argumentere for, at når det foregår internt, bør der være en bedre kommunikation end tilfældet var med ingeniøren i den forhenværende arbejdspraksis.

På pilotprojektet har man valgt, at kvalitetssikringen baseres på plan, snit og opstalter på papir. Herudover har man fundet et nyt kvalitetssikringsaspekt i 3D modellen. Denne eksporteres til en BIMx model. Dette er en forenklet 3D model, hvor man har mulighed for at lægge hotspots ind i modellen, som henviser til planer, snit og opstalter. Modellen kan således udelukkende anvendes til at gennemse bygningsmodel og tegningsmateriale og har ingen egenskaber indenfor modifikation. På byggesagen har man kvalitetssikret BIMx modellen ved at gå den igennem for kolliderede objekter. Det er arkitektens tanke, at man opnår et mere korrekt mængdeudtræk og derved sparer penge som et resultat af dette. Brugen af BIMx modellen analyseres i Forandringsanalysen. Tegnestuen har ligeledes givet udtryk for, at man ønsker at satse på kollisionskontrol som en ny form for kvalitetssikringsmetode:

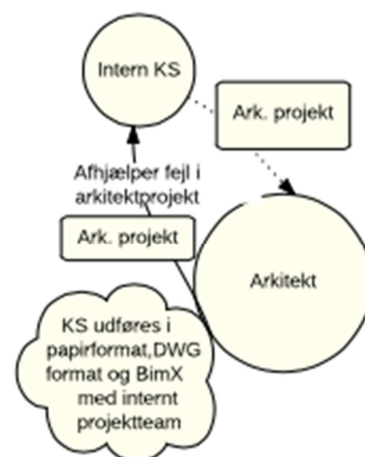
"Kollisionskontrol bliver en ny form for kvalitetssikring, hvor vi muligvis finder flere fejl end på traditionel vis. Vi kan desuden bruge kollisionskontrollen til at sikre, at vi får et mængdeudtræk, der er mere præcist." - JB (Appendix 1 – Interview 1)

I citatet ovenfor er det omtalte gældende for kollisionskontrol mellem tegnestuens egen model og ingeniørens model.

Tegnestuen har fundet en metode tilsvarende en reel kollisionskontrol ved at bruge en BIMx model. Denne proces kan dog være med en noget større fejlmargen end f.eks. brugen af Solibri, da der er tale om en manuel proces, hvor det er den udførendes egen årvågenhed, der opfanger fejl og ikke en computer, der beregner kollisioner af bygningsobjekter.

Når Archicad 18 implementeres på hele tegnestuen, kan dette betyde, at man finder en helt ny måde at kvalitetssikre sit projekt på. Her kunne man forestille sig, at et andet projektteam fik *kvalitetssikringsrettigheder* på modelserveren på projektet og på den måde undgår den arbejdsproces i at printe tegninger ud og gennemgå det, modtage det og rette det. Her kan det dog kræve en større disciplin og kompetence for styring og koordinering af lignende arbejdsprocesser, når den del af modellen, der skal kvalitetssikres er fastlåst, mens det ledende projektteam fortsat arbejder. Dette kan sammenlignes med en situation, som arkitekterne har oplevet under projekteringen i Teamwork. I situationen var der et projektteammedlem, der arbejdede hjemmefra, hvor en anden sad på kontoret. Begge medlemmer arbejdede på det samme i Teamwork modellen uden at reservere arbejdsområdet.

Dette er et relativt simpelt eksempel på, hvor vigtigt det er at koordinere og kommunikere det arbejde, den enkelte udfører i modellen. Dette er også en del af den nye arbejdsproces, der skal indarbejdes i de daglige rutiner.

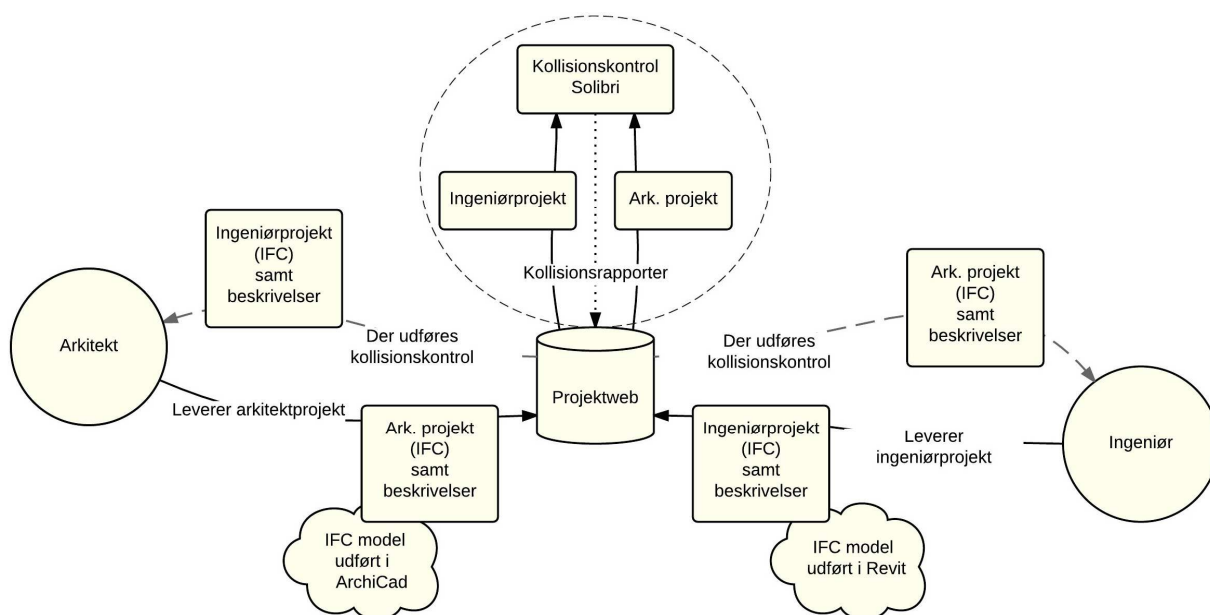


Billede 29: Ark - Intern kvalitetssikring

Udveksling med andre parter over projektWEB

ProjektWEB er, som nævnt i afsnit 3.1.3, en fildelingsportal, som giver projektets parter en mulighed for at dele dokumenter, tegninger og andet data. Portalen giver samtidig mulighed for at styre delingen af data og hvem der skal have adgang til denne.

På projektet anvender arkitekten og ingeniøren en Dropbox som ProjektWEB, hvor de har en given mappestruktur. Parternes revisionsstyring af gældende og forældet tegningsmateriale foregår ved at flytte tidligere gældende tegninger fra en mappe til en anden på et ugentlig aftalt tidspunkt, hvor nye tegninger er dokumenteret ved dato. Den overordnede brug af projektWEB på projektet kan ses på Billede 30 nedenfor.



Billede 30: Flowmodel for nuværende arbejdspraksis og brug af projektWEB

Arkitekten påpeger dog, at de førhen havde problemer:

"Indtil vi fandt ud af systemet, havde vi mange problemer. Vi kunne godt finde på at lave hver tegning i hver sin fil, selvom det modsatte var aftalt med de andre projekterende parter." – JB (Appendix 1 – Interview 1)

Denne proces er dog møntet på den forhenværende arbejdsproces, men i og med at parterne stadig udveksler tegningsmateriale på Dropbox og anvender samme revisionsstyringssystem, må man antage, at der ikke er tiltrådt ændringer i deres arbejdsproces på trods af systemskiftet og deres tidligere problemer.

På byggesagen har arkitekten ikke sendt en IFC model til ingeniøren endnu, men tegnestuen regner stærkt med, at det er måden, de vil udveksle på, da begge parter har BIM systemer. Dog har ingeniøren, på et meget tidligt stadium i projekteringen, sendt en IFC model til arkitekten, men modellen har ændret sig så meget, at man har valgt at starte forfra og ikke arbejde ud fra denne.

Det arkitekten gør tilgængeligt for de øvrige parter på Dropbox er således tegningsmaterialet i pdf format og på sigt en IFC model.

Under et kursus hos konsulentvirksomheden havde arkitekten valgt at arbejde med projekt materialet, hvilket resulterede i, at de fik udarbejdet en 3D model med projektspecifikke beslutninger. Senere i processen viste det sig, at man ikke kunne bruge modellen, da den var for detaljeret i forhold til stadiet og som resultat af dette kom der for mange ændringer. Dette medførte, at arkitekten var nødsaget til at omprojektere efter kurset. Dette problem kan ses som et led i en udviklingsproces både hvad angår projekteringen, men også kompetencerne hos de projekterende, som diskuteres senere i Forandringsanalysen afsnit 3.3.

Når arkitektens og ingeniørens IFC model er gjort tilgængelig på Dropbox, er det arkitektens vision at, der skal udføres en kollisionskontrol for at afklare uoverensstemmelser i det samlede projekt materiale til bygherre. Disse uoverensstemmelser vil udmunde i specifikke kollisionsrapporter, som typisk udarbejdes af en modelkoordinator og som sendes til sagens parter (Jørgensen, et al., 2008). Disse rapporter kan som nævnt tidligere indeholde deciderede kollisioner, verificere om der er overensstemmelse af de arkitektoniske og strukturelle elementer og se om der mangler elementer i modellen (Solibri Inc., 2014). Citatet fra JB angående hans tanker om kollisionskontrol kan også bringes i spil i denne sammenhæng for argumentet må være det samme, om det er internt eller eksternt. Hvis et element mangler i modellen i ventilationssystemet og man laver mængdeudtræk fra modellen, vil man stå med en pris, hvor det manglende element ikke er medregnet. Omvendt kan man også stå i en situation, hvor et dæk overlapper et andet dæk, som kan resultere i en forhøjet pris. Det er derfor altafgørende, at den samlede 3D model undersøges for fejl og mangler inden, der trækkes mængder ud.

På byggesagen er der ikke udført kollisionskontrol, og derfor har det ikke været muligt for projektgruppen at kortlægge ansvaret for denne ydelse. Dog har arkitekten gjort sig tanker om at erhverve sig ydelsen som en facilitet hos en ekstern virksomhed. Han hævder dog, at man må tage stilling til, hvor mange arbejdstimer, der ligger i at kvalitetssikre 3D modellen uden kollisionskontrol. Altså ligger der nogle overvejelser i om man skal investere tid og penge i en licens og dermed tilføje brugen af denne til ens kompetencefelt eller om man skal udlicitere dette arbejdsområde.

Opsummering

Den nuværende arbejdspraksis har endnu ikke ændret på udvekslingsproceduren med andre projektteams og bygherren. Den uændrede udvekslingsprocedure med bygherren kan skyldes, at byggeriet ikke er til bygherres eje, og derfor er incitamentet ikke for at kræve en digital aflevering. I forhold til den interne kvalitetssikring er projektteamet på pilotprojektet de eneste med et BIM system på tegnestuen. Man har dog valgt at benytte papirformatet på bekostning af DWG. Arkitekten har stadig sin første IFC udveksling til gode med ingeniøren. Arkitekten mener at denne form for udveksling danner grundlag for deres fremtidige udvekslingsprocedure. Når alt dette tages i betragtning står tegnestuen i en situation, hvor de har flere muligheder for at optimere deres interne og eksterne processer. Samtidigt står de dog over for udfordringer i forhold til aktørenes kompetencer, strukturen af arbejdet på en model server, samt den generelle ændring i måden der skal projekteres på i et BIM system. Disse udfordringer analyseres i den følgende forandringsanalyse, hvor skellet mellem forhenværende og nuværende arbejdspraksis danner rammen for ovenstående udfordringer.

3.3. FORANDRINGSANALYSE

Den følgende analyse opsamler de udfordringer, der er nævnt i afsnit 3.1 og 3.2 og er overordnet inddelt i delsystemerne fra Leavitt's systemmodel (se Appendix 4 – Leavitts systemmodel). Leavitt's systemmodel er udviklet til at beskrive en udviklingsproces i en organisation og er opdelt i de fire delsystemer: Teknologi, Aktør, Struktur og Opgave. (Anlægsteknikforeningen, 2011)

Analysen tager udgangspunkt i delsystemet teknologien, da det er denne som ændres i virksomheden. Ud fra denne ændring vil forandringsanalysen således kigge på, hvilke påvirkninger teknologien har på de øvrige delsystemer.

Teknologien skal i analysen ses som virksomhedens primære modelleringsværktøj. Her er der foretaget et skifte fra AutoCad til ArchiCad. Det første delsystem som bliver analyseret er aktørerne og med aktører menes, medlemmerne af projektteamet i virksomheden. Der er dog samtidigt perspektiveret på hele virksomheden, da man må gå ud fra at systemet skal bredes ud til det resterende personale. I denne del af analysen er der fokus på forståelsen af det nye system samt hvilke kompetencer projektteamet har og hvilke der kan forbedres.

Det næste delsystem er struktur og omhandler i dette speciale organisationsstrukturen og hvordan denne ændres i takt med implementeringen af det nye system. Her vil der være en beskrivelse af det projektteam, der anvender systemet i virksomheden og hvordan deres interne organisering ændres og hvilke udfordringer denne ændring kan forårsage.

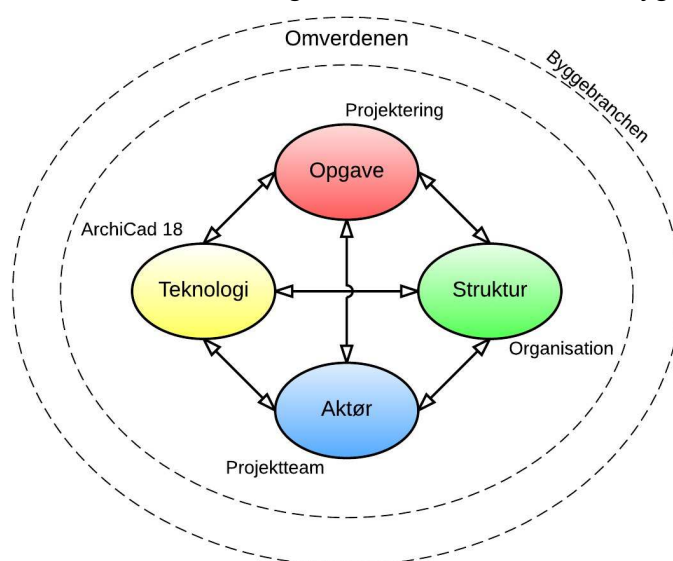
Den sidste del henvender sig til opgaven omhandler projekteringen som af projektgruppens anses for at være virksomhedens primære opgave. Der er her lagt vægt på hvordan opgaven ændrer sig og hvilke udfordringer der kan opstå i forskellige aspekter af denne forandring. Projektgruppens brug af delsystemerne kan ses på Billede 31.

Leavitt modellen bliver ligeledes brugt til at analysere på omverdenen, som i dette tilfælde er resten af byggebranchen og de andre projekterende parter som virksomheden på sigt skal arbejde sammen med. Dette gøres ved hjælp af de førnævnte BIM *maturity levels*, som kan vise hvor virksomheden er placeret og hvor den skal forbedre sig for at være konkurrencedygtig med omverdenen (kunder og klienter).

Disse *levels* kan ligeledes vise påvirkningen fra omverdenen på virksomheden og dennes delsystemer.

Til sidst analyseres delsystemerne ud fra et økonomisk perspektiv for at anskue hvilke økonomisk indflydelse det nye system kan have på virksomheden som helhed.

For at understøtte projektteamets udsagn og holdninger vil der i analysen, være observationer og resultater fra videnskabelige artikler, relevante for emnet.

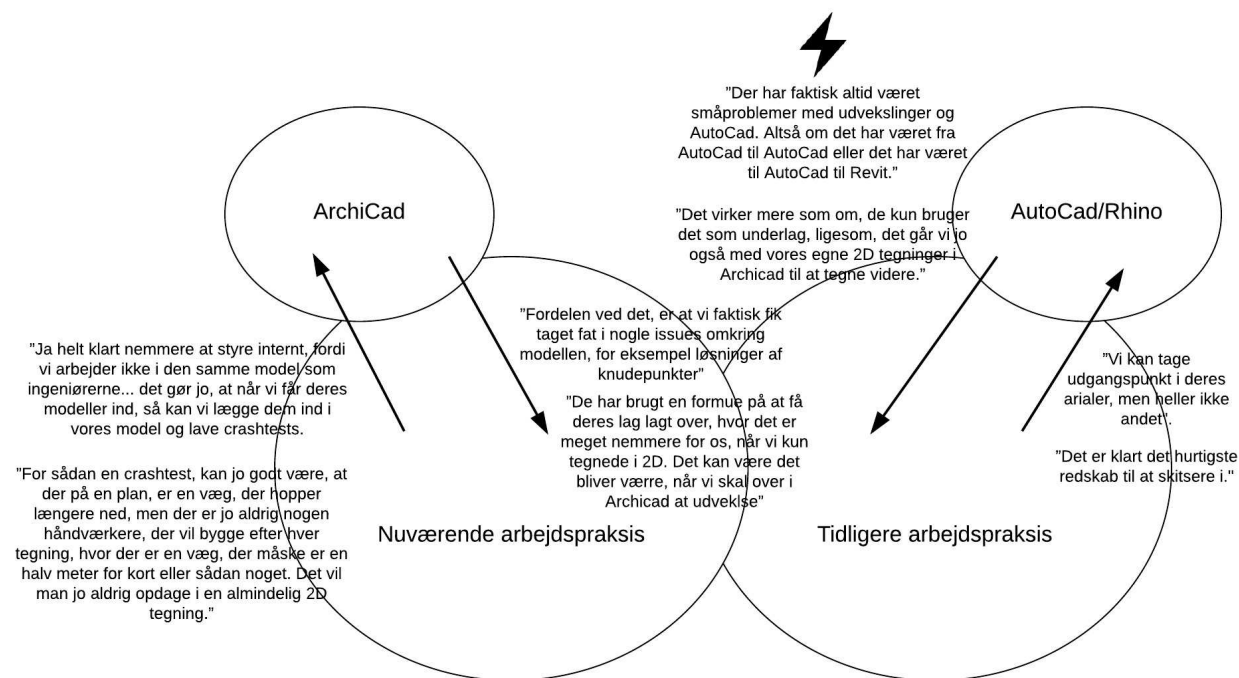


Billede 31: Projektgruppens brug af Leavitt (Net2Change, 2012)

Delsystemernes udfordringer opsamles og kædes sammen i afsnit 3.4 ved hjælp af aspekter fra Logical Framework Approach metoden. Her anvendes problem- og måltræ til at vise hvordan de opsamlede udfordringer fra delsystemerne i Forandringsanalysen påvirker hinanden.

3.3.1. AKTØRER

I dette afsnit ses aktørerne som medlemmerne af projektteamet på pilotprojektet. Afsnittet vedrører, hvordan kompetencer og forståelsen af teknologien kan ændre sig ved skifte af systemet. For at kunne analysere på projektteamets kompetencer og forståelser kan det være fordelagtigt at fastlægge, hvilken kultur der understøtter arbejdet i virksomheden, da denne fortæller noget om hvordan aktørerne oplever deres arbejde. Denne kultur kan illustreres ved en kulturelmodel som er beskrevet i afsnit 2.4. Derfor har projektgruppen udarbejdet en model, som kortlægger nogle af de udsagn og holdninger, der kom til udtryk ved de interviews, der er foretaget hos arkitekten på casen. Modellen skal forstås på den måde, at den er opdelt i den forhenværende- og nuværende arbejdspraksis. Derudover ses den software, som er anvendt i de to arbejdspraksis i modellen. Pilene til og fra softwaren skal vise henholdsvis, hvordan virksomheden mener, den har anvendt softwaren og hvad virksomheden derefter har fået ud af denne anvendelse. Lynet på modellen skal visualisere en udfordring, virksomheden har oplevet ved brugen af den specifikke software. Modellen kan ses nedenfor og i Appendix 9 – kulturelmodel.



Billede 32: Illustration af kulturelmodel model for arbejdspraksis

Kompetenceændringer

Kompetencerne til at arbejde i det nye system kommer fra kurset, projektteamet har været igennem og efterfølgende ved brugen af systemet, hvor konsulentvirksomheden har suppleret

med ugentlige *floor walks*. Til sidst anvendes det udarbejdede *white paper* til instrukser løbende i projekteringen.

På den nævnte kulturelmodel kan man se, at virksomheden i deres forhenværende arbejdspraksis har haft den holdning, at det materiale de modtager, såvel som det de selv har produceret, kun er brugbart til en vis grad. Dette understøttes af, at ingeniøren udelukkende har brugt deres tegningsmateriale som underlag. Denne holdning illustreres også af den kultur, der er internt i virksomheden, hvor det, der erhverves hos udviklerne, udelukkende anvendes til indhentning af arealer. Dette giver et billede af, at man ser de to afdelinger som to adskilte processer, der ikke understøtter hinanden. Denne tankegang står i skarp kontrast til BIM og tanken om, at beslutninger skal tages igennem et stærkt og tæt samarbejde på tværs af fagligheder. Derfor kan det være nødvendigt med en holdningsændring, hvis BIM tankegangen skal implementeres i virksomheden.

Den nuværende arbejdspraksis har ændret arbejdsprocesserne og som vist på ovenstående kulturelmodel, kan virksomhedens projektteam se idéer i, at de får taget stilling til knudepunkter og konstruktionsopbygning på et tidligere stadie. Denne erkendelse kommer ud fra et skifte i modelparadigmet i projektteamet, hvor de nu arbejder med objekter frem for streger. Dette skifte kommer til udtryk i det første interview, hvor CL påpeger det i forbindelse med tre dages kurset:

”Fordelen ved det, er at vi faktisk fik taget beslutninger omkring modellen tidligere, f.eks. løsninger af knudepunkter. På den måde fik vi lært nogle redskaber i ArchiCad, som er vigtige fremadrettet” – CL (Appendix 1 – Interview 1)

Den måde virksomheden forstår det nye paradigme på, vil have indflydelse på systemets anvendelse og derfor er det vigtigt at have fælles retningslinjer for arbejdet i systemet, som gør, at alle arbejder på samme måde og hen mod de samme mål. Dette kunne f.eks. være en model til udveksling med de øvrige parter. Disse retningslinjer kan være *white paper’et*, som beskriver i overordnede termer, hvordan specifikke opgaver løses i det givne system. Et eksempel på, hvor paradigmeskiftet kan forårsage problemer, er ved modeller, som skal udveksles ved f.eks. faseskift. Denne model kan kræve beslutninger, som før blev taget senere i projekteringen. Derfor er der behov for et tæt samarbejde med de øvrige parter, samt en tidligere fastlæggelse af knudepunkter. Hvis ikke disse beslutninger bliver taget på et tilfredsstillende grundlag, kan dette forårsage, at der senere i processen skal laves om på f.eks. konstruktionsopbygningen i en væg. Dette kan ændre det arkitektoniske udtryk og/eller give arkitekten ekstraarbejde.

Et andet punkt, hvor det generelle projekteringsarbejde kan ændres, er ved, at det nye system understøtter flere af arkitektens arbejdsområder. I den forhenværende arbejdspraksis brugte virksomheden to forskellige software til henholdsvis skitsering og den primære projektering. Dette kan ændres i det nye system, hvor ArchiCad ved brugen af 3D modellering, understøtter de funktioner som Rhino gav virksomheden i form af renderinger og visualiseringer. Selve fordelingen af skitserings- og projekteringsværktøj har ikke ændret sig, da tegnestuen stadig anvender Rhino, selvom funktionerne er tilgængelige i ArchiCad 18. Man har blot ændret det primære projekteringsværktøj til at starte med. Disse omtalte forandringer kræver kompetenceændringer, da man nu kan opbygge en model med gradvist større detaljeringsgrad, så man til sidst ender med fastlagte konstruktioner. Denne model bruges til renderinger løbende i faserne og vil hele tiden vise, hvordan bygningen ser ud i forhold til et specifikt tidspunkt i projekteringen. Dette tvinger, som førnævnt, medarbejderen til tidligere at tage stilling til dele af

bygningen og vil på sigt lette udvekslingerne med ingeniøren, da der formentlig ikke vil være så stor forskel på, hvad der leveres og hvad der modtages. Her skal der dog laves nogle vurderinger af tidspunkt i processen og beslutningsgrundlag. Som registreret tidligere opstod der problemer, da modellen fra kurset var for detaljeret. Denne tidlige detaljering blev problematisk på grund af det formentlig utilstrækkelige beslutningsgrundlag.

Selv om eksemplet selvfølgelig henvender sig til en kursus situation, kan man forestille sig en situation som kan opstå i en projektering indeholdende de øvrige parter. Derfor er der behov for en tidligere tværfaglig beslutningstagen vedrørende grundlæggende konstruktionsopbygning og lignende.

Brugen af ovenstående muligheder har givet projektteamet en bedre forståelse for skiftet i modelparadigmet. Denne ændring i forståelsen kommer til udtryk ved, at virksomheden i det første interview udtalte, at der var udfordringer vedrørende reserveringer og generelt arbejde i Teamwork. I det andet interview er der indikationer på, at de har forsøgt at løse denne udfordring ved at have morgenmøder, hvor der aftales, hvad der skal laves i modellen og hvem der gør det. Disse kommentarer illustrerer en kompetenceændring og en dybere forståelse af, hvordan arbejdet i en 3D model koordineres. Det skal dog siges, at der stadig opleves udfordringer i forbindelse med koordinering og reservering af objekter i Teamwork og at der derfor stadig er behov for bedre kompetencer og en mere fyldestgørende koordinering af arbejdet.

Brugen af kollisionskontrol

Arbejdet i en fælles model internt i virksomheden har derfor dannet en ny kultur i virksomheden. Dette ses i virksomhedens idé om kollisionskontrol, som kan være med til at forene faglighederne og grænserne imellem arkitekt og ingeniør, da man får fællesopgaver i at få fagmodellerne til at hænge sammen. Derfor er der en betydelig forskel på, hvordan arkitekten plejer at opfatte arbejdet med ingeniøren og til hvordan de ser arbejdet i det nye system. Denne nye arbejdsproces kræver dog nye kompetencer i forhold til, hvordan disse kollisionskontroller opsættes og udføres. I forhold til de nye kompetencer er det her nødvendigt at vide, hvordan man anvender analyseværktøjer som f.eks. Solibri Model Checker og derudover kræver arbejdet med en fælles model nye ansvarsområder og roller internt i projektteamet. Denne rolleinddeling beskrives nærmere i analysen af struktur delsystemet.

I kulturelmodellen kan man se i virksomhedens forståelse af denne kollisionskontrollen, at de har gjort sig overvejelser angående hvilke udfordringer, der kan opstå og dette illustrerer, at der er en forståelse og medvilje til, at kollisionskontrollen kan gavne arbejdet fremadrettet. Denne medvilje gør ligeledes, at projektteamets medlemmer nemmere tager de nye arbejdsopgaver til sig. Behovet for en ny måde at udveksle på, kommer også til udtryk i holdningen, at der generelt altid har været problemer med at udveksle fra og til AutoCad. Disse problemer kan være kompetencebetonede og påvirke dannelsen af kulturen, hvorved ingeniørens tegningsmateriale ses som et separat sæt planer, snit og facader. Disse kulturelle udfordringer understøttes af John Kotter's rapport omkring forandringsledelse og hvilke udfordringer implementeringen af et forandringsprojekt kan skabe. Kotter nævner her, i sin otte trins model (se Appendix 5 - Forandringsledelse), at for at ændre kulturen og derved "måden man gør tingene på" i en virksomhed, er det vigtigt at formidle tiltag og forbedringer til medarbejderne. Denne formidling bliver på byggesagen udført af konsulenterne som løbende i arbejdet viser projektteamet, hvilke gevinster diverse tiltag har og hvordan disse forbedrer arbejdet for den enkelte og projektteamet

imellem. F.eks. er projektteamet blevet undervist i Teamwork funktionen i ArchiCad, som skal være med til at optimere kommunikationen imellem medlemmerne i virksomheden og på den måde skabe et tættere samarbejde.

I det første interview nævnte arkitekten i forlængelse af kompetenceændringen vedrørende udvekslinger, at samarbejdet forløb over en tre måneders periode. Da virksomheden d. 27. oktober befandt sig i den anden måned af dette forløb og ikke har haft mulighed for at udveksle til ingeniøren, kan man betvivle, om de når at opbygge kompetencer inden for IFC udveksling inden de tre måneder udløber. Her er der altså behov for alternativer til denne kompetenceopbygning.

Ændring i kommunikationsveje

I den forhenværende arbejdspraksis indeholdte kommunikationen imellem projektteamsmedlemmer koordinering gennem traditionelle kommunikationsveje som e-mail korrespondance og projekteringsmøder. Her er der i den nye arbejdspraksis behov for en kompetenceændring, da det nye system understøtter en mere flydende og interaktiv kommunikation gennem softwaren. Her er der tale om noter, kommentarer, samt information om konstruktioner og materialer i selve Teamwork modellen. Denne kompetenceændring er nødvendig for at sikre, at modellen der anvendes til kollisionskontrol, lever op til det ønskede detaljeringniveau, så de relevante kollisioner kan undersøges i den specifikke fase af projekteringen.

I den videre implementering, spiller kompetencer ligeledes ind, da der i det tilfælde vil være behov for en overførsel af kompetencer og viden omkring brugen af ArchiCad. Her kan man forestille sig, at en eller flere fra pilotprojektets projektteam vil fungere som en intern konsulent, som overværer og instruerer de øvrige ansatte i virksomheden. Den interne konsulents kompetenceniveau vil påvirke, i hvor høj grad implementeringen bliver udført tilstrækkeligt. Indlæringen hos de øvrige ansatte vil blive påvirket af, om projektteamet når at opbygge kompetencer inden for alle relevante aspekter af arbejdet med en 3D model.

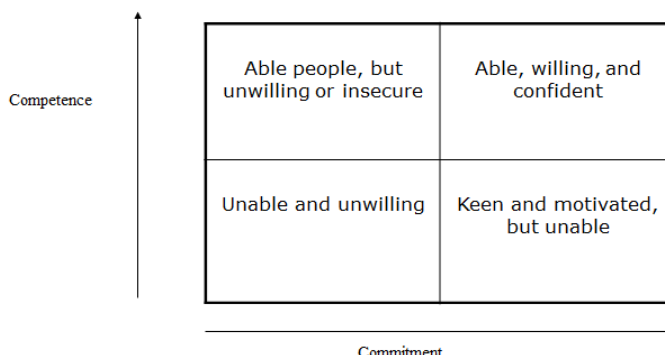
3.3.2. STRUKTUR

I det følgende vil strukturen i virksomheden blive analyseret. Dette afsnit vil se på, hvordan virksomheden har inddelt sine arbejdsområder og roller, samtidig med, at afsnittet vil have et fokus på ledelsen og de beslutninger, de står overfor ved en ændring af teknologien.

Strukturændringer

Man må formode, at ledelsen har gjort sig overvejelser over, hvilke personer, der skal indgå i det projektteam, som skal være involveret i pilotprojektet. Denne vurdering kunne være foretaget gennem nedenstående tabel fra Cadle og Yeates. Her vurderes den enkelte medarbejder ud fra hans kompetencer og ud fra hans engagement til, at det

nye system skal være en del af



Billede 33: Tabel over medarbejder vurderinger (Cadle & Yeates, 2008)

virksomheden (Cadle & Yeates, 2008). Kompetencer blev nævnt i det tidligere afsnit og kunne her være om medarbejderen har erfaringer i lignende programmer. Der blev opsamlet viden omkring villighed til forandringen ved det første interview igennem citatet:

"Jeg spurgte faktisk ledelsen, om jeg måtte undersøge BIM området, og prøve at opbygge en viden om det." – CL (Appendix 1 – Interview 1)

Dette citat illustrerer altså, at medarbejderen selv tog initiativ til forandringen og kan på den måde ses som en vigtig brik til at få systemet implementeret fordelagtigt i organisationen. Modstridende for dette citat er kommentarer der kom frem under samme interview omkring det generelle arbejde med det nye system. Her viste det sig, at JB havde en tendens til at gå tilbage til det gamle system, AutoCad, da han følte sig mere tryk her. Dette kan relateres til Kotter's trin fem omkring modstand (se Appendix 5 - Forandringsledelse). Her nævnes det, at modstand ofte kan opstå ubevidst hos den enkelte medarbejder gennem måden, denne benytter det nye system på. Dette kunne tyde på manglende instrukser omkring specifikke opgaver i det nye system, som har besværliggjort at udføre opgaven for medarbejderen. Det leder tilbage til konsulenten og det udarbejdede *white paper* som kunne virke til at være mangelfuld. Denne ubevidste modstand er noget ledelsen skal være opmærksom på i forhold til den fremtidige implementering (se kapitel 8).

Ændring i ansvarsområder og rollefordeling

Rollerne i projektteamet har tidligere været delt op i forskellige ansvarsområder. Ansvarsområderne var inddelt i specifikke planer, snit og knudepunkter. Derudover havde projektteamet roller, som dækkede over de forskellige aspekter omkring den generelle projektering:

"Vi har også nogle roller i projektteamet. I princippet har vi en medarbejder med ansvar for kvalitetssikring. Det er i princippet projektlederen, der har ansvaret, men der er altid en mand, der sidder og koordinerer det og sender projektet til nabogruppen, så de kan udføre KS. På større projekter er det ofte eksternt KS, hvor en anden tegnestue, laver KS på det." – CL (Appendix 1 – Interview 1)

Denne inddeling vil der stadig være i ArchiCad, men hvor hver tegning før var uafhængig af resten, er alle tegninger nu en del af en fælles model. Dette giver anledning til nogle nye arbejdsopgaver inden for hver af rollerne. Denne nye rollefordeling kommer til udtryk i det følgende citat fra andet interview:

"Her i starten kan jeg mærke, at jeg har brugt meget tid på at se, hvad de andre laver, og så gå rundt og checke op. Så jeg har fået tegnet mindre end jeg egentlig havde forventet" – CL (Appendix 1 – Interview 1)

Her illustreres det, at der har været behov for en koordinator i projektteamet til at overvåge arbejdet i Teamwork modellen. Denne koordinatorrolle nævnes også i bips artiklen Neuman, 2013. Her nævnes koordinatorrollen som en central figur for at koordinere arbejde og fordele ansvar til relevante personer. Artiklen nævner en række ansvarsområder og kompetencer som denne rolle indbefatter:

- Koordineringen af den samlede 3D model (kollisionskontrol af installationer osv.)
- En forståelse for alle fagligheders behov

- Styrer udveksling af data, hvem skal have hvad, hvornår
- Bidrager til projekt materialet på lige fod med de øvrige medlemmer
- Stor viden omkring modellen og hvordan den bedst visualiseres for parterne (Neumann, 2013)

I virksomheden virker det til at rollen er opstået af nødvendighed og uden at være planlagt. Dette kan skabe problemer, da man kan ende med at få en koordinator uden de nødvendige kvalifikationer. Dette kan være tilfældet i virksomheden, da CL i andet interview giver udtryk for, at tegnestuen reelt ikke ved, hvordan en IFC udveksling foretages.

I ArchiCad Teamwork vil denne rolle og ansvarsfordeling blive understøttet af indstillinger for adgangsniveau og rettigheder. F.eks. kan dem, der udelukkende tegner på modellen være begrænset til netop dette, hvorimod en projektleder vil have bemyndigelse til at gå ind og ændre i f.eks. lagstrukturen eller i, hvem der skal have adgang til modellen. Denne adgang er justerbar i det, at man, som nævnt i afsnit 3.2.3, kan bestemme, om den givne bruger kun skal have rettigheder til at se og undersøge modellen. Denne funktion er dog ikke anvendt på projektet, hvor modellen udelukkende er blevet vist til bygherren ved møder.

Afgrænsningen af arbejdsområder er med til at styre strukturen på projektteamet og inddeler medlemmerne i nogle roller. Der er dog en risiko for, at man begrænser de enkelte aktørers kreativitet og idéer ved, at de ikke har adgang til alle aspekter af modellen. Dette kan hæmme den kreative proces, som må siges at være fundamental for en arkitektvirksomhed. Derfor skal aktørernes kompetencer fra aktør delsystemet tages med i overvejelserne om, hvilken rolle de skal have i projektets Teamwork model. Et redskab der kan være med til at hjælpe på ovenstående, er de kommunikationsmuligheder, der er i Teamwork som f.eks. det indbyggede kommunikationssystem, hvor arbejdsområder kan ændres løbende hvis det opdages, at opgaver overlapper arbejdsområder.

Et ansvarsområde som ligeledes ændres er kvalitetssikring. Der udføres stadig rettelser i papirform som tidligere, men der hvor det nye system ændrer måden, hvorpå der kvalitetssikres er ved, at projektteamet nu selv har mulighed for at foretage vurderinger af modellen ved brug af det førnævnte BIMx software. Denne software giver brugeren mulighed for at "gå rundt" i modellen og på den måde se fejlene i samlingen af objekter, materialer eller lignende som skulle være opstået i projekteringen. BIMx kan ligeledes, som det også er gjort på byggesagen, anvendes som en viewer til bygherren, som vil få et bedre indblik i bygningen end ved et 2D tegningsmateriale. Dette er på projektet brugt på møder med bygherren, men kunne i princippet også bruges ved udvekslinger, som supplement til det øvrige tegningsmateriale, hvis bygherren ikke selv har et 3D modelleringsværktøj eller IFC viewer. Dette kræver dog, at bygherren først og fremmest bliver gjort klar over programmets eksistens og derefter, at vedkommende har BIMx installeret.

Kvalitetssikring i virksomheden foretages af JB, hvilket det følgende citat understøtter:

"JB kan godt lide, når vi laver en BIMx model. Dette er en 3D model, som er helt skrabet og nem at surfe rundt i." – CL (Appendix 2 – Interview 2)

Dette viser den førnævnte rolleinddeling, som det nye system faciliterer. JB bruger BIMx modellen til at undersøge modellen for fejl, som han derefter retter i Teamwork modellen. Her ville brugen af Archicad 18's viewer funktion dog være mere fordelagtig, da dette allerede understøtter funktionen, hvor man "går rundt i modellen" og han vil derfor samtidig kunne lave rettelserne direkte i modellen, når fejl bliver registreret. Derudover kan denne proces suppleres med Solibri Model Checker som tegnestuen allerede har kendskab til og som må siges at være mere sikker til at registrere diverse kollisioner mellem objekter, da denne understøtter en automatisk proces fremfor den manuelle.

Kommunikationsændringer

Som nævnt i delsystemet, aktører, omhandler den nye arbejdspraksis et skifte i modelparadigmet og dermed en ændring i arbejdsstrukturen. Strukturen ændres, da beslutninger som nævnt skal tages tidligere og derfor vil stillingstagen finde sted på et tidligere tidspunkt, hvor grundlaget for beslutningerne måske ikke er tilstrækkeligt. Her er det vigtigt at anvende erfaringer fra tidligere projekter samt at have et tæt samarbejde med ingeniørerne og entreprenørerne så beslutningerne bliver taget med så bred faglig viden som muligt.

Den typiske kommunikation på en tegnestue ville foregå via mailkorrespondance, projekteringsmøder og traditionel samtale mellem teammedlemmer. Der kan dog opstå problemer i forhold til, at en medarbejder ikke får læst en mail vedrørende ændringer i tide og derfor får lavet en betydelig mængde spildt arbejde i modellen.

De traditionelle projekteringsmøder er gode til at få alle til at arbejde efter samme mål, men der er stadig behov for løbende at tage hånd om spontant opståede problemer og beslutninger i det daglige arbejde i modellen. Her har Teamwork et indbygget kommunikationssystem, som kan bruges på forskellige områder. Beskederne kan anvendes til hverdags kommunikation omkring arbejdet i modellen, men kan ligeledes bruges til at ansøge om adgang til dele af modellen som den enkelte bruger ikke har adgang til. På den måde bidrager dette kommunikationssystem til strukturen i projektteamet, da det anvendes til en løbende adgangs- og ansvarsopdeling. Der er dog registreret problemer i forhold til dette system, da tegnestuen føler, at systemet ikke gør tilstrækkelig opmærksom på beskeder og noter fra andre teammedlemmer. Dette kan på sigt resultere i, at projektteamets medlemmer arbejder oven i hinanden.

3.3.3. OPGAVEN

Dette delsystem kan anskues som værende selve tegnestuens hovedopgave; projekteringen af byggesager, da det er det, organisationen tjener penge på. Heri er dels de nye processer, der gør sig gældende for at udføre opgaven, grundet det nye projekteringssystem og dels en ny organisering, der understøtter de nye processer. Opgaven kan også anskues som at være implementeringsprocessen af det nye projekteringssystem, da det for ledelsen kan være en måde at give deres kunder et bedre produkt på og derved en øget fortjeneste. Derfor kan implementeringen af Archicad 18 også ses som organisationens opgave, som naturligt vil komme i forlængelse af dets anvendelse.

Skiftet af modelparadigme

De nye processer, der skal til for at udføre projekteringen starter som førnævnt ved forståelsen af modelparadigmeskiftet, hvor informationer lagres i objekter og når objekterne samles, ender de ud i en BIM model af et byggeri, hvor planer, snit, facader og styklister f.eks. kan udtrækkes

fra. I den forhenværende arbejdspraksis er der organisatorisk en væsentlig forskel i arbejdet med projektet. I 2D projektet var det almindeligt, at have planer, snit og opstalter adskilt i hver sin fil jfr. transskriptionen af interview 1 (Appendix 1 – Interview 1). Her kunne organiseringen af arbejdet på projektet foregå ved, at en person stod for planerne, en anden person for snittet og opstalterne og en tredje for detaljetegningerne, hvor man kun i begrænset omfang har brug for koordinering og styring af projektet med projektteamets andre medlemmer. Her er kortlægningen af projektets mål i form af længder, højder og konstruktionsopbygning, det der skal koordineres.

Efter implementeringen af Archicad 18 står man overfor en anden organisering af arbejdsopgaver, da man har mulighed for at arbejde i samme model ved brugen af Archicad Teamwork. Netop denne mulighed stiller større krav til koordinering af arbejdet på projektet, da man nu i større grad er afhængig af de øvrige parter i projektteamet og deres arbejdsopgaver. Som nævnt tidligere har tegnestuen oplevet udfordringer i brugen af Teamwork, da to personer arbejdede med det samme område i modellen. Konkret i Archicad 18 fik personerne ikke reserveret det arbejdsområde, som de arbejdede i. Netop denne funktion er yderst vigtig at anvende korrekt, da man, som tilfældet var for tegnestuen, laver et stykke arbejde, der ikke bliver gemt, fordi det overskrives af den person, der sidst arbejder i området. Archicad indeholder langt flere funktioner og arbejdsområder end det er tilfældet for eksempelvis AutoCAD, da det strækker sig over modelopbygning, diverse analyseværktøjer, skitseringsværktøjer, renderinger og skemaer til f.eks. mængdeudtræk, layout mm. Mængdeudtræk laves automatisk for forskellige typer af objekter i modellen, hvor man har mulighed for at sætte forskellige informationer på skemaet for at gøre det klar til eksempelvis tilbudslistes. I den forhenværende arbejdsproces foregik alt dette manuelt, hvilket også gør, at man får meget foræret i et BIM system. Omvendt kan man sige, at det er en anden form for kvalitetssikring, der skal til for at validere modellens korrekthed, da objekterne og deres sammenhæng nu er en del af kvalitetssikringsprocessen. Dette kan ligeledes være en proces, som kræver tilvænning og øvelse for at forstå samt beherske.

Som teorien om BIM også skriver, så er modellen en delt videnscontainer for information om en bygning, der over tid skal skabe et troværdigt grundlag for fremtidige beslutninger over bygningens levetid. Det, at modellen er en delt videnscontainer for information om en bygning gør også, at modellen skal indeholde langt flere informationer og skal derfor understøtte langt flere arbejdsopgaver, hvorved disse informationer tilegnes. I den forhenværende arbejdsproces kan man derfor argumentere for, at arkitektens hovedopgave har ændret sig i forbindelse med skiftet af projekteringsværktøj. Dette kommer eksempelvis til udtryk ved, at der er behov for et tættere samarbejde med byggeriets andre parter for at få en model med de nødvendige informationer. Derudover er der i større grad et behov for koordinering internt, for at sikre at modellen man sender afsted har de rette informationer. Behovet for ekstern koordinering må være endnu større, da man ikke som tilfældet er internt, kan kommunikere over bordet.

I den nye arbejdspraksis har man også fået mulighed for at udveksle sin model i IFC formatet, hvilket, som beskrevet i BIM/IFC afsnit 3.2.1, er et fælles format for alle platforme, hvilket vil sige, at en arkitekt har mulighed for at sende en IFC model af en bygning, som ingeniøren kan anvende som grundlag for sine arbejdsområder. Arbejdet med dette format og den bagvedliggende forståelse er nyt for tegnestuen, da de ikke førhen har arbejdet i en objektbaseret projektering. Tegnestuens opgave har ændret sig til, at de nu skal sortere i modellens indhold, når den skal udveksles med andre parter i de tidlige faser af byggeriet. For

at kunne udføre en IFC udveksling som er fuldstændig tilpasset modtagerens informationsbehov på et givent tidspunkt, så kræver det, at man på projektet får klarlagt, hvad diverse parter har brug for fra en anden part på et givent tidspunkt. F.eks. hvad arkitekten skal levere for, at ingeniøren kan udføre statiske beregninger på bygningen, som grundlag for at bestemme konstruktionstykkelser, etc. Når en IFC model tilpasses en parts behov, skal der foretages en vurdering om hvilke informationer parten har brug for. Derfor skal der fokuseres på de specifikke tidspunkter i projekteringen og hvilke oplysninger opgaverne i fasen behøver. I projekteringen vil der således foregå en løbende filtrering af informationer så modellerne fremstår overskuelige, men samtidig indeholder den relevante information for den givne faglighed. Dette er essensen af buildingSMART's IDM specifikation som er nævnt i afsnit 3.2.1 og som er en stor del af grundlaget for at understøtte en objektbaseret projektering. Under interviewet fremhæver CL, at han netop har den ovenstående forståelse, selvom han ikke besidder den tekniske kunnen eller rutine:

”Vi er ikke så langt med BIM projekteringen endnu, men vi havde nogle forestillinger om, hvordan det skulle foregå. Vi har heller ikke vidst, hvordan man egentlig gør det. Altså hvordan vil bygherre have det. ... Sådan som jeg har forstået det, så kan IFC formatet indeholde mange ting. For eksempel er det vigtigt, at når vi udveksler IFC til ingeniørerne, at det kun har det konstruktionsrelevante med sig.” – CL (Appendix 2 – Interview 2)

Ovenstående kan ses som en erkendelse af, at tegnestuen ikke har erfaringen og derfor heller ikke kompetencerne til at kunne udveksle i IFC, men det viser, at CL har forståelsen for, hvad processen indebærer og den indholdsmæssige relevans for den modtagende part, som i dette tilfælde er ingeniøren. Dette er et godt grundlag for at erhverve sig disse kompetencer. Det skal dog nævnes, at holdningen om udelukkende at have det konstruktionsmæssige med er en forsimpning af processen, da ingeniøren på forskellige tidspunkter kan have gavn af andre informationer end bare det konstruktionsmæssige. Dette kan f.eks. være objektparametre, som ingeniøren skal bruge til analyser. Den manglende erfaring og deraf kompetencer for udveksling med IFC kan også være en stor udfordring for virksomhedens samarbejdspartnere i projekteringen, hvis det på forhånd er bestemt, at projektet skal udveksles med brug af IFC formatet, og tegnestuen reelt ikke ved, hvordan dette skal håndteres. På projektet må man gå ud fra, at ingeniøren er bekendt med, at projektet bliver kørt som pilotprojekt fra arkitektens side og der derfor kan være brug for rådgivning imellem parterne.

Under interviewet bliver CL spurgt til om, tegnestuen har udvekslet IFC med ingeniøren, hvortil han svarer, at de modtog en IFC model i slutningen af dispositionsforslaget, men grundet mange ændringer, var både ingeniøren og tegnestuen nødt til at starte forfra på deres respektive modeller:

”... Jeg tror, at når vi kommer ind i hovedprojektet, skal vi finde en måde hvorpå vi kommunikerer. Forhåbentlig IFC... Jeg tror også, at brugen af dette vil være en god øvelse for os.” - CL (Appendix 2 – Interview 2)

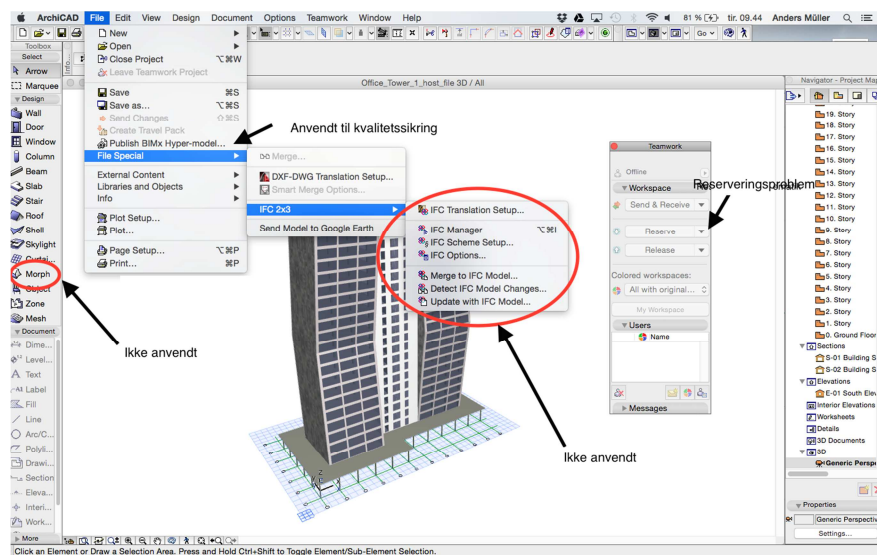
Ud fra interviewet har parterne tilsyneladende ikke gjort meget ud af at få klarlagt hver enkelt udveksling. Hvis og når parterne udveksler i hovedprojektet, kan man opleve uoverensstemmelser imellem henholdsvis arkitekt- og ingeniørprojektet, som kunne være udbedret i tidligere udvekslinger og kollisionskontroller i tidligere faser. Man må dog gå ud fra, at parterne har afholdt projekteringsmøder og udvekslet tegningsmateriale, som i den tidligere arbejdspraksis, for at kunne retfærdiggøre et nogenlunde sammenhængende projekt. Ifølge

IDM standarden skal hver udveksling defineres af den modtagende parts projektleder, så man på forhånd har defineret, hvad man på et givent tidspunkt har brug for, for at udføre en specifik arbejdsopgave. Dette kunne også have været en god øvelse for arkitektvirksomheden, da det vil give dem et unikt indblik i indholdet og omstændighederne for udvekslingen. Hvis de samtidig havde udarbejdet et Process Map, vil de vide, hvad den næste udveksling skulle omhandle, hvem den skulle være rettet imod og hvad virksomheden selv kunne forvente at modtage igen. Derudover vil udarbejdelsen af et Process Map give virksomheden et indblik i de øvrige parters arbejdsopgaver og processer. Brugen af en IDM vil altså hjælpe til at virksomheden har et overblik over processen og hvilke informationer, hver enkelt part skal have på et givent tidspunkt.

I ovenstående citat kan man se, at arkitekten har gjort sig tanker om, at informationsbehov er noget, man i projektorganisationen skal tage stilling til. Her kan man klarlægge hvordan udvekslingerne skal koordineres. At det på projektet først skal finde sted i hovedprojektet er ærgerligt, da det, som CL selv kommer ind på, vil være en god øvelse for tegnestuen at prøve kræfter med IFC udvekslinger. Denne koordinering vil ligeledes gavne det samlede projektmateriale, da man kan få afklaret fejl og/eller mangler tidligere i byggeriets faser.

Brugen af modelleringsværktøj

På Billede 34 ses en artefaktmodel over tegnestuens brug af Archicad 18. Artefaktmodellen viser, hvordan en bruger af et program anvender dets funktioner og om dette gøres på en hensigtsmæssig måde. For yderligere teori henvises til afsnit 2.4. Under interviews har tegnestuen påpeget, at tegneprogrammet Rhino er hurtigere at skitsere i end Archicad 18, da der her ikke skal tages stilling til væggenes konstruktionsopbygning, herunder tykkelser og højder samt indvendig komplettering.



Dette tyder på, at tegnestuen ikke har kendskab til alle platformens funktionsområder, da man i denne har en funktion, der hedder *Morph* i designbaren til venstre, som vist på Billede 34. Denne funktion er et friformsskitseringsværktøj, som understøtter mange af de samme funktioner, som findes i Rhino.

Billede 34: Artefaktmodel af tegnestuens brug af Archicad 18

Her kan man tegne overflader i alle former og lægge materialer på. Det kan derfor tyde på, at grunden til tegnestuen stadig anvender Rhino handler om, at det er et program de kender og har større erfaring med og ikke, at Archicad ikke understøtter skitsering.

Som tidligere beskrevet har arkitektvirksomheden ikke udvekslet IFC. Dette kan skyldes manglende incitament i form af pres fra bygherre. Det kan ligeledes skyldes en manglende forståelse for interoperabilitetsproblemet imellem software. Den manglende erfaring har som nævnt tidligere forårsaget, at virksomheden ikke besidder kompetencerne for IFC udveksling. Som vist på Billede 34, så er IFC eksport ikke umiddelbart sværere end at printe en PDF. Der er dog forholdsregler, man skal være opmærksom på under opbygningen af 3D modellen i forhold til IFC eksport i Archicad 18. Platformen har prædefinerede indstillinger til, hvilke lag forskellige objekter henvender sig til og dem skal man være opmærksom på, hvis man anvender en anden skabelon end standardskabelonen, da de givetvis ikke har samme inddeling i forhold til objekterne. Dette er en vigtig del af en IFC udveksling, da det er en del af processen i at tilpasse den udvekslede model til modtageren, så man kan filtrere de irrelevante lag fra og på den måde målrette IFC modellen til modtageren. I citatet ovenfor, hvor CL nævner, at tegnestuen reelt ikke ved, hvordan en IFC udveksling skal foregå, men er bekendt med principperne i at sortere irrelevant information fra giver en indikation af, at det for tegnestuen handler om er at prøve nogle udvekslinger og deraf drage erfaringer af, hvordan man praktisk forholder sig til det. En mere dybdegående beskrivelse af arbejdet med IFC kan læses i afsnit 4.3.

I hvilket omfang arkitektens hovedopgave løses mere effektivt, end i den forhenværende arbejdspraksis kan hænge sammen med, hvordan deres modelleringskompetencer er, forståelsen af, hvordan hovedopgaven er blevet ændret samt hvilke strukturelle forhold der spiller ind på afviklingen af opgaven. Her til kan, hvordan et projekt kortlægges med resten af projektorganisationen og internt i virksomheden, ses som en af de afgørende faktorer. Tegnestuen har ikke kompetencer til eksempelvis IFC udveksling og udarbejdelse af IDM og har derfor ikke kortlagt et udvekslingsforløb med de øvrige parter. Derfor kan man vurdere, at opgaven ikke løses mere effektivt.

3.3.4. ANALYSE AF OMVERDENEN

Ovenstående analyse af forandringer i virksomhedens aktører, struktur og opgave gør det interessant at placere virksomheden i de førnævnte BIM *levels* for at lokalisere, hvor virksomheden kan forbedre sig og for at undersøge, hvad de mangler for at nå *level 2* BIM, som fra, 2016 bliver et krav i England for alt offentligstøttet byggeri. Dette kan hjælpe med at vise hvor virksomheden står i forhold til omverdenen som indeholder kunder, konkurrenter og myndigheder.

Level 2 er ikke et krav i Danmark endnu, men parametrene kan bruges som retningslinjer for, hvad virksomheden skal kunne for at være mere konkurrencedygtige fremadrettet. Derudover giver BIM *levels* virksomheden en vished om deres kompetencer og hvad de kan byde ind med på et projekt samtidig med, at det kan fungere som en salgsteknik for kunden. *Level 2* vil således give dem kompetencer til at arbejde med de øvrige parter på en måde, som er tidsmæssigt og økonomisk fordelagtig for dem, såfremt de øvrige parter også har kompetencer tilsvarende *level 2* eller derover. Dette vil f.eks. ske gennem brugen af 3D modeller med de relevante data, samt kollisionskontroller, som sikrer et sammenhængigt materiale. Ved at opnå *level 2* BIM kan virksomheden være med til at skubbe udviklingen på vej og blive anset som en virksomhed med en succesfuld implementering af et BIM system. Derudover åbner det op for nogle projekter som de førhen ikke kunne deltage i.

Analysen viser, at kulturen har en væsentlig rolle i virksomhedens placering i BIM *level* diagrammet. Den tidligere forståelse af skarpt opdelte roller i projektorganisationen står i skarp kontrast med tankerne bag *level 2* og *3*, hvor der arbejdes tæt på tværs af fagligheder gennem fælles forståelser og standarder. Derfor kan man konkludere, at virksomheden tidligere har været placeret i *level 1* i forhold til kompetencer, da der er anvendt både 2D og 3D, men at 3D modellen udelukkende er brugt i form af visualiseringer til intern brug, samt til kommunikation med bygherre og at 3D modellen ikke har været objektbaseret. Den er altså ikke anvendt til udvekslinger, som det kræves for at nå *level 2* BIM.

I den nuværende arbejdspraksis har det været nødvendigt at tilegne sig nye kompetencer og virksomheden har her ændret kulturen til nu at arbejde tættere internt i virksomheden, igennem den fælles model i ArchiCad. Dette har givet kompetencer, som fremadrettet kan placere dem i *level 2*, hvis disse kompetencer ligeledes anvendes til det eksterne samarbejde med projektorganisationens øvrige parter og deres fagmodeller. Dette kan involvere brugen af f.eks. Solibri til kollisionskontrol.

Der blev registreret en problematik i forhold til virksomhedens evne for at nå *level 2*, når det kommer til kompetenceopbygning, da konsulenten på pilotprojektet kun vil være til stede i tre måneder. Den begrænsede periode kan betyde, at virksomheden ikke når at opbygge de nødvendige kompetencer, som det kræver at udveksle IFC til andre parter og anvende kollisionskontrol på et tilfredsstillende niveau. Her er der altså brug for supplerende materiale og/eller undervisning for at opbygge disse kompetencer.

I Forandringsanalysen nævnes de nye roller som projektteamet udstyres med. Disse kan fungere som katalysatorer for, at virksomheden kommer nærmere det ønskede *level*. Dette vil ske igennem en større fokus på koordinering af arbejdet i modellen samt en mere dybdegående kvalitetssikring ved brugen af en 3D model. Dette kan gøre virksomheden bedre forberedt på at udveksle fagmodeller og på den måde indgå i *level 2* BIM samarbejde.

Strukturen bag Teamwork påvirker virksomheden så den opnår et højere niveau internt, da denne indbefatter de roller som projektteamet er inddelt i og tvinger projektteamet til et tættere samarbejde gennem den fælles model. Softwaren og arbejdet i en fælles model på projektteam niveau, kan give aktørerne nye kompetencer og på den måde være første skridt mod at opnå *level 3* i BIM *maturity* diagrammet, hvor der arbejdes i en fælles model på projektorganisationsniveau.

Der er tegn på, at virksomheden befinder sig på flere forskellige *levels* alt efter, om der tales om det interne arbejde i virksomheden eller om det omhandler de eksterne udvekslinger til de øvrige parter i projektorganisationen. Det interne arbejde indeholder aspekter fra *level 3* BIM, hvor tanken er, at der arbejdes i en fælles model på tværs af fagligheder. Dog skal det nævnes, at der stadig anvendes papirform til kvalitetssikring, som henvender sig til *level 0* BIM. Her er altså tale om forskellige *levels* i det interne arbejde i virksomheden. Eksternt giver virksomheden udtryk for, at de stadig anvender PDF filer til udvekslinger med bygherre og dette henvender sig til *level 0*, hvor der ikke udveksles 3D modeller.

Analysen af BIM *levels* i virksomheden viser, at de har fokus på at implementere BIM på forskellige opgaver. Differentieringen af *levels* viser dog, at der kan være fordele i at fokusere på virksomhedens overordnede opgave som en helhed, da processerne placeret på *level 0* medvirker at de processer der indeholder BIM, fungerer som suboptimeringer. Brugen af PDF

filer modarbejder på den måde brugen af 3D modeller, da idéen om en samlet videnscontainer på projektniveau, går tabt.

Fremadrettet kan forståelsen og en erfaringsopsamling omkring arbejdet i Teamwork dog anvendes til at højne kompetencerne i forhold til den del af projekteringen, der vedrører udveksling til ingeniører, entreprenører og bygherre. Dette vil samtidig bidrage til mere effektive processer indenfor virksomheden. Der er dog behov for et større kendskab til standarder og retningslinjer, som vedrører det underliggende arbejde med BIM.

Første skridt mod dette vil som tidligere nævnt være at bruge IFC modeller til udveksling og opbygge viden om, anvendelsen. Dette vil bringe dem videre i bestræbelserne mod *level 2* BIM og endda indføre flere aspekter fra *level 3*, da dette indeholder brugen af fælles standarder som IFC og IDM. Der kan endvidere anvendes dele af IDM specifikationen til at give indblik i informationsbehovene for at opnå den grundlæggende viden omkring andre parters behov.

Disse standarder vil ligeledes give virksomheden redskaber til at løse problemerne omkring, hvilke informationer, der skal viderebringes ved udvekslinger til f.eks. ingeniøren og hvordan dette håndteres.

3.3.5. ANALYSE AF DET ØKONOMISKE ASPEKT

Efter en gennemgang af de forskellige delsystemer og de udfordringer disse indeholder, er det fundet interessant at anskue de økonomiske faktorer i det skifte, som virksomheden er ved at gennemgå.

Under interviewet med byggesagens arkitekt kom det frem, at måden hvorpå de forstod den objektbaserede modelopbygning spillede ind på, hvordan de udarbejdede modellen under kurset. Da de allerede på dette tidspunkt arbejdede på den byggesagsspecifikke model og fordi deres viden kom gradvist i løbet af kurset, fik de udarbejdet en model, som ikke var fordelagtig i forhold til den fremadrettede projektering. Derfor var de nødt til at lave mange ting om, da de efter kurset skulle videre i projekteringen. På den måde ville det have været fordelagtigt, at kursusmaterialet ikke henvendte sig til byggesagen, da dette vil minimere risikoen for iterative arbejdsprocesser, hvor konstruktioner og lignende skal ændres efterfølgende. Dette kan som nævnt tidligere forårsage, at projekteringen bliver forsinket og kan på sigt koste virksomheden penge.

Et andet aspekt i forhold til økonomi og kompetencer er udsigterne til et acceptabelt kompetenceniveau forstået på den måde, at virksomheden måske kræver en forsikring om, hvornår medarbejderne har de egenskaber, som er nødvendige for at kunne udføre en projektering i det nye system, som minimum er på niveau med den tidligere arbejdspraksis i AutoCAD og Rhino. Dette påvirker opgaven i at implementere et nyt system, da en lang indlæring vil resultere i, at systemet forlades før tid for at vende tilbage til den tidligere arbejdspraksis.

Det økonomiske perspektiv henvender sig også til, hvordan strukturen kan medføre, at det nye system giver virksomheden en økonomisk fordel. Det førnævnte kommunikationssystem i Teamwork sparer potentielt projektteamet for dobbeltarbejde eller spildt arbejde, da hele projektteamet er ajourført omkring eventuelle ændringer. Som nævnt tidligere er der en risiko for, at denne stramme kontrol og opdeling af brugere vil begrænse de kreative aspekter af

arkitektens arbejde. Derfor skal der løbende foretages en vægtning af den økonomiske gevinst, versus det faglige og kreative.

Det skal her nævnes at de fleste konsulentvirksomheder har nogle økonomiske rammer for hvornår et nyt system er fuldt integreret og kan begynde at optimere processen. Der er dog stadig behov for en vurdering af kompetenceopbygningen i den enkelte virksomhed og det enkelte projekt, da der ikke findes to identiske virksomheder eller projekter. Her kan det være fordelagtigt med nogle specifikke retningslinjer for arbejdet som kan understøtte denne kompetenceopbygning. Dette kan henvende sig til den før nævnte *white paper*. Kompetenceopbygningen er derfor i den nuværende situation dybt afhængig af det, i udvekslingsøjemed, mangelfulde *white paper*.

3.3.6. OPSUMMERING

Som nævnt i teorien bag Leavitt's systemmodel påvirker delsystemerne hinanden. Dette er blevet tydeliggjorte igennem ovenstående analyse på flere måder.

Analysen vedrørende struktur skal ses i sammenhæng med aktørernes kompetenceændringer. Dette tydeliggøres af at strukturen ændres gennem kommunikationsvejene i systemet, hvor aktørernes kompetencer for at anvende disse kommunikationsveje spiller ind på både strukturen og opgaven. Derudover er det tydeligt at rolleinddelingen som Teamwork understøtter, kan have konsekvenser for måden, man projekterer på, da de kan virke begrænsende for de enkelte projektteam medlemmer. Samtidig giver denne inddeling koordineringsmæssige fordele i forhold til at begrænse projektteammedlemmernes arbejdsområder og derfor sikre, at alle ved, hvad deres opgave er på projektet. I analysen har der ligeledes været antydninger af, hvordan det nye system ændrer opgaverne i projekteringen eller aspekter der af, som f.eks. kvalitetssikring og kommunikation. Alle disse påvirkninger på kryds og tværs af processer, kompetencer og opgaver viser en kompleks situation, hvor flere af virksomhedens nye tiltag virker uudnyttede og ineffektive.

Der er her flere årsager til, at tegnestuens BIM projektering ikke forløber så effektivt, som den kunne og ligeledes kommer der heraf nogle konsekvenser af denne manglende effektivitet. Dette kan referere til de forskellige BIM *levels* i virksomheden, som medvirker til en overordnet ineffektivitet. De forskellige *levels* resulterer ligeledes i, at de processer som understøtter BIM, begrænses af de som ikke gør. Derfor vurderes det af projektgruppen, at tegnestuens hovedproblem er, at de har ineffektive BIM processer, der bl.a. er forårsaget af manglende viden om begrebet interoperabilitet og forståelse for den overordnede udvekslingsproces.

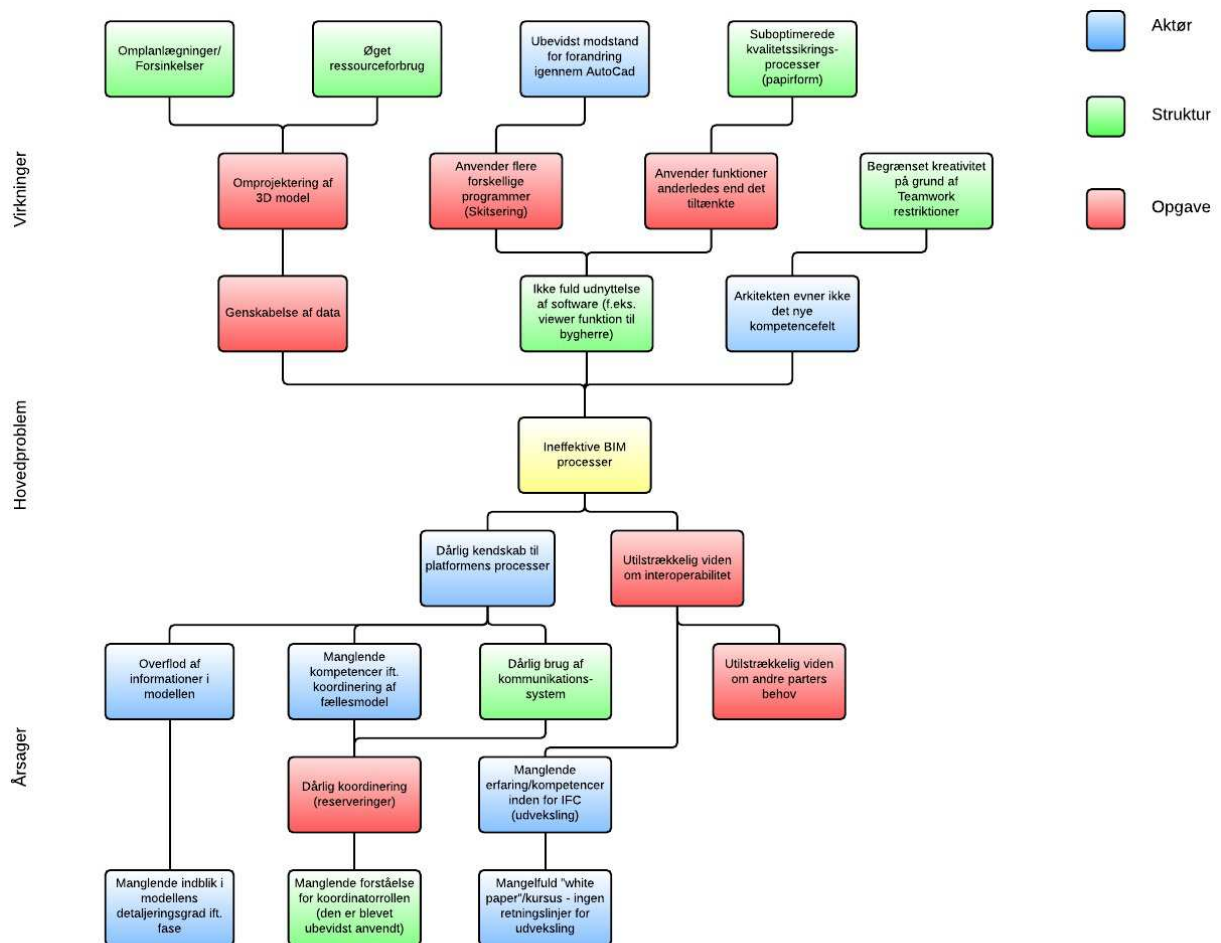
3.4. OPSAMLING AF ANALYSERESULTATER

For at identificere omfanget af virksomhedens udfordringer vil der i det følgende afsnit af analysen blive brugt aspekter af Logical Framework Approach (LFA) metoden. Denne metode anvendes typisk til at planlægge og styre projekter igennem beskrivelser som skal hjælpe til at præcisere relevante problemer og deres løsninger. En mere dybdegående beskrivelse af metoden kan findes i Appendix 6 – Logical Framework Approach.

Projektgruppen anvender problemtræet fra LFA til at opsamle og skabe overblik over de problemer, der er registreret på casen. Dette skal på sigt hjælpe til at udarbejde en endelig problemformulering for specialet. Teorien fastslår at problemtræet skal udgøres af negative udsagn omkring virksomhedens situation. Hovedproblemet, ineffektive BIM processer, skal derfor ses i den sammenhæng og afspejler altså ikke de nuancer som den forhenværende analyse belyste omkring de positive aspekter af virksomhedens fokus på BIM som helhed. Efter problemtræet nævner teorien måltræet som et værktøj til at få vendt de negative udsagn til positive og løsningsorienterede punkter. Denne omskrivning af udsagn sker ved at årsager til problemet bliver til projektets produkt og virkninger omskrives til formål. Måltræet vil derfor også være anvendt i afsnittet.

3.4.1. PROBLEMTRÆ

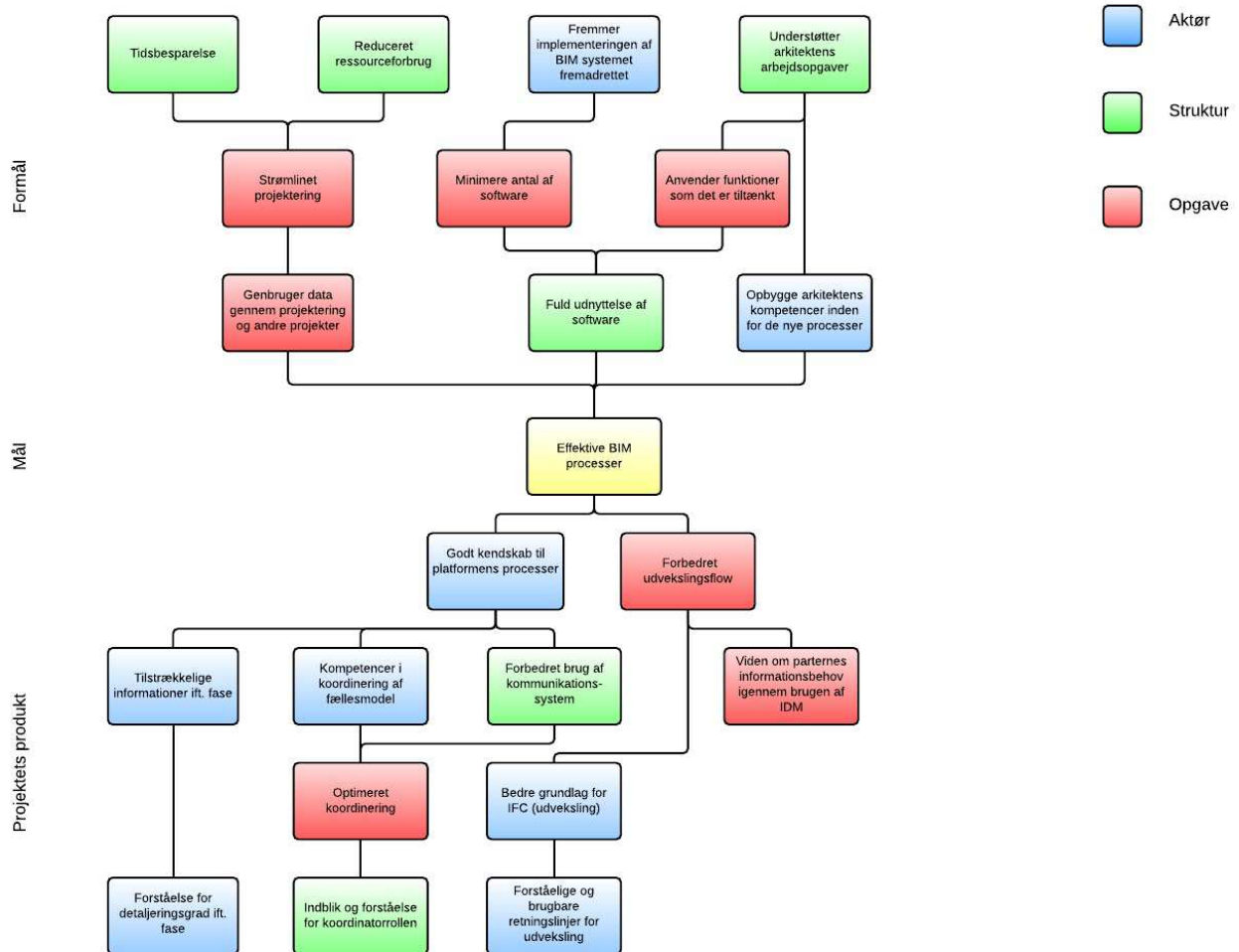
I teorien skal problemtræet være baseret på en problemanalyse, som indeholder aspekter af projektets udfordringer (Fisker, 2007). I indeværende speciale fungerer Forandringsanalysen som problemanalyse, da denne som nævnt indeholder udfordringer og problemer, som forandringen i virksomheden indeholder. Dette er ligeledes illustreret ved, at diverse årsager og virkninger er udfyldt med farver, der svarer til det delsystem, som problemet er opsamlet i. De nævnte årsager ses som kilder til, at virksomheden har ineffektive BIM processer og virkningerne ses som konsekvenserne der af. Det udarbejdede problemtræ kan ses nedenfor og i Appendix 10 - Problemtræ.



Billede 35: Problemtræ over analyse resultater

3.4.2. MÅLTRÆ

Måltræet viser eventuelle løsningsforslag til problemerne i problemtræet. Dette gøres ved at omskrive de negative udsagn fra problemtræet til positive. For at beskrive måltræet er det nødvendigt at kæde årsager og virkninger i problemtræet sammen med projektets produkt og formål i måltræet. Problem- og måltræ forstås dog forskelligt, da man i problemtræet tager udgangspunkt i hovedproblemet og deraf dets kausalitet. I måltræet fungerer det omvendt, da kæderne skal ende ud i et overordnet mål. Derfor er det fundet nødvendigt at forklare hver kæde ud fra først problemtræet og dernæst måltræet. På den måde får man en forståelse af sammenhængen mellem problemer og løsninger. For overblik over løsninger kan måltræet ses nedenfor og derudover i Appendix 11 - Måltræ.



Billede 36: Måltræ over analysens resultater

Årsager og projektets produkt

I problemtræet bliver det vist, at virksomhedens begrænsede kendskab til platformen ArchiCad og dennes processer, skaber fejl i BIM modellen til intern brug. Dette skyldes blandt andet, medarbejdernes manglende indblik i hvilken detaljeringsgrad modellen skal have, på det givne tidspunkt eller fase. I måltræet gives der et indtryk af, at en optimeret forståelse for denne detaljeringsgrad vil lede til en model som indeholder de rette informationer i forhold til den specifikke fase. Denne model vil ligeledes være med til at forbedre projektteamets kendskab til softwarens funktioner, da de således opnår en større forståelse for opbygningen af en 3D model.

Et andet aspekt som kommer frem på grund af virksomhedens begrænsede kendskab til ArchiCad's funktionalitet, er deres manglende kompetencer i koordineringen af Teamwork modellen. Dette kommer til udtryk ved deres dårlige koordinering af reserveringer og generelle arbejde deri. Dette suppleres af, at koordinatorrollen udelukkende bliver anvendt som en eftertanke og at de derfor ikke har opbygget den nødvendige forståelse for denne. Måltræet viser, at et indblik i koordinatorrollen og dennes ansvarsområder vil optimere koordineringen. Den optimerede koordinering vil samtidig forbedre kompetencerne i den generelle koordinering af Teamwork modellen og dette vil på sigt forbedre projektteamets kendskab til flere aspekter af ArchiCad og derigennem effektiviserer BIM processerne i virksomheden.

Til koordineringen nævnes det ligeledes i problemtræet, at virksomheden finder det interne kommunikationssystem i ArchiCad utilfredsstillende. Kilden til problemet skal findes i systemets notifikationer, som ikke er synlige i tilstrækkeligt omfang. Dette kan dog ses som et symptom for et manglende kendskab til funktionen. Dette manglende kendskab har således indflydelse på, hvor godt koordineringen udføres og bidrager til den manglende forståelse for koordinatrollen. Måltræet illustrerer, at en bedre forståelse af koordinatrollen og dermed en optimeret koordinering, vil sikre en forbedret brug af dette kommunikationssystem.

Den næste årsag for hovedproblemet findes i virksomhedens utilstrækkelige viden om interoperabiliteten imellem parterne. Denne utilstrækkelige viden kommer af deres manglende erfaringer og kompetencer inden for brugen af IFC formatet. Denne manglende brug og kompetenceopbygning kommer af, at virksomheden gennem deres *white paper* ikke har fået nogen instrukser eller retningslinjer om udvekslingsformatet. Virksomheden har ikke arbejdet med BIM modeller førhen og har derfor ikke erfaring eller kendskab til interoperabilitet og dets potentielle problematikker. Dette giver dem en utilstrækkelig viden om hvordan parternes informationsbehov bliver indfriet i forhold til modellen, der udveksles. Forståelige og brugbare retningslinjer for udvekslinger giver et bedre grundlag for kompetencer inden for IFC, ifølge måltræet. Brugen af udvekslingsformat vil sammen med brugen af redskaberne i IDM standarden sikre et bedre udvekslingsflow, da virksomheden vil have værktøjerne til at udveksle. Dette vil samtidig være med til at give dem en omfattende viden om, hvilke informationer, der skal udveksles på bestemte tidspunkter af projekteringen.

Virkninger og formål

En konsekvens af at have ineffektive BIM processer er genskabelse af data. Dette henvender sig til kursusmodellen, som senere blev fundet for detaljeret. Dette resulterede i en omprojektering og derigennem forsinkelser, samt et momentvist øget ressourceforbrug. I måltræet vendes virkningerne til formål ved at have effektive BIM processer. Her nævnes tidsbesparelser og reducerede ressourceforbrug som to vigtige formål. Måden hvorpå disse opnås kan være gennem en strømlinet projektering, hvor man genbruger data gennem hele projekteringen og dermed ikke risikerer ekstraarbejde.

En anden virkning er, at virksomheden ikke udnytter softwaren og dennes funktioner fuldt ud da man f.eks. ikke anvender Archicad's skitseringsværktøj *Morph*. Da systemets funktioner ikke er fuldt udnyttet, er det registreret, at arkitekten finder det nødvendigt at anvende yderligere software til supplerende arbejdsopgaver. Dette betyder, at der er opstået en ubevidst modstand mod softwaren, da projektteamets medlemmer ved flere lejligheder er gået tilbage til tidligere projekteringsværktøjer. Formålet i måltræet er derfor at fremme implementeringen af BIM systemet fremadrettet ved at minimere brugen af andet software og derigennem opnå en bedre præmis for en fuldudnyttelse af ArchiCad og derfor også en bedre BIM proces.

Problemet angående det manglende kendskab til softwarens funktioner gør, at man anvender funktioner anderledes, end det er tiltænkt. Dette kommer til udtryk ved den førnævnte BIMx model, som virksomheden anvender til at kvalitetssikre på trods af, at den ikke understøtter funktioner, som er fundamentale at have i kvalitetssikringsarbejdet. Dette skaber en suboptimeret proces, da det stadig er nødvendigt at anvende papirform eller DWG filer til kvalitetssikring. Derudover registrerer projektgruppen, at arkitekten har forståelsesproblemer når det kommer til det nye kompetencefelt, som ArchiCad giver. Dette kommer til udtryk ved problemer med reservationer i Teamwork modellen og kan på sigt begrænse kreativiteten, da

de skarpt opdelte roller kan hæmme denne kreativitet, hvis ikke de udnyttes fordelagtigt. Formålet i måltræet er forbundet med begge disse problemer, da det antages, at man gennem en understøttelse af arkitektens arbejdsopgaver vil sikre, at funktioner i softwaren bliver anvendt som det er tiltænkt af udvikleren samtidig med, at understøttelsen hjælper til at opbygge arkitektens kompetencer inden for de nye processer. Disse formål vil på den måde være med til at sikre de effektive BIM processer.

3.4.3. PROBLEMSTILLING- OG FORMULERING

Måltræet giver et indblik i projektets produkt som ifølge teorien bag LFA, kan ses som strategiske indsatsområder. Disse strategiske indsatsområder vil i dette tilfælde omhandle indførelsen af effektive BIM processer i virksomheden gennem en bedre forståelse for opbygningen og detaljeringsgraden af 3D modellen på specifikke tidspunkter, samtidig med at der er behov for at koordinatorrollen planlægges og undersøges før projektet går i gang. Til sidst nævnes retningslinjer for udvekslinger til de øvrige parter igennem brugen af IFC og IDM som et strategisk virkemiddel på vej mod målet. Ud fra disse overvejelser er projektgruppen fundet frem til nedenstående problemformulering som skal ligge til grund for de efterfølgende tekniske forsøg:

"Hvordan kan buildingSMART's IDM værktøjer understøtte den interne projektering foretaget på en model server, således at den eksterne koordinering og udveksling gennem IFC formatet optimeres?"

Denne problemformulering bliver suppleret af nedenstående underspørgsmål:

- Hvilke retningslinjer kan modelkoordinatoren følge for at resultatet af det interne modelsamarbejde optimerer udvekslingsprocessen?
- Hvordan behandles projektændringer fra kollisionskontrol som et led i kvalitetssikringen af en 3D model?

Besvarelsen af denne problemformulering skal ende ud i at sikre de formål som er nævnt i måltræet, omkring en tidsbesparende og ressourcereduceret proces, som ligeledes fremmer den fremtidige implementering og understøtter arkitektens arbejdsområder. Disse formål giver på den måde de tekniske forsøg en værdi for virksomheden, samt andre virksomheder i samme situation.

Grundet valget af den hypotetisk deduktive metode skal problemformuleringen omskrives til en hypotese, som forsøget og efterfølgende diskussion af forsøgsresultater be- eller afkræfter:

"buildingSMART's IDM og IFC standarder understøtter den interne projektering foretaget på en model server, således den eksterne koordinering og udveksling optimeres"

4. LØSNINGSFORSLAG

Dette kapitel omhandler den videre behandling af de problemer som blev afdækket under forandringsanalysen og det efterfølgende problem- og måltræ. Kapitlet vil igennem tekniske forsøg vise projektgruppens forslag til løsninger på de førnævnte indsatsområder og samtidig teste den opstillede hypotese. Kapitlet er derfor delt op således at projektgruppens proces i de tekniske forsøg først dokumenteres, hvorefter de udfordringer projektgruppen oplever overføres til virksomheden og deres processer. Processen i det tekniske forsøg skal vise udfordringer og problemstillinger som personer med kompetencer sammenlignelige med pilotprojektets medarbejdere. Dette er fundet relevant for at gøre forsøget og de problemstillinger dette indeholder mere anvendelige for specialets målgruppe. Udfordringer opsamlet i forsøgsprocessen forklares igennem projektgruppens erfaringer og viden inden for emnet i et diskussionsafsnit. Dette skal skabe en forståelse for udfordringernes omfang og mulige tiltag til løsningen. Efter diskussionen opstilles projektgruppens anbefalede retningslinjer for brug af løsningsforslag over de registrerede udfordringer i en sekvensmodel fra Contextual Design metoden, som skal hjælpe til at strukturere alle aspekter af løsningen.

4.1. OPSÆTNING AF FORSØG

Følgende afsnit beskriver forsøgets omfang og hvilke værktøjer der er anvendt til forsøget. Dette skal både ses som en oversigt for læseren og som et led i specialets validitet (se kapitel 2).

De tekniske forsøg viser en situation, som illustrerer en del af arkitektens arbejdsproces i løbet af dispositionsforslaget. Denne fase er valgt, da det er her virksomheden befinder sig under specialets udarbejdelse og fordi det er her, mange beslutninger skal tages, som senere kan have konsekvenser for modellen. Dette vedrører f.eks. den rette arkitektoniske fremtræden for bygningen.

Forsøget skal ses som en proces, startende med projektering i en fælles model ved brug af arkitektens projekteringsværktøj, Graphisoft's ArchiCad 18 Teamwork. Her vil programmets reserveringsfunktion blandt andet blive testet. Disse øvelser resulterer i en udveksling til ingeniøren i form af en 3D model indeholdende den overordnede geometri. Ingeniørens forberedelse til udveksling illustreres herefter ved hjælp af deres foretrukne projekteringsværktøj, Autodesk's Revit 2015. Her anvender ingeniøren den udvekslede model som referenceramme for det bærende system som opbygges. Herfra eksporteres en 3D model med det bærende system. De to fagmodeller sammenlignes herefter for kollisioner. Denne kollisionsskontrol og tilhørende kollisionsrapporter udarbejdes i Solibri Model Checker v.9.1 og videregives til parterne.

Som grundlag for de udvekslede informationer i forsøgene har projektgruppen anvendt buildingSMART standarderne IDM og IFC som blev beskrevet i afsnit 3.2.1. IDM er ligeledes anvendt for at undersøge om denne kan afhjælpe virksomhedens manglende overblik over andre parters behov. IFC formatet er valgt, da det fremgår, at det er arkitektens vision, at dette skal indgå i udvekslingerne og fordi det giver mulighed for at udveksle imellem to forskellige projekteringsværktøjer. Derudover er IFC den eneste på markedet, der understøtter udveksling

af 3D modeller imellem forskellige BIM software. Derudover skal udvekslingsprocessen med IFC fungere som retningslinjer for virksomheden, da denne har begrænset erfaring med brugen af dette.

Projektgruppen har opsat en dedikeret modelserver til forsøget, som indeholder bygningsmodellen. Teorien bag denne type server er beskrevet yderligere i afsnit 3.2.2. Serveren tillader gennem et ArchiCad Teamwork interface, at projektgruppen administrerer brugere, roller og projekter på serveren. For at tilgå projektet har projektgruppen anvendt egne computere som klienter. Disse er begge udstyret med ArchiCad 18 og kommunikerer således igennem denne software med serveren og dennes bygningsmodel. Som nævnt i afsnit 3.2.3, anvender ArchiCad Teamwork en deltadatabase, der downloader og uploader de ændringer som projektgruppen udfører på modellen ved hjælp af *send and receive* funktioner, der senere beskrives. Den underliggende opbygning af softwaren vil ikke blive yderligere berørt, da specialets problemformulering henvender sig til virksomhedernes daglige arbejde i softwaren og vedrører på den måde ikke den bagvedliggende tekniske funktionalitet af denne.

4.1.1. MODELOPBYGNING

Til forsøget har projektgruppen ikke fået adgang til en projektspecifik 3D model og har derfor været nødsaget til selv at udarbejde en model. Denne udarbejdelse er sket igennem



Billede 37: Illustration af bygningsmodellen

undervisningsmateriale fra Graphisoft's hjemmeside og har på den måde samtidig givet projektgruppen en dybdegående viden, om de forskellige aspekter af ArchiCad's brugerinterface og funktionalitet.

Den udarbejdede 3D model er opbygget af to tårne, der har et knæk på midten, hvor tårnene er roteret 180 grader i forhold til hinanden. Kernen af tegnet som et Hot Linked Module (HLM), som fungerer som et fast objekt. Modulet er tegnet i en separat fil og består af en enkelt etage med trappeopgang, plads til elevator, toiletkerne samt tekøkken. HLM'en er herefter importeret i projektet og kopieret til hver etage. HLM filer fungerer som eksterne filer, hvor man ikke kan ændre noget i filen i projektet. Ændringen skal gøres i modulfilen. Det er fordelagtigt at anvende HLM filer, når man skal genbruge elementer flere gange i et projekt eller i flere projekter. Glasfacaden er tegnet som vægge med vinduespartier. Stueetagen er et stort åbent rum med trappeopgang og elevator, der er placeret mod HLM'en. Taget på tagterrassen er tegnet med Shell-funktionen i ArchiCad. Slutteligt er der lavet en overdækning omkring hele stueetagen på kontorbygningen, som er understøttet af søjler. Indgangspartiet er lavet med *Morph* funktionen, hvor der er tegnet et kvadrat med centrum i en søjle, hvor *Morph* geometrien er trukket op om søjlen, langs dækket og ned langs den næste søjle. Herudover indeholder modellen elevatorer, køkkenobjekter samt toiletter og

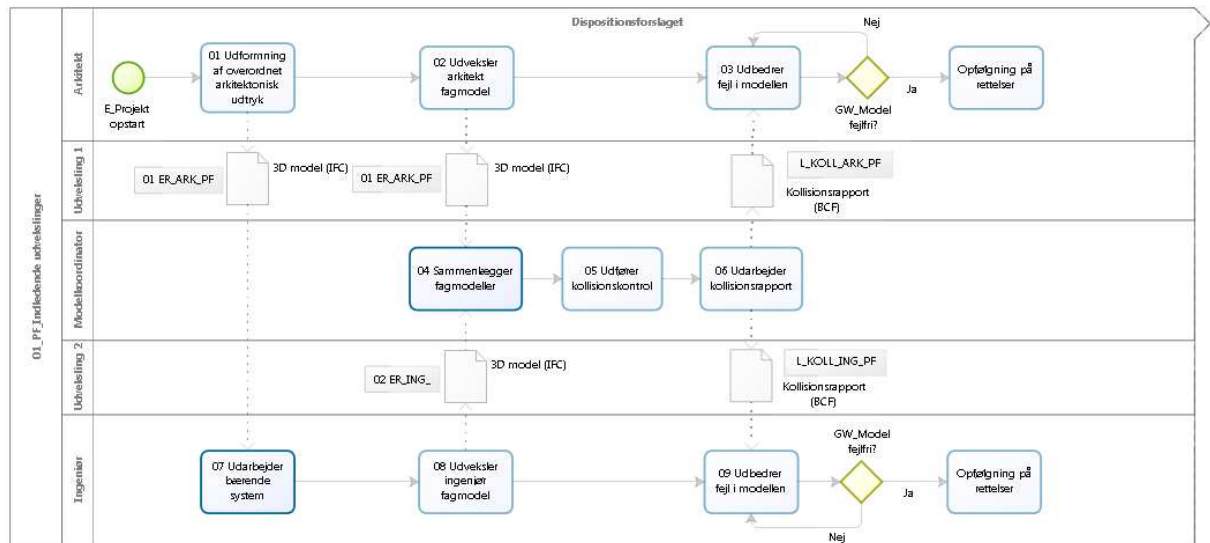
vaske. Det relativt høje kompleksitetsniveau er valgt for at forsøgene skal fremstå så virkelighedstro som muligt. For en illustration af den udarbejdede model se Billede 37.

4.2. ANALYSE AF PROJEKTSPECIFIK IDM

Virksomhedens medarbejdere føler ikke, at de har den fornødne viden om ingeniørens informationsbehov. Dette kan på sigt resultere i udvekslinger med irrelevant information eller mangel på vigtig information til ingeniørens fremadrettede arbejde. For at løse dette problem er der udarbejdet et Process Map over udvekslingssituationen. Dette Process Map er udstyret med Exchange Requirements til hver af udvekslingerne i Process Mappet. I det følgende vil udarbejdelsen af disse IDM elementer blive analyseret og ligeledes vil udfordringerne blive belyst. Det udarbejdede IDM materiale fungerer samtidigt som grundlag for den resterende del af forsøget. Processerne i Process Mappet er tilsvarende de som gennemgås i forsøget og de objekter og parametre som er oplyst i Exchange Requirements understøtter udvekslingerne i forsøget.

4.2.1. PROCESS MAP ANALYSE

Et Process Map er opbygget af processer, som forbindes og deles op i deltagere, som nævnt i afsnit 3.2.1. I Process Mappet er der opstillet tre deltagere i form af arkitekt, modelkoordinator og ingeniør. Modelkoordinatoren skal i denne henseende ses som en rolle i arkitektvirksomheden, da de som nævnt har givet udtryk for at ville udføre kollisionskontrol på projektets modeller og må derfor siges at påtage sig ansvar lignende en modelkoordinator. Dette understøttes ligeledes af artiklen, udarbejdet af Kassem, et al., 2014, som nævner, at arkitekten oftest besidder koordinatoransvaret, da arkitekten typisk har det overordnede ansvar for den samlede bygningsmodel, som afleveres til bygherre ved aflevering. Forløbet omhandler en del af dispositionsforslaget og er begrænset hertil fordi, det er fundet tilstrækkeligt omfangsrigt for at kunne belyse virksomhedens problematikker om ineffektive BIM processer. Nedenfor ses det udarbejdede Process Map og for nærmere indblik henvises til Appendix 12 – Process Map. En beskrivelse af projektgruppens udarbejdede Process Map kan ses i Appendix 13 – Beskrivelse af Process Map.



Billede 38: Illustration af forsøgets udvekslingsscenarie vedrørende arbejdsopgaver i dispositionsforslaget

Det udarbejdede Process Map skal illustrere en situation, som arkitekten kan komme ud for, når vedkommende skal udveksle med ingeniøren. Derfor starter processen med, at arkitekten opbygger en 3D model indeholdende den overordnede geometri. For at sikre bygningen kan klare belastninger og for at få udregnet og modelleret et bærende system til bygningen overdrages denne model ved hjælp af IFC formatet til ingeniøren. Ingeniøren udregner og opbygger således et bærende system i stålsøjler og bjælker i den modtagne IFC model, som fungerer som grundlag for ingeniørens arbejde. Modellen med det bærende system udveksles herefter til arkitektens modelkoordinator, som har til opgave at udføre en kollisionskontrol på de to fagmodeller for at undersøge modellerne for fejl. Kollisionskontrollen ender ud med fagopdelte kollisionsrapporter, som sendes til ingeniørens og arkitektens projektteam til udbedring af fejl og mangler. Udbedringen fortsætter, som illustreret ved en gateway, indtil de registrerede fejl er løst. Herefter kontrolleres modellerne igen, for at sikre at ændringerne ikke har resulteret i yderligere fejl eller mangler.

Arbejdet med et Process Map sætter fokus på det tværfaglige arbejde, men kræver samtidig en fælles indsats for den involverede projektorganisation at få den fulde udnyttelse. Her skal alle udvekslinger identificeres for at sikre en løbende filtrering af de informationer som parterne skal bruge. Det skal dog noteres, at projektgruppens Process Map udelukkende er fokuseret på et udvekslingsforløb. Dette forårsager selvfølgelig et mere overskueligt Process Map i forhold til et indeholdende alle faser. Derudover skal det pointeres, at der typisk vil være flere ingeniørdiscipliner involveret i processen. De vil ligeledes have fagmodeller, som skal samles og koordineres imellem projektorganisationen. Disse aspekter skal der tages højde for, når brugen af et Process Map på byggesagen skal analyseres nærmere.

Dog vil et Process Map udelukkende være med til at skabe et overblik og en dialog. For at tilegne sig en mere dybdegående viden om, hvilke konkrete informationer modellen skal indeholde på specifikke tidspunkter, er det nødvendigt at udarbejde beskrivelser som uddyber hver udveksling. Disse kaldes som førnævnt Exchange Requirements og beskriver detaljer for de enkelte udvekslinger på det udarbejdede Process Map.

4.2.2. EXCHANGE REQUIREMENT ANALYSE

Udarbejdelsen af Exchange Requirements involverer typisk projektlederne fra projektorganisationens virksomheder, som hver især udfylder et dokument for hver udveksling, som beskriver, hvad virksomheden skal levere til de øvrige parter.

Som illustreret på Billede 38 indeholder det opstillede projekteringsforløb to modeludvekslinger. Exchange Requirements går forud for udvekslingen og denne beskriver udvekslingens omfang og formål. Den første udveksling omhandler som nævnt arkitektens model af den overordnede geometri og indeholder objekter som er fundet nødvendige for, at ingeniøren kan udføre sine arbejdsopgaver i projekteringen af bærende system. I denne Exchange Requirement er det beskrevet, hvilke objekter modellen indeholder og hvilke attributter arkitekten har tilføjet. For et indblik i denne Exchange Requirement se Appendix 14 – ER_ARK_DP. Nedenfor ses et eksempel fra den omtalte Exchange Requirement og et Slab objekt.

Slabs	Included properties:				
	Identification		x	String	n/a
	Construction Type			String	n/a
	Placement	Relativ til bygningsetagen	x	3 real numbers = Orientation	Metric
	3D Geometry		x	Various	Metric

Billede 39: Illustration af Slab objekt i ER

Her ses, hvilke attributter arkitekten udstyrer slab objekter med. Er der attributter som ikke er nødvendige i en specifik fase kan man vise det her. I dispositionsforslaget er der f.eks. ikke taget endelig stilling til konstruktionsopbygningen og derfor er denne ikke krydset af. Kortlægningen af, hvad der vises, er et trin mod model views, som er omtalt i afsnit 3.2.1. Model view'et opfattes som den tekniske løsning af objekterne i Exchange Requirements og hjælper med at gøre modellen overskuelig, hvilket betyder, at den udelukkende indeholder objekter, som er nødvendige for den modtagende part.

Arkitektens fagmodel skal som nævnt danne grundlag for ingeniørens arbejde med at udregne og modellere det bærende system. Her vil selve den overordnede geometri hjælpe med forståelsen af bygningen og modelleringen af det bærende system, men for at facilitere ingeniørens arbejde vedrørende udregningen af systemet kan forskellige attributter være fordelagtige. På nedenstående billede ses et eksempel fra udvekslingens dokumentation, hvor der er tilføjet en attribut til modellens skaktvægge. Da attributten udelukkende vedrører skaktvæggene, er det nødvendigt at illustrere disse som særskilte fra de øvrige *Wall* objekter. Den nye attribut vedrører lydkrav skal, efter den er udfyldt af arkitekten, hjælpe ingeniøren med at vise, hvilket lydkrav den givne væg skal opfylde for, at støj fra installationer forhindres. På den måde vises, hvordan korrekt udførte Exchange Requirements kan bidrage til samarbejdet og det generelle flow i projekteringen gennem belysning af informationsbehovene.

Shaft Walls	Included properties:				
	Identification	SW-009	x	String	n/a
	Construction Type			String	n/a
	Placement	Relativ til bygningsetagen	x	3 real numbers = Orientation	Metric
	3D Geometry		x	Various	Metric
	AcousticRating	Lydkrav til skakt	x	Real numbers	dB

Billede 40: Illustration af Shaft Wall objektet

Den efterfølgende udveksling, der vedrører ingeniørens fagmodel med det bærende system, har ligeledes en Exchange Requirement tilknyttet (se Appendix 15 – ER_ING_DP). Denne beskriver udvekslingen til arkitektens modelkoordinator, som skal bruge modellen til at udføre kollisionskontrol. Denne kontrol skal sikre, at ingeniørens arbejde ikke har skabt uoverensstemmelser i forhold til arkitektens model. For at kunne udføre en tilstrækkelig kollisionskontrol imellem ingeniørens- og arkitektens modeller, er der behov for, at denne model udelukkende indeholder det bærende system. Dette illustreres ved hjælp af objekterne *Beams* og *Columns* som kan ses udfyldt nedenfor.

Columns					
	Identification		x	String	n/a
	Construction Type		x	String	n/a
	Placement	Relativ til bygningsetagen	x	3 real numbers = Orientation	Metric
	3D Geometry		x	Various	Metric
	Fire Resistance Rating	Brandbeskyttelse	x	Real numbers	R
Beams					
	Identification		x	String	n/a
	Construction Type		x	String	n/a
	Placement	Relativ til bygningsetagen	x	3 real numbers = Orientation	Metric
	3D Geometry		x	Various	Metric
	Fire Resistance Rating	Brandbeskyttelse	x	Real numbers	R

Billede 41: Illustration af Beams og Columns i ER

Som illustreret ovenfor udstyres disse objekttyper med attributter såsom placering i forhold til etagen, samt hvilken konstruktionsopbygning objektet består af. Projektgruppen har her tilføjet en attribut, som er IFC parameteren *FireResistanceRating*. Denne parameter vedrører brandbeskyttelse og kan være vigtig for arkitekten at vide, da beskyttelsen kan kræve yderligere plads. Den er derudover tilføjet for at kunne analysere interoperabiliteten mellem *ArchiCad* og *Revit*. På den måde får man et indtryk af arbejdet med udarbejdelsen af projektspecifikke Exchange Requirements og hvilke overvejelser der indgår i disse.

Arbejdet med Exchange Requirements kan dog skabe forståelsesproblemer i forhold til de templates der er udarbejdet af *buildingSMART* og som skal fungere som retningslinjer for udarbejdelsen af Exchange Requirements. Forståelsesproblemerne synliggøres gennem begreberne *Parts* og *Concepts*. Beskrivelsen af disse virker abstrakte og er en mulig kilde til mistolkning. Et eksempel på beskrivelsen af *Parts* kan ses nedenfor og templateen kan ses i bilag 1.

A part is a set of information that achieves a specific purpose or function within this exchange requirement and should be named to indicate what it does e.g. Select Object, Assign To Group, Associate Library Reference. An exchange requirement is expected to consist of many parts.

Billede 42: Template beskrivelse af Parts

Begrebet *Parts* henvender sig til den overordnede opdeling af objekter. Dette kan f.eks. være *Building objects*. De tilhørende *Concepts* opdeler de enkelte *Parts* i mindre dele så disse f.eks. udgøres af Wall, Slab og Window objekter. Den ovenstående beskrivelse vurderes utilstrækkelig i forhold til opdelingen og kan forårsage forkert brug af værktøjet.

Projektgruppens arbejde med Exchange Requirements giver et billede af, hvor omfangsrigt arbejdet kan være i udarbejdelsen af disse. Det er på trods af, at der udelukkende er tale om to dokumentationer og derfor må det også nævnes at et projekt med flere fagligheder og alle faser vil kræve et omfattende og tidskrævende arbejde.

4.3. TEAMWORK OG IFC EKSPORT TIL INGENIØR

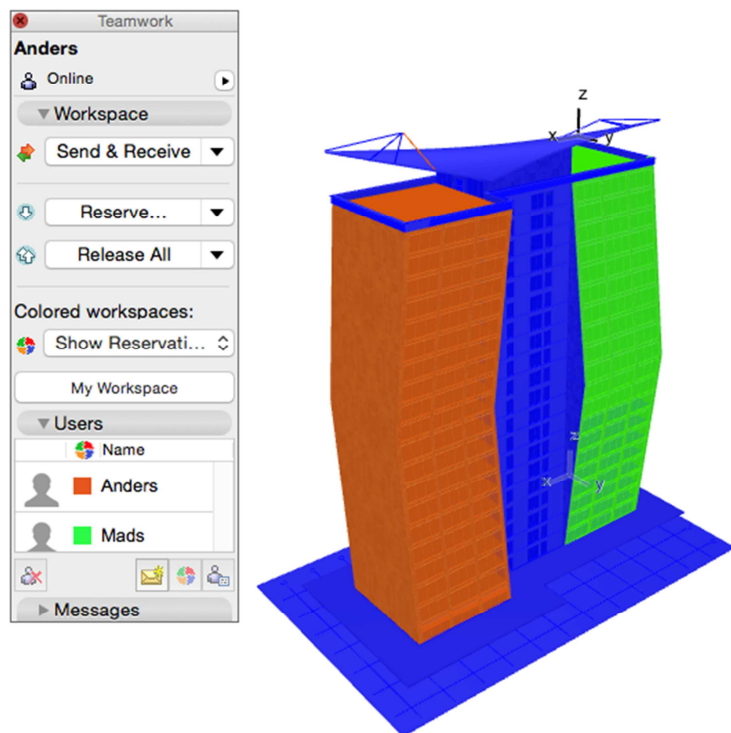
Det følgende afsnit omhandler opsætningen af en model til udveksling i IFC ved brugen af Archicad Teamwork. Denne del af forsøget har til formål at teste funktionaliteten og heraf belyse problemstillinger projektgruppen har stiftet bekendtskab med ved brugen af softwaren. Derudover omhandler opsætningen, tilføjelsen af IFC parametre til objekter, som er fastlagt i udvekslingens Exchange Requirement.

4.3.1. FUNKTIONALITET I TEAMWORK

Funktionerne i Teamwork omhandler den kommunikation, der er mellem de projekterende på projektet. Som det er illustreret på Billede 43, er de to tårne reserveret af henholdsvis Mads og Anders. Teamwork giver en række muligheder for visning af brugernes arbejdsområder, hvor den anførte *Show Reservation by colours*, giver et godt overblik over, hvem, der har reserveret, hvilken del af projektet.

Farvekoderne kan ændres i Teamwork, så modifikationerne foretaget af

en specifik bruger, kun vises hos den enkelte. Hvis farverne skal ændres hos alle brugere på



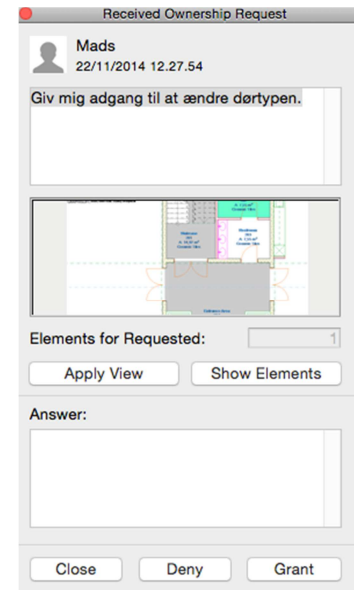
Billede 43: Oversigt i Teamwork

projektet, skal dette foregå på den dedikerede model server, hvor man også har mulighed for at ændre rettighederne hos den enkelte bruger.

I arbejdet på 3D modellen kan det være nødvendigt at kommunikere med projektets andre medlemmer, hvis man ønsker at foretage ændringer i et område, som et andet medlem har reserveret. Dette foregår ved, at man, under *messages*, markerer, hvem, der skal modtage beskeden og skriver hvad kontakten omhandler. På skærmen hos brugeren Anders popper en besked frem over arbejdsområdet, som vist på Billede 44. Denne bruger bliver ikke yderligere gjort opmærksom på kommunikationen udover illustrationen af beskeden. Brugeren bliver altså ikke gjort opmærksom på beskeden med lyd eller på anden vis. Når brugeren klikker på beskeden kommer der en *Received Ownership Request* frem, som angiver beskeden, samt et screenshot af den specifikke plan, hvor elementerne, beskeden henvender sig til, er på, se Billede 45. Her har brugeren mulighed for at klikke sig ind på *viewet* og/eller vise elementerne i 3D, hvorefter vedkommende kan vurdere, om overtagelsen af ejerskab for de givne elementer skal afvises eller accepteres. I situationen hvor en bruger modtager en besked, hvor han skal frigive sine rettigheder, bliver han tvunget til at tage stilling til en anden brugers arbejde, hvilket bevirker han kommer ud af sin arbejdsrytme. Når brugeren Anders skal ændre elementer, som brugeren Mads har rettigheder over, er tilgangen den samme. Brugen af Teamworkpalletten og kommunikationen heri er således blevet testet i et generelt projekteringsøjemed, hvor palletten er fundet yderst anvendelig, da det kræver omstændig og grundig kommunikation i en 3D model med skiftende ejerskab af elementer og planer. Ovenstående proces er derfor af omfattende karakter med mange delopgaver, som der skal tages stilling til.



Billede 44: Beskednotifikation



Billede 45: Ejerskabsforespørgsel

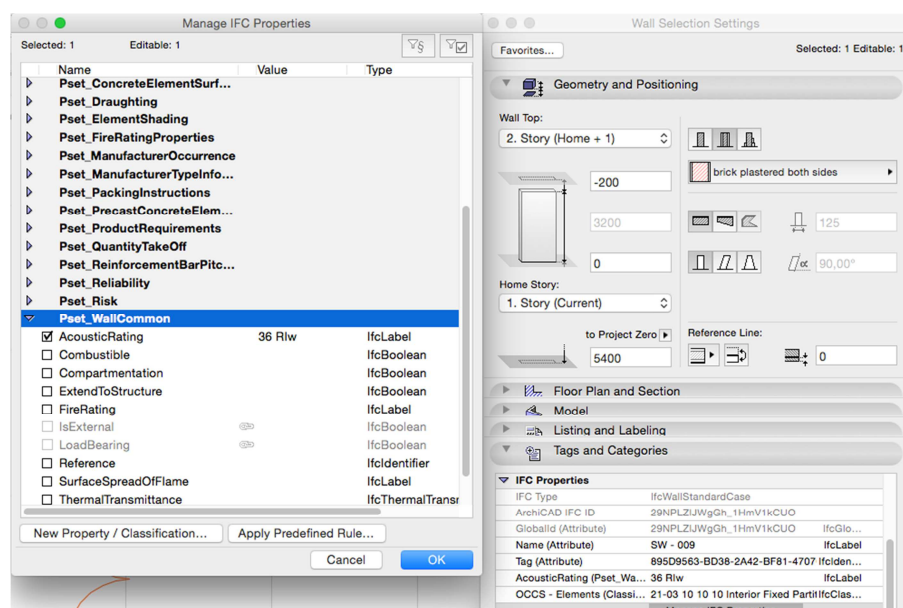
4.3.2. TILFØJELSE AF IFC PARAMETRE TIL EKSPORT

Ingeniøren skal som nævnt bruge arkitektens overordnede geometri for projektet til at udarbejde det bærende system. I scenariet for forsøget vil der her vises, hvordan der tilføjes et IFC parameter til en skaktvæg, som det bærende system ikke må gennembryde pga. lydkrav. Som det er beskrevet i udvekslingens Exchange Requirement, er der sat et krav til, at støj fra installationer forhindres, og dette efterleves, hvis væggen ikke gennembrydes.

For at tilføje parameteret vælger man den specifikke væg:

Wall Selection Dialog -> Tags and Categories -> Manage IFC Properties

Herunder kan man tilføje og fjerne IFC parametre efter behov. Man har også mulighed for selv at udarbejde et nyt parameter (Property) eller et helt property set, hvis det er nødvendigt. IFC formatet er, som nævnt i afsnit 3.2.1, tiltænkt at gælde for et byggeri gennem hele dets levetid og derfor kan det være nødvendigt at tilføje nye properties, da det ikke er sikkert, det fremgår af standard Property sets'ne. Under *Pset_WallCommon* kan man vælge en lang række parametre til, som er generelle for alle vægge. I dette tilfælde har projektgruppen markeret den specifikke væg, det bestemte parameter



Billede 46: Pset_WallCommon

er gældende for. Dette parameter er *AcousticRating*, hvor værdien er et *IfcLabel*, som grundlæggende er en tekststreng, der sættes på objektet. Denne slags datatype anvendes typisk til properties, hvor der kan være en forskellig betydning alt efter, hvor i verden man befinder sig. F.eks. vil der være forskel på lydklassifikation af bygningsdele i forskellige dele af verden. Tekststrengen skal have en naturlig betydning i det, den refererer til. Derudover beskrives det som nævnt tidligere i den tilhørende Exchange Requirement, hvad parameteren skal udfyldes med af enhed for at undgå forvirring mellem projektorganisationens parter.

Skaktvæggen er tegnet i HLM'en, hvilket betyder, at man er nødt til at vælge modulet og højreklikke på det, hvorefter man trykker på *Edit this Module in separate ArchiCAD*. I den nyåbnede fil anvender man ovenstående sti. Her markerer man *AcousticRating* og skriver det gældende krav.

Når man starter med at opbygge sin model, vil man ideelt set allerede vide, hvilke IFC parametre diverse objekter skal have og derfor er det muligt at tilføje dem for en type og ikke for enkelte tilfælde af et element. Forsøgets model er tegnet med udgangspunkt i at tilføje IFC parametre til eksisterende objekter, da det vil være for ressourcekrævende at gennemgå hele tegneprocessen for modellen, hvor man kan vise tilføjelsen af IFC parametre for en type af objekter.

Ifølge den udarbejdede Exchange Requirement for denne udveksling skal der ligeledes påføres parameteret *Smokestop* på vinduesfacaderne. Det bærende system kan påvirke vindueshøjden og dermed funktionaliteten for brandstrategien for et aktivt røgudluftningssystem. Parameteren tilføjes som ovenfor. Et vindue i kontortårnene markeres, hvorefter man vælger *Windows i Designbaren* og trykker *Select All Instances*.

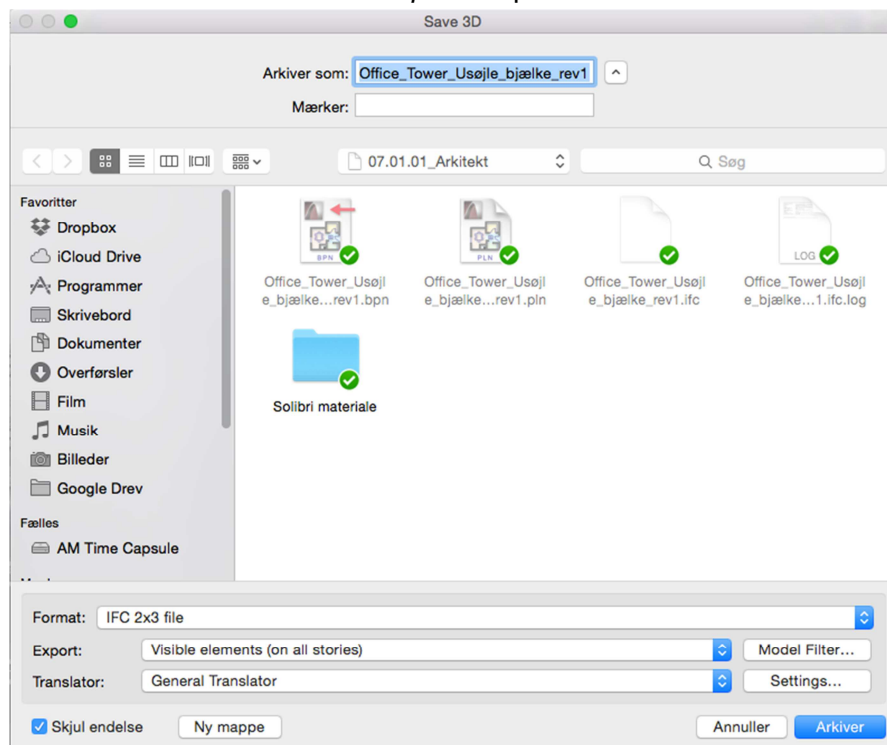
Window Selection Dialog -> Tags and Categories -> Manage IFC Properties

Under `Pset_WindowCommon` findes et brandspecifikt property name `Smokestop`, hvor datatypen er `IfcBoolean`. Denne datatype har en simpel værdi, som enten kan være `True` eller `False`. Exchange Requirementen angiver, at parameteret skal være angivet, men ikke, hvad værdien af det skal være. I denne udvekslingssituation er der angivet, at property'en `Smokestop` er påkrævet. I tilfældet angives værdien som `True`. Når det er gjort, er modellen nu klar til at blive eksporteret til IFC, så ingeniøren kan modellere det bærende system.

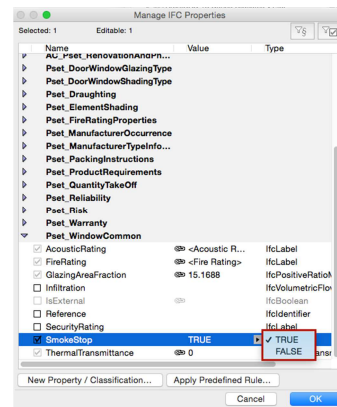
Når man skal eksportere en 3D model til IFC, skal man benytte stien:

File -> Save As

Her bliver man mødt med et vindue, som man anvender, når man normalt gemmer sine modeller. Forskellen er blot, at man under *Format* vælger *IFC 2x3 file*, som er det hyppigst anvendte IFC format. Under *Export* dropdown menuen har man mulighed for at vælge *Entire project* eller *Visible elements (on all stories)*, hvor førstnævnte vælges. Desuden er *General Translator* valgt.



Billede 48: Oversigt Save As IFC



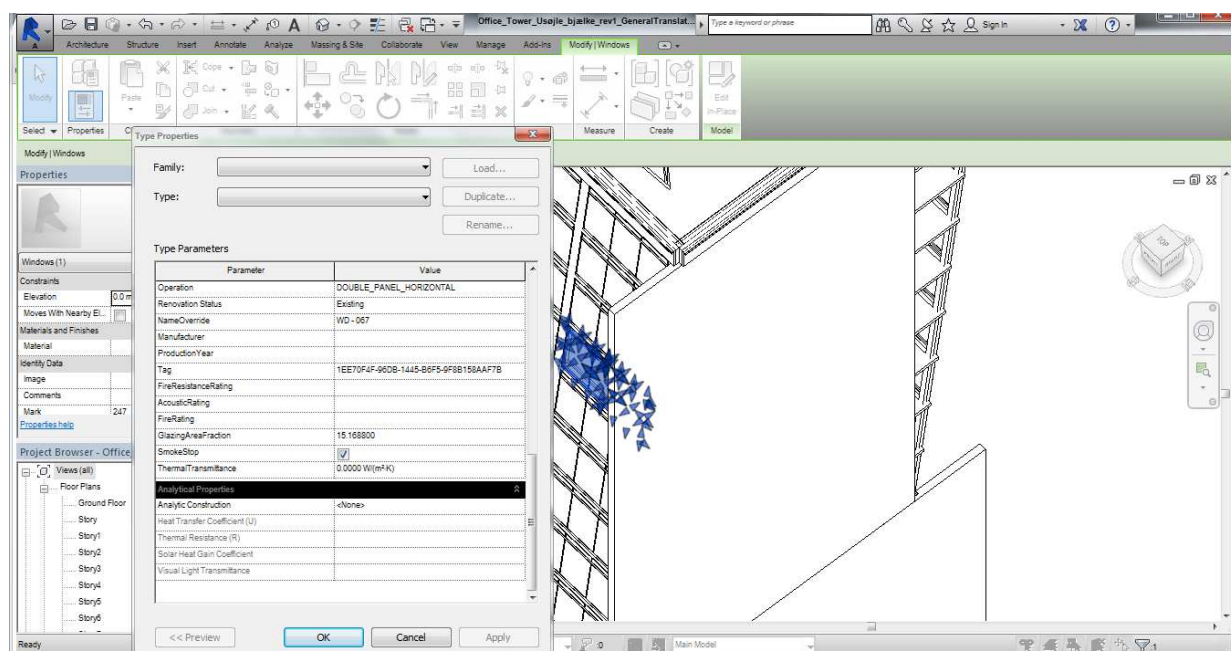
Billede 47: IfcBoolean datatype

Herfter arkiveres IFC filen i den ønskede mappe. Filen vil nu være gemt på arkitektens og ingeniørens fælles Dropbox der, som tidligere nævnt, anvendes som fildelingsportal på indeværende projekt.

IMPORT AF IFC I REVIT

Ved åbning af IFC filen er den første observation, at 3D modellens hældende vægge ikke er forbundet med vinduesfacaderne, hvilket må siges, at være en betydelig fejl i det arkitektoniske udtryk. De vægge, der bør være hældende med henholdsvis 82,2 – og 97,8 grader fremstår som vinkelrette vægge, hvor der er direkte udsyn til den indvendige del af modellen. Uanset hvilket formål denne udveksling har, må resultatet af eksporten være utilstrækkeligt. Yderligere er murkronens samlinger fejlet, hvor væggene enten ikke er forbundet med hinanden eller synligt overlapper. Dog er både SmokeStop og AcousticRating parametrene kommet med i IFC modellen.

I importen af IFC modellen har ydervæggene i HLM'en vist sig ikke at være synlige. Dette skyldes, at den anvendte licens af Revit er indstillet til at være *Structural*, hvilket vil sige, at elementer, der ikke er indstillet som *Loadbearing* fra den afsendende applikation ikke er synlige i modellen. Ved at ændre viewets *visibilty Graphics* til *Architectual* kan man vise ydervæggene.



Billede 49: Fejlbehæftet IFC eksport

Derudover har det vist sig, at modellen har begrænsede modifikations muligheder. Det er muligt at flytte på en væg og ændre den i form og størrelse, hvis væggen aktiveres i viewet. Det er dog, i IFC modellen, ikke muligt at indsætte en ny dør i en væg.

Under åbningen af IFC modellen i Revit er der således opstået fejl i geometrien, hvilket formentlig vil resultere i, at ingeniøren i scenariet kontakter arkitekten for at få en fejlfri geometri at udføre det bærende system på. Derfor må arkitekten forsøge sig med andre indstillinger til IFC eksport.

Projektgruppen har undersøgt problemet med fejlbehæftede samlinger i geometrien. Derfor har projektgruppen fundet det relevant at åbne den eksportede IFC model i Archicad 18 for at be- eller afkræfte om det er eksport eller import fejl. Når den samme IFC model åbnes i Archicad står modellen fejlfrit og uden datatab. Dog er det ikke i første omgang muligt at modificere IFC elementer i Archicad 18. Dette skyldes, at når en model bliver gemt som en IFC fil, bliver

modellens elementer gemt som IFC elementer. Disse elementer er tilknyttet nye IFC lag, som er oprettet under importen i Archicad 18. Disse lag er låste, og derfor er det ikke muligt at tilføje eller fjerne parametre til objekterne samt at ændre dem i størrelse eller flytte på dem uden, at lagene låses op. Det vurderes af projektgruppen, at det er den måde, hvorpå Archicad kan anvende Reference Model konceptet.

Som det var tilfældet i Revit, er det heller ikke muligt at indsætte en dør i en IFC væg i Archicad 18.

En mulig løsning på fejlene i geometrien kan være at ændre på Model View Definition (MVD) for IFC modellen. Grundlæggende definerer en MVD et udsnit af IFC schemaet, som er nødvendigt for at tilfredsstille en eller flere Exchange Requirements. En MVD er således et værktøj til at dokumentere standard udvekslinger og Exchange Requirements for at implementere vejledning og support for alle IFC begreber (Class, attributter, relationer, property sets etc.) i softwaren. Coordination View 2.0 er en standard Model View Definition (MVD) i den type translator, der er anvendt til IFC eksport, men også i Archicad. Denne MVD er udviklet af buildingSMART og er det mest implementerede i IFC sammenhænge, da denne er beregnet til at understøtte at eksporterede elementer er ændringsbare i den modtagende applikation, hvilket tillader, at ingeniøren kan ændre på arkitektens geometri, hvis det findes nødvendigt.

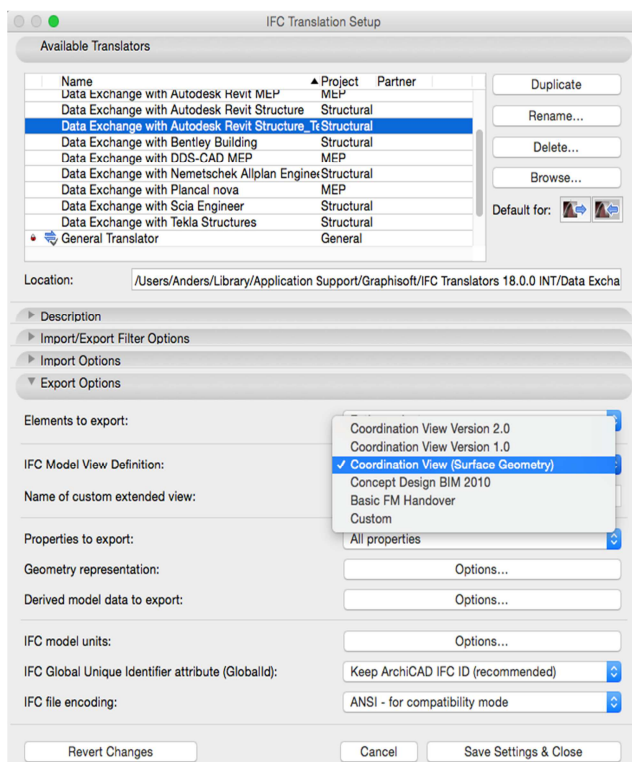
Importen af IFC modellen i Revit har kun begrænset funktionalitet i at modificere elementer. Yderligere har projektgruppen ikke fundet det muligt at finde importmæssige indstillinger i Revit. Derfor er det fundet nødvendigt at skifte MVD i eksportfunktionen i Archicad 18.

Problemet med den fejlbehæftede geometri kan derfor hænge sammen med, hvilken MVD modellen eksporteres med og derfor vil dette blive testet.

For at skifte MVD anvendes følgende sti:

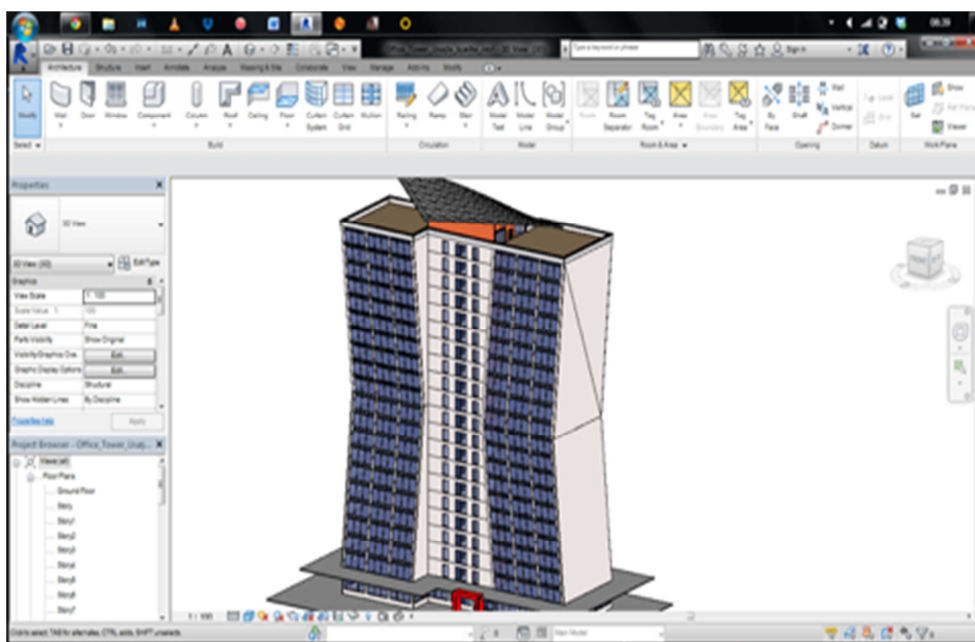
File -> File Special -> IFC 2x3 -> IFC Translation Setup

Her bliver man mødt af et vindue med tilgængelige translatore, hvor der under hver af de nedenstående menuer er forskellige indstillinger. I General Translator -> Export Options -> Geometry Representation er *Use BRep geometry for all elements* ikke krydset af og alle indstillinger i General Translator er ikke ændringsbare. Projektgruppen har valgt at duplikere translatoren, *Autodesk Revit Structure*, og skifte MVD fra Coordination View 2.0 til Coordination View (Surface Geometry), som er en forenklet version af førstnævnte MVD. Coordination View Surface Geometry anvender *BRep geometry*, som står for *Boundary Representation geometry*. Det er den måde, hvorpå den eksporterede geometri kommer tættest på den korrekte fremtræden af



Billede 50: IFC Translation Setup

elementer sammen med dets samlinger. Denne MVD er derfor passende til kollisionskontrol og dermed relevant for det videre forløb i forsøget. Den dupligerede translator kaldes Autodesk Revit Structure_test. *Surface Geometry* betyder, at alle elementer eksporteres som *BRep geometry*. Ved at anvende *Coordination View (Surface Geometry)* til IFC eksport vil elementer blive ændret til at være ikke-ændringsbare i den modtagende applikation og elementernes parametre vil gå tabt. Resten af indstillingerne, i forhold til *General Translator*, er standard i Autodesk Revit Structure translatoren. Desuden har det også været med i overvejelserne, at de generelle indstillinger for denne translator kan udgøre en tilfredsstillende eksport til den modtagende applikation.



Billede 51: IFC model i Revit

Efter ændringerne er gemt til den dupligerede translator, gemmes 3D modellen som IFC. Som vist tidligere på Billede 48 kan man skifte translator. Her vælges den nye translator, hvorefter filen arkiveres på Dropbox.

Når IFC filen importeres i Revit igen, er geometrien ikke fejlbehæftet. Samlingerne mellem vinduesfacaden og den hældende væg samt murkronen fremtræder fejlfrit. Desuden er parametre på samtlige eksporterede objekter synlige og det er stadig muligt at oprette nye parametre til objekterne.

På trods af, at IFC filen er eksporteret med *Coordination View (Surface Geometry)* har det været muligt at flytte på elementer i et begrænset omfang på samme niveau med *Coordination View 2.0 MVD*'en, men det er ikke funktionelt. Dette kan skyldes, at modellen er eksporteret med flere indstillinger. Herudover kan man modellere ny geometri i IFC filen. På den måde kan IFC modellen bruges som en reference model for den modtagende part.

4.4. INGENIØRENS ARBEJDSPROCES

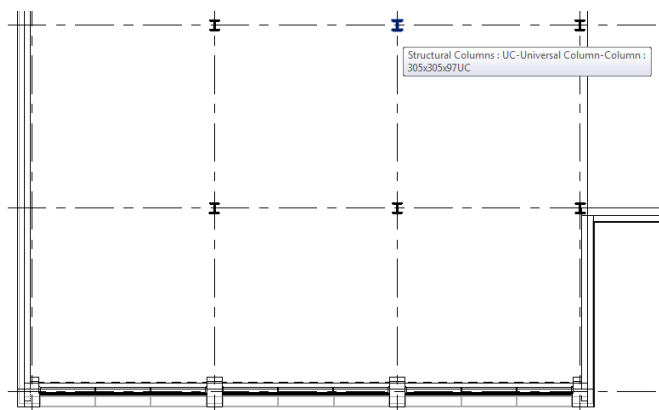
Efter opbygningen af arkitektens model og eksport til IFC omhandler det følgende afsnit ingeniørens arbejde i Revit. Afsnittet er afgrænset til at omhandle Revit's egenskaber i forhold til arbejdet med IFC og klargørelse af modellen til udveksling, da dette er relevant for virksomheden. Ingeniørens generelle arbejde i Revit er uden for specialets fokusområde og er derfor ikke beskrevet i forsøget.

4.4.1. OPBYGNING AF BÆRENDE SYSTEM

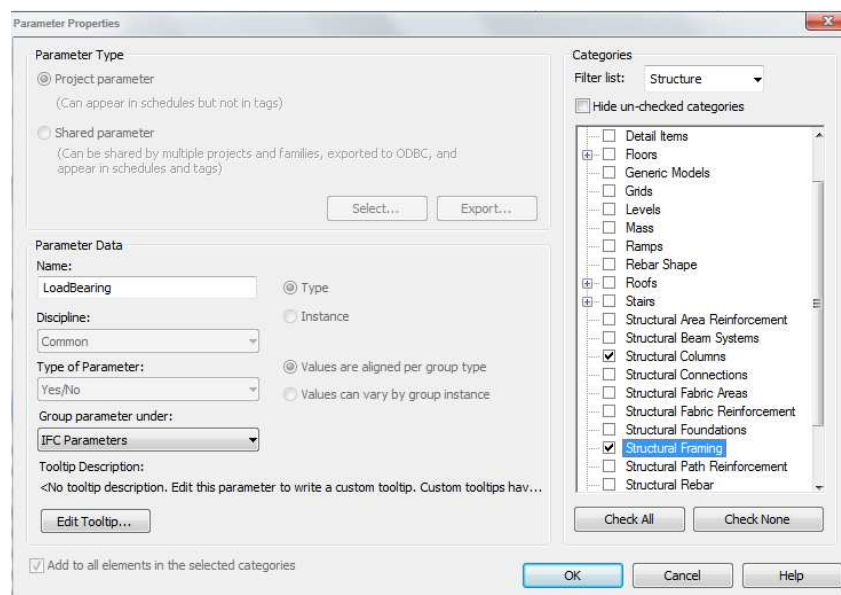
Det bærende system opbygges i stålsøjler og bjælker i den importerede IFC fil. Her åbnes et nyt Revit projekt, hvor man under fanen *manage* bruger funktionen *Link IFC*. Her vælger man arkitektens IFC model, som skal fungere som reference model for ingeniørens udarbejdelse af det bærende system. Det har ikke været muligt for projektgruppen at bruge arkitektens IFC model som reference model, da den anvendte computer ikke har indeholdt det nødvendige hardware til, at arbejdet med modellen kan forløbe nogenlunde flydende. Derfor har projektgruppen valgt at tegne det bærende system direkte i IFC filen.

Søjler og bjælker opsættes ud fra modullinjer placeret af arkitekten. Derudover bruges rumhøjder fra bygningsmodellens snit til at bestemme søjlernes højder. Nedenfor ses processen med placering af søjler i Revit.

For at sikre opfyldte informationsbehov for de modtagende parter, udstyres det bærende system med et IFC parameter,



Billede 52: Placering af søjler til bærende system



Billede 53: Parameter Properties for LoadBearing objekter

som illustrerer, at modellens søjler og bjælker er bærende. Parameteret kaldes *LoadBearing* og tilføjes den relevante elementtype eller et enkelt tilfælde (*Instance*) af en type, igennem Revit's Parameter Properties menu. Menuen og tilvalget af søjler og bjælker kan ses på Billede 53.

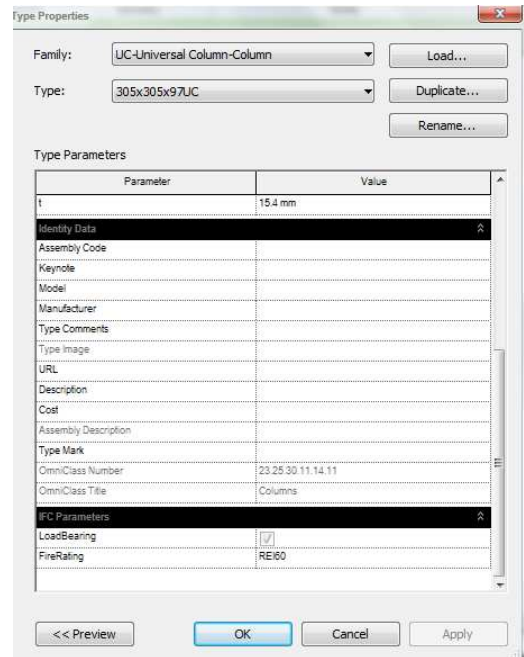
Som nævnt i afsnit 4.2.2 og i de udarbejdede Exchange Requirements, skal det bærende system udstyres med et brandkrav for det

bærende system. Denne proces er tilsvarende det ovenstående, hvor systemets objekter udstyres med IFC parameteret FireRating. Forskellen er, at værdien på dette parameter er brugerbestemt og derfor skal udfyldes af ingeniøren.

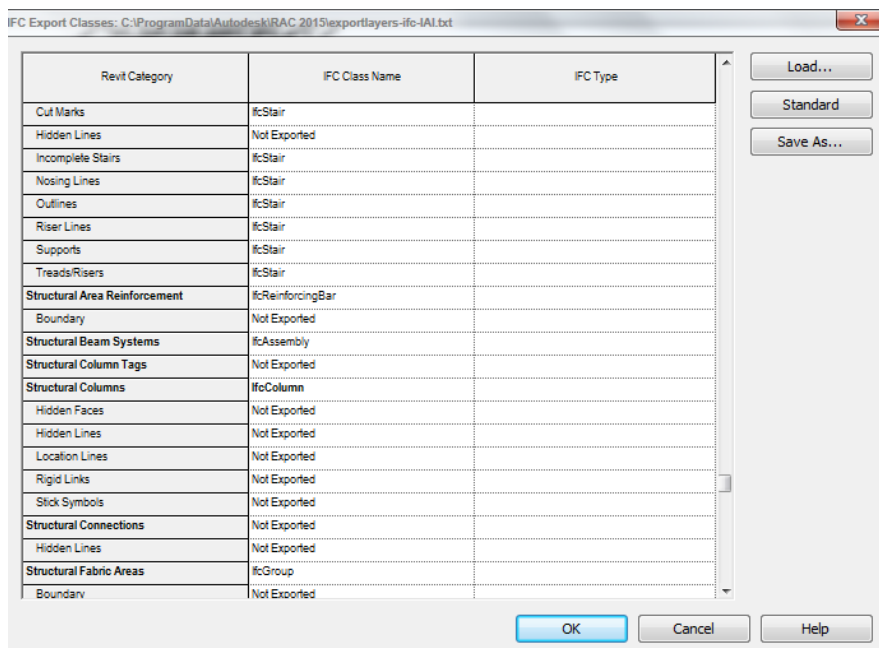
En illustration af søjleobjekternes egenskabsdata kan ses på Billede 54. Her kan man se, at brandkravet er udfyldt og at objekterne derfor lever op til kravene opstillet i de forsøgsspecifikke Exchange Requirements.

Projektgruppen har observeret eksportfejl af det bærende system. Ved indlæsning af modellen i ArchiCad konstateres det, at søjlerne i det bærende system ikke er blevet eksporteret. For at løse problemet, anvendes Revit's *IFC options* i hovedmenuen, under *Export* funktionen. Her ses alle objekternes Revit benævnelse, som er navnet objektet tildeles i Revit. Derudover vises objekternes *IFC Class Name* og *Type*. Disse illustrerer henholdsvis benævnelsen på de forskellige objektklasser som f.eks. døre og vinduer og objekttypen, hvis der skulle være forskellige typer af et objekt som skal udstyres med forskellige betegnelser.

I Revit's IFC options under kategorien *Structural Columns* ses det, at det bærende systems søjler er indstillet til *Not Exported*. Her ændrer projektgruppen *Class Name* til *IfcColumn*. Denne modifikation medfører, at det bærende system udveksles i sin helhed. Nedenfor på Billede 55 kan denne modifikation ses.



Billede 54: Egenskabsdata for søjler

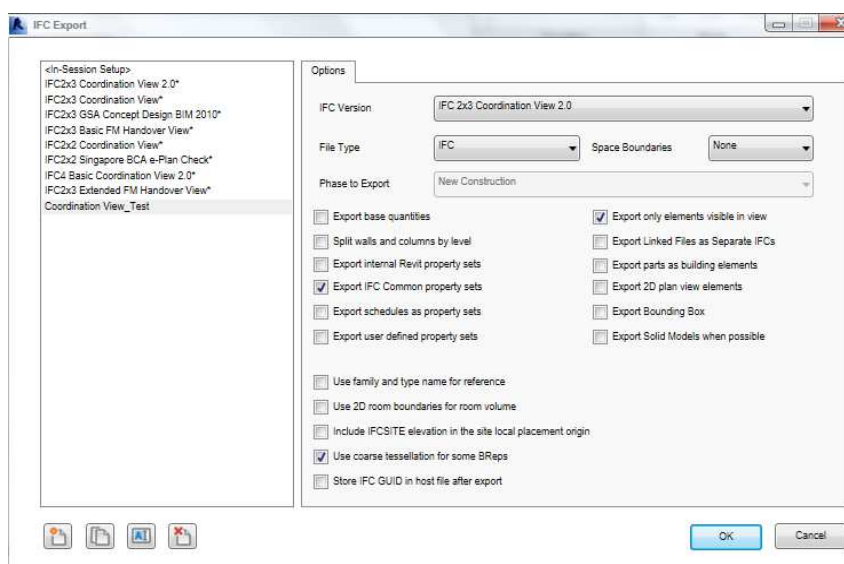


Billede 55: IFC options i Revit

Her er der tale om justeringsarbejde, som kan være svært at gennemskue, hvis ikke man har erfaring med IFC udvekslinger. Dette kan forårsage mangler i modellen og derigennem være skyld i at informationsbehov ikke bliver stillet.

Det beskrives i udvekslingens Exchange Requirement, at ingeniørens model udelukkende skal indeholde det bærende system. For at løse dette anvendes Revit's *Visibility/Graphics* funktion,

som giver brugeren mulighed for at slukke de lag, der ikke er relevante på det specifikke tidspunkt. Herefter anvendes Revit's *Export* funktion til at eksportere en IFC model. Her bliver brugeren stillet overfor muligheder omhandlende, hvilket *view* modellen skal eksporteres med. Her har projektgruppen udarbejdet deres eget *view* baseret på *Coordination View 2.0*.



Billede 56: Valg af view for modellen

Dette brugerdefinerede *view* skal sikre, at det udelukkende er det bærende system, der udveksles. Dette modificerede *view* er valgt, da det udvekslede ikke er komplekst i sin udformning og der ikke er nogen komplicerede samlinger af objekter, hvilket var den primære årsag til, at Surface Geometry blev valgt i den tidligere udveksling. Det vil derfor ikke være nødvendigt at bruge Surface Geometry som skulle modificeres yderligere for at få de valgte parametre med. På Billede 56 ses indstillingen af det udarbejdede *view* og tilvalget af *Export only elements in view* som sikre, at modellen udelukkende indeholder det bærende system.

IFC modellen er herefter klar til det videre forløb.

4.5. KOLLISIONSKONTROL OG RAPPORTERING I SOLIBRI

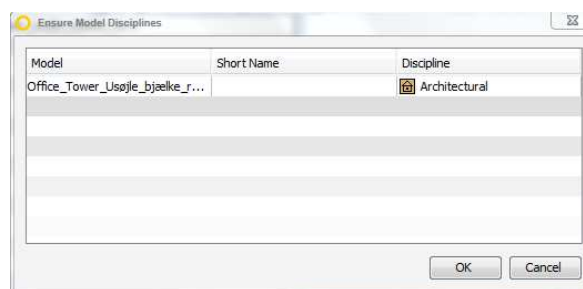
Efter udarbejdelsen af de to fagmodeller skal den overordnede geometri og det bærende system samles for at sikre, at modellen ikke indeholder modelleringsfejl. Ydermere medvirker kollisionskontroller til, at man kan anvende modellen til at lave korrekte mængdeudtræk og regne priser på de rigtige mængder. Til dette formål har projektgruppen anvendt Solibri Model Checker.

4.5.1. UPLOAD AF FAGMODELLER

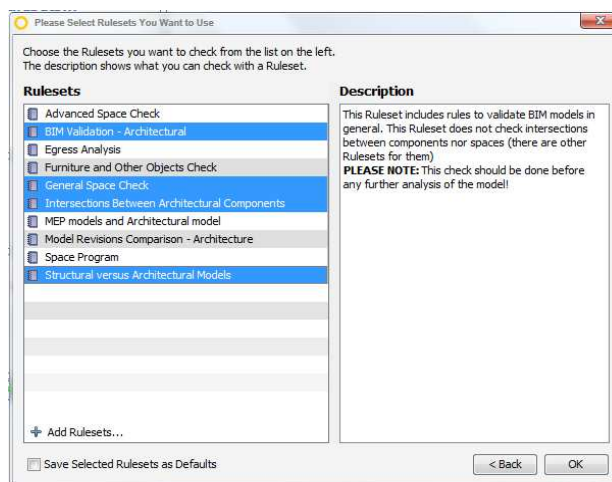
Processen starter ved at uploade arkitektens fagmodel til Solibri. Denne funktion giver konfigurationsmuligheder for, hvordan softwaren opfatter modellen og hvilke fagområde modellen omhandler. F.eks. vil et valg af *Architectural* disciplinen forårsage et fokus på bygningens overordnede geometri og om objekterne er placeret rigtigt i forhold til hinanden og om samlingerne er korrekt udførte. For en visualisering af denne udvælgelse, se Billede 57 nedenfor.

Projektgruppen sætter modellen til at omhandle arkitektoniske arbejdsområder. Hver af disse discipliner giver muligheder for indstilling af, hvad modellen skal undersøges for. Den udvalgte disciplin deles op i *rulesets*, som underinddeles i diverse paragrafer relaterende til modellens objekter og de kollisioner og fejl objektet indeholder. På den måde opdeles modellens objekter efter, hvilke problemer Solibri har registreret. Grunden til at det ovenstående både beskriver kollisioner og fejl i modellen skal forstås således, at kollisioner mellem objekter kun er et af de aspekter Solibri undersøger. Det kan ligeledes anvendes til at undersøge fejl som f.eks. en bjælke, der er placeret for tæt på et vindue i forhold til den generelle bygbarhed. Et indblik i denne udvælgelse af *rulesets* kan ses på Billede 58.

Her illustreres at projektgruppen har valgt et *BIM Validation ruleset*. Dette omhandler en validering af modellen og er opdelt i mere udspecificerede *rulesets* som f.eks. *Model Structure Check*. Denne underopdeling vedrører Modellens overordnede struktur og undersøger bl.a. om alle etager er udstyret med unikke navne og om døre og vinduer er placeret på samme etage som den væg objekterne tilhører, eller om der er duplikationer af objekter oven i hinanden. Denne kontrol skal sikre, at modellen er opbygget korrekt. Dette kan præcisere mængder til mængdeudtag og herved en



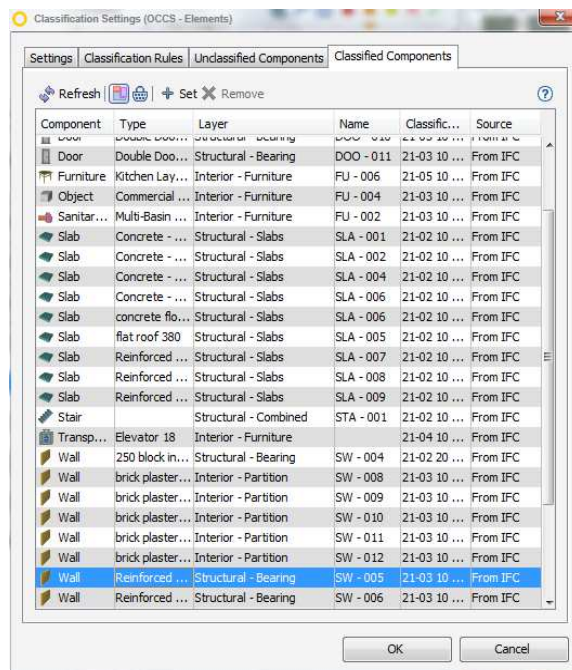
Billede 57: Udvalgelse af fagområde



Billede 58: Udvalgelse af rulesets

nøjagtig prissætning. *Rulesettet* referer ligeledes til de *Validation tests*, som IDM specifikationen nævner og som skal udarbejdes på de enkelte fagmodeller. (se afsnit 3.2.1)

Et andet *ruleset* som projektgruppen har valgt at undersøge er *Structural versus Architectural Models*. Dette vedrører en analyse af placering og størrelse på ingeniørens objekter, sammenlignet med arkitektens. Her undersøges f.eks. om ingeniørens objekter passer indenfor rammerne af arkitektens objekter. Det er relevant, da man således sikrer, at stålkonstruktioner er fordelagtigt placeret i forhold til ydervægge. Det er endvidere relevant for forsøget, da ingeniøren modellerer det bærende system ud fra arkitektens model, som reference model. Dette *ruleset* er valgt, da ingeniørens model skal uploades til modellen.



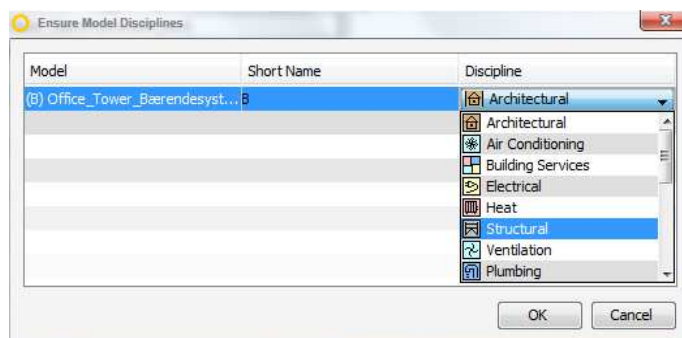
Billede 59: Illustration af Classification View

For at få det bedste resultat med dette *ruleset* anbefaler Solibri's notifikationssystem at anvende Solibri's *Classification view*, som er en liste over alle objekter i modellen og deres klassifikation. F.eks. kan brugeren se om de enkelte objekter er bærende eller ej. Klassifikation af objekterne fremmer softwarens evne til at forstå modellen og derved give det mest præcise resultat. F.eks. kan identifikation af alle bærende vægge hjælpe softwaren til at forstå det bærende system og derved minimere fejlmeldinger som kunne være forhindret ved den rette klassifikation.

Man kan ligeledes anvende Solibri's klassifikationsmuligheder til at give bygningens rum funktioner. Dette kan vise sig brugbart i senere udvekslinger, når analyser som f.eks. indeklima, brand eller lysindfald skal udføres. Et eksempel på *Classification view* kan ses på Billede 59.

Efter arkitekt modellen er uploadet til Solibri, skal ingeniørmodellen med det bærende system uploades. For at softwaren kan adskille de to fagmodeller, sættes ingeniørens model til at være *structural*.

I et virkeligt projekt hvor flere fagligheder som f.eks. energiingeniør er en del af projektorganisationen, skal deres modeller ligeledes sættes som en specifik disciplin. Denne udspecificering giver softwaren mulighed for at give brugeren fagspecifikke undersøgelsesmuligheder. Valg af disciplin ses på Billede 60.

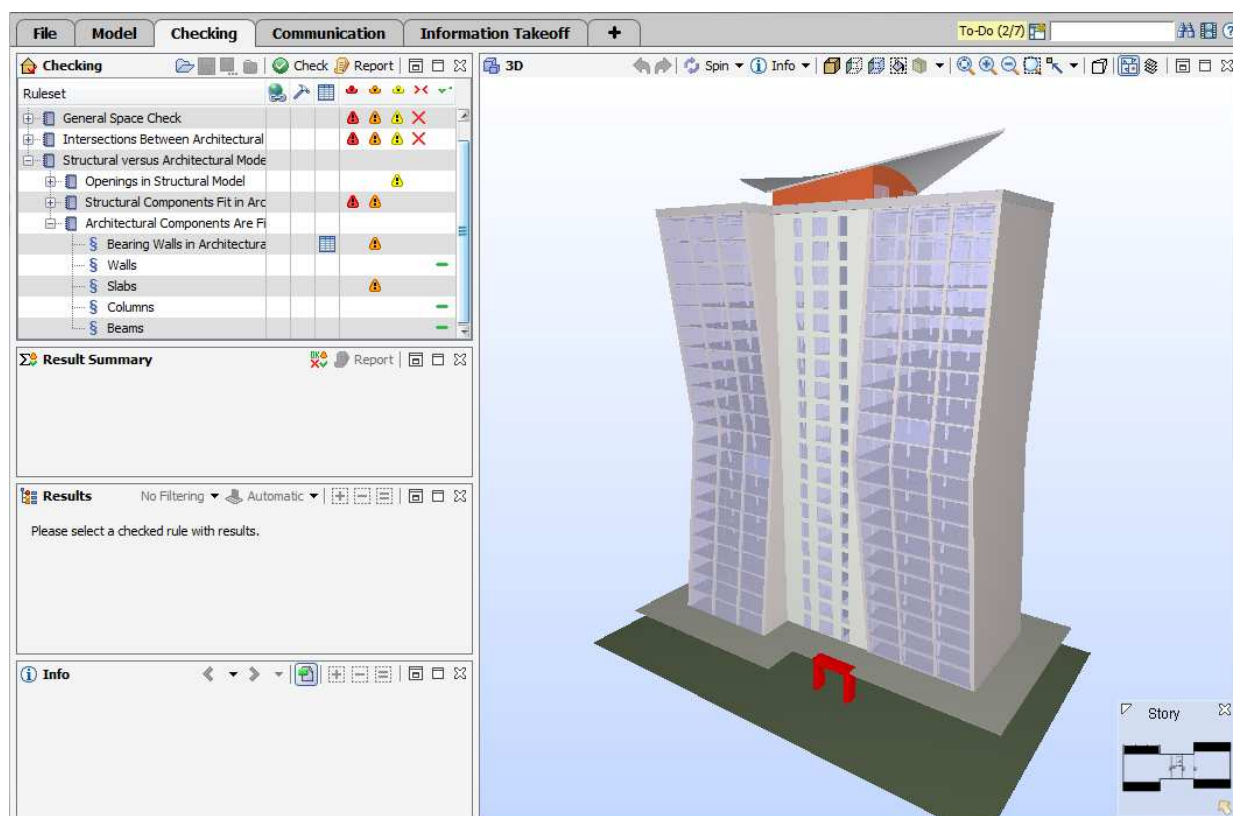


Billede 60: Udvælgelse af disciplin

4.5.2. UNDERSØGELSE AF MODELLER

Efter begge modeller er uploadet, visualiseres de gennem Solibri. Her har brugeren forskellige muligheder for interaktion med modellen igennem overordnede menuer. Projektgruppen har hovedsageligt fokuseret på de to menuer; *Checking* og *Communication*, da disse vedrører henholdsvis undersøgelse for kollisioner i modellen og kommunikation af kollisionerne til projektets parter. I Solibri kan modellen undersøges ved brug af modelrepræsentationen, som vist til højre på Billede 61. Derudover kan modellen gennemgås ved hjælp af den hierarkiske opdeling af de førnævnte *rulesets*.

På Billede 61 nedenfor, ses ligeledes nogle af de *rulesets* som er valgt, samt en forgrening af *Structural versus Architectural Models rulesettet*. Hvis Solibri registrerer fejl i modellen, illustreres disse med advarselstrekanten i forskellige farver, alt efter hvor kritiske de er. Ved at dobbeltklikke på de paragraffer, der er registreret fejl ved, linker Solibri til de tilhørende kollisioner eller fejl. F.eks. vedrører paragraffen *Slabs* under rulesettet *Architectural Components Are Filled*, arkitektmodellens dæk, som muligvis kan kollidere med søjler eller bjælker fra ingeniørmodellen.



Billede 61: Solibri Model Checker brugerinterface

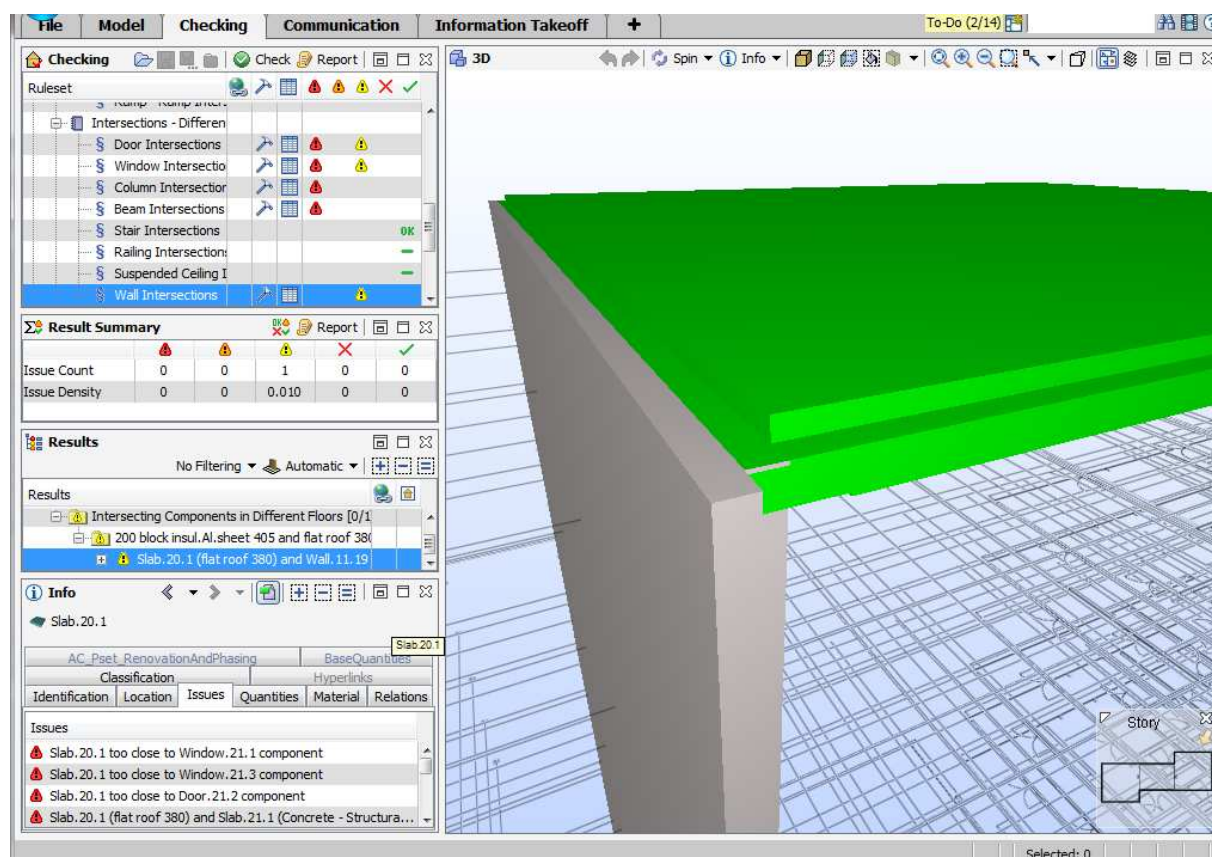
Projektgruppen har oplevet udfordringer med at bevare overblikket over de forskellige *rulesets* som kan virke forholdsvis ens i deres beskrivelse. Derudover er beskrivelserne af diverse *issues* kortfattede og svære at forstå omfanget af. Et eksempel er *Component Check* under *BIM validation rulesettet*. Beskrivelsen lyder her:

“The ruleset checks that components have reasonable dimensions and they have located in a correct way”.

Denne beskrivelse giver en mangelfuld forståelse for omfanget af hvad *reasonable* og hvad *correct way* betyder. Dette er meget upræcise beskrivelser og gør det svært at forstå, hvad man som bruger skal fokusere på, når man får kollisionen visualiseret.

4.5.3. REGISTRERING OG OPSÆTNING AF UDVALGT KOLLISION

Ved udvælgelsen af kollisioner, fokuseres der på arkitektens opgaver, da disse findes relevant for specialets problemformulering. På Billede 62 ses en udvalgt kollision, som omhandler en forkert udført samling af ydervæg og dæk. Denne kollision findes under *Wall Intersections* paragraffen i *rulesettet*; *Intersections between Architectural Components*. Efter kollisionen er registreret, skal den formidles til den modtagende part, så vedkommende kan revidere sin model.



Billede 62: Udvalgt kollision

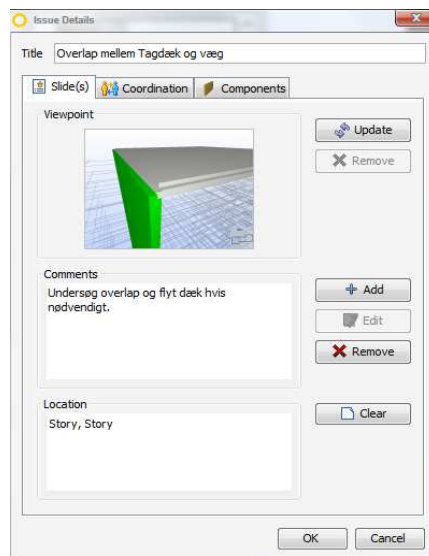
Denne formidling sker ved hjælp af den førnævnte *Communication* menu, som giver brugeren mulighed for at dokumentere kollisionen i form af såkaldte presentations og issues.

Presentation skal forstås som overordnede emner for fejlene. Denne kan f.eks. have titlen: "Kollisioner mellem ydervægge og dæk i arkitekt model". *Issues* eller problemstillinger i modellen skal således henvende sig til de enkelte fejl, som arkitekten skal løse i modellen.

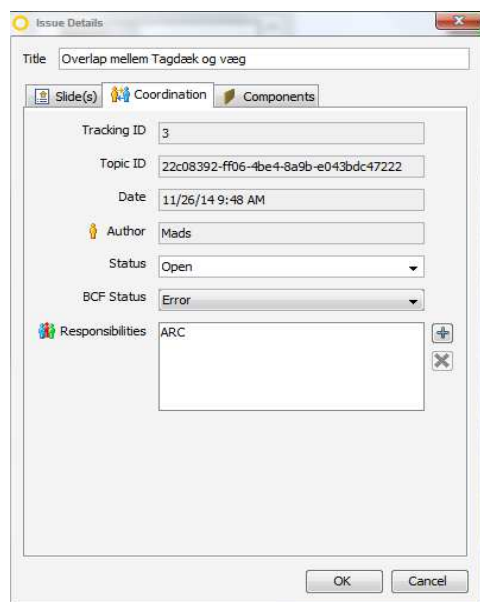
Måden et issue registreres på er ved, at Solibri tager et screenshot af kollisionen eller fejlen og derefter giver brugeren mulighed for at registrere denne yderligere. Første skridt mod denne registrering er en kort beskrivelse af problemet og hvor den er lokaliseret på modellen. Denne proces kan ses på Billede 63.

På billedet ses beskrivelsen af kollisionen og her omtales problemet først og fremmest. Derudover er beskrivelsen udstyret med et løsningsforslag til den specifikke kollision.

Derudover er det udvalgte screenshot et vigtigt aspekt da, dette skal illustrere for modtageren hvor og hvad problemet er, hvis beskrivelsen ikke er tilstrækkelig.



Billede 63: Beskrivelse af fejl



Billede 64: Koordinering af fejl

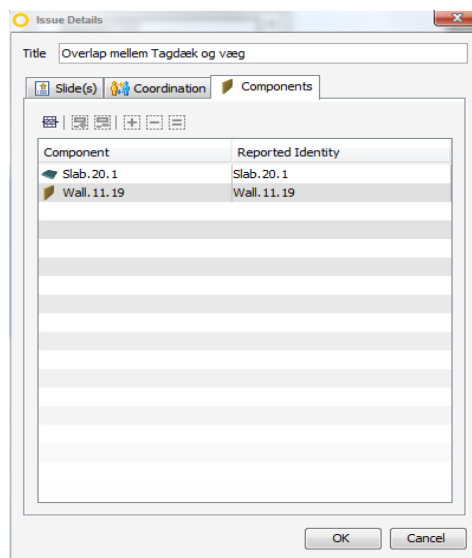
Det næste skridt mod en kommunikation af fejl og mangler i

modellen sker gennem *Coordination* menuen for den enkelte fejl. Denne menu sikrer, at fejlen udstyres med et unikt ID og en dato. Derudover beskrives hvem, der har fundet fejlen så den modtagende part kan henvende sig, hvis der skulle opstå forvirring over omfanget af fejlen. Det er også her opgavens status bliver tilkendegivet samt hvem, der bærer ansvaret for at få fejlen løst.

Projektgruppen har således valgt at sætte status som åben og BCF status som en fejl, da der er tale om en projekteringsfejl i modellen. Ansvaret pålægges i dette tilfælde arkitekten, da kollisionen vedrører den overordnede geometri.

På Billede 64 ses koordinationsmulighederne.

Sidste handling i dokumentationen af den registrerede fejl omhandler hvilke komponenter, der er indblandet i kollisionen. Denne udvælgelse skal sikre, at de komponenter, som er skyld i kollisionen, bliver revideret af den ansvarlige part. De udvalgte komponenter ses på Billede 65. Her ses tagdækket og ydervæggen som er indblandet i kollisionen. I en mere kompleks konstruktion med flere bygningsdele involveret kan denne identifikation af objekter være nyttig, da et klik på objektet vil vise brugeren objektet og dermed også hvor objektet kolliderer med de øvrige elementer.



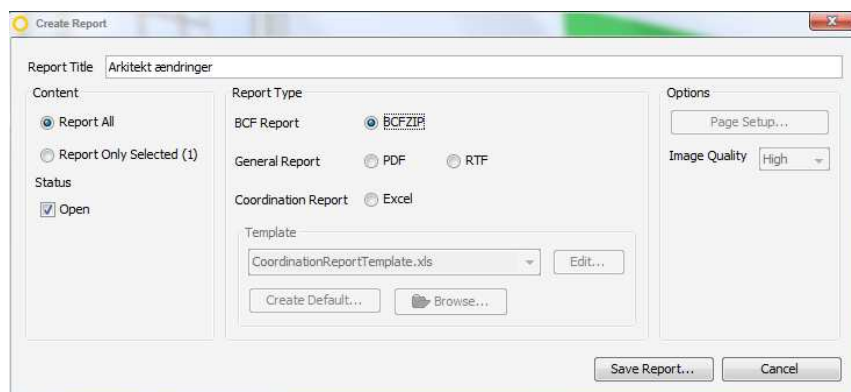
Billede 65: Illustration af indblandede komponenter

4.5.4. RAPPORTERING AF KOLLISION

Efter opsætning af kollisionsrapporten med udvalgte fejl og mangler skal disse rapporteres til relevante parter i projektorganisationen. I dette forsøg er der gjort brug af BCF formatet som er yderligere beskrevet i afsnit 3.2.3.

For at kunne anvende BCF data i ArchiCad, har KUBUS udviklet et plug-in ved navn BCF manager, som hjælper brugeren til at organisere de opgaver, han bliver stillet af den modelansvarlige. Dette plug-in er anvendt i forsøgene og dennes funktionalitet bliver beskrevet yderligere hvor den anvendes i processen.

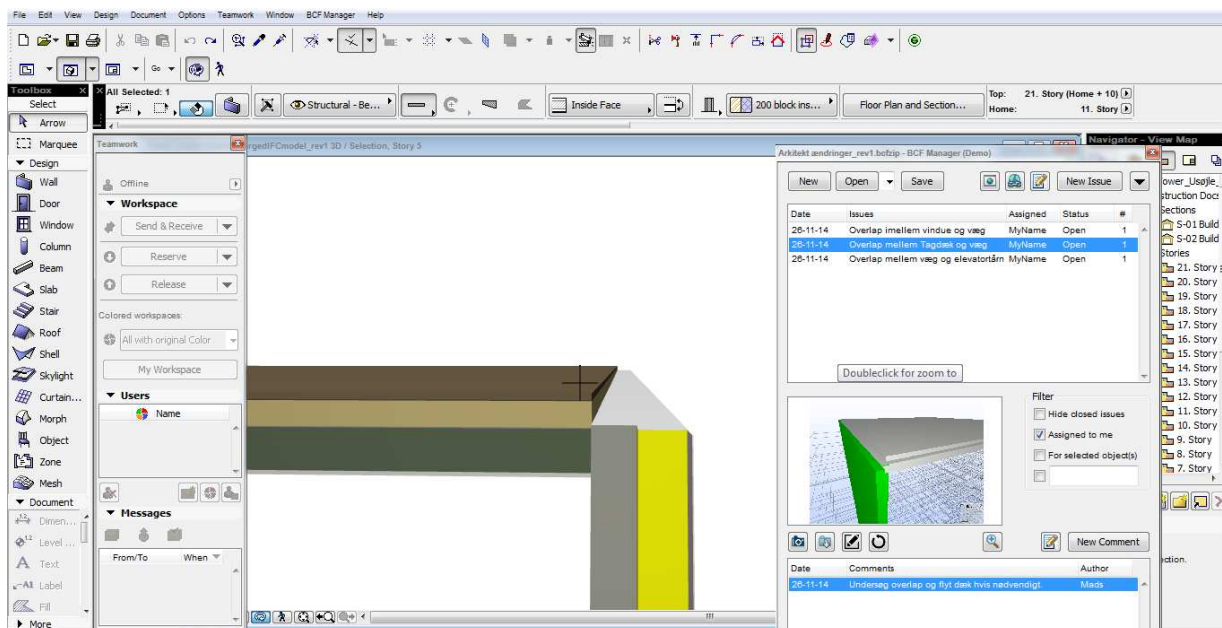
For at udveksle den oprettede kollisionsrapport vælges en titel til rapporten og hvilket format, der udveksles i. På Billede 66 ses de tilgængelige rapporttyper, heriblandt PDF. Dette format giver muligheden for at udveksle beskrivelser og screenshots af kollisioner. PDF giver dog udfordringer, da den modtagende part er meget afhængig af beskrivelsen og det tilhørende screenshot, fordi disse ikke er linket til modellen og derfor ikke viser hvor i modellen, fejlen er opstået. For at undersøge mulighederne og udfordringerne i BCF formatet, vælges dette format til det videre forløb.



Billede 66: Udveksling af rapport

Rapporten kan gemmes i en BCFZIP fil på et projektWeb i den modtagende parts mappe. BCF filen uploades til modellen via det omtalte plug-in BCF manager. Her visualiseres kollisionerne med navn, dato og status i et separat vindue. Derudover vises den udvalgte kollision via det screenshot den modelansvarlige har taget i Solibri, så den modtagende part kan sammenholde beskrivelsen med dette.

Da BCF formatets data er linket til de specifikke objekter, kan brugeren dobbeltklikke på illustrationen af problemet og derefter blive dirigeret til det omtalte sted på modellen. Dette sikrer, at den modtagende part ved præcis, hvor fejlen er placeret. Nedenfor illustreres BCF manageren og dennes funktioner.

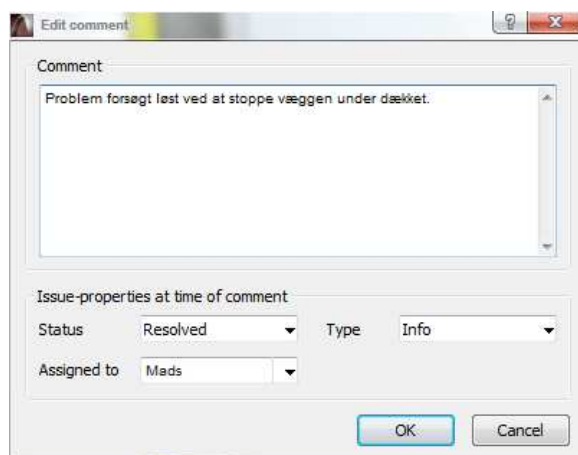


Billede 67: Illustration af BCF manager funktionalitet

4.5.5. LØSNING AF KOLLISION

Da fejlene udbedres i ArchiCad Teamwork, reserveres de relevante objekter og væggen justeres så dækket ikke kolliderer med konstruktionen. Her kan det enkelte teammedlem ligeledes pålægge sig opgaven at rette fejlen. På den måde skabes der overblik over hvem, der har udført rettelser, hvis der senere skulle komme komplikationer med måden, hvorpå den er rettet.

Efter fejlen er udbedret skal udbedringen dokumenteres til videre brug. Dette gøres ved en kort beskrivelse af løsningsforslaget og en statusændring til *Resolved*. Dokumentationen af løsningen kan ses på Billede 68.



Billede 68: Illustration af dokumentation af løsning

Den modelansvarlige kan løbende fjerne udbedrede fejl i Solibri modellen, indtil alle fejl er udbedret. Når hver fagmodel er gennemgået for fejl, kan de reviderede fagmodeller udveksles så alle parter har de nyeste versioner af byggeriets modeller og på den måde arbejder ud fra det samme materiale. I forsøgets tilfælde vil ingeniørmodellen, når denne står fejlfri, blive udvekslet til arkitekten og opdateret i ArchiCad. Derved sikres det, at de fremtidige beslutninger foretages på et tilstrækkeligt grundlag.

4.6. DELKONKLUSION

I forsøget er Teamwork til interne fælles modeller og udvekslingsprocessen ved brugen af det åbne filformat, IFC, blevet testet. Derudover er brugen af kollisionskontrol til kvalitetssikring af fagmodeller gennemgået. Udvekslingsprocessen og den senere kvalitetssikring har vist sig at være anvendelig til at dække informationsbehovene parter i mellem, samt til tværfagligt samarbejde, men ikke uden udfordringer og tekniske problemstillinger.

Modelleringen på en fælles model internt i en virksomhed, der anvender Archicad, har vist sig at være en relativt let proces. Det er dog observeret, at man som projektteammedlem hurtigt kommer til at bruge meget tid på at kommunikere koordinering og arbejde i Teamwork. Derfor vurderes det af projektgruppen, at der skal være retningslinjer for brugen af kommunikationssystemet.

Eksport og import af en relativt kompleks geometri kan ikke ske fejlfrit på baggrund af standardindstillinger for IFC eksport. Her kræves en mere dybdegående og teknisk viden, hvor resultatet heraf medfører, at der skal træffes valg, der vedrører hele projektorganisationen og omhandler den modtagende parts rettigheder i forhold til at kunne ændre objekter i IFC modellen.

På trods af den teoretiske baggrund for certificerede MVD'er som Coordination View 2.0 og dens simplificerede udgave (Surface Geometry), har det vist sig muligt for den modtagende applikation, i et begrænset omfang, at kunne modificere IFC objekter. Dette er i strid med, hvad buildingSMART skriver om Coordination View (Surface Geometry). Når denne anvendes burde elementer blive gjort *non-editable*. Det vurderes af projektgruppen, at de supplerende indstillinger i den brugerspecifikke MVD har medført, at dette er muligt.

Arbejdet med IDM værktøjerne viser, at udarbejdelsen af et Process Map kræver et omfangsrigt tværfagligt samarbejde, men at værktøjet kan skabe overblik over processen for hele projektorganisationen. De udarbejdede Exchange Requirements kan skabe forståelsesproblemer i forhold til begreberne *Concepts* og *Parts*. Her er yderligere information om begreberne nødvendige for at få en dybere forståelse for deres anvendelse. Exchange Requirements anført med de rette objekter og parametre kan dog bidrage til at de projekterende får tilføjet de nødvendige informationer i modellen.

Under IFC eksport fra Revit til Archicad er det observeret, at processen kræver, at brugeren er bekendt med præcis, hvilken type af objekter, der udveksles, så de kan eksporteres korrekt. I forsøget var søjlerne ikke eksporteret, da objekttypen *columns* var afkrydset og ikke *Structural Columns*, som udgjorde samtlige søjler i det bærende system, hvor parameteren *FireResistanceRating* var tilføjet. Forståelsen og overblikket for objekttyper i modellen kan medføre, at den modtagende part får dækket sit informationsbehov til sit videre arbejde.

Kollisionskontrol af fagmodeller har vist sig at være anvendeligt både som intern og ekstern kvalitetssikring. De forskellige *rulesets* i Solibri har vist sig at være utilstrækkeligt formulerede og uoverskuelige at behandle i samme proces, da den ansvarlige for modellen kan miste overblikket i de mange forskellige kollisionsstyper. Kollisionskontrollen som proces indeholder flere delprocesser, hvor det kræver en dybere viden og forståelse for de konsekvenser trufne valg har for processen for helhed. Her kan IDM specifikationens retningslinjer hjælpe, da disse foreskriver at man anvender *Validation tests* internt før udvekslinger og dermed bryder processen op i mindre dele.

For at be- eller afkræfte hypotesen: *"BuildingSMART's IFC og IDM standarder understøtter den interne projektering foretaget på en model server, således at den eksterne koordinering og udveksling optimeres"*, er det fundet nødvendigt at diskutere forsøgsprocessens observationer og udfordringer.

5. DISKUSSION AF LØSNINGSFORSLAG

Forsøget skal som nævnt ses som en proces, der illustrerer et forløb virksomheden ser sig selv praktisere. Processen har vist sig at være udfordrende i alle dets delprocesser og udfordringerne er af forskellig teknisk karakter. Udfordringerne, der blev observeret i processen bliver derfor diskuteret med henblik på at udarbejde retningslinjer, der samlet set kan betragtes som løsningsforslag for den samlede proces. Dette kan vejlede virksomheder, der er novicer i BIM processer og give dem et overblik over fremtidige indsatsområder i deres eksisterende processer. I det følgende vil delprocesserne blive diskuteret enkeltvis og blive betragtet som et samlet løsningsforslag i kapitel 6, hvor gevinsterne også berøres.

5.1. IDM

Brugen af IDM værktøjerne kan være nyttige for virksomheder, der er nye inden for BIM området, da både Process Map og Exchange Requirements hjælper til at få kortlagt processer og informationsbehov for hele projektorganisationen. Dette ses relevant for virksomheden, da der som nævnt tidligere er observeret en nysgerrighed om projektorganisationens øvrige parter og deres informationsbehov.

Projektgruppen har dog oplevet udfordringer i udarbejdelsen af Process Map og Exchange Requirements. Hovedsageligt er udarbejdelsen af et Process Map en omfangsrig proces, som inkluderer projektledere fra hele projektorganisationen. Der kan sættes spørgsmålstegn ved om, parterne finder tid til at kommunikere og diskutere i et tilfredsstillende omfang, således et udførligt Process Map udarbejdes. Et utilstrækkeligt Process Map kan være skadende for projekteringen, da virksomhederne kan have en tendens til at knytte sig til det udarbejdede Process Map og tilhørende Exchange Requirements, som kan indeholde forkerte, mangelfulde eller forældede informationer. Dette kan bl.a. omhandle udvekslinger, som der ikke er taget højde for i projektets Process Map. I det tilfælde vil virksomheden være overladt til egne erfaringer omkring informationsbehov.

5.1.1. PROCESS MAP SOM OPDELT VÆRKTØJ

Der blev i virksomheden registreret en manglende forståelse for informationsbehov, såvel som koordineringen af en 3D bygningsmodel til udveksling. Her kunne brugen af et Process Map være med til at sikre en planlægning af parternes arbejde og derigennem kan informationsbehovene blive belyst. Denne planlægning kan ske i form af et indledende koordineringsmøde hvor arkitekt, ingeniør og øvrige parter projektledere udarbejder et Process Map i fællesskab. På den måde opbygges en fællesforståelse for parternes indbyrdes arbejdsopgaver og ansvarsområder. Dette fungerer derved som første trin mod at forstå de øvrige parter informationsbehov på forskellige tidspunkter af projekteringen.

Udarbejdelsen af et Process Map for hele projekteringsprocessen, kan dog som nævnt virke som en ressourcekrævende proces i den tidlige fase af et projekt. Derfor foreslår projektgruppen, at der ved det indledende møde på projektet, udelukkende føres en debat omkring det overordnede flow i projekteringen og hvilke processer/arbejdsopgaver parterne mener at have foran sig. Det kan resultere i et overordnet Process Map, som indeholder

processerne for parterne og nogle forslag til udvekslingstidspunkter. Disse udvekslingstidspunkter kan sættes strategisk i forhold til f.eks. afleveringer til bygherre, så man sikrer at modellen fremstår så fejlfri som muligt når den udveksles til denne.

Dette indledende møde kan så understøttes af ugentlige eller månedlige møder, hvor det udarbejdede Process Map uddybes til og med den næste udveksling. Her kan processen udspecificeres med Exchange Requirements for hver udveksling. På den måde deles processen op i mindre overskuelige dele og risikoen for, at de projekterende læner sig op af utilstrækkelig eller forældet information formindskes. Udførelsen af disse Exchange Requirements indeholder dog ligeledes nogle udfordringer.

5.1.2. EXCHANGE REQUIREMENTS SOM RETNINGSLINJER

Arbejdet med Exchange Requirements kræver et indblik i de tekniske aspekter af en bygningsmodel og hvordan parametre placeres i modellen så informationsbehovet for den modtagende part bliver opfyldt.

I virksomheden skal projektteamets medlemmer altså have en bred forståelse for hvilke objekter og attributter, der er nødvendige set fra et teknisk synspunkt. Derfor kræver det en omfangsrig viden om projekteringsværktøjerne og deres repræsentation af modellen. Dette kan eksemplificeres ved den, i forsøget nævnte attribut, som skal informere ingeniøren om lydkravene til skaktvæggene. Her er det nødvendigt for arkitektens teammedlemmer at vide, hvordan denne attribut placeres korrekt, så ingeniøren kan gøre brug af den til sin udarbejdelse af det bærende system.

Udarbejdelsen af Exchange Requirements, på et tværfagligt møde, opbygger en forståelse for de øvrige parter behov og deres muligheder for leverancer på det specifikke projekt. Disse møder kan samtidig fungere som kompetenceopbyggende øvelser, hvor personer med erfaring eller viden omkring arbejdet i 3D bygningsmodeller kan undervise andre parter og på den måde sikre en fordelagtig anvendelse af modellerne i virksomheden. Denne kompetenceopbygning skaber samtidig grundlag for brugen af 3D modeller med tilhørende Process Map og Exchange Requirement i projekter fremadrettet, da novicerne således har opbygget viden, som de kan udbrede til parter i fremtidige projekter. Derfor kan koordineringsmøderne ses som sessioner med vidensdeling på tværs af fagligheder. Dette kan på sigt styrke virksomhedens position på markedet, da de efter nogle projekter vil have opbygget erfaring omkring arbejdet i en projektering med 3D bygningsmodeller indeholdende parametriske objekter.

Når denne IDM dokumentation er udarbejdet, giver den nogle retningslinjer og en måde at styre projektet på, som kan være fordelagtig i virksomheden, da koordinatoren kan læne sig op af de Exchange Requirements, der er udfyldte. Disse Exchange Requirements kan samtidig fungere som checklister for projektteamet, som kan opdele arbejdsopgaver ud fra beskrivelserne. F.eks. kan et projektteammedlem have til opgave at udarbejde en trappeopgang, hvis fastlæggelsen af denne er et krav for udvekslingen. Dette vil skabe en arbejdsproces, som kan ses som projektering imellem udvekslinger, hvor arbejdets mål hele tiden er opfyldelse af informationsbehovene for den næste udveksling. Dette strømliner arbejdet og vil give en bedre forståelse for teamets arbejdsopgaver i modellen.

Exchange Requirements skal dog opdateres løbende for at sikre, at informationsbehov bliver opfyldt på trods af eventuelle ændringer i projektet, da man ellers risikerer, at de projekterende

læner sig op af forældet data om udvekslingen. Her ses det opdelt Process Map som en løsning. Et ugentligt eller månedligt Process Map med tilhørende Exchange Requirements vil være med til at mindske risikoen for forældede Exchange Requirements, da ændringer løbende i projektet kan inkluderes i de enkelte Exchange Requirements *Change Log* (se afsnit 3.2.1) på en struktureret måde.

5.1.3. BRUGEN AF STANDARD IDM

Retningslinjerne for udarbejdelsen af IDM dokumentationen er forholdsvis svære at forstå uden et indgående kendskab til opbygningen af en objektbaseret model. Dette kan forårsage, at virksomhederne fravælger værktøjet, eller anvender det ufordelagtigt. Et eksempel på hvor beskrivelserne er utilstrækkelige, er ved anvendelsen af de førnævnte begreber *Parts* og *Concepts*, der kan fremstå som meget abstrakte udtryk for novicer på området. Den mangelfulde beskrivelse af disse medvirker til, at de står åben for fortolkning af uerfarne brugere, der skal udarbejde dokumentationen. Her er der således et ansvar fra udvikleren af beskrivelserne, samt en kompetenceopbygning fra brugerens side.

Det er dog her meningen fra buildingSMART's side, at der skal udarbejdes nogle standard IDM'er i form af Process Maps og Exchange Requirements, som kan justeres til det enkelte projekt (buildingSMART, 2010a). Dette inkluderer de MVD'er som er nævnt i forsøget og som skal hjælpe til, at de objekter, som er specificeres i den enkelte udveksling, er synlige for den modtagende part. Denne standardisering kan afhjælpe tidsaspektet, men kræver stadig en kompetenceopbygning for noviceerne på feltet, da begreberne stadig henvender sig til fagfolk med indgående viden omkring opbygningen af en objektbaseret model. Derudover skal IDM'en stadig tilpasses det enkelte projekt, hvor forskelligheder i organisationsstruktur, kultur i de enkelte virksomheder og eventuelle differentieringer i antallet af involverede parter, hvor ansvarsområderne ligeledes kan variere.

Der kræves derfor en mere hands-on beskrivelse, som henvender sig til novicer inden for emnet og som fortæller, hvordan det enkelte projekt og virksomhed kan drage nytte af værktøjerne samt hvilke udfordringer, de skal være opmærksomme på i arbejdet med dem. Disse beskrivelser kan understøtte, de templates som buildingSMART tilbyder og kan minimere opstartsproblemer for virksomheder, som ser idéer og muligheder i værktøjerne.

Projektgruppens mål for virksomheden på byggesagen er at kunne vise, hvordan den kan anvende IDM standarderne på fremtidige projekter. Derfor skal det gennemførte forsøg ansues som projektgruppens bud på et forslag til, hvordan en sådan hands-on beskrivelse, som skal vise udarbejdelsen og brugen af IDM på et projekt med objektbaserede bygningsmodeller, kan udarbejdes. Denne beskrivelse henvender sig ligesom resten af specialet til rådgivervirksomheder uden eller begrænset erfaring med IDM'ens begreber og udtryk.

5.2. FÆLLESMODEL I TEAMWORK

I projektgruppens forsøg med brugen af Teamwork funktionen blev det observeret, at kommunikationen gennem Teamworkpalletten kan blive omfattende og derfor mindske arbejds effektiviteten hos den enkelte bruger. Det er derfor relevant at diskutere, hvad der er mest hensigtsmæssigt for den individuelle bruger og den overordnede proces.

Når en bruger arbejder på et specifikt og reserveret arbejdsområde, skal han tage stilling til andre brugeres arbejde og omfanget af det arbejde, der anmodes om tilladelse til. Dette kan ødelægge koncentrationen og effektiviteten hos en bruger og især, hvis det sker gentagende gange i løbet af en arbejdsdag.

Det skal dog stadig ses som en fordel, at projektets brugere kommunikerer og bruger programmets kommunikationssystem, da det kan give brugeren, der modtager en *Ownership Request* et overblik over omfanget og lokaliteten af problemet. Brugeren, der ønsker objekter modificeret, får løst sit problem og vedkommendes proces bliver på den måde ikke bremsat. Det kan være hensigtsmæssigt, når en bruger sidder et andet sted end resten af projektets brugere, så der kan ske en nem og hurtig kommunikation. Alternativt kan vedkommende sende en detaljeret besked pr. mail eller Skype besked og derigennem anmode om modifikationen. Det kan dog være omfattende at forfatte en besked, der skal angive lokaliteten på de omhandlede objekter og hvad modifikationen omhandler. Dette afhænger naturligvis af modellens kompleksitet og størrelse, hvor det formegentlig vil være lettere at beskrive en modifikation til et enfamiliehus kontra et 10 etagers karré byggeri.

Virksomhedens problemer vedrørende Teamwork er dog reciprokke i forhold til ovenstående udfordring. Virksomhedens udfordring er, at de ikke reserverede arbejdsområder og derfor ikke brugte Teamwork funktionen tilstrækkeligt. Som det fremgår af problemtræet, afsnit 3.4, kommer den begrænsede koordinering og deraf tilsvarende begrænsede og dårlige brug af kommunikationssystemet af, at virksomheden har en manglende forståelse for koordinatorrollen.

Derfor skal man finde en måde hvorpå kommunikationssystem kan anvendes fordelagtigt, i forhold til omfanget af opgaven og hvor brugeren ikke forstyrres i en grad, hvor hans arbejde påvirkes i utilfredsstillende grad. En stor del af den omfangsrige kommunikation kan afhjælpes ved, at modellens arbejdsområder og opgaver uddeles til de enkelte brugere, og eventuelle overlappinger af arbejdsområder kan koordineres med tidsintervaller. Disse arbejdsområder og opgaver kan diskuteres på de omtalte koordineringsmøder, hvor det kan være et punkt på dagsordenen. Man kan forestille sig, at modellen deles op i faste arbejdsområder, hvor projektets brugere får tildelt et område, som de bliver ansvarlige for. Dette kan delvist løse problematikken med at blive forstyrret i sit arbejde, da arbejdsområderne ikke overlapper hinanden. Ydermere kan dette give modelkoordinatoren et godt overblik over, hvilken bruger, han skal gå til, hvis der sker projektændringer. Denne løsning kan dog vise sig ikke at være optimal, da det begrænser fleksibiliteten i projektteamet. Der kan være modelleringsopgaver, som vil kræve et højt koordineringsniveau og stor disciplin at udføre med denne faste struktur. F.eks. vil en opgave med finjustering af objekter, der gentager sig i et bestemt system være en uoverskuelig opgave med den faste struktur. Man kan derfor argumentere for, at der skal være en balance mellem faste arbejdsområder og fleksibilitet, som løbende kan ændres på nogle interne koordineringsmøder. Arbejdsområder og dertilhørende opgaver kan som nævnt tidligere struktureres efter den udvekslingsspecifikke Exchange Requirement, projektmedlemmerne arbejder hen imod. Her kan arbejdsområderne variere efter, hvad der er hensigtsmæssigt til udvekslingen. Desuden giver dette også modelkoordinatoren mulighed for at udvælge brugere ud fra deres kompetencer i forhold til arbejdsområdets opgaver. Dette kan være en fordel, da den sidst omtalte løsning har samme arbejdsopgaver til hvert arbejdsområde. Der vil dog være arbejdsopgaver, der ikke direkte henvender sig til udvekslingen, som f.eks. opsætning af layouts til tegningsmateriale, opsætning og udførelse af renderinger til bygherre mm. Dette kan

være opgaver, der ikke direkte henvender sig til udvekslingen, men som kan påvirke udvekslingsmaterialet. Forestiller man sig en situation i de tidlige projekteringsfaser, hvor bygherre ikke er tilfreds med det han ser på visualiseringerne, konceptkollagerne eller er kommet i tanke et nyt krav eller ønske, kan dette resultere i ændringer i modellens geometri og på den måde have indvirkning på udvekslingen. Fordelen her kan være, at der løbende på de eksterne koordineringsmøder udføres prioriteringer af arbejdsopgaver i forhold til eventuelle projektændringer.

I virksomheder med begrænset erfaring inden for BIM, kan det være en fordel, at gøre en indsats i, at træne et teamwork medlem til at have kompetencer som en koordinator. Man vil derfor i teamet have en lederrolle, som kan styre processen og koordinere arbejdet samt arbejdsområderne og derigennem vil arbejdet også gradvist træne de øvrige Teamwork medlemmer. Her er kompetencer som koordinering og udveksling af data til andre fagligheder nødvendige. På byggesagen har koordineringsudfordringen kun været internt i virksomheden. Når fagmodellen skal leveres til ekstern brug, kan det være nødvendigt, at der er en ansvarlig for, at modellen har de nødvendige informationer, som den modtagende part skal bruge og man har kompetencer til at kunne modtage og indarbejde den fagmodel, man får tilbage. Ulempen for virksomheden kan være, at det kan blive en stor omkostning at have et Teamwork medlem på kursus, da de arbejder i relativt små projektteams og derfor vil miste en stor del af arbejdskraften.

5.3. IFC

I forsøget viste det sig at kræve en dybdegående viden om udveksling af IFC modeller for, at det forløb fejlfrit i forhold til udvekslingsformålet. Det kan være et problem, at virksomheder, der er novicer i BIM og modeludveksling, stilles overfor en opgave, der er tekniskkrævende på så tidligt et stadie. Yderligere findes der kun en begrænset mængde dokumenter om IFC og udvekslinger imellem forskellige platforme, hvilket heller ikke gør det lettere for virksomhederne. Det ville hjælpe mange virksomheder i gang og give dem en god start med BIM, hvis der var en letforståelig guide til, hvordan man praktisk gør. Al den litteratur, der findes inden for emnet kan være mangelfuldt beskrevet eller yderst kompliceret. Det kan virke uoverskueligt og skræmmende for virksomheder at starte på en opgave med dette kompleksitetsniveau grundet den viden, det kræver at udføre. Dette kan give virksomheden en dårlig start på udviklingen af deres kompetencefelt og give dem lysten til at gøre som de plejer. De virksomheder, der har erfaringen og er gode til BIM og IFC udvekslinger er muligvis ikke interesseret i at hjælpe andre virksomheder i gang, da de ikke vil hjælpe med at give deres konkurrenter nye kompetencer, så de kan konkurrere på samme niveau, som dem selv.

Forsøgsmodellens geometri kan have påvirket resultatet af forsøget med dets specielle udseende. Havde forsøgsmodellen været af mere simpel natur, antages det, at resultatet havde været mindre fejlbehæftet, uden at ændring af MVD og yderligere indstillinger vil have været nødvendige. På baggrund af denne antagelse kan det være risikabelt, at starte med at anvende IFC udvekslinger på projekter med særprægede geometrier. Specielt når man har begrænset erfaring med BIM platformen og begrænset viden om buildingSMART standarderne. I forsøgsobservationen fremgår det, at det er den modtagende applikation, der importerer/fejlfortolker IFC modellen. Det besværliggør processen, at projektets parter ikke kan være sikre på, at de anvendte BIM platforme ikke importerer og læser IFC modellen på samme

måde, hvilket kan resultere i, at den samme IFC model fremstår på vidt forskellige måder som tilfældet var i forsøget. Dette kan skabe en utryghed i projektorganisationen, hvis den første udveksling, der udføres er fejlbehæftet i en geometrisk karakter og først skal til at finde frem til, hvor fejlen opstår og hvilke faktorer der spiller ind. Desuden kan man forestille sig, at disse virksomheder kan miste tilliden til udvekslingsformatet. Man kan med fordel teste konstellationen af BIM platforme i projektorganisationen for IFC-modelimport. Dette kan afhjælpe fejl og være med til at virksomhederne finder en løsning, så det ikke sker i de gældende udvekslinger. Her vil det være en fordel at teste på flere former for geometrier med et differentieret detaljeringsniveau og med forskellige udvekslingsformål. Dette indbefatter forskellige typer af udvekslingsscenarier, hvor man på den måde får testet flere aspekter af eksport/import problematikken, da der kan være flere forskellige faldgruber.

Virksomheden har som nævnt ikke udvekslet deres model med ingeniøren under specialets varighed. Dog kan man forestille sig, at man uden erfaring inden for modeludveksling og IFC i forhold til forsøgets udfordringer og problematikker, vil være relativt dårlig dækket ind for at kunne gennemføre processen. Det skyldes bl.a., at det specifikke *white paper* fra konsulentvirksomheden ikke indeholder retningslinjer for udveksling i IFC. Dette kan medføre, at erfaring og kompetencer inden for dette er svære at opbygge for virksomheden.

Der er en teoretisk forskel på måden en projektorganisation arbejder sammen på, når de vælger en udgave af IFC2X3 Coordination View MVD'en. I forsøget blev der anvendt Coordination View Surface Geometry for at samlingerne mellem vægge blev importeret korrekt. Teoretisk vil dette medføre, at elementerne bliver gjort *non-editable*, når de importeres. Dette er sammenligneligt med Referencemodel konceptet, da modellen på den måde er låst og kun kan anvendes som reference for den anden part. Der er dog forskel på teori og praksis. Som det nævnes i afsnit 4.3 var det både muligt i Revit og Archicad at modificere elementerne i form og størrelse blot ved at låse IFC lagene op i Archicad. Desuden blev det vurderet af projektgruppen, at dette skyldes de yderligere eksport- og importindstillinger, der er tilgængelige i Archicad. Man kunne forestille sig, at hvis samme muligheder for eksport og import var tilgængelige i Revit, som Archicad, så ville det ikke have været nødvendigt at ændre på IFC modellens MVD. Man kan derfor sige, at softwareudviklerne bag BIM platformene også bærer en del af skylden for udvekslingernes kompleksitet. Hvis disse læste IFC modellerne ens, ville de med stor sandsynlighed blive visualiseret ens i de forskellige applikationer. Med de muligheder og funktioner der er i Archicad kontra Revit, kan man vurdere, at Archicad understøtter IFC udvekslinger bedre end Revit. Revit har tilmed vanskeligheder med at importere en IFC model med buildingSMART's certificerede og standardiserede MVD Coordination View 2.0, hvilket må siges at være problematisk i forhold til at understøtte interoperabiliteten og udvekslingsprocessen.

Ifølge buildingSMART's anvisninger om Coordination View 2.0 er, det meningen, at objekter skal være *re-editable*. Dette har vist sig kun at være delvist sandt.

“The shared building information model is supposed to be re-editable by the receiving application. It includes the definition for spatial structure, building, and building service elements with shape representations, including both, parametric shapes for a limited range of standard elements, and the ability to also include non parametric shape for all other elements. Property sets, material definitions and other alphanumeric information can be assigned to those elements” - (buildingSMART, 2014c)

Ovenstående beskrivelse af, hvad MVD'en dækker over, kan siges at være upræcis. Det kan være svært for virksomheder, der prøver at tilegne sig en viden om MVD'en at forholde sig til, at buildingSMART er så upræcise om, hvordan man arbejder med en IFC model i denne MVD og hvad man kan forvente af den.

Coordination View 2.0 kan, grundet beskrivelsen ovenfor, betragtes som det modsatte af reference model konceptet. Fordelen ved referencekonceptet er, at en virksomheds fagmodel kun kan modificeres af virksomheden selv og der skal foregå en dialog med den anden faglighed for at ændringer kan ske. Dette giver en større kontrol over ansvarsområder for virksomheden, men samtidigt en slavisk proces, hvis ændringer er nødvendige, hvilket resulterer i flere udvekslinger. En situation hvor en ingeniørvirksomhed står for den brandtekniske strategi i en bygning vil det således, være en fordel, at ingeniøren har rettigheder til at udforme en flugtvej i IFC modellen, men dette kan ikke lade sig gøre i referencekonceptet. Her bliver ingeniøren nødt til at informere arkitekten om problemet, hvorefter han skal løse det. Dette er en ulempe ved referencekonceptet og taler for en brug af Coordination View 2.0. Ulempen ved Coordination View 2.0 kan være, at faglighedernes kompetenceområder kan overlape hinanden, hvor ingeniøren er nødsaget til at tage stilling til en æstetisk problemstilling. I eksemplet med brandtrappen, vil ingeniøren tegne videre på IFC modellen, hvor han kan komme til at overtage arkitektens arbejde. Det kan derfor være en fordel, at projektorganisationen vurderer behovet for modelrettigheder før den egentlige projektering. Her kan man med fordel få klarlagt, hvordan projektorganisationen skal arbejde sammen på og samtidigt, igennem brugen af use cases, få testet hvordan man vil løse forskellige typer af opgaver med det software, der anvendes i projektorganisationen. I forsøget ville det have været en fordel at anvende reference model konceptet, da udvekslingsformålet var at få udarbejdet et bærende system til arkitektens fagmodel og derfor bør det ikke være nødvendigt for ingeniøren at have rettigheder til ændring af geometrien. Så længe modifikationsmulighederne er så begrænset, som forsøget har vist, vurderes det af projektgruppen, at referencekonceptet er det mest anvendelige. Dette kan dog ændre sig i fremtidige udvekslinger og derfor kan de eksterne koordineringsmøder omhandle en debat om hvilken måde modellen skal udveksles på i den næste udveksling.

Man kan forestille sig, at det ikke kun er udvekslingen mellem projekterende, som kan vise sig at være problematisk, men det også kan være andre opgaver, processer, andre udvekslings- eller interoperabilitetsproblematikker. Som forsøget viste, kan udvekslinger med geometrier, der er mere komplicerede end et simpelt enfamiliehus, være problematiske at udveksle uden udfordringer og derfor kan det være en fordel, at diverse use cases også målrettes til andre BIM processer og udvekslingsformål for at afklare og vurdere kompleksiteten. Her kan man identificere de forskellige typer af software, der er tilgængelige i projektorganisationen og få et overblik over, hvordan man er dækket ind i forhold til forskellige typer af opgaver og hvordan softwaren skal kommunikere sammen. På den måde forbereder projektorganisationen sig på, hvordan forskellige typer af opgaver løses i forhold til hvilke krav der stilles til dem og på hvilket BIM level, de vælger at arbejde sammen på. Disse perspektiver er med til at sikre, at projektorganisationens software understøtter det, der skal afleveres og de BIM processer der ligger i det og får testet og trænet de ansatte, der skal udføre det. Skal projektorganisationen aflevere digitalt til bygherre i form af f.eks. D&V modeller, kan man teste og/eller finde software til at understøtte denne proces. Ulempen ved at klarlægge om softwaren understøtter processerne er, at det kan være omfattende og tidskrævende arbejde, der ligger før projektets

start. Dette bør dog opvejes af de gevinster det vil give virksomhederne både på kort og lang sigt. Disse gevinster vil blive berørt i kapitel 6.

5.4. SOLIBRI

Under forsøget med Solibri finder projektgruppen flere fordele og ulemper som både gør sig gældende generelt, men ligeledes i forhold til den specifikke virksomhed.

5.4.1. SOLIBRI TIL KVALITETSSIKRING

Ser man på virksomhedens interne kvalitetssikring, er der tydelige fordele i at benytte Solibri softwaren fremfor den nuværende proces med BIMx model og en overvejende kontrol af tegningsmateriale i papirform. Solibri understøtter de funktioner tegnestuen føler de får ud af BIMx modellen i form af en repræsentation af bygningsmodellen, som kan undersøges, men supplerer derudover også deres arbejdsproces med muligheder for en mere struktureret gennemgang af modellen. Denne strukturering sker igennem softwarens opdeltede *rulesets*. Her kan virksomheden sætte fokusområder for kvalitetssikringens omfang. På den måde fjerner man nogle aspekter af den menneskelige faktor, hvor omfanget af kvalitetssikringen er et direkte resultat af den kvalitetssikringsansvarliges kompetencer og årvågenhed. Solibri tilbyder brugeren en checkliste af kollisioner og modelleringsfejl, hvor redegørelsen af disse sikrer et omfangsrigt og mere struktureret arbejde med modellen.

Der er dog registreret udfordringer med denne kvalitetssikring, da et valg af Architectural model som disciplin, opsætter nogle standard modelundersøgelsesparametre. Det automatiske tilvalg af disse kan, for uerfarne brugere, give en uoverskuelig mængde kollisioner og fejl. Hertil skal nævnes, at de forskellige *rulesets* og paragraffer er meget abstrakte og utilstrækkeligt beskrevet. Disse aspekter giver nogle kollisioner og fejl, som ikke umiddelbart er nemme at identificere og derfor kan det være svært at dokumentere til de personer, som skal rette fejlene. Uoverskueligheden kommer til udtryk, når kollisioner af objekter ligger side om side med påmindelser som f.eks. bjælker der ligger for tæt på vinduer, i interfacet. Modellens fejl og kollisioner opstilles således i en liste som udelukkende er separeret af overskriften på diverse *rulesets*. Det kan derfor være fordelagtigt at minimere antallet af *rulesets* per kollisionskontrol, som således kan være mere faseopdelt.

For at mindske omfanget af *rulesets* kan man forestille sig, at man internt på casen har en ugentlig kollisionskontrol, som kan have et forskelligt fokusområde alt efter, hvor i processen virksomheden befinder sig. F.eks. kunne de interne udvekslinger i opstarten omhandle de førnævnte *Validation tests* fra IDM specifikationen, i form af *rulesettet BIM validation*, hvor det undersøges om objekterne har den rette klassifikation til den forestående udveksling. Senere i processen, hvor diverse analyser skal foretages, kunne *rulesettet Engres Analysis* benyttes til at undersøge modellen for fejl, som kan have indvirkning på analyser og simuleringer som f.eks. indeklima, brand og energi. Her kunne redskaberne i den projektspecifikke IDM være brugbare, da virksomhedens modelkoordinator gennem de udarbejdede Exchange Requirements vil få et indblik i, hvad den forestående udveksling skal indeholde og derigennem få en idé om, hvilke kollisioner den interne kontrol skal fokusere på for at opfylde den modtagende parts informationsbehov. Dette gør ligeledes IDM'en til en checkliste, som viser koordinatoren, hvad

der skal arbejdes hen imod og kan dermed være med til at strukturere hans arbejde i løbet af projekteringen.

Denne opdeling af kontroller gør mængden af kontrolpunkter per kollisionskontrol mindre og giver derudover muligheden for en mere overskuelig kollisionskontrol, når fagmodellerne skal lægges sammen, da der nu kan fokuseres udelukkende på de steder, hvor modellerne ikke stemmer overens. Dette kræver dog at de øvrige parter i projektorganisationen anvender en intern kollisionskontrol lignende den beskrevet ovenfor, så deres modeller ligeledes er rettet for interne projekteringsfejl og de eksterne kollisionskontroller derved kan fokusere på kollisioner imellem fagmodeller.

For at styre projektteamets arbejde imellem eksterne udvekslinger ser projektgruppen fordele i at afholde ugentlige interne koordineringsmøder. Her kan modelkoordinatoren således drøfte med resten af projektteamet, hvilke problemer der blev registreret på den tidligere udveksling og hvad der skal arbejdes med til næste udveksling. Her kommer IDM'en igen til nytte, da denne danner grundlag for de informationer, modellen skal indeholde til næste udveksling. Disse ugentlige koordineringsmøder skal ligeledes ses i lyset af, at et forløb som det vist i forsøget, sker flere gange i et projekts levetid og modellens detaljegrad stiger i takt med faseskiftene. Derfor kan møderne ligeledes være behjælpelige med at få diskuteret denne gradvise stigning i detaljeringsgraden. Dette kan afhjælpe nogle af de problemer, der er oplevet på casen, hvor modellen er blevet for detaljeret for tidligt i processen.

Involveringen af Solibri til intern kvalitetssikring vil på casen være med til at optimere deres proces med rettelse af tegningsmateriale. Hvor der førhen er blevet udvekslet tegningsmateriale i papirform til et andet projektteam, kan Solibri nu være med til at sikre en mere struktureret og omfangsrig gennemgang af projekteringsfejl. Der vil dog stadig være behov for nogle kvalitetssikringsprocesser med mennesker involveret da, Solibri ikke kan vurdere om der er mangler i de projektspecifikke 2D planer. Dette henvender sig f.eks. også til konstruktionsdetaljer som stadig skal udføres i 2D og som derfor skal kvalitetssikres manuelt af en person i projektteamet. Brugen af Solibri og de tidligere nævnte *rulesets*, vil dog gøre arbejdet med disse detaljer mindre omfangsrige, da objekterne nu er korrekt udførte.

5.4.2. RAPPORTERING AF KOLLISIONER

Et andet aspekt af brugen af Solibri er rapporteringen af kollisioner og fejl i modellen. Her har projektgruppen registreret udfordringer i forhold til udarbejdelsen af de beskrivelser, som koordinatoren skal udarbejde til de forskellige parter. For at understøtte de forskellige parters arbejde skal beskrivelserne skrives med henblik på disse og med en retorik de forstår. Modelkoordinatoren vil dog typisk ikke have en dybdegående viden omkring alle fagene og deres arbejdsområder. Dette kan skabe problemer, når de førnævnte beskrivelser skal udfyldes. En kort og overfladisk beskrivelse kan forårsage, at kollisionen ikke bliver rettet tilstrækkeligt eller fordelagtigt i forhold til den videre proces. F.eks. kan en mangelfuld beskrivelse til energiingeniøren risikere at være skyld i, at rørføringen ændres således at den kolliderer med andre objekter og derfor flytter fejlen, i stedet for at løse den. Modsat kan en detaljerig og omfattende beskrivelse have samme effekt, da kernen i problemet kan drukne i teksten. Et eksempel på problemet ved en for omfattende beskrivelse kan være at i senere faser, hvor rørføringen involveres i modellen og den derfor kan kolliderer med geometrien. Her vil det ikke være gavnligt at beskrive rørføringens funktion til arkitekten, da denne udelukkende

skal vide, hvad opgaven er. Her kunne man forestille sig, at der, før projekteringen igangsættes, udarbejdes nogle retningslinjer for, hvordan kollisioner og generelle informationer rapporteres. Retningslinjerne kan her fortælle, at rapporteringen skal indeholde de ansvarshavende, en beskrivelse af de objekter problemet vedrører og en mulig løsning på problemet. Derudover kan retningslinjerne sætte krav om, at de involverede objekter og deres ID involveres i beskrivelsen, så der ikke opstår forvirring omkring omfanget af problemet.

Desuden understreger disse problemer behovet for de førnævnte koordineringsmøder på tværs af fagligheder, hvor forskellige problematikker kan debatteres løbende i processen og koordinatoren derudfra kan beskrive kollisionen og en mulig løsning på et tilfredsstillende vidensgrundlag. I forhold til vidensgrundlag kan man ligeledes forestille sig, at alle fagligheder arbejder ud fra en samlet model, hvor alle fagmodeller er samlet. Dette er fra projektgruppens side fundet nødvendigt for, at kollisionerne kan rettes fordelagtigt for den videre proces. Hvis ikke dette sker, kan man forestille sig scenarier, hvor vægge flyttes for at sikre kollisioner mellem arkitekt og konstruktionsingeniør. Den flyttede væg kan herefter komme til at kolliderer med rørføringen fordi arkitekten ikke har denne model til rådighed. Praktisk set kan man derfor forestille sig, at koordinatoren efter han har samlet modellerne eksporterer disse til en IFC referencemodel som de øvrige parter kan anvende til deres videre proces. I forhold til denne problematik kan koordineringsmøderne ligeledes bruges til at debattere de specifikke BCF rapporter indeholdende de kollisioner, som vedrører op til flere parter. Derfor vil det være en idé, at koordineringsmøderne på tværs af fag ligeledes holdes umiddelbart efter kollisionskontrollen så koordinatoren har fejlene frisk i erindringen og kan formidle dem bedst muligt. Kollisionerne som skal diskuteres kan sendes til parterne i form af BCF filer før mødet, så de har en grundlæggende idé om, hvad problemet omhandler.

Den næste udfordring der blev registreret med henhold til rapportering af kollisioner omhandler processen efter kollisionen er rettet. Her viser forsøget en mulighed for at kommunikere tilbage til koordinatoren vedrørende den løste problemstilling. Denne beskrivelse indeholder nogle af de samme udfordringer som ovenstående. Her vil en kort beskrivelse så tvivl om, hvordan kollisionen eller fejlen er udbedret og derfor ikke give koordinatoren det bedste grundlag for at vide, om udbedringen kan have indvirkning på andre dele af modellen. En for omfangsrig beskrivelse vil have samme virkning som ovenstående, hvor omfanget af rettelserne kan forsvinde i mængden. Her er altså ligeledes behov for nogle retningslinjer tilsvarende dem omkring rapportering af kollisioner. Her kan de objekter som påvirkes af ændringen ligeledes identificeres så koordinatoren hurtigt kan vurdere, om der er behov for videre justeringer.

Disse udfordringer er yderst relevante i virksomheden, da man her står med et projektteam medlem der føler, at han bruger mere tid på koordinering af arbejdsopgaver, end han havde regnet med. Her kunne indførelsen af Solibri og BCF have klare fordele, da disse giver en måde at strukturere koordineringen på og samtidig giver et bedre overblik over arbejdsopgaver frem til næste udveksling. Der er dog behov for, at han ligeledes får opbygget kompetencer og viden omkring de øvrige parter behov igennem de førnævnte koordineringsmøder

5.4.3. DEN INTERNE OG EKSTERNE ANSVARSFORDELING

I forhold til ovenstående omkring rapportering af kollisioner og fejl i modellen er der en overordnet problemstilling omkring ansvarsfordelingen af opgaverne. I eksemplet fra forsøget er ansvarsfordelingen forholdsvis simpel, da der er tale om en projekteringsfejl internt i

arkitektvirksomheden. Denne kan således uddeles til de enkelte medlemmer af arkitektens projektteam. Det bliver dog umiddelbart sværere idet andre fagligheder involveres i kollisionen. Denne ansvarsfordeling er derfor en af de største udfordringer med Solibri på tværs af projektorganisationen.

For at minimere denne problematik kan man igen se på det indledende møde hvor IDM'en udarbejdes. Her kan forudbestemte ansvarsområder for model revision fastlægges. Dette kan foregå sammen med udarbejdelsen af de enkelte Exchange Requirements, hvor mulige problemer ved udvekslingerne kan debatteres. F.eks. kan den første udveksling med rørføringen og hvilke kollisioner denne kan resultere i blive diskuteret og forskellige scenarier blive opstillet. Dette vil ligeledes fremme processen på sigt, da koordinatoren har nogle retningslinjer at udføre sit arbejde ud fra.

Dog kan det ikke forventes, at alle fejl og kollisioner kan forudsiges og derfor er der ligeledes behov for nogle retningslinjer for pludselig opståede fejl og kollisioner undervejs i projekteringen. Her kan BCF formatet igen vise sig at være gavneligt. Pludseligt opståede problemer kan hurtigt blive registreret med beskrivelse og screenshot hos de enkelte fag og teamlederne har derfor en større chance for at få formidlet de udfordringer de står over for til koordinatoren imellem udvekslinger. Dette vil formentlig vise sig mere effektivt end mails, da man ved brugen af BCF som nævnt linker direkte til de givne objekter og derfor nemmere kan bestemme omfanget af kollisionen eller fejlen. Det vil sige, at de forskellige teamledere hjælper med at oprette *issues* vedrørende det specifikke fag. Dette kan samtidig afhjælpe koordinatoren og dennes måske manglende viden omkring de forskellige fagligheder. BCF filerne skal således ses som en måde, hvorpå man flytter kommunikationen ind i modellen og derfor holder kommunikationen fastlåst til en bestemt kontekst.

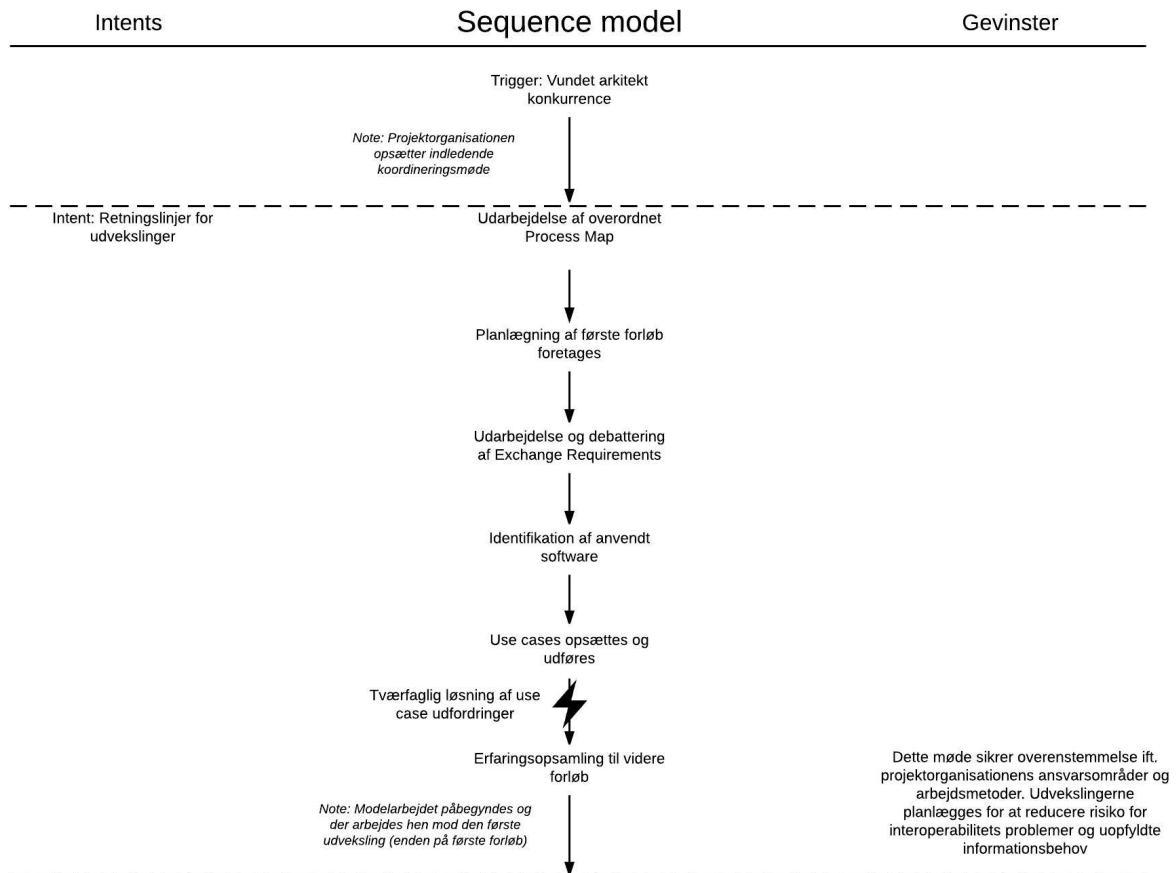
I virksomheden kan dette minimere den negative effekt som koordinatorens manglende erfaringer kan have, da der tages beslutninger på tværs af fag i opstarten. BCF formatet sikrer derudover en tættere kommunikation og derved et bedre grundlag for beslutninger, for den uerfarne koordinator.

Ovenstående processer udgør projektgruppens overvejelser til løsningsforslag. I det følgende afsnit vil disse delprocesser blive opstillet i en samlet proces.

6. RETNINGSLINJER FOR LØSNINGSFORSLAG

Som diskussionen tydeliggjorde, kræver projektgruppens løsningsforslag retningslinjer og tiltag for at det kan indgå i virksomhedens projektering fremadrettet. For at illustrere de forskellige retningslinjer og hvor de tænkes anvendt i processen, vil det følgende afsnit gøre brug af en *Sequence model* fra Contextual Design. For en beskrivelse af modellens funktionalitet, se afsnit 2.4.

Den udarbejdede sekvensmodel er opbygget ud fra hovedmålet: Effektive BIM processer fra det udarbejdede måltræ, da dette er målet for virksomheden. Sekvensens *trigger* skal symbolisere det behov, som igangsætter sekvensen og benævnes derfor: Vundet arkitektkonkurrence. Processen i sekvensmodellen afspejler en projektering med både interne og eksterne arbejdsopgaver for at kunne illustrere, hvor projektgruppen ser løsningsforslagets indsatsområder. Som nævnt i teorien for sekvensmodellen opdeles brugerens arbejde typisk i mindre delmål eller *intents*. Disse delmål er i den pågældende sekvensmodel udgjort af de årsager, som projektgruppen beskriver i problemtræet og som udmunder i virksomhedens hovedproblem. På den måde skal sekvensmodellen bidrage til en besvarelse af, hvordan disse årsager kan løses og være med til at give virksomheden optimerede processer gennem hele projekteringen. Denne kobling med problemtræet foretages for at vise sammenhængen mellem de registrerede problemer og de udarbejdede løsninger. Delmålene udgør strukturen for den følgende beskrivelse af løsningsforslagene og vil blive uddybet med de gevinster, som projektgruppen mener, virksomheden kan opnå ved at implementere dem. På modellen er hvert delmål separeret af en stiplede linje, som illustrerer overgangen til den næste proces. Dette skifte er ligeledes suppleret af et notat, som beskriver hvilke aktiviteter, der går forud for det næste delmål, hvis disse ikke er indeholdt i selve sekvensen. Til sidst er modellen udstyret med lyn, som skal symbolisere processer, der pludseligt kan opstå ved udfordringer i arbejdsopgaverne. For en visualisering af sekvensmodellens første delmål, ses Billede 69 nedenfor. Det fulde overblik over hele modellen fås i Appendix 16 – Sekvensmodel.



Billede 69: Uddrag af Sekvens model

6.1. RETNINGSLINJER FOR UDVEKSLINGER

Sekvensen starter med et *intent*, som retter sig mod problemet vedrørende manglen på retningslinjer for udveksling. For at løse dette problem skal virksomheden og projektorganisationen på den pågældende case, indgå i et indledende koordineringsmøde. Mødet involverer projektlederne fra projektorganisationens virksomheder. Dette skal resultere i tværfaglig koordinering og sikre, at parternes informationsbehov bliver belyst, debatteret og dækket.

Koordineringsmødet påbegyndes med udarbejdelsen af det førnævnte Process Map, som udelukkende indeholder alle processerne og forslag til udvekslingstidspunkter i projekteringen. Her skal der ikke tages stilling til, hvad udvekslingerne specifikt skal indeholde. Denne udarbejdelse fungerer som udgangspunkt for en samtale om de sideløbende opgaver, som laves i virksomhederne. Herefter udspecificeres det første forløb som henvender sig til perioden indtil den første tværfaglige udveksling. Denne udspecificering omhandler beslutninger omkring hvem, der har ansvaret for samling og kollisionskontrol af fagmodeller. Derudover fastlægges omfanget og formuleringen af kollisionsrapporternes beskrivelser. Her kan de forskellige parter fortælle, hvad de har af behov for informationer om kollisionen, således at de kan løse en given kollision eller fejl. Denne diskussion ender ud i et mere detaljeret Process Map, indeholdende processer og udvekslinger for det første forløb.

Næste punkt på dagsordenen, omhandler udarbejdelsen af Exchange Requirements til det første forløb. Her fastlægges informationer som fagmodellerne skal indeholde på det givne tidspunkt i projekteringen. Denne opdeling af mindre Process Maps og Exchange Requirements skal sikre, at projektorganisationen altid arbejder ud fra de samme oplysninger og mod det samme mål.

Det er ligeledes vigtigt, at arbejdsmetoden for det tværfaglige samarbejde, debatteres ud fra et teknisk synspunkt. Her identificeres parternes forskellige software med henblik på at vurdere interoperabiliteten imellem software. Denne identifikation skal ligeledes omhandle software som anvendes til supplerende processer som f.eks. kollisionskontrol. Denne kortlægning skal sikre at processer som tiltænkes anvendt kan gennemføres af softwaren. Dette kan rette sig mod den interne kollisionskontrol som hver part udarbejder. Denne kontrol skal leve op til nogle fælles retningslinjer som f.eks. Solibri's *rulesets* indeholder og der igennem sikre at den eksterne kollisionskontrol udelukkende henvender sig til kollisioner mellem fagmodeller. Derudover kortlægges, hvordan softwaren bruges i en proces lignende den virksomhederne kommer ud for senere i projekteringen. Denne interoperabilitet undersøges nærmere i en opstillet use case. Her udveksles en model, imellem de anvendte software for at undersøge mulige problemer og udfordringer. Her kan der være tale om arkitektens konkurrence model. Brugen af en use case giver projektorganisationen mulighed for at diskutere modelrettigheder ved forskellige kollisioner. Use casen åbner samtidig op for en fastlæggelse af om modellerne skal fungere som referencemodel eller en fælles model, ved hjælp af en projektspecifik MVD. Use cases kan resultere i udfordringer lignende dem som blev gennemgået i det tekniske forsøg hvor informationerne ikke udveksles korrekt eller informationerne helt mangler. Disse illustreres i modellen ved hjælp af lyn og skal vise at processen muligvis kan blive besværliggjort. For at komme disse pludseligt fremkomne problemer til livs, opfanges og løses problemer igennem en tværfaglig indsats. Denne proces forbedrer således projektorganisationens viden om interoperabiliteten imellem software. Dette blev ligeledes registreret som en årsag til hovedproblemet i problemtræet.

Resultaterne fra use casen opsamles til eventuel brug i senere faser, hvor der kan opstå udfordringer lignende dem som registreres her. Derudover anvendes erfaringsopsamlingen til at formidle resultatet af mødet til virksomhedernes projektteams. På den måde forbedrer mødet hele projektorganisationens overblik og forståelse.

Den tværfaglige samtale, koordineringsmødet strukturerer, giver virksomhedens medarbejdere nogle retningslinjer, for hvilke ansvarsområder de har, hvilke informationsbehov de øvrige parter har og hvordan kollisionsrapporteringen skal håndteres. Her igennem opsættes konkrete retningslinjer for medarbejderne, som på den måde opbygger kompetencer indenfor arbejdet i en BIM projektering.

6.2. INDBLIK I MODELLENS DETALJERINGSGRAD IFT. FASE

I virksomheden blev der registreret en uhensigtsmæssig detaljeringsgrad i modellen på forskellige tidspunkter af projekteringen. Derfor er det fundet nødvendigt at vise en proces, hvor indblikket i forskellige detaljeringsgrader forbedres og en hensigtsmæssig detaljering af modellen opnås. Det ovenstående møde giver projektteamet forståelse for informationsbehovene, men der er brug for at der internt fastlægges nogle ansvarsområder,

som sikrer, at modellens detaljeringsgrad afspejler fasen. Her skal den forestående udveksling danne grundlag for de opgaver som skal udføres. F.eks. kan man opdele modellen i etager, hvor medlemmerne har ansvaret for alle de opgaver etagen indeholder. For at klarlægge disse arbejdsområder, samles projektteamet i et internt koordineringsmøde hvor den forestående udveksling kan debatteres. Her kan de udarbejdede Exchange Requirements fra det eksterne koordineringsmøde fungere som dagsorden og arbejdsopgaver kan på den måde opdeles ud fra disse, da disse specificerer, hvad modellen skal indeholde. Exchange Requirements skaber således krav til, hvad modellen skal indeholde og derigennem sikres en model, som er passende i detaljeringsgrad for fasen og problemet vedrørende overflod af informationer i modellen fra problemtræet minimeres. Projektteammedlemmerne har ligeledes ansvaret for at deres arbejdsområde udstyres med de parametre som er beskrevet i de Exchange Requirements. Herefter kan mødet anvendes til at udpege de *rulesets* som koordinatoren skal bruge i Solibri og hvad disse indeholder af paragrafer. Dette giver det resterende projektteam en idé om, hvad de skal være opmærksomme på i deres arbejde. Til sidst kan beslutningerne opsamles så erfaringerne fra mødet kan anvendes i senere møder og på den måde fungere som beslutningsgrundlag senere i projekteringen.

Ovenstående opdeling af ansvarsområder ud fra udveksling og brugen af Exchange Requirements, skal sikre et mere struktureret arbejde i Teamwork og derigennem minimere brugen af kommunikationssystemet og optimere processen i projektteamet, der blev registreret som årsager til virksomhedens hovedproblem i problemtræet. Derudover har projektteamets medlemmer nu et bedre overblik over hvad modellen skal indeholde af objekter og parametre.

Til sidst eksporteres modellen med de udvekslingsspecifikke parametre så den modtagende parts informationsbehov bliver opfyldt.

6.3. KOORDINERING OG BRUG AF SOFTWARE OG KOORDINATORROLLE

For at forbedre koordinatrorollefunktionen i projektteamet foreslår projektgruppen, at virksomheden først og fremmest sender udvalgte projektteammedlemmer på kurser, hvor de opbygger kompetencer og forståelser for rollen. Derudover anbefaler projektgruppen at virksomheden internt anvender Solibri til kvalitetssikring af modellen. Koordinatoren får her nogle hjælpemidler til at kontrollere modellen alt efter fase og kan derfor bedre skabe sig overblik over modellens mangler.

De forskellige *rulesets* anvendes alt efter fasen, hvor f.eks. *BIM Validation* og *Engres Analysis* kan illustrerer om modellen lever op til de krav som den næste udveksling stiller.

Rapporteringen af kollisionerne internt skal foregå ved brug af BCF formatet. Det er dog her nødvendigt, at man internt fastlægger, hvor rapporteringen skal foregå og hvilket omfang beskrivelserne skal have, for at projektteamets medlemmer kan løse opgaven.

Ved hjælp af BCF manageren i ArchiCad kan formatet ligeledes fungere som kommunikationssystem til kvalitetssikring imellem projektteammedlemmerne og koordinatoren, hvor det sikres, at kollisionerne holdes i den rette kontekst og fejlen bliver løst på den mest fordelagtige måde. Til sidst er det vigtigt, at koordinatoren undersøger de løsninger som er foretaget, da ændringer i en væg kan resultere i fejl et andet sted på modellen. Dette illustreres igen ved et lyn i sekvens modellen og skal vise at processen koordinatoren gennemgår her opstår på grund af projekteringsfejl. Efter flere projekter vil behovet for denne proces minimeres

og proces vil derfor blive optimeret igennem erfaring. Selve processen med at rette fejlene opnås ved, at koordinatoren har adgang til Teamwork modellen og derfra kan gennemgå modellen når alle rettelser er foretaget. Her kan han ved hjælp af BCF manageren gennemgå fejlene en efter en og danne sig et overblik over rettelserne.

Igennem denne proces opbygger koordinatoren kompetencer indenfor koordinering af en fællesmodel til intern brug, samt forståelse for koordinatrollen gennem arbejdet med Solibri BCF formatet.

Denne interne kollisionskontrol skal som nævnt medføre, at de eksterne kollisionskontroller kan fokusere på tværfaglige problematikker og gør derfor processen mere overskuelig for koordinatoren. Der er dog et tidsperspektiv, som er vigtigt i forhold til denne interne kollisionskontrol, da de skal udføres så fejl kan udbedres tids nok til, at modellen kan indgå i de eksterne udvekslinger med de øvrige parter. Denne tidshorisont kommer an på fasen og omfanget af kollisioner modellen indeholder.

6.4. KOMPETENCER FOR KOORDINERING AF FÆLLESMODEL

Problemtræet viser problemer i forhold til projektteamets kompetencer for koordinering af en fællesmodel. Dette kan både henvende sig til det overstående vedrørende den interne fællesmodel i virksomheden men, da projektteamet ligeledes giver udtryk for at udføre kollisionskontroller kan det også henvende sig til den koordinering det kræver at udføre kollisionskontroller på de samlede fagmodeller i en fællesmodel. Derfor er det af projektgruppen fundet nødvendigt at komme med løsningsforslag til, hvordan denne koordinering kan faciliteres. Her kan fagmodellerne med fordel differentieres ved at give dem disciplin betegnelser i Solibri. Dette giver overblik over de forskellige modeller og giver Solibri muligheden for at fortælle koordinatoren, hvilken model kollisionen eller fejlen befinder sig i. Herefter udvælges relevante *rulesets*. Her vil *Architectural versus Structural models* rulesettet hjælpe med kollisioner imellem disse modeller og dermed hjælpe Koordinatoren med at inddele fejlene.

Efter kollisionerne er beskrevet i henhold til de retningslinjer, som blev fastlagt på det indledende koordineringsmøde, uploader koordinatoren BCF filerne til projektets Dropbox til de modtagende parter afbenyttelse.

Igennem ovenstående proces sikres overskueligheden gennem *rulesets* og de inddelinger som Solibri tilbyder af modellerne. BCF filerne skaber ligesom i den interne arbejdsproces en ny kommunikationsvej, som kan medvirke til et tættere samarbejde imellem projektorganisationens parter.

6.5. OPFYLDELSE AF TVÆRFAGLIGE INFORMATIONSBEHOV

For at løse det registrerede problem vedrørende en utilstrækkelig viden om de andre parter informationsbehov vil yderligere koordineringsmøder være nødvendige. Her kan projektorganisationen debattere de kollisioner som er fundet af koordinatoren via BCF filerne. Her kan man forestille sig, at modellen vil være repræsenteret på mødet ved hjælp af en projektor, hvor kollisionerne kan gennemgås i realtime. Denne proces giver ligeledes mulighed

for at drøfte om beskrivelserne af kollisionerne er tilfredsstillende i omfang og formulering. Dette opsamles således til den senere projektering.

Undersøgelsen af kollisionerne på mødet giver derudover muligheder for, at parterne kan diskutere eventuelle kollisioner, hvor flere fagligheder er involveret og ansvarsplaceringen kan derfor være svær.

Det sidste punkt om kollisionskontrol, som kan debatteres på mødet vedrører eventuelle løbende rapporteringer til koordinatoren fra faglighederne. Dette kan blive relevant hvis f.eks. ingeniøren i sit daglige arbejde støder på udfordringer, som involverer flere parter. Her kan BCF formatet igen anvendes til at kommunikere disse udfordringer til koordinatoren. Det er her vigtigt at kortlægge, hvordan disse rapporteringer udføres. Debatten kan f.eks. omhandle, hvad beskrivelserne skal indeholde og hvilken navngivning og mappestruktur filerne struktureres efter på Dropbox for at sikre, at koordinatoren altid arbejder ud fra nyeste beskrivelser.

Mødet kan derudover anvendes til at planlægge det videre forløb indtil næste udveksling. Her drøftes parternes individuelle opgaver og der udarbejdes et nyt Process Map over denne proces og nogle tilhørende Exchange Requirements vedrørende udvekslingerne.

Til sidst udføres en erfaringsopsamling af de kollisioner som er blevet diskuteret og de udfordringer som er opstået ved udarbejdelsen af IDM redskaberne. Erfaringsopsamlingen sammenholdes ligeledes med de udfordringer som blev registreret i det tidligere møde, for at anskue om der er sammenfald mellem udfordringer og problemer, samt om opdagelserne i den tidligere udførte use case kan anvendes til at løse opståede problemer.

Som beskrevet på modellen kan sekvensen fra og med 2. *intent* og frem, anskues som en iterativ proces, hvor de eksterne kollisionskontroller fungerer som deadlines for projekteringsarbejdet. Derudover skal koordineringsmøderne sikre et tæt samarbejde med de øvrige parter, hvor processen deles op i mindre dele og udvekslingernes fokus og detaljeringsgrad fastlægges. Erfaringsopsamlingen i møderne vil ligeledes foregå som en iterativ proces, hvor der tages hånd om de udfordringer der er registreret, for at sikre en løbende optimering af processen.

7. KONKLUSION

I byggebranchen er der igennem IKT bekendtgørelser opstillet krav, som kan tvinge virksomheder til at skifte deres 2D projekteringsværktøj ud med et BIM system. Dette skifte kan betyde nye arbejdsprocesser for virksomhederne i form af objektbaseret projektering og sammensætning af fagmodeller. Skiftet af system er undersøgt igennem en konkret case, hvis udfordringer og forståelsesproblemer i forhold til paradigmeskiftet i projekteringsmetode forventes at være generelle for byggebranchen.

Igennem Forandringsanalysen er der, i den konkrete virksomhed, registreret udfordringer i forbindelse med et skifte fra 2D projektering til anvendelse af et BIM system og dertilhørende processer. Ved anvendelse af Leavitt's systemmodel og Logical Framework Approach har projektgruppen analyseret sig frem til hovedproblemet, der omhandler ineffektive BIM processer. I detailanalysen er der blevet testet på en mulig optimeret BIM proces, som har vist sig at være mere kompliceret end først antaget. I det nedenstående bekræfter projektgruppen hypotesen:

"buildingSMART's IDM og IFC standarder understøtter den interne projektering foretaget på en model server, således den eksterne koordinering og udveksling optimeres"

For at kunne optimere BIM processer er det nødvendigt at have en bred og dybdegående viden om buildingSMART's standarder, da både udvekslingsspecifikationen og udvekslingsformatet er af tekniskkrævende karakter både forståelsesmæssigt og deraf også i dets anvendelse.

Anvendes IDM værktøjerne korrekt på et indledende koordineringsmøde med andre parter, der indgår i projekteringen, vil projektorganisationen gennem Process Map danne sig et overblik over projekteringsforløbet, hvor der gives forslag til tidspunkter for modeludveksling. For at den modtagende part har de informationer, der er nødvendige for at udføre det specifikke arbejde, udarbejdes Exchange Requirements for udvekslingen. Disse Exchange Requirements er en beskrivelse af, hvilke objekter og dertilhørende parametre der skal være i den udvekslede model for at det forestående arbejde kan udføres. IDM værktøjerne kan understøtte den interne projektering på en model server ved at arbejdet, op til hvert udvekslingstidspunkt, kan struktureres efter de udarbejdede Exchange Requirements. Dette sikrer, at den nødvendige information for det efterfølgende arbejde er til stede i modellen. Desuden giver dette både modelkoordinatoren og de øvrige projektmedlemmer retningslinjer at støtte sig til igennem projekteringen. Dette stiller dog et større krav til de udarbejdede Exchange Requirements' udførelse og opdatering. Anvendes interne koordineringsmøder som opstart før næste udveksling til at følge op på Exchange Requirements og arbejdsområdets gyldighed, samt til erfaringsopsamling fra tidligere iteration, sikres det bedste udgangspunkt for koordinering og udveksling eksternt.

For at den eksterne koordinering optimeres, som funktion af, at IDM værktøjerne er anvendt korrekt internt i en virksomhed, er det fundet nødvendigt, at projektorganisationen følger fælles retningslinjer for både kollisionskontrol, udveksling og samling af modeller. Dette minimerer risikoen for redundant arbejde, da projektorganisationen arbejder ud fra en fælles standard, som i detaljeringsgraden svarer til indholdet i de tilhørende Exchange Requirements.

IFC formatet understøtter et tværfagligt samarbejde, der gør det muligt at arbejde med fagmodeller på tværs af modelleringsværktøjer. På den måde tilgodeser formatet differentieringen af faglighedernes arbejdsprocesser og opgaver. Der blev dog registreret udfordringer med eksport/import af IFC modeller, som kan skabe mangelfulde modeludvekslinger. For at afhjælpe disse eksport/import udfordringer med IFC kan man med fordel teste det gennem use cases i projektorganisationen og finde løsninger til mulige interoperabilitetsproblematikker. For at denne proces optimeres bedst muligt, er det fundet nødvendigt, at der foretages en intern kollisionskontrol på alle relevante fagmodeller, der sikrer, at den eksterne kollisionskontrol kun omhandler kollisioner og påmindelser, som relaterer sig til samlingen af fagmodeller. Her kan Solibri understøtte den eksterne koordinering gennem interne kollisionskontroller i de enkelte virksomheder, hvilket optimerer og overskueliggør det eksterne arbejde. Her illustreres nødvendigheden af en modelkoordinator med supplerende kompetencer, da denne skal have en forståelse for brugen af forskellige *rulesets* og den generelle anvendelse af Solibri eller lignende software til kollisionskontrol. Dette stiller dog krav til de involverede virksomheders kompetencefelter eller villighed til at udføre interne kollisionskontrol. Her kan brugen af BCF til kollisionsrapporter være et godt kommunikationsværktøj til formidling af både kollisionens omfang, men også hvordan kollisionen løses. På den måde anvendes BCF som en løbende kommunikation gennem projektets forløb og kan samtidig være med til at strukturere kvalitetssikringen for virksomheden som får vist fejl og rettelser.

8. LEDELSESMÆSSIGE PERSPEKTIVER FOR FREMTIDIG FORANDRING

For at vise hvilke forandringer tiltagene i løsningsforslaget og hvilke udfordringer implementeringen af tiltagene kan skabe, vil det følgende afsnit tage udgangspunkt i Kotter's 8 trin vedrørende forandringsledelse. Her gennemgås processen med at implementere en forandring i en virksomhed. Dette kan både henvende sig til en ændring i organisationsstrukturen og udskiftning af et IT system (Kotter, 2007). Derfor er teorien fundet relevant i forhold til virksomheden, da der her både er tale om ændringer i processen og en ændring af de IT systemer som virksomheden skal tage i brug. For en beskrivelse af trinnene bag kapitlet ses Appendix 5 - Forandringsledelse. Kapitlet er delt op i teoriens 8 trin, hvor hvert trin vil blive perspektiveret til virksomheden, for at projektgruppen kan komme med bud på hvordan trinnene løses bedst muligt, i forhold til at få en tilfredsstillende implementering af løsningsforslaget.

8.1. SKABE EN NØDVENDIGHEDSFØLELSE

Nødvendighedsfølelsen er ifølge Kotter vigtig, da det er denne som får forandringen igennem de svære tider, hvor de nye processer og systemer måske føles tidskrævende eller besværlige. Nødvendighedsfølelsen kan opstå på forskellige niveauer hvor det øverste niveau som udgøres af omverdenen rundt om virksomheden har indvirkning på hele branchen.

Omverdenen kan således udarbejde nogle lovkrav som kan nødvendiggøre en forandring. Dette har man set i England, hvor det fra 2016 bliver lovkrav, at projekteringen af byggerier skal foregå ud fra retningslinjerne i BIM *maturity level* 2. Et sådan lovkrav vil tvinge virksomhederne til at opbygge kompetencer for arbejdet med fagmodeller og kollisionskontrol. Som resultat af dette vil kompetencer indenfor IFC formatet opstå, da dette er det eneste udvekslingsformat som understøtter alle modelleringsværkøjerne.

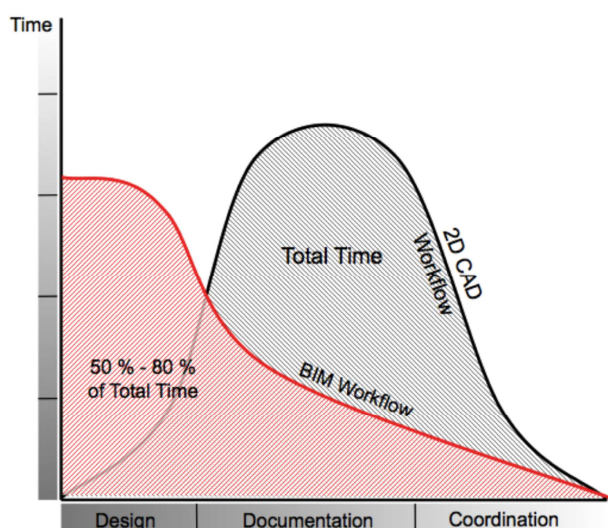
Nødvendighedsfølelsen kan ligeledes etableres af bygherren for en byggesag, da denne kan sætte krav for afleveringen som vil begrænse projekteringsmulighederne til 3D bygningsmodeller udvekslet i IFC. Her er der allerede krav i Danmark som bygherren kan anvende, da IKT bekendtgørelse nr. 118 indebærer, at der ved almennyttige byggerier med entreprisenummer over 20 mio. kan anvendes BIM modeller. Disse krav kan tvinge projekterende virksomheder til at danne sig overblik over brugen af BIM processer og på den måde fremskyndes nødvendigheden af brugen af fagmodeller, IFC, kollisionskontrol, samt et indblik i informationsbehovene i form af IDM.

Det sidste sted hvor en nødvendighedsfølelse kan opstå er igennem medarbejderne i virksomhederne. Et eksempel på dette kan findes i virksomheden hvor det var CL som begyndte at se fordele ved brugen af bygningsmodeller. Hvis denne form for nødvendighedsfølelse skal forplante sig i hele virksomheden er der dog behov for at gevinsterne ved f.eks. IDM bliver tydeliggjorte for ledelsen, som står med den endelige

beslutning. Her kan andre virksomheders succeshistorier bruges og medarbejderne kan samtidig bruge negative oplevelser i de eksisterende processer til at skubbe ledelsen i en anden retning.

Nødvendighedsfølelsen skal udbredes til hele projektorganisationen for at man kan drage nytte af de førnævnte koordineringsmøder. Udbredelsen kan ske gennem et fokus på at intet projekt er ens og at brugen af nogle projektspecifikke IDM'er derfor er fordelagtige. Parterne vil altid kunne få noget ud af at planlægge et projekteringsforløb og klarlægge informationsbehov uanset erfaring og kompetenceniveau. Virksomheder med mindre erfaring vil opnå bedre kompetencer ved at samarbejde med erfarne virksomheder. Og erfarne virksomheder kan sikre en udbredelse af de processer de finder ressourcebesparende og derigennem få deres ønskede arbejdsproces gennemtruffet.

Ovenstående viser, at nødvendighedsfølelsen kan opnås igennem bygherrens kravspecifikation eller gennem en af virksomhederne i projektorganisationen, men hvis alle fordelene skal udnyttes kræver det en tværfaglig indsats som inkluderer hele projektorganisationen. Dette er ligeledes nødvendigt for at anvende de tværfaglige koordineringsmøder, da beslutningen om



disse skal tages til den indledende kontrahering imellem de projekterende parter. Her kan de negative oplevelser ved den eksisterende projekteringsmetode igen anvendes, da disse kan vise det spildte potentiale, brugen af 2D materiale indeholder. Dette kan ligeledes understøttes af kurven vist på Billede 70, som viser at brugen af BIM modeller vil give et bedre beslutningsgrundlag tidligere i processen og derfor minimeres omprojekteringer senere i processen. Dette økonomiske aspekt har høj prioritet hos virksomheder og kan være med til at skubbe udviklingen.

Billede 70: Illustration af beslutningstidspunkt, 2D versus BIM (Graphisoft, 2014)

Projektgruppen ser dog indførelsen af BIM *levels* som den mest effektive løsning på udviklingen af nye projekteringsmetoder. Indførelsen af disse vil skabe et behov for et tættere samarbejde hvor fælles erfaringer skaber grobund for en kompetenceopbygning.

8.2. DANNELSE AF EN MAGTFULD KOALITION

For at kunne sikre en fyldestgørende implementering er det ifølge Kotter vigtigt at have en koalition indeholdende magtfulde personer som kan hjælpe til at gennemtvinge forandringen og hjælpe til at forandringen holdes i live i svære tider.

I virksomheden kan man forestille sig, at ledelsen og et projektteam udgør denne koalition, ligesom man ser på pilotprojektet. Projektteamet anvender således de nye tiltag i deres projekter og fungerer således som en selvstændig enhed, da deres arbejdsområder varierer fra

de øvrige projektteams. Denne selvstændighed er ifølge Kotter essentiel, da projektteamet således kan tilegne sig kompetencerne hurtigt, før det bredes ud i hele virksomheden. Projektteamet skal samtidig have en tæt kontakt med ledelsen, da de skal rapportere forbedringer og udfordringer.

For at styrke koalitionen kan projektteamet sendes på kurser med hands-on øvelser i brugen af IDM og Solibri. Disse kurser opbygger kompetencer og giver projektteamet et bedre grundlag for at formidle visionen og målene for virksomheden.

8.3. UDVIKLING AF EN VISION

Næste trin vedrører udarbejdelsen af en vision for virksomhedens fremtidige arbejdsprocesser. Her kan der igen tages udgangspunkt BIM *levels*, da disse giver nogle letforståelige og relaterbare indsatsområder hvor *level 2* foreskriver, at man anvender fagmodeller og nogle fællesretningslinjer til samarbejdet på tværs af fag. Her kan visionen så omhandle udarbejdelsen af fag modeller, samling af fagmodeller ved brug af Solibri og koordineringer af projekteringen igennem de førnævnte møder. Brugen af BIM *levels* er ligeledes med til at fremtidssikre virksomheden, skulle disse blive et krav i Danmark.

I forhold til at udarbejde en vision kommer Kotter med nogle retningslinjer for hvad den skal indeholde. Først og fremmest skal den indeholde et fremtidsbillede af virksomheden som kan formuleres som følgende: *"Virksomheden kan indgå i et tværfagligt samarbejde med brug af fag modeller og kollisionskontroller"*.

Det næste punkt vedrører opsætningen af nogle mål som er realistiske for virksomheden at opnå i den nærmeste fremtid. Her kan følgende mål anvendes:

- Kendskab til og anvendelse af Teamwork og IFC eksport/import til udveksling
- Kendskab og anvendelse af IDM værktøjerne Process Map og Exchange Requirements
- Kendskab og anvendelse af Solibri Model Checker til intern kvalitetssikring og ekstern udveksling af fagmodel

Disse relaterer til delprocesserne i løsningsforslaget og kan være med til at sikre at disse blive indarbejdet i medarbejdernes daglige arbejde.

Det sidste som virksomheden skal være opmærksomme på i forhold til visionen er at den skal kunne appellere bredt. Det vil sige at den både skal appellere til medarbejderne og til virksomhedens kunder. For at sikre medarbejdernes accept af visionen kan man fokusere på at den generelle projektering og kommunikationen mellem teammedlemmer forbedres. Derudover opbygger de kompetencer som er anvendelige i fremtidige jobs, hvor de ansatte kan indgå i en BIM understøttet projektering med værktøjer og processer som IDM, IFC og Solibri indeholder.

For at appellere til kunden/bygherre kan der fokuseres på at brugen af BIM værktøjer og processer giver bygherren en mulighed for få en digital model til drift og vedligehold og en mere overskuelig model, samt et samlet projekt- og tegningsmateriale.

8.4. UDBREDELSE AF VISION

For at virksomheden kan udbrede visionen bedst muligt ses det, af projektgruppen, som en løsning at sprede projektteamet, som har gennemgået forandringen, ud på de øvrige projektteams. Derved sikrer man, at de andre projektteams indeholder fortalere for forandringen og at processerne i forandringen holdes i hævd. Her vil projektteammedlemmet der gennemgik forandringen fungere som koordinator i det nye projektteam. Samtidig vil han indgå som den interne konsulent som blev nævnt i afsnit 3.3, da hans viden kan anvendes af de øvrige medlemmer.

Kotter nævner at en udbredelse af visionen skal have fokus på hvilke ændringer forandringen har på de enkelte medarbejders jobsituation. I forhold til den specifikke forandring kræver de nye processer ikke umiddelbart fyringer og dette er derfor en vigtig salgspointe når fortalerne skal have de resterende medarbejdere med på ideen.

For at få de resterende medarbejdere med og for at udbrede visionen kan virksomheden anvende et forsamlingsmøde, hvor både ledelsen og projektteamet kan fortælle om forløbet, samt udfordringer og gevinster ved processen. På den måde får medarbejderne et indblik i hvordan forandringen forbedrer deres arbejde og hvilke områder og processer de skal være særligt opmærksomme på. I forlængelse af dette møde kan projektteamet f.eks. give nogle hands-on beskrivelser af brugen af IDM værktøjerne og dermed undgå at de øvrige medarbejdere skal forholde sig til den kryptiske beskrivelse i buildingSMART's templates.

8.5. FJERNELSE AF MODSTAND

Modstand for forandring kommer ifølge Kotter i form af en ubevidst og en bevidst modstand. Den bevidste modstand kommer til udtryk hvis medarbejderne føler at deres ansvar bliver taget fra dem eller de frygter for deres job. Den bevidste modstand er formentlig minimal, da medarbejdernes jobs ikke er i fare. Ansvarsområderne ændres men her kan man forestille sig et rotationssystem hvor alle, når deres kompetencer tillader det, får muligheden for at fungere som koordinator på et projekt.

Den ubevidste modstand kommer ifølge Kotter til udtryk hvis medarbejderne der skal arbejde med de nye processer ikke er tilstrækkeligt oplært i disse. Dette kan referere til den førnævnte *white paper* som var udarbejdet på projektet og som ikke omhandler udvekslinger. Den ubevidste modstand minimeres ved den førnævnte spredning af projektteamet. Her vil koordinatorrollen være besat af et team medlem fra den oprindelige coalition som har været på kursus og har opbygget kompetencer passende opgaven. Han vil derfor have overblikket over processerne i projekteringen og instruere de øvrige medlemmer. Dette vil derudover bevirke at modstandere opdages hurtigt og kan fjernes/udskiftes. Derudover er det en kendsgerning at branchens udvikling ændrer fagenes indsatsområder, hvor der er et forhøjet fokus på processen og resultater frem for fagspecifikke kompetencer som f.eks. kreativitet og innovativ tankegang. Dette skifte i fokus skal formidles til medarbejderne igennem de gevinster, de kan opnå igennem de nye processer.

8.6. BRUGEN AF KORTSIGTEDE SEJRE

Ifølge Kotter er brugen af kortsigtede sejre med til at sørge for, at medarbejdere føler, at implementeringen af det nye system fremmer arbejdsprocessen og at den enkelte medarbejder magter opgaven.

De kortsigtede sejre ville her f.eks. være, at medarbejderne kan rette fejl, der tilbagerapporteres via BCF kollisionsrapporterne. Både idet medarbejderen forstår den specifikke fejl og hvordan den løses, men også viser forståelse for den nye arbejdsproces. Med den nye arbejdsproces med brug af IDM værktøjer og udvekslingsformatet IFC, vil det være let for medarbejderen at forstå, hvorfor et givent objekt skal have diverse parametre, når ledelsen eller koordinatoren har forklaret medarbejderne arbejdsprocessen. Når processen startes vil medarbejderne føle sejre idet, de ved, hvad de bidrager med til processen.

Ledelsen kan anvende de interne kollisionskontroller til at måle medarbejdernes fremgang i deres daglige arbejde i BIM systemet. Anvendes Solibri's *Rulesets BIM Validation* og *Engres Analysis* der henvender sig til arkitektvirksomheders arbejde, kan ledelsen måle på antallet af kollisioner og formegentlig se et fald efter kort tid. Formidles disse resultater til medarbejderne vil dette også kunne anses som en kortsigtet sejr.

8.7. UDVID FORANDRINGEN PÅ EKSISTERENDE FORBEDRINGER

Kotter nævner, at man ikke skal fejre sejrene for tidligt, da modstanderne af implementeringen kan erklære projektet for overstået og derfor gå tilbage til det gamle system. Den goodwill ledelsen får fra medarbejderne gennem sejrene skal geninvesteres i implementeringen i alle dele af organisationen.

Da processen med at anvende IDM værktøjerne til at arbejde op imod en udveksling kan dette anskues som en iterativ proces og på den måde kan sejrene ikke fejres, da næste iteration starter umiddelbart efter overstået udveksling. Da risikoen for fejring af sejre mindskes, reduceres risikoen for at modstandere erklærer projekt færdigt, da iterationerne har forskellige formål og deraf forskelligt indhold og derfor kan det ikke sammenlignes med tidligere iterationer.

Ledelsen kan sammenligne projektteams på forskellige projekter ud fra en standard udveksling, hvor den interne kollisionskontrols *rulesets* igen kan tages i spil. Her kan der sammenlignes med kollisionsfejl og type, hvor ledelsen kan afvikle et tegnesteuemøde, hvor alle projektteams har en erfaringsudveksling, så virksomhedens medarbejdere kan drage nytte af andres gevinster. Dette sikrer en optimeret proces på virksomhedsniveau.

8.8. FORANDRING I KULTUREN

For at få forandringen forankret i organisationen, så den bliver "måden vi gør tingene på", skal de forbedringer den skaber formidles til hele organisationen. Dette kan ske igennem nyhedsbreve og opslag i kantinen eller frokoststuen, hvor resultater og statistik omkring projektet fremgår. Dette kan anvendes til at vise fremskridtet løbende i forandringsprocessen og give medarbejderne specifikke resultater som henvender sig til deres arbejdsområder og derved give dem en følelse af involvering i virksomhedens forbedring.

Selve processen med at arbejde med de nye tiltag kan virke som en illustrator for hvordan forandringen har forbedret arbejdet for den enkelte. Her vil man opleve et bedre indblik i de andre parter informationsbehov og et større overblik over en projektering som helhed. Arbejdet med redskaberne i processen kan også optimere arbejdsopgaverne. F.eks. vil arbejdet i en 3D model minimere langtrukne og ensformige processer som arbejdet med streg kan indeholde.

Til sidst omtaler Kotter behovet for at formidle virksomhedskulturen til en eventuel fremtidig ledelse så man sikrer en kontinuitet i måden virksomheden og medarbejderne arbejder på. Her spiller projektteamet fra den oprindelige koalition en stor rolle, da disse har et indgående kendskab til processen, arbejdsområderne og de udfordringer de indeholder. De kan derfor hjælpe den nye ledelse med at blive indforstået med kulturen.

De ovenstående trin viser en omfangsrig proces med mange faldgruber og behov for nye kompetenceområder både for ledelsen og for medarbejderne. Derfor skal forandringen ses som en fælles indsats på tværs af hele organisationen, hvor en stor gennemskuelighed for forandringens gevinster er en essentiel opgave.

9. BILLEDLISTE

Billede 1: Illustration af beslutningstidspunkt, 2D versus BIM (Graphisoft, 2014)	1
Billede 2: illustration af niveauinddelte formål	8
Billede 3: Rapport struktur model	10
Billede 4: Eksempel på flow model (Holtzblatt & Beyer, 1998).....	13
Billede 5: Illustration af Sequence model (Wordpress, 2008).....	14
Billede 6: Eksempel på cultural model (Holtzblatt & Beyer, 1998).....	15
Billede 7: Eksempel på artifact model (Holtzblatt & Beyer, 1998)	15
Billede 8: Illustration af data udveksling med databaseserver.....	20
Billede 9: Illustration af arbejdsprocessen med projektWEB	21
Billede 10: Illustration af forhenværende arbejdspraksis.....	22
Billede 11: Illustration af udveksling imellem ARK og bygherre.....	23
Billede 12: Illustration af kvalitetssikring hos arkitekten.....	24
Billede 13: Illustration af udveksling til projektWEB.....	25
Billede 14: Illustration af udveksling imellem ingeniør og projektWeb	25
Billede 15: BIM maturity levels diagram (Royal Institute of British Architects, 2012)	28
Billede 16: Oversigt over buildingSMART standarder (buildingSMART, 2013b)	31
Billede 17: Væg entitys tilfælde af subtypering	32
Billede 18: Objectified Relationship	33
Billede 19: Spatial Structure	34
Billede 20: IDM'ens opbygning	35
Billede 21: Overblik over flow objekter.....	36
Billede 22: Illustration af artefakter, samt svømmebaner	36
Billede 23: Eksempel på tabellen fra et <i>Exchange Requirement</i> dokument (buildingSMART, 2010a).....	38
Billede 24: Illustration af ER komponenter.....	38
Billede 25: Illustration af relations-database (Design Pictures, 2013).....	40
Billede 26: Illustration af arbejdsproces med model server	42
Billede 27: Nuværende arbejdspraksis	44
Billede 28: Ark - Bygherre.....	45
Billede 29: Ark - Intern kvalitetssikring	46
Billede 30: Flowmodel for nuværende arbejdspraksis og brug af projektWEB	47
Billede 31: Projektgruppens brug af Leavitt (Net2Change, 2012)	49
Billede 32: Illustration af kulturelmodel model for arbejdspraksis	50
Billede 33: Tabel over medarbejder vurderinger (Cadle & Yeates, 2008)	53
Billede 34: Artefaktmodel af tegnestuens brug af Archicad 18.....	59
Billede 35: Problemtræ over analyse resultater	65
Billede 36: Måltræ over analysens resultater	66
Billede 37: Illustration af bygningsmodellen.....	70
Billede 38: Illustration af forsøgets udvekslingsscenario vedrørende arbejdsopgaver i dispositionsforslaget.....	72
Billede 39: Illustration af Slab objekt i ER	73
Billede 40: Illustration af Shaft Wall objektet.....	74

Billede 41: Illustration af Beams og Columns i ER	74
Billede 42: Template beskrivelse af Parts	75
Billede 43: Oversigt i Teamwork	75
Billede 44: Beskednotifikation	76
Billede 45: Ejerskabsforespørgsel	76
Billede 46: Pset_WallCommon	77
Billede 47: IfcBoolean datatype	78
Billede 48: Oversigt Save As IFC	78
Billede 49: Fejlbehæftet IFC eksport	79
Billede 50: IFC Translation Setup	80
Billede 51: IFC model i Revit	81
Billede 52: Placering af søjler til bærende system	82
Billede 53: Parameter Properties for LoadBearing objekter	82
Billede 54: Egenskabsdata for søjler	83
Billede 55: IFC options i Revit	83
Billede 56: Valg af view for modellen	84
Billede 57: Udvælgelse af fagområde	85
Billede 58: Udvælgelse af rulesets	85
Billede 59: Illustration af Classification View	86
Billede 60: Udvælgelse af disciplin	86
Billede 61: Solibri Model Checker brugerinterface	87
Billede 62: Udvalgt kollision	88
Billede 63: Beskrivelse af fejl	89
Billede 64: Koordinering af fejl	89
Billede 65: Illustration af indblandede komponenter	89
Billede 66: Udveksling af rapport	90
Billede 67: Illustration af BCF manager funktionalitet	91
Billede 68: Illustration af dokumentation af løsning	91
Billede 69: Uddrag af Sekvens model	106
Billede 70: Illustration af beslutningstidspunkt, 2D versus BIM (Graphisoft, 2014)	114

10. BIBLIOGRAFI

Alectia, 2013. *Ydelser*. [Online]

Available at: <http://www.alectia.com/da/ydelser/bim-da>

[Senest hentet eller vist den 14 September 2014].

Andersen, I., 2013. *Den skinbarlige virkelighed: Vidensproduktion i samfundsvidenskaberne*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.

Anlægsteknikforeningen, 2011. Styringssystemers opbygning og integration i projektføløbet. I: *Anlægsteknik 2 - Styring af byggeprocessen*. København: Polyteknisk boghandel, pp. 142-143.

BIM equity, 2014. *Whitepaper: ArchiCad Pilot Projekt - BIM equity & POLYFORM*, København: BIM equity.

buildingSMART, 2007. *IfcPropertySet*. [Online]

Available at: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/ifckernel/lexical/ifcpropertyset.htm>

[Senest hentet eller vist den 3 11 2014].

buildingSMART, 2010a. *IDM - Guide to components and development methods*, s.l.: buildingSMART.

buildingSMART, 2013b. *buildingSMART*. [Online]

Available at: www.buildingsmart-tech.org

[Senest hentet eller vist den 25 11 2013].

buildingSMART, 2014a. *buildingSMART Alliance*. [Online]

Available at: <http://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/>

[Senest hentet eller vist den 23 September 2014].

buildingSMART, 2014b. *BCF intro*. [Online]

Available at: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases/bcf-intro>

[Senest hentet eller vist den 28 November 2014].

buildingSMART, 2014c. *buildingSMART-tech*. [Online]

Available at: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition/coordination-view-v2.0/summary>

[Senest hentet eller vist den 10 12 2014].

Cadle, J. & Yeates, D., 2008. *Project Management for Information Systems*. 2. red. s.l.: Pearson Education.

DANSKE ARK, 2014. *BIM undersøgelse overrasker*. [Online]

Available at: http://www.danskeark.dk/Alle_nyheder/Ugens-Fokus/2014_09_17_BIM-analyse.aspx

[Senest hentet eller vist den 20 September 2014].

Design Pictures, 2013. *Design Database Tables*. [Online]

Available at: <http://joildesign.com/design-database-tables/>

[Senest hentet eller vist den 11 Oktober 2014].

- Eastman, C., Teicholz, P., Sack, R. & Liston, K., 2011a. BIM: New tools and new processes. I: *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., pp. 15-17.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sack, R. & Liston, K., 2011b. BIM environments, platforms and tools. I: *BIM Handbook*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., pp. 70-71.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sack, R. & Liston, K., 2011c. Definition of Parametric Objects. I: *BIM Handbook*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., pp. 17-18.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sack, R. & Liston, K., 2011d. Parametric Design. I: *BIM Handbook*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., pp. 46-50.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sack, R. & Liston, K., 2011e. What is the IFC?. I: *BIM Handbook*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., pp. 114-117.
- Fisker, S., 2007. Logical Framework Approach - En metode til styring og opfølgning af projekter. I: *Anlægsteknik 2*. s.l.:Anlægsteknikforeningen i Danmark, p. 151.
- Graphisoft, 2014. *BIM server - Graphisoft ArchiCad*. [Online]
Available at: <http://www.graphisoft.com/bim-server/>
[Senest hentet eller vist den 12 Oktober 2014].
- Graphisoft, 2014. *OPEN BIM*. [Online]
Available at: http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/
[Senest hentet eller vist den 12 September 2014].
- Guba, E. G., 1990. *The Paradigm Dialog*, s.l.: SAGE Publications.
- Henriksen, P., 2010. *Fold dig ud i samfundsfaglige metoder - fokus, færdigheder, faglighed, formidling*. 2. red. s.l.:Columbus.
- Holtzblatt, K. & Beyer, H., 1998. *Contextual Design: Defining Customer-Centered Systems*. San Fransico, Calif.: Morgan Kaufmann Publishers.
- Jørgensen, K. A. et al., 2008. *Use of IFC model servers: modeling collaboration possibilities in practice*, Aalborg: Aalborg universitet; Aarhus school of Architecture.
- Karshøj, J., u.d. *What is IFC?*, Aalborg: buildingSMART.
- Kotter, J. P., 2007. Leading Change: Why transformation efforts fail. *Harvard Business Review*, 1 Januar, pp. 4-11.
- Microsoft Official Academic Course, 2011. *Windows Server Administration Fundamentals*. I: Hoboken: John Wiley & Sons, pp. 2-3.
- National Building Specification (NBS), 2014. *NBS National BIM report*, Newcastle: National Building Specification (NBS).
- Net2Change, 2012. *Leavitt – Organisationsanalyse model*. [Online]
Available at: <http://net2change.dk/leavitt-organisationsanalyse-model/#lightbox/1/>
[Senest hentet eller vist den 22 Oktober 2014].
- Neumann, S., 2013. *Behov for nye roller med BIM*. [Online]
Available at: <http://bips.dk/case/behov-nye-roller-med-bim>
[Senest hentet eller vist den 14 September 2014].

Polyform Arkitekter, Alectia, 2014. *Karré Bella kvarteret - Byggefelt 7 Dispositionsforslag*, København: Polyform Arkitekter, Alectia.

POLYFORM arkitekter, 2006. *polyformarkitekter.dk*. [Online]

Available at: <http://www.polyformarkitekter.dk/profil/>

[Senest hentet eller vist den 20 September 2014].

Rasmussen, A., 1996. *Introduktion af IDEF0*, s.l.: Institut for Anvendt Konstruktion og Produktion.

Retsinformation, 2011a. *Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i alment byggeri*, s.l.: Retsinformation.

Retsinformation, 2011b. *Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri*, s.l.: Retsinformation.

Sarkar, D. & Zangwil, W. I., 1992. File and Work Transfers in Cyclic Queue Systems. I: *Management Science Vol. 38 no. 10*. s.l.:s.n., pp. 1510-1523.

Shafiq, M. T., Matthews, J. & Lockley, S. R., 2013. *A study of BIM collaboration requirements and available features in existing model collaboration systems*, Newcastle: ITcon.

Solibri Inc., 2014. *Solibri Incorporated*. [Online]

Available at: <http://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>

[Senest hentet eller vist den 31 10 2014].

Solibri, 2013. *Solibri Model Checker V9*. [Online]

Available at: <http://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>

[Senest hentet eller vist den 14 September 2014].

Tetris A/S, 2013. *Tetris*. [Online]

Available at: <http://www.tetris.as/tetris.html>

[Senest hentet eller vist den 13 September 2014].

Ullman, J., 1997. *First course in database systems. I*: s.l.:Simon & Schuster, p. 1.

Wordpress, 2008. *Interaction Culture: The Class Blog*. [Online]

Available at: <http://interactioncultureclass.wordpress.com/2008/11/18/contextual-inquiry-%E2%80%93-sequence-model/>

[Senest hentet eller vist den 28 September 2014].

11. APPENDIX

Appendix 1 – Interview 1

Appendix 2 – Interview 2

Appendix 3 – IDEF0

Appendix 4 – Leavitts systemmodel

Appendix 5 – Forandringsledelse

Appendix 6 – Logical Framework Approach

Appendix 7 – Forhenværende arbejdspraksis

Appendix 8 – Nuværende arbejdspraksis

Appendix 9 - Kulturelmodel

Appendix 10 - Problemtræ

Appendix 11 - Måltræ

Appendix 12 – Process Map

Appendix 13 – Beskrivelse af Process Map

Appendix 14 – ER_ARK_DP

Appendix 15 – ER_ING_DP

Appendix 16 - Sekvensmodel

12. BILAG

Bilag 1 – Template for Exchange Requirement

Bilag 2 – Template for Process Map